

[検索の仕方](#)

No.1581

- ★ “炭素繊維”⇔“マトリックス”の界面特性(ぬれ性・接着性)をどのように制御するのか？  
 ★ 過酷な環境下での数十年の長期信頼性が求められる！⇒再現性のある加速試験方法は？

【熱可塑性樹脂を中心とした】

## CFRP(炭素繊維強化プラスチック)の

### 樹脂含浸性向上と信頼性評価

—繊維のぬれ性制御、界面接着性の改善、成形トラブル対策、破壊特性、寿命予測—

発刊予定	2010年12月末
体裁	B5判 450頁(上製本)
予約特価	80,325円(税込) ※12月28日まで予約特価で受付！
定価	89,250円(税込)

#### 本書のポイント(こんな疑問、問題点に迫ります)

- ◎炭素繊維表面の濡れ性を向上させるには？  
 「PAN系」「ピッチ系」各炭素繊維の特徴を把握し活用するには？  
 炭素繊維の表面処理レベルを高めると引張強度は低下する？  
 「接着強度」を制御するための「表面処理」「サイジング処理」技術！  
 層間強度を向上させる重要なポイント ⇒ 『炭素繊維の三次元織物技術』
- ◎「繊維-樹脂」の最適な選定・組み合わせは？  
 各種マトリックス樹脂の流動特性と改善テクニック！  
 技術革新が起きつつある「CF長繊維複合材料」の今後の展開は？  
 良好な成形性・加工性を有する『新規マトリックス樹脂』の開発！
- ◎繊維束が大きい炭素繊維への含浸性を上げるには？  
 繊維と熱可塑性樹脂の含浸にはどのような方法があるのか？  
 プリプレグの「取り扱い性」「加工性」を改善するポイントは？  
 炭素繊維束を、「連続して幅広く」「薄い状態」にする 開織テクニック！
- ◎繊維長(短、長、連続)にマッチした成形方法は？  
 各種複合材製造法の優劣評価・比較による最適手法の把握を！  
 成形時に発生する「繊維うねり」の発生メカニズムの解明と対応策！
- ◎二次加工における現場の問題点とは？  
 CFRPと異種材料の接着技術(表面処理、接着剤の選定)と強度評価法！

CFRPへの高精度な穴あけ加工を実現する手法の詳解！  
CFRPの切削条件・工具の最適選定！切削における工具摩耗機構とは？

◎どのように破壊するのか？破壊を制御するには？

CFRPの構成要素(繊維、マトリックス、界面)と破壊の相関性は？  
繊維の断面・表面、繊維と樹脂の界面を観察し、破壊原因を解明する！  
CFRP材の層間剥離の発生要因と破壊靱性の向上技術！  
マトリックス樹脂の粘弾性コントロールとCFRPの破壊強度向上技術！  
落下試験では分からない、高速移動体衝突によるCFRPの損傷挙動の解明！

◎耐候性試験と寿命予測は？

屋外曝露における環境(地域)の差で試験結果に影響が出るのか？  
数十年の屋外曝露に相当する加速試験期間とは？  
紫外線でマトリックス樹脂は劣化しないのか？  
CFRPと樹脂の界面や樹脂の物性はどれくらいで変化するのか？

◎工業的に実用化できるリサイクル技術とは？

執筆者【敬称略】			
東レ(株)	遠藤 真	(株)スギノマシン	寺崎 尚嗣
日本グラファイトファイバー(株)	荒井 豊	熊本大学	坂本 重彦
(株)豊田自動織機	神谷 隆太	東海大学	西 義武
(独)物質・材料研究機構	内藤 公喜	東海大学	武井 廣明
東レ(株)	田中 剛	(株)東洋精機製作所	町田 孝久
AGCマテックス(株)	田澤 仁	岡山理科大学	横山 隆
前田技術事務所	前田 豊	金沢工業大学	中田 政之
ナガセテムテックス(株)	西田 裕文	(独)宇宙航空研究開発機構	石川 隆司
京都工芸繊維大学	仲井 朝美	愛媛大学	黄木 景二
福井県工業技術センター	川邊 和正	静岡大学	矢代 茂樹
Rudy Composite Engineering	西山 茂	名古屋大学	田邊 靖博
東京工業大学	轟 章	名古屋大学	山田 昌義
東京理科大学	福田 博	(株)島津製作所	草野 英昭
富山県立大学	真田 和昭	日本大学	邊 吾一
名城大学	榎本 和城	(独)土木研究所	西崎 到
中部大学, 名城大学	鈴木 靖昭	日立化成工業(株)	柴田 勝司

《目次》

第1章 炭素繊維の特性と表面処理・織物技術

第1節 PAN系炭素繊維の製法と表面処理技術

1. 炭素繊維の表面構造
2. 炭素繊維の表面処理技術
3. 表面改質
  - 3.1 表面官能基の生成
  - 3.2 表面黒鉛結晶の改質
4. 炭素繊維表面と複合材料特性
5. 熱可塑性樹脂との界面

第2節 ピッチ系炭素繊維の製法と高機能化

1. ピッチ系炭素繊維の製造
  - 1.1 ピッチ改質
  - 1.2 紡糸
  - 1.3 不融化
  - 1.4 炭化、黒鉛化、表面処理
2. ピッチ系炭素繊維の構造と特性
3. ピッチ系炭素繊維の高機能化
  - 3.1 メソフェーズピッチ系炭素繊維の高機能化

### 3.2 低弾性率ピッチ炭素繊維

#### 第3節 炭素繊維を用いた三次元織物技術

1. 三次元織物の概要
2. 三次元織物技術の研究開発動向
  - 2.1 織物技術(Weaving)による三次元化
  - 2.2 組物技術(Braiding)による三次元化
  - 2.3 編物技術(Knitting)による三次元化
  - 2.4 縫合技術(Stitching)による三次元化
3. 三次元織物技術の特徴と今後の展望
  - 3.1 力学的特性
  - 3.2 製造工程
  - 3.3 今後の展望

#### 第4節 連続炭素繊維の破壊挙動

1. 引張特性
  - 1.1 材料
  - 1.2 試験の準備
  - 1.3 引張試験
  - 1.4 実験結果
  - 1.5 引張特性のまとめ
2. 三点曲げ特性
  - 2.1 材料
  - 2.2 試験の準備
  - 2.3 三点曲げ試験
  - 2.4 実験結果
  - 2.5 三点曲げ特性のまとめ

[目次まで戻る](#)

## 第2章 マトリックス樹脂の流動性と目的に応じた選び方

#### 第1節 マトリックス樹脂の流動性改良と粘度測定技術

1. 含浸
2. 流動性から見た熱硬化性樹脂と熱可塑性樹脂の違い
3. 粘度
  - 3.1 粘度とは
  - 3.2 粘度の温度依存性
4. 粘度の測定方法
  - 4.1 不飽和ポリエステル樹脂の粘度測定方法
  - 4.2 エポキシ樹脂の粘度測定方法
  - 4.3 熱可塑性樹脂の流動性測定方法
5. 複合材料用マトリックス樹脂の粘度特性
  - 5.1 ビニルエステル樹脂の粘度特性
  - 5.2 エポキシ樹脂
  - 5.3 熱可塑性樹脂の熔融粘度

#### 第2節 CFRPにおける繊維と樹脂の選び方、組み合わせ方

1. 繊維の種類と性質
2. 炭素繊維の製品形態
3. 炭素繊維の表面処理
4. マトリックスの種類と性質
5. 炭素繊維と樹脂の選択

#### 第3節 CFRTPにおける熱可塑性樹脂の選び方、使い方

1. CF短繊維熱可塑性樹脂(CFRTP)コンパウンド
  - 1.1 CFRTPコンパウンド(ペレット)の種類
  - 1.2 CFRTP成形品の特徴
  - 1.3 CFRTPの種類と用途
2. CF長繊維複合材料
  - 2.1 長繊維LCFTPの研究開発状況
  - 2.2 LCFTPの製造技術および製品の性能、特徴
3. CF連続繊維・熱可塑性樹脂複合材料

- 3.1 炭素連続繊維・熱可塑性樹脂複合材料が注目される背景
- 3.2 熱可塑性樹脂の分類と用途
- 3.3 熱可塑性樹脂プリプレグ

#### 第4節 現場重合型熱可塑性樹脂を用いたFRTPの開発

- 1. エポキシ樹脂の熱可塑性
  - 1.1 熱可塑性エポキシ樹脂の材料設計
  - 1.2 現場重合型熱可塑性エポキシ樹脂の重合
  - 1.3 現場重合型熱可塑性エポキシ樹脂の機械的強度の発現
  - 1.4 現場重合型熱可塑性エポキシ樹脂のT<sub>g</sub>制御
- 2. 現場重合型熱可塑性エポキシ樹脂をマトリックスとするFRTPの特性
  - 2.1 熱可塑性エポキシFRTPの機械的特性
  - 2.2 熱可塑性エポキシFRTPの再溶解性
  - 2.3 熱可塑性エポキシFRTPの耐薬品

[目次まで戻る](#)

### 第3章 炭素繊維への樹脂含浸性改善技術

#### 第1節 繊維樹脂複合法、中間材の含浸法

- 1. CFと熱硬化性マトリックス樹脂の複合法技術
  - 1.1 プリプレグ
  - 1.2 プリミックス
- 2. 繊維と熱可塑性樹脂複合法技術
  - 2.1 熱可塑性樹脂中間材形成の含浸方法
  - 2.2 CF熱可塑性樹脂複合材料中間材の特徴
  - 2.3 CF連続繊維・熱可塑性樹脂複合材料中間材の開発例
- 3. CF・熱可塑性樹脂複合材料中間材の先端技術
  - 3.1 LFTの製造技術
  - 3.1 混練技術
  - 3.1 LFTの混練—インジェクション成形
  - 3.1 製造方法とLFTの性能・特徴の関連

#### 第2節 CFRPIにおける炭素繊維と熱可塑性樹脂との含浸性改善

- 1. 連続繊維強化熱可塑性複合材料作製のための中間材料
  - 1.1 様々な中間材料
  - 1.2 繊維状中間材料
- 2. 界面特性と含浸性
  - 2.1 界面特性
  - 2.2 含浸特性

#### 第3節 開織技術による薄層プリプレグシートの成形技術

- 1. 開織糸シートの成形技術
- 2. 熱硬化性樹脂による薄層プリプレグシートの成形技術
- 3. 熱可塑性樹脂による薄層プリプレグシートの成形技術
- 4. 薄層プリプレグシートによる擬似等方積層板の力学的特性
  - 4.1 実験方法
  - 4.2 結果および考察

#### 第4節 炭素繊維束へのポリイミド含浸性と引張強度

- 1. 炭素繊維束へのポリイミドの含浸性
  - 1.1 材料
  - 1.2 単繊維へのポリイミドコーティング
  - 1.3 繊維束へのポリイミド含浸
  - 1.4 実験結果
  - 1.5 考察
  - 1.6 ポリイミド含浸性のまとめ
- 2. ポリイミド含浸炭素繊維束の引張強度
  - 2.1 材料
  - 2.2 試験の準備
  - 2.3 引張試験
  - 2.4 実験結果および考察
  - 2.5 炭素繊維束の引張強度のまとめ

[目次まで戻る](#)

## 第4章 CFRPの成形加工技術と成形時のトラブル対策

### 第1節 CFRPの各種成形方法の特徴と材料設計

1. 成形方法の種類
2. 成形方法の選択
3. 材料設計

### 第2節 熱硬化性CFRPの成形加工技術

1. プリプレグ／オートクレーブ成形技術
  - 1.1 プリプレグ材料
  - 1.2 オートクレーブ成形プロセス
  - 1.3 脱オートクレーブ成形プロセス
2. リキッドレジン成形技術
  - 2.1 RTM(Resin Transfer Molding)プロセス
  - 2.2 RFI(Resin Film Infusion)プロセス
  - 2.3 VaRTM(Vacuum assisted Resin Transfer Molding)プロセス

### 第3節 熱可塑性CFRPの成形加工技術

1. CFRTP(短繊維・熱可塑性樹脂複合材料)の成形加工法
  - 1.1 Short Carbon Fiberを用いた成形材料
2. CF連続繊維・熱可塑性樹脂複合材の成形加工法
  - 2.1 熱可塑性樹脂プリプレグを用いた成形法
  - 2.2 熱可塑性樹脂プリプレグ成形と他の複合材製造方法との比較検討
3. 熱可塑性樹脂のプリプレグ成形法の詳細
  - 3.1 熱可塑性樹脂プリプレグによる成形工程
  - 3.2 熱可塑性樹脂系プリプレグの技術進化例

### 第4節 複合材料成形時における繊維うねり発生メカニズムと対策

1. 繊維うねり発生メカニズムの解明
  - 1.1 モデル化の仮定
  - 1.2 初期たわみ座屈モデル
  - 1.3 温度・硬化度依存性の測定
  - 1.4 解析結果と実験結果の比較
2. 繊維うねり発生メカニズムのFW成形による実証
3. 繊維うねり発生の防止

### 第5節 複合材料成形時の熱変形挙動の解析・評価

1. 熱変形
2. 積層板の熱変形
3. [0/90]型積層
4. [0/ $\theta$ ]型積層
5. 曲面型上での成形
6. 古典積層理論が実現する場合

### 第6節 カーボンナノチューブのポリマーへの最適分散技術

1. カーボンナノチューブの特徴
  - 1.1 構造・形態
  - 1.2 物性
  - 1.3 合成方法
  - 1.4 安全性
2. カーボンナノチューブの分散方法
3. カーボンナノチューブの表面処理方法

### 第7節 カーボンナノチューブを添加した熱可塑性樹脂複合材料の成形と熱伝導特性

1. 熱可塑性樹脂基CNT強化複合材料の基本的な作製・成形方法
2. 熱可塑性樹脂基CNT強化複合材料の熱伝導特性
  - 2.1 複合材料の作製と試験片の成形
  - 2.2 試験片中のCNF長さやCNFの配向状態
  - 2.3 レーザーフラッシュ法による熱可塑性樹脂基CNF複合材料の熱伝導率測定
  - 2.4 熱伝導率の予測値と実験値の比較

[目次まで戻る](#)

## 第5章 CFRPの二次加工技術と接合時のトラブル対策

### 第1節 CFRPの接着・接合技術とその評価およびトラブル対策

1. 機械的接合と接着接合の特徴
2. 接着力発現の原理
  - 2.1 化学的接着説
  - 2.2 機械的接合説
  - 2.3 接着仕事
3. 各被着材に適した接着剤の選定法
  - 3.1 溶解度パラメーター
  - 3.2 被着材と接着剤との相互の物理化学的影響を考慮
4. CFRP用接着剤の種類と特徴
  - 4.1 航空機構造用接着剤
  - 4.2 エポキシ系接着剤(液状)
  - 4.3 ポリウレタン系接着剤(室温硬化型)
  - 4.4 アクリル系接着剤(SGA)
  - 4.5 耐熱性接着剤
  - 4.6 吸油性接着剤
5. 被着材に対する表面処理法
  - 5.1 CFRP
  - 5.2 炭素鋼
  - 5.3 ステンレス鋼
  - 5.4 アルミニウム
  - 5.5 化学的粗面化(ケミブラスト)
  - 5.6 その他の表面処理法
6. 接着部に加わる主な静的外力および強度評価法
7. 接着部の動的強度評価法
  - 7.1 疲労強度
  - 7.2 衝撃強度
8. 湿潤・応力負荷条件下の耐久性評価法
  - 8.1 寿命とストレスとの関係
  - 8.2 湿潤および応力負荷条件下の耐久性評価法
9. 接着のトラブル対策

### 第2節 ウォータージェットによるCFRP加工技術

1. ウォータージェット加工システム
2. 機器・機能
  - 2.1 超高压発生装置
  - 2.2 アプレシブヘッド
  - 2.3 AC5軸ヘッド
  - 2.4 スピンドルヘッド
  - 2.5 水中噴射対応研磨材供給ユニット
  - 2.6 研磨材回収装置
  - 2.7 NC装置
  - 2.8 テーパー補正機能
  - 2.9 加工先端点自動調整ユニット
  - 2.10 スタンドオフ距離計測センサ
3. 加工事例

### 第3節 CFRPの高精度穴あけ加工技術

1. 各種工具によるCFRP板への穴あけ加工
2. 各種工具径のボールエンドミルによる穴あけ
3. ボールエンドミルによる高能率穴あけ
4. ダイヤモンドコート・ボールエンドミルによる高精度ヘリカル穴あけ

### 第4節 CFRPの電子線照射による強靱化技術

1. 電子線照射処理技術
  - 1.1 電子線照射
  - 1.2 電子線照射処理技術の応用例
2. CFRTSへの電子線照射による強靱化技術
  - 2.1 CFRTSについて
  - 2.2 CFRTSに対する電子線照射処理

- 2.3 CFRTSの強靱化
- 3. CFRTPへの電子線照射による強靱化技術
  - 3.1 CFRTPについて
  - 3.2 CFRTPに対する電子線照射処理
  - 3.3 CFRTPの強靱化

[目次まで戻る](#)

## 第6章 CFRPの破壊・衝撃特性とその評価

### 第1節 CFRP等の各種試験機・測定機の選び方、使い方

- 1. 高分子材料の性質について再考
  - 1.1 樹脂の熱の伝わりかた
  - 1.2 樹脂の高粘性
  - 1.3 樹脂の分子量の大きさと構造の複雑さ
- 2. レーザスペckルを用いた試験機について
  - 2.1 レーザスペckルパターンとは
- 3. 加工特性を調べる試験機について
  - 3.1 レーザスペckルを用いて樹脂の硬化状態を計る装置
  - 3.2 レーザスペckルを用いて試料のひずみを計る装置
  - 3.3 樹脂の流動特性を調べる試験機
- 4. 材料の機械特性を調べる試験機
  - 4.1 衝撃力を調べる装置
- 5. 焼却について
  - 5.1 コーンカロリメータ
  - 5.2 D型キャンドル燃焼試験機

### 第2節 FRPの衝撃特性の評価方法

- 1. 複合材料の分類
- 2. ホプキンソン棒法による衝撃試験
  - 2.1 衝撃圧縮試験
  - 2.2 衝撃引張り試験
  - 2.3 衝撃せん断試験

### 第3節 CFRPのクリープ挙動

- 1. 高分子材料の構造と粘弾性
- 2. 時間－温度換算則
  - 2.1 アレニウス型
  - 2.2 W.L.F.型
- 3. 樹脂のクリープコンプライアンス
- 4. CFRPのクリープコンプライアンス

### 第4節 CFRPの層間剥離の発生機構と対策

- 1. 線形破壊力学の要点の復習
- 2. 積層板に面内力が作用して剥離が発生する場合
- 3. 層間剥離を抑制ないし抑止する対策

### 第5節 CFRP積層板の破壊と破面解析

- 1. 一方向積層板
  - 1.1 引張破壊
  - 1.2 圧縮破壊
  - 1.3 せん断破壊および混合モード破壊
  - 1.4 疲労破壊
- 2. クロスプライ積層板
  - 2.1 静的負荷(平滑材)
  - 2.2 繰返し負荷(平滑材)
  - 2.3 面外衝撃負荷(平滑材)
  - 2.4 静的引張負荷(有孔材)
  - 2.5 繰返し負荷(有孔材)
  - 2.6 圧縮負荷(有孔材・面外衝撃材)

### 第6節 飛翔体との衝突に伴うCFRPの破壊挙動

- 1. 衝撃実験の概要
- 2. 飛翔体の影響

- 3. CFRPの特性の影響
  - 3.1 実験条件
  - 3.2 吸収エネルギー
  - 3.3 CFRPの損傷

#### 第7節 CFRPの破壊挙動の高速度撮影技術

- 1. 供試体及び試験方法
  - 1.1 供試体
  - 1.2 試験方法
  - 1.3 高速度撮影
- 2. CFRP 0度UD材静的引張破壊現象の高速度撮影
  - 2.1 破壊現象時間の計測
  - 2.2 亀裂進展の観察
  - 2.3 引張試験での破壊の多様化

[目次まで戻る](#)

### 第7章 CFRPの耐候性試験と寿命予測

#### 第1節 CFRPの耐候性加速暴露試験と屋外暴露試験の相関性

- 1. 耐候性試験方法
  - 1.1 試験板
  - 1.2 加速暴露試験
  - 1.3 屋外暴露試験
  - 1.4 各種評価試験
- 2. 試験結果
  - 2.1 CFRP試験片の場合
  - 2.2 エポキシ樹脂試験片の場合
- 3. 耐候性強度と暴露期間の関係の予測式
- 4. 予測式と実験結果の比較・検討

#### 第2節 屋外で使用するFRPの耐候性試験、寿命予測

- 1. 連続繊維シート補強材の屋外暴露試験による耐候性評価
  - 1.1 連続繊維シート補強材
  - 1.2 評価試験方法
  - 1.3 評価試験結果
  - 1.4 寿命に関する考察

[目次まで戻る](#)

### 第8章 CFRPのリサイクル技術 ～常圧溶解法を中心として～

- 1. CFRPリサイクル技術
- 2. 常圧溶解法
  - 2.1 概要
  - 2.2 CFRPの溶解処理
  - 2.3 回収CFの不織布化
  - 2.4 回収CF不織布の用途開発

[目次まで戻る](#)

## 炭素繊維 複合 書籍

[その他関連書籍はこちら](#)