



SIP革新的構造材料
「航空機用樹脂・CFRP」領域

航空機用高生産性革新CFRP の製造・品質保証技術の開発

領域長 武田展雄

東京大学大学院新領域創成科学研究科
革新複合材学術研究センター

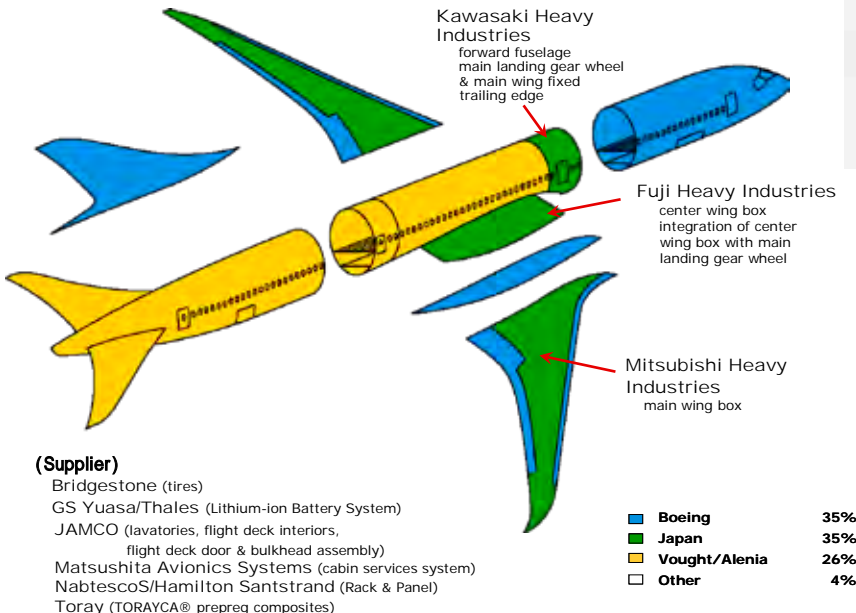
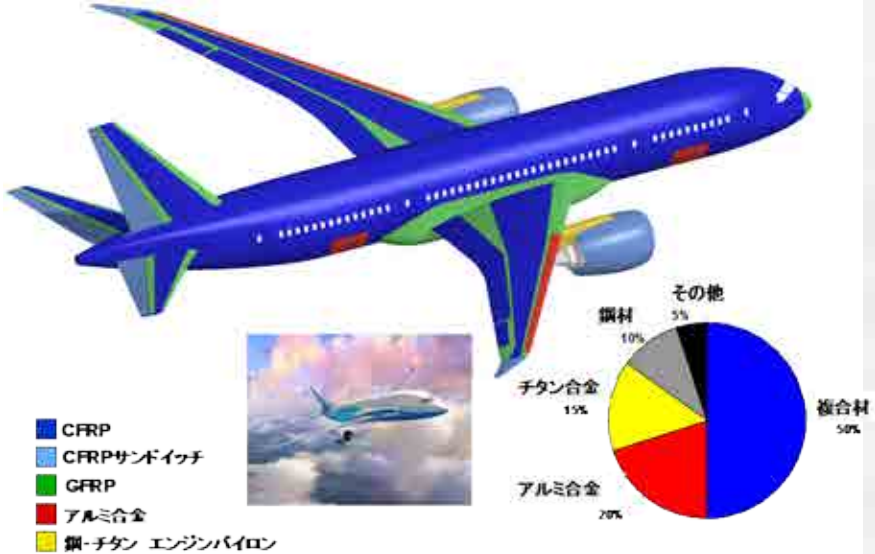
JAXA航空技術部門 構造・複合材技術研究ユニット

民間航空機における複合材構造の適用拡大

炭素繊維強化プラスチック複合材料 (CFRP)

Boeing 787

Airbus 350



A350 Major CFRP applications

Benefits for from earlier Programs

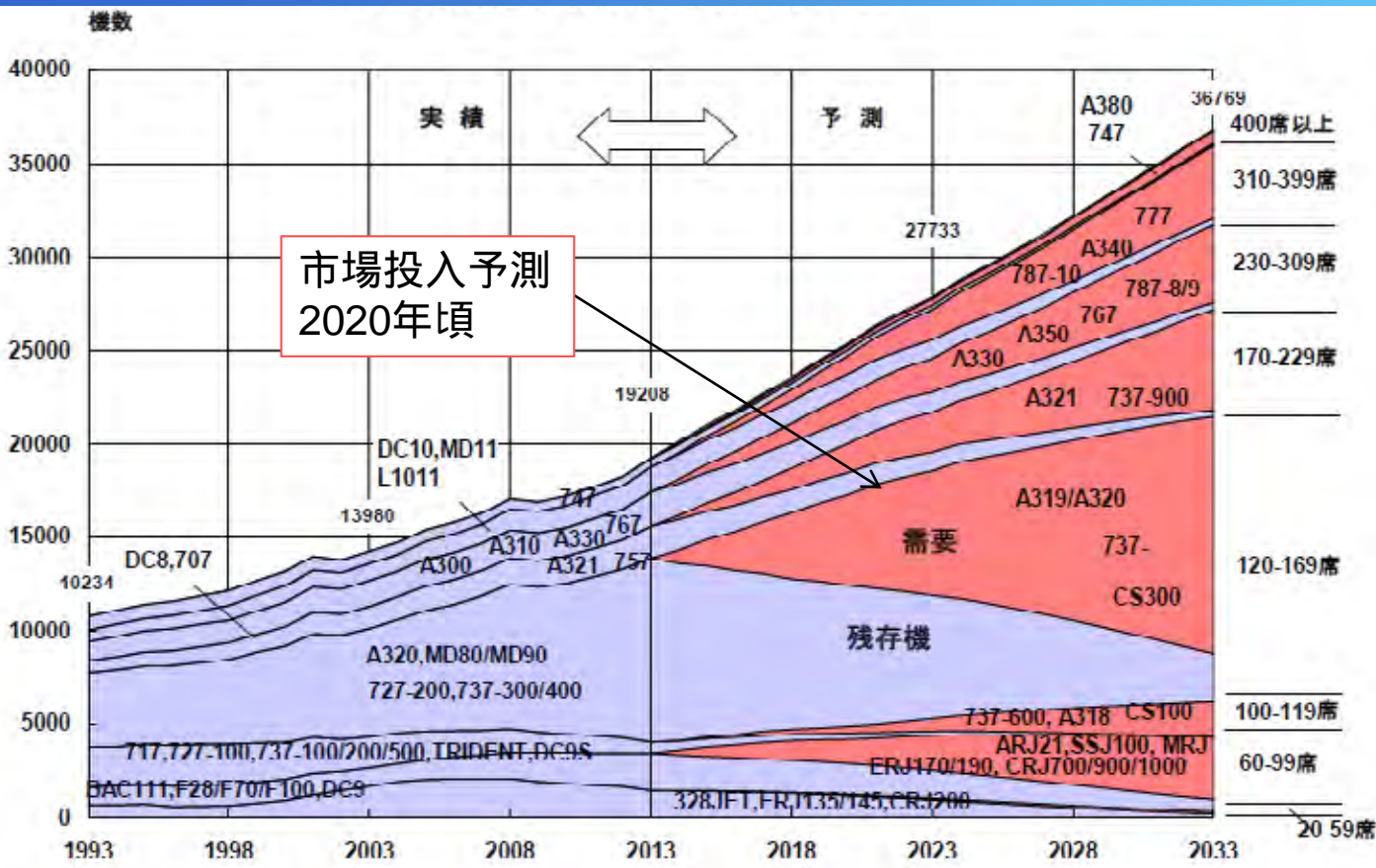
- Reshaped Rear Fuselage
- Optimized Composites Vertical Tailplane
- Smaller Composite Horizontal Tailplane
- Composite Window Frames (New on A350)
- Composite Rear Pressure Bulkhead
- Composite Centre Wing Box
- Composite Keel Beams
- Outer wing

Technologies selected to save weight & improve performance

MRJ



民間ジェット旅客機の運航機材構成予測



出展: JADC

次世代単通路小型旅客機市場での機体・エンジンメーカーの競争の激化

OEM, Tier 1, Tier 2, ...

A320NEO
(2016年就航)

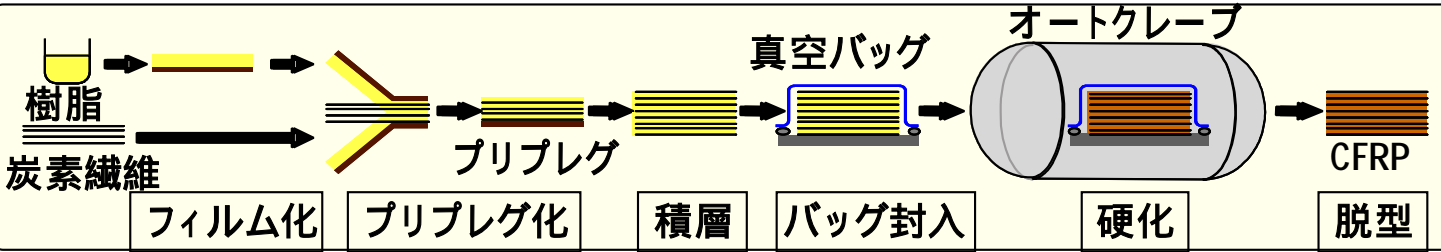


B737MAX
(2017年就航)



CFRPの製造法の展開

プリプレグ / オートクレーブ成形(AC)プロセス



オートクレーブ: 圧力と温度を制御できるお釜

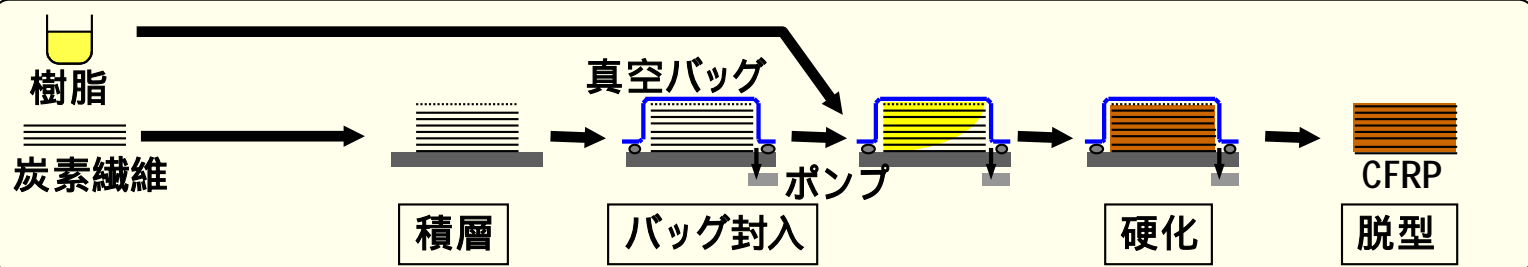
大型・複雑部材の
一体成形の必要性

省エネ・低コスト成形
技術への期待



B787主翼
オートクレーブ

VaRTM (真空樹脂注入) 成形プロセス: 脱オートクレーブ(OoA)成形



MRJ尾翼
VaRTM

本研究開発の背景と目的

- | 航空機CFRP構造製造技術における日本の高い技術力
- | 欧米での産官学研究・開発への積極的な投資、日本の優位性にも影
- | 金属構造と比較しての低コスト化・高生産性が不十分

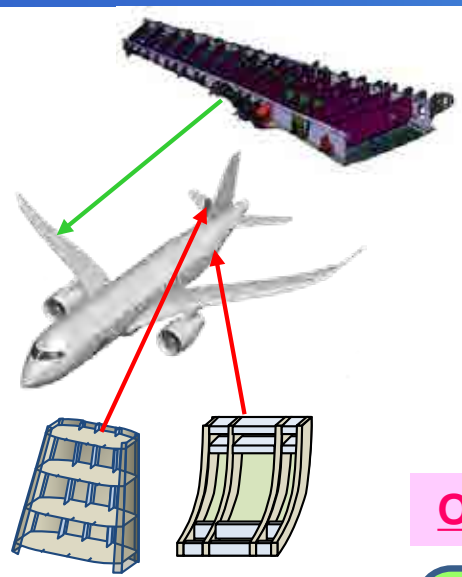
- | 低コストと高機能性をマッチさせる新規材料技術・製造プロセスとしての熱可塑性樹脂CFRTPおよび低圧OoA成形CFRP、及び、高効率AC成形高靱性CFRPなどの必要性
課題：複雑な製造プロセスの最適化、品質保証技術の構築
- | 繊維メーカー、航空機製造メーカーの製造技術を、強固な学術研究がサポートし、試行錯誤によらないCFRP製造科学を確立することが必要

日本の航空機用革新PMC (Polymer Matrix Composites) 製造技術の国際競争力を飛躍的に向上させるべく、高生産性革新CFRP (樹脂開発も含む) の製造技術の開発を行うことを目的とする。とくに、強固な学術基盤に基づく製造品質保証技術と航空機認証プロセスを前提とした試験技術の構築も行う。

内閣府SIP『革新的構造材料』プロジェクト

樹脂・CFRP研究拠点

「航空機用高生産性革新CFRPの製造・品質保証技術の開発」



高効率AC成形高靱性CFRP (機体)ユニット

高生産性・強靱複合材の開発
 三菱重工業, 川崎重工業, スバル, 東レ, 北大

CFRTP (エンジン) ユニット

航空エンジン用途国産熱可塑性樹脂・CFRP開発
 名大NCC, IHI, 三井化学, 三菱レイヨン, 福井県工業技術セ, 岐阜大

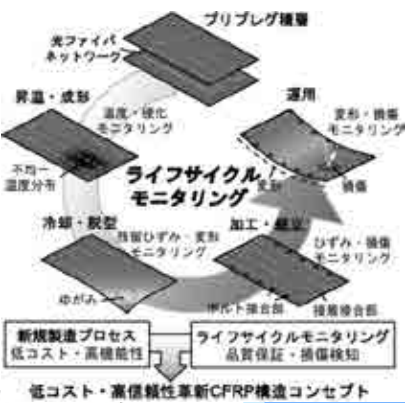


OoA CFRP (機体) ユニット

高生産性・高信頼性脱オートクレーブCFRP構造部材の知的生産技術の開発
 東レ, 京大, 東京理科大, 愛媛大

耐熱CFRP (エンジン用) ユニット

耐熱高分子基複合材料(耐熱CFRP)の適用技術研究
 JAXA, IHI, 東京理科大, 東京農工大, 島津製作所, カネカ



成形モニタリング・モデリング技術

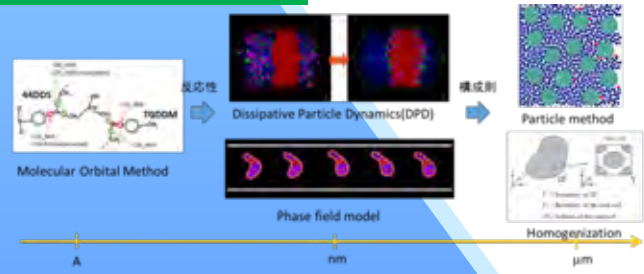
ネットワーク連携

シミュレーション技術

代表研究
 開発機関

**TJCC (東大新領域) + JAXA
 構造・複合材技術研究ユニット**

学術基盤・評価ユニット



成形プロセス・ライフサイクルモニタリングによる品質保証技術
 東大TJCC, 高知工大

製造プロセスのマルチスケールシミュレーション技術開発
 東北大, 九大

複合材構造高度モデリング技術
 東大工・航空, JAXA

目標・達成度

1) 革新的プリプレグ真空圧成形技術の開発

- ・基本処方プリプレグの試作条件の確立および試作が完了していること。
- ・アクティブ制御成形解析ツールの開発を完了、それを用いた成形実証が進められていること。

2) CFRPモジュール設計とブロッカー体化工法の融合技術の開発

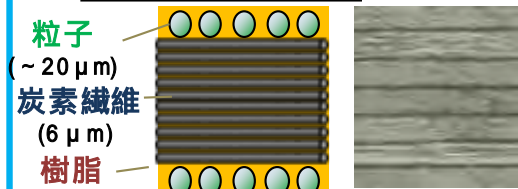
- ・ドライファイバーシートの均質性を向上し、製造プロセスを安定させるための装置改造を完了。
- ・最大厚さ12mmの構造要素成形金型完成、試作により金型の改良が行われていること。

アウトプット

現用のAC用CFRPプリプレグ(Boeing 787で使用)並みの特性を、OoA材でほぼ達成

革新プリプレグ真空圧成形

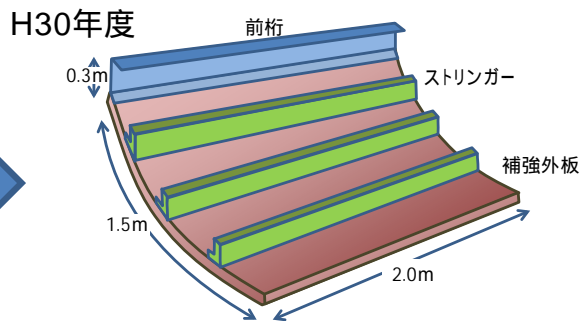
革新的プリプレグ



- ・衝撃後圧縮強度(CAI)40ksi
- ・ポイド率 1%以下

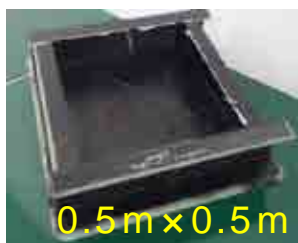


模擬部材成形



3DギャップRTM

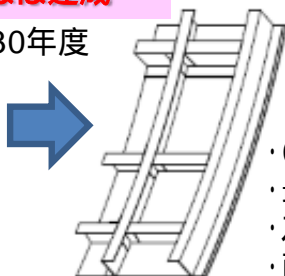
H29年度



MRJで使用しているVaRTM材を凌ぐ高生産性ギャップRTM技術をほぼ達成

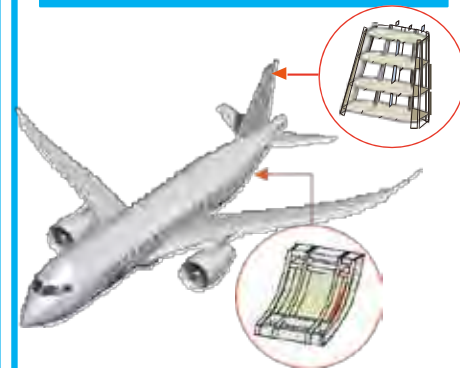
模擬部材成形

H30年度



- ・0.5m x 1.0m
- ・最大12mmt
- ・スキン、ストリンガー(湾曲)
- ・両面アンダーカット

アウトカム・出口戦略



民間小型旅客機

尾翼などの一次構造材、および中型の構造部材(ドア等)

2030年 新規需要
1,800億円

(機体メーカー該当構造売上額)

目標・達成度

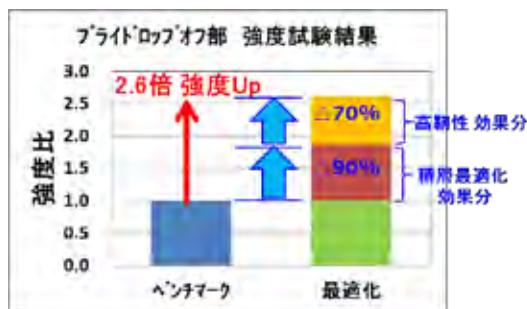
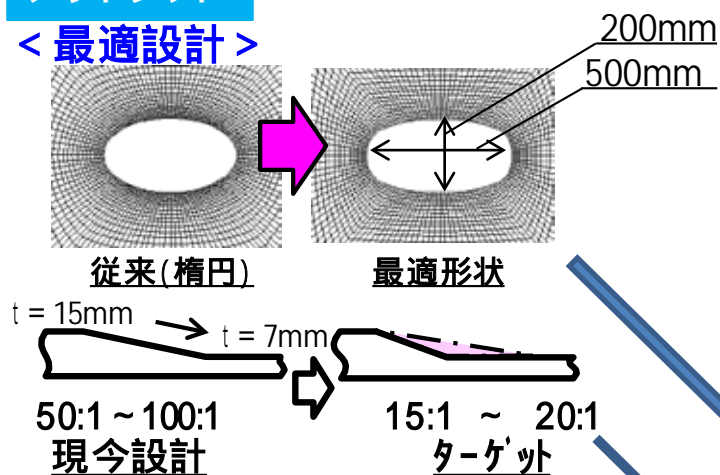
- ・中弾性率-高接着炭素繊維を用いた強靱ブリブの試作, 試作材特性評価
- ・重量軽減効果評価(開発材の特性、及び最適設計による重量軽減効果のシミュレーション)
- ・設計・製造標準化検討(新積層手法、新形状の開発にシミュレーション / 最適化手法を適用その評価試験を実施)
- ・サブコンポーネントレベルの実証試験に向けた設計 / 製造プロセスの設定

従来CFRP材の50%増の剥がれにくさを持つ新規CFRP材料

2016年度参画のため
3年のうち2年終了

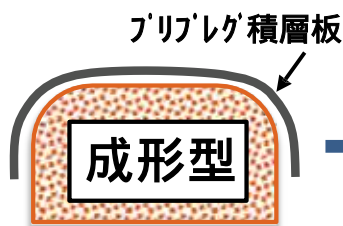
アウトプット

< 最適設計 >

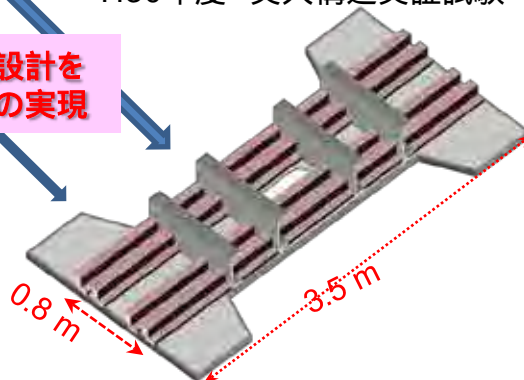


H30年度 実大構造実証試験

< 成形性向上 >
製造時しわ制御



CFRPならではの航空機構造設計を可能とする強靱CFRP材料の実現



アウトカム・出口戦略

2030年代(小型後継)

大量生産(月産100機)



民間小型旅客機
主翼及び胴体

2030年 新規需要
9,800億円
(機体メーカー該当構造売上額)

【A01】熱可塑性CFRP

目標・達成度：候補繊維・候補樹脂から組み合わせを絞り込み，既存プリプレグ製造プロセス（＝既にエンジンに適用済みの製造プロセス）によるプリプレグを製作。設計基礎データ取得。

- 熱可塑性樹脂プリプレグ製造方法の低コスト化開発。樹脂フィルム試作。

アウトプット：

熱可塑性樹脂Aurum

薄層フィルム

幅200mm、厚さ $15 \pm 1 \mu\text{m}$

アウトカム・出口戦略：

民間小型旅客機用エンジン ファンブレード及びSGV(構造案内翼)

2030年 新規需要 1,600億円(エンジン部品売上額)



試作AURUMフィルム



プリプレグ



熱可塑性CFRPファンブレードの基盤技術の実証

【A03】耐熱CFRP

国産耐熱CFRP材料基盤技術の実証

目標・達成度：

- ポリイミド系耐熱CFRPの有望な基本材料仕様が決定していること。（決定済み）
- 300×300×厚さ6mm超の厚板などの基本的な成形プロセスにめどを立てること。（直交積層64ply（8.8mm厚）の成形に成功）
- 高温試験方法の妥当性が検証され、試験手順が文書化されていること。標準化に提案できるレベルになっていること。

アウトプット：

- 開発材のクリープ・疲労特性。成形プロセス開発に資する熱分析、化学分析の手法。
- 高温試験法標準試験手順