

# H11年度 調査研究報告書の概要

委託先 :財団法人 機械振興協会 経済研究所

報告書名 :高信頼性超高温CFCCの調査研究

発行年月日 :平成12年4月

## 〔目次〕

・ 総論 提言	4.3 CFCC材の適用環境・要求性能と 適用候補部位 / 研究開発試験の現況
第1章 国家プロジェクト創出の提言	4.4 CFCCを使用した構造の必要性和 適用効果
1.1 CFCCの特徴	4.5 CFCC製部材の製造設備・プロセスと 信頼性向上方策 / 本節の結言
1.2 技術力の国際比較	第5章 CFCCの材料及びプロセス開発の 課題と提言
1.3 プロジェクト創出の必要性	5.1 前駆体 (Precursor )
1.4 産業技術戦略	5.2 強化繊維の高性能化
・ 各論	5.3 繊維プリフォームのアーキテクチャー
第1章 石油 / LNG及び 石炭燃焼高効率複合発電	5.4 界面設計
1.1 プラントシステム	5.5 複合化技術
1.2 適用候補部位	5.6 コーティング技術
1.3 適用環境と要求性能	5.7 接合技術・修復技術
1.4 適用効果	5.8 異種材料との組合せ
1.5 製造設備とプロセス	5.9 その他
第2章 航空宇宙エンジン	第6章 CFCCの研究開発及び基盤 ・環境整備の課題と提言
2.1 エンジン構造	6.1 はじめに
2.2 適用候補部位	6.2 新しい高温材料としてのCFCCの 必要性
2.3 適用環境と要求性能	6.3 CFCC研究・開発の現状
2.4 適用効果	6.4 国内外の研究・開発動向と プロジェクトの必要性
2.5 製造設備とプロセス	6.5 技術的研究・開発課題
第3章 高効率コージェネレーション・ システム	6.6 望ましいプロジェクトの概要
3.1 プラントシステム	6.7 研究開発の新規性
3.2 適用候補部位	6.8 波及効果
3.3 適用効果	第7章 総括と結論
3.4 適用環境と要求性能	7.1 総括
3.5 製造設備とプロセス	7.2 結論
第4章 宇宙往還機	
4.1 宇宙往還機の種別 / 期待される出現年次	
4.2 想定される機体構造	

## 〔概要〕

地球規模で問題となっている省資源、環境負荷の低減に対し、エネルギー消費の高効率化が叫ばれている。エネルギープラントをはじめとする各種産業分野におけるシステムの効率向上のためには、現在利用されている耐熱金属材料あるいはセラミックス材料は、耐熱性と大型部材の信頼性等の面で限界に達している。連続繊維強化セラミックス基複合材料 (CFCC) はこれらの限界を突破し得る材料として期待されているが、世界的に実用化の進展が遅れている。そこでCFCCの効率的な開発と、実用化を促進するための提言をとりまとめることを目的として、CFCCの適用が大きなメリットを生み出すことが期待できる分野について、適用候補部位、適用時期、要求性能、技術課題及び適用のメリット等について調査を行ったところ、CFCCは各システムの高温部位に適用することにより、省エネルギーや地球環境問題を解決する切り札となり得ることが立証され、国家プロジェクトの創出によるCFCC実用化促進の必要性があらためて確認されたものである。

### 1.実施した委託業務の概要

連続繊維改質セラミックス基複合材料(CFCC)は、金属に比べて格段に優れた耐熱性、耐酸化性及び耐腐食性を保有しており、又セラミックス材料に比べて大きな破壊抵抗をも兼ね備えていることから航空・宇宙分野、エネルギー分野及び環境保全分野などの幅広い分野において現状の省エネルギー、地球環境問題を解決するためのキーマテリアルである。本研究はCFCCの実用部材としての信頼性のある設計を可能とするためCFCCの環境劣化のメカニズムを解明し、耐久性と寿命予測法の開発を行い、上記の各種産業分野におけるCFCCの実用化を促進することを目的として実施した。

### 2.実施内容

CFCC供試材料として解析の簡明を図るため、一方向強化のミニコンポジット(チラノ系ZMI / SiC+ZrSiO<sub>4</sub>)を選定し基本的な環境曝露条件後の残留強度の評価を行い、寿命予測法の開発を試みた。またバージン材の高温強度の評価も行った。具体的な内容について以下に示す。

(1) 環境曝露劣化処理：ミニコンポジットに基本的な環境条件(真空及び大気雰囲気にて、それぞれ700, 1200, 1400 / 6分、1時間、10時間、100時間)にて曝露処理を施した後、外観観察及び重量変化の測定を行い、CFCCの特徴的な変化を把握した。

(2) 残留強度と破壊形態：真空曝露と大気曝露においてそれぞれ強度低下の傾向を把握した。

また破壊形態の観察より、真空ではいずれも繊維のプルアウトが顕著であるが、大気では高温・長時間ではプルアウトが生じず、脆性的な破壊が生じることが確認できた。

耐久性・寿命予測のモデリング：(2)項の結果より耐久性・寿命予測のモデリングを行った。

真空中では破壊はいずれもクラック進展阻止(pull-out)型で生じるが、繊維の分解により繊維自体が変質し、また破壊の起点となるポイドが繊維側面に形成されることで強度低下を生じる。一方大気中では酸化によりマトリックスの体積膨張、界面接着上昇が生じ、曝露時間によりpull-out型からクラック進展(catastrophic)型へと変化し強度は著しく低下する。以上の実験結果より寿命評価・予測を近似的に行える実験式として次式の提案を行った。

$$= S_0 t^{-mn} \exp\{-nQ/kT\}$$

(3) 高温強度試験：ミニコンポジットのバージン材につき、室温及び高温(700, 1200, 1400)の真空及び大気中にて強度試験を行った。昇温速度を50 / 分で、保持時間を1分とごく短時間の曝露条件にて試験を行った結果、顕著な強度低下は認められないことを確認した。

以上(1)~(4)の結果より、ミニコンポジットの基本的な環境曝露条件が強度に及ぼす影響について、概括的な把握ができたが、なおデータの蓄積と試験条件の拡張により寿命予測技術の精度を向上する必要がある。