

# 航空プログラムニュース

No. 01

2006  
Summer

ISSN 1881-2570

【特集】

次世代超音速旅客機の研究

環境にやさしい  
静かな巨体が  
超音速で大空を

【研究現場から】

低コスト複合材を用いた  
航空機構造の研究



航空プログラムグループ  
Aviation Program Group

# 『航空プログラムニュース』創刊にあたって



航空プログラムグループ  
統括リーダー

坂田 公夫

2003年10月に統合して2年経った昨年10月に、宇宙航空研究開発機構（JAXA）は航空宇宙の基盤研究を担う総合技術研究本部から独立させて航空プログラムグループ（APG）を発足させました。

新設のAPGは、ロケットや衛星による宇宙開発を進める本部に並んで、航空機の製造と運航分野が求める研究開発の活動を内外からはっきりと見えるようにし、社会と直に接しながら、現在から将来にかけてのニーズを的確にとらえて研究開発を進めるグループです。その構成や任務は次ページの通りです。その目標は、産業基礎力向上を支援し、次世代を先導し、現在から将来にわたる安全運航を技術的に支え、さらに未来技術分野を開拓することであり、可能な限り技術の実用化に向けた、まとまりのあるプログラムとして研究開発を進めることとしています。特に超音速チームにおいて、昨年の組織発足時とほぼ同時に、設計技術の実証を目指して進めてきたロケット実験機の飛行実験をオーストラリアで成功させたことは記憶に新しいことと思います（特集記事参照）。グループの構成員は90人余りですが、母体となっている総合技術研究本部から研究員が併任で参加しており、延べ人数は150人に達しています。産業や大学、あるいは行政との密接な連携を重視して行きたいと思います。これらのグループの活動を皆さんに知っていただき、ご要望やご意見をうかがい、あるいは共同での研究を提案していただくことを大いに期待し、歓迎しています。そのためにこちらからの情報発信が不可欠と考え、その一つとして2006年7月から『航空プログラムニュース』を刊行する運びとなりました。出来るだけ分かりやすく最新のニュースをお届けし、広く皆さんにお読みいただきたいと思います。

航空は、20世紀の発明に始まる直線的な発展から、21世紀の多様で立体的な拡大へと向かいます。このため安全と環境、そして人の自由なモビリティをキーワードにした高度で信頼性の高い技術が求められています。

JAXAは、APGを中心にこれらの課題に挑戦してまいります。多方面との連携と協力、そして皆さんのご理解とご支援が不可欠と考えております。さまざまな接点や交流の機会を作ってまいります。このニュースもその一つとして皆さんに育てていただければと願っております。

坂田公夫

# 航空プログラムグループ紹介

航空プログラムグループ  
プログラムディレクタ

石川 隆司



航空プログラムグループ（APG）発足の背景として、まず、2005年3月に発表されたJAXA長期ビジョンがあります。この中に「我が国の航空産業が将来の基幹産業となることを目指して、世界に先行する我が国独自の技術開発を行います。さらにマッハ5クラスの極超音速機の技術を実証します」とあり、今後の航空技術の長期的な研究開発方向が提示されています。

一方で、JAXAにおける航空科学技術の中期的な推進の方向は、文部科学省に設置された航空科学技術委員会において議論・策定されることとなっており、2003年5月に、同委員会が策定した「航空科学技術に関する研究開発の推進方策」では、基本方針として「1.社会からの要請に応える研究開発」「2.我が国が得意とする先行的基盤技術の研究開発」「3.次世代を切り拓く要素技術の研究開発」の3項目が掲げられています。APGは、これらの目標への取り組みを着実に実施して、航空技術研究開発の確実な進行を内外に明示することを目的として発足しました。

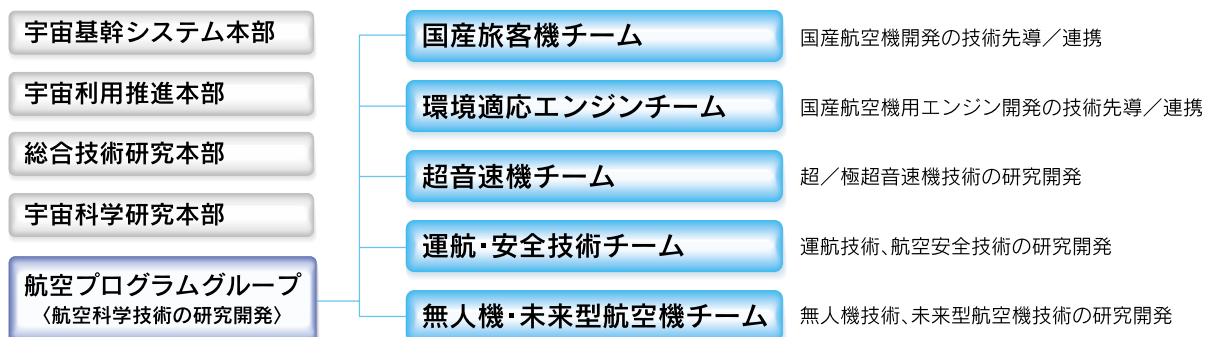
この推進方策を受けて、JAXAの航空プログラムの研究開発の中期計画が定義されており、その中で「社会的要請に応える航空科学技術の研究開発」という項目の下に、民間航空機技術開発の計画が策定されています。

その概要は、まず第一の「社会的要請への対応」の項目の中では、①国産旅客機高性能化技術の研究開発、

②クリーンエンジン技術の研究開発、③運航安全技術の研究、④環境保全・航空利用技術の研究、がサブ項目として挙げられています。第二の「先行的基盤技術の研究開発」の項目では、当時、研究開発項目となっていた「超音速ジェット実験機」研究開発構想の中断を受けて、⑤コンピュータによる先進設計技術の飛行実証研究開発、の方策策定が挙げられており、現在の案では「静粛超音速研究機構想」として、次期航空プログラムの中核的な研究開発と位置づけられています。第三の「次世代航空技術の研究開発」の項目では、⑥成層圏プラットフォーム飛行船システムの研究、⑦次世代超音速機技術の研究開発、⑧未来型航空機技術の研究開発、がサブ項目として挙げられています。このことはAPGが、我が国の航空行政、運航を含む航空産業の中核に位置して、研究のための研究ではなく、社会の要請に応える研究を遂行することを理想とするものです。この中期計画を達成するために、APGには5個のチームが設けられて、①～⑧のサブ項目に対応した研究を実施しています。

私たちは、行政を含む我が国の航空事業サイクルの中核にAPGが位置して、民間航空機開発への技術チャレンジを支えるとともに、役割分担をさらに深めるために、日夜最大の努力を続けています。

## 組 織



# 環境にやさしい 静かな巨体が 超音速で大空を

21世紀は、超音速旅客機の時代だといわれています。

わたしたちが気軽に超音速旅客機を利用するためには、何が必要になってくるのでしょうか？

そのためにJAXAが進めている研究について紹介します。



次世代超音速旅客機概念図

音速を超えることができれば、

目的地に速く着く

「ジャンボジェット」の愛称で親しまれているB（ボーイング）747型機をはじめとする大型旅客機は、日本国内はもとより遠く海外まで、わたしたちを様々な場所へ運んでくれます。とても便利な乗り物ですが、アメリカやヨーロッパなどの遠方へ行くときには、十何時間も長時間シートに座りっぱなしということもあります。もし、もっと高速で飛ぶ

ことができれば、機内での拘束時間も短くなり、より便利で快適になることでしょう。しかし、単純に飛行速度を上げることはできません。大型旅客機は、音が進む速さ（音速）より少し遅い速度で飛んでいます。飛行速度が音速を超えてしまうと、衝撃波が発生し、これが地上に到達するとソニックブームと呼ばれる雷のような轟音となってしまうからです。ソニックブームは、音だけではなく衝撃も大きく、地上まで届くと窓ガラスを割ってしまうなどの被害を起こすおそれがあります。



そんな無理をしてまで速く飛ぼうとしなくても、という意見もあると思います。しかし、速く飛ぶことには先に述べた以外にも様々な利点があります。例えば、「エコノミークラス症候群」を減らす可能性です。「エコノミークラス症候群」とは、長時間のフライトなどで同じ姿勢をとり続けることにより血液中に血栓ができ、呼吸困難や最悪の場合には死に至ることもある症状です（実際には、ビジネスクラスやファーストクラスでも起こります）。機内でストレッチを行うなど、身体を動かすことでも予防できますが、飛行機に乗っている時間自体を短くできれば、それだけ発症のおそれは少なくなります。

## S<sup>3</sup>TDを飛ばして

### 「静かな超音速機」開発の技術を手に入れる

2003年10月まで、音速の2倍の速さで飛ぶ旅客機として、フランスとイギリスが共同開発したコンコルドという超音速旅客機が定期運航を行っていました。すでに飛んでいた機体があるのだから、速く飛ぶこと自体はそれほど難しくないことのように思えます。しかし、コンコルドはソニックブームやエンジンによる騒音、排気ガス、燃費の悪さによる運賃高など、様々な問題点を抱えていました。



図2 静粛超音速研究機のイメージ図

再び超音速旅客機が大空を飛ぶためには、「経済性」と「環境適合性」を兼ね備えた次世代超音速旅客機を開発する必要があります（図1）。JAXAでは、低騒音化技術などを開発目標に、「静粛超音速研究機（図2）」による飛行実証を計画しています。

「静粛超音速研究機」の英文名称はSilent Supersonic Technology Demonstratorです。太字の部分を取りS<sup>3</sup>TDという略称をつけました（S<sup>3</sup>に着目し「エスキューブ」と呼んでいます）。S<sup>3</sup>TDでは、以下4項目の飛行実証を目指しています。

### 1. 超音速飛行時の空気抵抗とソニックブームを抑えた機体形状の設計技術の実証

通常、飛行機を設計する際には、空中に浮く力（揚力）は大きく、空気抵抗は小さい、効率のよい機体を目指します。今回は特に空気抵抗の低減に着目し、

## 次世代超音速旅客機の実現に必要な技術 図1

### 経済性

#### 軽量化

機体の重さを軽くする技術

#### 低抵抗化

空気抵抗を小さくする技術

#### エンジン低燃費化

軽くて燃費のいいエンジンの技術

### 環境適合性

#### ソニックブーム低減

ソニックブームを小さくする技術

#### 空港騒音低減

空港近くの騒音を小さくする技術

#### 排ガス清浄化

排ガスをきれいにする技術

加えて、ソニックブームも低減する形状を目指して設計を行います。超音速飛行時の空気抵抗とソニックブームを同時に最小化できる「多目的最適化」という設計手法を開発し、適用します。

## 2. 離着陸時の空港騒音の低減

現在運航している旅客機にも当てはまることですが、空港周辺での騒音問題として、旅客機本体やエンジンなどから出る音が問題となっています。そこで、通常の航空機では主翼の下に取り付けているエンジンを胴体の上に置くことによるエンジン騒音遮断の効果を実証します。

## 3. 先進飛行制御技術

S<sup>3</sup>TDは、2005年に行った小型超音速実験機によ

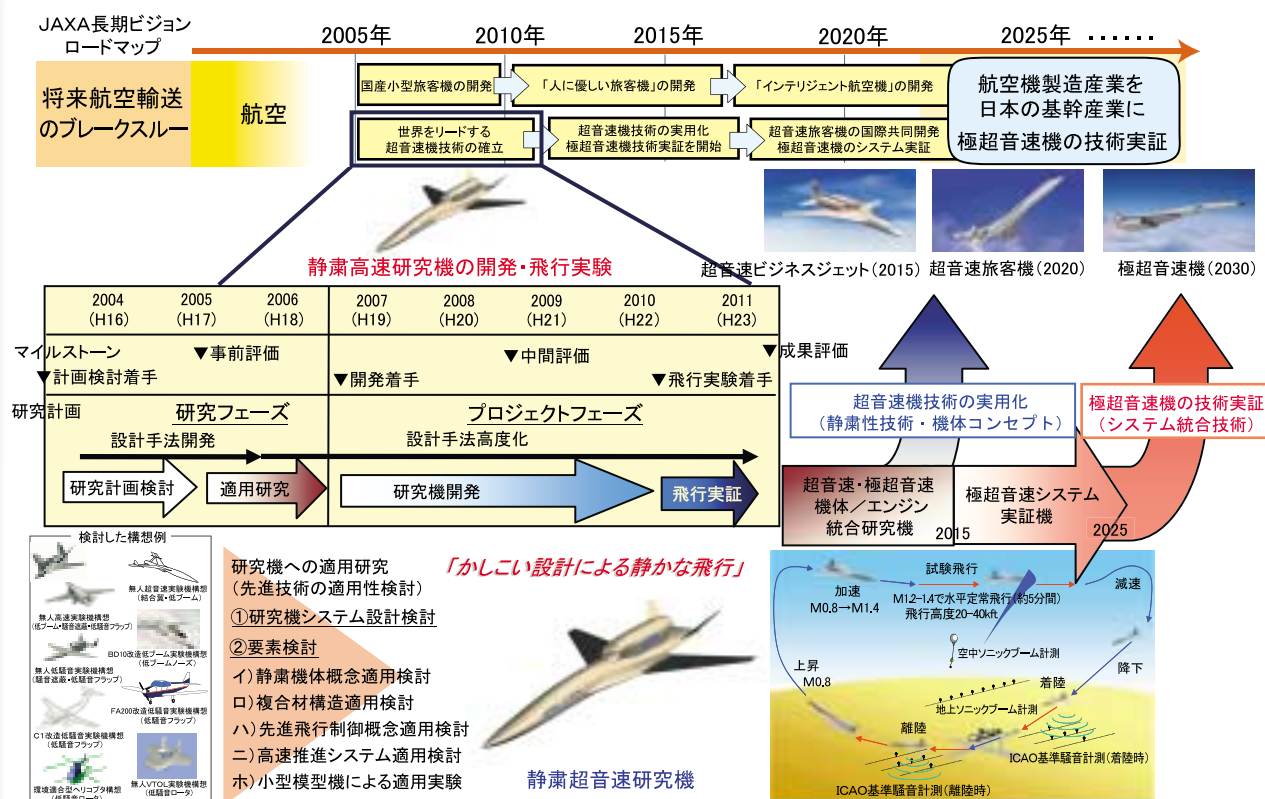
る飛行実験(コラム参照)と同様に、実験機が自動で操縦を行う「完全自律飛行制御」により飛行します。前回の実験では、ロケットで打ち上げ、着地はパラシュートとエアバッグを使用しましたが、S<sup>3</sup>TDでは離着陸まで自動で行い、その先進飛行制御技術を検証します。

## 4. 複合材構造技術

軽くて丈夫な複合材料の研究はJAXAの得意分野です。その複合材を超音速機に適用する技術を実証します。

S<sup>3</sup>TDは、JAXAがこれまでに蓄積してきた最先端のコンピュータ設計技術を最大限に駆使して設計を進めています。これから3年ほどかけて最終的な形状を決定し、2012年ごろに飛行実験を行いたいと考えています(図3)。

## 静粛超音速研究機計画の概要 図3



## 次世代超音速旅客機を 主体的に開発するために

ビジネスジェットのような小型超音速機の機体については、すでにアメリカなどで構想が立ち上げられ、研究が行われています。ビジネスジェットの規模であれば、開発費も一国でまかないきれますが、200～300人近く乗れる大型超音速旅客機となると、とても一国での開発は不可能です。そのため、各国が協力して研究開発を行う流れが出てきています。

JAXAでは「誰もが利用できる次世代超音速旅客機(図4)」を目指して、研究開発を進めてきました。今後も、S<sup>3</sup>TDによる飛行実証を通して超音速機開発技術を蓄積し、国際共同開発に主体的に参加できる体制を整えていきます。

それほど遠くない未来には、人にも地球にも優しい超音速旅客機が、大空にその翼を広げていることでしょう。



図4「誰もが利用できる次世代超音速旅客機」を目指す性能

### Column ● コラム

## マッハ2の滑空、 小型超音速実験機の 飛行実験成功！

2005年10月10日、オーストラリアにあるウーメラ実験場にて、小型超音速実験機の飛行実験を行いました。使用した実験機は、「逆問題設計法」というこれまでにない設計方法でつくられました。実験では、音速の2倍の速さで機体回りの空力データを取得するとともに、設計法の検証と、無人機による飛行実験技術の蓄積も行いました。



小型超音速実験機による飛行試験の様子

# 低コスト複合材を用いた 航空機構造の研究

国産旅客機チーム

**航** 空機を少しでも軽く作ることができれば、燃費の向上をはじめとして、多くの点で経済的なメリットが得られます。また、環境にもよい効果があります。複合材を用いることによって航空機の構造は相当軽くなると期待されるため、これまで多くの研究が行われてきました。しかしながら、従来のアルミ合金構造に比べて複合材構造は製造コストが高いため、低コストで高品質な製造技術の開発が求められています。そこで、国産旅客機チームで

は真空樹脂含浸製造法(VaRTM)という新しい技術に着目して航空機複合材構造の研究を行っています。

**複** 合材にはいろいろな種類がありますが、ここでは炭素の繊維を樹脂で固めた材料を対象としています。通常、複合材構造は、プリプレグという半硬化のシート状複合材を積み重ねた後、焼き固めて作ります。この方法では、組立工数が多く、また、高価なオートクレーブ(加圧炉)が必要で、コストが高くなる原因となっています。

真空樹脂含浸製造法では、繊維のみを所定の形状に積み重ねた後に樹脂を流し込むため、プリプレグやオートクレーブを用いないので大幅なコスト削減が可能です。低コスト複合材と呼ばれる所以です。すでに、風車の羽や小型船舶などに用いられていますが、航空機に適用するには繊維の含有率を高めつつ安定的に高い品質を保つための技術開発が必要です。

**具** 体的には、①補強平板②2 m長さの主翼部分構造③6 m長さの実大主翼構造へと段階的に試作しつつ、成形性の確認や力学特性の取得(写真1)を進めています。①ではZ型とハット型の2種類のストリンガー(補強材)で補強した2 m×1 mの平板を一体として成形し、良好な成形結果が得られました。また、力学特性の取得を行いました。

続いて、②中型旅客機の主翼外翼の2 m部分を模擬した、曲面を有する補強外板と桁一体構造の試作を行いました(写真2)。ストリンガーの様式は実構造での検査性を考慮してブレード型としました。また、外板や桁ウェブに板厚変化部、アクセスホール周辺に補強のための厚肉化など、成形上の課題となる要素を盛り込みました。

この成形では、厚肉部の一部で樹脂の含浸にム



写真1 材料の強度を調べる実験



(後列左より)  
青木雄一郎、平野義鎮  
(前列左より)  
永尾陽典、中村俊哉



ラが見られましたので、6 m主翼構造の試作に先立ち、さまざまな改良を行いました。例えば、板厚によって樹脂の流れ方が異なり、また長時間の含浸では樹脂の部分的な硬化が始まって未含浸の原因となるため、樹脂注入口の場所や注入順序などをパラメータとして最適な成形プロセスを見出しました。現在は、こうして改良された方法により、③6 m主翼構造の試作を進めています(写真3)。

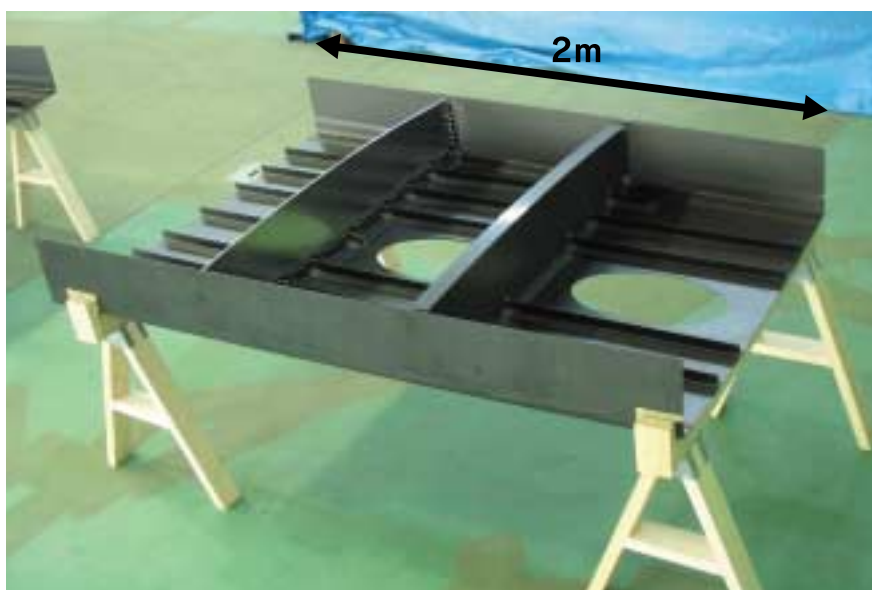


写真2 2m主翼部分模型



写真3 6m実大主翼模型外板

**本** 製造法を旅客機主構造へ適用した例はありませんので、型式証明(航空機の設計が、国が定めた基準に適合していることの証明)における課題を明確にする必要もあります。これは航空機の安全上非常に重要で、国土交通省航空局の指導と協力を得ながら研究を進めています。このように、私たちは、さまざまな観点から低コスト複合材を本格的に航空機に適用する技術の確立を目指しています。

(中村俊哉)





研究室で数値解析

事だと思っています。私は大学院では流体工学の研究をしていましたが、今は材料構造の研究をしています。ただ、課題を発見して、それを解決するにはどういう手段が必要か、実際にできるかを検証するといった「研究する技術」はほとんど共通のスキルだと思っています。大学院でやってきたことがとても役に立っています。

✈️ JAXAで働くことを選んだ理由は何ですか？

吉田 航空機に関係した仕事をしたい、研究をしたいと思ったときに、いちばん環境がいい場所といったところだったんですね。

北條 私は、当時行われていた超音速旅客機（SST）プロジェクトなど、プロジェクトというものに非常にあこがれていて、ぜひ自分も携わりたいと思っていました。

✈️ 今後、JAXAでやりたいことをお聞かせく

ださい。

北條 自分たちの研究成果が、実際のエンジン開発に使われることが夢です。

吉田 今、JAXAで航空機用エンジンを全部は作っていないので、「これはJAXAで作ったエンジンです」と言えるものが欲しい。ロケットだとありますが航空機用はありませんから。

北條 これから、エンジンは大きく変わらなと思うんですが、航空機は化石燃料で飛んでいます。50年もすると石油の産出量は減少すると言われていています。そこで今注目されているのは、バイオマス燃料を使った脱化石燃料化です。ほかにも水素燃料や燃料電池による電動エンジンの研究も行われています。

吉田 昔は飛行機のエンジンはピストンを使ったレシプロエンジンだったのが、現在のジェットエンジンに変わったように、またそろそろ違うのが出てくるのではないかと思います。もしそれが

燃焼器のないエンジンとなると、私は仕事がなくなってしまうかもしれませんが（笑）。

### 休日の過ごし方

✈️ 休日は何をしていますのですか？

北條 研究についての調べものをしたりすることが多いですね。ほかには、流行の本を読んだり、職場の野球部に入っているので、三鷹市の軟式野球大会に参加したりしています。

吉田 私はテニス部に入っていますが、体を動かすことが好きなので、ほかのスポーツもします。気が向いたら奥多摩などへハイキングに出かけることもあります。

✈️ 子どもの頃就きたかったお仕事は？

吉田 私はパイロットになりました。それが、作る方になつたのは高校生ぐらいのとき。

北條 私の場合は飛行機に興味はありませんでした。むしろ、ロボットが好きでした。

当時のアニメ「ガンダム」の影響かもしれません。

✈️ 学生時代はどのように過ごしましたか？

吉田 大学の後半以降は研究が中心でしたが、時間を見つけてサイクリングをしていました。テントと寝袋を持って北海道の稚内まで行ったことがあります。

北條 好きな勉強や研究には一生懸命取り組みました。あとは、ゲームをしたり、マンガを読んだりもしていました。

✈️ JAXA各事業所では、施設公開イベントを行っており、研究員も設備や研究成果の紹介をしています。

北條 予想もつかないような質問をされたときは、考え込んでしまうこともありましたが、でも、ここの職員はみんな施設公開は楽しみにしています。研究者は結構話することが好きですよ。実験はひとりで黙々とすることが多いので、日ごろ話せないです。

からね。

✈️ 最後に、読者にメッセージをお願いします。

吉田 JAXAで航空技術の研究・開発を行っていることをもっと知ってもらえるとうれしいです。

北條 現在、国家プロジェクトとして国産の航空機やエンジンの開発が行われています。これらのプロジェクトにはJAXAも参画しています。私もエンジンメーカーや研究機関やエアラインと一緒に研究や調査を行っています。

✈️ まさにいい時期になりましたね。

北條 あるいは忙しくて大変な時期かもしれませんが、やがてのころだと思えます。

北條正弘  
構造設計セクション  
大学院では機械工学を専攻





施設公開イベントで

技術の研究開発」が目標とされていて、エミッション（エンジンからの有害排出物）を低減させる技術、騒音を低減させる技術、地球温暖化防止のために二酸化

北條 私たちが所属している環境適応エンジンチームでは「航空エンジン環境技術研究開発プロジェクト（TechCLEAN）」を推進しています。このプロジェクトでは「環境にやさしいエンジン

飛行機が飛ぶにはパイロットだけがればいいのではありません。安全で快適に飛ぶためには、「ギジュツ」が陰で支えています。そんなフライトを支える人たちがどんな人？何をしているの？今回は「環境適応エンジンチーム」で働くお二人にお話を聞きました。

### エンジンの研究開発

現在、それぞれ担当しているお仕事を教えてください。

化炭素（CO<sub>2</sub>）の排出量を削減させる技術という主に三つの課題に取り組んでいます。

私はエンジン構造・材料の研究を行っているのですが、CO<sub>2</sub>排出量を削減するには燃焼温度の高温化やエンジンの軽量化が有効な手段なので、耐熱材料や軽量化構造の研究を行っています。

吉田 材料が良くなると、それだけで技術って進むんですよね。私はエミッション低減に関する研究をしています。具体的には、窒素酸化物（NO<sub>x</sub>）をはじめとする有害排出物を低減する燃焼器（エンジンの一部）の研究です。自動車用のエンジンと同じように、航空機用のエンジンでもNO<sub>x</sub>や煙を減らすことは重要なのです。

吉田 ひとくりに排出物を減らすための研究ではなく、CO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>と物質によって研究を分けているのですか？  
吉田 これを減らしたいというものに対して、それぞれ

### MISSION:

## 環境にやさしいエンジンの研究開発

どのエアラインで行くかより、どのエンジンで行くかを選べる時代がくるかもしれません

環境適応エンジンチーム 吉田征二●北條正弘



### Interview

夢を飛ばす人々

使う技術が違うのです。CO<sub>2</sub>を減らしたいのであれば、要するに効率をよくする。

北條 わかりやすく言えば燃費をよくするということです。

北條 ただ、CO<sub>2</sub>は有害ガスではないんです。CO<sub>2</sub>は地球温暖化の原因のひとつとされていることもあって、エミッションとは別になっているのかもしれませんが、吉田さんが言うように、必要な要素技術は違うので分かれていてというのももちろんあると思います。

お仕事をやる上で、重視していることは？また、どのような能力が必要だと思いますか？

吉田 よく相談することでしょうか。今は同じ職場で仕事をしていますが、さまざまな経歴を持った方が集まっています。先輩に限らず、ちよつと相談してみると簡単に解決することがあります。

北條 ひとつの問題って、例えば吉田さんのような燃焼



技術だけで

はクリア

できない課題って

多いと思うんです。そういう時に、ここには燃焼や流体や数値解析を専門とする人たちがまわりにたくさんいるので、協力し合うとうまくいくことがあるのでしょね。ですから、研究する環境としてはここは非常にいいと思います。

それから、ずっと言われ続けてきたことでもあるのですが、自分にしかできない技術を早く見つけたいと思っています。そうでなければ、協力してもらえばいいから、ってしましますから。

学校で勉強してきたことは、かなり利用できるものですか？

北條 勉強は勉強、仕事は仕

吉田征二  
エミッション低減セクション  
大学院では航空宇宙工学を専攻

