

氏 名	おおた ともこ <b>太田 智子</b>
学位(専攻分野)	博 士 ( 学 術 )
学 位 記 番 号	博 甲 第 6 0 5 号
学位授与の日付	平成 23 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研 究 科 ・ 専 攻	工芸科学研究科 先端ファイブ科学専攻
学 位 論 文 題 目	<b>Study on injection molded natural fiber hybrid reinforced polypropylene</b> (天然繊維ハイブリッド強化ポリプロピレン射出成形品に関する研究)
審 査 委 員	(主査)教授 濱田泰以 教授 西村寛之 教授 喜多泰夫 三菱化学自動車関連事業推進センター長 藤田祐二 出光興産株式会社主任研究員 野村 学

## 論文内容の要旨

天然繊維複合材料は、未来の非常に有望な材料であると考えられている。しかしながら、その材料については、おもに 2 つの問題がある。1 つは天然繊維の持つ高い吸湿性、2 つめは、力学特性が他の材料に比べて低いということである。強化繊維が吸湿すると成形中に水分が蒸発し、成形品中にボイドを生成し、物性低下を招く。それに伴い、天然繊維の品質が安定していないことが問題となっている。本研究では、複合材料の力学特性を高めるために **Jute** 繊維にガラス繊維を組み込んでハイブリッド複合材料を作成し、その物性について論じている。おもにハイブリッド比率を変えて検討している。マトリックスにはポリプロピレンを用いて試験片の作成には射出成形を用いた。

第 2 章においては天然繊維強化およびハイブリッド複合材料における繊維含有量の測定方法について論議した。密度方法や燃焼方法を用いて検討を行った。さらに画像解析を導入することによって繊維含有量の測定のための新しい方法を提案した。第 3 章においては、ハイブリッド複合材料の力学的特性、破壊挙動について検討を行った。**Jute** のみの天然繊維複合材料とハイブリッド複合材料に関して、引張弾性率は、**Jute** 繊維の含有量の増加とともに直線的に増加した。他方、**Jute** のみの天然繊維複合材料に関して引張強度は、弾性率と同様に **Jute** 繊維の含有量の増加とともに直線的に増加するが、ハイブリッド複合材料に関して引張強度は、**Jute** 繊維含有量が増加しても一定であり、高含有量では低下する傾向が見られた。アコースティック・エミッション (AE) においては、140kHz 周波数はマトリックスのクラックによって発生し、1MHz 周波数は繊維の破断により発生することが知られている。ガラス繊維単体の複合材料では、140kHz の AE が発生する応力よりも、1MHz の AE が発生する応力のほうが高い。**Jute** 繊維単体の複合材料では、両者の AE が発生する応力は、ほぼ同じである。ハイブリッドの AE 発生の傾向は、**Jute** 繊維単体によく似ている。したがって、ハイブリッド複合材料の破壊の開始が **Jute** 繊維に影響されることが明らかとなった。また、これら破壊開始応力においてハイブリッド複合材料の場合の値が高く、ハイブリッドの有効性が認められた。

第4章においては、ハイブリッド複合材料の弾性率の予測を試みた。ここで繊維配向が物性に大きく影響するために繊維の配向を  $0^\circ$ （射出成形における流動方向）と  $90^\circ$ （流動に対して直角方向）に分け考察を進めた。SEM 観察の結果、ガラス繊維  $0^\circ$  は、比較的スキン部分に多く存在し、ガラス繊維  $90^\circ$  は、試験片の中段くらいに存在している。JUTE 繊維  $90^\circ$  は、試験片のコア部に偏在していた。ガラス繊維と Jute 繊維の各配向方向の含有率を顕微鏡写真から求め、それぞれの  $0^\circ$  方向と  $90^\circ$  方向の弾性率を求め、それより複合材料全体の弾性率を求めた。さらに繊維配向、繊維長さの修正項を導入した Cox の修正式を用いて、複合材料の弾性率を予測した。後者の方が実験値と良い一致をみた。さらに修正項の値を検討することによりハイブリッド効果の強さについて論じた。

第5章においては、Hemp を用いた複合材料について検討した。ガラス繊維が 15 wt% の場合、Hemp 含有率の増加とともに引張弾性率は増加した。引張強度は、ガラス、Jute ハイブリッドシステム複合材料と同様の効果を示していた。また、前章で述べた予測手法を応用し、良い一致が見られた。

第6章においては、ハイブリッド材料の耐久性を検討するために試験片を温水中に浸漬し、重量変化、引張特性からその劣化機構について検討した。重量変化では、繊維そのものは吸水することにより著しい増加が生じるとともに、繊維成分の溶出と思われる重量低下も同時に生じた。また吸水により、材料の著しい膨潤も生じた。このような浸漬過程における繊維の吸水および取り出し後の水分の蒸発により、繊維/樹脂界面にははく離が多数発生し、その結果 Jute 繊維は強化繊維として効果を発揮せず、引張特性の低下が生じた。

## 論文審査の結果の要旨

本論文では、天然繊維を用いた複合材料の物性について広く論じている。特に力学的特性の向上を目指してガラス繊維とのハイブリッド複合材料を提案している。この概念は完全に環境に優しいというわけではないが、低い力学特性を持っている天然繊維複合材料の問題を解決できると考えられる。特に、ガラス繊維の添加によるガラス繊維、Jute 繊維の配向状況を丹念に調べ、その特徴を明らかにしている。その結果、ハイブリッド化により、ガラス繊維の流れ方向の配向が向上したため、弾性率の値が高くなり、ハイブリッドの有効性を提案したことは、工学的に意義深いものである。

さらにハイブリッド材の初期破壊発生応力が高くなることを見出し、この初期破壊応力で設計することを提案している。これを設計応力とすることが、材料の安全性を考慮したものであり、工業上大いに有効であると考えられる。

本論文の内容は次の6報に報告されており、そのうち申請者を筆頭とするものは5報である。

1. Tomoko Ohta, Yew Wei Leong, Kazushi Yamada, Hiroyuki Hamada, "Effect of Molding Conditions on Morphology and Structure of Recycled-Pet", *SPE-ANTEC Technical Papers*, 54, pp. 2272-2275 (2008).
2. Tomoko Ohta, Yoshihiro Takai, Yew Wei Leong, and Hiroyuki Hamada, "Mechanical Properties of Injection-Moulded Jute/Glass Fiber Hybrid Composites", *Polymers & Polymer Composites*, 2009, 17, 487-493.

3. Tomoko OHTA, Yuqiu YANG, Tohru MORII, and Hiroyuki HAMADA, "Mechanical Property and Fracture Characteristics of Glass and Jute Fiber Reinforced Polypropylene Hybrid Composites ",*材料工程(Journal of Materials Engineering)*, 2009, 387-391.
4. Tomoko Ohta, Tohru Morii, Yew Wei Leong, and Hiroyuki Hamada, "Fracture Behavior of Jute/PP, Jute/Glass Fiber/PP Injection Moldings", *SPE-ANTEC Technical Papers*, 55, pp.1260-1263 (2009).
5. T.Ohta, Y.Yang and H.Hamada, "EFFECT OF HYBRIDIZATION ON THE MECHANICAL PROPERTY OF INJECTION MOLDED HEMP/GLASS COMPOSITES", *SPE-ANTEC Technical Papers*, 56, pp.233-236 (2010).
6. Yuqiu YANG · Tomoko Ota · Tohru Morii · Hiroyuki Hamada, “Mechanical property and hydrothermal aging of injection molded jute/polypropylene composites”, *Journal of Materials Science*, 2011, 46, 2678-2684.

以上の結果より、本論文の内容は十分な新規性と独創性、さらに工業的な意義があり、博士論文として優秀であると審査員全員が認めた。