홍조류섬유보강 폴리프로필렌 바이오복합재료의 제조 및 특성 분석

이민우* · 서영범*† · 한성옥1)

Manufacturing and Characterization of Red algae fiber/Polypropylene Biocomposites

Min Woo Lee*, Yung Bum Seo*†, and Seong Ok Han1)

ABSTRACT

The bleached red algae fiber(BRAF) showed very similar crystallinity to the cellulose, furthermore, it has higher thermal decomposition temperature than that of the microcrystalline cellulose(MCC). Polypropylene biocomposites reinforced with BRAF have been fabricated with various BRAF contents by compression molding method and their mechanical and thermomechanical properties have been studied. The mechanical strength as tensile, impact and flexural modulus of BRAF/PP biocomposites were gradually improved with increasing the BRAF content, and thermal property which against the thermal expansion was markdly improved, especially. These results are compared with chopped non-woody fibers as Henequen or Kenaf, BRAF was more effective for fabrication of biocomposites reinforced small-sized fibers. The red algae fiber reinforced biocomposites has the applicability such as electronics, biodegradable products and small-structure composites.

* : 충남대학교 임산공학과 (Dept. of Forest Products, Chungnam National Univ., Daejun, Yuseong-Gu, Gung-Dong, 220, Republic of Korea)
† : 교신저자(Corresponding author) E-mail : ybseo@cnu.ac.kr
1) : 한국에너지연구원 (Nano-Materials Research Centre, Korea Institute of Energy Research, Jang-Dong, Yuseong-Gu, 305-343, Daejeon, Korea)

Keywords : *Red algae fiber, Polypropylene, Mechanical properties, Thermomechanical properties*

1. 서 론

섬유강화복합재료(FRP: Fiber Reinforced Polymer composite)는 고분자 폴리머에 섬유를 보강재로 사용한 기능성 복합재료로써 지금까지 주로 사용되고 있는 섬유강화복합재료의 보강재로는 유리섬유, 탄소섬유 및 아라미드섬유와 같은 합성고분자 섬유이다. 이들은 모두 자연 환경에서 거의 영구적으로 분해가 되지 않기 때문에 그 폐기물은 환경오염 면에서 큰 문제로 대두되고 있다. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위해 유리섬유를 대체할 수 있는 환경 친화적인 복합소재의 개발에 대한 관심이 증가하고 있다.[1,2)]

제조된 복합재료가 자연환경에서 일부 또는 완전한 생분해 능력을 갖추고 있는 이른바 바이오복합재료(Biocomposite)는 복합재료를 구성하고 있는 주요 두 성분 중 어느 한 가지만 생분해 능력을 지녀도 그 복합재료 역시 생분해 특성을 가지게 된다. 현재 학계 및 연구기관 등에서 복합재료의 매트릭스로서 활발한 연구가 이루어지는 생분해성 고분자 - Poly(butylene succinate), Poly lactic acid, Poly(hydroxyalkylates) 는 환경 및 인체에 전혀 부하를 주지 않는다는 장점이 있으나, 비생분해성 범용 고분자 수지에 비해 상대적으로 물성이 떨어지고 가격이 비싸다는 단점이 있다. 이에 비해 현재 복합재료의 매트릭스로서 가장 널리 쓰이는 범용고분자 - Polypropylene, Polyethylene, Epoxy 는 비록 생분해가 이루어지지 않아 완전 생분해가 가능한 복합재료에 비해 친환경성면에서 떨어지지만, 기존에 사용하고 있는 저렴하고 수급이 용이한 고분자이므로 실용화에 접근하기 쉽고, 소재에 대한 축적된 정보가 많으며, 가공이 용이하고, 물성이 뛰어나다는 장점이 있다. 따라서 유리섬유나 탄소섬유가 아닌 천연섬유를 보강재로 사용하고 범용고분자를 매트릭스로 하여 제조한 바이오복합재료는 친환경성과 실용성을 적절히 만족하는 차세대 복합재료로써 그 가치를 인정받을 수 있는 것이다.[3-7)]

홍조류 섬유는 섬유형태에 있어서 길이가 작고 가늘며 일정하기 때문에 기존 바이오복합재료의 보강재로 가장 널리 쓰이는 케나프나 헤네켄 등과 같은 비 목재 섬유에 비해 결과적으로 훨씬 더 큰 비표면적을 가지며, 이는 매트릭스와의 계면결합을 향상시키

는 결과를 가져온다. 또한 홍조류 섬유로 보강한 복합재료는 열팽창에 대한 내성이 매우 뛰어나기 때문에 전자제품의 케이스나 크기가 아주 작은 복합재료를 제조하는데 있어서 효과적이다.[8)]

따라서 본 연구에서는 실용성과 친환경성을 동시에 만족시킬 수 있는 바이오복합재료를 제조하기 위해 범용고분자인 폴리프로필렌을 매트릭스로 사용하고, 보강재로써 홍조류 섬유를 사용하였다. 섬유의 첨가량에 따라 제조된 바이오복합재료의 기계적·열기계적 특성분석을 통해 복합재료 내에서의 최적의 섬유함량을 확인하고, 기타 비 목재 섬유를 잘게 잘라 보강한 바이오복합재료와 홍조류 섬유로 보강한 바이오복합재료의 특성을 상호 비교하여 홍조류 섬유 자체의 특성이 바이오복합재료에 미치는 영향에 대해 살펴보았다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

범용 열가소성 고분자 매트릭스로 사용된 폴리프로필렌(PP)은 (주)코오롱글로텍에서 구입하였으며, 초기 제품의 형태는 가는 실이 서로 뭉쳐있는 형태로서 비중(specific gravity)은 약 0.91g/cm^2, 용융온도(melting point)는 약 160~165℃이다.

천연섬유 보강재로 사용된 홍조류는 모로코산 우뭇가사리(*Gelidium corneum*)로서 (주)페가서스 리서치에서 추출 및 표백과정을 거쳐 냉동 보관된 펄프형태(bleached red algae fiber, BRAF)에서, 건조기로 수분을 제거한 후 가정용 믹서로 1차 분쇄, 고속분쇄기(Ultra centrifugal mill, Germany)로 2차 분쇄 및 분급하여 밀봉·보관 후 사용하였다.

홍조류섬유와 기타 비 목재 섬유의 열분해 특성을 비교·분석하기 위해 사용된 셀룰로오스 분말은 Aldrich 사의 Microcrystalline cellulose(MCC)를 사용하였다.

홍조류섬유와 비 목재섬유의 섬유자체 특성이 복합재료에 미치는 영향을 비교하기 위하여 케나프 인피섬유(Bast fiber)와 헤네켄 섬유를 약 1mm 미만으로 잘라 복합재료를 제조하여 그 기계적·열적 특성을 분석하였다.

2.2 실험방법

2.2.1 BRAF의 열분해 특성 분석

Thermogravimetric analyzer (TGA Q-500, TA Instruments)를 이용한 홍조류 섬유의 열분해 특성 분석과 더불어 홍조류 섬유의 열안정성을 비 목재 섬유와 비교하기 위하여 케나프와 헤네켄의 열분해 특성을 함께 조사하였다. 열분해가 일어나는 샘플의 주위는 질소분위기로 유지(100㎖/min)하였고, 10℃/min의 승온 속도로 500℃까지 진행하였다.

2.2.2 BRAF/PP 바이오복합재료의 제조

복합재료의 제조에 있어서 매트릭스와 보강재와의 혼합공정은 복합재료의 최종 성형결과에 가장 큰 영향을 미친다. 따라서 긴 섬유 형태를 이루고 있는 폴리프로필렌과 홍조류 섬유의 효과적인 혼합을 위해 폴리프로필렌을 가위로 여러 차례 세절한 후, 홍조류 섬유와 함께 가정용 믹서에 넣어 기계적으로 혼합하였다. 혼합물을 금속몰드에 넣어 열과 압력을 가하여 복합재료를 제조하는 방식인 압축성형방법(compression molding)에 의해 제조된 BRAF/PP 바이오복합재료는 기계적 및 열기계적 특성 분석을 위해 정밀절단기(precious table saw)를 통하여 시편으로 제작되었다. 그림 1은 제조된 BRAF/PP 바이오복합재료와 실험을 위해 제작된 시편의 모습을 보여준다.

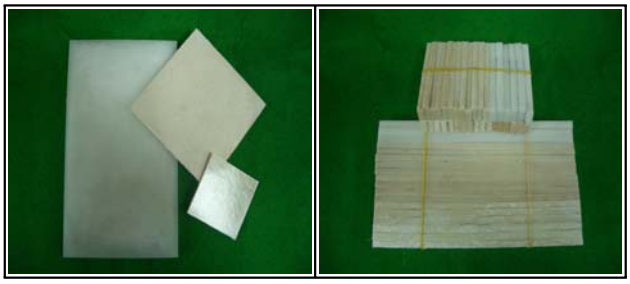

Fig. 1. BRAF/PP Biocomposites(left) and the specimens for various mechanical properties analysis(right).

2.2.3 BRAF/PP 바이오복합재료의 특성 분석

2.2.3.1 BRAF/PP 바이오복합재료의 기계적 특성 분석

홍조류 섬유의 첨가량에 따른 BRAF/PP 바이오복합재료의 굴곡특성은 만능재료시험기(Universal Testing Machine, UTM, Tinius olsen Ltd., H-50K-ST, Redhill, England)를 사용하였고, ASTM D 790 Method Ⅰ(three-point bending)에 의거하여 측정하였다. 또한 충격강도 실험을 위해 아이조드 펜덜럼 충격시험기 (Pendulum Impact Tester, Tinius olsen Ltd., Model-IT 504, Redhill, England)를 사용하였고, ASTM D

256에 의거하여 시편 제작 및 실험을 실시하였다. 그림 2는 충격강도 실험방법에 있어서 시험편의 위치를 모식도로 나타낸 것이다.

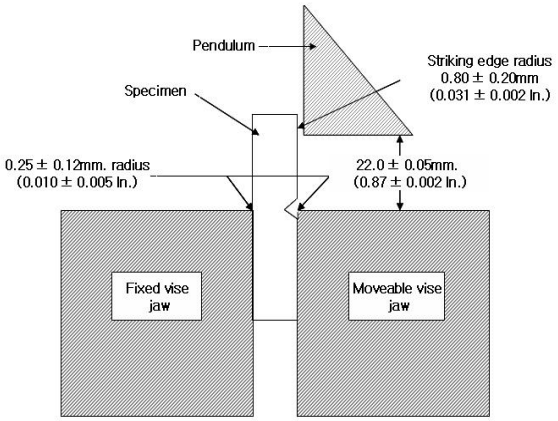

Fig. 2. Vise, Specimen and Striking edge in Izod test method

2.2.3.2 BRAF/PP 바이오복합재료의 동역학적 특성 분석

홍조류 섬유의 첨가량에 따른 BRAF/PP 바이오복합재료의 동역학적 특성과 기타 비목재 보강 바이오복합재료의 동역학적 특성은 Dynamic-mechanical analyzer (DMA Q-800, TA Instruments)를 이용하여 측정하였다. 분