



바이오플라스틱 및 인증라벨 현황

Trend of Bio Plastic Industry

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

1. 서론

바이오플라스틱은 바이오매스(Biomass)를 원료로 사용하여 제조한 고분자 플라스틱을 말한다. 기존의 바이오 플라스틱은 생분해성에 초점이 맞추어져 생분해성 특성을 가진 고분자를 바이오 플라스틱이라고 하였으나, 최근에는 생분해성 플라스틱과 바이오 베이스 플라스틱으로 나누어지고 있다. 이전 생분해성 플라스틱의 단점으로 지적되어 온 (1) 내열성, 가공성, 내충격성 등 물성 약화, (2) 가격 경쟁력 확보, (3) 가공기술 개발, 응용분야 확대 지연, (4) 조기 생분해에 의한 유통 중 클레임 가능성을 극복하고, 탄소 중립(Carbon neutral) 측면에서 바이오 베이스 플라스틱의 개발이 활발하고, 이들 바이오 베이스 플라스틱은 가전제품, 자동차 분야, 문구 파이프, 농원에용품, 포장재, 일회용품 등 다양한 산업 분야에 적용이 활발하다.

특히 고추장, 된장, 김치, 젓갈, 치즈, 발효유 등 발효식품 포장재의 경우 제품 중에 미생물이 살아 있는 경우가 있고, 유통기한이 길기 때

문에 생분해 기간을 장기화할 필요가 있다. 또한 유통 중 및 보관중 이산화탄소 등 가스 발생 우려가 있는 농산물, 수산물, 식품류 등은 포장재에 숨쉬는 기능 등 유사 생체막 기능 부여가 필요한 실정이다. 또한 농업분야에서는 비바람에 노출되고, 햇빛, 토양 수분, 토양 미생물, 토양유기물과의 접촉 등에 의해 약 9개월 내외의 작물 생육 기간내에 잡초 방제 등 원하는 기능을 유지하기 어려운 형편이다.

현재 바이오 플라스틱 생산기술이 계속 발전하고 있고, 이에 비하여 가격 경쟁력도 강화되고 있어 급속한 시장 확대도 기대할 수 있는 수준이다. 석유계 플라스틱의 생산단가는 kg당 1.7~2달러 수준인 반면, 생분해 플라스틱인 PLA, 지방족폴리에스터, TPS, PHB 등은 kg당 4~5달러 수준이다. 또한 바이오 베이스 플라스틱은 약 2~2.5달러 수준을 유지하고 있다.

플라스틱 소재는 다양하고 우수한 기능 및 저렴한 가격으로 현대인의 풍요로운 일상생활과 산업발달에 큰 공헌을 해 온 반면 대량으로 발생되는 각종 폐비닐, 스티로폼, 플라스틱 용기 등

의 조각이나 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 생분해성이라는 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 생분해까지 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 규제

는 플라스틱 산업의 성장에 걸림돌로 작용할 것으로 본다.

이에 국내 플라스틱 산업은 이러한 외부의 도전을 극복하고 이를 디딤돌로 삼아야 한다. 오히려 이러한 어려움을 이산화탄소 저감, 휘발성 유기화합물 저감, 생분해성, 4대 중금속 저감, 환경호르몬 저감 등 인체 무해성, 추가 기능성을 부여한 기술 및 제품 개발, 상용화 추진, 원가절감 등을 통하여 새로운 도약의 기회로 모색해야 할 필요가 있다(정명수 등 2008). 또한 국내 고분자 플라스틱 산업발전 및 환경부하 저감을 위하여 탄소 중립형 바이오매스를 사용한 만큼 폐기물 부담금을 감해주는 법안 제정이 시급한 실정이다.

바이오 플라스틱의 2008년 20만톤(7.93달러) 규모를 형성하였으며, 2013년에는 90만톤(26억달러) 규모로 급격한 수요확대가 예상되고 있다.

이 중 전통적인 바이오 플라스틱으로 알려진 생분해성 플라스틱은 17.7만톤에서 31.5만톤으로 약 1.8배 성장할 것으로 예상되지만, 탄소 저감 측면이 더욱 강조되고 있는 바이오 베이스 플라스틱 시장은 2.3만톤에서 58.5만톤으로 2.5배 이상의 폭발적인 성장이 예상되고 있다. 이는 현재에는 시장 진입이 미미한 Bio-PE, 탄소저감형 고분자, 식물체 바이오매스를 직접 적용한 바이오 베이스 플라스틱의 본격적인 시장 진입이 이루어지기 때문으로 분석된다(이준우 등, 2011).

최근 바이오 플라스틱과 관련한 지식재산권을 선점하기 위한 선진국과 국내 대기업 및 중소기업 등의 출원이 급증하였다.



최근에는 중소기업 위주로 특히, 기술 개발, 상업화가 재편되어 가고 있는 실정이다. 특허청에 의하면 “선진국에서는 이미 바이오 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 생분해성 고분자, 탄소저감형 바이오 베이스 플라스틱 등 친환경 고분자 물질이 출시되었고, 이 중 일부는 실용화 단계까지 도달하여 있다(유영선 2012).

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 OECD 회원국으로서 멕시코와 더불어 온실가스 감축 압력을 받고 있다.

2013년~2017년 의무대상국이 개발도상국에 집중되기 때문에 5월부터 개최되는 대상국 확대협약에서 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(CO₂), 메탄(CH₄), 아산화질소(N₂O), 불화탄소(PFC), 수소화불화탄소(HFC), 불화유황(SF₆)의 6가지이다(서형수 2010).

2. 바이오 화학산업의 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 라이프사이클 단기화
- (4) 지속가능한 발전 및 관련 규제의 강화라고 할 수 있음

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

바이오 화학산업중 화이트바이오 범주에 속하는 바이오 플라스틱의 특징은 분해성이며, CO₂(이산화탄소)배출을 저감시키며, 현재 기술 수준에서 석유화학제품 대비 CO₂ 배출량을 10~100까지 줄일 수 있어 저탄소 녹색성장산업의 핵심산업으로 발전 가능하다(한국화학연구원 2010).

차세대 성장동력으로 꼽히는 바이오 화학산업은 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 세 가지 색깔로 구분하는데, 의약 분야의 레드 바이오, 농원에 분야의 그린 바이오, 산업용품 생활용품 분야의 화이트 바이오이다. 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 유해 물질을 방출하지 않고도 깨끗한 에너지를 생물체에게서 뽑아내는 기술이나, 기존 합성 화학 물질 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.

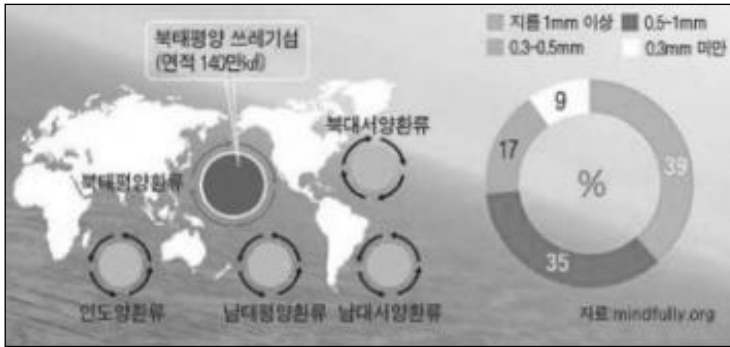
3. 바이오 플라스틱 연구개발 배경

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 건



특 점

[그림 1] 전 세계 해양에 떠 있는 다섯 개 쓰레기섬과 플라스틱 조각 크기



축자재, 의약 식품용 첨가제 등 기존의 석유화학 제품 대부분을 바이오화학 제품으로 대체가 빠르게 진행되고 있다.

바다 한가운데에는 플라스틱 쓰레기 잔해들이 떠밀려 Plastic Island(플라스틱 섬)이란 새로운 섬을 형성, 현재 5개의 플라스틱 섬이 존재하는 것으로 알려져 있으며 해양 오염, 생태계 파괴 등의 문제가 매우 심각한 수준이다.

○미국의 찰스 무어 선장이 1997년에 태평양을 횡단하던 중 플라스틱 쓰레기 더미를 발견하면서 연구가 시작되었으며 이의 면적은 태평양 면적의 8% 이상을 차지하고 있다.

- 2011년 일본 쓰나미 사태 때 발생한 엄청난 양의 쓰레기까지 합류하게 되면 섬의 면적은 더욱 커질 것으로 예측되고 있음

- 바다에 떠다니는 플라스틱 조각은 해양 오염을 초래할 뿐 아니라 바다 생물들이 이를 먹이로 오해하여 섭취하는 사례가 증가하고 있다. 태평양 거대 쓰레기더미(Great Pacific Garbage Patch, GPGP) 주변 지역에서 잡힌 어류를 조사한 결과 35%의 물고기 뱃속에 미세플라스틱이 있음을 확인하였다(뉴시스, '바

다쓰레기 · 쓰레기바다, 인간을 공격하다' (2011. 5. 31.)).

이러한 문제점을 더 이상 발생하지 않도록 하기 위해서는 지금부터라도 난분해성 플라스틱 사용을 줄이는 것이 시급한 실정이다. 바이오 플라스틱 사용의 권장과 함께 흙에서 뿐만이 아니라 해

수에서도 분해가 가능한 바이오 플라스틱 소재의 개발이 이루어져야 할 필요성이 증대되고 있다 (생명연, 2012, <http://blog.naver.com/dualgundam?Redirect=Log&logNo=30107014053>).

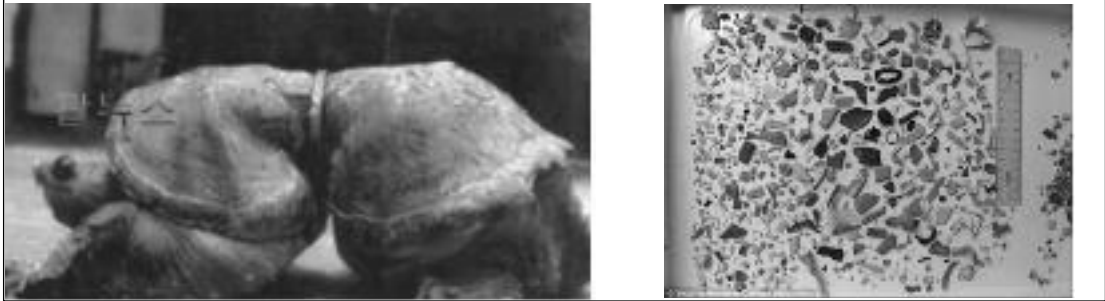
최근 몇 년전부터는 기존 생분해성 플라스틱의 한계점으로 다음과 같은 사항이 지적되어 왔다.

- (1) 강도, 신장율 등 물리적 특성 및 가공성이 취약한 점
- (2) 유통기간중 생분해 방지를 위한 최종 생분해 기간의 연장 필요성
- (3) 기존 제품 대체 및 응용분야 확대 지연
- (4) 범용 플라스틱 대비하여 높은 가격
- (5) 재활용의 어려움

이를 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.

[그림 2] 바다거북, 바다거북 몸속에서 나온 317개 플라스틱 조각



관련업계에 따르면 최근 들어 국내외에서 옥수수 프린터, 옥수수 휴대폰, 플랜트 바틀, 자동차 분야의 바이오카 등 바이오매스 및 범용 플라스틱을 이용해 만든 바이오 베이스 플라스틱 제품이 속속 등장하고 있다. 생체물질을 이용해 만든 바이오 플라스틱은 최근 대표적인 친환경 소재로 꼽히고 있다. 이산화탄소를 배출하는 석유계 플라스틱을 전부 또는 일부 대체하여 이산화탄소 발생량을 저감시켜 주기 때문이다.

이에 따라 앞으로 가격과 강도 같은 문제를 해결하고, 또한 전분 등 식량자원의 사용을 자제하고 농업부산물, 식품공장 등 산업부산물, 도시 쓰레기 등 비식량계 유기성 폐자원을 활용한 바이오 플라스틱이 미래형 소재로 각광을 받을 것으로 예상된다.

4. 바이오 플라스틱의 개발 현황

4-1. 국내 기술개발 동향

우리나라의 바이오 플라스틱 기술에 대한 연구는 선진국 수준에는 현저히 못 치는 것으로 평가되어, 원천 기술개발의 저변 확대가 필요하다. 또한 우리나라의 생분해성 제품의 관련 규

격기준은 표준물질 대비 90%로 미국, 일본의 60%에 비해 지나치게 엄격하여 생분해 원천기술을 확보하지 못한 국내 기업은 대부분 채산성이 맞지 않아 대부분 사업화를 중단하고 있는 실정이다. 이에 따라 국내 규격 기준을 완화한 30% 생분해성 물질을 첨가한 생분괴성 플라스틱 규격 기준을 마련하여 종량제 봉투 등에 적용하였으나 인장, 신장 등 물성이 약하고, 생산성이 부족하여 현재는 사업화 되지 않고 있다. 이에 따라 최근 탄소 저감형 바이오 플라스틱인 Bio-PP, Bio-PE, Bio-PTT, Bio-PA, Bio-PET 등 새로운 소재 및 제품이 개발되어 급속히 산업화 되고 있다.

바이오 플라스틱의 기술 개발 및 실용화를 위해 초창기 국내에서는 SK, 대상, SK케미칼, 호남석유화학, 한화, 이대화학, 새한 등이 참여하여 왔으나, 최근에는 기존 대기업 등 참여업체 등이 시장규모 협소로 위한 사업 보류, 해외에 비하여 너무 높은 생분해 제품 관련 환경마크 인증규격, 바이오매스 제품 원천기술 개발 미흡 등으로 인한 사업 중단, M&A 등에 의해 많이 정비가 되어 가고 있는 현상이 눈에 띈다.

현재 바이오 플라스틱 제품을 취급하고 있는



특 집

[표 1] 종류별 바이오 플라스틱 특징 및 개발 업체

구분	천연고분자	생분해 플라스틱	바이오 베이스 플라스틱
제조 방법	- 볏짚, 왕겨, 옥피 등 고압 압축성형 - 전분 발포성형	- 화학적생산, 미생물발효 - 진공성형, 사출성형 등	- 산화생분해제, 분해촉진제 생분해 수지, 합성수지 - 진공성형, 사출성형 등
특징	- 내수성 보완 필요 - 제조설비 제작필요 - 원료저렴 - 제조원가 고가	- 가공성 우수 - 인장강도, 내습성 우수	- 플라스틱 자체를 분해 - 열분해, 화학분해, 생분해 우수 - 인장강도, 내습성 우수
업체	- 울촌화학, 대상, 바이오소재연구소, 에이팩, 노바몬트, 어쓰셀, BPI 등	- 삼성종합화학, SK, 네이처웍스, 소화고 분자, UCC, BASF, TELLS 등	- 에이유, 바이오소재연구소, 롯데케미칼, SK케미칼, EPI, 심포니 등
제품	- 용기, 트레이 - 건축자재 등	- 원료, 용기, 트레이 - 필름, 사출품 - 기타 응용제품 가능	- 원료, 용기, 트레이 - 필름, 비닐 등 - 기타 응용제품 가능

업체는 기술력 기반의 전문업체로서 전분 발포, 생분해, 바이오 베이스 제품을 제조 판매하는 바이오소재연구소(www.neomcc.com), (주)비엠씨, 비피코리아(주), 에코젠이란 상품명으로 제품을 출시한 SK케미칼(www.sk-ecozen.com), 식물체 바이오매스 분말 및 산화제를 적용한 에이유(www.au.co.kr), 최근 이대화학을 M&A한 삼성종합화학, 이산화탄소 폴리머를 추진하고 있는 SK이노베이션, 롯데케미칼, 탄소저감 및 인체무해성 자동차 내장품을 생산하는 SH글로벌, PLA 필름을 생산하는 SKC, 기타 친환경 완제품을 제조하는 네고팩, 콘프라테크, 포텍, 다산, 삼성지앤씨, 중원화학, 보스팩, 뉴랩 등이 있다.

현재 국내 기업들은 다른 외국에 비해 상대적으로 우위에 있는 수지의 가공 및 성형기술을 활용하여, 신소재 개발 보다 실제 제품화 위주로 전환되어 가고 있는 새로운 국면에 접어들고 있다. 실제 바이오 플라스틱의 상용화 제품, 기

존 플라스틱의 대체 제품, 화석연료 사용 절감을 위한 대체 제품 등이 속속 출시되고 있다. 그러나 최근의 연구 중심은 분해성 보다는 이산화탄소 저감으로 기울고 있다고 봐야 할 것이다. [표 1]에 국내 기술개발 현황을 나타내었다(코네티리포트 시장동향 분석리포트(2007. 11. 19), www.biopack.or.kr 2012).

국내에서도 미네랄워터 및 탄산 PET Bottle 을 중심으로 감량화에 대한 기술개발이 시도되고 있으나 0.5L/2.0L 일부제품 및 1.5L 탄산음료 일부 품목에 국한되어져 있는 상황이다. 또한 식물성 바이오매스를 사용함에 따른 감량의 개념이 아니고 용기의 PET 원료 사용량을 줄이는 개념의 감량화 기술측면이 강하다.

4-2. 해외 기술 개발 동향

바이오 베이스 플라스틱은 그 동안 단점으로 지적되어온 생분해 플라스틱의 제품 응용 및 생산성 저하, 광분해 제품의 단점, 합성 고분자 제

품에 비하여 탄소배출 저감기술이 성과를 내고 있다.

구체적으로 미국, 일본을 비롯한 유럽의 선진국에서는 바이오매스 플라스틱 소재 개발을 위주로 하여 사업화를 추진하고 있으며, 이를 이용하여 쇼핑백, 쓰레기 봉투, 진공성형 제품, 사출품, 농업용 멀칭 필름, 완충재, 다층 필름, 기능성 필름 등의 다양한 용도의 바이오 베이스 플라스틱 관련 제품 실용화 개발 및 판매가 이루어지고 있다. 또한, 이들 기업은 미국과 일본의 합작사인 노본저팬, 미국의 MRI, 스위스의 시바 스페셜티 케미칼스 홀딩 Inc., 일본 KONICA Corp., 일본 다이셀 화학공업, 캐나다 EPI, 미국 EPI-Global, 영국 Enzymoplast Tech. Ltd., 싱가포르 Winrigo Ltd. 등이 산화생분해성 기능을 추가한 고분자 개발에 전력을 다하고 있으며, 영국 등 유럽에서는 판매가 활발하다. 기존 폴리올레핀계 열가소성 플라스틱의 자연환경에서의 완전분해(물, 이산화탄소 및 바이오매스로 분해)에 관련한 연구는 G. scott, Albertsson, Kostyniak 교수 등에 의해 활발히 이루어지고 있다.

바이오 플라스틱 기술과 더불어 유망한 환경

패키징 분야의 한 부분인 감량화는 PET 용기를 중심으로 진행되고 있다. 음료 용기 제조 분야에서 경쟁력을 가지고 있는 일본은 감량화 기술의 상용화에 근접하고 있다. 이는 감량화에 대한 일본 정부 및 시민단체, 소비자의 환경인식이 강한 배경으로 일본 PET Bottle 제조업체의 경우 단층 PET Bottle에 있어서 기존 중량 대비 20%가 넘는 감량화를 달성하고 있음을 알 수 있었고 현재도 더욱 감량화 할 수 있는 제조 기술 개발에 몰두하고 있는 것으로 평가되고 있다.

미국 및 일본에서는 PET에 식물성 물질을 5~30% 첨가한 PET병이 플랜트 바틀(Plant bottle)이란 명칭으로 출시하였고, 소비자에게 선풍적 인기를 끌면서 바이오 베이스 플라스틱의 새로운 장르를 구축하고 있다.

기존 생분해 플라스틱은 바이오매스로부터 전처리, 당화과정을 거쳐 당을 제조하고, 이를 발효과정을 통해 산업상 사용이 용이한 고분자 단량체(Monomer)를 생산하고 이 단량체를 중합하여 제조한다. 현재 대표적인 생분해 플라스틱인 PLA는 전분을 발효시켜 젖산(Lactic acid)을 만들고, 그 젖산을 중합하여 제조하고

[표 2] 해외 주요국의 기술개발 현황

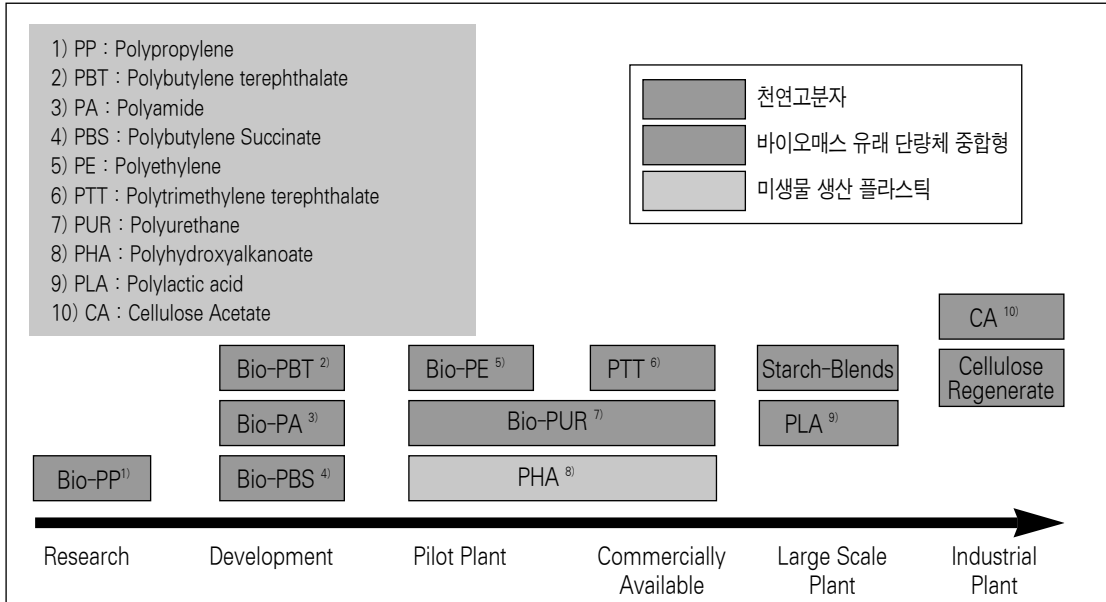
기술명	개발단계	개발 내용	개발주체
화학적 분해 가능한 플라스틱	상용화	광화학적 분해 기작에 따른 폴리올레핀 분해 가능 소재 및 제품 분해가능 전분 및 분해가능한 중합체 조성물 화학 분해가능한 플라스틱	美 E사 日 N사 英 S사
분해성 필름	Pilot	분해성 다층 필름 농업 물품용 첨가제 혼합물	日 K사 스위스 시바
분해성 플라스틱	상용화	생광분해 플라스틱 용기	日 H사

* 자료출처 : 국가환경기술정보센터 코네티컷리포트 시장동향 분석리포트 2007년



특 집

[그림 3] 바이오 플라스틱 개발 발전단계



* 출처 : "Techno-economic Feasibility of Large scale production of Bio based polymer in Europe" 2005, European Commission Joint research Center

있다. 최근에는 바이오 베이스 플라스틱의 일종으로 사탕수수에서 PE와 유사한 물성의 Bio-PE를 제조하고, 일부에서는 바이오매스 원천인 왕겨, 옥수수대, 밀짚, 대두피, 소맥피, 커피박 등 식물체를 일부 전처리 과정을 통하여 내수성, 열안정성을 부여한 식물체인 유기물과 고분자 사이의 그래프트 결합, 상용화제를 이용하여 물성을 강화시키는 기술이 개발되고 있다.

5. 바이오 플라스틱 소개

바이오 플라스틱이란 바이오매스(Biomass)와 같은 생물자원을 이용하여 제조된 바이오 기반 고분자를 말하고 있는데 친환경 플라스틱,

그린 플라스틱, 환경 배려 플라스틱 등으로 불리고 있다. 바이오 플라스틱은 바이오매스 기반의 고분자 플라스틱 전체를 의미하므로 여기에는 생분해성이 아닌 고분자들이 포함되어 있고, 지구 온난화와 밀접한 관계가 있다. 지구 온난화의 주요인이 이산화탄소로 인식되면서 석유기반 고분자 플라스틱을 대체할 수 있는 새로운 친환경 소재가 필요하게 되었고, 탄소 중립(Carbon neutral)이라는 개념이 등장하면서 바이오매스 기반 고분자가 바이오 플라스틱이란 이름으로 사용되게 되었다.

탄소 중립이란 개념은 성장기에 물, 이산화탄소, 태양광을 이용하여 엽록체에서 광합성작용을 통해 이산화탄소를 소비하고, 폐기되어 자연

[표 3] 바이오 플라스틱 용어 및 개념변화 추이

2000년대 초반	2000년대 중반	최근
친환경 플라스틱 · 생분해 플라스틱 · 생분공 플라스틱 · 광분해 플라스틱	그린 플라스틱 · 생분해 플라스틱 · 복합분해 플라스틱 · 광분해 플라스틱	바이오 플라스틱 · 생분해 플라스틱 · 바이오 베이스 플라스틱 · 자연분해 플라스틱

[표 4] 바이오 플라스틱의 종류별 특징 비교

구분	바이오 플라스틱		
	생분해 플라스틱	바이오베이스플라스틱	자연분해 플라스틱
바이오매스 함량	- 50~70%이상	- 15~25% 이상	- 제한 없음
경제성	- 원료가격 고가 420~600만원/톤 - 성형가공비 상승	- 원료가격 중저가 220~350만원/톤 - 성형가공비 저렴	- 원료가격 중저가 - 성형가공비 저렴
규격기준	국제규격	- ISO 14555	- ISO 472
	미 국	- ASTM 6400, 1989년	- ASTM D 6866, 2002년
	일 본	- JIS K 6953, 1996년	- ASTM D 6866, 2006년
	벨기에	- EN 13432, 1995년	- ASTM D 6866, 2009년
	독 일	- EIN En 13432, 1979년	- CEN/TR 15932, 2010년
	한 국	- KSM 3100-1, 1992년	- KBMP 0107, 2011년
장점	- 생분해 우수 - 탄소저감 우수	- 분해기간 조절가능 - 강도 및 탄소저감 우수	- 강도, 물성 우수
단점	- 고가, 물성 저하 - 유통 중 분해가능성 - 설비투자 필요	- 생분해 속도 느림 - 강도, 내수성 문제 가능성	- 직사광선 필요 - 필름만 적용가능
재활용도	- 재활용 어려움	- 우수	- 우수
환경적 측면	- 탄소저감 우수	- 탄소저감 우수	- 탄소저감 보통
생분해 기간	- 3~6개월	- 1~5년(조절 가능)	- 자료없음

에서 분해될 때 성장기에 흡수한 정도의 이산화탄소만을 발생시켜 지구상의 이산화탄소 총량을 증가시키지 않는 개념이다(이준우 등 2011).

최근에는 “석유 기반 고분자를 포함한 바이오매스 유래 고분자의 총칭”으로 사용되고 있다. 기존의 생분해성 고분자, 산화생분해 고분자, 자연분해 고분자를 포함하고 있으며, 매우 다양

한 종류가 포함된다. [표 3]에는 바이오 플라스틱 용어 및 개념변화 추이를 나타내었다. 바이오 플라스틱의 중요성은 생분해성보다 이산화탄소 발생량 저감에 있으며, 탄소중립(Carbon neutral) 개념에 의해서 그 중요성이 잘 나타나고 있다. 이는 현재 사회적 이슈가 되고 있는 지구 온난화 현상의 주범이 이산화탄소라는 점과, 지구온난화를 막기 위해서 이산화탄소 발생량



을 줄여야한 만다는 사회적 요구를 잘 반영한 고분자 소재이다(한국화학연구원 2010).

[표 4]에 생분해성 플라스틱, 바이오 베이스 플라스틱 및 자연분해 플라스틱 고분자의 특징을 비교하였다.

5-1. 바이오 플라스틱이란?

바이오 플라스틱이란 탄소저감, 인체무해 소재를 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 수년 이내에 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 저분자 화합물에 의해 변화하는 과정을 통하여 최종적으로는 물과 이산화탄소 등 환경에 악영향을 끼치지 않는 무기물로 분해되는 플라스틱을 말한다(KISTI 2010).

이중 최근의 바이오매스를 이용한 탄소저감 및 산화생분해 개념을 포함되어 진행중인 플라스틱 대체품으로서의 바이오 플라스틱은,

(1) 탄소 저감형 바이오매스인 케나후, 벧짚, 밀짚, 왕겨, 옥수수 껍질, 식물체 대 분말 등 식물체를 전분 등을 일반 플라스틱, 생분해 플라스틱과 혼합하여 제조하는 탄소 저감형 바이오 플라스틱은,

(2) PLA, PCL 등 개발된 생분해성 플라스틱과 일반 플라스틱을 혼합하여 제조하는 탄소 저감형 플라스틱

(3) 젯산 또는 락타이드로 부터 화학적 촉매 효소에 위한 고리 열림 반응을 통하여 합성한 폴리락타이드

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

(5) 벧집, 밀대, 톱밥, 폐지 등을 이용하여 압축성형시킨 천연물계

(6) 종이, 펄프 등을 이용한 셀룰로오스계

(7) 탄소저감형 식물체 바이오매스, 범용 플라스틱, 생분해수지, 분해촉진제, 산화제, 상용화제, 생분해 플라스틱 등을 이용한 산화생분해계 제품이 있다. 플라스틱 자체를 산화생분해시키는 제품은 PE, PP 등 범용 플라스틱을 분해할 수 있는 바이오매스, 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 낮은 것의 2가지 중 하나에 속하며 PLA, 폴리에스테르계, 전분계, 생분해성 플라스틱 수지는 전자에 셀룰로오스계, 천연물계,

산화생분해계 플라스틱은 후자에 속한다.

바이오 베이스 플라스틱은 재활용이 가능할 뿐만 아니라 매립시 분해가 가능하며, 소각시 다이옥신 등의 유해물질 배출이 없고, 열량은 4000~7000kal로, 범용 플라스틱과 비교하면 현저히 열량이 낮고 소각로를 손상시키는 리스크도 억제할 수 있다. 참고로 범용 플라스틱에서는 가장 연소 열량이 적은 폴리에틸렌에서도 11,000kal 열량을 발생한다.

5-3. 바이오매스 정의 및 원천

5-3-1. 바이오매스 정의

바이오매스(Biomass)는 생명체(Bio)와 덩어리(Mass)를 결합시킨 용어로 “양적 생물자원”이란 개념을 말하는데, 일반적으로 대기중의 이산화탄소가 광합성에 의해 고정된 사탕수수, 옥수수, 임산물 등 식물자원, 미생물 대사산물, 클로렐라, 스피루리나 등 미생물, 해조류를 지칭하지만, 산업용 플라스틱 원료 차원에서는 기존 생분해 플라스틱을 포함시키는 경우도 있다.

사전적 의미는 식물이나 미생물 등을 에너지 원으로 이용하는 생물체를 말하며, 지구상에서 1년간 생산되는 바이오매스는 석유의 전체 매장량과 맞먹어 적절하게 이용하면 고갈될 염려가 없어 무한자원으로 분류되기도 한다.

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.

5-3-2. 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 작물로서 스위치그래스(switchgrass), 미스컨투스(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 케나후(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, 벼



특 점

[표 5] 바이오매스 분류 및 특징

분류	육상식물계		해양식물계
	곡물계	목질계	조류계
수확시기	1~2회/년	1회/8년	4~6회/년
생산량(톤/ha)	180	9	565
CO ₂ 고정화능력(톤/ha)	5~10	4.6	36.7
활용공정	간단	복잡(리그닌 제거공정 O)	간단(리그닌 제거공정 X)
단점	식량문제	산림파손	-
생육환경	햇빛, 물, 땅, CO ₂ , 영양분	햇빛, 물, 땅, CO ₂ , 영양분	햇빛, 물, CO ₂
기후 의존성	높음	높음	매우 낮음

짚 등이 있다.

(7) 임업 폐기물 : 미리 솎아내고 죽은 나무를 제거하는 등의 수림관리작업에 의해 만들어지는 것 뿐아니라 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 폐기물 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.

해조류는 단위면적당 생산량, 이산화탄소 고정화 능력이 월등히 우수하고, 목질계와 달리 리그닌 제거공정이 없고, 미생물에 의한 발효 저해물질이 없어 바이오 플라스틱 개발에 적합하고, 유리 바이오매스가 갈락토오스가 단량체 역할, 황산기, 아미노기, N-아세틸기 등 작용기를 포함하고 있다. 이에 비해 육상식물계는 글루코오스가 단량체 역할, 다른 물성을 나타내다(고분자학회, 2008).

6. 시장 동향

바이오 플라스틱 시장규모는 2007년 기준, 21억\$(유럽 10억\$, 미국 8억\$, 기타 3억\$)로 추정되고 있으며, 세계적인 바이오플라스틱 생산량은 '07년에 약 26만 5,000톤 추정되며, 가장 규모가 큰 4개사는 미국의 NatureWorks, 이탈리아의 노바몬트, 독일의 바이오테크, 그리고 프랑스의 Sphere이다.

전 세계 바이오 플라스틱의 연간 생산량은 약 36만 톤('07년)으로 아직까지 전체 플라스틱 시장에서 차지하는 비중은 0.3%로 미미한 수

준임. 그러나 '13년까지 연평균 37% 성장해 그 규모가 233만 톤으로 확대될 것으로 예상되며 '20년에는 345만 톤에 육박할 전망이다.

2013년 발효될 교토의정서에 따른 탄소세 도입으로 기존 이산화탄소를 발생하는 석유기반 고분자는 경쟁력이 약화될 반면, 바이오 플라스틱은 시장경쟁력이 갈수록 증가 추세. '15년 세계 바이오 플라스틱 시장은 1.5~4.8%를 차지할 것으로 예상하며 400~1,250만톤 생산 추정(Frost & Sullivan)하고 있다.

이러한 바이오매스 원료를 활용해 바이오 플라스틱을 생산하면 화석원료 사용 대비 이산화탄소 배출량이 10~70%가량 줄어들 전망이다. 현재 생산되고 있는 바이오 플라스틱의 시장현황에 근거하여 보면 2012년까지 기존 고분자의 5~10%가 바이오 플라스틱으로 대체될 전망이며, 바이오매스를 플라스틱 고분자에 적용하는 바이오 베이스 플라스틱 포함하면 기존 고분자 시장의 30% 이상 대체가 가능한 것으로 전망된다.

6-1. 시장 특성

세계 패키징 산업시장의 거시동향을 분석하여 보면 북미, 유럽, 일본 등 선진국은 기술력과 시장점유율 우위를 바탕으로 친환경 패키징 분야 등 부가가치가 큰 고급 패키징 분야의 시장 개척이 두드러지는 반면, 개발도상국들은 가격 우위를 바탕으로 하는 저급 패키징의 대량 거래가 주를 이룬다. 이러한 동향은 선진국 주도 시장은 개발도상국이 쉽게 진입할 수 없을 것으로 비춰지는데, 이는 선진국과 개발도상국 사이의 기술 장벽이 더욱 확고한 시장 진입 장벽을 구

축하고 있기 때문인 것으로 분석된다.

따라서 친환경 에코 패키징 분야 시장은 선진국 주도형의 고부가 가치 시장으로써, 기술력으로 인해 시장 진입 장벽이 높다는 것이 가장 큰 특징이라고 할 수 있다. 반면 우리나라의 경우, 점차 가해지는 각국의 환경 관련 규제로 인해서 세계 시장에서 우위를 유지하기 위해서는 반드시 진입해야할 시장이라고도 볼 수 있다.

시장 측면 및 바이오 플라스틱 활성화 방안으로 (1) 실질적인 정부 정책의지가 있어야 한다. 즉 환경보호를 위한 사회적 비용을 생산자나 소비자가 자발적으로 추가 비용을 지불하기를 기대하기는 어렵기 때문에 국민 전체가 부담하는 법적 강제가 있어야 한다. (2) 개발자, 생산자 입장에서는 바이오 플라스틱의 원가 절감, 생산성 제고를 통한 원가절감 노력을 하여야 하고, (3) 기업, 정부, 지방자치단체 및 개인인 소비자 입장에서는 환경보호의 수혜자 측면에서 추가되는 사회적 비용을 부담하여야 하는 바이오 플라스틱 시장의 특성을 감안하여야 한다.

6-2. 국내외 시장 동향

소비자의 환경보호에 대한 관심 증대는 환경 관련 기술개발 수요 증대로 이어지고 바이오 소재 및 에코 패키징 산업 구조 변화를 초래하고 있다. 더 적은 양의 보존제 첨가와 신선한 식품에 대한 요구 증대는 좋은 재료 특성을 가진 패키징과 액티브 그리고 인텔리전트 패키징 개발 필요성을 제기하고 있다.

이러한 소비자 트렌드 변화는 패키징 산업에 대해 소형화, 경량화, 편리성, 이동성 등 패키징 기능의 고도화와 이를 위한 기술혁신을 요구하



특 집

[표 6] 각국의 바이오 플라스틱 개발업체 현황

국가	회사	상품명	소재	비고
미국	Nature Works	Eco PLA	PLA	
	National Starch & Chemicals	ECO-FOAM	전분	Cornproducts M&A
	Union Carbide	TONE	PCL	
	Eastman	EASTAR BIO	Co-Polyester	
	Evercorn	EverCorn	전분, PCL, PLA	
	Biocorp		전분, PCL	
	Tells		PHA	삼진포리머
이탈리아	Novamont	Mater-Bi	전분, PCL	EPI 인수
독일	Biotech	Bioplast	전분, PCL	
	Wacker	Vinnex	바이오매스	케미콘
벨기에	Slovay	CAPA	PCL	
영국	Zeneca	Biopol	PHB	
일본	Showa Polymers	BIONOLLE	AP	
	三井東壓화학	Lacea	AP	
	다이셀화학공업	셀그린	PCL	
	미쓰비시 수지		PLA	
	카오		PLA	
	島津제작소	LACTY	PLA	
	시마쯔		PLA	
	스미토모		전분	
	다이셀		PCL	
	미쯔이 도아쯔		PGA	
	도요타		PLA	
한국	SKC	스카이그린	PLA	
	대상	바이오닐	전분, AP	사업화 보류 중
	바이오소재연구소	KBMP-900S	전분, AP	
	에이유	EGB	전분, 산화제	
	에콜그린	에콜그린-PLA	PLA	
	비엠씨	-	식물체 바이오매스	협회 공동법인
	삼성종합화학	EnPol	AP	이레화학 인수
	SK이노베이션	-	CO ₂ 폴리머	
	SK케미칼	에코젠	바이오 베이스	
도레이새한	Ecodear	PLA	사업화 보류 중	

* 출처 : (사)한국포장협회 월간 포장계, 2012년 8월호, (사)한국바이오소재패키징협회 홈페이지

고 있는데, 소비자들의 다양한 욕구에서 출발한 패키징에 대한 인식 제고는 패키징 산업의 기술

혁신과 수요 증대 등 패키징 산업에 대한 긍정적인 요인으로 작용할 수 있다. 그러나 이러한 기술혁신 등을 통해 이러한 수요를 충족시키지 못할 경우 제품의 고유 가치 하락과 브랜드 이미지 등에 치명적인 영향을 미칠 수 있다.

6-3. 국내외 시장 전망

최근 석유 유래의 합성수지에 대한 논란이 뜨거워지고 있다. 우리 생활 주변에서 폭넓게 사용되고 있지만 환경문제가 만만치 않기 때문이다. 특히 일단 버려지면 분해되기까지 300년 이상 소요되어 환경오염의 주범으로 인식되어 소비자들이 점차 친환경 제품을 원하는 쪽으로 분위기가 바뀌고 있다.

바이오매스 플라스틱은 가공이나 폐기를 할 때 일반 플라스틱보다 이산화탄소 발생량을 25% 이상 줄일 수 있으며, 인체에 유해한 다이옥신 등 환경호르몬이 함유돼있지 않아 생활용품으로 사용하기에도 적합하다는 것이 업계의 정설이다.

하지만 바이오매스 플라스틱은 아직까지는 사용 범위가 제한된 편이다. 생분해 플라스틱에 비하면 훨씬 저렴하지만, 바이오매스 소재를 사용함으로써 발생하는 원가상승 문제 때문에 기존 플라스틱 제품에 비해 약 15~20% 가격이 비싸기 때문이다. 게다가 전자제품, 산업용품 등에서 요구되는 수준의 물성, 강도를 유지하는 것도 간단한 문제는 아니다.

후지제록스 관계자는 “바이오 플라스틱 함유 제품 개발 및 제작은 추가 비용이 들어갈 뿐 아니라 필요 정도 및 강도를 만족시켜야 하기 때문에 쉽지 않다”고 말했다.

그러나 지속적인 단점 개선과 가격경쟁력 확보를 통해 시장이 확대될 전망이다. 여기에 다 ‘친환경 이미지’를 구축하기 위한 IT기업들의 움직임이 활발해지면서 바이오 베이스 플라스틱에 대한 관심은 갈수록 커질 것으로 예상된다.

6-3-1. 국내 시장 전망

바이오 플라스틱은 플라스틱의 여러가지 문제 해결을 위한 대안의 하나로 1980년대 후반부터 대두된 기존 플라스틱의 대체시장으로 1990년대 중반이후 환경 규제가 강화되면서 새롭게 부각되고 있는 신흥 산업 분야이다.

우리나라의 경우 바이오 베이스 플라스틱의 실용화가 미미한 편이었으나 2001년 하반기부터 쓰레기 종량제 봉투 제조시 생분해성 소재 함량 30% 이상 사용의무화를 위한 환경부 지침이 개정됨에 따라 각 시, 군, 구 지·자치 단체의 조례 개정작업이 완료되어 현재에도 규격 기준은 존재하지만 관련 제품이 산업화 적용은 중단이 되어 있는 현실이다.

국내 기업들은 정부의 방침, 또는 자발적으로 식품 포장재, 산업용 포장재, 면도기, 칫솔, 포크, 수저 등의 다양한 일회용 플라스틱 제품에 대한 대체원료를 출시하여 일회용 플라스틱 제품을 급속하게 바이오매스 소재로 대체하고 있어, 추후 바이오 플라스틱의 국내시장 규모는 최소 5조원 이상이 될 것으로 예상하고 있다.

국내 수요는 2008년 4,000톤에서 2013년 12,000톤으로 5년간 약 3.75배 성장할 것으로 예상된다. 2008년 이후의 CAGR은 5년간



특 점

[표 7] 종류에 따른 바이오플라스틱 수요(Korea)

(단위 : 1,000톤)

종류	1998	2003	2008	2013	2018
플라스틱 레진 수요	2.750	3.8504	5,290	6,500	7,800
바이오 레진 kg/ 플라스틱 m ton	-	-	0.76	2.31	5.13
바이오플라스틱 수요	neg	neg	4	15	40
생분해 플라스틱	neg	neg	3	5	12
PLA	neg	neg	1	2	5
기타 생분해	neg	neg	2	3	7
바이오 베이스 플라스틱	-	neg	1	10	28

30.26%를 나타내며 빠르게 성장할 것으로 전망하고 있으며, 2013년 이후에도 CARG 21.67%의 높은 성장을 예상하고 있다. 바이오 플라스틱의 국내 수요는 [표 7]과 같다 (Industry Study 2458, "World Bioplastics", 2009, the Freedonia Group, Inc.).

국내의 바이오 플라스틱 수요는 2003년까지 거의 존재하지 않았다고 볼 수 있으며, 2000년대 중반 이후에 본격적으로 시작된 것으로 분석되고 있다.

국내 시장은 꾸준히 성장될 것으로 예상되며, 특히 현재 국내시장은 경제규모에 비하면 도입기라고 볼 수 있으며, 향후 점차 강화될 것으로 예상되는 환경규제, 국민의식의 성숙 등으로 더욱 빠른 성장이 전망된다.

한편 세계시장에서의 국내시장 점유율은 2.0% 이하로 그 비중이 미미한 수준이다. 특히 세계 10위권의 경제 대국이면 녹색성장을 강조하고 있는 우리나라의 상황으로 볼 때, 상대적으로 매우 작은 시장규모로 볼 수 있다(이준우 등 2011).

현재 바이오 플라스틱은 현재 대부분을 생분

해성 플라스틱이 차지하고 있다. 그러나 2013년 이후부터는 세계시장의 흐름과 같이 탄소저감형 바이오 베이스 플라스틱의 수요가 시장을 주도할 것으로 예상이 되고 있다. 이는 가격에 매우 민감한 국내 플라스틱의 특성을 반영한 것으로 상대적으로 환경부하가 적은 바이오 베이스 플라스틱, 산화생분해 플라스틱의 수요가 증가할 것으로 예상된다.

현재 바이오 플라스틱은 물성이 기존 플라스틱 제품에 미치지 못하고 가격이 상대적으로 고가여서 상업적으로 사용이 미미한 실정이나, 플라스틱 폐기물에 대한 규제 강화가 증가되고 있고 국민들의 환경의식 수준이 높아짐에 따라 바이오 플라스틱에 대한 수요는 바이오 베이스 플라스틱을 중심으로 큰 폭으로 수요가 증가할 전망이다.

기존 플라스틱의 물성을 유사하면서도 원가 절감이 이루어진 바이오 베이스 플라스틱 제품이 지속적으로 출시되고 있고, 물성 및 가격이 기존 난분해성 범용 플라스틱과 유사한 바이오 베이스 플라스틱이 대량 생산 체계가 갖추어지면 폭발적인 시장 확대가 예상된다.

[표 8] 바이오 플라스틱의 생산과 소비량

(천톤/년)

구분	미국	유럽	일본	합계
Annual Capacity	11	29	6	46
Production	10(50%)	8(40%)	1.5(10%)	19.5
Imports	2	1	0.6	3.6
Exports	3	2	0.1	5.1
Consumption	9	7	2	18

* 출처 : CEH(Chemical Economics Handbook) estimates, 1998

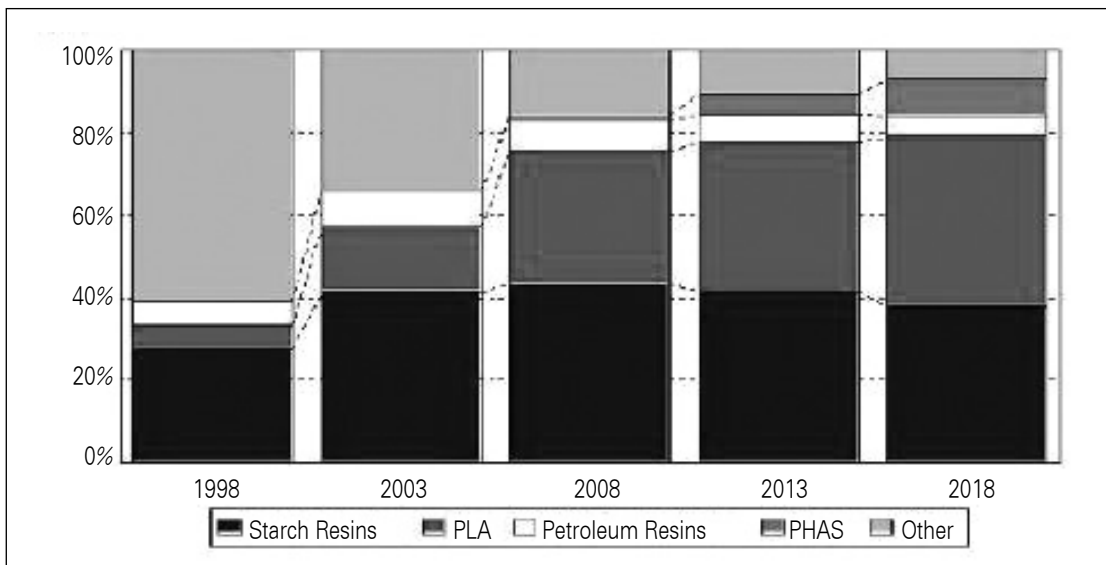
6-3-2. 해외 시장 전망

세계적으로 바이오 플라스틱의 수요는 1998년 미국, 유럽, 일본의 경우 약 18천톤 (\$95 million) 이었고, 2003년까지 매년 약 37%씩 증가하여 약 91천톤 가량이 될것으로 예상된다 (SRI International).

일본 시장의 규모는 확정적이지는 않지만, 2001년에 전년 대비 50% 이상 성장하여 6,000톤 규모의 생분해성 시장을 형성하였으

며 매년 20% 이상 빠르게 시장이 확대되고 있으며, 1만 톤 규모 형성을 향해 확대 기조에 있는 것으로 추정되고 있다. 현재의 시장 구조는 전분계를 근거로 한 완충재를 대표로 하는 곤포자재 용도 35%, PBS계를 주재료로 한 농림수산 토목자재 용도 30%, PBS 계 및 PLA계를 바탕으로 한 음식물 쓰레기 회수 봉투 등 포장자재 용도 10%, PLA를 주로 한 투명봉투나 필기구 등의 문구 및 그 외 산업부자재 용도로

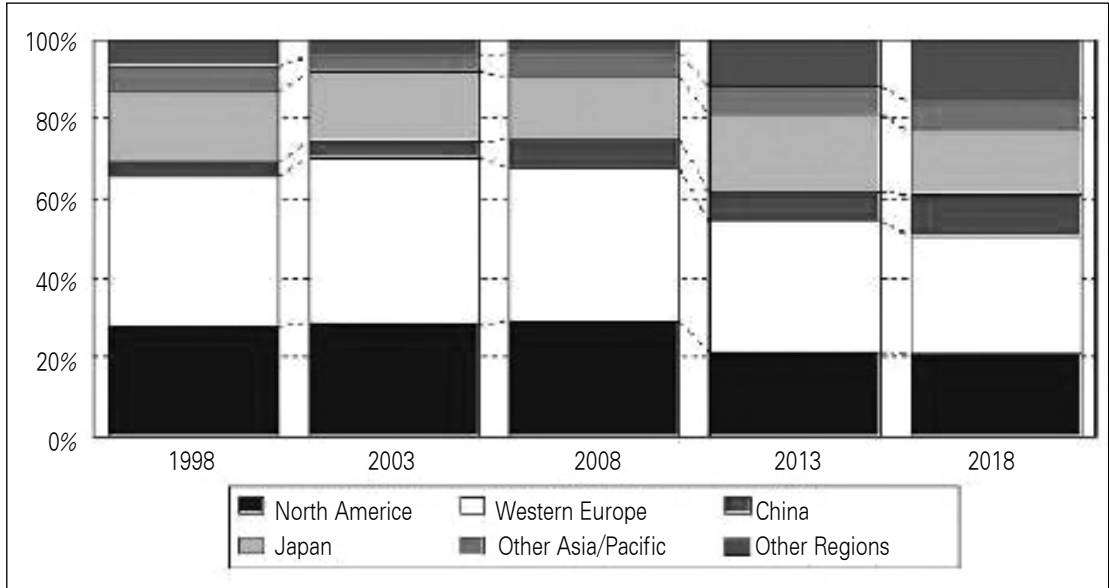
[그림 4] 바이오 플라스틱의 세계적 수요





특 점

[그림 5] 세계 지역별 플라스틱의 세계적 수요

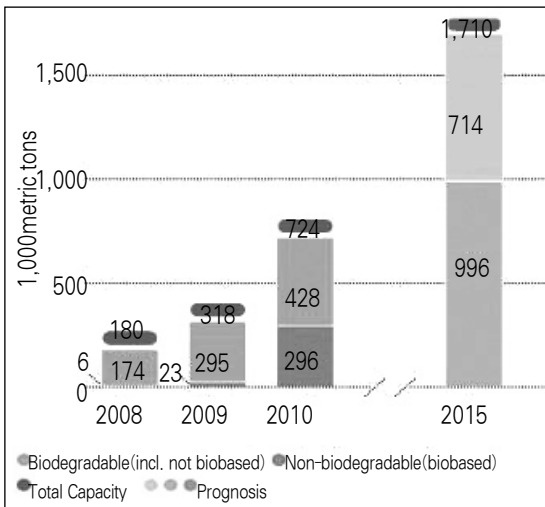


25%가 추정되고 있다.

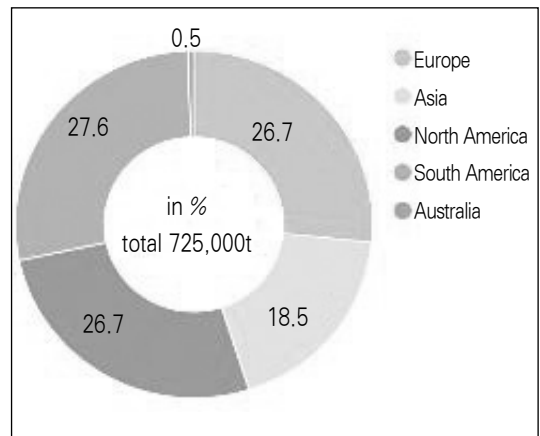
현재 바이오 플라스틱 시장은 환경규제가 강

한 미국, 유럽, 일본을 중심으로 형성되어 있으며 그 중 유럽은 전체 바이오폴리머 시장의 60% 정도를 차지하는 세계 최대 시장을 형성하고 있다. 바이오 플라스틱의 세계적 수요를

[그림 6] 세계 바이오 플라스틱 생산량

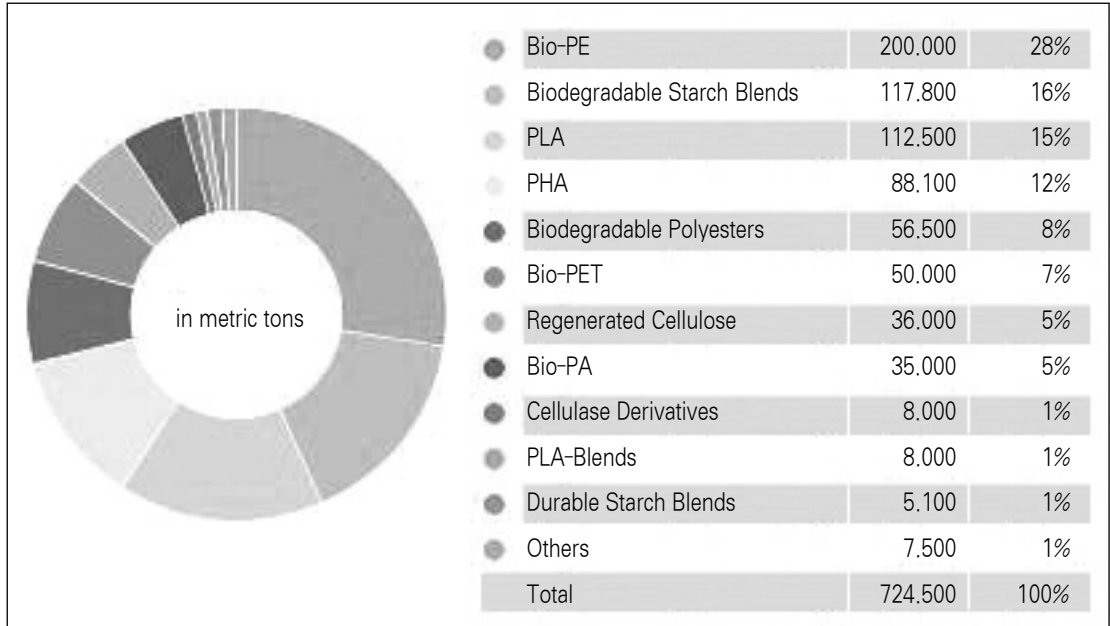


[그림 7] 국가별 바이오 플라스틱 생산량(2012년 기준)



[그림 8] 바이오 플라스틱 종류별 생산량(2012년 기준)

(단위 : 톤)



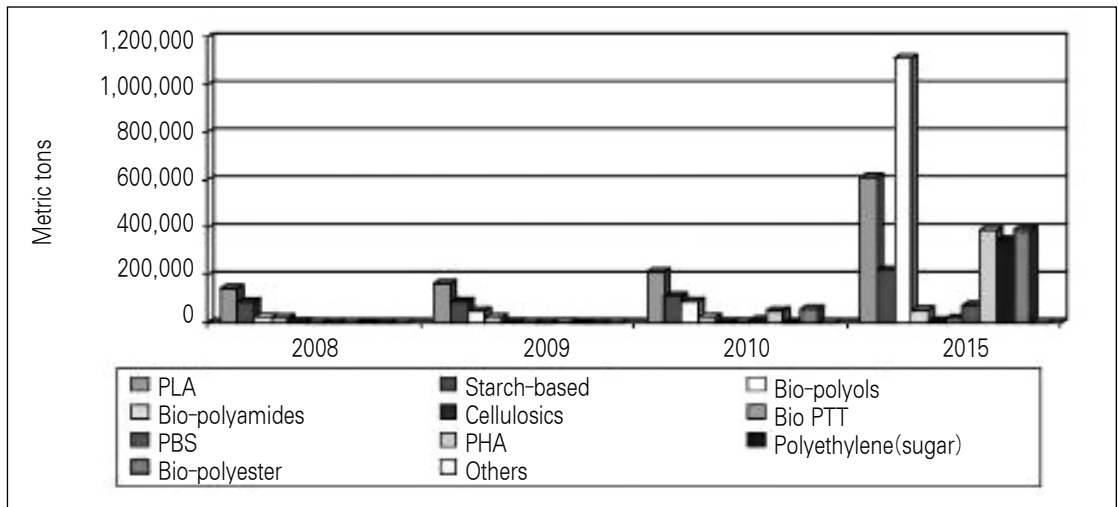
살펴보면, 2018년까지 석유기반 생분해성 고분자 보다는 바이오 플라스틱인 전분, PLA, PHA 그리고 기타 바이오 플라스틱의 수요가

증가하고 있다.

지역별 바이오 플라스틱의 수요를 보면, 서유럽지역이 40%, 북미 지역이 약 30%, 일본이

[그림 9] 세계 바이오 플라스틱 종류별 수요 전망

(단위 : 메트릭톤)





특 점

[표 9] 세계 바이오 플라스틱 종류별 수요 전망

(단위 : 메트릭톤)

종류	2008	2009	2010	2015	CAGR % 2010-2015
PLA	144,000	164,000	214,000	612,000	23.4
Starch-based	89,000	90,000	112,000	221,710	14.6
Bio-polyols	25,000	50,000	90,000	1112,000	65.3
Bio-polyamides	22,000	23,000	25,000	53,000	16.2
Cellulosics	6,400	6,100	6,200	8,900	7.5
Bio PTT	1,250	2,000	3,000	18,500	43.9
PBS	25	800	12,500	75,000	43.1
PHA	12	4,000	51,000	389,000	50.1
Polyethylene(sugar)	0	0	0	350,000	-
Bio-polyester	0	0	58,000	390,000	46.4
Others	0	0	12	550	114.9
Totals	287,687	339,900	571,712	3230,675	41.4

20% 정도의 수요를 나타내고 있으나, 점차 시간이 지날수록 중국을 비롯한 타 지역으로의 확대가 될 것으로 기대된다(The Freedonia Group Inc., "World Bioplastics" 2009).

2010년에 전 세계 바이오 플라스틱의 생산량은 72.5만 톤이었으며 2015년에는 171만 톤의 바이오플라스틱이 생산될 것으로 전망된다(European Bioplastics / University of Applied Sciences and Arts Hanover).

2010년 기준 바이오폴리머를 가장 많이 생산한 국가는 미국으로, 북미와 남미를 합해 총 54.3%의 비율을 차지하고 있고, 그 다음으로 유럽이 16.7%, 아시아 18.5%의 비율로 바이오폴리머를 생산하였다(European Bioplastics / University of Applied Sciences and Arts Hanover).

2010년 기준 바이오폴리머 종류별 생산량을 살펴보면 Bio-PE가 28%로 가장 많이 생산되었고, 그 다음으로 Biodegradable Starch

Blends 16%, PLA 15%, PHA 12% 등의 순이며 그 외에 바이오폴리머들은 모두 10% 미만의 비율로 생산되었다(European Bioplastics / University of Applied Sciences and Arts Hanover).

세계 바이오 플라스틱의 수요 전망을 살펴보면, 2008년 약 28만 metric ton에서 2015년 323만 metric ton으로 급격히 증가할 전망이다. 그 중 천연 소재를 원료로 하는 Starch-based 바이오플라스틱과 Cellulosics는 다른 종류의 플라스틱에 비해 다소 낮은 성장률을 보일 것으로 나타났다(BCC Research, 'Bioplastics-Technologies and Global Markets 2010).

바이오 베이스 플라스틱의 본격적인 시장진입은 제조사들의 상용화 플랜트 설비 가동시기에 따라 제조사들의 시기적인 변화가 있을 수 있지만, 바이오 베이스 플라스틱이 기존의 범용 플라스틱의 대체가 용이한 점에서 파격적인 시

장변화가 예상된다. 특히 신규 생분해 플라스틱의 경우 기존 설비의 지속적인 사용이 어려운 단점이 있었지만, 바이오 베이스 플라스틱의 경우 이러한 장벽이 높지 않아 시장진입이 상대적으로 용이할 것으로 판단된다. 이미 일부 시장에 진출하여 상품화가 이루어지고 있는 건축자재, 자동차 내장재, 식품용기, 산업용품, 문구화일, 생활용품 등의 사례를 보면 그 가능성은 더 높아 보인다.

7. 바이오 베이스 유기탄소 함량 규격

2002년부터 미국 농무성(USDA) 주관으로 시작한 바이오 베이스 플라스틱중 바이오매스 함량을 측정하는 방법으로 세계적으로 미국 ASTM D6866 시험기준이 가장 널리 사용이 되고 있다.

식물은 광합성을 통해 대기중에 있는 탄소를 고정시키기 때문에, 살아있는 동물과 식품의 가지고 있는 14C의 비율이 공기중의 비율과 일치한다. 또한 방사성 물질은 일정한 반감기를 가지고 있게 된다.

원소에는 동위원소가 있다. 동위 원소는 원자 번호는 같으나 질량이 다른 것을 의미한다. 탄소는 질량이 조금씩 다른 12C, 13C, 14C의 동위원소가 있다. 그런데 이들 동위원소는 시간이 지나도 그 양이 변하지 않는 안정동위원소(양성자의 수와 중성자의 수가 같음)와 시간이 지나면 다른 원소로 변하는 불안정동위원소(양성자의 수와 중성자의 수가 다름)로 나누어진다. 14C는 바로 불안정동위원소 중에 하나이기 때문에, 14C는 시간이 지나면 14N로 변한다. 이

를 붕괴한다고 말한다. 14C가 살아있는 동식물에 음식과 호흡을 통하여 들어가게 된다. 일단 이들이 죽게 되면 14C가 들어갈 수 있는 경로가 폐쇄되기 때문에 체내의 14C는 14N로 붕괴된다. 그러나 14N는 기체이므로 날아가게 되고 남아있는 14C의 양을 가지고 연대를 측정하는 것이다. 즉 14C의 양이 체내에 많이 남아 있으면 덜 오래된 것이며, 그 14C의 양이 적으면 그만큼 오래된 것으로 계산될 것이다. 오늘날 14C의 양의 반이 14N로 변하는 기간(반감기)이 5,730년으로 측정되었다.

ASTM D6866은 탄소화합물 중의 탄소의 극히 일부에 포함된 방사성 동위원소인 14C의 조성비를 측정하는 방법으로 방사성탄소 측정방법에 대해 규정한다.

기본 가정은 14C, 즉 탄소의 방사성 동위원소가 일단 더이상 생명 유기체의 구성성분이 아니게 되면 반감기가 5,730년이라는 것이다. 이것은 14C가 완전히 붕괴했기 때문에 더 이상 화석 연료에는 14C가 남아있지 않다는 것을 의미한다. 반면, 나무와 같은 최근의 바이오매스에는 14C 일부분이 여전히 남아있다. 사실상, 생물기원 물질은 14C를 포함하지 않는 화석연료와 같은 다른 물질과 쉽게 구분될 수 있는 충분히 특징적인 양의 14C를 포함한다고 말할 수 있다. 바이오매스의 14C의 양은 잘 알려져 있기 때문에 생물 기원 탄소의 비율은 시료 중의 총 탄소의 양을 이용하여 쉽게 산정할 수 있다. 이 방법은 기체, 액체, 고체 연료를 포함하는 어떤 유형의 혼합 연료에도 적용될 수 있다.

그러나 실제로 ASTM D6866 방법으로 시험 분석을 할 수 있는 분석 기관이 극히 한정되어



있는 단점이 있어, TGA 방법으로 유기물 측정을 하는 방법 등을 병행하고 있는 실정이다. 향후, 보다 간편하고 여러 시험 분석기관에서 분석을 할 수 있는 시험방법의 개발이 필요한 실정이다.

II. 결론

바이오 플라스틱에 적용된 탄소중립(Carbon Neutral) 개념은 “바이오매스로부터 제조된 바이오 플라스틱은 사용후 분해과정에서 이산화탄소 발생을 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, 그 적용분야가 주로 일회용 봉투, 식품포장재 등에 한정되어 있다가, 전자제품, 삼업용품, 가전제품, 식품용기, 농원예용 자재 분야 등으로 확대하고 있으며, 또한 최근 급격히 발전하는 바이오 플라스틱 기술을 감안한다면 바이오 플라스틱의 미래는 매우 밝다고 할 수 있다.

최근 국내외에서는 이산화탄소 저감을 중심으로 한 바이오 플라스틱의 산업화 적용이 매우 활발한 추세이다.

또한 과거 일회용품을 중심으로 시장이 형성되었으나 바이오매스 플라스틱을 중심으로 한

기술이 발전하여 그 적용 분야가 식품 포장재, 농업 및 원예용품 분야, 건축 토목 분야, 조경분야, 산업용 포장재, 문구 파일 분야, 산업용품, 소가전 등으로 확산되고 있다.

그러나 바이오 플라스틱 시장은 물성이 나쁘고, 가격이 비싼 문제점이 상존하고 있어 바이오 플라스틱 활성화 방안으로 (1) 실질적인 정부 정책의지가 있어야 한다. 즉 환경보호를 위한 사회적비용을 생산자나 소비자가 자발적으로 추가 비용을 지불하기를 기대하기는 어렵기 때문에 국민 전체가 부담하는 법적 강제가 있어야 한다. (2) 개발자, 생산자 입장에서는 바이오 플라스틱의 원가 절감, 생산성 제고를 통한 원가절감노력을 하여야 하고, (3) 기업, 정부, 지방자치단체 및 개인인 소비자 입장에서는 환경보호의 수혜자 측면에서 추가되는 사회적 비용을 분담하여야 한다. [K]

기술원고를 모집합니다.

포장과 관련된 신기술을 발표할 업체와 개인은 ‘월간 포장계’ 편집실로 연락주시기 바랍니다.

편집실 : (02)2026-8655~9
E-mail : kopac@chollian.net