

# 熱可塑性CFRPの立体成形技術の確立

## —熱可塑性炭素繊維シートの作製に関する研究—

神山真一、河瀬剛、佐藤幸泰

### Development of CFRTP three dimensional molding technology - Research on production of a thermo plastic carbon fiber sheet -

Shinichi KOHYAMA, Takeshi KAWASE and Yukiyasu SATO

CFRP(炭素繊維強化プラスチック)は、高比強度で軽量である等の優れた特性を利用して航空機や次世代自動車、環境分野等で注目をされている材料である。特に熱可塑性マトリックを用いた熱可塑性CFRP(CFRTP)は、ハイサイクルでの加工が可能であることから各所で研究開発が行われている。今回は、抄紙技術を活用してセミプレグである熱可塑性炭素繊維シートの作製技術と得られた紙の物性強度等の検討を行った。その結果、分散条件や抄紙方法を確立し、種々の熱可塑性繊維に対して乾燥温度と物性強度の関係等を把握することが出来た。

## 1. はじめに

CFRP(炭素繊維強化プラスチック)は、高比強度、軽量で寸法安定性が良く、X線透過性がある等の優れた特性から、航空機や自動車、環境分野、医療分野等で利用され、普及拡大している複合材料である。特に、自動車や航空機の運輸分野では、軽量化による燃費向上と二酸化炭素の排出削減に繋がることから、地球温暖化対策の一つとしても注目をされている。平成22年6月産業構造審議会の産業競争力部会報告書「産業構造ビジョン2010」によると炭素繊維は、「戦略5分野」の「先端分野」の一つとして位置付けられており、今後も環境・社会的なニーズから需要が飛躍的に伸びると予測されている。

中でもマトリックスに熱可塑性材料を使用したCFRTPは、ハイサイクル加工による時間短縮が可能である等の優位性から各所で開発が行われている。岐阜県においては、当センターの繊維部、環境化学部と紙業部が連携をして、ニット編成技術を活用した立体成形加工用のCFRTP板の作製技術を検討し、工業技術研究所がぎふ技術革新センターの設備機器を活用してプレス成形加工技術を確立するプロジェクト研究を行うことにしている。その中で、当紙業部は製紙技術を活用して熱可塑性炭素繊維シートの作製に関する研究を実施する。厚板のCFRTPは、ニット生地製のセミプレグシートを積層し熱プレス加工により作製するが、熱可塑性繊維で炭素繊維をカバーしたニット生地を活用することから、成形加工に対する賦形性は良い反面、部分的に樹脂層がリッチになる場所が発生することが想定される。そのため、炭素短繊維と熱可塑性繊維から出来た炭素繊維シートを層間に挟み、熱プレスを行うことで熔融マトリックス中に炭素繊維の入り込みを期待して補強をする目的でシートの開発を行う。

今回は炭素繊維カットファイバー(6mm)と種々の抄紙用の熱可塑性短繊維を用いて、乾燥温度や炭素繊維のサイズ剤処理の有無の条件を変えて作製した熱可塑性炭素繊維シートの引張強さや引裂き強さの物性特性等の評価を行

った。

## 2. 実験

### 2. 1 抄紙用紙料の調整と予備試験

炭素繊維シートの作製は、タッピシートマシンを使用して抄紙を行った。炭素短繊維は、東レ(株)の6mmカットファイバーでサイズ剤処理が無い繊維を使用した。熱可塑性短繊維は、オレフィン系芯鞘タイプや合成パルプ等3社(以後、A社、B社、C社)の繊維を使用した。A社繊維は低融点と高融点の2種を供試した。

はじめに、予備試験として熱可塑性繊維100%で抄紙試験を行い熱特性をみた。次に、紙料調整について検討を行った。均一な地合良好な炭素繊維シートを得るには、分散性の良いスラリーを作製する必要がある。そこで、それぞれの繊維について分散したスラリーを調整しそれを混合し再分散させる方法と、両方の繊維を入れた一浴での分散スラリーの調整法の2法を試みた。なお、分散をさせるための製紙薬品は適宜必要量を添加した。脱水後に湿紙をテフロンシートで挟み、簡易プレス乾燥装置((株)ハシマ製)を使用して、上面のヒータ温度を所定条件に設定して4分間乾燥を行った。なお、坪量100g/m<sup>2</sup>想定で炭素繊維含有量50%(w/w)の条件を基本として炭素繊維シートを作製した。

### 2. 2 乾燥温度と物性強度の関係

前項の予備試験の結果から選抜した2社の繊維を使用し、乾燥温度を10℃刻みに変えた場合の比較を行った。炭素繊維シートの紙厚や坪量を求め、引張強さや引裂強さの物性値を測定した。なお、引張試験や引裂試験はJIS規格に準じて測定を行った。また、電子顕微鏡により、繊維の結合状態等も観察した。

### 2. 3 サイズ剤の有無と物性の関係

前項まではサイズ剤処理が無い炭素繊維を使用した、サイズ剤処理が行われた炭素繊維を使用した炭素繊維シートも作製して比較試験を行った。

### 3. 結果及び考察

#### 3. 1 抄紙用紙料の調整と予備試験

A社の熱可塑性繊維(低融点)100%をタッピ抄紙し、所定の各温度で乾燥したシートの外観を図1に示した。各乾燥温度とも良好なシートが得られた。芯部の融点以上の温度である170℃ではフィルム化し半透明になった。一方、B社の繊維は、シート化はしたが強度がなくテフロンシートから剥がす時に脆く割れシート状サンプルが得られなかった。C社の繊維は、シートは得られたが10%以上の収縮を生じた。以上の結果から、A社とB社の熱可塑性繊維について今後の検討対象とする。



図1 各乾燥温度で得られた熱可塑性シート(A社)  
上段左120℃～下段右170℃(10℃刻み)

抄紙紙料の調整法について検討を行った結果、炭素繊維と熱可塑性繊維を一浴で分散するより、スラリーを別々に分散させた後に混合して粘度調整を行う方法が分散良好な紙料が得られ、図2のような地合の良い炭素繊維シートが得られることが分かった。一浴で分散させたスラリーを使用した炭素繊維シートは図3のように地合にムラが生じていた。なお、A社熱可塑性繊維(高融点)、B社熱可塑性繊維についても同じ分散条件で分散が可能で、50g/m<sup>2</sup>や100g/m<sup>2</sup>の坪量で地合良好な炭素繊維シートが得られることが分かった。

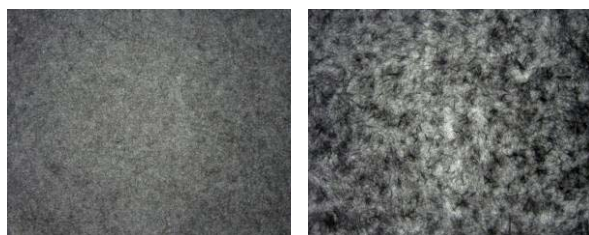


図2 地合良好な炭素繊維シート(左:透写)

図3 地合ムラのある炭素繊維シート(右:透写)

#### 3. 2 乾燥温度と物性強度の関係

炭素繊維50%(w/w)で想定坪量を100g/m<sup>2</sup>とした場合に、乾燥温度を10℃の違いで乾燥させて作製した炭素繊維シートの厚みの測定結果を図4,6,8に示した。また、引張強さや伸びと引裂強さの結果を図5,7,9に示した。いずれの繊維を使用した場合も融点以上の乾燥温度の場合、紙厚が増す結果となった。170℃の条件は芯部繊維が熔融により樹脂が熱膨張し、重なった炭素繊維の応力が解放され厚みが増す結果となったと推測する。B社について、130℃は融点以下で熱可塑性繊維が熔融していないため得られたシートは強度が弱い薄い紙であった。

鞘部の融点以上で芯部の融点以下である温度帯については、引張強さと引裂強さのいずれの物性もほぼ同等の強度を示した。A社両繊維のシートともに、伸びは乾燥温度の上昇により低下する傾向を示した。B社繊維のシートは、A社両繊維に比べると引裂強さが総じて弱かった。これは、繊維長がA社の5mmに対し、B社は1.5mmと短いことに起因するものと思われる。

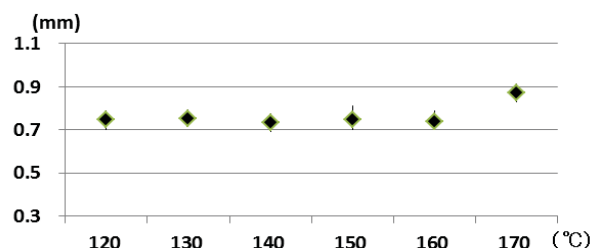


図4 乾燥温度と紙厚の関係(A社・低融点)

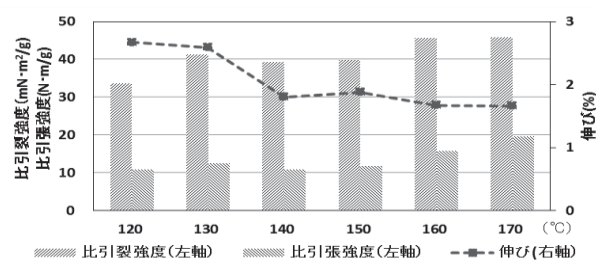


図5 乾燥温度と物性強度(A社・低融点)

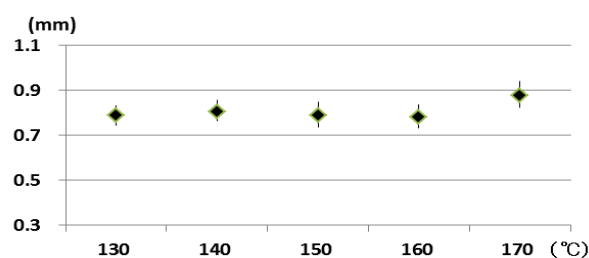


図6 乾燥温度と紙厚の関係(A社・高融点)

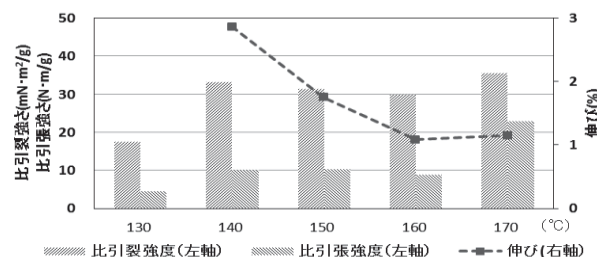


図7 乾燥温度と物性強度(A社・高融点)

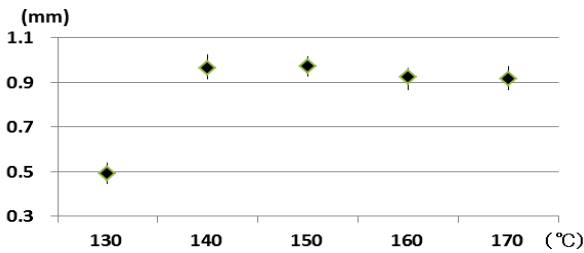


図8 乾燥温度と紙厚の関係(B社)

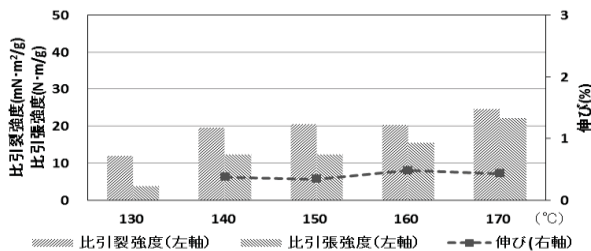


図9 乾燥温度と物性強度(B社)

次に、一部のシートであるが、シート表面の熔融や絡み合い状況を電子顕微鏡で観察した写真を図10,11に示した。図10は、芯鞘の鞘部だけが溶解して炭素繊維に点接着している部分がみられるが、他方の図11では鞘部の融点以上の温度で1.5mmと短い繊維が熔融し、炭素繊維に絡んでいる様子が確認できる。

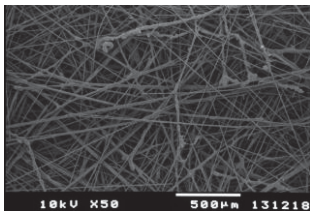


図10 A社(低融点)使用の炭素繊維シート130℃(左)

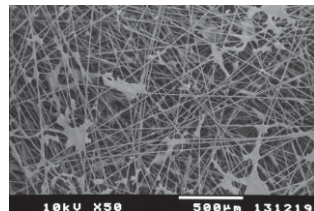


図11 B社使用の炭素繊維シート140℃(右)

### 3. 3 サイズ剤の有無と物性の関係

サイズ剤処理した炭素繊維を使用した炭素繊維シートを作製し物性強度比較を行った結果を表1に示した。乾燥温度は前項までの結果を参考に2条件で比較を行った。

表1 炭素繊維のサイズ剤の有無と物性強度

		比引裂強さ ( $\text{mN}\cdot\text{m}^2/\text{g}$ )		比引張強さ ( $\text{N}\cdot\text{m}/\text{g}$ )	
		サイズ無	サイズ有	サイズ無	サイズ有
A社 低融点	130℃	41.2	38.0	12.5	9.2
	170℃	45.8	48.1	19.6	19.8
A社 高融点	140℃	33.1	35.4	10.1	10.1
	170℃	35.5	36.8	23.0	20.7
B社	140℃	19.6	20.6	12.5	13.4
	170℃	24.7	25.5	22.3	19.5

サイズ剤の有無による物性強度の差異はみられなかった。複合材料において、繊維界面の影響が強度に大きく影響を及ぼす<sup>1)</sup>ことが知られているが、熔融したマトリックスが炭素繊維上で点接着或いは繊維上にとどまっているシート状素材であるために、強度の差がみられなかったと思われる。

## 4. まとめ

本研究では、不連続繊維型のセミプレグである熱可塑性炭素繊維シートの製造方法ならびに物性強度等の特性評価に関する研究を行った結果、以下のことが明らかになった。

- (1) 抄紙紙料の調整法と地合良好なシートの作製条件が確立出来た。
- (2) 種々の熱可塑性繊維に対して、想定坪量を $100\text{g}/\text{m}^2$ 、CF50%(w/w)にした場合、乾燥温度と紙厚や物性強度の関係を把握することが出来た。①紙厚は融点以上で増加した。②熱可塑性繊維の種類(繊維長や繊維形状)により、引裂強さが異なる結果を示した。③A社繊維の伸びは乾燥温度の上昇により減少した。

炭素短繊維を抄紙技術によりシート化する方法は、連続炭素繊維を用いた場合に比べると強度面で劣るという欠点はあるが、多様な繊維の配合が可能で機能性粒子等の定着を行う事も可能である。また、今後増大することが予想されるリサイクル炭素短繊維も使用する事が出来る等の利点がある。今回は擬似等方の特性が出るタッピ抄紙によるパッチ方式で検討を行ったが、抄紙機やパルプモールド等への適用も可能である。さらに積層時の層間強度シート以外への用途として、リペア用や部分補強パッチ材、ハイブリッド複合材<sup>2)</sup>としての使用も考えられる。

汎用的な熱可塑性繊維を高い割合で配合した熱可塑性炭素繊維シートの作製や物性特性の把握に関する報告例は殆ど無く、今後は炭素繊維の配合量や坪量、繊維長等種々の条件を変えて検討を重ねていく予定である。

## 【参考文献】

- 1) CFRTPの加工技術と性能評価-量産を実現する最新技術-,サイエンス&テクノロジー,pp345
- 2) 不織布の最新技術と用途展開,(株)東レリサーチセンター,pp266,(2011年)

## Abstract

The paper-making technology of the thermo plastic carbon sheet which uses a thermo plastic fiber and carbon fiber has been established. Moreover, the physical-properties intensity of the obtained paper has been grasped. It can be used as a layer reinforcement sheet of a composite material.