



# 革新的構造材料

## 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。



プログラムディレクター

### 岸 輝雄

外務大臣科学技術顧問  
新構造材料技術研究組合 理事長  
東京大学 名誉教授  
国立研究開発法人  
物質・材料研究機構 名誉顧問

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・材料研究機構理事長(現在 名誉顧問)、新構造材料技術研究組合理事長就任。日本学術会議副会長、日本工学会会長、外務大臣科学技術顧問などを歴任。本多記念賞、フランス国家功労勲章、バルクハウゼン賞、ASM名誉終身フェローなどを受賞。

## 研究開発テーマ

### (A) 航空機用樹脂とCFRPの開発

需要の拡大が見込まれる航空機の主構造(主翼、胴体など)には、従前とは異なる視点で高品質化、軽量化、低コスト化が求められる。本領域では「より強靱な材料・合理的な設計・生産性に優れた成形技術を兼ねた航空機機体用材料技術」、「新しい熱硬化CFRP材料開発および低コストで高い生産性の成形・製造技術」、「ファンブレードなどに適用する耐衝撃性に優れた熱可塑CFRP」などの開発を、これらの基礎・基盤研究と併せて進めた。

### (B) 耐熱合金・金属間化合物等の開発

今後のエンジン用材料の要件は、品質の高位安定、メンテナンスフリー、軽量化、ニアネットシェイプ製造、低コスト化等である。本領域では、Ti合金やNi基合金の「鍛造プロセスを高い精度でシミュレートして製品性能を予測する」、軽量で耐熱性に優れたTiAl金属間化合物の「加工性と力学特性を両立させて実用化を図る」取り組み、金属粉末を利用したレーザー肉盛技術、射出成形技術、積層造形技術への挑戦などを行った。

### (C) セラミックス基複合材料(CMC)の開発

熱効率向上にはより高い温度での燃焼が不可欠である。ここで期待される材料がセラミックスである。本領域では「1400℃の環境に耐えるセラミックスコーティング技術の開発」や、「高い競争力を持つSiC繊維強化SiC基材の開発」などに取り組んだ。

### (D) マテリアルズインテグレーション

本領域では、構造材料の組成・プロセスに依存した組織、これによる材料特性、実際の使用環境で発揮される性能などに係る最先端の理論・知識、経験知やデータを集積し、情報科学を含めて活用する試みを行った。さらに、日本の多くの材料研究者の知識が集約され、その活用を図るシステムの構築を行った。これらは、金属材料のみならず、高分子やセラミックスコーティングに展開された。本試みは、知識集約型社会における材料の開発やその活用の中核として必須であり、わが国の材料活用に係る国際的な競争力を維持・発展することに繋がる。

## 実施体制

A~Dの4領域内に個々の研究開発の取り組み(ユニット)が合計34あり、それぞれが共同研究開発契約を締結し、産学研が連携した取り組みが進められた。これらに参画する機関は延べ約140にも達した。国立研究開発法人科学技術振興機構(JST)が管理法人となつて、内閣府との密接な連携下、きめ細かい運営をし、加えて国内・国外アドバイザリーボードによる第三者評価、知財管理、成果報告会等での成果の発信・広報等も企画・実行した。

5年間の成果

**(A)航空機用樹脂とCFRPの開発: 環境負荷低減効果が大きい高比強度材料の高性能化・低コスト化**

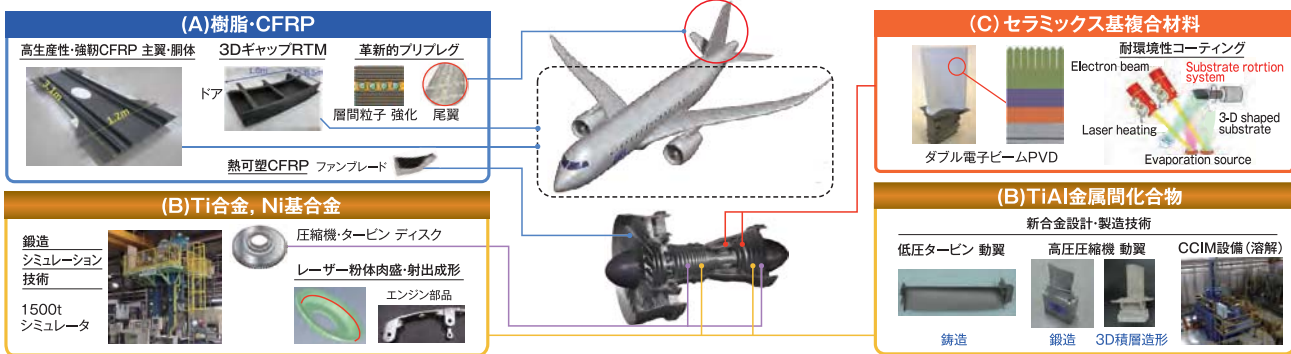
航空機主翼・胴体向けの強靱複合材開発では、ベンチマーク(ボーイング787用)の1.5倍の靱性を達成し、実物大(3.1m×1.2m)模擬構造部材の強度試験により、材料・設計技術開発成果を実証した。また、製造コストダウンのための脱オートクレーブ成形技術開発では、革新プリプレグ、アクティブ制御法、3DギャップRTM成形技術を開発し、尾翼(2m×1.5m)、ドア(1m×0.5m)の模擬構造部材を作製し、オートクレーブ材並みの力学特性の発現を確認した。さらに、航空機エンジンのファン向けの熱可塑CFRP開発でも、要求される耐衝撃性などを満たしたプリプレグを開発した。

**(B)耐熱合金・金属間化合物の開発: 我が国が有する世界最大・最先端クラスの50,000トンプレス設備の機能を最大限に活かす鍛造シミュレーション技術**

航空機エンジンの圧縮機・タービンディスクの製造に要望されるチタン合金・ニッケル基合金の鍛造シミュレーション技術開発では、1500トン精密鍛造シミュレータなどによるデータ蓄積と数値解析技術を組み合わせて、塑性加工・組織・特性の統合予測ツールを開発し、我が国が有する世界最大・最先端クラスの50,000トンプレス設備を用いて、その予測精度の高さを実証した。また、軽量かつ耐熱性に優れたチタンアルミ合金開発では、金属間化合物の弱点である脆さと難加工性を克服して、航空機エンジンの高圧圧縮機・低圧タービン動翼向けの鍛造・鋳造合金を開発した。

**(C)セラミックス基複合材料の開発: 1400°Cに耐える次世代航空機エンジン用超耐熱材料向けの耐環境性コーティング技術**

次世代航空機エンジン用超耐熱材料として大いに期待されるSiC/SiCセラミックス基複合材料開発では、燃焼ガスによる高温酸化を防ぐための、新材料による耐環境性コーティング技術を開発し、1400°C×1,000回の熱サイクル試験でその効果を確認した。また、生産性向上のための高速溶融合浸法開発では、基本プロセス・部品設計手法の設定を完了し、模擬部品も試作した。



**(D)マテリアルズインテグレーション: 材料科学・計算科学・データ科学を融合して構造材料研究開発をスピードアップするMIシステムver.1.0**

使用期間が長く(10~100年)、実用化までの道程も長い構造材料の研究開発のスピードアップのために、材料科学・計算科学・データ科学を融合し、プロセス・組織・特性・性能の連関を計算機上で再現して、構造部材としての寿命などを予測するMIシステムのver.1.0を開発した。金属材料については、疲労・クリープ・水素脆化・脆性破壊などの代表的な破壊現象を扱い、計算モジュール(162個)、モジュール間をつなぐワークフロー(101個)、データベース(20,000件以上)を開発した。また、CFRPの計算モジュールについても、量子化学計算(3個)、分子シミュレーション(4個)、マイクロ~メゾ~マクロスケール(9個)、構造設計(3個)開発し、汎用コード(Materials Studio, J-OCTA)に実装した。

