

# 日本の技術の結集で 電動化航空機の実現へ

未来の空を切り拓く MEAAP  
(航空機・エンジン電動化システム)  
プロジェクト

ライト兄弟が動力飛行を成し遂げたのが1903年。ジェット機が初めて空を舞ったのが1939年。以来、人類は航空機に最先端の技術を応用し、飛行精度、安全性、運航効率を高めてきた。航空技術は現在もリアルタイムで刷新・進化が続いており、なかでも、航空機の電動化システムの実用化、いわゆる電動化航空機の実現は、航空機産業に技術的革新とゲームチェンジをもたらす分野である。推進系を含む航空機運航のシステムを電動化することで、これまで基本的に内燃機関でしか成し得なかった動力飛行のあり方を、進化させようとする取り組みだ。それは過去100年余に形作られた、世界の航空関連産業の構図の刷新にもつながるものである。

## 企業の壁を越え 航空機の電動化に挑む MEAAP

人が空を飛ぶことは、一昔前までは突拍子もないことだった。しかし、先人たちがその夢を実現させたように、さまざまな研究開発が、より速く、より安全に、より快適に人々が空を飛ぶために航空の進化を追い続けていく。

航空機・エンジン電動化システムの研究における日本での取り組みの最前線が、IHIが軸となりスタートした「MEAAP (More Electric Architecture for Aircraft and Propulsion, ミープ) プロジェクト」だ。目標は、日本発の

技術を結集した航空機全体の電動化システムの実用化による、より安く、安全で、快適で、環境への負担が少ない空のモビリティの実現。電動化は航空機の高効率化と環境負荷低減の実現のみならず、欧米の大手航空機メーカーなどが業界のほぼ全域を実質的に支配する航空機産業で、日本企業が新しいポジションに立つ機会にもつながり得る。その研究開発に向け、国内の航空関連の技術者らが集結して立ち上がったのがMEAAPなのだ。

メンバーは、瓜生承治 (株式会社島津製作所)、大依仁 (株式会社IHI)、桑田巖 (IHI INC.)、齋藤浩志 (シンフォニアテクノロジー株式会社)、富田進 (住友精密工業株式会社)、中川伸吾 (ナプテスコ株式会社)、森岡典子 (株式会社IHI) の7人 (五十音順)。

日本発の「航空機電動化」技術をシステムとして結実させるため、航空機エンジン・燃料システムの技術をもつIHI、高性能の熱交換器やランディングギアを開発する住友精密

工業、姿勢を制御するフライトコントロールシステムや配電装置、燃料・油圧機器などで多くの製造実績をもつナプテスコ、発電機やロケット用アクチュエーターなどの製造に実績のあるシンフォニアテクノロジー、高効率与圧・空調システムや翼の揚力を高めるフライトコントロールシステムの開発を手掛ける島津製作所という国内の航空機関連の技術者が一体となって知恵を出し合う。業務エリアや企業の壁が取り払われた、フラットな混成チームであることが特徴だ。

航空機・エンジン電動化システム (MEAAP) とは

電気工学や化学分野を学際的エンジニアリングで融合しながら、企業の枠を越えたオープンイノベーションにより次世代の革新的な航空機エネルギー・マネジメントシステムを構築し、その実現に向けた技術開発を行う。MEAAPはMore Electric Architecture for Aircraft and Propulsionの頭文字を取った略称。



航空機・エンジン電動化システムの  
技術開発

IHI 技報 Vol.57 No.4 (2017)



次世代モビリティのための旅客機と  
電動化システムの将来

IHI 技報 Vol.59 No.2 (2019)



瓜生承治 株式会社島津製作所  
環境制御、与圧、空調システムの高効率化を担当

### ゼロからのプロジェクト発足

MEAAPの正式な発足は、2012年6月。そのスタートに向けて最初に動いたのは森岡だった。航空機エンジンの制御技術者として、早くから技術面、産業構造、そして環境面から、航空機やエンジンの電動化システムの重要性に気付いていた森岡は、2009年ごろ、「航空機の電動化をしてエンジンの制御システムの分野でゲームチェンジを起こさせないと、将来自分の仕事はなくなるのではないかと思った」と述べた。

当時から航空機の機能の電動化は進められており、大型民間航空機にもさまざまな電動化技術が応用・導入されていた。ただ、エンジンを含めたシステム全体を電動化することは、さらに高い次元の話で、2009年ごろにはまだ、企業として開発を推し進める段階にないと考えられていた。

しかし、森岡の心境は「世界ですでに部分的には開発が進められており、それは拡大している。手元には情報が何もなく、突拍子もなかったが、やりたかった」。当時、自動車など他産業では多くの分野で電動化により、運用の高効率化と産業構造の変革を着々と進めていたが、航空機周りのシステム電動化の開発は遅れていた。だからこそ、電動化システムがもたらす高効率の航空機運航と環境負荷の低減の実現は、技術者が本腰を入れて取り組むべきものである、という思いだ。日本発の技術開発で、さらに安全に、快適な空の旅を実現し、既存の産業構造からの脱却を視野に入れる。そして将来的には、内燃エンジンからの転換が、航空産業が地球規模で目指すCO<sub>2</sub>排出の半減

への取り組みに寄与できる。森岡は本気でそう考えた。

それに続くアクションは「手探り」だった。企業の技術研究開発の多くは、求められる仕様を実現する形で進められ、予算もそれに基づいて認められるが、森岡の研究アイデアには、目標となる仕様がまだなかったからだ。

研究開発開始のための、IHI社内における「交渉相手」は、当時の航空宇宙事業本部技術開発センター長、満岡次郎。現在の社長兼CEOである。森岡はプロジェクトの計画を携え、説明をする機会を得たが、満岡には「そのシステムは誰が必要としているのか」「エアラインや機体メーカーと話をしたのか」と一蹴された。森岡は満岡の問いに答えることができず、自らが、世界がその方向で動いていくはずだ、という思い込みだけで行動していたことに気付く。「答えが明確になるまでは、全てストップだ」と告げられ、研究予算はゼロ査定となる。

それでも森岡は「この研究を今やらないと、航空エンジンの未来はない」と思い、満岡との根比べを続けた。そして数か月後、毎週のようにレポートを作りアポイントを取ってプロジェクトの有用性を説いていた森岡に、満岡が折れた。「それほどまで言うのなら、その概念がどう世界に評価されるのか、自分で確かめてきなさい」。しかし条件があった。それは国際学会論文を書き、発表し、議論すること。学会に向く旅費だけは、予算が認められた。

森岡はエンジンシステム電動化の技術論文を書き上げ、国際学会で発表した。結果として、海外の航空機分野の研究者や技術者らからフィードバックやコメント、そして批判を得ることができた。目的の実現に向け、必要な情報を得る機会を自ら生み出したのである。

ついに2011年、社内で研究費が認められた。IHIの研究開発予算の表記基準では「0」で示される額だが、研究プロジェクトとして「名目」を刻むことができた。日本発の航空機電動化のプロジェクトが、世界のフィールドで本格的に動き出したのだ。



桑田巖 IHI INC.  
電動機の超高速回転化、高出力化を担当

### 未踏の世界の入り口に立ったメンバーの思い

次は、MEAAPのチーム作りである。「日本全体で協力して一緒にやろう」との考えをベースに、会社上層部の了解の下、機器メーカーなどの航空関連企業の技術者との連携を進めた。しかし実際にメンバーを集める際には、「ほかの会社の技術者と一緒に20年、30年かけて、将来の飛行機を良くする、などということが本当にできるのか」という思いも森岡の胸に去来した。

メンバーは、プロジェクト参加時の印象をこのように振り返る。「航空機の電動化は1980～90年代から部分的に実現している。MEAAPは、それが大規模に拡大していく分岐点になる重要な活動だと考えた」（中川）、「業界の関連他企業と一緒にプロジェクトを進めたことがなかったので、とても新鮮だった。企業間の壁を越えたフラットな組織は、通常ない」（瓜生）、「『IHI中心の利益追求のみの従来的なプロジェクト』ではないことを、まず全員で共有する必要があった」（大依）、「日本チームで協力し合って、航空産業の発展を夢見るのも悪くない。チャンスのなかで何かしてやろう」（富田）、「単独企業では到底勝負できないので、システム思想で大きなものを描き、オールジャパンで実現するのが良いと思った」（斎藤）。

航空機産業において互いにコンペクターになる可能性も排除できない関係性のなかで、メンバーがそれぞれの立場と思いを抱え、共通の目的の前に結集した。日本では、このようなチームの「フラットな組織」が掛け声だけの場合も多いが、MEAAPが標榜するオープンイノベーションの世界では、メンバー同士の開かれた関係性が前提だ。新しい仕組みが、誰も体験したことのない未踏の世界への入り口として準備された。



斎藤浩志 シンフォニアテクノロジー株式会社  
高出力密度モーターや発電システムを担当

MEAAPは「航空機・エンジン電動化システムの実用化」の目標達成のタイムラインを、2030年～40年としている。それについて大依は、「2020年だと、こんな大それたことは達成できない。2060年だと、技術や環境にどんな大きな変化があるか分からない。2030年～40年に技術が、そして環境がどうなっているかを全員で『漠然と』考えるのが立ち位置として大事」としている。

桑田は初期の議論のなかで、「2030年、2040年には、現在最高のものは古くなっている。その時期に向けて『圧倒的なもの』が必要と言われ、ハイレベルなものを開発しないといけない」という思いが強まったことを記憶している。プロジェクトの壮大さは当初よりメンバーに共有されていたのである。

しかしながら、研究開発プロジェクトとしては、当時まだ小規模で初期段階である。予算が限られる一方で、開発では、電気、空調、排熱、燃料、制御など、取り組むべき分野と対象は幅広い。

参加当初の活動について、桑田はこう振り返る。「企業のR&Dは求められる仕様が下りてきて、それに応えるもの。しかしこのプロジェクトでは、ハードを作るだけでなく、システムを作り、航空機という『プラント』を作り変

えるのが目的。コンセプトから手探りで提案する必要があった」。そしてこうも続けた。「メンバーには他社の技術者もいる。その状況を難しさとすることもできたが、困難に取り組むのが技術者であると考え、提案を続けた」

ナブテスコはボーイング787型機の一部電動化システム開発に携わった実績がある。中川は「それまでの業務の道りをそのままMEAAPにつなげていけると考えた。海外の大手メーカーに比べ、日本企業の規模は10分の1、あるいは100分の1。しかし、それを逆手に取って、企業の枠を越えた強い横のつながりを構築すれば、良いシステムの提案ができると思った」と前向きに捉えていた。

### ユーザーに「しやすさ」と「安全」を

毎月のプロジェクトミーティングでは、継続的にさまざまなコンセプトと技術に関する意見交換と議論が進められるが、当然、障壁もある。

富田によると、「一番苦労しているのはやはり情報量の不足」だという。情報は世界にはあるが、自分たちの手元にはない。よって、自分たちが開発するコンセプトや技術が、実際に広く求められているものかどうかを判断するのが難しいのだ。最新の情報の多くは、依然、欧米の大手航空機メーカーなどがもつため、「こちらから取りに行くしかない」のである。

その打開策には、プロジェクト発足前夜の森岡による国際学会論文発表と同様、MEAAP側から情報を発し、それに対して技術的なコメントをもらうことが有用だ。こちらから情報を投げれば、「航空機開発の先駆者」である欧米の技術者らが、チャレンジを試みる日本のプロジェクトに向けてフィードバックと批判をくれる。それはこれまでに民間航空機のシステム開発の実績が少ない新参者の立場を逆に活用し、情報を集め、さらには自らのプレゼンスをも高める機会をつくり出すアプローチであった。

企業の技術研究開発である以上、「ユーザー（お客さま）目線」も重要だ。開発における「ユーザー」とは、究極的には航空機を利用する旅客であるが、エアラインと航空機メーカー、サプライチェーンもまたそうである。

富田進 住友精密工業株式会社  
エンジン、機体の熱交換器、熱制御システムの高性能化を担当



富田は、「MEAAPが開発するものを、ユーザーが喜んでくれるのか」と考えることがある。「技術者として計算を行い、目の前にあるものが数値的に優れているかどうかは分かる。しかしユーザーが喜ぶかは分からない。日本には大型航空機メーカーがないので、なおさら」

大依は「電動化システムの実用化において今後、例えば日本で開発を進めていく冷却システム、空調システムなどは、現在使われているものとは形状が大きく変わる。それがユーザーに受け入れられるのかどうかは未知。メーカーには航空機の安全、信頼性について説明責任があるので、それを避けることはできない。かといって、従来と同じものを作り続けていたら勝てるはずがない、そのせめぎ合い、折り合いが難しい。新しいものでありながら、信頼が得られるもの。その中間点にイノベーションを置かなければならない」と話す。



森岡典子 株式会社 IHI  
MEAAP プロジェクトの立ち上げと事務局、  
推進飛行制御システムの統合化を担当

MEAAP がエンドユーザーに提供するべきものは、安心に尽きると考える。それは、安全性・信頼性・環境性・快適性・経済性・持続性などが、意識されないほど自然で、システムや制御も目立たないことが最高のモノでありコトであるという思想だ。そして、もう一つのユーザーであるサプライチェーンへは、「しやすさ」の提供を考える。それは位置や速度のコントロールの「しやすさ」から、エネルギーやパワーのマネジメントの「しやすさ」など。「レスポンス、フレキシブル、スマート」を特長とする電動化だからこそ、そんな「しやすさ」が実現でき、結果として「自然さ」を提供できると考えている。

プロジェクトのゴールと定めた 2030 年～2040 年まで、あと 10 年から 20 年。動力源を含むシステムが電動化されるまでの道のりは、現在およそ「半分」の位置だという。研究には未着手の分野もまだ多い。「航空機産業は特殊。その開発は命に関わる話」（大依）であるからだ。飛行機は何が起きてても飛び続けなければならない。つまり、MEAAP が手掛けているのは、「故障しても動き続けなくてはならないシステム」なのだ。

### 電動化へ加速する時代の流れを受けて

MEAAP は、現在話題を集める「空飛ぶ車」「電気飛行機」などの概念がまだなかったころから、電動化技術で運航効率を高め、CO<sub>2</sub> 排出を削減し、機体整備の負担も低減させることで、現行の大型の「航空機を良くする」ことに



大依仁 株式会社 IHI  
MEAAP プロジェクト事務局  
電動システム取りまとめを担当

取り組んできたが、ここ数年、さまざまな分野で「電動化」へのブレークスルーが起き、開発の動きが顕著になってきている。それに伴い、MEAAP もさらに加速し、より現実的な課題が表出してくるかもしれない。メンバーが「今、まさに時代が動いている」と感じるなかで、現在の活動について尋ねた。

桑田は、現在のアメリカの状況について、「自動車に追従する形で、ここ数年、産業機械の世界でも電動化の動きが急速に盛り上がってきている。航空機も同じで、5 年前と比べても主要機械メーカーは航空機の電動化に非常に強い興味をもっている」と話す。そんな状況で、MEAAP について「前例のないスタイル、横のつながり、あるいは壁がたくさんある分、常に（研究開発について）考えている。今後、世界の初期段階の新技术を MEAAP に応用することも進めていきたい。技術革新を座して待つことはない。積極的に仕掛けていく」と意気込む。

航空機・エンジンの電動化システムが、実際に既存の航空機産業の仕組みを変えるゲームチェンジャーとなる未来も、徐々に近づいているようだ。中川は「航空機の全てが電動化されれば、従来の油圧メーカーなどに代わって、新しい部品メーカーなどの企業の参入チャンスが必ず訪れる」と、電動化を事業の大きな節目としても捉えている。斎藤は「現在、技術的には困難なものを目指している。しかし、それを実現する意思が大切、夢であり、目標である。可能であれば、会社の事業を担う立場から離れ、技術者として将来構想を描けるようになりたい。若手にもそれ伝えていければ」と、技術者としての本音を吐露した。

瓜生は開発のプロセスと現状について、「開発規模を度外視して、突拍子もないことを議論することを難しく感じることもあった。特に初期のころは、時間軸においても、世界の情報に関しても、どこに収束していくのかわからない議論が続けた時期があった。しかし結果、それが面白く、現在の研究開発につながっている。10 年後、まだ電動飛行機は飛ばないかもしれないが、MEAAP の研究開発はピュアで真っすぐに、ずっと続いていると感じている。夢を実現するために、MEAAP に取り組んでいく」と話す。

### さらに前進させるために、「呪縛」を解く

一方で技術革新は、部品メーカーにとって、新しい産業構造で新たなビジネスを生み出す機会であると同時に、現在のビジネスに対するリスクにもなり得る。中川は「フライトコントロール、ワイヤー、油圧、電気など、電動化の開発は段階を踏んでいる。それらには中間的なものもある。参入するメーカーも多く、競合もある。そんななか、MEAAP の取り組みでは現実的に開発を進めていきたい」と冷静に話す。

富田は「航空機電動化にはいろいろなコンセプトがあり、どれがこれから実現していくかは分からない。技術者としては、新システムの熱交換器の開発を手掛けたいが、あまり早く実用化されると、われわれの現在の事業が危くなるという現実もある。それを分かったうえで MEAAP プロジェクトを進めている。現実には、ドリームだけではなくリスクでもある」と指摘する。

大依は『『呪縛』をどう解くか、がわれわれの課題だろう』と話す。開発を進めると現在の仕事なくなるかもしれないというリスク、開発者同士がコンペチターになり得る問題、会社を代表する立場と技術者個人として思いのギャップ、どのようなユーザーに向けて開発するかの折り合い…。さまざまな「呪縛」からの解放が、MEAAP 前進の鍵につながるかもしれない、という考えだ。今はまだない、新たなものを作り出すことに取り組むことへの重要な示唆であろう。

桑田は開発を議論するなかで、「MEAAP での開発が技術的に難しいのは百も承知している。しかし、技術者として、

中川伸吾  
ナブテスコ株式会社  
高出力電力マネジメント  
配電アーキテクチャのスマート化を担当



R&D を担う者として、難しいからといって白旗を上げることはない。課題を明確にして着実にクリアする、もっと先に踏み込み、それに取り組むのが技術者の真骨頂」と言い切る。そして「難しいことを空の世界で突破しておいて、その最先端の技術が地上に降りてくる。MEAAP の研究は最終的には広く人類に貢献できると思っている」と続ける。

MEAAP がこうして新しい地平に向かって進み続ける理由は、航空機・エンジンの電動化が、達成する価値のある技術革新であることは当然のことながら、やはり、それが地球環境と人類の未来のために役立つもの、という思想があるからなのは疑いがない。大依は、「昨今の自動車などの『電動化技術』や、スタートアップ企業などによる『エアタクシー』『空飛ぶ車』の開発は、主にビジネス的な視点で、コスト削減、燃費の良さなどを軸に進められている。しかし、MEAAP が取り組む航空機の電動化は、『人と地球に優しい』ことに焦点を当て、現在の旅客機を変えていくことにある。産業界の CO<sub>2</sub> 排出削減が進むなか、航空業界は遅れを取り戻さなければいけない」と、その立ち位置を明確にしている。

## これからの MEAAP

2019 年現在の航空機・エンジン電動化システム開発の道のりは今、その半ばにある。大手航空機メーカーのエアバスでさえ、航空機の電動化システムの実用化においては当面、油空圧・機械動力を併用するハイブリッド型を主流とするなか、MEAAP は当初の計画どおり 2030 年での電動化システムの実用化を目指している。それは本当に実現し得るのか、との質問に、メンバーらはこう答えた。「その時点で実現しているかどうか、ではない。MEAAP がそれを実現するのだ」実現に向けた歩みのなかで、MEAAP のコンセプト、そして技術力・開発力も世界に認知されてきた。「国際的な研究コミッティーからも声を掛けてもらい、世界を舞台に勉強し情報交換できる存在になっている」と富田。大依も「日本の航空機電動化の話をするときは、まず MEAAP だ、と言ってもらえるようになった」と言う。MEAAP は現在、化学メーカー、自動車メーカー、ソフトウェアメーカー、電機メーカーや複数の大学などと連携の輪を拡げながら、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）が主導する 2 つの国家プロジェクトにもコミットする。発足

から約 7 年、名実共に日本を代表する「航空機・エンジン電動化システム」の研究プロジェクトとなっているのだ。

森岡は、プロジェクト全体を俯瞰し、いま一度このように話す。「MEAAP による電動化システムの実用化は、とても根本的なところで、単独の企業の利益や事業拡大につなげようなどとは考えていない。最大のポイントは、みんなの力を合わせて飛行機の効率を良くして、CO<sub>2</sub> 排出を減らしましょう、という点にある。その重要性を純粋に真剣に考え、より安全に、より快適に、より気軽に空を飛ぶことを極めていく。お客さまとして捉えるなら、地球環境そのものとその地球に暮らす全ての生き物。それは概念的すぎるアプローチかもしれない。しかし、私たちは本気でそう思っている。それはプロジェクトを始めたときから変わりはない」

振り返れば 1995 年ごろには「電動化したそんな飛行機に一体誰が乗るのか？」と言われたメンバーがいる。それから 24 年、環境も技術も大きく変化するなか、MEAAP は日本の技術を結集して世界に挑み続ける。地球と人類の未来のために。