



바이오플라스틱 합성 및 응용 기술 동향

The Trend of Bioplastic Technology

제 갈 종 건 / 한국화학연구원 산업바이오 화학연구센터 책임연구원

1. 국외 기술개발 동향

[그림 1]은 바이오플라스틱인 바이오 기반 고분자들 중 대표적인 것들의 기술로드맵이다.

천연고분자인 셀룰로스와 전분은 이미 기술이 성숙된 단계에 도달하였으며, 현재 많은 양이 실제 사용되고 있다. 한편 식물자원 기반 합성 고분자의 경우는 기술이 성숙단계에 미치지 못했으며, 대표적 고분자인 생분해성 고분자인 폴리락타이드(PLA)만 현재 상업화되어 대량 생산의 단계에 진입한 상태이다. 따라서 현재 PLA를 이용하여 부품소재산업에 필요한 여러 가지의 제품들을 생산하기 위한 연구개발은 전 세계적으로 매우 활발한 상태이며 많은 진전이 있는 것이 현실이다.

PLA 외에 현재 상업화 단계에 진입상태에 있는 고분자로 여러 가지를 들 수 있으며 대부분의 생분해성 폴리에스터들이 여기에 속하며 대표적인 것에는 PHB와 PHA, PTT 등을 들 수 있다. 식물자원 유래한 단량체를 이용한 폴리우레탄의 생산도 매우 많은 연구를 거쳐 상용화 단계에 있다. 이외에 아직 연구단계이거

나 Pilot plant 규모 단계에 머물러 있는 것에는 나일론과 PBS, PBT 등이 있으며 이들도 전 세계적으로 많은 연구가 진행되고 있다. 특히 나일론의 경우는 PLA의 단점을 보완할 수 있는 엔지니어링 플라스틱이므로 많은 연구가 진행되고 있으며, 멀지 않은 미래에 상업화될 것으로 보인다.

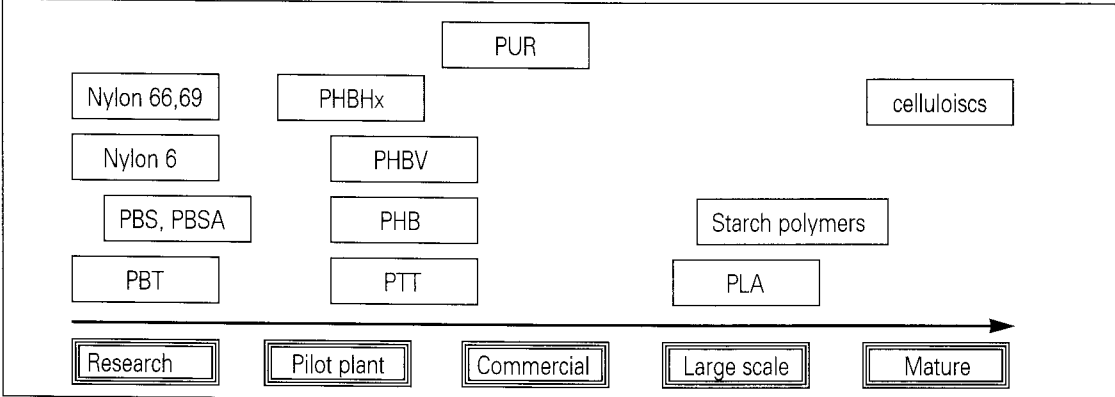
[그림 2]는 현재 우수한 고분자 제조 및 제품 생산 업체들이 바이오 기반 고분자를 개발하고 이들을 이용한 제품 생산을 위하여 채택한 전략을 나타내고 있다.

대표적인 회사들에는 Cargill-Dow, Dupont, BASF, P&G, Genencor, Metabolix, Kaneka, Toyota, Mitsui 등이 있으며, 화학회사와 바이오 회사들이 서로 협력하여 공동으로 이러한 화학소재를 개발하려는 노력을 하고 있다.

바이오 기반 고분자 생산이 화학회사 혹은 바이오 회사 자체만의 기술력으로 이루기에는 어려움이 있는 기술인만큼 이들은 상호 협력 연구를 통하여 이 기술들을 개발하고 노력하고 있는 것이다.

현재 전 세계적으로 선도적 역할을 하고 있는

(그림 1) 바이오 기반 고분자들의 발전 단계



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

기업들을 중심으로 이들의 동향을 알아보면 바이오플라스틱 시장이 부상함에 따라 주요 메이저들의 행보가 가속화되고 있음을 알 수 있다.

Frost & Sullivan에 따르면, 바이오플라스틱은 2015년 전체 플라스틱 시장의 1.5-4.8%를 차지하고 시장규모가 400만~1,250만톤에 달할 것으로 예상된다.

현재 세계 바이오플라스틱 생산기업은 80여사로 6,000톤 이상의 생산능력을 보유한 메이저는 드문 편이며, 1/3은 전분(Starch)계 플라스틱, 20%는 PLA계 플라스틱, 8%는 PHA(Polyhydroxyalkanoate)계 플라스틱이 차지하고 있다.

2. 외국 기업 기술 개발 동향

2-1. Cargill

Cargill과 Dow Chemical의 합작기업으로 출범한 Nature Works는 2005년 Dow

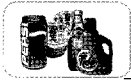
Chemical이 합작지분을 회수해 Cargill의 단독 자회사로 전환되었으며 세계 생산능력의 40%를 점유하는 네브라스카 Blair 소재 PHA계 플라스틱 14만톤 플랜트를 가동하고 있으며 2002~05년 수요가 연평균 45% 급증함에 따라 7억 달러를 투자해 증설을 계획하고 있는 것으로 알려져 있다.

Cargill은 PLA계 플라스틱도 생산하고 있으며 2006년 3월에는 연질 PU(Polyurethane) Foam 용 바이오 폴리올(Polyol) 생산을 시작했다.

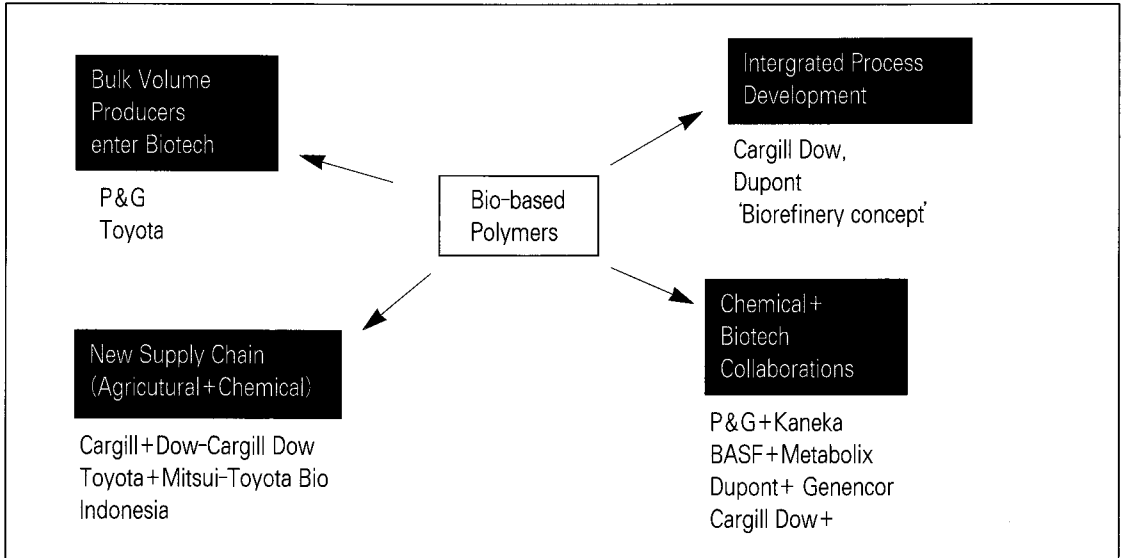
2-2. ADM

바이오화학 전문기업인 ADM(Archer Daniels Midland)은 Cargill의 뒤를 바짝 추격하고 있으며, 2006년 3월 PHA계 플라스틱 5만톤 플랜트 신설을 발표했고, 2008년 중반 완공을 목표로 Metabolix와 공동으로 프로젝트를 추진할 방침이다.

ADM은 2004년 PHA 기술특허를 보유하고



(그림 2) 바이오 기반 고분자 개발을 위한 기업들의 전략



있는 Metabolix와 전략적 제휴를 체결했으며 독점 생산권 보유와 공동 마케팅에 합의한 것으로 알려졌다. 또 Sorbitol 및 글리세린 (Glycerine) 베이스 폴리올 플랜트를 건설하고 있으며 4월초에는 바이오 흡수성 수지인 SNAP(Safe & Natural Absorbent Polymer) 제조기업 Groupe Lysac을 인수했다. 바이오연료에도 눈을 돌려 Siouxland Ethanol LLC와 4월 11일 전략적 제휴를 체결했으며 Siouxland가 생산할 바이오에탄올 마케팅을 전담할 것으로 알려졌다.

Siouxland의 네브라스카 Jackson 소재 바이오에탄올 5,000만 갤런 플랜트는 2007년 초 가동을 목표로 하고 있으며 옥수수 소비량이 1800만 부셸(Bushel)에 달할 것으로 예상되고 있다.

자회사 ADMIS(ADM Investor Sevices)는

계열사 ADMIS Holding을 통해 2006년 5월 홍콩법인 ADMIS HongKong을 발족한 바 있으며 홍콩법인 설립은 홍콩기업 Refco Hong Kong 인수를 통해 이루어졌으며 앞으로 아시아 바이오화학 시장공략에 박차를 가할 것으로 파악되고 있다.

2-3. DuPont

DuPont은 2006년 Tate & Lyle과 50대 50 합작기업을 설립하고 바이오 플라스틱 사업에 박차를 가하고 있다. 양사는 2006년 말까지 테네시 Loudon에 Bio-PDO(Propanediol) 4만 5,000톤 플랜트를 건설할 예정이었으며, Bio-PDO는 1, 4-BDO(Butanediol) 및 1, 3-PDO의 대체재로 파악되고 있다. 플랜트 완공 이후 2007년 중반부터는 Bio-PDO를 원료로 사용하는 플라스틱 브랜드 Sorona를 2007년 말부

터는 Bio-PDO계 폴리올을 원료로 사용하는 Hytrel을 생산할 예정이었다. Sorona는 PBT(Polybutylene Terephthalate)와 물성이 유사하며, Hytrel은 내후성과 기계적 성질이 뛰어난 것으로 알려졌다. 특히, Bio-PDO는 프로세스 상 에너지가 40% 절감돼 가격경쟁력 면에서 석유계 PDO를 능가할 것으로 기대되고 있다.

2-4. Novament

유럽 최대의 바이오 플라스틱 메이저 Novamont는 전분계 플라스틱으로 승부를 걸고 있다.

Novamont의 매출은 3,300만 유로 수준으로 브랜드 Mater-Bi는 유럽연합(EU)의 환경규제에도 적합해 수익을 올리고 있으며 Eastman Chemical의 바이오 플라스틱 기술도 도입한 것으로 알려졌다.

2-5. Toyota

자동차 메이저 회사인 Toyota는 2006년 세계 최초로 PLA계 플라스틱을 차체에 적용했다. Toyota는 5월부터 판매하기 시작한 신형모델의 Spare 타이어 커버에 PLA를 사용하고 있으며 일본 Toyota의 Hirose에 자체적으로 PLA 1,000톤 생산설비를 갖추고 있다.

2-6. Sony

Sony는 2005년 8월 출시된 신형 Walkman 외장재에 Mitsubishi Plastics의 PLA를 적용했고, Mavic Media는 Mitsui Chemicals가 개발한 바이오 플라스틱 CD를 생산 개시 했으며,

Fujitsu와 Toray Industries도 물성이 강화된 바이오 플라스틱 개발에 적극 나서고 있다.

3. 국내 기술 개발 동향

국내에서 현재 공업적으로 생산되는 생분해성 플라스틱은 주로 지방족 폴리에스터 계열이다. 대표적인 국내 생분해성 수지 생산기업으로는 SK케미칼, 이레화학, 대상 그리고 진웅화학이 있다.

SK케미칼은 중합 시에 고분자량의 중합체를 얻기 위하여 고진공 하에서 특수화합물을 첨가하는 독자적인 기술을 한국과 미국에 특허 등록하고 지방족 폴리에스터계 생분해성 플라스틱 Skygreen[®]을 시장에 소개하였다.

이레화학의 경우 1996년에 설립된 회사로, 의료용 고분자, 특수 기능성 고분자 및 환경 친화성 고분자를 연구 개발, 생산하고 있으며 국내 생분해성 플라스틱분야에서 현재 가장 활발하게 활동하고 있다. 그 기술내용은 SK케미칼과 유사한 지방족 폴리에스터계이지만, 지방족/방향족 폴리에스터 공중합체를 추가로 개발하였다.

상품명은 Enpol[®]로서 품종이 다양하여 일회용 주사기, 내시경 마우스피스, 식도 삽입 올리브팁, 플라스틱 장갑, 식품 포장 봉투, 각종 일회용품 등도 개발, 생산 판매 중이다.

대상은 자체 전분당 변형시설을 가지고 완충제품과 발포용기, 쓰레기 종량제 봉투 등을 생산하고 있다.

진웅화학은 콘크리트 혼화제, 플라스틱 첨가제를 생산하는 회사로서 2001년부터 생분해성



플라스틱분야에 진출하였다.

지방족 폴리에스터를 주성분으로 하고 개질 전분을 혼합한 조성으로 혼합비율에 따라 강도와 생분해성을 조절한다.

국내에서는 폴리락티드를 개발하기 위해 원료 물질인 lactic acid 제조에 대한 연구가 대량 제당, (주)CJ, KAIST 등 몇몇 기업과 연구기관에서 부분적으로 진행되어 있는 실정이다. 그러나 국내는 석유화학원료를 사용한 합성 분해성 고분자의 개발에 치중되어 있어(선경인더스트리, 새한 co.의 지방족폴리에스테르) 폴리락티드 소재의 개발이 필요하다. 현재 폴리락티드의 소재 및 응용기술 개발은 KIST, 도레이 새한 및 대학을 중심으로 부분적으로 연구되고 있는 실정이다.

4. 향후 주 기술 개발 분야

이상의 바이오플라스틱 분야의 기술 개발 동향을 살펴볼 때 향후 바이오 플라스틱 분야의 주요 개발 대상 분야는 다음과 같을 것으로 생각된다.

1) 내열성 폴리락티드의 제조 및 응용기술 : 폴리락티드 소재가 일회용품 및 포장용 용도로 사용하기에는 충분한 물성을 가지고 있으나 생활용품, 전자제품 및 자동차 용품으로 사용되기 위해서는 내열성 및 충분한 기계적 강도를 유지하여야 한다. 따라서 폴리락티드 소재의 내열성을 향상시키는 기술은 폴리락티드 소재의 응용범위를 산업용 플라스틱으로 확대시키는데 핵심 기술이다.

2) 환경친화적 폴리아마이드 제조 및 응용기

술 : 생분해성이면서 대표적 식물자원 기반 제품인 PLA와 달리, 우수한 열적, 기계적 성질을 지닌 대표적인 엔지니어링 플라스틱인 바이오 기반 폴리아마이드의 개발은 절실히 필요하다.

기술주기별로 볼 때 바이오 기반 폴리아마이드는 현재 연구단계에 있으므로, 발 빠른 연구로 원천기술의 개발이 가능하며, 원천특허 등을 확보함으로써, 향후 막대한 경제적 이익을 기대할 수 있다.

폴리아마이드는 활용도가 매우 넓어 국내 소재/부품/완제품 산업에 파급효과가 클 것으로 예상된다.

3) 식물성 오일을 이용한 고분자 수지 제조 및 응용기술 : 식물성 오일은 다양한 기능을 지닌 Triglyceride로 구성되어 있어, 다양한 특성을 지닌 고분자 수지를 쉽게 제조할 수 있으며, 사용 후 생분해과정을 거쳐 바이오 연료 등으로 재활용이 가능한 특성을 지니고 있으므로 매우 환경 친화적인 제품을 생산할 수 있다. 식물성 오일을 이용하여 제조된 고분자 수지는 매우 다양한 산업에 적용 가능하므로 향후 산업에 미치는 경제적 효과가 매우 클 것이다.

4) 해양식물자원을 이용한 기능성 고분자 제조 및 응용기술 : 해양계 천연 고분자(섬유소, 갈락탄)의 분자량 조절 및 작용기 치환에 의한 개질기술, 고순도 분리·정제기술 및 생분해성 고분자 중합기술과 해양식물 유래 탄수화물을 이용한 나노-바이오 복합소재 개발, 해양식물 유래 셀룰로오스의 육상계 섬유소 대체기술 등 신성장동력 창출이 가능한 바이오 신소재의 경제적 생산 및 보급을 촉진할 수 있는 기술의 개발이 필요하다. [20]