

# 제11회 바이오복합재료 국제컨퍼런스 11th International Conference on Biocomposites : Transition to Green Materials

이 선 영  
국립산림과학원 환경소재공학과

## 1. 머리말

제11회 바이오복합재료 국제학회는 캐나다의 토론토에서 5월 2, 3일 양일간 개최되었고, 총 12개국에서 약 150명의 연구자가 참가하여, 초청강연 4건, 구두발표 37건, 포스터발표는 22건으로 총 61편의 논문이 발표된 비교적 작은 규모의 학회였다. 한국에서는 국가연구기관 2명, 대학교 2명 등 총 4명이 참가하여 총 4편의 논문을 발표하였다. 이번 학회는 나노복합재료, 나노셀룰로오스를 응용한 연구 및 바이오복합재료, 생분해성 고분자, 천연섬유와 같은 보강재, 광안정성, 난연재료 및 기능성 소재에 기술적 관심이 모아졌다.

## 2. 연구발표

### 2.1. 초청강연

첫째 날의 오전 초청강연은 나노셀룰로오스에 관한 세계적인 권위자인 Hiroyuki Yano 박사(일본 교토대학교)가 셀룰로오스 나노섬유와 키틴 나노섬유를 보강시켜 제조한 투명한 나노복합재에 관한 발표를 하였다. 그는 유연성과 낮은 열팽창성의 복합재가 디스플레이 같은 미래의 전자재료 뿐만 아니라 roll-to-roll 생산공정에 적합한 재료로 이용하기 위한 필수적인 요소라고 설명하였다. 또한 100% 셀룰로오스 나노

섬유로 구성되어 낮은 열팽창계수( $CTE < 8.5 \text{ ppm/K}$ )를 나타내는 접을 수 있는 나노종이는 전통적인 제지 공정으로 제조가 가능하며, 계와 새우의 껍데기로부터 염산 처리하여 미네랄 염을 제거하고, 알칼리 처리에서 단백질을 제거함으로써 투명한 나노복합재료를 제조하는데 성공했다고 발표했다. 이어서 M. Antonisse 박사(DSM, 네덜란드)는 에너지 소비 감소가 가능한 지속가능한 건축재료로 석유계 원료를 대체함으로써 이산화탄소의 방출을 줄이는 방법이 지속가능한 비즈니스의 핵심이라고 발표했다. 이러한 방식은 한정된 석유자원으로부터 독립할 수 있도록 하며 원료의 가격을 안정시킬 수 있다고 설명했다. 고분자 복합재료는 자동차의 중량을 감소시키는데 중요한 역할을 하며 연료의 절감과 이산화탄소의 배출량을 감소시킬 수 있고, 높은 강도의 복합재료를 건축재료에 적용했을 때 경량화와 유지비가 낮아져서 풍차의 날개와 같은 용도에 매우 적합하게 될 것이라고 했다. 또한 보강재로 사용된 천연섬유는 유리섬유를 대체할 수 있다고 보고했다. William Harney 박사(Magna International, 캐나다)가 '미래의 자동차'에 관해서 세 번째 초청강연을 이어갔다. 그는 자동차산업의 최근 동향은 저중량, 낮은 이산화탄소 방출, 새로운 추진시스템의 개발이며, 이것을 위해서 저중량의 복합소재, 천연섬유의 복합화 및 복합재료 강철을 대체하는 것이 매우 중요하다고 설명했다. 특히 바이오복합재료는 석유계



[Dr. H. Yano]



[Dr. M. Antonisse]



[Dr. W. Harney]



[Dr. H. Koivurov]

고분자를 바이오 보강재로 대체할 수 있는 해결방법으로 보고 있다. 오전의 마지막 초청강연은 Hekki Koivurova 박사(North Karelia University of Applied Science, 핀란드)가 천연섬유를 이용한 복합재로 만들어진 기타의 특성에 관해서 발표를 했다. 다양한 음향학적인 분석방법을 통해서 복합재로 제조된 어쿠스틱 기타가 만들어내는 음질로 가까운 미래에 세계적인 명품 현악기인 스트라디바리우스에 접근할 수 있는 악기를 만들 수 있게 될 것이라고 주장했다.

## 2.2. 구두발표

구두발표는 이틀 동안 5개의 session으로 구성되어 진행되었다.

### ■ Session 1 : Transition in Resins and Biofibers

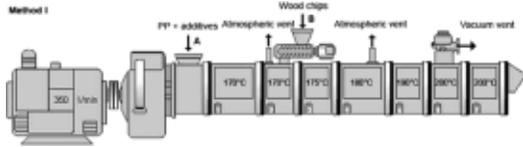
1) Wood chips as raw material in wood plastic composites (M. Hietala, Lulea University of Technology, Sweden)

- 목분(wood flour)은 wood plastic composites (WPC)를 제조하는데 가장 일반적으로 사용되는 원료다. 목분은 목재로부터 입자크기의 감소, 선별 및 건조의 과정을 거쳐서 만들어진다. 만약 WPC의 원료로써 큰 입자의 목분을 전처리과정 없이 직접 이용할 수 있다면 매우 경제적인 것이다. WPC의 압출혼련 공정은 목질재료의 입자크기와 섬유장을 감소시키는 단점이 있지만, 이축 스크류 압출기의 높은 전단력은 큰 목분의 입자를 더욱 작은 크기의 입자로 만들 수 있다. 최적조건의 스크류의 구성에 의해 개개의 섬유는 목재칩으로부터 단리될 수 있다. 이 연구에서는 50 중량퍼센트에서 목재칩을 두 가지의 이축 압출제조

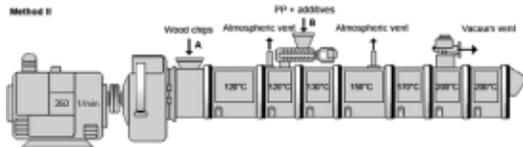
공정에 따라 WPC를 제조하였다. 다음 그림 [제조공정 1]은 목재칩을 side feeder를 이용하여 용융된 폴리프로필렌에 첨가하는 것이고, [제조공정 2]는 반대로 목재칩을 먼저 투입하여 작은 입자로 분쇄하는 과정을 거치고 다음으로 폴리프로필렌이 side feeder로 첨가되는 방식이다. [제조공정 1]이 [제조공정 2]보다 압출공정 후 목분의 입자크기가 크다. [제조공정 1]에서는 목재칩이 두 번째 side feeding port에서 공급되어 스크류에 의한 전단력에 적게 노출되기 때문이다. 제조공정이나 칩의 수분함량은 목재의 입자크기와 종횡비(aspect ratio)에 영향을 준다. 높은 종횡비를 갖는 섬유나 입자는 젖은 칩이 원료로 사용될 때 목재 입자로부터 해리될 수 있다. 그러나 건조한 목재 칩을 사용했을 때, 입자의 크기는 크게 감소하며 목재는 파티클의 형태로 남는다. 건조한 목재 칩을 이용하여 만든 복합재는 젖은 목재칩을 이용한 복합재에 비해서 종횡비가 높을 지라도 휨강도가 약간 증가하였다.

2) Semi-crystalline polymer-based composites with corn fiber (separated from DDGS) as an interfacial reagent (S. Shi, Mississippi State University, USA)

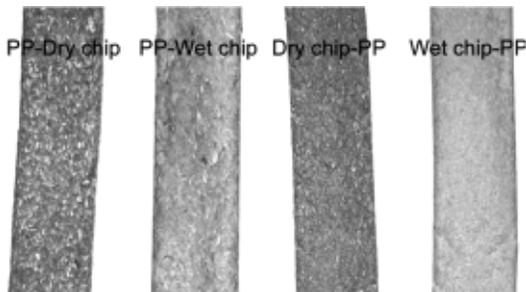
- 이 연구는 wood plastic composites을 위한 첨가제로써 옥수수섬유를 사용하기 위하여 다양한 특성을 평가하기 위한 것이다. 옥수수섬유는 건조된 옥수수대에 용매로 NaOH, HCl, solvent를 차례로 화학적 처리시켜서 얻었다. 복합재를 제조하기 위하여 추출된 섬유를 단백질의 유무 조건에서 준결정성 폴리프로필렌과 혼련시켰다. 옥수수섬유의 함량을 10, 20, 30 중량퍼센트로 수지와 혼련시켰는데, NaOH가 옥



[제조공정 1]



[제조공정 2]



[압출된 WPC profile]

수수섬유의 단백질 함량을 감소시키는데 가장 효과적이다. 그러나 단백질 함량과 복합재의 인장강도와의 상관관계는 아직 밝혀지지 않았으며, 화학적 처리는 옥수수섬유의 보강능력을 개선시켰고, 인장강도를 향상시켰다.

3) Cellulose nanofibrils in polyurethane wood adhesives (K. Richter, EMPA, Swiss)

- 목재펠프로부터 추출된 셀룰로오스 나노섬유 (cellulose nanofibrils, CNF)는 폴리우레탄의 유동학적 성질, 치수안정성과 열에 의한 크리프 성질을 개선하기 위하여 폴리우레탄(1c-PUR)과 혼합되었다. 개질되지 않은 CNF 1.2%에서 2.8%까지 사용한 예비시험에서 CNF는 폴리올, 폴리우레탄과 성공적으로 혼합되어, 매우 장기적 안정성을 보였고 폴리우레탄에 화학적 변화가 일어나지 않았으며, 건조 또는 습윤 강도시험에서 훌륭한 기계적 성질을 보였다. 그러나 폴리우레탄 결합 부분에서는 지속적이고 일관성 있는 결과를 보이지 않았다. 그러므로 CNF의 화

학적 개질은 섬유와 고분자와의 극성과 실란과 에스테르화 반응과 같은 다른 화학반응을 이용하거나 폴리우레탄 매트릭스에 CNF의 분산을 돕는 연구가 필요하다.

4) Trends in bioplastics and biocomposites (J. Lampinen, VTT Technical Research Centre of Finland, Finland)

- 운송, 포장, 건축, 전자 및 소비재 용품에서 가장 큰 이슈는 재료, 공정 및 친환경적 효율성이다. 환경에 관한 고려로 인하여 바이오플라스틱, 바이오폼, 천연섬유가 보강된 복합재료, wood plastic composites, 바이오복합재료와 같은 수요가 급증하고 있으며 바이오플라스틱의 생산량은 크게 증가하고 있다. 현재 20개의 바이오플라스틱 제조업체가 세계시장의 90%를 점유하고 있고, 2015년까지 250개 이상의 업체가, 2020년까지 2,000개 이상의 업체가 시장을 점유하게 될 것으로 예상하고 있다. 또한 아시아 국가들이 2020년까지 가장 높은 성장세와 투자를 하게 될 것이다.

5) Green composites from engineered lignin and bioplastic for interior automotive part manufacturing (A. Mohanty, University of Guelph, Canada)

- 이 연구에서는 리그닌의 함량과 상용화제의 첨가 유무에 따른 리그닌과 고분자의 복합화의 특성을 구명하기 위한 것이다. 리그닌을 이용하여 바이오복합재료를 제조하였고, 바이오폴리에스터와 리그닌을 이축압출기를 이용하여 사출 성형시켰다. 제조된 복합재료는 99~100% 재생가능한 원료를 포함한다. 65%의 리그닌이 첨가된 복합재에 리그닌과 고분자 간의 결합력을 향상시키기 위하여 1%의 상용화제를 첨가하였다. 리그닌의 첨가는 복합재료의 인장강도와 휨강도를 향상시켰고, 상용화제의 첨가는 복합재의 전체적인 기계적 특성과 열분해 온도를 크게 증가시켰다. 1%의 상용화제를 첨가시켰을 때, 휨강도는 165%, 탄성계수는 480%, 열분해 온도는 26° 증가하였다.

## ■ Session 2 : Design and Performance

1) Development of innovative elements for windows and facades made of WPC (T. Grunberg, University of Goettingen, Germany)

- 요즈음 플라스틱 창틀은 주로 PVC를 이용하여 만들고 있다. 이 연구의 목적은 현대건축과 건물에서 지속가능한 소재의 이용을 증가시키기 위하여 목분, PVC 및 첨가제를 포함하는 배합비에 관한 연구와 최적조건을 구명하는 것이다. 목분을 첨가시켰을 때 WPC profile의 탄성계수와 열안정성은 크게 향상되었다. 치수안정성과 내구성은 고분자에 의해서 개선된다. PVC의 분자량, 목분의 함량, 압출온도가 탄성계수, 휨강도, 충격강도 등의 기계적 특성을 향상시키기 위하여 최적화되었다. 딱딱한 PVC와 비교할 때, 복합재는 높은 탄성계수와 휨강도를 보였으나, 충격강도 면에서는 낮았다. 목분의 함량, 고분자의 분자량 및 압출온도는 크게 복합재의 기계적인 성질에 영향을 주었다. 분자량 및 압출온도가 높을수록 높은 휨강도와 충격강도를 보인다. 목분의 함량이 높을수록 휨강도는 증가하나 충격강도는 감소한다.

2) Mechanical performance of PHB-based composites for construction applications exposed to accelerated weathering (S. Billington, Stanford university, USA)

- 이 연구는 Polyhydroxybutyrate (PHB)와 hemp 섬유로부터 만들어진 바이오복합재료에 대한 가속 내후시험의 영향을 조사하기 하기 위해 수행되었다. 측정시편을 수분 공급의 유무에 따라 반복적으로 UV와 열에 노출시켰다. 두 가지 방법 모두 복합재 시편의 물리적, 기계적 및 색깔에 큰 영향을 주는데, 밀도, 중량, 강도 및 탄성계수가 감소하였고, 백화현상과 갈라짐이 발생하였다. 수분의 공급은 위의 열화 특성을 가속화 시켰는데, 이는 섬유의 팽창으로 인한 갈라짐과 고분자와 섬유간의 결합력의 감소때문이다. 이 연구는 장기적으로 복합재를 사용하기 위해서 환경적 영향을 고려해야 함을 보여준다.

3) Combined temperature and UV influence on the mechanical performance of WPCs (K. Englund, Washington State University, USA)

- WPC의 기계적 특성에 온도와 UV와 같은 환경적 조건이 주는 영향을 조사하기 위하여 수행된 연구에서, UV와 동결-해빙의 조합은 휨강도의 감소와 크리프 변형에 큰 영향을 준다. 여기에 수분을 공급했을 때, 두 가지 조건이 독립적으로 주는 영향보다 훨씬 컸다. 휨강도시험에서 탄성계수와 강도 모두 감소하였고, 변형도 증가하였다. 이는 복합재에서 고분자와 보강재의 결합 메카니즘의 파괴로 야기된다.

4) Biodegradability of wood fiber/poly(lactic acid) (WF/PLA) composites (W. J. Guo, Chinese Academy of Forestry, China)

- 천연섬유와 생분해성 고분자를 이용한 복합재 개발은 관심의 초점이다. Polylactic acid (PLA)는 옥수수 전분으로부터 생산되며 아주 우수한 기계적 성질을 가지는 고분자이다. PLA는 토양이나 퇴비공정에 의해서 완전히 분해되며 유해한 물질을 배출하지 않기 때문에 생분해성이며 환경친화적이다. 이 연구에서는 70%의 목분을 이용하여 복합재를 제조하였다. WF-PLA 복합재는 6개월 동안 흡수에 놓였을 때 분자량과 기계적 강도가 크게 감소했으며, 순수한 PLA 보다 더 급격하게 감소했다. WF/PLA 복합재의 결정 영역과 유리전이는 PLA 분자량의 감소와 함께 변했다. PLA 열화는 결정영역과 비결정 영역 모두에서 발생했다.

5) Utilization of low-grade woody biomass in highway related products: outline of a viability assessment method (M. Karas, Oregon State University, USA)

- 간벌과 벌채와 같이 산불방제 작업으로부터 나오는 목질 바이오매스를 재활용하는 방법을 찾기 위한 요구가 급증하고 있다. 2007년 미국연방정부는 산불방제 작업에 20억 달러를 지출하였다. 이러한 작업으로부터 나오는 목질 바이오매스는 주로 소각되거나 연료로 전환되고 있다. 바이오매스의 연료로의 전환은 장기적으로 볼 때 적절한 방법이 아니며,



[Pavement markers]



[Tubular Marker]

대체방법이 절실히 요구된다. 폐기되는 목질재료를 이용하여 고부가가치의 복합재료를 만들 수 있다면 바이오매스를 지속적이고 효율적으로 재활용할 수 있는 가능성이 열린다. 예를 들어 저급의 바이오매스를 이용하여 고속도로 시설과 관련된 많은 제품들을 생산할 수 있다. 현재 미국에서 사용되는 기존의 제품들은 재생가능한 소재가 아니기 때문에, 바이오매스를 이용한 복합재를 이용하여 기존의 제품들을 대체할 필요가 있다. 예를 들어, 방음벽, pavement markers

와 tubular markers 등이다.

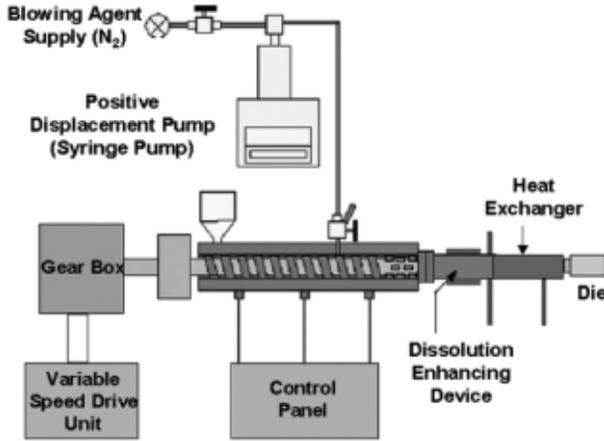
6) Performance improvement of natural fibre-composites using clay nanocomposites (J. Denault, National Food Research Centre, Canada)

- 최근 WPC가 건축재료나 자동차시장에서 많이 적용되고 있으나, 약한 계면특성에서 오는 저항도 및 화재에 약한 성질과 같은 약점을 가지고 있기 때문에 다양한 용도에 이용하기 위해서는 이러한 문제점들을 극복해야 한다. 나노클레이를 폴리프로필렌 수지에 분산시키고 flax섬유를 배합한 후 용융 혼련시켜 나노복합재를 만들었다. 복합재에 나노클레이를 첨가시키면 필러와 고분자간의 계면특성을 크게 개선할 수 있으며, 연소가스의 분산을 막을 수 있어서 강도와 난연성이 크게 향상된 복합재의 제조가 가능하다.

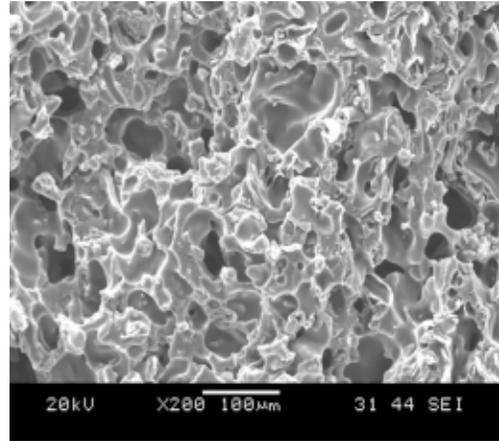
■ Session 3 : Processing Technology

1) Laboratory to commercial scale - correlation in the physical properties of biofiber-polymer composites (D.S. Bajwa, Greenland Composites Inc., USA)

- 건축소재와 자동차산업에 적용하기 위하여 최근 많은 연구들이 바이오복합재료의 제조공정과 성능을 향상시키기 위하여 진행되어 왔다. 대부분의 초창기 연구들은 실험실 수준의 작은 규모로 진행되었으며, 대량생산을 위한 시도는 자원과 장비에 의해서 제한되었다. 이 연구는 실험실과 공장에서 사용하는 압출기를 이용하여 같은 배합 조건에서 만든 바이오복합재의 물리적 및 기계적 성질을 비교하기 위해서 수행되었다. 두 종류의 압출기에서 만들어진 제품들 사이의 상관관계가 분석되었다. 목분, 목화섬유와 폴리에틸렌 수지를 이용하여 다양한 배합조건으로 복합재를 제조한 후 수분흡수도, 탄성계수, 강도, 압축강도, 못 유지 성능, 열팽창계수 및 경도와 같은 물리적 및 기계적 특성들이 조사되었다. 실험결과에서 두 제조공정에서 얻어진 시편들 사이에 물리적, 기계적 특성에 큰 차이가 나타났다. 실험실에서 얻은 시편은 낮은 밀도, 높은 수분흡수도와 높은 두께 팽창을 보인 반면, 탄성계수와 휨강도는 대규모로 제조된 시편이 높았다. 이러한 차이점들은



[압출 발포 시스템]



[발포된 PLA 복합재]

원료의 수분함량, 불완전한 혼련, 전단 혼련의 부족, 스크류의 설계, 압출기의 구성의 차이 때문이다.

2) Green polyurethane nanocomposites from soy polyol and bacterial nanocellulose (M. Kazemizadeh, Arkema Inc., USA)

- 이 연구에서는 폴리우레탄을 콩기름으로부터 만든 폴리올과 반응시켜 제조하였다. 폴리우레탄의 기계적 성질은 박테리아로(Acetobacter xylinum)부터 만들어진 나노크기의 셀룰로오스를 첨가시켰을 때 크게 향상되었다. FE-SEM으로 관찰한 결과, 30,000 rpm의 호모게나이저를 이용하여 나노셀룰로오스의 분산을 일정하게 만들었다. 횡강도와 탄성계수 모두 0.5 중량 퍼센트 보다 낮은 함량에서 크게 향상되었다.

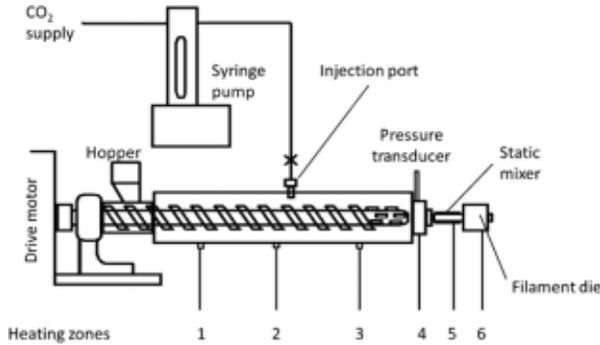
3) Foaming behavior of natural fiber reinforced polylactic acid biocomposites (T. Kuboki, University of Toronto, Canada)

- PLA와 같은 생분해성 수지는 폴리올레핀 수지에 비하여 밀도가 높기 때문에 다양한 용도로 생분해성 수지를 이용하는데 어려움이 발생된다. 발포기술(foaming technology)은 바이오복합재의 밀도를 낮출 수는 있으나 밀도가 감소할 때 복합재의 여러 특성들을 유지하거나 향상시키기가 쉽지 않다. 발포의 성질은 cell의 크기를 작게 하거나 균일하게 함으로써 개선할 수

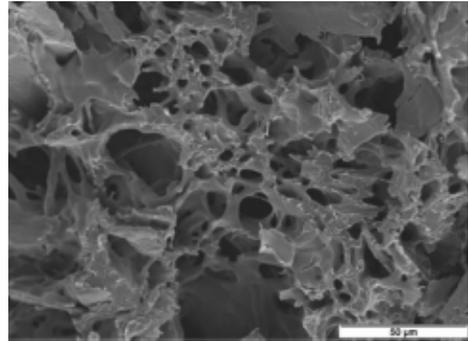
있기 때문에, cell의 크기를 감소시키고 cell의 크기를 일정하게 하는 것이 필수적이다. 이 연구에서 결정형 PLA는 비결정형 PLA보다 낮은 발포밀도를 보였고, 20% 셀룰로오스의 첨가로 결정 PLA가 팽창하는 것을 막았다. 결정형 PLA는 비결정형 PLA에 비하여 높은 cell 밀도를 보였고, 20% 셀룰로오스 첨가로 결정형과 비결정 복합재의 cell 밀도를 크게 증가시켰다. 그러나, 결정형 복합재는 비결정 복합재에 비해 약간 높은 cell 밀도를 보였다.

5) Continuous extrusion of microcellular foamed PLA/wood flour composites (L.M. Matuana, Michigan State University, USA)

- 이 연구는 연속적인 압출장치에서 초임계 CO<sub>2</sub>를 이용하여 PLA/목분이 첨가된 복합재의 발포성능을 조사하였다. PLA에 목분의 함량을 증가시킬수록 수지가 딱딱해져서 유동성이 떨어지는 문제가 발생하게 된다. 목분에 저분자량의 상용화제를 첨가하여 복합재의 용융 점도를 조정하였고, 복합재의 용융 점도와 제조조건을 PLA 수지와 비슷하게 함으로써 발포과정을 쉽게 하는데 성공하였다. 30 중량퍼센트의 목분이 첨가된 PLA 복합재는 10 마이크로미터 크기의 미세한 cell이 균일하게 분포된 미세구조를 보였다. 이러한 실험결과는 저분자량의 상용화제로 목분의 표면을 개질하였기 때문에 얻어진 결과라고 할 수 있다.



[연속압출 발포 장치]



[Micro-cell 발포 PLA 복합재]

■ Session 4 : Economic and Environmental Issues

1) Integrated biorefining for wood-plastic composites and bioenergy production (O. Hosseinaei, University of Tennessee, USA)

- 대체 에너지원료로써 각광받는 바이오연료는 최근에 생산량이 크게 증가하고 있고 바이오연료를 생산하는데 이용되고 있는 옥수수과 같은 곡물의 가격이 따라서 증가하고 있다. 목질재료로부터 헤미셀룰로오스와 같은 당류를 추출할 수만 있다면 바이오연료 생산을 위한 당류를 제공할 수 있다. 리그닌과 셀룰로오스 같은 잔류물들은 바이오복합재를 생산하는 곳에 널리 이용될 수 있다. 친수성이 매우 높은 헤미셀룰로오스를 제거하면 목재가 갖는 친수성을 크게 낮출 수 있어 목분과 고분자와의 친화력을 높일 수 있다. 이 연구의 목적은 헤미셀룰로오스를 추출하여 바이오에너지 산업에 당류를 제공하고, 목재의 친수성을 낮춰 WPC의 성질을 향상시키기 위함이다. Southern yellow pine으로부터 헤미셀룰로오스가 140, 155, 170도의 온도에서 가압된 온수에 의해서 추출되었다. 50 중량퍼센트의 목분과 폴리프로필렌과의 용융 혼련공정은 압출기를 이용하여 수행되었다. 상용화제로써 2%의 말레인산이 첨가되었다. 열처리 온도는 추출된 헤미셀룰로오스의 양을 증가시켰다. 목분의 결정화도와 열안정성은 추출 후에 크게 증가하였다. 헤미셀룰로오스의 추출은 복합재의 인장강도를 크게 증가시켰고 수분흡수도를 크게 낮추었다. 헤미셀룰로오스의 추출 후에 상용화제가 첨가된

복합재에서 목분과 고분자와의 결합력이 크게 향상되었다.

2) Biofibre bioplastic composites (M. Markotsis, ACION, New Zealand)

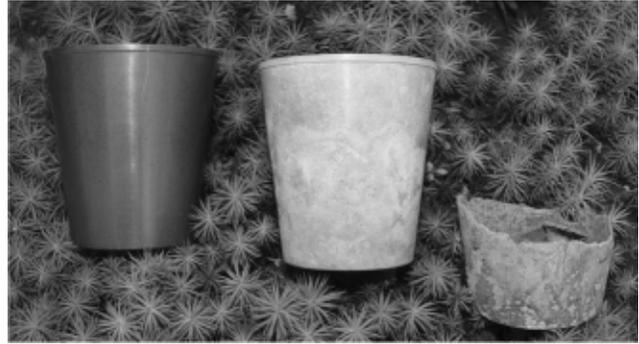
- 이 발표에서는 바이오플라스틱(PLA, PBS, PHA)과 바이오화이버(목분, MDF, flax, 펄프섬유)를 이용하여 만든 복합재의 특성에 관한 주된 내용들을 보고하였다. 압출공정에서 목분의 길이가 40~70% 감소하고, 사출공정에서 20~40%의 섬유길이가 감소한다. PLA 수지에 바이오화이버를 첨가할 때, 상용화제의 첨가로 인장강도와 충격강도가 크게 향상되었다. MDF 섬유를 40% 첨가했을 때와 flax 섬유를 30% 첨가했을 때 우수한 기계적 특성을 보였다.

3) Biopolymer database - evaluating availability, quantity, quality, and comparability of biopolymer materials (A. Siebert-Raths, Endres university of Applied Science, Germany)

- 바이오복합재를 제조하는데 필요한 원료에 관한 정보의 부족을 극복하기 위하여 University of Applied Science and Arts Hanover에서는 중요한 기술적 정보를 제공하는 CAMPUS@ database로 알려진 새로운 바이오폴리머 데이터베이스를 개발하였는데, 국제적인 표준정보시스템이 되었다. 바이오폴리머 데이터베이스는 100개 이상의 제조업체와 500개 이상의 재료등급을 포함한다. 오늘날 재료공급업자로부터 얻은 데이터는 각각 다른 표준시험방법에 따라서 분



[생분해성 수지]



[생분해성 제품]

### History of Biomaterials at Ford

- Henry Ford's first Model-T was built to run on Hemp gasoline and the car itself was constructed from hemp.
- The car, 'grown from the soil,' had hemp plastic panels
- A material called 'Fordite' used in the steering wheel contained wheat straw from Henry's own farm

A. Schulman  
Canadian Hemp Society

UNIVERSITY OF  
Waterloo

Research and  
Advanced Engineering

### EnviroSeat Sustainable Components

- corn-based headrest bag
- corn-based fabric
- soy-based PU foam
- natural fiber compressor necked
- sugarcane-based PP side straws
- recycled water bottles to PBT seat clips

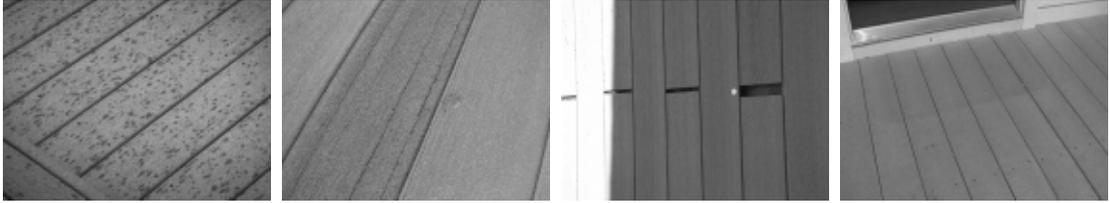
류되기 때문에 포괄적이라 할 수 없다. 바이오폴리머 데이터베이스를 이용하여 소비자, 판매업자, 최종사용자들은 바이오플라스틱 제조업자들에게 연결될 수 있다. 단계적으로 사용자들은 열가소성 수지 또는 필름을 선택할 수 있다. 바이오폴리머 데이터베이스 ([www.materialdatacenter.com](http://www.materialdatacenter.com))는 제조업체들의 주소, 폴리머 등급, 상표이름, 기계적 및 열적 특성, 바이오 원료 함량, 인증서 등 다양한 정보들을 제공한다.

- 4) Development of injection moldable composites utilizing annually renewable wheat straw (P. Hardy, A.Schulman, USA)
  - 자동차산업에서 유리섬유와 무기물이 보강된 복합재를 대체하기 위하여 밀짚섬유를 이용하고 있는데, 이는 자동차의 중량을 감소시켜 에너지소비와 이산화탄소 배출량을 크게 줄일 수 있고, 저렴한 제조

방법과 환경적인 부담이 없기 때문이다. 천연섬유는 hemp, sisal, soy, wood, kenaf와 밀짚 등이 포함되며, 밀짚섬유의 이점은 식품 및 연료자원들과 경쟁이 불가능하고, 매년 재생가능하고, 농업부산물이며, 충전제 보다는 보강재로의 역할이 강하다.

■ Session 5 : Product Demonstration Panels

- 1) Green plasticizers and bio coatings for use in automotive interior coverstock (P. Diebel, Canadian General Tower, Canada)
  - 유연성이 있는 합성필름과 코팅된 섬유가 자동차 산업에 널리 이용되어 왔다. 이 발표는 바이오폴리머와 첨가제로 기존의 화석연료로부터 만들어진 고분자를 대체하는 것에 초점을 두고 있다. 가소제(plasticizers)는 고분자를 유연하게 만들기 위해서 PVC 응용



[WPC 제품에서 발생된 문제점들]

분야에 널리 사용되고 있다. 가장 일반적인 모노머 가소제는 원유로부터 만들어지는데, phthalates, trimellitates와 adipates 등이 있다. 그러나 생물자원에서 성공적인 만들어진 가소제가 이용되고 있는데, 필름이나 코팅된 섬유에 사용되고 있는 plastisols이다.

2) Environmentally-friendly flame retardants for ABS-based wood/plastic composites (R. Gupta, West Virginia University, USA)

- Acrylonitrile-Butadiene-Styrene (ABS)는 3개 단량체가 공중합된 수지인데 내충격성, 기계적 성질, 내약품성, 가공성, 착색성이 우수하여 각종 전기, 전자부품 자동차 내·외장부품, 완구류, 파이프 등 그 용도가 광범위한 수지이다. 일반적으로 3성분의 조성비는 Butadiene이 5~30%, Acrylonitrile이 15~30%, Styrene이 45~70% 정도이며, 이 3성분의 조성비와 기능성 첨가제의 첨가 등으로 그 기능 및 물성을 조정하여 소비자의 요구기능에 맞는 다양한 종류를 만들 수 있습니다. ABS의 장점은 WPC를 제조할 때 목분이 열분해가 일어나지 않는 온도인 200도 근처에서 가공할 수 있다. 이 연구에서는 환경, 건강 및 안전의 장점 때문에, 인산계 비할로겐 난연제 (Ammonium phosphate)가 LOI 및 UL-94 시험 후 ABS를 이용한 WPC에 효과적이라고 보고했다. WPC 시편을 이용한 TGA와 FTIR 데이터에서 목재의 건조율이 크게 증가시키고 습을 형성하여 목재분해 경로를 바꾸기 때문이다. 휘탄성계수는 이 난연제가 참가되었을 때 크게 감소되지 않고, 폴리올레핀으로 제조한 WPC보다 더 좋은 휨강도를 나타낸다.

3) Novel biocomposites for reduced formaldehyde and improved dimensional stability in composite wood panel (L. Sinnige, Norjohn Ltd., Canada)

- 포름알데히드계 접착제를 이용하여 제조된 복합 목재패널은 제조공정에서 뿐만 아니라 장기간 사용하면서 포름알데히드를 방산한다. 국제암연구기구에서는 포름알데히드를 매우 자극성이 있고 발암물질로 분류하고 있다. 이 발표에서는 콩과 같이 재생 가능하고 물질로부터 제조된 에멀전 왁스시스템은 수지의 경화시간의 변화가 없포름알데히드를 흡수하거나 제거하는 성질을 가지고 있으며 패널의 치수안정성과 내부 접착강도를 크게 향상시킨다고 했다.

4) Current and past lawsuits in the WPC industry: lesson for manufacturers, customers, and decision-makers (A. Klyosov, MIR International Inc., USA)

- 이 발표에서는 현재 소비자들이 WPC 제품들을 이용하면서 발생된 문제점들로 인해 발생한 법적소송의 예와 해결방안에 관한 내용들이 보고되었다. 발생하는 문제점들의 주요원인은 강도, 변형, 열팽창, 치수불안정, 미끄러짐, 수분흡수, 팽창, 뒤틀어짐, 미생물과 흰개미로 인해 침해, 광변색 등인데 2004년부터 2010년까지 5개의 제조업체와 공급자들이 수 백만불의 법적소송에 휘말리고 있다. 해결방법으로는 WPC의 공극률을 낮추어야 하고 제조공정에서 요구하는 온도를 초과하지 말아야 하며, 압출속도를 필요 이상으로 빠르게 해서는 안 된다. 항산화제를 반드시 첨가시키고, 제조과정에서 WPC가 충분히 냉각과 수축을 위한 충분한 기간이 필요하다. 필요한 양의 무기안료를 사용하면 광변색이 감소하고, 보드의 표면에 깊은 엠보싱 처리가 필요하다.

## 5. 결 론

양일간 학술발표에 참석하면서 전반적인 세계의 연구동향을 파악할 수 있었으며, 깊이 있고 다양한

연구의 방향을 모색할 수 있는 좋은 기회를 얻을 수 있었다. 목재공학 분야가 다양한 분야의 기술과 접목한다면 경쟁력을 높여 고부가가치의 산업으로 발전할 수 있을 것이다.