

平成22年度
航空機等に関する技術開発動向調査報告書

平成23年3月

財団法人航空機国際共同開発促進基金

はしがき

財団法人航空機国際共同開発促進基金は、平成 21 年度から調査研究事業の一つとして、一般会計による「航空機等に関する技術開発動向調査」事業を実施している。本報告書は、平成 22 年度に実施した調査研究について、その成果を取り纏めた調査報告書である。

21 世紀に入り既に 10 年が経過しているが、世界の航空機市場はグローバル化が一段と加速され、事業投資規模も益々拡大し、競争も激しくなっている。この世界市場に対する我が国の基本姿勢は、国際協調と国際貢献を伴った産業規模の拡大であり、我が国の航空機産業の発展は世界舞台で主導的役割と貢献を果たすことにより達成される。この認識の上で重要な課題は、国際共同開発の場での役割を高める先端技術開発の更なる促進を図ることを基盤とし、確固たる戦略に基づいて選定した開発プロジェクトを強力に推進し、多様な形態の国際共同開発プロジェクトの促進と拡大に結びつける体制等を構築して行くことである。

航空機等の国際共同開発事業の更なる促進と的確な遂行のために、国内外の最新技術開発動向を調査し、必要な情報を収集し、編纂して資料として取り纏めておくことが本事業の目的であり、当基金にとって重要な事業である。このために、平成 22 年度も当基金内に航空機等に関する外部専門家等から成る「技術開発動向調査委員会」を設け、航空機等の開発・製造に関する我が国の政策や国内外の技術開発動向の現状確認と分析、将来展望等の調査研究を実施した。

この調査研究報告書が航空機等の国際共同開発事業を促進する上で、業務上有効なものとなり、延いては我が国の航空機産業の拡大・発展に貢献することになるものと確信する。

平成 23 年 3 月

財団法人航空機国際共同開発促進基金
会 長 佐々木 元

平成22年度技術開発動向調査委員会委員名簿

区 分	氏 名	所 属 ・ 役 職
委員長	戸田 勸	早稲田大学 基幹理工学部 特任教授 元 JAXA 理事 総合技術研究本部長
委 員	阿部 茂樹	三菱重工業(株) 名古屋航空宇宙システム製作所 民間機技術部 次長
	伊藤 健	宇宙航空研究開発機構 研究開発本部 風洞技術開発センター主幹研究員 低速風洞セクションリーダー
	奥田 章順	(株) 三菱総合研究所 経営コンサルティング本部 参与 チーフコンサルタント
	津江 光洋	東京大学大学院 工学系研究科航空宇宙工学専攻 教授
	土屋 武司	東京大学大学院 工学系研究科航空宇宙工学専攻 准教授
	西川 秀次	(株) I H I 航空宇宙事業本部 民間エンジン事業部 新機種開発部 部長
事務局	岩下 正廣 野崎 明 中西 俊仁 本田 直志	財団法人航空機国際共同開発促進基金 専務理事 企画調査部長 企画調査部部長代理(H23. 1. 31 迄) 企画調査部部長代理(H23. 2. 1 から)

平成22年度 報告書目次

第1章 はじめに

1. 1 調査事業の趣旨と目的	1
1. 2 調査委員会の構成と運営	1

第2章 民間航空機等の国際共同開発に関する動向

2. 1 調査対象期間	2
2. 2 我が国の航空機産業に関わる政策等の動向	2
2. 3 民間航空機等に関する技術研究開発の主要動向	6
2. 3. 1 民間航空機市場及び機体開発動向	6
2. 3. 2 エンジン関係	12
2. 3. 3 装備品関係	15
2. 3. 4 航空システム・航空管制関係	17

第3章 日本の航空100年記念イベント

3. 1 日本の航空100年	18
3. 2 航空100年記念講演会「JAXA から見た日本の航空の歩み」	18
3. 3 日本の航空100年記念フォーラム「日本の航空の明日を考える」	20

第4章 平成22年度海外調査報告

4. 1 調査目的	21
4. 2 調査結果概要	22
4. 3 訪問先面会者一覧	24

第5章 まとめ

5. 1 今後の調査課題	26
5. 2 平成22年度調査のまとめ	27

添付資料

- 資料1 関係省庁の刊行物リスト（平成22年1月～平成22年12月）
資料2 関係団体の刊行物リスト（平成22年1月～平成22年12月）
資料3 大学・研究機関・企業等の刊行物リスト（平成22年1月～平成22年12月）

第1章 はじめに

1. 1 調査事業の趣旨と目的

財団法人航空機国際共同開発促進基金は、航空機工業振興法に基づく指定開発促進機関として、開発助成金の交付の対象となる航空機、航空機用エンジン及び装備品等の国際共同開発事業を選定し、助成業務の的確な実施を遂行することにより、我が国の航空機産業の拡大を促進することを業務の主目的としている。

また当基金は、同時に助成業務の的確な実施に必要な知識及び能力を有することを求められており、今後益々航空機等の国際共同開発事業の拡大と多様化が予想される中で、航空機等の国際共同研究開発を行う者等に対する助成事業の遂行に必要な情報を収集し、分析、編纂して資料として取り纏めておくことは有効である。平成21年度から開始した技術開発動向調査事業は、外部の航空機等に関する専門家等から成る「技術開発動向調査委員会」を設置して、毎年度航空機等の技術開発動向等に関わる最新情報を収集し、現状確認と分析、更には将来展望等を取り纏めることを目的とする。

1. 2 調査委員会の構成と運営

(1) 調査委員会の構成

平成22年度の技術開発動向調査委員会のメンバーは冒頭の「委員会構成表」のとおりで、学界、公的研究機関、航空機関係業界等の専門家7名から構成されている。委員長には航空宇宙分野で幅広く活躍されている早稲田大学基幹理工学部 戸田 勸 特任教授にご就任いただき、多大のご教示を賜った。

(2) 調査委員会の運営

委員会の運営は全員参加型の委員会活動を旨とし、実際の調査活動を分担して行い、委員会にて全体の合意を形成する方針で臨んだ。具体的には以下の様な、運営と方法を実施した。

ア. 活動内容の具体的イメージ創り

本調査事業の趣旨、目的、活動内容について委員全員のイメージ合わせと認識の共通化を図り、極力中味の明確化に努めた。

イ. 情報の共有化と共通化

航空機等の開発事業に関する技術研究開発動向について、委員会での活発な議論の展開と因るべき情報の共有化と共通化を図った。

ウ. 共通課題の抽出

航空機等の技術研究開発動向に関する議論から抽出される、時宜を得た課題についての共通化を図った。

第2章 民間航空機等の国際共同開発に関する動向

2. 1 調査対象期間

平成22年度の調査対象期間は平成22年1月1日から平成22年12月31日の1年間とし、この期間に発刊、刊行された航空機等の技術研究開発に関する情報を収集し、分析と編纂作業を実施した。

2. 2 我が国の航空機産業に関わる政策等の動向

調査対象期間における我が国の航空機産業に関わる政策等の動向を調査し、以下の情報を収集した。

- (1) 平成22年6月に、経済産業省から「産業構造ビジョン2010」が刊行され、その中で、日本の航空機産業を「次世代環境航空機の世界拠点」として高付加価値化することを目指すことが示された。その上で、2020年には航空機産業の売上高を、現在の1.2兆円規模から2倍に相当する2兆円にまで成長することを実現し、2030年の売上高は3倍に相当する3兆円達成を確実なものにして行くとの方向性が示されている。日本はこうした目標に向けて、部品・モジュール分担からの脱皮を図ることを航空機産業の目標として掲げており、アクションプランとしては、①MRJの推進と防衛省機の民間転用の推進による国産機の実現で世界に航空機ソリューションを提供、②高い技術力を持つ部品・素材ソリューションの提供による国際共同開発における役割拡大、③他産業の革新技術も活用した、製造業の総動員による厚みと競争力のある高付加価値航空機産業の実現に取り組むことを挙げている。[資料1／P2010D001 参照]

- (2) 「産業構造ビジョン2010」の発刊に伴い、経済産業省は、平成22年6月に「技術戦略マップ2010」を策定し発表した。この中で航空機分野については、日本の航空機産業の成長に向けて、次世代中小型民間機（737後継機等）の国際共同開発に於いて主要部位を担当すること、更にエンジン分野では50%以上の役割分担を担う という日本主導のエンジン開発といった、これまでにない強気の姿勢が示されている。[資料1／P2010D002 参照]

- (3) 昨年度の平成21年4月27日に、日米両国間で「航空の安全の増進に関する日米政府間協定」の本体協定及び耐空性の実施取決め（BASA: Bilateral Aviation Safety Agreement の EA: Executive Agreement と IPA: Implementation Procedures for Airworthiness）が締結された。[平成21年度資料P2009D005～7]

本協定に関して、平成22年度は国産開発航空機等の日米相互認証へのプロセス具体化に向けて、日本政府(国土交通省航空局)に提言を行うために、日本航空宇宙工業界（SJAC）に作業委員会（相互認証推進委員会）が設置され、①開発・製

造、②運航・整備、③MRO の 3 領域について提言取り纏めを実施している。提言は H 2 2 年末に取り纏め、国土交通省に申し入れが行われる予定である。

- (4) 平成 2 2 年 1 0 月 2 5 日に、日米オープンスカイ了解覚書(MOU)が両政府代表(馬淵国土交通大臣、ジョン・ルース駐日米国大使)により署名され、日米の航空関係は完全に自由化された。今後、日米双方の航空企業は、自由な経営判断によって新規路線の開設、増便、運賃の設定、チャーター便の運航、他企業との提携等を行うことが可能となる。ただし、便数については、航空企業は通常の手続きにより希望する空港の発着枠を確保する必要があること、運賃設定については、差別的運賃等一定の要件に該当するものを除き、企業の商業上の判断を最大限尊重すると共に、可能な限り迅速な審査を行うとしている。

さらに、本覚書の実施と併せて、同一のアライアンスに属する日米双方の航空企業が独占禁止法適用除外(ATI)を取得することが可能となり、アライアンス間の競争を通じて、運賃の低下、乗り継ぎ時間の短縮等、更なる利用者利便の向上が期待されることになる。[資料 1 / P 2010D007 参照]

- (5) 欧米で次世代航空交通システムに関するビジョンの策定と基礎研究開発が、活発に進められている(米国 NextGen、欧州 SESAR)。これらは、ICAO が策定した 2025 年を目指した航空交通管理に関する指針に基づいた長期計画であるが、日本国内でも、平成 2 2 年度に国土交通省にて「将来の航空交通システムに関する研究会」が設置され、1 2 月に「将来の航空交通システム(ATM/CNS)に関する長期ビジョン(CARATS: Collaborative Actions for Renovation of Air Traffic Systems)」が取り纏められ、公表された。この中で、将来の航空交通システムの構築に当たって、7 項目の数値目標を定めている。①安全性の向上(安全性を 5 倍)、②航空交通量増大への対応(管制処理能力を 2 倍に向上)、③利便性の向上(定時性・就航率・速達性を 1 0 % 向上)、④運航の効率性向上(燃料消費量を 1 0 % 削減)、⑤航空保安業務の効率性向上(効率性を 5 0 % 向上)、⑥環境への配慮(CO2 排出量を 1 0 % 削減)、⑦航空交通分野における日本の国際プレゼンスの向上。

平成 2 2 年 1 2 月からは新たに「将来交通システムに関する推進協議会」が設置され、CARATS の達成に向けてロードマップの作成等が検討されている。

[資料 1 / P 2010D003 参照]

- (6) 温室効果ガス(CO2)規制関連活動としては、以下のような ICAO CAEP における活動状況が特記される。

ICAO : International Civil Aviation Organization (国際民間航空機関)

CAEP : Committee on Aviation and Environmental Protection (国際環境保全会議)

ア. これまでの経緯

2009年10月に開催されたICAO High Level Meetingにおいて、航空機からの温室効果ガス(CO2)を削減することを目的とした、航空機の排出するCO2に関する基準(Aircraft CO2 Standard)を策定することが決議された。

これを受け、2010年2月に開催されたCAEP 8において、今後3年間をかけて同基準を策定することが決議され、航空機からの排出物について技術検討を行うグループである Working Group3 (WG3) が、その具現化に向けた検討を付託されることになった。また、予想されるその仕事量の多さから、WG3 内に特別作業グループである CO2 Task Group (CO2TG) を設けてその検討にあたることも決議された。

CO2TG では2月のCAEP8以降、CO2基準を協議するための会合を3月(Atlanta, USA)、6月(Firenze, Italy)、9月(Geneva, Switzerland)の計3回開催し、また平行して、平均するとほぼ毎週となる程の頻度で電話会議を開き議論を進めてきた。

イ. 最新情報

Steering Group (SG) 会議が2010年11月8日から12日にかけて、フランスのToulouseで開かれた。本会議は、技術的付託を受けたワーキンググループの活動状況をモニターし、承認、あるいは適宜その方向を修正するために設けられている主要国による進捗モニター会議である。

ウ. WG3からSGへの報告

WG3からSGに対して、指標、適用範囲等について以下が報告された。

- ① 指標： 検討当初、約60ほど提案のあった指標については、先ず定性的な選択が行われ、その結果として、当初の半分の30程に絞り込まれ、その中でも有望なものとして11の指標が抽出された。今後定量的絞り込みに移行し、来年の7月までに最終的な指標を決定する。
- ② 適用範囲： 適用範囲は新たに型式証明を取得する機体とし、既に運用中の機体については、適用範囲外とする。但し、既に型式証明を取得済みであって、且つ、新たに生産される機体については、対象とするか否かについて今後議論して行く。適用航空機としては、亜音速ジェット機、及びターボプロップ機とする。適用重量範囲は、座席数によらず、亜音速ジェット機 12,500 lbs以上、ターボプロップ機 19,000 lbs以上の全ての機体とする。今後、証明要求案の策定に移行し、来年の7月までに案を取り纏める。
- ③ その他： 基準文書については、付属書 16 (環境関連付属書)の中に、新たに Volume III を起こして規定することとし、来年 9 月に予定されている、次回 SG2011 に、その案を提案する。

エ. SGにおける合意事項

- 指標及び適用範囲については、特に異議はなく承認された。その他、CO₂ 基準の最終採択時期については、2013 年 2 月に開催される定例 CAEP9 ではなく、同年末の 11 月に Mini CAEP 会議を開催し採択することが確認された。
- 今回の会議では UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change: 気候変動に関する国際連合枠組条約) の代表が出席し、CO₂ 削減に対する ICAO の努力を期待する旨の演説を行った。国連の代表が SG 会議に出席するのは異例であり、ICAO が行っている航空機の CO₂ 排出基準策定に対する、国連の大きな期待が感じられる。一方、開発途上国の代表である中国とインドは、それぞれ 1 名の代表を送り込んだのみであり、また同じ途上国代表のブラジルとともに、CO₂ 基準策定に関する議論の場での発言はなく、温室効果ガス削減に関する途上国の従来からの消極的姿勢は変化していないと思われる。
[資料 2 / P 2010D 116 参照]

2. 3 民間航空機等に関する技術研究開発の主要動向

2. 3. 1 民間航空機市場及び機体開発動向

(1) ボーイング、エアバス動向全般

2010 年は、民間航空機市場の回復の年となった。ボーイング、エアバスは、2010 年度（1 月～12 月）の機体納入実績を発表、ボーイングは、462 機、エアバスは、510 機の機体を納入し、共に当初目標を上回る結果となった。納入機の内訳は、ボーイングが 737 376 機（81%）、777 74 機（16%）、767 12 機（3%）、エアバスが A320 Series 401 機（79%）、A330/340 91 機（18%）、A380 18 機（3%）と圧倒的に 737/A320 といった小型機の数が大きく、市場の需要拡大に対して、乗客の利便性を確保しながら便数の増加で対応するというエアラインのトレンドが伺える。一方で空港の混雑解消のために A380 等の大型機の優位性を主張するアナリストの意見もあったが、現実には、A380、747 に対する受注は、伸びておらず、今後、大型機は、貨物輸送用を中心として活用される可能性が高い。

航空業界の景気回復に伴って両者の受注数も回復。2010 年度のエアバスの新規受注は、574 機となり、特に最新鋭中型機 A350XWB の受注が好調で、合計受注機数は、昨年 12 月末時点で 36 社から 583 機となっている。一方、ボーイングも 2010 年に 530 機の受注を獲得。787, 747-8 の就航に伴い 2011 年には、更に受注を伸ばす可能性もある。但し、787 の初号機の納入が以前の計画の 2011 年第 1 四半期から第 3 四半期に遅れる見込みであり、787 のキャンセル等、受注に対する悪影響も懸念されている。【Boeing News Release】【Airbus News Release】

今後の需要予測として、ボーイングは、2010～2029 年の 20 年間における民間旅客機の市場予測（右図）を発表。需要予測は、昨年発表の数値を上回るものとなっており、2006 年の値と比べると、総売上額が、US \$ 2.6 Trill から US \$ 3.6Trill へと、増加する見込み。一方、今後、ボーイングとエアバスの独壇場であった分野へ、1～2 社の新規参入が予測される。既にボンバルディアが C Series 機の開発を行っているほか、中国の C919 やロシアの MC-21 などの動きがある。エンブラエルもこの分野への進出を目指しているとの情報がある。

BOEING MARKET OUTLOOK COMPARISON, 20-YEAR FORECASTS			
	2010	2009	Change (units/%)
Regional jets	1,920	2,100	-180/-8.6%
Single aisles	21,160	19,460	+1,700/+8.7%
Twin aisles	7,100	6,700	+400/+6.0%
747 and larger	720	740	-20/-2.7%
Total	30,900	29,000	+1,900/+6.6%

(2) 市場の製品ニーズ

民間航空機に係る市場ニーズとしては、低燃費、長い航続距離、低整備コスト、環境適合性、低価格といったものであり、特に近年の原油価格高騰を背景に、燃費低減に繋がる新エンジン、複合材、先進システム等の技術開発の必要性が高まっている。10 年前に Sonic Cruiser 等で議論されていた速度増に対する要求は、完全に影を潜めた形となっている。特に超音速機については、機体メーカー及びエンジンメーカー共に真剣に事業化を図る動きは見えない。

各機種／各航空機メーカーの開発動向を下記にまとめる。

(3) 大型機の開発動向

◇747-8 (ボーイング)

ボーイングが開発中の 747-8 は、新エンジン、を搭載し、8000nm 以上の長い航続距離と従来の 747-400 比で 10%以上の低燃費の達成を目指して開発していたが、2010 年 2 月に貨物型機の初飛行に成功。度重なる設計変更により引渡しが遅れ、貨物型は 2009 年から 2011 年第 3 四半期に、旅客型は 2010 年から 2011 年第 4 四半期に各々ずれ込むとのボーイング発表がある。貨物型の受注が先行したためボーイング 747 ファミリーの中で、更には歴代のボーイング社のフリートの中で唯一、旅客型より貨物型が先行してロールアウトすることになった。



◇777 (ボーイング)

昨年 11 月にボーイング社は、900 号機目となる 777 型機を出荷した。777 はこれまでに、61 の顧客より約 1200 機を受注している。【Boeing News Release】

一方、777 後継機については、エンジン換装、主翼複合材等のオプションを検討中。ボーイングは、2011 年に本後継機開発についての決心を行うとしているが、ライバルの A350XWB の開発遅れにより、777 後継機開発は、少し先になる可能性が高い。【Boeing News Release】



◇A380 (エアバス)

A380 は、747-400 を大きく上回る 800 席の機体であり、15%程度の複合材を適用し、FBW(Fly by Wire)や EMA(Electric Magnetic Actuator)等の先進操縦システムの採用等で最新鋭の技術を活用し、内装の豪華さ等からエアラインの注目を浴びたが、1 年半の開発遅れを発生させ、2009 年に初号機納入を果たしたものの、その後もエンジンバースト等、機体トラブルが続き、市場の評価を下げており、生産レートも月産 2 ～ 3 機と低いままで推移している。【Airbus News Release】

また、昨年 11 月に発生した A380 型機に搭載されているロールスロイス製 トレント 900 エンジンの爆発事故原因については、Australian Transport Safety Bureau(ATSB)が調査結果に基づく事故原因を発表。高圧/中圧タービンにあるベアリングにオイルを供給するパイプの疲労クラックによりオイルが漏れ、炎上・爆発につながった模様。ロールスロイス社は、本原因究明に基づき対応中。【Airbus News Release】



(4) 中型機の開発動向

◇787 (ボーイング)

ボーイングが開発中の 787 は、新エンジン、複合材主翼・尾翼・胴体、More Electric System といった最先端技術の採用により、8000nm 以上の長い航続距離と 767 に比べて 20%以上の低燃費を達成する最新鋭機体で、2008 年就航を目指して開発していたが、度重なる不適合による設計変更の影響により、納入が約 3 年遅れ、最新のボーイング発表によると 2011 年第 3 四半期に ANA に対して初号機を納入するという計画となっている。また、2011 年は 5 機の 787 を出荷する模様で、当初計画の 2011 年出荷予定の 20 機に比べ大幅に減少、生産レートアップ時期についても見直しが必要となっている。

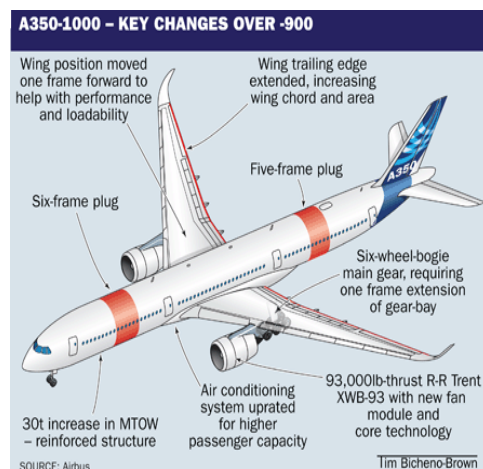


◇A350 XWB (エアバス)

787 に対抗する形でプロジェクトが、スタートした A350XWB は、787 より約 50 席大きな機体で、最新エンジンの採用と複合材の大幅な適用を目指して開発が進められているが、設計段階での開発トラブルから、出荷は 2015 年まで遅れると見られている。

(当初の 2013 年就航から 2 年遅れ。) また、“A350 は期待通りの良い機体にしなくてはならない。さもないとエアバスにとって、直面する広胴機ビジネスはとても困難になる。”と TEAL グループの Aboulafia 氏は、述べており、A350XWB に対してエアバスは、リソースを集中投入している模様。

一方、昨年、4 月にエアバスは A350-1000 の概要を発表した。369 人乗りの-1000 型機は、-900 型機に比べて 11 フレーム分の胴体を延長するとともに、主翼後縁部を 4% 拡大、エンジンは、93,000lb thrust のトレント XWB-93 を搭載。



(5) 小型機の開発動向

◇737 後継機 (ボーイング)

ボーイング社は、2012 年より 737NG を Upgrade する設計作業を開始すると発表した。本機体は、787 に用いられている 15in Display をフライトデッキに採用する等、小規模な改修にと止まる。一方、昨年、プログラムローンチした A320NEO への対抗機としてボーイングで検討中の 737 後継機については、Re-Engine になるか、新設計になるかは未だ決定していない。これまでの主要カスタマー調査結果では、Re-Engine 案の可能性は低い模様。ボーイングは、737 後継機の最終決定は、2011 年中に行うとしている。

Boeing CEO の McNerny 氏によれば、『2019～2020 年の新型機就航について、エアラインは待ってくれると思う』としているが、一方で『もっと早く登場させるべきだ』とのアナリストからの意見もある。

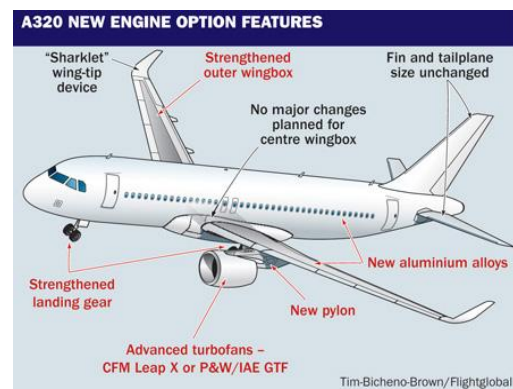
もし、737 新型機の開発となれば、ボーイングとエアバスの新型機開発競争が再燃する可能性が高く、次世代の 737 については、我が国の航空機メーカー及び装備メーカーの参入拡大が期待される。(現在の 737 の日本の生産部位は、フラップ、エレベータ等限定されている。)



◇A320NEO (エアバス)

昨年 12 月 1 日に、エアバスは A320NEO をローンチし、従来の A319, A320, A321 をベースにエンジン換装を行う NEO(New Engine Option)の計画を実現に移した。これに対して、早速、インディゴ航空から 150 機の大量受注が有り、737 から A320NEO や C-Series への受注の移行の可能性が出てきている。A320NEO は、P&W 製 PurePower PW1100G と CFM International の Leap-X エンジンのいずれかを選択でき、「Sharklet」と呼ばれる翼端形状が特徴となっている。A320NEO 初号機は、2016 年より就航開始の予定。

本機は、15%の燃費節約、1 機・1 年あたり 3,600 トンの CO2 削減と 2 ケタ台の NOx の削減、エンジン騒音低減、航続距離拡大が見込める。同機は、既存の A320 型機と 95% の部品共通化が行われ、改修部は、Wing と Pylon Area に限定されている。



◇ C919 (COMAC)

中国のCOMACは、開発中のC919型機の性能諸表を発表。長さ：38.9m、幅：35.8m、高さ：11.95m、客室幅：3.9m、客室高さ：2.25m、乗客数：168人(All Economy)、156人(Mixed Class)。2014年に初飛行、2016年より就航の見込み。

本機の操縦システムは、ERJ170と同様に、ハニウェル社のFBWを採用。



◇ MC-21 (United Aircraft/Irkut)

ロシアのUnited Aircraft社が計画中のMC-21プロジェクトに搭載のエンジン(PD-14)は、詳細設計の段階に到達した。2014年にエンジンの型式証明を取得予定。ただし、各シリーズ機に搭載するエンジンは、PD-14エンジンのほかにP&W製のPW1000Gも搭載する計画。



◇ C-Series (ボンバルディア)

ボンバルディア社は、1列5席胴体の110席機CS100、130席機CS300の開発を開始。更に150席を目指したCS500計画を発表。ボーイング、エアバスに対抗する。特にCS150計画は、A320neoのローンチを後押しする結果となった。C-Seriesは、GTFエンジン、FBW、新世代コクピットに加え、複合材主翼を採用する等、先端技術を採用。高い燃費性能を達成し、737、A320のローエンド市場を侵食する可能性がある。



(6) リージョナル機の動向全般

◇ E-Jet (エンブラエル)

エンブラエルの2010年の出荷機数は、246機に達し、昨年末のBacklogもUS\$15.6Bilとなり、昨年9月末時点よりも2%上昇。Backlogの内訳は、EMB170が10機、EMB175が40機、EMB190が157機、EMB195が41で、計248機となっており、90席機の人気が高く、リージョナル機の大型化が進んでいる。E-Jetの将来構想検討方針は、下記の通り。

- ・E-195 ストレッチ 195X 検討を取りやめ、既存機の Re-Engine に集中
- ・E-Jet よりも小さい分野での Turboprop 機の検討も取りやめ
- ・E-Jet の Capacity 拡大については、検討を進める
- ・E-Jet の Re-Engine の検討を進める (GTF 等)。New Wing の採用も検討
- ・更に、E-Jet に対して、New Wingtip devices、先進複合材と金属構造、先進 Avionics、Taxing 時に使用する電気モータの装備、Advanced Engines、Fuel Cell Auxiliary

power unit、Carbon composite nanotubes、第2世代型 GTF、Health monitoring system などを検討

◇ SJ100/130 (Sukhoi)

Sukhoi Super Jet 100(SJ100)は、飛行試験を継続中。離陸中断試験と緊急脱出試験を完了し、今年中の機体客先納入を予定。一方、脱出試験では、98人の乗客と5人の乗員が、73秒で脱出に成功。また、Sukhoi社は、SJ100のストレッチ機 Super Jet 130(SJ130)を検討中との情報もある。



◇ CRJ-1000 (ボンバルディア)

昨年11月にボンバルディア社は、CRJ-1000 Regional Jet (100人乗り)の470回、1400時間の飛行試験を完了し、カナダ航空当局とヨーロッパの航空局(EASA)より型式証明を取得。【Aviation News】



◇ ARJ21 (COMAC)

中国のCOMACが開発中のARJ21 Regional Jetは、昨年8月に高温・高湿度状況下における飛行試験を完了した。同型機は、2011年初頭にローンチカスタムであるChengdu Airlinesに納入される予定。



◇ MRJ (三菱航空機)

昨年12月27日に米国トランス・ステーツ・ホールディングス社(TSH)とMRJ 100機(確定50機、オプション50機)の正式契約を締結。本正式契約により、2010年6月に最終合意した全日本空輸株式会社(ANA)からの正式契約受注25機(確定15、オプション10)と合わせ、MRJの合計正式受注数は125機(確定65機、オプション60機)となった。



一方、MRJの開発は、部品製造の段階に入り、2012年初飛行、2014年初号機納入開始の予定。本機には、CFD設計による抵抗の低減、最新エンジン、複合材による重量軽減、燃費向上、先進コクピットによる安全性、整備性の向上等、先端技術を駆使して、競合機に対して差別化を図っている。

[出典資料 “Boeing News Release” / “Airbus News Release” / “Honeywell News Release” / “三菱航空機 News Release” / “Flight Global News Release” / “Aviation Week News Release” / 資料3 P2010D201~207]

2. 3. 2 エンジン関係

(1) 全般動向

2010年の民間航空エンジンの最大の話題は、エアバスA320とボーイング737のエンジン換装プログラムであった。以前から様々な検討情報を発信される中、航空業界全体がエアバスとボーイングの最終決断を待ち続け、12月1日にエアバスがA320NEOシリーズの開発決定を発表した。一方のボーイングは、同様なエンジン換装ではなく、2011年内に完全な新設計(All new design)の機体開発について決断する可能性が高い。

(2) GTFエンジンの開発

このエンジン換装の話題の中で目立ったのはP&W社のギヤードターボファン(GTF)である。GTFエンジンのPW1000Gシリーズは、当初はその複雑なギヤーシステムの信頼性に対して疑問が投げかけられていたが、徐々に市場に受け入れられ、すでに採用が確定していた三菱航空機のMRJ(70～100席)、ボンバルディアのCSeries(110～149席)に加え、ロシアのUnited Aircraft/Irkut社のMC-21(130～230席)への採用が決まった。さらに12月には、エアバスがA320NEOシリーズ(130～220席)のエンジンの一つとして採用を発表したことで、次世代エンジンの中心技術の一つとしての地位を確立した。

PW1000Gシリーズは、搭載機体別に、PW1100G(エアバス向け)、PW1200G(MRJ向け)、PW1400G(Irkut向け)、PW1500G(ボンバルディア向け)と名付けられ、進捗の差はあるものの、PW社は現在この4機種の開発を同時に進めている。その中でも最も先行しているPW1500Gでは、すでに9月から地上エンジン試験が開始されている。様々な試験を経て、PW1500Gの型式承認は2012年を予定しており、機体の就航は2013年を予定している。PW1200G/MRJの就航はその翌年の2014年であり、エアバスのA320NEO、Irkut社のMC-21の就航は更に2年遅い2016年が予定されている。

(3) Rolls Royce社の動向

P&W社がGTFを強く推してA320NEOに採用されたのとは反対に、そのP&W社やJAEC、MTUとともにIAEの下でV2500を開発したRR社は、エンジン換装プログラムがビジネス的に魅力あるものにならないとの判断から、V2500エンジンの後継としてIAEからGTFエンジンを出すことにも合意せず、A320NEOには全く関与しない立場となった。RR社は、ボーイングが検討している完全な新設計の737後継機および、A320NEOの次の後継機に向けてエンジン開発を続けるつもりである。

(4) LEAP-Xエンジンの開発

一方、PW1000Gエンジンのライバルである、CFMI社のLEAP-Xエン

ジンも、中国COMAC社のC919（130～220席）に採用されるとともに、年末に発表されたエアバスのA320NEOシリーズにも採用され、GTFのような革新技術を採用しなくても、従来エンジンに対し同程度（約15%）の燃費改善が達成可能であるとの主張に信任を得た。C919、A320NEOの就航はどちらも2016の予定である。また、C919向けのLEAP-Xエンジンの最終組立は中国で実施される予定である。

P&W社とCFMI社は、様々な場所・機会ですそれぞれ自社エンジンの優位性について主張している。どちらも従来機種に対して約15%の燃費改善を得られるとの主張は共通しているが、ライバルよりもメンテナンスコスト等が安くなるとの主張は、それぞれ理想的な仮定に基づいた主張の域を出ず、実際に運行が始まるまでその結果はわからないであろう。

（５）小型エンジンの開発動向

小型エンジンでは、GEのTech Xエンジンが、唯一の完全な新設計エンジンとしてデビューした。採用されたのは、ボンバルディア社が10月に開発を発表した新型ビジネスジェット機であるGlobal 7000/8000である。Tech Xエンジンは、コア部分に関しては Leap-Xと共通のGEの最新技術を多く使っているが、サイズ的には一回り小さい新型エンジンである。Global 7000/8000は、それぞれ2016/2017年に就航する予定である。

（６）オープンローターエンジンの研究開発動向

オープンローターエンジンは、A320のエンジン換装計画により、実現が遠のいた。もともと騒音や振動といった技術的な問題が簡単に解決されず、まださほど近い時期には実用化されないと見られているが、それでもRR社はこうした問題について楽観的であり、これらはそれほど遠くない時期に解決されると主張している。オープンローターエンジンに関しては、RRとCFMIがそれぞれ独自に次世代航空機エンジン向けに開発を進めており、どちらも2010年代後半に性能試験を予定している。これに対してP&Wは、GTFエンジンでもより進化した第3世代GTFになれば、オープンローターエンジンと同様に25～30%の燃費削減が可能だが、その実現は2020年以降になると言っている。

エアバス社は全体を新規設計した機体（A30X）の検討も行なっている。このA30Xでは、機体とエンジンの改善を併せて、現行機種より30～40%の燃費改善を達成する見込みである。オープンローターエンジンや第3世代GTFエンジンは、こうした機体に搭載される可能性がある。

（７）大型エンジン、その他の動向

大型エンジンは、787やA350の開発が終わっておらず、新しいエンジンに関する話題はほとんど出ていない。こうした中、GTFエンジンの大型機への採用の可能性

には、多少の興味ももたれている。実際のところ、GTFエンジンは中・小型機向けだけでなく、ワイドボディ大型機向けの大推力を出せる技術ではあるが、ボーイングやエアバスがそれぞれ787、A350といった次世代主力機種に新たなエンジンを追加する可能性は低く、実現には時間がかかると見られている。一方で、中国が、ナローボディの開発が終わったらワイドボディも手がけたいと言っているので、将来、中国が開発するワイドボディ機が大推力GTFエンジンの最初の導入機になる可能性もある。

最後に、2010年は目立った動きのなかったブラジルのエンブラエル社についてであるが、同社は現行のE170/190機のエンジン換装や、ボンバルディアのCSeriesに対抗できる完全な新機体の開発などを考えており、こうした機体にはTechX、LEAP-X、GTFエンジンが搭載される可能性がある。しかし、エンブラエル社はエアバス、ボーイングの動向をよく見据えて決定する構えのようで、2010年内には結論を出さなかった。12月にエアバスが発表したA320NEOの計画を受けて、2011年には何らかの動きがあると予想される。

[資料3/P2010D214～D287 参照]

2. 3. 3 装備品関係

- (1) 航空機の装備品は、フライトデッキシステム、飛行制御システム、降着システム、油圧システム、空調／与圧システム、電源システム、燃料システム、キャビン・システム等から構成される。近年の装備品に関する全般的な技術研究開発動向としては、安全に関わる研究が目立っている。

例えば、我が国では、航空機用先進システム基盤技術開発として「先進パイロット支援システム」の技術研究開発が取り組まれている。また、NASA では「Aeronautics」分野の「Aviation Safety」に約 9,000 万ドル（2009 年）を投じて

IIFD(Integrated Intelligent Flight Deck Technologies)や IVHM (Integrated Vehicle Health Management) など複数のプログラムを実施している⁽¹⁾。EU においても、2007 年～2013 年の EU フレームワーク・プログラム 7 で、HUMAN

(Model-Based Analysis of Human Errors During Aircraft Cockpit System Design) や SCARLETT (SCAlable and ReconfigurabLe Electronics plATforms and Tools) など、安全に関わる複数のプログラムが数百万～数千万ユーロの予算で実施されている⁽²⁾。また、これらのプログラムは、現在進められている NextGen 等、将来の管制システムに対応した次世代のコックピット（フライトデッキシステム）の研究も実施されている。

- (2) 安全とともに、装備品の技術研究開発で重要となるのが電動化である。将来の MEA (More Electronic Aircraft)、AEA (All Electronic Aircraft) 化を視野に入れて、電動アクチュエータ（特に EMA）等の研究が日本をはじめ、欧米で進められている。また、空調／与圧システムではエンジンに負荷をかけないノンブリード空調システムの技術開発が国内で行われており、こうした技術の導入に伴い航空機の電源システムは、より大容量なものとなってきている。例えば、ボーイング 787 の電源容量は、ボーイング 777 の約 4 倍に増加している⁽³⁾。また、環境対策の観点から小型ガスタービンの補助動力装置（APU）に代わり燃料電池を適用する研究も進められている。

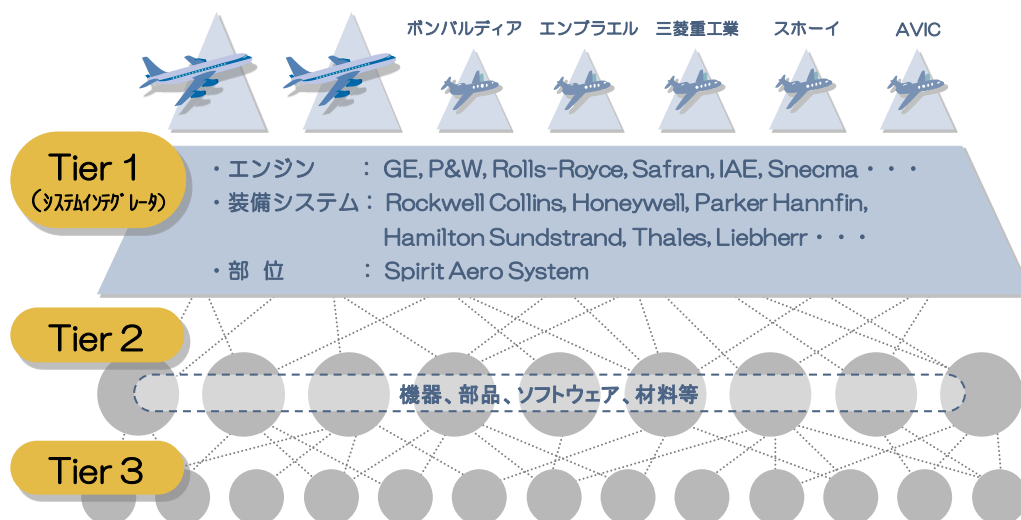
- (3) 降着システムでは、システム動作時の騒音低減や、クロムメッキ等の有害物質を使わない技術の適用が行われている。また、利用者が直接接することになるキャビン・システムでは、乗客一人一人の状態を把握して最適な環境を提供する技術などが研究されている。

- (4) 一方、航空機装備システム・メーカ、特に高度なインテグレート能力を有する Tier 1 クラスの欧米メーカは、従来の航空機産業の業界構造に変化をもたらしつつある。元々、航空機産業の業界構造は、航空機メーカを頂点としたピラミッド構造を呈していたが、主要装備システムをインテグレートする Tier1 メーカは、複数の航空機メーカ（ボーイング、エアバス、ボンバルディア、エンブラエル等）にシステムを供給することで、その影響力を強めている。特に大手航空機メーカがリスク・シェア

リング・パートナーの数を絞り、航空機開発や量産段階でのリスク・シェアリング・パートナーへの依存度を高めている中、キーとなる装備システム・サプライヤの位置づけはますます重要となってきた。

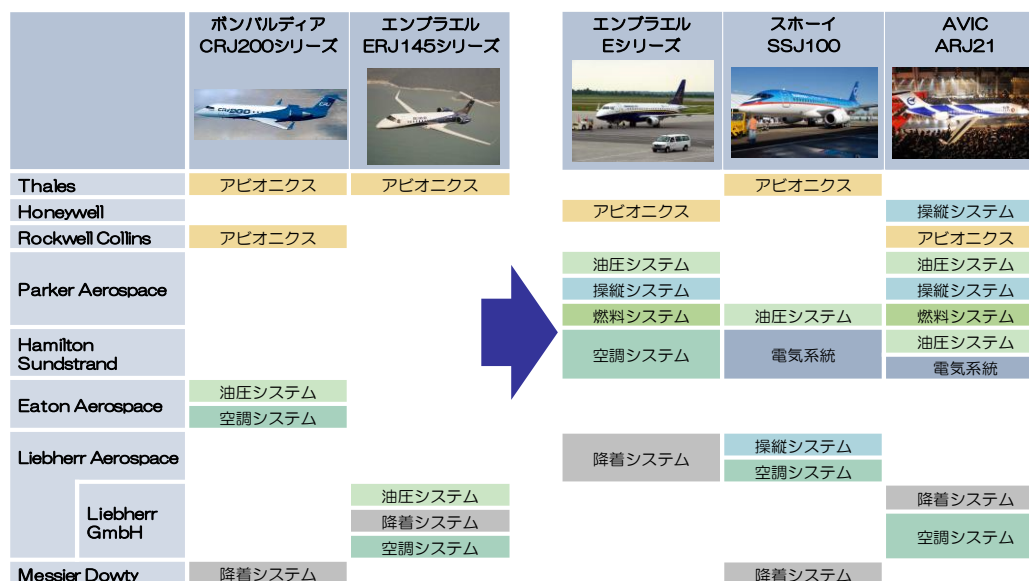
我が国においては、住友精密、ナブテスコ、ジャムコなどが Tier1 に近い装備システム・メーカーとして、複数の航空機プロジェクトで重要な役割を果たしている。一方で、今後は航空機メーカーだけでなく、こうした Tier1 クラスの国内装備システム・メーカーの育成・発展が、強く求められるところである。

図 2-3-3-1 Tier 1 メーカーを中心とした航空機製造業の業界構造の変化



出所) MRI

図 2-3-3-2 リージョナル機への Tier 1 メーカーの納入事例



出所) 各社資料から MRI 作成

2. 3. 4 航空システム・航空管制関係の技術研究開発動向

世界的な航空交通量の増加、運航者・利用者のニーズの多様化、地球環境問題への対応のため、より安全、より正確、より効率的な航法システムが求められ、航空交通システムの変革が進められている。GPS 衛星などを利用した測位技術に基づく航法システム（GNSS：Global Navigation Satellite System）を中心に、SBAS（Satellite Based Augmentation System）、GBAS（Ground Based Augmentation System）などの航空管制システムと、それら利用をした RNAV（aRea NAVigation）などの航法システムの導入が進みつつある。また、長期的視点から将来の航法システム概念の研究を行う米国の NextGen, 欧州の SESAR に対し、日本は「将来の航空交通システムに関する長期ビジョン(CARATS)」を平成 22 年度にまとめた。

第3章 日本の航空100年記念イベント

3.1 日本の航空100年

平成22年(2010年)は、明治43年(1910年)12月、徳川好敏陸軍工兵大尉と日野熊蔵陸軍歩兵大尉が東京・代々木練兵場(現在の代々木公園)で、日本初の動力機による公開飛行を実施してから100年の節目となり、日本の航空100年記念の年にあたる。

これを受けて、国内では、多様な講演会やイベント、展示会等の航空100年記念イベントが企画され、日本の航空のこれまでを振り返ると共に、将来の日本の航空の方向性を議論される多くの機会があった。主要なイベントを以下に列挙する。

- ・航空100年記念「JAXA から見た日本の航空の歩み」講演会
2010年9月9日 みらいCANホール
[<http://www.apg.jaxa.jp/publication/event/2010/100909.html> 資料2/P2010D114 参照]
- ・航空100年 SJAC 記念講演会
2010年10月18日 霞山会館 霞山の間
[<http://www.sjac.or.jp/common/pdf/kaihou/201011/20101103.pdf> 資料3/P2010D211 参照]
- ・特別展『空と宇宙展－飛べ！100年の夢』
2010年10月26日(火)～2011年2月6日(日) 国立科学博物館(東京上野)
[<http://sora-uchu.jp/>]
- ・「～日本の航空100年記念フォーラム～日本の航空の明日を考える」
2010年12月7日 東京大学安田講堂
[<http://aviation.u-tokyo.ac.jp/event.html> 資料3/P2010D212 参照]

これらの内、JAXA と東大で行われた記念イベントの詳細を以下に記す。

3.2 航空100年記念講演会「JAXA から見た日本の航空の歩み」

(1) 日本の航空100年に当たる機会を捉えて JAXA と JAXA を取り巻く社会のかかわりや歴史の紹介を通じて、広く一般に航空に関する研究活動の現状を示すものとして JAXA 記念講演会が企画され、9月9日に開催された。本講演会は、JAXA が一般の国民に日本の航空についての現状と将来を示すという観点から、研究開発動向を把握する上で、一般から見た将来の研究開発のあるべき姿を読み取れるものと考えられ、以下に

その内容を簡単に紹介する。

(2) 本講演会では次の講演と展示発表が実施された。

講演

「JAXA 航空の歩み」 JAXA 航空プログラムグループ統括リーダー 岩宮敏幸氏

「航空 100 年－100 年前に何が起き、100 年後のために今何をすべきか」 東京大学 鈴木真二氏

「日本の航空機産業の将来」 (社) 日本航空宇宙工業会 技術部長 柳田晃氏

「航空 CFD の過去、現在、そして未来」 東北大学 中橋和博氏

「名大・JAXA 連携における新しい取り組み」 名古屋大学 中村佳朗氏

「運輸安全委員会における事故調査について」 事故調査委員会委員長 後藤昇弘氏

「東京大学における航空エンジン研究の歩みと展望」 東京大学 渡辺紀徳氏

「航空会社から見た JAXA の役割」 日本航空整備本部副本部長 齋藤 隆氏

JAXA 展示発表

「機体騒音とその低減方法の研究」、「国産旅客機チームにおける構造材料の研究」、「低 NOx 燃焼技術の研究開発」、「騒音低減技術の研究開発」、「CO2 排出削減技術の研究開発」、「低ブーム設計コンセプト実証計画 (D-SEND 計画)」、「低ブーム・低抵抗設計技術の研究」、「空中ブーム計測システムの開発」、「摩擦攪拌接合の強度特性に関する研究」、「気象情報を活用した次世代運航方式の研究」、「災害監視用電動小型無人飛行機の研究開発」、「災害監視用小型飛行船の研究開発」、「電動駆動輪による航空機の離陸滑走距離短縮に関する研究」

鈴木真二日本航空宇宙学会副会長、後藤昇弘運輸安全委員会委員長、柳田晃日本航空宇宙工業会技術部長等による記念講演では、公的研究機関である JAXA の研究開発活動に対して、別の視点からの意見、提言が行われた。JAXA の航空とかかわりのある企業、大学等に JAXA とのかかわりと各機関の歴史や今後の展望について講演され、前項の JAXA 技術研究の動向とは異なる視点で日本の航空の動向をうかがい知ることができた。また、大学における研究開発と JAXA との連携の中から新たな研究開発の手法と成果が創出されつつあることが示された。

研究展示発表 では、JAXA 航空プログラムグループで実施している最近の研究テーマが紹介された。その内容については、前項の研究発表会の記述と重複するので言及しないが、より一般国民に対する説明を行うという観点で研究成果を提示しているものだが、このような活動は現在の社会情勢の中では、航空の発展に必要不可欠な活動であり、重視すべき流れであろう。一方で、講演会では、航空 100 年を迎え航空への関心の高さと JAXA 航空プログラムグループへのより一層の期待が高まっていることが感じられ、将来の航空の発展を見据えた研究開発が推進されて行くことが期待される。

3. 3 日本の航空 100 年記念フォーラム「日本の航空の明日を考える」

(1) 東京大学航空イノベーション総括寄附講座（三菱重工業出資）は、12 月 7 日、「～日本の航空 100 年記念フォーラム～ 日本の航空の明日を考える」を東京大学安田講堂にて開催した。University of British Columbia の Oum 教授の基調講演、日本航空協会文化情報室部長 酒井正子氏、三菱航空機(株)取締役会長 戸田信雄氏、国土交通省航空局監理部航空事業課長 篠原康弘氏、東京大学特任准教授 岡野まさ子氏の講演があり、引き続き、鈴木真二氏（東京大学航空宇宙工学専攻教授）、浅井俊隆氏（石川県庁）、阿部信一氏（全日本空輸）、内山拓郎氏（フジドリームエアラインズ）、穴戸昌憲氏（三菱商事）、日原勝也氏（東京大学公共政策大学院特任教授）によるパネルディスカッションがあった。

(2) パネルディスカッションは、日本の地域航空をどのように維持、成長させていくか、という観点から議論が行われた。そのためには、利用者、運航者、地域経済が共に豊かになっていく方策が求められているが、今のシステムでは上手く行かなくなっている。航空ネットワークを活性化するためには、高速鉄道、自動車を含めた総合的な交通システムの再構築を考えていくことが必要であるとの提言等があった。

[資料 3/P2010D212、P2010D213 参照]

第4章 平成22年度海外調査報告

4.1 調査目的

(1) 調査目的

航空機等に関する技術開発動向調査委員会にて、調査課題として取り上げたテーマについての掘り下げ調査の一環としての海外調査を実施する。平成22年度の調査課題として抽出されたテーマは以下のとおりで、本掘り下げ調査として先進技術開発の進んでいる北米の研究施設、大学、企業を訪問先として検討する。

- ① 次世代中小型輸送機用エンジンの技術開発動向の実態調査
- ② 次世代航空機の技術開発動向と将来航空機用先端技術研究開発の実態調査
(可能であればNextGen構想の研究開発状況についても調査する)

(2) 調査対象先の選定

調査目的に沿って北米の研究施設、大学、企業を訪問先として検討し、以下を選定した。

NASA Glenn Research Center (20001 Brookpark Rd, Cleveland, OH 44135)

NASA で実施している将来航空機用エンジンの研究開発状況(Open Rotor を含む)とその他最先端技術研究の実状を調査する。研究施設の見学、担当者との意見交換等により、米国内の航空機エンジンの最先端技術開発動向と将来エンジンの方向性について将来動向を探る。また、可能ならば、研究開発における NASA の役割(大学、企業内研究との連携・協力体制、役割分担等)について調査する。

NASA Ames Research Center (Moffett Field, CA 94035)

NASA で実施している将来航空機の研究開発状況(Blended Wing Body 機、Tiltrotor 機を含む)と最先端技術研究の実状を調査する。研究施設の見学、担当者との意見交換等により、米国内の将来航空機の研究状況や最先端技術開発の将来動向を探る。また、可能ならば、航空機関連の研究開発における NASA の役割(大学・企業内研究との連携・協力体制、役割分担等)について調査する。

GE Aviation (Cincinnati, OH)

NASA と共同研究している Open Rotor の開発動向と次世代エンジンの Leap-X 及び NG34 エンジンの開発状況を調査し、将来航空機エンジンの方向性と実現時期等に関する GE 社の見解入手と意見交換を実施する。また、試験設備等の見学と Leap-X の要素試験機等について可能な範囲の入手を図る。

P&W Company (400 Main Street, East Hartford, CT 06108)

次世代中小型輸送機用エンジンとして P&W 社にて開発中の GTF(Geared Turbo Fan)エンジンの開発状況を実地調査する。また、将来航空機エンジンの方向性、実現時期等についての P&W の見解入手と意見交換を実施する。試験設備等の見学と GTF 関連の試験機等について、可能な範囲の調査を実施する。

オハイオ州立大学 Ohio State University (OSU)

長年に亘り GE 社にて航空エンジンの技術開発部門責任者を勤め、現在はオハイオ州立大学(OSU)の教職に就いている Mike Benzakein (Ph.D) 教授を訪問し、先進航空エンジン技術の現況と将来エンジンの開発動向についての見解を伺う。同時に米国内大学の一例としての航空機関係教育システム、実施状況、研究設備等に関する実情を調査し、意見交換を実施する。

4. 2 調査結果概要

(1) 日程・調査団メンバー

調査団メンバー、日程は以下のとおり実施した。

調査日程：平成 22 年 10 月 24 日～31 日

- 10 月 24 日 成田出発、シカゴ経由ハートフォードに到着
- 10 月 25 日 Pratt & Whitney 社訪問、午後遅くシンシナチに移動
- 10 月 26 日 コロンバス市にある Ohio State University(OSU)を訪問
- 10 月 27 日 GE Aviation 社を訪問、午後クリーブランドに移動
- 10 月 28 日 NASA Glenn Research Center 訪問、夕方サンフランシスコに移動
- 10 月 29 日 NASA Ames Research Center 訪問
- 10 月 30 日～31 日 サンフランシスコから帰国、成田到着

調査団メンバー

戸田 勸委員長（調査団長）、津江光洋委員、野崎 明（事務局）

(2) Pratt & Whitney 社 (P&W) 訪問

P&W 社と次項に記載する OSU、GE Aviation 社では現在開発中の次世代エンジンの状況と将来エンジンの研究開発動向等の説明を受け、施設見学を実施することができた。特に P&W 社では GTF エンジンの最新状況の説明と共に、要素試験後の試験体を直接手にとって触れる機会を得ることもでき、P&W 社が中小型機用エンジンで Geared Turbo-Fan(GTF) エンジンの開発に賭けている様子が強く印象付けられた。

一方、大型機用エンジンでは P&W 社は次世代用新エンジンの開発は特に進めておらず、既存エンジン(PW4000 シリーズ、GP7000 等) の生産維持と MRO に当面は注力す

るとの戦略が伺えた。

GTFはConventional Fan Engineと将来のOpen Rotor Engineの中間領域となるバイパス比(BPR)=12~20のエンジンを開発目標としており、初期エンジン(ボンバルディアC-seriesと三菱MRJ用)を推力増大した次期開発エンジン(ロシア製MS-21、エアバスA320 NEO用)ではBPRが約15になる。GTFエンジンではBPRを大きくしてファンの回転数を下げ、ワイドコードのFan Bladeを採用し、Fan枚数も18枚(既存エンジンは22枚)に減じている。GTF開発上の課題はGear BoxのHeat rejection Requirement(modest HEX size)とVibrationであるとのことで、機体側の許容度も一つの鍵になるとのこと。開発は順調に進んでおり、11月からC-series用プロトエンジンの試験をフロリダ工場(West Palm Beach)で開始するとのことであった。P&W社の説明で中小型機用エンジンは将来的にはGTFの後にOpen Rotorの時代になるであろうこと、その一方で近距離用としてはターボプロップエンジンが効率性の追求から継続(拡大)使用されることが示された。意見交換後の施設見学にて本社ショールーム(Engine Exhibit)と本社から車で約30分の距離にあるMiddle town工場を案内付きで見せてくれ、工場内にあるGTF関連の一面では、上記のようにGTFエンジン要素試験後の各要素が陳列されており、実物を手にとって確かめることもでき実り多い訪問であった。

(3) Ohio State University(OSU)・GE Aviation 社訪問

OSUではGE社で航空エンジン技術開発部門の責任者を長く勤められ、2005年からOSUの教職に就いているMike Benzakein (Ph.D) 教授を訪問し、航空エンジン技術の現況と将来エンジンの開発動向についての見解を伺った。その他数名の教授とも面談する機会を得、OSUの航空宇宙学科の教育カリキュラム等についての説明を受け意見交換すると共に、20マイル程離れた処にある研究施設(Propulsion and Power Center)を見学する機会を得た。

将来航空エンジンについてのBenzakein教授の見解は、P&W社でのプレゼンと同様に目標はNASA N+1 (Single Aisle機に対する2015年達成目標)とNASA N+2 (Large Twin Aisle機に対する2020年達成目標)に置いてあり、GE社での開発マップをベースに将来技術開発動向を包括的に分かり易く説明して戴いた。GE社での先進エンジンCore技術の開発動向(Tech56、e-Core/Leap-X)については個別説明が為され、GTFエンジンに関しては、BPR10~12ではConventional Fan Engineと同等であるが、BPR20ではAdvantageを持つ(但し、Gearの信頼性と共にコストとノイズの課題がある)との見解が示され、更に将来的にはOpen Rotorが有望であろうが音の問題(Community and Cabin Noise)が未解決であるとの見解が示された。

翌日訪問したGE Aviation社では、残念ながら今回の訪問目的に叶った対応が得られず、助成対象事業(CF34及びGEnx)の開発状況のプレゼン主体による情報収集に留まった。この為、Benzakein教授の説明に加えるべき情報は得られなかったが、CF34エンジンの延長線上にあるNG34エンジンの開発選評等に多少触れた説明を受けた。

(4) NASA Glenn Research Center(GRC) と Ames Research Center(ARC) の訪問

NASA Glenn Research Center(GRC) と Ames Research Center(ARC) の訪問主旨は、NASA での航空機関係 (機体・エンジン) の最新技術研究開発状況の調査にあったが、GRC 訪問当日は偶々 Propulsion 関係の試験等が一段落して殆ど実施していない時であった為、殆どは研究所の紹介と研究施設見学に終始したが、好意的に対応して戴いた。最大の調査目的であった Open Rotor の基礎試験状況に関しては、供試体等は見ることが出来なかったが、これまでの研究成果について纏まったプレゼンを追加して貰うことができた。成果の骨子は、一連のリグ試験の結果により騒音の発生源、音源スペクトラムを把握することができたこと、その結果、Community Noise に対する対策 (Engine installation point、Acoustic shielding の方法等) に目処がたったというもの。但し、Cabin noise に対する対策はこれからとのことであった。次回リグ試験を 2011 年 1 月に実施するので、その時機に訪問すれば見せてくれるとのことであった。

一方、ARC は NASA と JAXA のヘリ・ローターに関する共同研究 (Active Flap Rotor Project) を実施しているお陰で訪問は歓待され、プレゼン資料も十分に用意されていて、AMR での研究概要全貌 (Subsonic Rotary Wing Project/NASA Rotorcraft Research 等) のプレゼンと施設 (Vertical Motion Simulator/Future Flight Central 等、但し Wind Tunnel は軍関係の開発に絡み許可を取るのが極めて難しい為、割愛された) を見学することができた。

Tiltrotor 機の開発に関しては、90 人乗りの次世代機 (Large Civil Tiltrotor 2nd Generation-LCTR2) の研究開発が Commercial 機では主体になっており、各種要素研究とシミュレーションによる安定性の研究等が実施されていた。実用機の実現可能時期についてはコメントが得られなかった。

Future Flight Central は、空港設備と管制空域全体 (管制設備、航空機の Flight path 等を含む) を Simulation できる研究施設で、各種の NextGen に関する研究が実施されていた。なお、NextGen の次世代 Air Traffic Management (ATM) に関する研究として、ARC では Ground Center 関係の研究を、今回訪問できなかった LRC (Langley Research Center) で Cockpit Center に関する研究 (UAV 含む) を実施しているとのこと。

4.3 訪問先面会者一覧

(1) P&W 社

Dr. Alan H. Epstein, Vice President – Technology and Environment

Elizabeth Mitchell, Manager – Technology & Environment Special Initiatives

Paul Finklestein, Vice President – Marketing (Commercial Engines & Global Services)

Dr. Wesley K. Lord, Technical Fellow – System Architecture Functional Synthesis

Dr. Yoshika Omori, Structures Integration NGPF

Rosario Rizzo, Manager – Customer & Community Relations、他

(2) Ohio State University(OSU)

Dr. M. J. Benzakein, Wright Brothers Institute Professor

Director – Propulsion and Power Institute

Dr. Michael G. Dunn, Professor and Director

Mechanical Engineering & Gas Turbine Laboratory

Dr. Mo Samimy, The Howard D. Winbigler Professor of Engineering

(3) GE Aviation

John S. Hamilton, Director – International Programs

Junhaur Jih, Fan/RSP Integration Leader NG34/LeapX Systems Integration

Steve Large, Manager – Business Strategy Small Commercial Engines

Michael D. Burke, Business Manager GENx Project

Chris Schuppe, LPT Module Manager GENx-2B Engine Systems

K. Inoue, GM Sales Group Marketing & Business Development Dept. IHI

(4) NASA Glenn Research Center (GRC)

Dr. D.R. Reddy, Chief – Turbomachinery and Propulsion Systems Division

Dr. Lawrence G. Matus, Chief – Sensors & Electronics Branch

Joyce A. Dever, Chief – Durability and Protective Coatings Branch

(5) NASA Ames Research Center (ARC)

Lewis S. G. Braxton, III, Deputy Center Director

Dr. William Warmbrodt, Branch Chief – Aeromechanics Branch

Flight Vehicle Research & Technology Division

Dr. Wayne Johnson, Aeromechanics Branch

Michael Dudley, Chief – Flight Vehicle Research & Technology Division

Dr. Carlos A. Malpica, Aeronautical Engineer – Aeromechanics Branch, FVRT Division

Karol J. Bobko, SimLabs Program Manager

Girish H. Chachad, Special Project Manager Simulaiton Experiments

第5章 まとめ

5. 1 今後の調査課題

- (1) 平成22年度の技術研究開発動向調査結果を纏めると、次期先進航空機である787型機やA350XWB型機の開発プログラムが遅れを来した一方で、世界中で就航している民間航空機の半数以上を占める737型機とA320型シリーズ機の後継機計画に具体的な進捗が見られ、これに伴う次世代中小型民間輸送機用エンジンとして先行開発が進められている、GTFやLeap-Xエンジンの開発にも大きな進捗が見られた。

このような状況から、機体側の技術研究開発動向として、環境技術、機体構造、機体システムを含め、次のような項目が引き続き今後の調査課題として必要となる。

- ・次世代中小型民間輸送機（特に737型機の後継機等）の開発動向
- ・次世代中大型民間輸送機（777型機の後継機等）の開発動向
- ・CO2低減、騒音低減、低エミッション技術の動向
- ・対環境技術（脱クロム等）の技術動向
- ・高強度プリプレグ複合材の動向
- ・低コスト複合材（RTM: Resin Transfer Molding 等）の動向
- ・熱可塑複合材の動向
- ・EME（Electro Magnetic Effect）対応技術の動向
- ・高強度アルミ合金（Al-Li 合金等）の動向
- ・その他先進金属材料（Mg 合金、チタン合金等）の動向
- ・先進操縦システム（軽量化、安全性向上等）の動向
- ・モジュラーアビオニックスの動向
- ・More Electric（アクチュエータ、防水システム、空調システム等）技術の動向
- ・光ネットワーク技術（データ処理、Wire Harness 等）の動向
- ・燃料電池等の電気システム技術の動向

- (2) 今年度の調査対象期間中にA320NEOの開発が正式に立ち上がったことから、次世代航空エンジンの開発が、次世代中小型民間輸送機用エンジンが先陣となって拍車がかかるものと予想され、その成否が将来エンジンの開発計画に及ぼす影響が非常に大きいと考えられる。このような状況から、次のような項目がエンジンに関する今後の調査課題として重点的に掘り下げ調査することが必要である。

- ・次世代中小型民間輸送機用エンジンの開発動向（特にGTF、Leap-X）
- ・革新的なファンローター駆動システム関連技術の開発動向
- ・騒音低減化に関連するエンジン技術の開発動向

- ・複合材のエンジンへの適用拡大動向（軽量で高効率な低圧系システム関連技術）
- ・環境適合性向上に資するための先進燃焼システム関連技術の開発動向
- ・その他熱効率の向上に資する先進機械要素関連のエンジン技術開発動向

（３）また、運行支援、安全性証明・標準化・スタンダードの整備に関するものとして、次のような項目が調査課題となる。

- ・NextGen、SESAR、CARATS 等の相互調整状況と目標値達成に向けた高度航空管制システムの開発動向
- ・先進航空交通システム（A T M）、航法システムの開発動向
- ・運行支援システム、情報ネットワーク技術の動向
- ・自動操縦システムの開発動向
- ・RFID 等のプロセス管理技術の動向
- ・型式証明（TC）に係わる標準・スタンダードの変更を含む動向
- ・Virtual Testing 技術（モデリング・シミュレーション）の動向

５．２ 平成２２年度調査のまとめ

財団法人航空機国際共同開発促進基金は、平成２１年度下期から、外部の航空機等に関する専門家等から成る「技術開発動向調査委員会」を設置し、対象期間における航空機等の技術開発動向等に関わる情報を収集し、分析した上、必要に応じて将来展望等を含めて報告書を編纂する事業を開始した。

平成２２年度は、年間を通した対象期間において、航空機等に関する技術開発動向について広く情報を集め分析する委員会活動を実施し、調査課題に対する世界的な技術研究開発動向について取り纏めることができた。特に将来民間機の研究動向や次世代民間輸送機用エンジンの開発動向については、最新技術研究が実施されている米国の研究機関（N A S A グレン研究所、エイムズ研究上）、大学（O S U）、企業（P & W、G E）を訪れ、現地調査をする機会を得て、有益な最新情報を入手することができたことは成果であった。これらの調査結果を取り纏め編纂した本報告書が、我が国の航空機等の国際共同開発の促進と航空機産業の発展に貢献することができれば幸いである。

資料1 関係省庁の刊行物リスト（平成22年1月～平成22年12月）

資料番号	標	題
P2010D001	経済産業省「産業構造ビジョン2010」平成22年6月	（産業構造審議会 産業競争力部会報告書） （ http://www.meti.go.jp/committee/summary/0004660/index.html#vision2010 ）
P2010D002	経済産業省「技術戦略マップ2010」（システム・新製造 ④航空機分野） 平成22年6月 経済産業省研究開発課	 （ http://www.meti.go.jp/policy/economy/gijutsu_kakushin/kenkyu_kaihatu/str2010.html ）
P2010D003	国土交通省「将来の航空交通システムに関する長期ビジョン（CARATS）」 2010年12月	（ http://www.mlit.go.jp/common/000123890.pdf ）
P2010D004	国土交通省 将来の航空交通システムに関する研究会	（ http://www.mlit.go.jp/koku/koku_CARATS.html ）
P2010D005	内閣府 平成22年交通安全白書 2010.12	（ http://www8.cao.go.jp/koutu/taisaku/h22kou_haku/index_pdf.html ）
P2010D006	文部科学省 航空科学技術委員会（第34回） 2010年3月18日	（ http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/004/gijiroku/1293319.htm ）
P2010D007	国土交通省 日米オープンスカイ了解覚書(MOU)の概要	

資料2 関係団体の刊行物リスト（平成22年1月～平成22年12月）

資料番号	標 題
P2010D101	日欧共同研究の為に Web-EX 会議聴講報告（H22 年 4 月 12 日）
P2010D102	SJAC 平成 21 年度委託研究成果発表会参加報告（H22 年 7 月 2 日）
P2010D103	H 2 1 年度革新航空機技術開発センター委託研究成果報告書 （H 2 2 年 3 月 社団法人日本航空宇宙工業会）
P2010D104	航空機業界動向情報「737・A320 型クラス機用次期エンジン開発特集(平成 22 年上期)」 IADF 22 航企 0728 第 1 号
P2010D105	IADF 航空機等に関する解説概要 22-1「乱気流検知技術の最新研究動向」 http://www.iadf.or.jp/8361/h/IADF-HP/iadf-hp_duokouchyosa2.htm
P2010D106	IADF 航空機等に関する解説概要 22-2「航空機の型式証明について」(do.)
P2010D107	IADF 航空機等に関する解説概要 22-3「洋上飛行経路による CO2 削減について」 (do.)
P2010D108	IADF 航空機等に関する解説概要 22-4「航空機用燃料電池に関する技術動向について」(do.)
P2010D109	IADF 航空機等に関する解説概要 22-5「航空エンジンにおけるレアメタルと非レアメタル化」(do.)
P2010D110	IADF 航空機等に関する解説概要 22-6「機体空力騒音低減化の研究動向」(do.)
P2010D111	IADF 航空機等に関する解説概要 22-7「FSW(摩擦攪拌接合)の航空機への適用動向」(do.)
P2010D112	IADF 航空機等に関する解説概要 22-8「複合材構造の非破壊検査・修理技術の現状と開発」(do.)
P2010D113	日本の航空 100 年記念 SJAC 講演会報告（日本航空宇宙工業会会報「航空と宇宙」, 2010 年 11 月 第 683 号 pp.9-16）
P2010D114	日本の航空機産業の将来「航空 100 年記念講演会～JAXA から見た日本の航空の歩み～」平成 22 年 9 月 9 日
P2010D115	電子航法研究所:第 2 回 ATM/CNS に関する国際ワークショップ(EIWAC2010)
P2010D116	ICAO(国際民間航空機関) CAEP ステアリンググループ会議に参加して（日本航空宇宙工業会会報「航空と宇宙」, 2010.12 月 第 684 号 pp.30-35）
P2010D117	電子航法研究所 第 2 回 ATM/CNS に関する国際ワークショップ(EIWAC 2010)
P2010D118	(社) 日本航空宇宙工業会、平成 21 年度航空機用先進システム基盤技術開発（先進パイロット支援システム）報告書
P2010D119	IADF 航空機等に関する解説概要 20-3「航空機市場における国産装備品の状況」 http://www.iadf.or.jp/8361/h/IADF-HP/iadf-hp_duokouchyosa2.htm

資料3 大学・研究機関・企業等の刊行物リスト（平成22年1月～平成22年12月）

資料番号	標	題
P 2010D 201	Flight International, Apr 23, 2010	
P 2010D 202	Flight International, May 20, 2010	
P 2010D 203	Flight International, Aug 16, 2010	
P 2010D 204	Flight International, Nov 16, 2010	
P 2010D 205	Aviation Week & Space Technology, Apr 20, 2010	
P 2010D 206	Aviation Week & Space Technology, Oct 28, 2010	
P 2010D 207	Aviation Week & Space Technology, Nov 12, 2010	
P 2010D 208	野村、「将来旅客機に関する技術動向」、JSASS-2010-5071、第48回飛行機シンポジウム pp.424-428	
P 2010D 209	NASA ERA Project, Integrated Systems Research Program, T.Strazisar, PhD (http://www.aeronautics.nasa.gov/pdf/2009_05_14_nrc_tony_strazisar3.pdf)	
P 2010D 210	Overview of NASA's ERA Project, F. Collier, PhD (http://www.aeronautics.nasa.gov/pdf/asm_2010_collier_508.pdf)	
P 2010D 211	日本航空宇宙工業会会報「航空と宇宙」2010年11月号 pp.9-16	
P 2010D 212	東京大学航空イノベーション総括寄附講座「日本の航空100年記念フォーラム～日本の航空の明日を考える」報告書	
P 2010D 213	「日本の航空100年記念フォーラム」参加報告書	
P 2010D 214	Flight International 2010-12-14/20	Shall we NEO or not?
P 2010D 215	Flight International 2010-12-14/20	Boeing pressing on with 737 update
P 2010D 216	Flight International 2010-12-07/13	End of a stand-off
P 2010D 217	Flight International 2010-12-07/13	CSeries has NEO competitor
P 2010D 218	Flight International 2010-11-02/08	Narrowing options
P 2010D 219	Flight International 2010-12-07/13	Bombardier predicts Cseries “ERA”
P 2010D 220	Flight International 2010-10-26/11-01	Bombardier goes bigger and faster
P 2010D 221	Flight International 2010-10-26/11-01	Engine buss: blisks, Sabers and Safran
P 2010D 222	Flight International 2010-10-05/11	Open question
P 2010D 223	Flight International 2010-09-07/13	Stepping up a gear with GTF
P 2010D 224	Flight International 2010-08-03/09	Tempo raises for Russia's MS-21
P 2010D 225	Flight International 2010-08-24/30	Re-engined A320 to cost \$8m extra
P 2010D 226	Flight International 2010-08-31/09-06	P&W powers past GTF test milestone
P 2010D 227	Flight International 2010-07-20/26	RR pushes for all-new, not re-engining
P 2010D 228	Flight International 2010-07-13/19	Paths to glory
P 2010D 229	Flight Global 2010-02-03 SINGAPORE 2010: GE continues tests of open rotor blades	

資料番号	標	題
P 2010D 230	Flight Global 2010-05-12	Airbus aims to “keep it simple” with A320 NEO
P 2010D 231	Flight Global 2010-05-12	Airbus details A30X thinking, dismisses Boeing “all-new airplan” talk
P 2010D 232	Flight Global 2010-05-10	Airbus aims to crush C-Series with A320 “NEO”
P 2010D 233	Flight Global 2010-08-10	A320 NEO to have \$7-8 million price premium
P 2010D 234	Flight Global 2010-05-10	Airbus A320 NEO with GTF “still can’t beat the C-Series” : Bombardier
P 2010D 235	Flight Global 2010-06-09	ILA : IAE partner talks over A320 NEO proposal under strain
P 2010D 236	Flight Global 2010-05-10	Airbus softens target date for re-engined A320
P 2010D 237	Flight Global 2010-07-12	FARNBOROUGH : Suddenly serious.
P 2010D 238	Flight Global 2010-07-14	FARNBOROUGH : R-R urges Airbus, Boeing to reconsider narrowbody re-engine plans
P 2010D 239	Flight Global 2010-03-01	GTF able to power twin-aisle narrow body : P&W
P 2010D 240	Flight Global 2010-06-21	GTF assembly site for MRJ to be decided by P&W this year
P 2010D 241	Flight Global 2010-03-31	PW close to deciding on GTF fan blade material
P 2010D 242	Flight Global 2010-04-13	PW seals deal to begin design on GTF for Russia’s MS-21
P 2010D 243	Flight Global 2010-03-23	Future narrowbodies : Grand designs
P 2010D 244	Flight Global 2010-07-12	FARNBOROUGH : Narrowbody engines: divergent paths to a common destination.
P 2010D 245	Flight Global 2010-04-06	Engine change – what next for the single-aisle builders?
P 2010D 246	Flight Global 2010-01-14	Airbus sees lifespan of at least 10 years for re-engined A320
P 2010D 247	Flight Global 2010-03-08	CFM: Serving no LEAP before its time
P 2010D 248	Flight Global 2010-03-17	Airframers detail possible changes required to re-engine their narrowbodies
P 2010D 249	Flight Global 2010-03-08	CFM: Serving no LEAP before its time
P 2010D 250	Flight Global 2010-04-28	CFM to finish Leap core testing by mid-May
P 2010D 251	Flight Global 2010-07-19	FARNBOROUGH: GE Aviation’s Joyce: Continuing the course of innovation
P 2010D 252	Flight Global 2010-02-04	SINGAPORE 2010: IAE studies new engine as pressure builds for strategy on re-engining offering
P 2010D 253	Flight Global 2010-07-27	Barbs and bluster as engine makers take aim

資料番号	標	題
P 2010D 254	Flight Global 2010-12-01	Airbus A320neo to enter service in 2016
P 2010D 255	Flight Global 2010-12-01	A320neo kills business case for CSeries
P 2010D 256	Aviation Week & Space Technology 2010-12-20/27	After NEO
P 2010D 257	Aviation Week & Space Technology 2010-12-13	Single-Aisle Showdown
P 2010D 258	Aviation Week & Space Technology 2010-12-06	Leap of faith
P 2010D 259	Aviation Week & Space Technology 2010-12-06	Power Struggle
P 2010D 260	Aviation Week & Space Technology 2010-12-06	Research Road Map
P 2010D 261	Aviation Week & Space Technology 2010-11-29	Talent Pool
P 2010D 262	Aviation Week & Space Technology 2010-11-22	Growing pains
P 2010D 263	Aviation Week & Space Technology 2010-11-22	Waiting Game
P 2010D 264	Aviation Week & Space Technology 2010-11-22	Fan Test
P 2010D 265	Aviation Week & Space Technology 2010-11-22	Prime Time
P 2010D 266	AW & ST 2010-11-1/8	Not So Fast, Or Far, Gulfstream
P 2010D 267	Aviation Week & Space Technology 2010-10-18	Ultra-Jet Battle
P 2010D 268	Aviation Week & Space Technology 2010-10-04	Re-engining Decision Time
P 2010D 269	Aviation Week & Space Technology 2010-10-04	Power Patent
P 2010D 270	Aviation Week & Space Technology 2010-09-13	Looking Ahead
P 2010D 271	Aviation Week & Space Technology 2010-09-06	Emerging Conundrum
P 2010D 272	AW & ST 2010-09-06	Why China Is building the C919
P 2010D 273	Aviation Week & Space Technology 2010-07-26	Pincer Move
P 2010D 274	Aviation Week & Space Technology 2010-07-26	Smoke and Mirrors
P 2010D 275	Aviation Week & Space Technology 2010-07-19	Path to Power
P 2010D 276	Aviation Week & Space Technology 2010-06-28	Geared for Growth
P 2010D 277	Aviation Week & Space Technology 2010-06-28	Show Time
P 2010D 278	Aviation Week & Space Technology 2010-06-28	Power to decide
P 2010D 279	Aviation Week & Space Technology 2010-05-17	Power Plays
P 2010D 280	Aviation Week & Space Technology 2010-05-10	Pulling the trigger
P 2010D 281	Aviation Week & Space Technology 2010-05-03	Cost Questions
P 2010D 282	Aviation Week & Space Technology 2010-04-19	Turning Point
P 2010D 283	Aviation Week & Space Technology 2010-03-29	Engaging Enterprise
P 2010D 284	Aviation Week & Space Technology 2010-03-22	Reengining Reflux
P 2010D 285	Aviation Week & Space Technology 2010-02-01	Setting Priorities
P 2010D 286	PurePower PW1000G Newsletter September 2010	
P 2010D 287	PurePower PW1000G Newsletter December 2010	
P 2010D 288	Advances in Aircraft Propulsion Technology – A Pratt & Whitney Perspective – IADF October 25, 2010	

資料番号	標 題
P 2010D 289	NASA Fiscal Year 2011 budget estimates
P 2010D 290	Aeronautics and Air Transport Research 7th Framework Programme 2007 - 2013
P 2010D 291	(社) 日本航空宇宙工業会 「民間航空機市場における国産装備品の状況と工業会の活動状況」(平成 21 年 6 月)
P 2010D 292	航空機用先進システム基盤技術開発(先進パイロット支援システム)公表資料
P 2010D 293	Integrated Vehicle Health Management (IVHM) NDIA 5th annual systems Engineering Conference (http://www.dtic.mil/ndia/2002systems/reisig2b3.pdf)
P 2010D 294	The Aviation Safety Program Goals and Challenges, Herb Schlickemaier (http://www.eng.morgan.edu/~cibac/events/Day1/2-Aviation%20Safety%20Prog%20Overview%20(Schlickemaier).pdf)
P 2010D 295	JSF/F-35 Pollution Prevention Activities ESTCP/SERDP DoD Metal Finishing Workshop (http://www.asetsdefense.org/documents/Workshops/MFW-5-06/BackgroundReports/7-New_platforms-F-35.pdf)
P 2010D 296	航空機用先進システム基盤技術開発資料
P 2010D 297	工藤正博, 福島荘之介, 齊藤真二, 吉原貴之, 齋藤享, 松永圭左, 藤田征吾, 山康博, 星野尾一明, 藤井直樹: GBAS の実験計画について, 第 48 回飛行機シンポジウム, 2010.
P 2010D 298	JAL プレスリリース http://press.jal.co.jp/ja/release/200910/001337.html
P 2010D 299	Flight International May 20, 2010 (A380 関連記事)
P 2010D 300	Flight International Aug 16, 2010 (A380 関連記事)
P 2010D 301	Aviation Week Apr. 20 2010 (A350XWB 関連記事)
P 2010D 302	Flight International Apr. 23, 2010 (A350XWB 関連記事)
P 2010D 303	Aviation Week & Space Technology Nov. 12, 2010 (A350XWB 関連記事)
P 2010D 304	Flight International Nov. 16, 2010 (C919 関連記事)
P 2010D 305	Aviation Week & Space Technology Oct. 28, 2010 (C919 関連記事)
P 2010D 306	航空技術最前線—航空機と空港設備の最新技術— 2010 年 8 月
P 2010D 307	ICAS 2010 CD-ROM PROCEEDINGS, ISBN 978-0-9565333-0-2, 27 th CONGRESS OF THE INTERNATIONAL COUNCIL OF THE AERONAUTICAL SCIENCES, 19 - 24 September 2010, Nice, France (for JAXA)
P 2010D 308	第 48 回飛行機シンポジウム講演集 (Proceedings of the 48th Aircraft Symposium), 2010.11.30~12.2, 静岡コンベンションアーツセンター・グランシップ
P 2010D 309	平成 22 年度 JAXA 宇宙航空技術研究発表会 発表目次 (http://www.apg.jaxa.jp/publication/pamphlets/pdf/2010mokuji.pdf)

資料番号	標	題
P 2010D 310	平成 22 年度 JAXA 宇宙航空技術研究発表会	講演発表 (http://www.apg.jaxa.jp/publication/pamphlets/pdf/2010lec.pdf)
P 2010D 311	平成 22 年度 JAXA 宇宙航空技術研究発表会	口頭発表 (http://www.apg.jaxa.jp/publication/pamphlets/pdf/2010ver.pdf)
P 2010D 312	平成 22 年度 JAXA 宇宙航空技術研究発表会	展示発表 (http://www.apg.jaxa.jp/publication/pamphlets/pdf/2010exh.pdf)