

繊維開繊技術による航空エンジン用複合材料の開発

研究者：川邊 和正 福井県工業技術センター 新産業創出研究部 部長
開発企業：満岡 次郎 株式会社 IHI 代表取締役社長
(推薦者：識名 朝春 株式会社 IHI 航空・宇宙・防衛事業領域事業領域長)



川邊 和正氏



満岡 次郎氏

1. 技術の背景

航空エンジンに対する低燃費化の要求を、より高いバイパス比（エンジン主流に比してバイパス側に流れる空気の比が大きい）設計の採用により実現するには、ファンと呼ばれるエンジン入口の大型部位に重量あたりの強度・剛性に優れる複合材である CFRP(Carbon Fiber Reinforced Plastics) を適用し軽量化をはかることが不可欠である。加えて、構造を支える部材への CFRP 適用には鳥吸込などへの十分な耐衝撃性が重要である。従来からエンジンに採用されている熱硬化性樹脂 CFRP は、素材の冷凍保管や長い成形時間を要し、エンジン翼部品のような量産品を製造するために生産設備や生産コストの増大を招くことが課題であった。

福井県工業技術センターでは、平成元年より自主事業（基盤研究）として「繊維開繊」技術・装置ならびに樹脂含浸技術の開発を進めてきた。平成14年より経産省・地域コンソーシアム創成事業などで福井県内企業、炭素繊維メーカー、IHIエアロスペースなどが参加した技術開発を行ってきた。一方、IHI、IHIエアロスペースでは平成19年より150席クラス航空機（航空エンジン）を想定した先行技術開発に着手しており、ファン部品への適用素材選定のなかで、繊維開繊・含浸技術を適用した熱可塑性CFRP

が優秀な耐衝撃性を示すことがわかり、このCFRPを用いエアバスA320neoに搭載されるPW1100G-JMエンジンのファン部品である構造案内翼（SGV: Structural Guide Vane）として開発・実用化することができた（図1）。

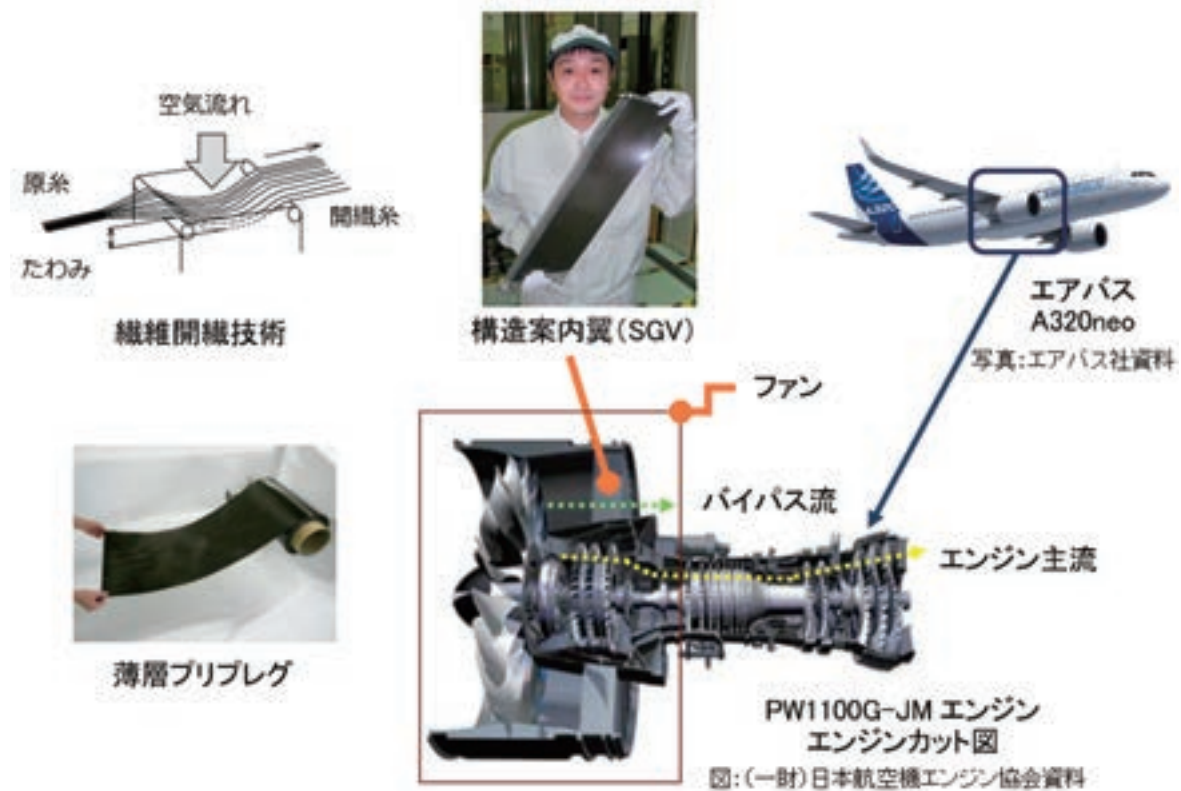


図1 繊維開織技術を用いた薄層プリプレグとこれを用いた航空エンジン部品(SGV)

2. 技術の概要

CFRPは樹脂（プラスチック）を炭素繊維で強化した複合材である。CFRP部品を製造する方法として、部品形状に沿った形状に切断した「プリプレグ」（並べた炭素繊維に樹脂を含浸させた中間素材）を積み重ね、型の中で加熱することで形をつくる（成形）。樹脂に熱硬化性樹脂を用いた場合には、硬化に化学反応を伴うため部品成形に時間が掛かる一方、熱可塑性樹脂は、化学反応を伴わず短時間での成形が可能である。

IHIはこれまでの経験から、熱可塑性樹脂が熱硬化性樹脂より耐衝撃性のポテンシャルを有するとともに、短時間で成形できるため数量多く生産する航空エンジンの翼部品への適用に効果が高いと考えてきた。一方、 -50°C 以下 $\sim 100^{\circ}\text{C}$ 強の環境下で、油や燃料などにも曝されても耐久可能なスーパーエンプラとも呼ばれる熱可塑性樹脂は、強固な分子構造をもつため樹脂粘度が高く、炭素繊維に効率的に含浸させる技術が課題となる。

川邊氏らは、「繊維開織」（注：1万本以上の繊維の束をほぐして開く）技術を開発し、薄層のプリプレグ製造技術が実現したことで、この課題を解決することができた。従来、「開織」はプレスローラーなどを用いた機械的方法によるものであったが、開発した技術では独自の吸入空気流を通すことによる方法で簡便に高速に開織可能となった。また、従来、並べた繊維シートに熱可塑性樹脂を含浸させるプリプレグの製造は樹脂を溶剤で溶かすか、樹脂粉末をまぶすことで行っていたが、この「繊維開織」技術により、繊維層を薄く（薄層化）することが可能となり、樹脂粘度の高い熱可塑性樹脂であっても、その樹脂のフィルムを繊維シートに重ね温度を上げて圧力（プレス）を付与することで繊維層内に含浸できるようになった。この製造方法は、プリプレグを溶剤がなく粉末が飛散しない環境にて製造できるだけでなく、装置を簡便にすることを可能とした（図2）。

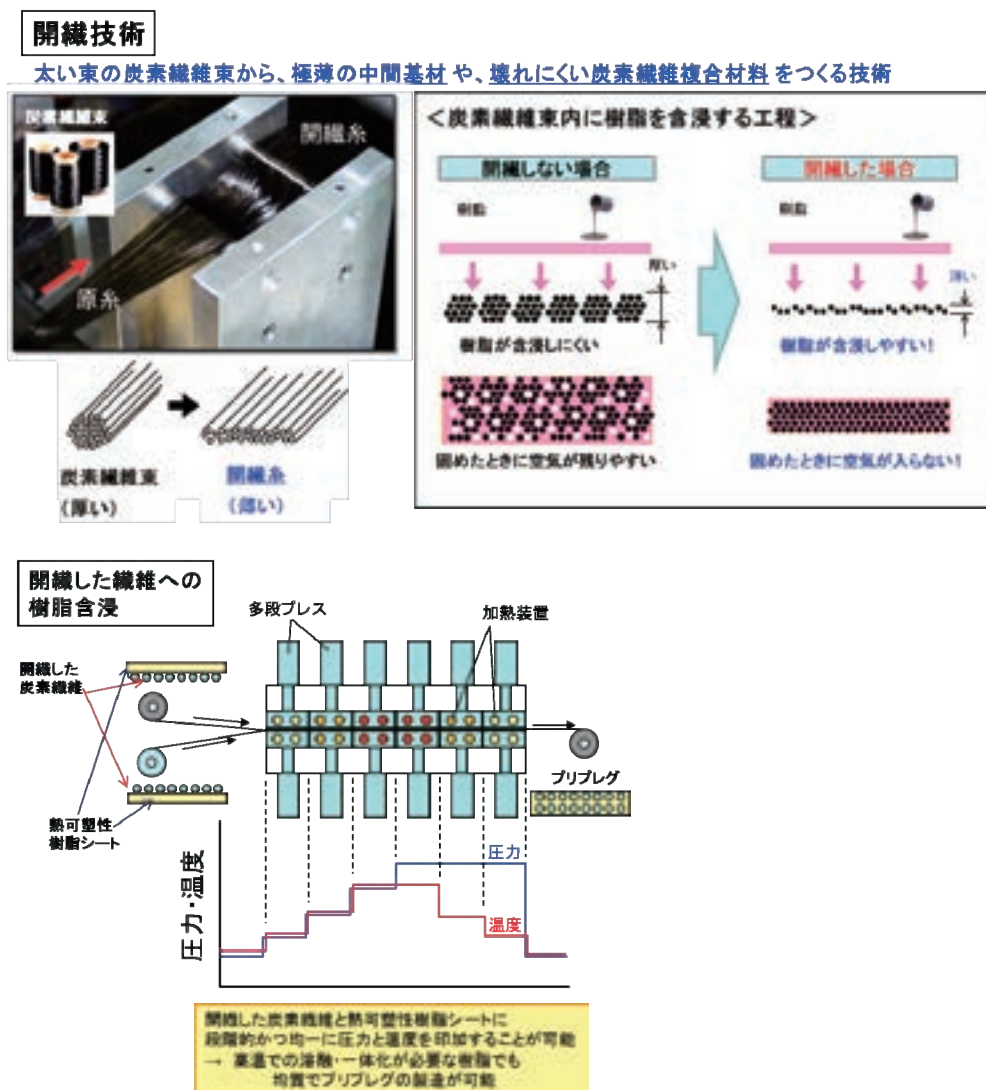


図2 繊維開織技術とプリプレグ製造方法の概念図

さらに、この薄層化は、プリプレグを重ねて成形する複合材料の耐衝撃特性にも寄与しており、平板に鳥衝突を模擬したゼラチンボールを衝突させる耐衝撃性評価試験では既存の熱硬化性樹脂や熱可塑性樹脂 CFRP と比較して高い耐衝撃性を実証した(図3)。

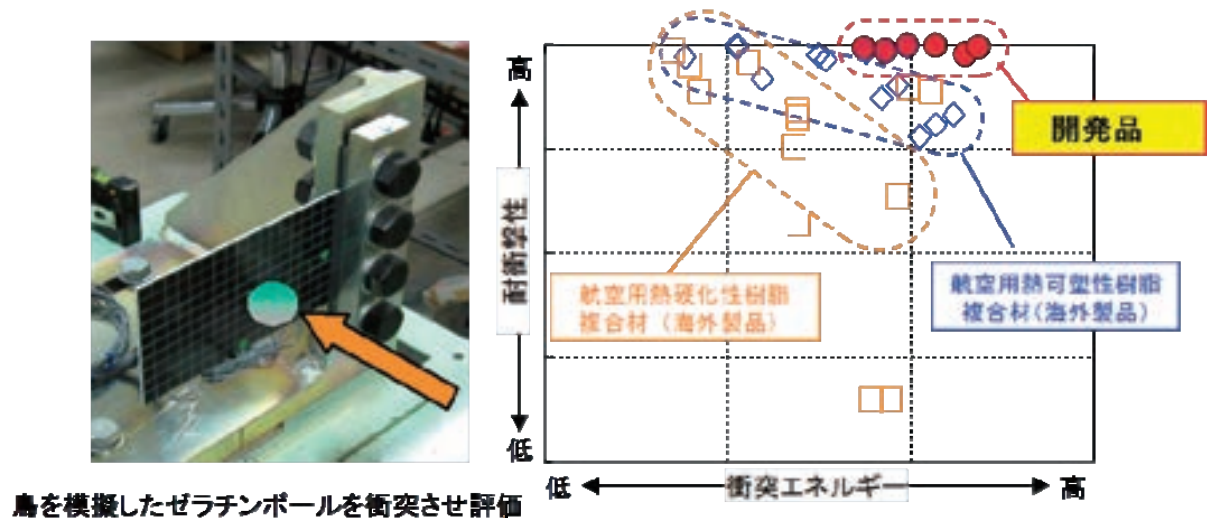


図3 開発した熱可塑性樹脂プリプレグによる CFRP 平板の耐衝撃特性

このように温度を上げると軟化し、常温に戻すと硬化するという熱可塑性樹脂の特性を生かして、硬化時間を排除し、プリプレグから完成までの時間を短縮する工程を確立することが可能となり、生産性の高いSGVの製造を実現した。

3. 効果

PW1100G-JM エンジン は 2014 年 12 月に米国連邦航空局 (FAA) より型式承認が交付され、民間航空エンジンとしての運用が正式に認められ、2016 年 1 月から商業運航を開始した。開発した「繊維開織」技術を適用することにより、比較的短時間での成形が可能で、航空エンジンとして重要な耐鳥衝突性に優れた軽量な熱可塑性樹脂 CFRP が実現し、ファン構造を支持しつつファン内の空気の流れを整える翼である SGV が世界で初めて成立した。この成果はエンジンの軽量化・燃費改善・CO₂削減に大きく貢献することとなった。PW1100G-JM エンジン は約 4000 台の受注を獲得し更に拡大中である。生産にあたっては国内企業を可能な限り活用するとともに、製造設備新設のみならず、生産拠点を整備し、国内航空産業の発展にも寄与している。