

氏名・(本籍)	山城 恵作 (沖縄県)
学位の種類	博 士 (工 学)
学位記番号	生工博甲第259号
学位授与の日付	平成28年3月25日
学位授与の条件	学位規則第4条第1項該当
学位論文題目	竹由来バイオマス資源からの過熱水蒸気による新規材料の開発
論文審査委員会	委員長 教 授 西田 治男
	〃 内藤 正路
	〃 石黒 博
	〃 春山 哲也
	〃 平木場浩二

学 位 論 文 内 容 の 要 旨

竹は、西日本を中心にその賦存量が2700万tにも及ぶ豊富な未利用資源であるにもかかわらず、非常に強く粉砕しにくいため、その工業用バイオマス素材としての利用展開が進んでいなかった。従来、竹由来の繊維は、爆砕法や化学処理などの方法によって得られていた。しかし、従来の方法では、水分の蒸発除去や、化学物質の中和、さらには、長繊維特有の手間にかかるコンポジット成形プロセスにより、汎用的に竹繊維を素材として利用するに至っていない。従って、竹をバイオマス素材として広く利用するためには、様々な用途に応用可能な微細な繊維に変換できる効率的で汎用的な粉砕方法の開発が必要であった。

近年、竹を常圧過熱水蒸気(SHS)処理することにより、その粉砕が容易となり、竹短繊維(sBF)を含む竹微粉末(BP)を得ることができると示された。そこで、本研究では、射出成形可能な竹バイオマスコンポジット(BPC)をターゲットとし、その熔融成形性と物性の向上を目的とするものである。さらに、SHS処理に伴い副生する竹酢液は、従来の竹の乾留生成物と異なり、タール分を含まず、特異的な機能が期待されるため、この新しい竹酢液の成分を明らかとし、その抗菌機能についても検討を行った。

第1章では、"竹"をめぐる日本及び地域の状況、バイオマスコンポジットの現状、さらに来るべき循環型社会に向けて環境負荷の少ない複合材料の開発が強く要請されていることを述べた。また、未利用バイオマス資源としての"竹"の特性を紹介し、竹を広く利用するためには、より効率的で汎用的な方法の開発が必要であることを述べた。さらに、バイオマスの処理におけるSHSの利用について述べ、最後に、副生する竹酢液の機能について触れ、その生物に対する生理作用の潜在能力について示唆した。

第2章では、BPの作製条件について検討を行った。具体的には、SHS処理における竹素材の乾燥状態や装置条件がBP作製に与える影響、粉碎と分級工程でのSHS処理条件の影響などについて検討した。その結果、竹の水分の蒸発潜熱が消費電力量に与える影響が極めて大きい事、得られたBPの63~150 μ mの粒度画分中に高いアスペクト比を有するsBF成分が卓越して存在することを示した。

第3章では、BP成分と代表的な熱可塑性プラスチックであるポリプロピレン（PP）とから、二軸エクストルーダーを用いて熔融混練してBPCを作製し、その物性評価を行った。その結果、BPCの機械的物性は、大きなアスペクト比を有するsBF成分が引張強度や曲げ強度において繊維強化機能を発現すること、また、高分子相溶化剤である無水マレイン酸変性ポリプロピレン(MAPP)の添加が引張り強度／弾性率と曲げ強度／弾性率を有意に向上させること、さらに熱膨張係数が低減することが確認された。これらは、MAPPがBP表面に展開した結果、PPマトリックスとの界面接着性が向上したためと考察した。

第4章では、資源循環を意図し、容器包装リサイクル法に基づき回収された容リプラとのBPCについて検討を加えた。BP／容リプラ／MAPPコンポジットの機械的物性評価を行った結果、バージンプラスチックからのBPCに比べても遜色なく、その利用展開の可能性が確認された。

第5章では、竹のSHS処理に伴い副生する竹酢液の成分分析とその機能について検討を行った。SHS処理装置から排出される水蒸気を冷却・凝縮して得られた竹酢液の組成分析を行った結果、酢酸を主に含む有機酸類を主成分とし、フラン類やフェノール類等のリグニン成分由来の成分が微量に共存した。これらの組成は、乾溜や高温水熱反応によって回収される竹酢液と比べて明確な差異があり、その原因は、制御された処理温度と、SHS処理の際の部分的な酸化反応によるものと推測された。この竹酢液は、食中毒やアトピー皮膚炎の原因菌であるセレウス菌や黄色ブドウ球菌に対して選択的増殖抑制作用が確認された。

第6章では、SHS処理竹酢液中のタール由来成分、とりわけ、発癌性物質として知られている多環芳香族炭化水素類の有無の評価を行った結果、180~210℃のSHS処理温度範囲で得られた竹酢液中には、各多環芳香族炭化水素類の存在量は液体クロマトグラフィーの検出限界以下であることを確認した。

以上の研究成果は、未利用資源の有効活用のみならず、熔融成形性に優れた竹繊維強化プラスチックコンポジットという新たな工業用資材を提案し、放置竹林の拡大に悩む地方自治体においては地産地消型の新しい事業の創生が期待されるものである。

学位論文審査の結果の要旨

本論文に関し、調査委員から SHS 処理法の実用性、機能付加の具体的ターゲット、ベンチスケール結果をベースにした生産スケールの展望、BP および樹脂以外の成分の物性への影響、SHS 処理法によって得られた竹酢液の抗菌性の要因などについて多くの質問がなされた。それらへの著者から返答に対する議論も交えて最終的に満足な回答が得られた。

また、公聴会においても、多数の出席者があり、著者の説明によって出席者の理解が得られた。

以上により、論文調査及び最終試験の結果に基づき、審査委員会において慎重に審査した結果、本論文が、博士（工学）の学位に十分値するものであると判断した。