

# 革新的構造材料を航空機へ ——強く、軽く、熱に耐える材料が変える

例えば、最新のジェット旅客機に日本メーカーのCFRP (carbon-fiber-reinforced plastic:炭素繊維強化プラスチック) が採用され、軽量化によりエネルギー効率を大幅に向上させたように、今、エネルギー効率の観点から、革新的な構造材料が脚光を浴びている。さらに、耐熱性においてこれまでの常識を超える材料が開発されれば、エンジンそのものの効率向上にも飛躍的に貢献する。革新的構造材料プログラムでは、材料開発に情報学の知見を用いて研究開発を迅速に進め、樹脂から金属まで軽く強靱で熱に強い材料を開発することで、日本の構造材料産業の強化と航空機産業の躍進を目指す。

## 革新的 構造材料

プログラムディレクター

## 岸 輝雄

東京大学  
名誉教授  
物質・材料研究機構顧問

### Profile

東京大学大学院工学系研究科博士課程修了(工学博士)、西ドイツゲッチンゲン大学、東京大学先端科学技術研究センター教授、同センター長を経て、工業技術院産業技術融合領域研究所所長、物質・材料研究機構理事就任。日本学術会議副会長、日本工学会会長などを歴任。本田記念賞、フランス国家功労勲章、バルクハウゼン賞、ASM終世フェローなどを受賞。

Teruo  
Kishi

## 日本の輸出を支える 工業素材産業の強化を目指す

現在、日本の輸出産業において工業素材、なかでも先端材料の存在感が増大しつつあり、他産業の国際競争力をも牽引するほどの勢いを見せている。一方で、新興国の猛追も激しく、工業素材の国際競争力のさらなる強化が不可欠である。そうしたなか、日本の技術力の優位性を強く示すことができるとして期待されるのが、エネルギー転換・利用効率向上に資する「革新的構造材料」の開発だ。強く、軽く、熱に耐えられる構造材料を開発し、これらを飛行機などの輸送機器、発電などの産業機器に用いることで、エネルギー転換・利用効率の向上や新産業の創出を目指すとともに、2030年までに部素材の出荷額を1兆円に向上させる、というのが本プログラムの狙いである。

## 材料開発の最大の課題は 軽量化と耐熱性の向上

本研究開発計画のプログラムディレクターを務める岸輝雄氏は、プロジェクトへの意気込みを次のように語る。

「構造材料の課題を一言で言うと、軽量化と耐熱性の向上の2つに分けることができます。そうした中、SIPでは主に、耐熱性に重点を置いて研究開発に取り組んでいます。耐熱性が飛躍的に向上すれば、航空機などのエンジンや発電施設など、非常に過酷な環境となる中枢システムに採用でき、日本の工業素材産業をさらに強化できるでしょう」

一方、岸氏は、2013年より新構造材料技術研究組合（以下ISMA）の理事長も兼任する。

「ISMAは、経済産業省の未来開拓研究プログラムの一つであり、産業界を中心に、日本が高い技術力を有するハイテン（高張力鋼）やチタンなど、お

もに自動車に応用される軽くて強いマルチマテリアルの開発を目的としています。材料の軽量化により、自動車の燃費を大幅に向上させることができるのです。

このISMAと同時に、SIPにおいてセラミックスや金属間化合物など耐熱性に優れた材料の研究開発も同時に行うことができれば、エンジンそのものの効率化にも寄与できることから、日本の構造材料の分野を大きく前進できると考えました」と岸氏。

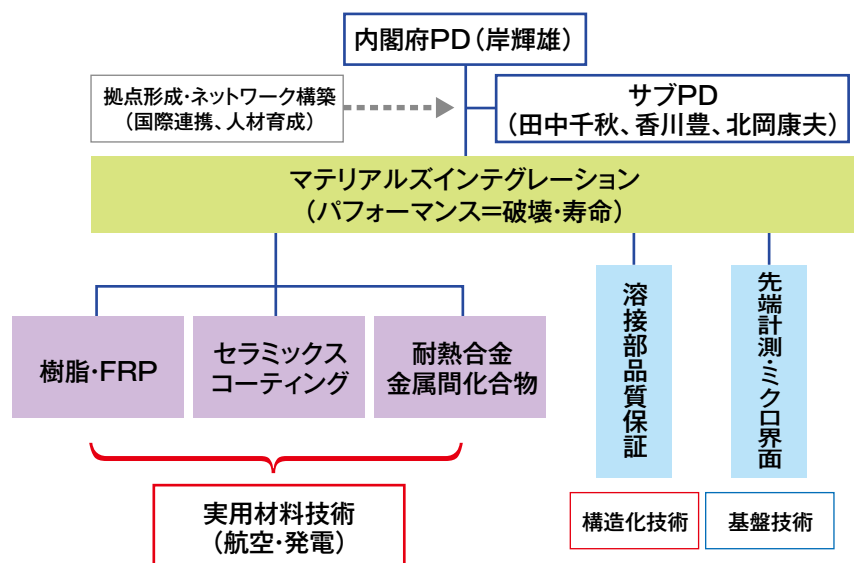
実は、2つのプログラムを並行して進めるには訳がある。いずれも、材料を加工した際の材料の寿命を正しく評価しなければならない、という共通の課題を抱えているためだ。それを可能にするのが、本プログラムにおける「マテリアルズインテグレーション」という包括的な取り組みである。「だからこそ、SIPとISMAを同時に進める必要があったのです」と岸氏は強調する。

岸氏がプログラムディレクターに選出された最大の理由は、多様な材料を手掛けてきた氏の豊富な実績に加え、SIPとISMAを両輪で進めるだけの強力なリーダーシップを併せ持つがゆえというわけだ。

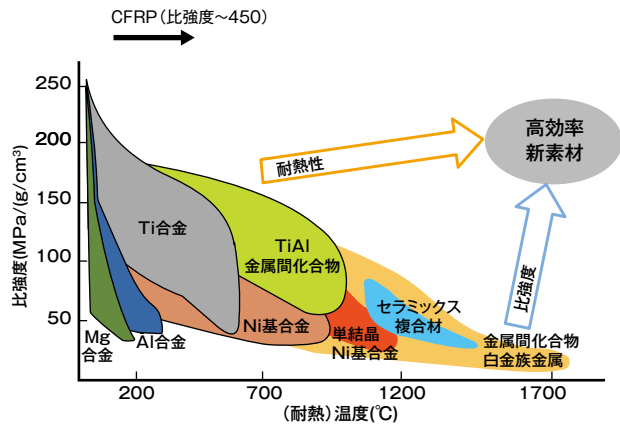
## 材料科学と情報学の融合を目指す 「マテリアルズインテグレーション」

本研究の最大の特徴といえる「マテリアルズインテグレーション」とは、今回、新たに生み出された概念だ。材料工学における既存の理論や実験に加えて、シミュレーション等の計算機手法、データベース同化などの情報学の知見を融合させ、構造材料開発の新しい設計思想、ツールを構築したい、という。

「材料開発には、ものをつくるプロセスと材料の構造、材料の特性、さらに材料を使う技術の4要素が不可欠です。従来のマテリアルズ・インフォマティクスでは、材料の構造と特性に焦点を当て、また、機能材料を中心に開発が試みられてきたわけですが、この『マテリアルズインテグレーション』では、さらに、材料を使う際のパフォーマンスにまで踏み込んで、プロセスからパフォーマンスを予測する、あるいは、その逆に、求められるパフォーマンスからプロセスを提案するところまで持って行ければと期待しています。これができれば、実験量を飛躍的に減らすことができ、開発時間の短縮につながります。検証すべ



●実施体制



●各材料の特性比較

き要素が多いだけに、かなりチャレンジングな取り組みです」と言いつつも、岸氏は自信を覗かせる。

その自信の背景には、計算機科学の急速な進展とともに、岸氏自身、アコースティック・エミッション信号(AE信号)を活用したクラック(ひび割れ)の定量評価の経験があるためだろう。材料は変形破壊する際、内部に蓄えていた弾性エネルギーを放出する。そのときに発する超音波を解析すると、クラックの進行度合いを推定できる。材料の寿命を探る非破壊検査の一つであるが、これは超音波から欠陥を探るという「逆問題」を解くことで初めて可能となる。

「逆問題は解の一義性がない、すなわち答えが一つとは限らないため非常に難しいのですが、いまや地震や噴火の予知など、さまざまところで活用されています。材料の寿命、時間依存の破壊現象の解析にも逆問題を解くことが不可欠であり、そこに情報学の知見が大いに役立つでしょう。もっとも、情報屋と材料屋では、育ちが

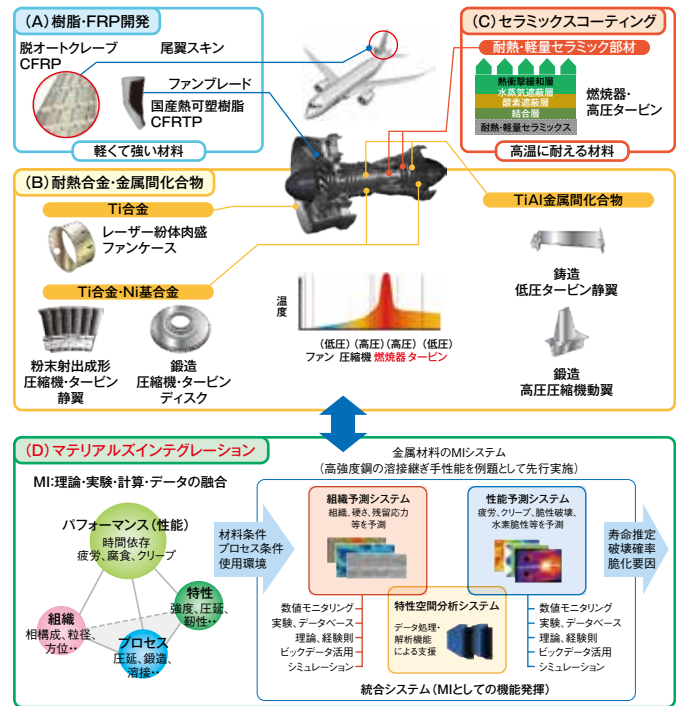
なり違う。人の融合こそが、もっともイノベティブかもしれませんね」と、岸氏は笑う。

## 先端材料分野から航空機産業を躍進させたい

本プロジェクトで扱う主要な材料は、(A)航空機用樹脂とFRP、(B)耐熱合金・金属間化合物、(C)耐環境性セラミックスコーティングである。

「(A)ではFRPを中心に、低コスト開発に寄与する新しいプロセスを探究するとともに、加熱によって軟化する熱可塑性の樹脂を用いて複雑な形状でもつくりやすい耐熱性素材をつくり、エンジンのファンなどに活用できればと考えています」と岸氏は意気込む。

また(B)では、航空機用エンジンのファンブレードなどに使われるTi合金(400~500°C)、高温部の部材に欠かせないNi基合金(500~800°C)の鍛造技術をはじめとする部材加工技術を開発し、日本で開発した合金をエンジンに載せるための道筋を拓く。さらに



●革新的構造材料を航空機へ

比重大の低いTiAlなどの金属間化合物においても、エンジン用の部材開発に取り組むという。(C)では、航空機用エンジンの軽量セラミック部材について、現状のコーティング技術では、1200°C程度が限界と見なされているところを、1400°C程度まで耐えられるように、世界最先端のセラミックスコーティングを開発し、航空機エンジンの熱エネルギー有効利用に貢献したいというチャレンジングな内容だ。

「このプログラムは素材産業の振興を担うだけでなく、実はその先に航空機産業の躍進を見据えているのです。ぜひ、日本発の航空機開発に貢献したい。そのためには産学官の真の連携が不可欠ですが、徐々にメンタリティの変化を感じています。期待してください。」—若き日、東京大学宇宙航空研究所に在籍していたという岸氏。材料から日本の航空機産業躍進をとという氏の壮大な夢は今、幕を開けたところだ。

## 研究開発テーマ

### (A) 航空機用樹脂の開発とFRPの開発

熱を加えることで軟化する熱可塑性樹脂の国産化と、この樹脂を用いたFRPの開発に加え、熱で硬化する熱硬化性FRPのオートクレーブを使用しない製造技術の確立を通して、航空機用エンジンのファンケースやファンブレード、中小型機体への適用など、樹脂・FRP部材の適用範囲を拡大する。

### (B) 耐熱合金・金属間化合物等の開発

軽く強靱なことから航空機用エンジンのファンブレードなどに活用されるTi合金、ディスク材など高温度の部材に欠かせないNi基合金、軽量で耐熱性に優れるTiAl金属間化合物等における、短時間で精度のいい、コストを抑えた加工技術を開発する。

### (C) 耐環境性セラミックスコーティングの開発

国際的に未到達な1400℃級の使用環境下で酸素遮蔽性や水蒸気遮蔽性を最大にできるセラミックスのコーティング材料を開発し、材料の軽量化と耐熱性、耐久性の飛躍的向上を目指す。

### (D) マテリアルズインテグレーション

材料工学を中心に、既存の理論や実験に加え、計算機科学や情報工学の手法を融合し、材料使用時のパフォーマンス特性を知るためのツールを開発し、材料製造の短期間設計・製造を実現する。

## 出口戦略

### ✓ 革新的構造材料の研究開発を推進

材料技術の基盤から設計・製造を含めた航空機のバリューチェーンの掌握を視野に、革新的構造材料を開発。その周辺技術である接合・加工・安全についても手掛け、2030年までに部素材の出荷額を1兆円に導く。

### ✓ 実機適用を最短で実現する研究開発体制を構築

マテリアルズインテグレーションの構築により構造材料の実機適用の迅速化を促すとともに、産学官連携による拠点・ネットワークの形成、国際連携による長期イノベーション戦略を構築する。

多様な材料の開発を基礎から応用までトータルに手掛けることにより、日本の航空機産業の躍進に貢献したいですね。

## 航空機のバリューチェーンを掌握する 材料開発と体制づくり

