바이오플라스틱 개요 및 특징

About Bio-plastic

유 영 선 / (사)한국바이오소재패키징협회 회장, 바이오소재연구소 소장

바이오 플라스틱은 탄소저감, 인체 무해성, 플라스틱의 대체재로서 주목을 받고 있으나 아직 해결할 과제가 남아 있는 실정이다. 그 중에서 시급한 것은 (1) 가격 경쟁력 확보, (2) 내열성, 가공성, 내충격성 등 물성 개선, (3) 가공기술 개발, 응용분야 확대, (4) 분해기간 조절에 따른 유통기간이 1년 이상인 제품에 적용성 등 보완 연구, (5) 표준화, 규격기준 제정 작업 등이 필요하다.

특히 고추장, 된장, 김치, 젓갈, 치즈, 발효유 등 발효식품 포장재의 경우 제품 중에 미생물이 살아 있는 경우가 있고, 유통기한이 길기 때문에 분해기간을 장기화할 필요가 있다. 또한 유통중 및 보관 중 이산화탄소 등 가스 발생 우려가 있는 농산물, 수산물, 식품류 등은 포장재에 숨쉬는 기능 등 유사 생체막 기능 부여가 필요한 실정이다.

현재 바이오 폴리머 생산기술이 계속 발전하고 있고, 또한 가격 경쟁력도 강화되고 있어 급속한 시장 확대도 기대할 수 있는 수준이다. 석유계 플라스틱의 생산단가는 kg당 1.5~2달러 수준인 반면, 생분해 플라스틱인 PLA, 지방족폴리에스터, TPS, PHB 등은 kg당 4~5 달러 수준이다. 또한 이를 보완한 바이오매스 플라스틱은 약 2달러 수준을 유지하고 있다.

– 편집자 주 –

Ⅰ. 서론

플라스틱 소재는 다양하고 우수한 기능 및 저렴한 가격으로 현대인의 풍요로운 일상생활과 산업발달에 큰 공헌을 해 온 반면 대량으로 발생되는 각종 폐비닐, 스티로폼, 플라스틱 용기 등의 소각이나 매립에 따른 환경호르몬 누출, 맹독성의 다이옥신 검출 폐기물의 불완전 연소에 의한 대기오염 발생 등과 같은 심각한 환경오염의 원인으로 대두되고 있다.

이러한 플라스틱 폐기물의 문제를 해결하기 위하여 사용할 때는 플라스틱의 가공성, 내구성, 기계적 성질을 유지하면서 추가로, 분해성이라는 기능을 부가하여 플라스틱의 편리성과 환경오염 문제 해결을 할 수 있는 연구가 진행되고 있다(Brown DT etc. 1993, 패키징 센터 2011).

현재 폐기된 플라스틱이 빛에 의해서 분해되는 광분해성 플라스틱이나 토양 중의 미생물에 의해 썩는 환경 친화적이고 무해한 플라스틱인

바이오 플라스틱의 실용화 및 의무화의 압력이 거세지면서 독일, 이탈리아, 미국 등 선진 각국에서는 쇼핑백, 플라스틱제 병의 분해성 수지 사용을 의무화하는 등 생분해성 플라스틱 등 친환경 플라스틱 등의 실용화가 활발히 추진되고 있다(안병 2006).

반영구적이라는 플라스틱 개발 초기의 장점은 시간이 흐름에 따라 잘 썩지 않는다는 특징이 환경 오염이라는 부메랑이 되어 우리 앞에 나타나고 있다. 이로 인해 플라스틱 폐기물에 의한 환경오염이 심각한 사회문제로 대두되고 있다. 세계 각국은 앞다투어 환경규제를 강화하고 있고, 우리 정부도 최종 생분해되기까지 300~500년 정도 소요되는 기존의 일반 난분해성 플라스틱 제품에 부과되는 폐기물 부담금을 2012년에는 평균 20배까지 인상하는 정책을 마련하고 있다. 이에 따라 국내 플라스틱 산업이 많은 어려움에 직면할 것으로 예상된다.

폐기물 부담금 인상을 포함한 여러 환경 규제는 플라스틱 산업의 성장에 걸림돌로 작용할 것으로 본다. 이에 국내 플라스틱 산업은 이러한 외부의 도전을 극복하고 이를 디딤돌로 삼아야 한다. 오히려 이러한 어려움을 기능성, 분해성 등 추가 기능을 부여한 기술 및 제품 개발, 상용화 추진, 원가절감 등을 통하여 새로운 도약의 기회로 모색해야 할 필요가 있다(정명수 등 2008).

우리나라는 그 동안 생분해성 등 바이오 플라스틱의 실용화가 미미한 편이었지만 2001년도에 쓰레기 종량제 봉투의 제조시 생분해성 소재 함량 30%이상 사용 의무화를 위한 환경부 지침이 개정되고 각 시, 군, 구 자치단체의 조례 개정 작업이 완료되어, 우리나라도 생분해성 플라스틱 시장이 급속하게 성장 할 것으로 예상했었다. 그러나 생분해성 플라스틱이 가진 단점들로 인해서 현재는 거의 사용되지 않고 있는 실정으로 다른 대안이 필요하게 되었다. 그 대안으로 개발되고 있는 제품이 기존 제품의 물성 개량, 경제성 등을 고려한 다양한 바이오 플라스틱의 개발 및 상업화 연구가 활발하다.

바이오 플라스틱의 2002년 세계 시장규모가 약 9조원 정도로 성장할 것으로 예상되었고, 최근 바이오 플라스틱과 관련한 지식재산권을 선점하기 위한 선진국과 국내 대기업 및 중소기업 등의 출원이 급증하였다. 최근에는 중소기업 위주로 특허, 기술, 상업화가 재편되어 가고 있는 실정이다.

특허청에 의하면 "선진국에서는 이미 분해성 플라스틱 사용을 의무화하는 등 실용화가 상당한 수준에 있으나 우리나라는 미미해 이에 대한 대책이 필요하다"며 향후 햇빛과 미생물에 의해 분해되는 정도를 조절하여 용도에 맞는 광분해, 생분해, 화학 분해 등 복합 분해도를 가지는 복합 물질을 만드는 방향으로 기술이 개발되고 있다고 한다. 실제적으로 업계, 학계에서는 기존 생분해 제품의 단점을 보완하기 위한 블랜드 기술이 지속적으로 개발되고 있으며, 이를 상용화하는 업체들이 계속 출현하고 있다.

이에 따라 전세계 각국에서 인체에 무해하고, 재활용이 용이하면서도, 가격경쟁력을 유지하고, 또한 기존 플라스틱의 물성을 유지하는 원료 및 제품 개발에 박차를 가하고 있다. 또한 이산화탄소 저감, 자연계에서 분해되어 환경에 부하가 적게 되는 대체품 연구 개발이 지속적으로 이루어지고 있다. 그러한 연구결과로 상당수의 생

분해성 등 친환경 고분자 물질이 출시되었고, 이 중 일부는 실용화 단계까지 도달하여 있다(유영선 2008).

1. 바이오플라스틱 관련 역사적 배경

지구온난화 규제와 방지를 위한 국제협약인 교토의정서는 1992년 6월 리우 유엔환경회의에서 채택된 기후변화협약(UNFCCC)을 이행하기 위해 97년 만들어진 국가간 이행 협약으로, '교토기후협약' 이라고도 한다. 정식 명칭은 Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change이다.

1997년 12월, 일본 교토에서 개최된 기후변화협약 제3차 당사국 총회에서 채택되어 2005년 2월 16일 공식 발효됐다. 오스트레일리아, 캐나다, 미국, 일본, 유럽연합 회원국(EU) 등 38개국은 1990년을 기준으로 2008~2012년까지 평균 5.2%의 온실가스를 의무적으로 감축해야 한다. 대한민국은 2002년 11월에 비준했으며 개발도상국으로 분류되어 아직 법적 의무는 부담하고 있지 않으나 OECD회원국으로서 멕시코와 더불어 온실가스 감축 압력을 받고 있다.

2013년~2017년 의무대상국이 개발도상국에 집중되기 때문에 5월부터 개최되는 대상국 확대 협의에서 한국도 동참을 요구받을 것으로 예상된다. 2002년 IEA(국제에너지기구)의 통계에 따르면 한국의 연간 이산화탄소 배출량은 2000년을 기준으로 했을 때 4억 3400만톤으로 세계 9위이며, 세계 전체 배출량의 1.8%를 차지한 것으로 나타났다. 더욱이 1990년 이후 배출량 증가가 85.4%로 나타나 세계 최고의 증가세를 기록하고 있기 때문에 의무대상국으로 분류될 가능성이 높다.

미국은 전세계 이산화탄소 배출량의 28%를 차지하고 있지만, 자국의 산업보호를 위해 2001년 3월 탈퇴했다.

지구온난화를 유도하는 물질로 감축대상인 가스는 이산화탄소(CO_2), 메탄(CH_4), 아산화질소(N_2O), 불화탄소(PFC), 수소화불화탄소(HFC), 불화유황(SF6)의 6가지이다(서형수 2010).

2. 바이오화학산업의 특징

최근 전 세계적으로 바이오 소재를 이용한 바이오 화학산업을 둘러싼 대표적인 변화추세는

(1) 고령화 사회의 도래와 세대구성 변화에 의한 새로운 소비자 트렌드

(2) 환경문제, 특히 지구온난화의 기후영향

(3) 유통상품의 라이프싸이클 단기화

(4) 지속가능한 발전 및 관련 규제의 강화라고 할 수 있다.

이중 바이오 소재는 지속발전 가능 사회구축, 저탄소 녹색성장의 견인차 역할을 하는 친환경 소재로서 옥수수나 사탕수수 등 식물자원(Biomass)에서 바이오플라스틱을 생산하는 친환경 바이오화학산업이다(성동원 2007).

바이오화학산업중 화이트바이오 범주에 속하는 바이오플라스틱의 특징은 생분해성이며, CO_2(이산화탄소)배출을 저감시키며, 현재 기술 수준에서 석유화학제품 대비 CO_2배출량을 10~100까지 줄일 수 있어 저탄소 녹색성장산업의 핵심산업으로 발전 가능하다(한국화학연

구원 2010).

차세대 성장동력으로 꼽히는 바이오화학산업은 무한한 잠재력을 가진 산업 아이템으로 꼽히고 있는데, 첨단 기술로 꼽히는 바이오 기술은 이미 빠른 기술 발전의 속도에 힘입어 다양한 분야에서 활용되고 있다. 각 바이오 기술은 성격에 맞춰 레드, 그린, 화이트 등 세 가지 색깔로 구분하고 있는데 이 중 가장 눈길을 끄는 것이 화이트 바이오 산업이다.

산업생산 공정에서 효소나 미생물을 이용하는 기술로 친환경 부분에 초점을 맞춘 기술 분야인 화이트 바이오 기술이 최근 각광을 받고 있다.

화이트 바이오 기술은 석유나 석탄처럼 유해물질을 방출하지 않고도 깨끗한 에너지를 생물체에게서 뽑아내는 기술이나 기존의 합성 화학물질 대신 식물과 미생물을 이용해서 실생활에서 접할 수 있는 생활에 밀접한 음식, 연료, 옷감, 플라스틱 등을 생산하는 기술 분야인데, 2006년 시카고에서 개최된 "바이오 2006"에서는 다양한 레드 바이오, 그린 바이오 및 화이트 바이오 신기술이 선보였다. 이중 가장 눈길을 끈 것이 화이트 바이오 기술이었다. 바이오 플라스틱이 이러한 화이트 바이오의 핵심기술의 일종으로 주목을 받고 있다.

화이트 바이오 기술의 발전으로 바이오 기술이 연구실에서 벗어나 산업화되면서 차세대 바이오 시장의 핵심 코드로 등장한 것이다. 전문가들은 이런 화이트 바이오 시장의 발전으로 바이오 제품이 2010년이 1,600억 달러의 시장을 형성하고 매년 10~30% 이상 성장할 것으로 예상하고 있다.

3. 바이오플라스틱 연구개발 배경

전 지구인의 공통 관심사인 환경규제, 석유자원의 고갈 및 수요증가, 기후협약 등은 기존 에너지 및 화학산업 기반의 부품 경쟁력을 점차 약화되고, 다양한 산업용 방청용품, 합성섬유, 수송 및 산업용 플라스틱, 안전한 식품 첨가물, 의약 및 미용용품 등의 합성에 이용 가능, 바이오섬유와 자동차용 내외장재, 벽지 장판 등 건축자재, 의약 식품용 첨가제 등 기존의 석유화학 제품 대부분을 바이오화학 제품으로 대체가 빠르게 진행되고 있다.

최근 몇 년전부터는 기존 생분해성 플라스틱의 단점으로 지적되어 온

(1) 강도, 신장율 등 물리적 특성 및 가공성이 취약한 점

(2) 유통기간에 의한 최종 생분해 기간의 연장 필요성

(3) 기존 제품 대체 및 응용분야 확대 지연

(4) 범용 플라스틱 대비하여 높은 가격

(5) 재활용의 어려움

등을 극복하기 위하여 내열성, 가공성, 내충격성을 보완한 제품들이 출시되고 있다.

또한 기존 바이오 플라스틱의 산업적 활용 분야에는 플라스틱에 바이오매스, 산화생분해제 등을 첨가하여 가공성, 내충격성 등의 물성을 개량한 제품들이 속속 출시되고 있다. 기존 플라스틱의 물성, 가공성, 경제성 측면에서 매우 우수한 장점이 있다.

관련업계에 따르면 최근 들어 국내에도 옥수수 프린터, 옥수수 휴대폰 등 옥수수 전분 및 범용 플라스틱을 이용해 만든 바이오매스 플라스틱

제품이 속속 등장하고 있다. 생체물질을 이용해 만든 바이오 플라스틱은 최근 들어 대표적인 친환경 소재로 꼽히고 있다. 이산화탄소를 배출하는 석유계 플라스틱을 전부 또는 일부 대체하여 아산화탄소 발생량을 저감시켜 주기 때문이다.

이에 따라 앞으로 가격과 강도 같은 문제를 해결하고, 또한 전분 등 식량자원 이외에 비식량계 유기성 폐자원을 활용한 바이오 플라스틱이 미래형 소재로 각광을 받을 것으로 예상된다.

4. 바이오 플라스틱의 개발 현황

4-1. 연구개발 배경

국내 및 해외의 환경인식 변화, 환경 규제 등으로 인하여 바이오 폴리머 경쟁력 강화 요인이 증가되는 가운데, 석유계 플라스틱의 일부 대체가 가능하게 되어 틈새시장을 중심으로 제품 적용이 확대되고 있는 추세이다. 전 지구인의 공통 관심사인 환경규제, 석유자원의 고갈 및 수요증가, 기후협약 등은 기존 에너지 및 화학산업 기반의 부품 경쟁력을 점차 약화되고, 다양한 산업용 방청용품, 합성섬유, 수송 및 산업용 플라스틱, 안전한 식품 첨가물, 의약 및 미용용품 등의 합성에 이용 가능, 바이오섬유와 자동차용 내외장재, 벽지 장판 등 건축자재, 의약 식품용 첨가제 등 기존의 석유화학 제품 대부분을 바이오화학 제품으로 대체가 빠르게 진행되고 있다.

4-2. 연구개발 환경 및 현황

(1) 유럽(EU)

2005년 2월 유럽은 기업들이 섬유 · 플라스틱 제품을 환경친화적으로 생산할 것을 다짐하는 자율협정을 체결하여, 2015년까지 기존 석유기반 고분자의 약 5%가 바이오 플라스틱으로 대체하고, 2020년까지 모든 플라스틱 무독성 재생가능한 플라스틱 및 재생가능자원으로부터 제조된 플라스틱을 제조해야 하는 목표를 세우고 있다. 참여했던 BASF사, Cargill사 등 폴리머 생산시 국제적으로 인정된 표준안을 준수할 것을 선언하고, 6개 자동차 메이커는 최근에 재생가능 및 재활용 가능한 플라스틱 사용을 95%까지 끌어 올리고 있다.

(2) 미국

2000년 '바이오매스 R&D(연구개발)법'을 제정하여 일반 플라스틱 제품시장은 원료까지 포함해 총 4,380억$를 상회, 친환경시장 수요가 본격적으로 발생하면 시장규모가 급성장할 것임. 전체시장 대비 점유율은 아직 미미하지만 연간 약 16%의 성장. '12년에는 물량으로 7억 2,000만 파운드로 8억 4,500만$의 금액에 달할 것으로 예상하고 있다. 바이오 플라스틱 시장은 경기침체에도 불구, 시장규모가 급성장할 것으로 전망. 플라스틱 식품 용기의 경우 다른 여타 소비재 제품에 비해 아직도 많은 미국산 제품이 유통되고 있으며 중국산 제품도 점차 증가하고 있는 상황이다.

기업 현황은 NatureWorks사는 C3 플렛폼 화합물인 젖산을 이용해 PLA를 대량생산하는 세계적 기업으로 성장하였고, Tupperware사는 시장에 많은 저가 제품이 있으나 고품질의 고가 전략을 통해 소비자에게 가장 큰 가치를 제공할 수 있는 방법을 모색, 제품 및 디자인 및 소재 개발에 더욱 박차를 가하고 있다.

(3) 일본

일본은 '02년부터 '바이오매스 종합전략'을 추진하며 연구개발 및 상용화에 주력하고 있다. 순환형 사회에의 이행과 더불어 공급자의 체제 정비 및 용도확대를 배경으로 '10년대 후반에는 플라스틱제품 시장의 20% 정도가 바이오 플라스틱으로 대체될 것으로 예측하고 있다.

가전제품 메이커도 바이오매스 플라스틱을 적극적으로 활용하여 소니는 DVD 플레이어의 프론트 패널에 미쓰비시 수지제의 생분해성 플라스틱을 사용, 후지쓰는 컴퓨터 포장용기에 PLA와 폴리카보네이트의 혼합재를 사용하고 있다.

토요타에서는 원료에서 제품까지를 망라해 바이오 소재개발에 노력하고 있으며, 1998년에 미쓰이 물산과 공동으로 인도네시아에 고구마 농장을 만들어 전분 확보 기술 연구에 착수하였고, 2002년에는 시마즈 제작소의 폴리유산 사업을 양도받아 '04년 연간 생산능력 1천 톤의 폴리유산 실증 플랜트를 완성하였다. 미쓰비시 자동차는 '03년부터 바이오 소재를 활용한 내장재 개발을 추진하여, 2007년 PLA와 석유계 수지를 조합한 플로어 매트 및 범퍼 등의 외장 부품 개발에 주력하고 있다.

(4) 국내

국내 산업 현황을 살펴보면 현재 국내시장은 아직 매우 빈약한 실정으로, 주로 생분해성 고분자를 중심으로 시장이 형성, 특히 전분계와 셀룰로오스계 등 천연 고분자와 PBS와 같은 지방족 폴리에스터 등을 중심, PLA를 중심으로 한 바이오 플라스틱의 시장이 형성되고 있다.

기획재정부로부터 바이오화학 실용화센터 건립 기본 및 실시 설계비 5억 원이 2010년 예산에 반영돼 2010년 1월부터 사업을 시작하였으며, 테크노산업단지 안에 총 300억 원을 투입해 '11년부터 바이오화학 실용화센터 건립공사에 들어가 2012년 완공한다는 계획이다. 바이오화학 실용화센터가 건립되면 2020년 생산 규모 12조 5,000억 원과 세계 시장 5% 점유, 고용창출 4만명 등의 성과를 기대되며, 2025년까지 8~10%대의 관련 산업 성장과 이산화탄소(CO_2) 배출량 10~70% 저감 등 실질적인 저탄소 녹색성장산업이 될 것으로 전망하고 있다.

국내 연구 현황은 관련업체에서 기존의 전분계 고분자와 지방족폴리에스터를 중심으로 한 생분해성 고분자의 생산을 위한 R&D를 꾸준히 지속, 전분계 고분자를 중심으로 신규 바이오 플라스틱을 생산하고자 하는 기업들이 증가하고 있다. 또한 바이오매스 플라스틱 분야에서는 휴대폰, 식품포장재, 탄소저감형 건축자재, 화장품 포장재, 농원예용 자재, 문구 화일류 등을 중심으로 시장이 팽창하고 있다.

생분해 플라스틱의 경우 석유계 수지 대비 상대적으로 높은 가격, 낮은 기계적 물성, 낮은 내구성 등을 극복하는 기술개발이 필요하며, 또한 비곡물 자원으로부터 유산 단량체를 확보하는 기술개발이 필요한 상황이며, 비식량계 자원을 활용한 저가 당 소스 확보기술, 유산 발효기술, 폴리유산 중합기술, 물성향상 블렌드, 컴파운딩 기술 및 부품 성형 기술 개발이 완성되는 시점에서 국내 바이오 소재 생산 자립화 및 다양한 부품소재 적용이 이루어 질 것으로 예상된다.

5. 바이오 플라스틱의 소개

바이오 플라스틱이란 바이오매스와 같은 생물

〔표 1〕 바이오 플라스틱 용어 및 개념변화 추이

2000년대 초반	2000년대 중반	최 근
친환경 플라스틱	친환경 플라스틱	친환경 플라스틱
· 생분해 플라스틱	· 생분해 플라스틱	· 생분해 플라스틱
· 생붕괴 플라스틱	· 복합분해 플라스틱	· 바이오매스 플라스틱
· 광분해 플라스틱	· 광분해 플라스틱	· 자연분해 플라스틱

* 친환경 플라스틱 =〉 그린 플라스틱 =〉 바이오 플라스틱 =〉 환경 배려 플라스틱(진행중)
* 친환경 포장재 =〉 에코 패키징 =〉 환경 배려 포장재(진행중)

〔표 2〕 바이오 플라스틱의 종류별 특징 비교

구 분		바이오 플라스틱			일반 플라스틱
		생분해 플라스틱	바이오매스 플라스틱	자연분해 플라스틱	
바이오매스 함량		-50~90%이상	-25% 이상	-제한 없음	-
경제성		-원료가격 고가 420~600만원/톤 -성형가공비 상승	-원료가격 중저가 220~350만원/톤 -성형가공비 저렴	-원료가격 중저가 -성형가공비 저렴	-원료가격 중저가 최근 상승세 -성형가공비 저렴
규격기준	국제규격	-ISO 14555	-ISO 472	-	-
	미국	-ASTM 6400	-ASTM 6954	-	-
	일본	-JIS K 6953	-협회 단체규격	-협회 단체규격	-
	한국	-KSM 3100-1	-	-	-
장점		-생분해 우수 -탄소저감 우수	-분해기간 조절가능 -탄소저감 우수	-강도, 물성 우수	-생산성 우수 -강도, 물성 우수
단점		-고가, 물성 저하 -유통중 분해가능성 -설비투자 필요	-생분해 속도 느림 -강도, 내수성 문제가능성	-직사광선 필요 -필름만 적용가능	-환경오염(난분해) -유해물질 가능성
재활용도		-재활용 어려움	-우수	-우수	-우수
환경적 측면		-탄소저감 우수	-탄소저감 우수	-탄소저감 보통	-탄소저감 열악
생분해 기간		-3~6개월	-1~5년(조절 가능)	-자료없음	-100~300년

자원을 이용하여 제조된 바이오 기반 고분자를 말하고 있는데 친환경 플라스틱, 그린 프라스틱, 환경 배려 플라스틱 등으로 불리우고 있다.

최근에는 "석유 기반 고분자를 포함한 바이오매스 유래 고분자의 총칭"으로 사용되고 있다. 기존의 생분해성 고분자, 산화생분해 고분자, 자연분해 고분자를 포함하고 있으며, 매우 다양한 종류가 포함된다. 〔표 1〕에는 바이오 플라스틱 용어 및 개념변화 추이를 나타내었다.

바이오 플라스틱의 중요성은 생분해성 보다는 이산화탄소 발생량 저감에 있으며, 탄소중립(Carbon Neutral) 개념에 의해서 그 중요성이 잘 나타나고 있다. 이는 현재 사회적 이슈가 되고 있는 지구 온난화현상의 주범이 이산화탄소

라는 점과, 지구온난화를 막기 위해서 이산화탄소 발생량을 줄여야한 만다는 사회적 요구를 잘 반영한 고분자 소재이다(한국화학연구원 2010). 〔표 2〕에 생분해성 플라스틱, 바이오매스 플라스틱, 자연분해 플라스틱 고분자 및 플라스틱 고분자의 특징을 비교하였다.

5-1. 바이오 플라스틱이란?

바이오 플라스틱이란 탄소저감, 인체무해소재를 지칭하는데, 일부에서는 분해성 플라스틱을 포함시키기도 한다. 분해성에는 생분해성, 산화생분해성(또는 화학적 분해), 광분해성, 붕괴성을 총칭하는 개념으로 성형품, 포장재, 위생용품, 농업용품 등으로 사용한 플라스틱을 폐기시에 소각처리 하지 않고 단순히 매립함으로 위의 범주에서 1가지 이상의 분해기능에 의해서 수개월 내지 수년이내에 물, 이산화탄소, 메탄가스, 바이오매스 등으로 완전 분해되는 플라스틱을 말한다. 이중 붕괴성의 경우는 분해되는 300~500년 소요되는 기존 난분해성 플라스틱보다는 분해가 빠르지만 자연계에서 분해되는 기간이 50~100년 정도 소요되는 이유로 분해성 플라스틱의 범주에 포함시키지 않는 경우가 많다(패키징센터 2010).

바이오 플라스틱은 사용 중에는 일반 플라스틱과 유사한 기능(강도, 내수성, 성형가공성, 내열성 등)을 갖는다. 자연계에서 미생물의 활동에 의하여 고분자 화합물이 절단되고 저분자화합물에 의해 변화하는 과정을 통하여 최종적으로는 물과 이산화탄소 등 환경에 악영향을 끼치지 않는 무기물로 분해되는 플라스틱을 말한다(KISTI 2010).

이중 퇴근의 바이오매스를 이용한 산화생분해 개념을 포함되어 진행중인 플라스틱 대체품으로서의 바이오 플라스틱은

(1) 천연물질인 전분 등을 PE, PP 등 범용 플라스틱 또는 PLA, PCL 등 개발된 생분해성 플라스틱을 혼합하여 제조하는 탄소 저감형 플라스틱

(2) 젖산 또는 락타이드로 부터 화학적 촉매 효소에 위한 고리 열림 반응을 통하여 합성한 폴리락타이드

(3) 입실론-카프로락톤 및 기타 디올 디액시드 계열의 지방족 폴리에스테르계

(4) 볏집, 밀대, 톱밥, 폐지 등을 이용하여 압축성형시킨 천연물계

(5) 종이, 펄프 등을 이용한 펄프계

(6) 범용 플라스틱, 생분해수지, 분해촉진제, 산화제, 상용화제 등을 이용한 산화생분해계

제품이 있다. 플라스틱 자체를 산화분해시키는 제품은 PE, PP 등 범용 플라스틱을 분해할 수 있는 분해제, 산화제를 포함하여 제조한 제품이 사용되고 있다.

식물체, 생분해성 수지 등 바이오매스를 이용한 플라스틱 대체품은 품질은 우수하지만 가격이 높은 것과 가격은 저렴하지만 가공성, 성형성 등 품질이 우수하지 못한 것의 2가지 중 하나에 속하며 PLA, 폴리에스테르계 생분해성 플라스틱 수지는 전자에 전분계, 펄프계, 천연물계, 산화생분해계 플라스틱은 후자에 속한다.

바이오 플라스틱은 재활용이 가능할 뿐만 아니라 매립시 분해가 가능하며 소각시 다이옥신 등의 유해물질 배출이 없고 열량은 4000~7000kal로 범용 플라스틱과 비교하면 현격히 열

량이 낮고 소각로를 손상시키는 리스크도 억제할 수 있다. 참고로 범용 플라스틱에서는, 가장 연소 열량이 적은 폴리에틸렌에서도 11,000kal 열량을 발생한다.

5-2. 바이오매스 정의 및 원천

5-2-1. 바이오매스 정의

바이오매스(biomass)는 화학적 에너지로 이용되는 생물을 가리키는 단어로 땔나무, 숯, 생물의 기체 등이 포함된다.

사전적 의미는 식물이나 미생물 등을 에너지원으로 이용하는 생물체를 말하며, 지구상에서 1년간 생산되는 바이오매스는 석유의 전체 매장량과 맞먹어 적정하게 이용하면 고갈될 염려가 없는 이점이 있다. 그러나 포괄적 의미로는 에너지 전용의 작물과 나무, 농산품과 사료작물, 농작 폐기물과 찌꺼기, 임산 폐기물과 부스러기, 수초, 동물의 배설물, 도시 쓰레기, 그리고 여타의 폐기물에서 추출된 재생 가능한 유기 물질을 통틀어 말하기도 한다.

5-2-2. 바이오매스 원천

일반적으로 대기중의 탄소가 광합성에 의해 고정된 식물자원, 미생물 대사산물 등 말하지만, 산업용 플라스틱 원료차원에서는 기존의 생분해 플라스틱을 바이오매스 원천의 범주에 포함시키고 있다.

(1) 초본 에너지 작물

다 자라는데 2~3년이 소요되고 매년 수확이 가능한 다년생 작물로 스위치그래스(switchgrass), 미스컨터스(코끼리풀이나 부들), 대나무, 사탕수수, 벼과의 톨페스큐, 코치아, 개밀 등이 있다.

(2) 짧은 주기의 목본 작물

5~8년이면 수확할 수 있는 속성의 활엽수로서 잡종 포플러, 잡종 버드나무, 은단풍, 미루나무, 녹색 물푸레나무, 검정호두나무, 풍나무, 시카모어(플라타너스) 등이 있다.

(3) 산업작물

특정 산업의 화학물질을 생산하기 위해 개발 조성되는 작물로서, 섬유질 추출용 커넵(양마)과 짚류, 리시놀산 추출용 피마자 등이 있다.

(4) 농작물

대개 당류, 기름, 그리고 플라스틱이나 다른 화학물질들을 만드는데 사용될 수 있는 여러 추출물 등을 산출하는 것으로 현행 유통중인 생산품과 미래에 새롭게 개발될 상품의 성분을 포함하는 작물로 옥수수 전분 및 옥수수유; 대두유과 대두가루; 밀전분, 기타 식물유를 말한다.

(5) 수중 바이오매스 자원

조류, 대형 해조류, 그 외 해초와 해양 미생물 등이 있다.

(6) 농업 작물 찌꺼기

추수되지 않거나 상업적인 유통과 거리가 먼 줄기나 이파리로서 옥수수대(줄기, 이파리, 껍질, 알맹이), 밀짚, 볏짚 등이 있다.

(7) 임업 폐기물

미리 솎아내고 죽은 나무를 제거하는 등의 수림 관리 작업에 의해 만들어지는 것 뿐 아니라 상업용의 침엽수, 활엽수 중 벌채되지 않았거나 벌목장에서 제외된 수림이 포함된다.

(8) 도시 쓰레기

주거, 상업, 산업용의 이미 소비된 쓰레기로서 폐지, 판지, 폐가구, 작업장 쓰레기, 플라스틱 폐

기물 등이 있다.

(9) 부산물과 폐수

바이오매스 전과정에 걸쳐서 생겨나는 바이오매스 공정 폐기물로 총칭되는 부산물과 폐수로서 예를 들면 제품이나 종이를 만들려는 목재 처리 과정에서 생겨나는 톱밥, 나무껍질, 가지, 이파리의 집적 등이다.

(10) 기타

농장이나 육류 가공 작업에서 생겨나는 쓰레기, 에너지를 포함한 여러 제품을 만드는데 사용될 수 있는 것이 있다.

최근에는 무한자원에 속하는 1년생 작물, 해조류, 산업 폐기물을 사용하는 경우가 많고, 식용자원인 전분을 사용하는 것보다 비식용계 유기성 폐자원을 이용한 연구개발이 매우 활발하다.

6. 바이오 플라스틱 주요 사용 분야

합성수지의 가장 큰 강점은 강한 물리적 내구성, 생산성, 저렴한 가격, 특히 극한 조건의 자연환경에서도 변화되지 않는 제품의 화학적 안정성이다. 이러한 화학적 안정성은 환경이라는 측면에서는 단점으로 작용하기도 한다.

6-1. 바이오 플라스틱의 주요 용도

본격적인 시장의 출현을 앞두고 클로즈업되는 것이 용도이다. 이산화탄소 저감 및 폐기후 흙으로 되돌아가는 특성을 살리는 분야에 사용하지 않으면, 종래대로 소각-매립 처리를 하게 되어 비용적으로도 맞지 않을 뿐만 아니라 일회용 소비를 조장할 위험으로까지 이어진다. 폐기후의 처리방법까지 종합적으로 고려한 바이오 플라스틱 제품이 아니고서는 의미가 없다. 석유제품의 전철을 밟지 않기 위해서도 바이오 플라스틱제품은 시스템화가 요구된다.

6-1-1. 일반 환경 분야

- 농수산분야 : 이식용 육묘포트, 낚시용품(미끼통 등), 멀칭 필름, 화분, 낚싯줄, 어망 등
- 토목 건설 자재 : 단열재, 산간 바닷속 등의 회수 곤란한 토목 공사의 형틀, 토사 붕괴 방지재, 황무지 사막의 녹화용 네트, 공사용 등의 보수(保水) 시트, 식재용 네트 등
- 야외 레저 제품 등 : 골프, 낚시, 해양 스포츠, 등산 등의 일회용품
- 각종 포장재 : 화장품 몰드, 의약품 용기, 선물세트용 몰드류, 전자제품 포장재, 완충재 등

6-1-2. 사용 후 회수 재이용이 곤란한 분야

- 식품 포장용기, 필름류 : 생선 식품의 받침용 트레이, 인스턴트 식품 용기, 패스트 푸드 용기, 도시락, 컵라면 등 면류용기, 일회용컵 등
- 위생 용품 : 종이 기저귀, 생리 용품 등
- 사무용품, 일용품, 문구 잡화류 등 : 펜케이스, 일회용 면도기, 연습용 탄피(비비탄 등), 장난감, 일회용 주사기, 면도기 등

6-2-3. 특수 용도 분야

- 서방성 : 의약품, 농약, 비료 등 서방성 제재, 기능성 멀칭필름 등
- 생체내 분해 흡수성 : 수술용 봉합사, 골절 고정재, 의료용 필름, 의료용 부직포 등
- 산소 차단성, 내수성, 광차단성 : 식품용 포장 필름, 음료용 팩의 내부 코팅 등

7. 에코패키징의 범주

바이오 소재를 사용한 에코패키징의 범주는 매우 광범위하지만 일반적으로 4R로 분류하고 있다. 최근에는 재활용(Recycle)+디자인(Design)을 합한 개념인 리자인(Resign)을 포함하여 5R로 분류하는 경향이 있으나 아직 일반적이지는 않다. 국내외 각국의 환경정책의 우선순위는 (1) 1순위 감량(Reduce), (2) 2순위 재활용(Recycle), (3) 3순위 재사용(Reuse), (4) 4순위 소재대체(Replacement)의 순서이다. 여기서 소재 대체는 기존 생분해 개념인 전부 대체에서, 바이오매스 개념인 일부 대체(25% 이상)으로 전환되고 있는 실정이다.

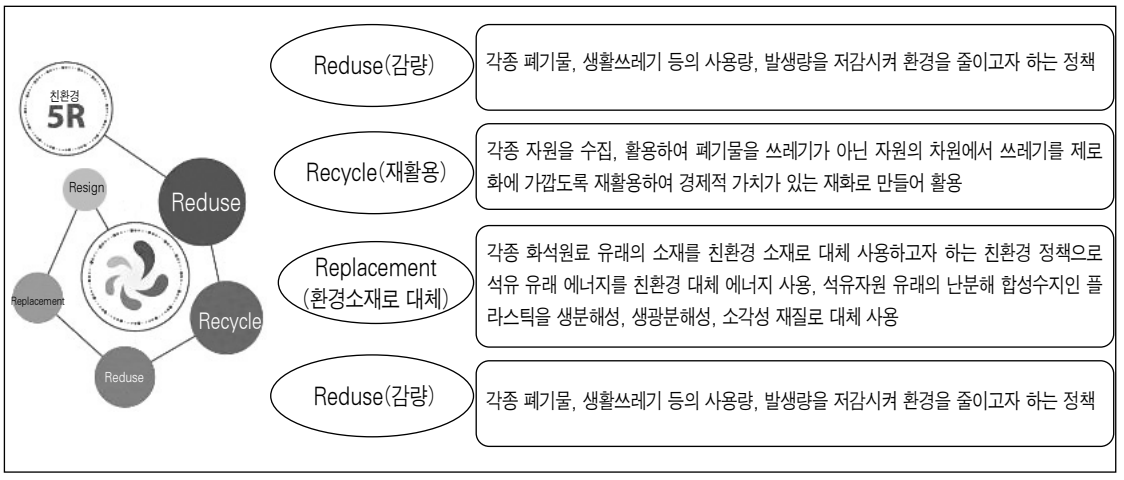
8. (사)한국바이오소재패키징협회

국내외적으로 녹색성장, 이산화탄소 저감, 지구온난화 등이 화두가 됨에 따라 디자인 산업과 함께 고부가가치지식산업으로 인식되고 있는 에코 패키징 산업을 활성화를 위해 2006년부터 콘소시움을 구축하여 추진이 되어 오던 협의회를 2010년부터 설립추진을 하여 2011년 1월 7일 지식경제부의 설립허가를 받았다(지식경제부 공고 제2011-14호).

협회는 기본적으로 회원 상호간의 정보교환을 통한 협력도모 및 권익보호, 회원간의 기술혁신 및 경쟁력강화로 바이오패키징소재산업의 육성 및 고용증대, 바이오소재 패키징 연구 개발, 산업화 적용, 제품 생산을 통한 국내산업 활성화, 바이오소재의 국내외 현황 조사연구 및 공동사업 추진 등을 통한 중복투자 방지, 바이오 소재 패키징과 관련된 국내외 기준, 규격, 인증 등 정보수집, 대응 및 전파사업 등을 추진해 나갈 방침이다.

친환경 바이오 소재를 패키징에 적용하고 있는 국내업체는 바이오 소재 관련 정보, 업체 및 기술 시장 동향 정보 부재로 해외시장진출, 친환

〔그림 1〕 에코 패키징의 범주



경 사업에 어려움을 겪고 있는 문제점이 있는 현실을 직시하고 이에 대한 대안을 제시하고 있다. 전세계적으로 에코 패키징의 패러다임은 바이오매스 플라스틱으로 바뀌고 있는 현실에서 한국은 규격 기준이 없어 국내 산업 발전의 저해 요인으로 작용하고 있어 이에 대한 해결책을 준비하고 있다.

협회의 설립 목적은

ㅇ 녹색산업, 저탄소 녹색성장 등 대국민 캠페인, 홍보, 계도 및 봉사활동

- 대국민 캠페인 등을 통한 친환경적 삶의 질 향상에 기여

- 사회적 취약계층에 대한 봉사활동, 일자리지원 등 사회적서비스 제공

ㅇ 선진국 주도로 진행중인 바이오소재, 패키징 국제 기준, 규격, 인증 등 작업 : 협회 주관 단체규격 제정 및 운영

ㅇ 수입에 의존중인 친환경 원료 소재 사업을 독자적인 국내기술 개발로 추진

- 국산화 추진 : 수입 대체 및 해외 수출

- 국내 산업 기반 강화 및 국내 산업 활성화 추진

- 국내외 정보수집, 조사 분석을 통한 국내 기업 지원

ㅇ 친환경 프라스틱 소재 및 패키징의 기술적 사항, 공동생산, 기술 지원

ㅇ 환경보전과 지속가능사회 구축에 기여하여 바이오소재 패키징산업 육성

ㅇ 바이오플라스틱의 국내외 현황 조사연구, 정보교류 및 공동사업 추진 등을 통한 회원 권익 증진

ㅇ 회원 상호간의 정보교환을 통한 협력도모 및 권익보호

ㅇ 회원간의 기술혁신 및 경쟁력 강화로 바이오패키징 소재 산업의 육성 및 고용증대

ㅇ 바이오소재 패키징 연구 개발, 산업화 적용, 제품 생산을 통한 국내산업 활성화

ㅇ 바이오소재의 국내외 현황 조사연구 및 공동사업 추진 등을 통한 중복투자 방지

특히 2011년 협회의 3대 중점 사업은 해외수입에 의존 중인 (1) 친환경 바이오패키징 소재를 독자적인 국내기술로 개발 추진, (2) 바이오프라스틱 소재 및 패키징의 기술적 사항, 공동생산, 기술 지원, (3) 국내의 바이오매스 플라스틱 기준, 규격 준비이다.

II. 결론

바이오 플라스틱에 적용된 탄소중립(Carbon Neutral) 개념은 "바이오매스로부터 제조된 바이오 플라스틱은 사용후 분해과정에서 이산화탄소 발생를 저감시키게 되어 환경 친화적이며, 이러한 점이 기존 석유계 플라스틱과 다른 점이다.

2013년 발효된 교토의정서에 따른 탄소세 도입은 이산화탄소 발생 문제가 환경오염 방지 차원에서 경제적인 문제로 발전되고 있으므로, 이산화탄소 발생하는 기존 석유계 플라스틱은 탄소세 도입으로 시장에서 경제적인 가격 경쟁력이 약해질 가능성이 크다. 반면에 바이오 플라스틱의 시장 경쟁력은 증가할 추세이고, 또한 최근 급격히 발전하는 바이오 플라스틱 기술을 감안한다면 바이오 플라스틱의 미래는 매우 밝다고 할 수 있다. ko