

植物繊維強化バイオプラスチックの開発

福田徳生*¹、伊東寛明*²、高橋勤子*²、門川泰子*²、山口知宏*²

Development of Plant Fiber Reinforced Bioplastics

Norio FUKUDA*¹, Hiroaki ITO*², Isoko TAKAHASHI*², Yasuko KADOKAWA*²
and Tomohiro YAMAGUCHI*²

Industrial Technology Division, AITEC*^{1,2}

植物繊維を繊維強化熱可塑性プラスチック(FRP)で使用されるガラス繊維の代替素材として用い、バイオプラスチックの高剛性化、耐熱性化に係る検討を行った。バイオプラスチックとしてポリ乳酸及びバイオナイロンを使用し、植物繊維として種々の大きさの竹繊維を用いて、複合化を検討したところ、単純ブレンドではいずれの組合せでも剛性、耐熱性及び耐候性の同時向上を実現できないが、バイオナイロン及び5cm長の竹繊維を少量の特定のシランカップリング剤とともに熔融混練することにより、同時向上を達成できることが明らかとなった。

1. はじめに

地球温暖化防止の観点から、石油から合成されたプラスチックに代わって、植物原料から合成されたいわゆるバイオプラスチックを利用しようとする機運が高まっている。近年、バイオプラスチックとしてポリ乳酸(PLLA)だけでなく、バイオナイロンが注目を集めている¹⁾。

一方、繊維強化樹脂(FRP)は、機械的強度や耐熱性が非常に高く、自動車、航空機、建材など種々の用途で広く利用されてきた。そこで使用される繊維としてガラス繊維が主流ではあるものの、焼却処理の際、残渣が発生するという問題と、埋立処理するにも処分場が減少しているため処理費用が高騰するという問題がある。本研究では、剛性、耐熱性などの向上を図った環境低負荷プラスチックの開発を目指して、ガラス繊維の代替素材として竹繊維を用いPLLA若しくはバイオナイロンのFRP化について検討した。

2. 実験方法

バイオプラスチックとしてPLLA若しくはバイオナイロン(ポリアミド11:PA11)を用い、植物繊維として3種類の長さの異なる竹繊維(長さ:5cm, 1cm, <1mm、幅:いずれも0.3mm)をブレンドし、また両者の親和性を向上するために適宜シランカップリング剤(Si-Cup)を添加してFRPの調製を行った。PLLAは、トヨタ自動車(株)製Uz S-17を使用し、PA11はアルケマ製リルサンBMN O TLDを使用し、シランカップリング剤は信越化学工業(株)製KBM403を使用した。調製は、二軸押出機

(φ:20mm、L/D:30)により190~210℃にて熔融混練することにより行い、熱プレスによりシートを作製後、各試験片の形状に切り出し、曲げ試験、耐熱性(荷重たわみ温度)評価などを行った。

3. 実験結果及び考察

3.1 植物系FRPの曲げ特性及び耐熱性

表1に、種々の大きさの竹繊維をFRP化した材料の曲げ特性及び荷重たわみ温度(耐熱性)を示す。いずれも配合比は、ポリマー80部に対し竹繊維を20部とし、Si-Cupを添加した場合の添加量を1部としている。

PLLAにいずれの長さの竹繊維を単純ブレンドした場合も(PLLA/竹①③⑤)、曲げ強度はPLLA単体に比べ低下した。これに対しSi-Cup添加すると、5cm長竹繊維のブレンド時(PLLA/竹②)には曲げ強度の低下が抑制された。曲げ弾性率は、いずれの竹繊維をブレンドした場合もPLLA単体に比べ向上したが、長さのより長い竹繊維をブレンドすることによりこの向上程度が大きく、またSi-Cupを添加した場合の方が未添加の場合に比べ向上程度が大きかった。5cm長の竹繊維とSi-Cupを添加した時に(PLLA/竹②)、最も曲げ弾性率は高くPLLA単体の約1.5倍となった。

PA11に竹繊維を単純ブレンドした場合(PA11/竹①③⑤)には、曲げ強度及び弾性率いずれもPA11単体に比べほぼ変わらないか若しくは低下していたが、5cm及び1cm長の竹繊維にさらにSi-Cupを添加すると(PA11/竹②④)、著しく向上した。

*1 工業技術部 材料技術室(現基盤技術部) *2 工業技術部 材料技術室(現化学材料室)

表1 植物系 FRP の曲げ特性及び耐熱性

	PLLA または PA11 / 重量部	竹繊維 / 重量部			Si-Cup / 重量部	曲げ強度 /MPa	曲げ弾性率 /GPa	荷重たわみ 温度 /°C
		5cm	1cm	<1mm				
PLLA	100					93	3.0	57
PLLA/竹①	80	20				79	4.3	81
PLLA/竹②	80	20			1	95	4.6	68
PLLA/竹③	80		20			65	3.6	70
PLLA/竹④	80		20		1	89	4.1	65
PLLA/竹⑤	80			20		39	3.2	66
PLLA/竹⑥	80			20	1	40	3.3	59
PA11	100					37	2.1	140
PA11/竹①	80	20				39	1.9	161
PA11/竹②	80	20			1	67	2.7	160
PA11/竹③	80		20			33	1.6	156
PA11/竹④	80		20		1	61	2.4	152
PA11/竹⑤	80			20		31	0.7	121
PA11/竹⑥	80			20	1	36	0.7	114

表2 植物系 FRP の耐候性評価

	PLLA または PA11 / 重量部	5cm 長 竹繊維 / 重量部	Si-Cup / 重量部	サンシャイン 照射時間 / 時間	曲げ 強度 /MPa
PLLA	100			0	93
PLLA/竹①	80	20		0	79
PLLA/竹①	80	20		200	62
PLLA/竹②	80	20	1	0	95
PLLA/竹②	80	20	1	200	73
PA11	100			0	37
PA11/竹①	80	20		0	39
PA11/竹①	80	20		200	30
PA11/竹②	80	20	1	0	67
PA11/竹②	80	20	1	200	67

耐熱性は、PLLA にブレンドした時は (PLLA/竹①～⑥)、100℃以上にならなかつたが、PA11 にブレンドした時、特に 5cm 長の竹繊維で強化した時、約 160℃と非常に高い耐熱性を付与することができた。

3.2 植物系 FRP の耐候性

表2に、5cm 長の竹繊維を FRP 化した材料の耐候性を曲げ強度により評価した結果を示す。耐候性は、サンシャイン ウェザーメータ (ブラックパネル温度 63℃、120 分中 18 分降雨) により 200 時間試験し、試験前後の曲げ強度を比較することにより評価した。

PLLA の FRP は、Si-Cup の添加に関係なく、曲げ強度が試験後に約 20～25%ほど低下し、Si-Cup 添加による耐候性の向上は認められなかつたが、PA11 の FRP は Si-Cup の添加により曲げ強度が維持されており、高い耐候性も付与することが明らかとなった。

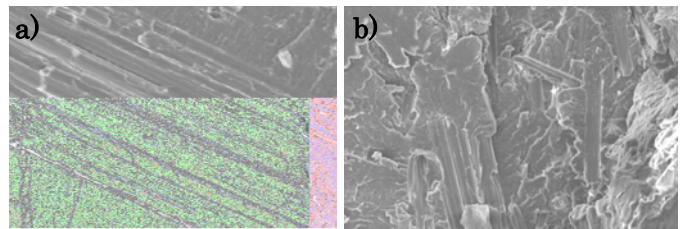


図1 竹繊維強化 PA11 の破断面 SEM 観察 20µm
a) PA11 80、5cm 長竹繊維 20
b) PA11 80、5cm 長竹繊維 20、Si-Cup 1

3.3 植物系 FRP の構造観察

図1に、5cm 長の竹繊維を FRP 化した PA11 の SEM 観察結果を示す。Si-Cup 未添加の FRP の破断面を観察すると、束状に凝集した竹繊維が認められ、界面の剥離が観察できるが、Si-Cup 添加した FRP では竹繊維がある程度ほどけており、樹脂ともなじんでいる様子が観察された。同様の観察結果は、樹脂として PLLA を使用して FRP 化したときにも得られた。Si-Cup が竹繊維の樹脂との界面接着性に大きく寄与しており、この界面接着性の相違が曲げ強度などの物性の差を導いたものと思われる。

4. 結び

比較的長い 5cm 長の竹繊維を Si-Cup とともにバイオプラに FRP 化することにより、曲げ特性が向上し、また PA11 の FRP に至っては高い耐熱性や耐候性も付与できることが明らかとなった。

文献

- 1) 宮保淳, 安田真穂: マテリアルライフ学会誌, 21(3), 118 (2008)