

생분해성 에코패키징 기술교류 심포지움

생분해성 에코패키징 국내외 기술 및 시장 동향

(주) 이 앤 포 레 코

2009. 6. 3(수)

KOREA PACK 2009

일산 킨텍스

국제포장기자재전 전시장내 세미나 4실

유영선 <http://www.for-eco.com> tawake@naver.com

배경 및 현황

시장 현황

- 환경 인식 변화, 환경 규제, 석유자원 고갈 등
 - 바이오 폴리머 경쟁력 강화 요인
- 석유계 플라스틱의 일부 대체 가능
 - 틈새 시장 공략 가능

문제점

- 가격 경쟁력
 - 원료 펠릿 : 현재 플라스틱 대비 2~3배
 - 완제품 : 플라스틱 대비 3~7배
- 물리적 특성, 가공성 취약
- 기존 제품 대체 및 응용분야 확대 지연
- 재활용의 어려움



개선방안

주변 환경 움직임

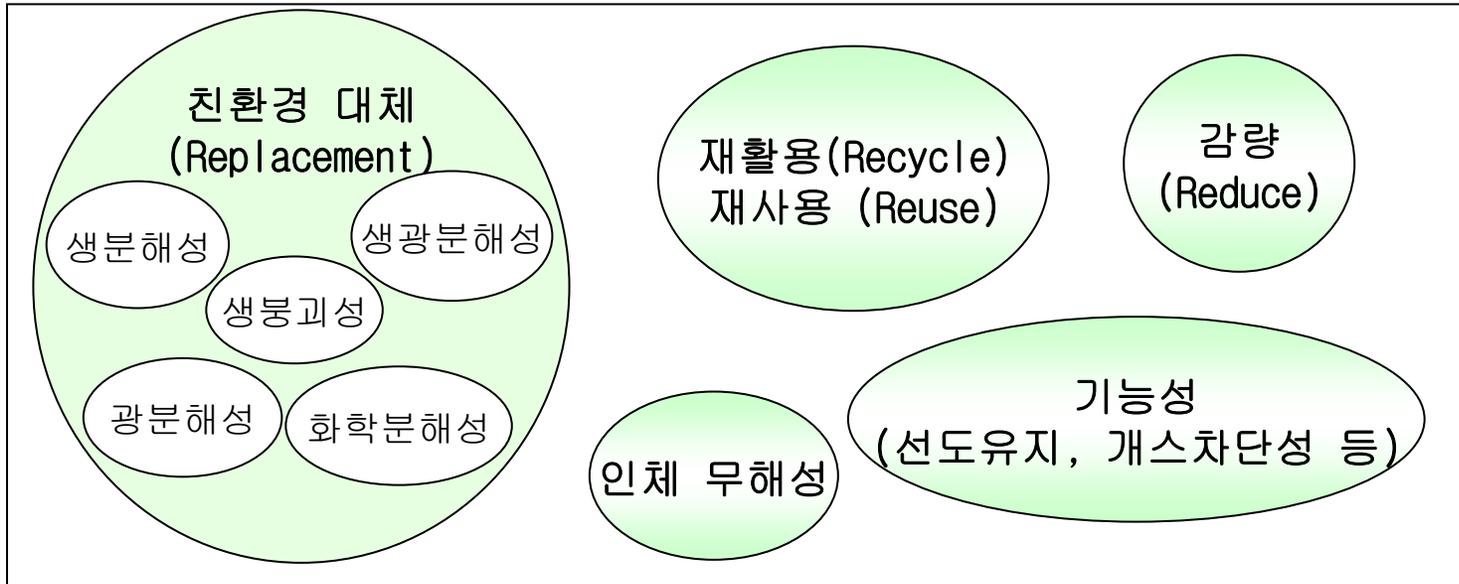
- 교토의정서 이후 전세계적인 환경 규제 강화
 - 유럽, 일본을 중심으로 시장 확대 지속
- 소비자의 환경에 대한 관심 증대

개선 방향

- **물성 개선**
 - 내열성, 가공성, 내충격성 보완
- **가격 경쟁력 확보**
 - 원가 절감
 - 공정개선을 통한 생산 비용 절감
- **가공 기술 개발, 응용 분야 확대**
 - 시장 확대 : 현재 플라스틱 시장 대비 1% 미만
 - 10년후 전체 플라스틱 시장의 1.5~4.8% 예상 (Frost &Sullivan)

* 생분해 플라스틱

- 생분해수지, 천연고분자, 바이오매스로 부터 만들어진 플라스틱으로 그린 플라스틱, 바이오 플라스틱이라고도 함



❖ 에코패키징의 범주 : 4R(3R) - 환경정책과 연계

- 1순위 : Reduce (감량) 사용량 감량, 포장감량 등
 - 2순위 : Recycle(재활용) 및 Reuse(재사용) 반복사용, 자원절감
 - 3순위 : Replacement(대체) 원료 소재 대체
 - (1) 전부 대체 : 생분해 플라스틱, 바이오 플라스틱
 - (2) 일부 대체 : 소각성 => 이산화탄소 감량과 연계 움직임
- * 인체 무해성, 유해 소재(PVC, PS 등) 사용 감량 또는 대체



플라스틱 고분자의 진화

- 내구성, 강도 증가, 경량화
 - 금속 수준 강도의 엔지니어링 플라스틱
 - 자동차 등 경량화 실현
- 기능성 부여
 - 항균성, 선도유지, 가스 배리어성, 난연성 등
- 녹색바람 : 최근 동향
 - 생분해성 수지, 식물섬유 등 20~40% 사용 제품
 - 생분해 플라스틱을 사용하여 환경오염 저감 등
 - 포장재 기본 기능 유지 : 물성, 강도 개선

에코 패키징 적용 제품

◎ 사용 소재별 분류

- 생분해성
 - : 일회용품, 포장 완충재, 식품포장
- 생광분해, FPP
 - : 선물 포장용 완충재, 산업용품
- 광분해, 복합분해
 - : 필름 포장재, 산업용 필름
- 복합분해
 - : 식품용기, 합지 필름 등
- 고분자 + 섬유, 고무, 셀룰로오스
 - : 차량용품, 산업기기, 사무용품

◎ 국내외 산업용 제품

- 국내 S사 : 에코폰
 - : 바이오플라스틱 40% 적용
- 캐논, 소니, 후지쯔, 크라이슬러 등
 - : 바이오플라스틱 10-20% 적용
- 장류 등 발효식품용기

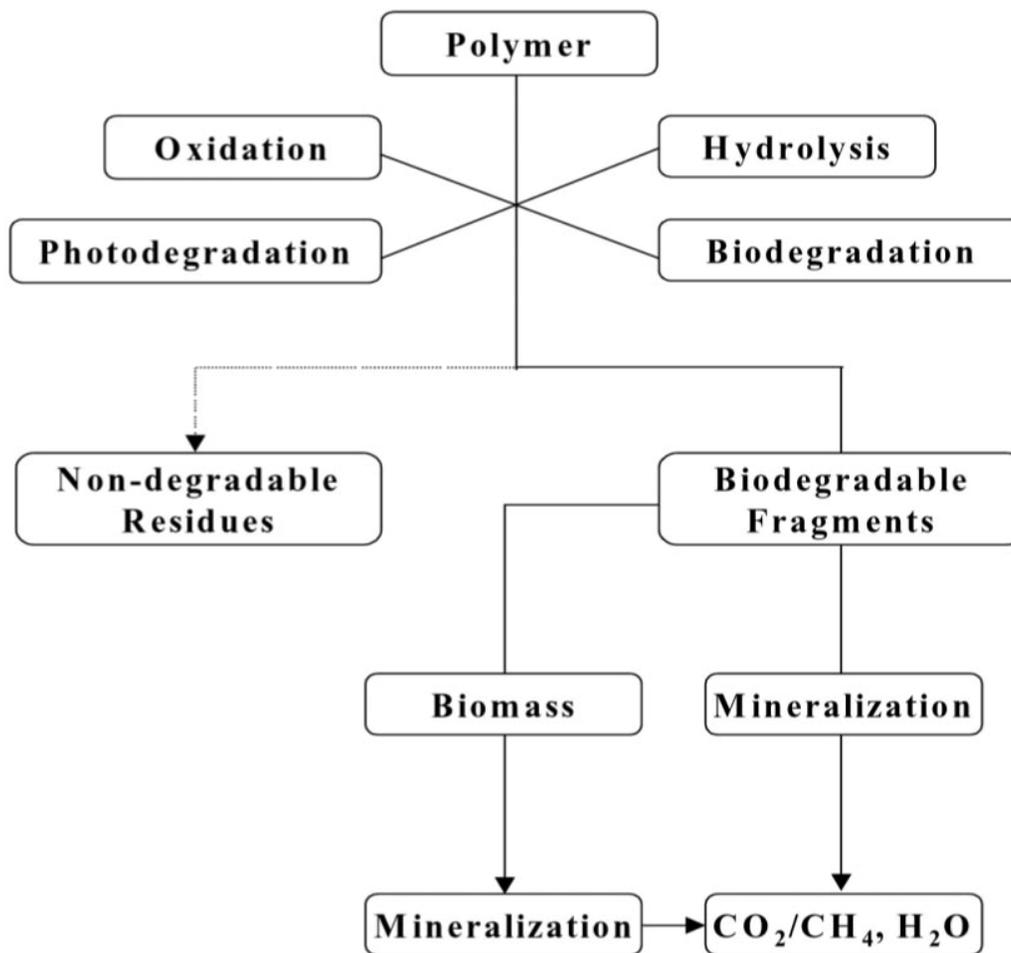
- 생분해 플라스틱 : 분해기간이 짧고, 물성이 문제가 되지 않는 경우 주로 적용
- 바이오 플라스틱 : 분해기간(유통기간)이 길고, 경량화, 강도 등 물성이 필요한 경우 적용

◆ 고분자의 생분해 과정

- 고분자 붕괴 => 저분자화
: 미생물이 분비하는 효소작용
- 미생물이 저분자를 흡수하여
대사 작용을 거친 후
- 최종적으로 이산화탄소, 물
및 생체물질(Biomass) 등을
생성하는 전 과정으로 구성

◆ 고분자의 생분해

- 최종분해(Mineralization)까지
진행된 정도를 생분해로 인정
하는 경향



Degradation pathway of polymer

- ◆ 전세계적으로 논의가 계속 : 국내외적으로 **명확한 규정은 없음**
- ◆ 미국 ASTM (American Society for Testing And Materials) 규정
 - 특정 환경 조건에서 일정시간 동안에 화학적 구조가 상당히 변화되어 그 성질 변화를 표준 시험 방법으로 측정 할 수 있는 플라스틱을 말하고, 이는 생분괴성(생광분해, 복합분해), 광분해성, 생분해성 플라스틱으로 구분하고 있음



분해성 플라스틱 : “일정기간 동안 특정 환경 조건에서 **화학구조가 상당히 변화되어** 표준 시험 방법으로 측정이 **측정이 가능한 성질이 손실**을 가져오도록 고안된 플라스틱”

생분해성 플라스틱 : “박테리아, 곰팡이, 조류와 같은 **천연 미생물의 작용으로 분해**가 일어난 플라스틱”

* 정의가 다소 모호하나 ASTM이 제시하는 표준 시험방법은 **이산화탄소, 메탄가스 발생량**으로 **생분해 정도를 측정**하게 되어 있음



ISO 472 : 분해성 플라스틱

- 생분해성 플라스틱과 분해성 플라스틱으로 분류

최종 생분해

- 미생물의 작용으로 유기물의 붕괴가 일어나고 최종적으로 **이산화탄소, 물, 무기염 /생체물질**을 생성하는 과정으로 규정

(1)분해속도, (2)미생물이 고분자 분해에 어느 단계에 작용해야 하는지, (3)분해는 어느 수준까지 일어나야 하는지 등에 관한 구체적 언급은 하지 않음

◆ 넓은 의미를 부여한 정의

- 모든 물질은 분자량이 작으면 자연계에서 생물체에 의해 완전 분해 가능
따라서, 고분자가 생물체의 작용이 없이 저분자로 분해되어 물, 이산화탄소, 생체물질로
변환되는 고분자를 생분해성 고분자(Biodegradable polymer)라고 함

◆ 일부 생분해성 고분자

- 다른 화합물의 영향이 없이 물과 고분자 사이의 반응에 의해 가수분해
=> 생분해 라기 보다 가수분해의 측면이 강하다고 할 수 있음



분해성 플라스틱 : 4가지 범주로 분류

① 광분해성 플라스틱(Photo-Degradable Plastic)

: 태양광에 의한 광산화, 케톤 광분해 등 화학반응에 의한 분해성 플라스틱

② 산화분해 플라스틱(Oxidatively-Degradable Plastic, Oxo Biodegradable Plastic)

: 온도 등의 영향에 의한 산화반응에 의해 분해되는 플라스틱으로 생붕괴, 생광분해,
복합분해라는 개념과 유사

③ 가수분해 플라스틱(Hydrolytically-Degradable Plastic)

: 가수분해 반응에 의해 분해되는 플라스틱

④ 생분해 플라스틱(Bio--Degradable Plastic)

: 미생물, 효소 등에 의해 분해되는 플라스틱

* 분해성 플라스틱: 상기의 1가지 이상 분해기작, 2가지 이상의 경우 복합 분해 플라스틱

* BEDPS : Bio/Environmentally Degradable Polymer Society



생분해성 플라스틱의 종류 및 업체현황(1)



구분	전분계	PLA	PCL	PEU
제조방법	전분 복합체를 압출기-> 고온, 고압변성가공	젖산 또는 락타이드를 축매 또는 효소로 개환	카프로락톤 개환 반응 및 중합	우레탄 저분자와 AP 중합
주재료	전분, AP 등	전분, 락타이드	카프로락톤	우레탄, AP
생산업체	노바몬트, 이애포레코, 바이오플라스틱, 노본 등	네이처웍스, 미쯔이 화학, 에콜그린, 대일본잉크 등	UCC, 다이셀화학, 솔베이 등	바스프, 소화고분자, 세정씨엔엠
적용제품	사출품, 발포체, 시트, 진공성형	용기, 성형품, 산업용품	필름, 사출 등	필름, 랩
가격	280~360만/톤	280~380만/톤	450~550만/톤	450~500만/톤
특징	-PE, PP 유사 물성 -내열성:110~130	-PS, PET와 유사 물성 -경도 우수	흐름성이 높아 전분, PLA 등 혼합 사용 용도	탄성, 신율 우수
장점	분해성 우수, 중저가, 고분자 혼용성	투명성, 강도 우수	분해성, 신장율 우수	내열성, 물성우수
단점	투명성, 성형가공성 취약	고분자 상용성, 가공성, 내열성 취약	저융점, 가공성 취약	경도, 가공성 취약

* 천연 고분자계(Naturally Occurring Polymers)

: 식물 유래의 셀룰로오스(Cellulose), 펙틴(Pectin), 헤미셀룰로오스(Hemicellulose), 리그닌(Lignin), 전분(Starch), 다당류 (Polysaccharide), 벚짚, 톱밥, 두부박, 팜씨꺼기, 왕겨, 옥수수대, 펄프 및 동물유래 키틴 (Chitin) 등

* PLA (Polylacticacid, 폴리유산), PCL (Polycaprolactone, 폴리카프로락톤), PEU (Polyesterurethane, 폴리에스테르우레탄)



생분해성 플라스틱의 종류 및 업체현황(2)



구분	AP	Alo/Ali	Bio-PDO	CA
제조방법	Diol, 유기산을 축중합	AP에 방향족 첨가 반응	전분당→Propanediol	초산, 가소제 처리
주재료	부탄디올, 에틸렌글리콜, 유기산	AP, 방향족 화합물	전분, PDO	셀룰로오스, 리그닌
생산업체	이래화학, 소화고분자 등	바스프, 이래화학, 이스트만케미칼	듀퐁-Tate & Lyle	이스트만케미칼, 다이셀화학 등
적용제품	필름, 사출, 산업용품	섬유, 의료, 산업용품	자동차 내장제, 전자제품, 섬유	담배필터, 섬유
가격	450~480만/톤	450~500만/톤	300~450만/톤	450~500만/톤
특징	HDPE와 유사	탄성 우수	석유계 1,3-propanediol 대체원료	섬유 소재 적합
장점	가공성, 유연성 우수	적용범위 넓음	섬유 등 고분자 적용성 우수	신율, 방사성 우수
단점	저장안정성 취약	분해속도 느림	후발 제품, 응용연구 필요	초산냄새

* AP (Aliphatic Polyestr, 지방족폴리에스테르), Alo/Ali (Aromatic/Aliphatic copolyester, 방향족/지방족 코폴리에스테르)
 Bio-PDO (Propanediol), CA(Celluouse Acetate)



생분해성 플라스틱의 종류 및 업체현황(3)



구분	PGA	PBS	PHB	PVA/전분
제조방법	글리코라이드->개환중합	중축합->폴리에스테르	미생물 발효	합성
주재료	글리코라이드	부틸렌, 숙신산	하이드록시부틸레이트 →PHB	PVA, 전분
생산업체	미쓰이도아프	소화고분자, SK, 신한케미칼	Metabolix, P&G	노바몬트
적용제품	수술용봉합사	필름, 사출, 산업용품	섬유, 의료용 봉합사, 필름 등	필름, 산업용품
가격	450~500만/톤	500~500만/톤	450~500만/톤	450~500만/톤
특징	생체내에서 가수분해	필름에 적합	대량생산에 어려움	물성우수
장점	열분해 및 가수분해 용이 생체 적합성	물성 우수	생체 적합성 · 내구성 · 안전성	실용화 단계
단점	안정성 취약	가격이 고가	가격이 고가, 냄새	가격이 고가

* **PGA** (Ployglycolicacid, 폴리글리콜산), **PBS** (Polybutylene succinate, 폴리부틸렌석시네이트), **PHB** (Polyhydroxybutyrate, 폴리하이드록시부티레이트), **PVA**(Polyvinylalcohol)

***TPS**(Thermoplastic starch), **PHV** (Poly Hydroxy Valerate), **PHA** (Poly Hydroxy alkanooate; PHB와 PHV의 copolymer)

* 생분해 수지 단일 사용 => 브랜딩 또는 콤파운드 하여 사용하는 추세임

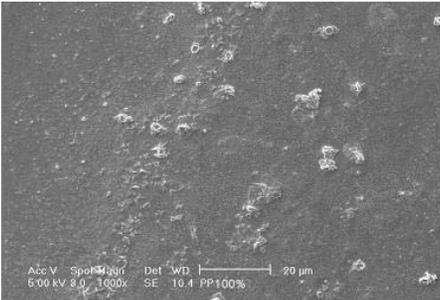
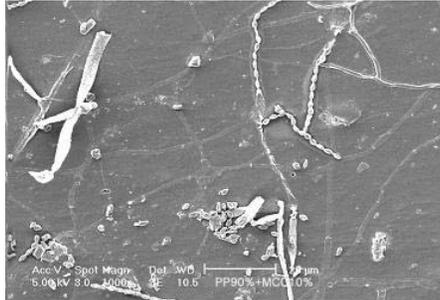
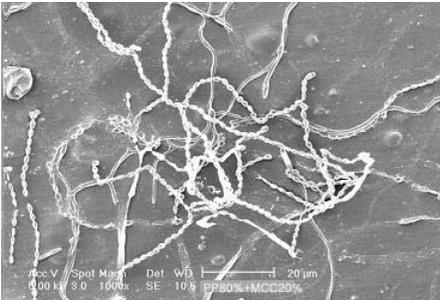


분해성 플라스틱의 장단점 비교(필름을 중심으로)



	플라스틱	광분해	복합분해	생광분해	생분해
분해 원리	열화에 의한 의 해 분해기간 300년이상->난분해	광화학 분해	광, 열, 미생물 및 화학 분해	광분해후 미생물 분해	미생물 분해
원료	플라스틱	플라스틱, 광분해제	복합 분해제, 생분해 수 지, 플라스틱	광분해제, 생분해 수지, 플라스틱	전분, PCL, PLA, PU 등
생산성	최우수	최우수	우수	어느정도 나쁨	나쁨
재활용	생산시 95% 이상, 사용 후 수거분 80% 이상	생산시 95% 이상, 사용 후 수거분 70% 이상	생산시 95%, 사용 후 수 거분 70% 이상	재활용 일부 용이	재활용 어려움
분해 기간	-광조건:난분해 -매립: 300년↑	-광조건: 1~2년 -매립: 50년 ↑	-광조건: 1~2년 -매립: 1~5년	-광조건: 1~2년 -매립: 일부 1~5년	-광조건: 6~12월 -매립: 3~6월
장점	-가격 경쟁력 -생산성 우수	-가격 경쟁력 -생산성 우수	-분해기간 조절 -생산성&가격 경쟁력	-가격 경쟁력 -분해성 우수	-분해성 최우수 -인체 무해
단점	-난분해성 -환경호르몬 등	-광조건 필요 -필름 이외: 난분해	-분해기간 장기간	-물성 저하	-내수성 취약 -고가, 물성저하
경제성	-제조원가 저렴 -생산비용 저렴 -재활용성 우수	-제조원가 일부상승 -생산비용: 플라스 틱과 유사 -재활용성 우수	-제조원가 일부상승 -필름, 비닐 등 -기타 응용제품 가능	-제조원가 일부상승 -생산비용 일부상승	-제조원가 고가 -성형가공비 상승 -재활용 어려움

➤ 생분해 플라스틱 : 가격, 물성, 강도, 생산성 재활용 측면에서 보완 연구 필요

구분	미생물 배양실험 ASTM G20 38도, 30일 배양 SEM 1000배 사진	멀칭 실험 농업진흥청 포장실험 고추 멀칭 (7개월)
일반 플라스틱	 <p>Acc.V Spot Magn Det WD 20 μm 5.00 kV 8.0 1000x SE 10.4 PP100%</p>	
복합분해 플라스틱	 <p>Acc.V Spot Magn Det WD 20 μm 5.00 kV 3.0 1000x SE 10.5 PP90%+MCC10%</p>	
생분해 플라스틱	 <p>Acc.V Spot Magn Det WD 20 μm 5.00 kV 3.0 1000x SE 10.5 PP80%+MCC20%</p>	



멀칭 초기 사진

- ◆ 일회용품, 소모성 플라스틱
 - 실생활에 사용되는 실생활품, 잡화분야, 각종 포장재 등
- ◆ 회수, 재이용이 어려운 분야
 - 식품포장재 등 산업용 포장재, 위생용품 등
- ◆ 환경 배려 분야
 - 농업, 토목, 건축자재, 레저용품 등

구 분	종 류	비 고
일반 이용 분야	<ul style="list-style-type: none"> - 농수산 분야 : 이식용 육묘포트, 낚시용품(미끼통), 화분, 멀칭필름, 낚시줄, 어망 등 - 토목건설분야 : 단열재, 산·바다 등 회수곤란 지역의 토목공사용 형틀, 토사붕괴 방지재 등 - 야외 레저분야 : 골프, 낚시, 해양스포츠, 등산 등의 일회용품 - 산업용품 : 보온재, 완충재, 수출용 전자제품 충격 완화재(몰드), 성형품 등 - 각종 용기류 : 각종 화장품 용기, 샴푸용기, 농약병, 의약품 용기 등 	농수산용품 산업용품
-회수 및 재이용 어려운 분야 -퇴비화에 유용한 분야	<ul style="list-style-type: none"> - 식품포장용 필름, 식품용기 : 신선식품 받침접시, 인스턴트 식품 용기, 패스트푸드 용기, 도시락 용기, 컵라면, 일회용 컵 등 - 사무용품, 일용품, 문구 잡화류 등 : 펜 케이스, 컵, 쓰레기통, 완충재, 일회용 면도기, 문구류, 연습용 탄피(비비탄 등), 장난감, 쓰레기 봉투, 비닐 봉투 등 - 위생용품 : 종이 기저귀, 생리용품 등 	일회용품 폐기용품 생활용품
특수 용도	<ul style="list-style-type: none"> - 서방성 : 의약품, 농약, 비료 등의 피복재 - 보수성, 흡수성 : 사막, 황무지 등의 식목용 소재 - 생체내 흡수성 : 수술용 봉합사, 골절 고정재, 의료용 필름, 의료용 부직포 등 	
기 타	<ul style="list-style-type: none"> - 어린이 장난감, 알약 포장 용기, 일회용 주사기, 다회용품(명절용, 레저용) 등 	



- ◆ 자동차, 산업용품, 전자제품 등
 - 분해기간 연장, 강도유지, 내구성 향상
- ◆ 발효식품 포장재, 수분 함유 식품 포장재
 - 유통 기간중 포장재 안정성, 통기성, 선도유지 등 기능성 부여 포장재 선호
- ◆ 토목, 건축, 농업분야
 - 고강도, 분해기간 1년이상, 자연상태의 노출상태에서 조기 분해 방지

▶ 기존에 지적되어온 생분해 수지의 단점

- 강도, 신장율 등 물리적 특성 및 가공성이 취약한 점
- 기존 제품 대체 및 응용분야 확대 지연
- 플라스틱 대비하여 높은 가격
- 재활용의 어려움

▶ 생분해수지와 플라스틱 고분자 사용

- 내열성, 가공성, 내충격성을 보완한 제품 들이 출시
- 옥수수 프린터, 옥수수 휴대폰 등
- 생분해 기간 : 약 1~5년
- 생분해 성분이 고분자 플라스틱 단량체 결정 변화
 - 상용화제, 산화제 등 활용

▶ 산화 분해 플라스틱 (Oxo Biodegradable Plastic)

▶ 국내외 제품화 적용 확대 사례

- 미국 애로헤드 : 플라스틱 30% 감량 생수통
- 삼성전자, 모토로라, NTT 도코모
 - : 전분 첨가형 핸드폰
- 후지제록스 : 복사기, 프린터 적용
- 일본 빅터사 : 쌀전분 10% 사용한 CD 케이스
- 클라이슬러 : 자동차 내장재
- 소니, 후지쯔 : 노트북
- 태평양 : 화장품 트레이
- 도미노 피자 : 피자 트레이

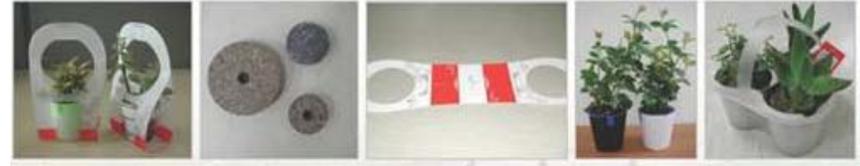
▶ 향후 과제

- : 분해 기간 조절, 다양한 규격 기준, 물성 개량,
- 가공 적성 개선(인쇄 적성, 초음파 가공, 실링성 등)

● 비닐, 필름류



● 농업용, 원예용 포장재



● 식품포장재, 일회용품 등



● 산업용품, 전자제품, 포장재 등



생분해 플라스틱의 특성

- * 기존 범용 수지 대비 **제품의 기능 및 가격 경쟁력 저하**
- * 법적 규제, 사회 분위기 등 **외부적인 요인에 의해 많은 영향** 받음

범용수지의 기능 및 가격 근접성

- * 기존 범용수지 대비 기능 및 가격경쟁력이 우수한 생분해성 수지 개발은 **불가능에 가까움**

사용 실적이 미미한 원인

(1) 실질적인 정부의 정책 의지 부재

- 정부의 강력한 정책의지와 함께 **법적·제도적 뒷받침 필요**
- 추가 비용 부담 문제 : **생산자나 소비자가 자발적으로 추가적인 비용을 지불하기를 기대하기는 어려움**
- 환경보호를 위한 **사회적 비용을 국민전체가 부담하는 법적 강제가 있어야 함**

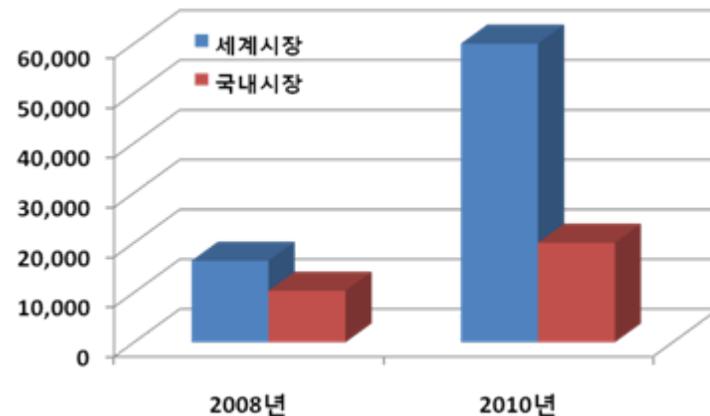
(2) 가격 경쟁력

- 생산자 입장 : 생분해성 플라스틱 원료 가격 고가 및 물성 측면에서 불리
- 소비자 입장 : 추가적인 비용을 개인이 부담해야 하므로 생분해성 플라스틱의 사용을 회피 : 대체로 **모든 나라의 경우에도 적용되는 현상**
- 미국의 경우 생분해성 플라스틱이 상업적으로 대량생산되고 있으나, 대부분 유럽이나 일본시장을 겨냥한 수출 지향적 생산에 치중하고 있으며, 정작 미국내의 소비는 극히 제한적인데 이는 공통적으로 기존의 플라스틱에 비해 생분해성 플라스틱의 가격이 비싸기 때문임

시장 규모

구분	현재 시장규모('08)	예상 시장규모('10)
세계시장	16,400억원	60,000억원
국내시장	10,370억원	20,000억원

* 세계시장은 생분해성 고분자, 한국시장은 생분해성 + 1회용품



※ 자료: 일본경제신문, 미쓰비시 종합연구소(1999), The Freedonia Group "Degradable Plastics to 2008", KOTRA 2005. 7, 통계청 2007, 환경기술정보센터, KISTI

에코 패키징 분야 시장 전망

(단위 : 억불)

2008	2010	2012	2014	2016	2018
16.69	18.29	20.17	22.24	24.51	27.06

세계시장 규모 전망과 한국 및 세계 패키징 시장 점유율(1.3%) 적용하여 추정

- 패키징 분야는 세계 시장 성장률(CAGR 5%)과 유사하게 증가할 것으로 예상
- 2008년에는 약 16.59억불, 2020년에는 약 29.80억불에 이를 것으로 전망됨

◆ 국내 환경 정책 순위

- 감량 > 재활용(재사용) > 매립 > 소각
- 기존 범용수지의 대체 시장은 환경 정책과 연계하여 움직일 수 밖에 현실임

◆ 폐기물 최소화하는 정책

- 일회용 범용수지 사용억제, 재활용 비율 최대화
- 폐기물 처리 : 매립의 비중을 낮추고, 재활용 및 소각 비중을 늘림
: 생분해 수지 사용은 재활용 및 소각의 경우 아무 의미없이 비용만 증가

◆ 국내 생분해성 수지 시장 확대는 다소 시간이 필요하나, 꾸준히 시장이 확산

◆ 국내 시장 활성화를 위한 과제

- 정부의 강력한 정책적 의지, 또한 대안없는 규제보다 적용할 수 있는 정책
- 생산자의 기술 개발에 의한 원가절감, 물성 향상
- 소비자의 환경 마인드 확산 -

❖ 한국의 시장 전망

- 유럽, 일본, 미국 등에 비하면 느리지만 **지속적 시장 확대**가 기대됨
- 기존 일회용품, 식품 용기에서 벗어나 **산업용품**에 적용 확대중임
- 삼성전자 : 바이오 플라스틱을 이용한 **휴대폰** 개발
- 2007년 4월 바이오리파이너리 시범사업 추진 발표
: 바이오매스를 원료로 하여 바이오 기반 화학 제품을 생산하는 기술을 집중 육성 방침

❖ 전세계 환경 규제 강화 움직임

- 교토 의정서를 비롯하여 이산화탄소 감량, 지구 온난화 등 영향
→ 바이오 플라스틱 시장의 잠재력을 현실화시키는 기폭제로 작용 가능성

❖ 유가 상승

- 기존 플라스틱을 대체하여 친환경적인 생분해 플라스틱의 채택 요인

❖ 시장 확대

- 환경 규제가 강한 유럽, 일본을 중심으로 형성되어 있음
: 특히 유럽 시장은 바이오 플라스틱이 시장의 약 60% 차지
- 아메리카, 아시아 국가 들로 시장이 확대 개편 움직임

❖ 산업 바이오(White BIO) 확대

- 현재 산업바이오 생산규모는 화학제품의 5%에 해당하는 500억불 규모이지만, 2015년 4300억불 (세계 화학제품의 25%)로 대폭 증대할 것으로 예상

❖ 일본의 환경 규제 강화 및 제품화 현황

- 일본 기업들은 일회용 봉투, 식품포장재에 국한되어 있던 바이오 플라스틱의 물성 개선
→ 전자 제품, 사무용품 등에 확대 적용하고 있음 : 워크맨 커버, DVD, 노트북 외장재 등
- 미쓰비시 플라스틱 : PLA와 생분해 소재를 배합하여 내열성 개선 => 소니가 신형 워크맨 외장재로 채택
- 미쓰이 화학이 개발한 PLA => 산요가 채택하여 DVD 생산
- 후지쯔와 도레이 : 내열성이 우수하고 가공성이 좋으며 내충격성 있는 바이오 플라스틱 => 휴대폰 및 노트북 외장재
- 도요타 : 스페어 타이어 커버 등 자동차 부품에 바이오 플라스틱 적용
: 기타 테니스 라켓줄, 식물 재배용기, 음식접시, 칫솔용 PLA를 제조 판매

❖ 생분해 수지의 가격 인하 및 물성 향상

- 미국을 중심으로 한 바이오매스 기술의 진보로 인하여 새로운 개념의 합성고분자계 생분해성 수지가 등장하고 있으며, 그 공정의 경제적인 규모와 우수한 기술력을 이용하여 대폭적인 가격인하가 가능하게 됨.
- Biochemical 을 원료로 한 합성고분자계 생분해성 수지는 순수한 원료를 이용하기 때문에 균일한 품질 및 우수한 물성이 보장됨

구분	규제 내용
미국	<ul style="list-style-type: none"> -스티로폼 포장재 및 일회용품 사용 규제 (사용 금지 또는 과세) 시행중: 3개주 (Minnesota, Florida, Maine) 검토중: 3개주(New York, Pennsylvania, Wisconsin) -공공 기관에서 사용 금지 (Massachusetts) -패스트푸드에 사용 금지 (California 및 Oregon 의 각 1개 시) -일회용 비닐봉투, 컵 사용 금지 (New Jersey의 Seabright시) -플라스틱 식품 포장에 대한 과세 부과 (Wisconsin주)
독일	<ul style="list-style-type: none"> -지방 정부에서 일회용품 사용 억제를 위해 지방소비세 명목으로 패스트푸드 포장세 부과 -일회용 봉투 유상 판매 : 보통제품 : 400원/bag, 비닐코팅 고급제품 : 800원/bag -난분해성 플라스틱 소재 일회용품에 폐기물세 부과(3 DM/kg) Kassel, Bonn 등 다수의 지자체
이탈리아	<ul style="list-style-type: none"> -쇼핑백과 플라스틱 병에 분해성 플라스틱 사용 의무화(1999) -'94.3부터 합성수지 비닐봉투에 과세(분해성은 제외:100리라/bag) -'89년부터 포장재, 병, 용기류를 재사용할 수 없는 것은 제조 금지하고, 플라스틱 용기에 원재료 재질 표시 의무화
유럽	<ul style="list-style-type: none"> - 벨기에: 난분해성 일회용 면도기에 세금 부과(10BF) - 덴마크: 플라스틱 음료 용기, 스틸 캔 사용금지 - 스위스: PVC 의 포장용도 사용금지 - 오스트리아: 슈퍼마켓 등에서 일회용봉투 유상판매(약 250-300원) - 영국: 2006년부터 환경 인센티브 제도 도입
대만	<ul style="list-style-type: none"> -식품接客업소에 재활용 장려 및 플라스틱 사용 자제 유도 - 라면용기의 40%를 종이용기로 대체 - 식당, 백화점, 슈퍼마켓, 편의점, 그리고 패스트푸드점을 포함한 약 75,000여 시설에서 플라스틱 봉지의 무료 배포와 일회용 식탁용 식기류의 사용 금지

구분	규제 내용
중국	<ul style="list-style-type: none"> - 1998.9부터 열차, 여객선 등에서 스티로폼 도시락 용기 사용금지 - 2002년 부터 전국적으로 스티로폼 용기 사용 금지 - 2008.1.1: 정부구입 모든 제품 환경 친화형 제품 구입 의무화 결정
일본	<ul style="list-style-type: none"> - 일회용품 사용 자제 및 재활용 권장 재활용법('91) : 사업자, 공급자가 기본적으로 원료의 재사용 표시, 분해가 용이한 재질 사용 규정 일부 지방자치단체에서는 행정지도로서 일회용품 사용자제·재사용 권장 - 2000년부터 플라스틱 재활용 의무화(분해성은 예외)
한국	<ul style="list-style-type: none"> - 쓰레기 봉투 30% 분해도 적용 추진 의무화 - 일회용품 사용억제 및 무상제공금지('03.1), 적발시 과태료 부과 및 신고포상금 지급('04.1) - 스티로폼 일회용 도시락 전면 규제('03.7.1) => '08년 해제 - 백화점.대형점.쇼핑센터.도매센터.시장 및 기타 대규모 점포 내에서 영업하는 식품제조 가공업 즉석판매제조.가공업체의 1회용 합성수지용기 사용금지 ('03.7.1) - 합성수지 재질 포장재 연차별 줄이기 (생산량 대비) 청과.축산.수산물 받침접시 ('03년 10%, '05년 20%, '07년 25% 이상) 계란 난좌 ('03년 60%, '05년 70%, '07년 80% 이상) 계란 팩 ('03년 35%, '05년 40%, '07년 45% 이상) 면류 용기를 합성수지가 아닌 재질로 대체 의무 부과 ('03년 20%, '05년 30%, '07년 35% 이상) - 오디오.비디오.휴대폰 등 전기용품의 포장용 완충재 스티로폼 사용 전면금지 ('04년 : 포장면적 2만cm³ 이하, '06년 : 포장면적 3만cm³ 이하, '08년 : 포장면적 4만cm³ 이하)

자료 : J. of KOWREC, Vol 9, No. 1, 2001, 한국기술거래소, 환경부 보도자료(2003.6), J. of KOWREC, Vol 9, No. 1, 2001, 한국환경기술정보센터(2007)

❖ 친환경 식별 표시

: 일반 플라스틱과 구별하여 환경 부하가 적은 제품에 부여하는 표지

❖ 1977년 독일에서 처음 시행되어 현재 일본, 캐나다, 유럽연합(EU), 싱가포르, 인도 등 30여개 국가에서 성공적 실시중임

❖ 각국의 식별 표시

- 한국 '환경마크', 일본의 '그린 프라(グリンプラ)', 캐나다 'Environmental Choice', 미국 'Compostable Logo', 벨기에 'OK Compost', 독일 'DIN CERTO', 핀란드 'Apple Core' 등



◆ 식별 표시 제도의 국제 표준화 움직임

- * 분해성 플라스틱 제품의 국제간 유통을 원활하게 하고, 분해성 플라스틱의 보급을 촉진
- * 각국의 식별 표시 제도를 국제적으로 표준화하려는 움직임
 - 우선 2개국간의 양해 각서 체결, 미국-독일(2000년 11월), 일본-독일(2001년 3월), 일본-미국(2001년 4월)으로 체결, 다음에 상호인증을 위하여 3개국간 각국의 식별 표시 제도에 통합성을 부여하기 위해 협력하는 협정에 조인('01. 12)

◆ 각국의 인증 제도의 차이

- 일본의 규격 기준은 '생분해성'에 머무르는 반면, 구미에서는 '퇴비성'이라는 표현을 사용

대한민국 환경마크 심사 체크리스트

* 공통기준

- 공장, 제품의 환경관련법규 준수

* 환경관련 기준

- 생분해성 수지 70% 이상 사용 할것
 - : 무기첨가제, 안정제, 계면활성제, 안료 등은 생분해 수지로 간주함
- 최종 생분해도 : 180일 이내 90% 이상 및 아래의 경우
 - (1) 45일 이내 60% 이상
 - (2) 180일 이내 60% 이상
 - => 봉투 등 필름 형태의 경우
- 중금속 : 기준치 이하
- 유해물질 사용금지 : EU 지침 67/548

* 품질 관련 기준

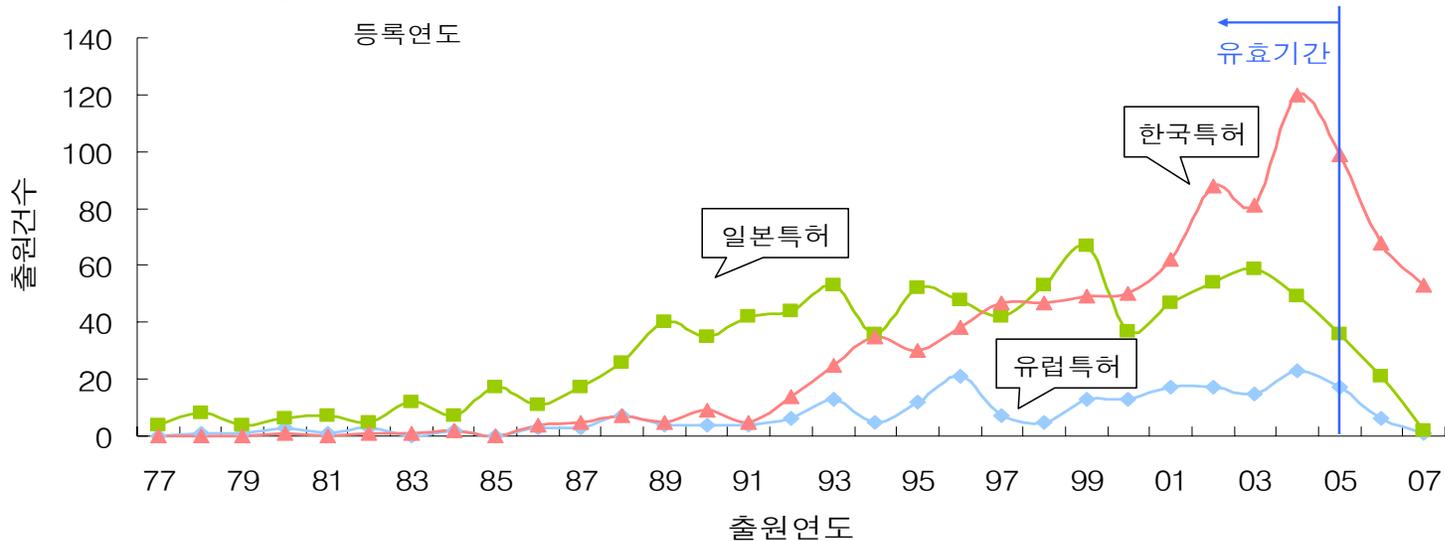
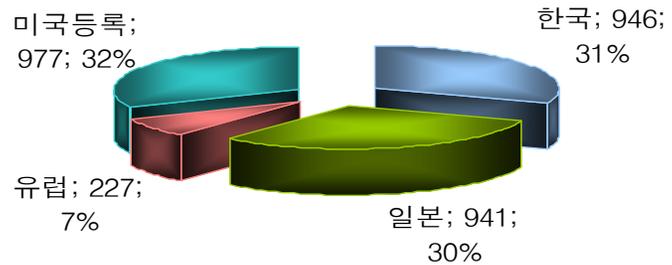
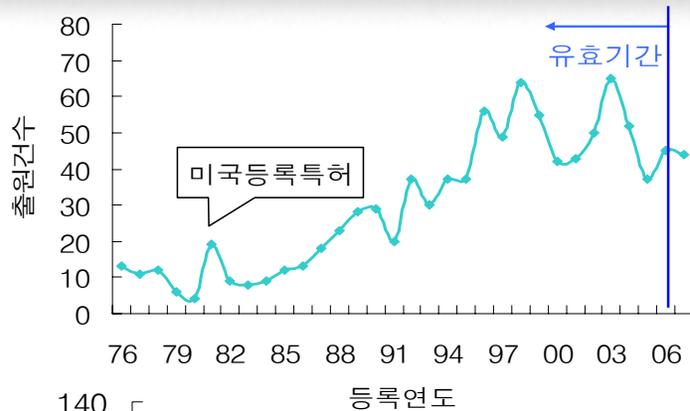
- 해당제품의 KS 규격
- KS 규격이 없는 경우, 해외규격, 단체 규격, 유사규격에 적합 등

◆ 주요 국가 연도별 출원 동향

- 한국 특허는 증가 추세, 한국과 미국은 1980년 중반부터 급격한 상승세를 보임
- 국가별 특허점유율 : 미국(등록특허)이 977건, 32%로 가장 많고 한국이 946건, 31%, 일본이 941건, 30%, 유럽이 227건, 7%의 순이었음

◆ 분석구간

- 한국, 일본, 유럽특허: 1977-2007(출원연도), 미국등록특허: 1976-2007(등록연도)





❖ 가격 경쟁력 확보

- 기존 석유화학 제품에 대한 가격 경쟁력 확보
- 최근 고유가 지속과 바이오 플라스틱의 기술 발전으로 시장 친화력 상승

❖ 물성 개선, 원가절감, 시험 방법 등 기술 개발

- 강도, 유연성, 내열성, 분해 기간 조절, 가공성, 생산성, 인쇄 적성 등
- 재활용 측면의 개선, 다른 고분자와 **상용성** 개선
- 비교적 초기 단계인 국내 기업, 대학, 연구소의 활발한 **연구 개발** 필요
- 고가의 시험 비용 및 시험소요 기간으로 인한 업체의 부담의 경감을 위해 보다 **신속하고 저렴한 시험 방법**의 개발
- 다양한 인증 규격 개발 및 해외 인증기관과의 협력을 통한 **국내 환경마크의 해외 교차 인증**

❖ 환경 규제 강화

- 폐기물 부담금, 환경 부담금 등 **현실적인 규제 강화**
- 환경 규제가 강한 유럽, 일본을 중심으로 형성되어 있음 : 특히 유럽시장은 바이오 플라스틱이 시장의 약 60% 차지
- 아메리카, 아시아 국가 들로 시장이 확대 개편 움직임

❖ 새로운 시장의 개척

- 스포츠, 레저용품 산업
- 바이오 플라스틱의 다양한 용도 개발 등

- 끝 -

신소재 패키징 개발은 고부가가치 창출을 위한,
우리의 도전이며 기회입니다.

Thank You !

- ◆ 분해성 플라스틱은 사용하는 원료 등에 따라
 - : 1. 천연고분자계, 2. 화학합성 고분자계, 3. 미생물생산 고분자계, 4. 전분과 생분해성 고분자의 혼용, 5. 복합 분해계, 6. 광분해계 크게 6가지 형태로 분류할 수 있다.

분해성 플라스틱의 분해 경향성

(1) C-C 주쇄로 되어 있는 부가 중합체는 생분해가 거의 되지 않음

: 따라서 PE, PP, PS, PVC 등 많은 경제적인 범용수지를 분해성에서 배제함

(2) C-C 주쇄형 고분자가 직선형이고 분자량이 낮을 때(분자량 40,000 이하) 생분해성의 가능성이 있음.

: 고분자는 기계적 물성의 필수조건이며, 적절한 가교 및 결사슬로써 수지의 용융점도를 조절하는 것이 필요한 경우, 분해성에는 불리함

(3) 주쇄에 탄소이온의 원자를 갖는 부가 중합체는 생분해성이 있음

: 개환형 부가 중합체가 있으나 단량체의 가격이 대체적으로 고가인 단점

(4) 축중합형태의 수지에 있어서 그 형태에 따라서 분해성이 달라짐

- 화학구조에 따라 esters>ethers>amides>urethans 순으로 분해성이 감소

- 분자량이 작을수록 빨리 분해됨 (기계적 물성과 배치)

- 비정형이 결정성보다 빨리 분해됨. (결정성을 피할 수 없는 수지들 많음)

- Tg가 낮을수록 잘 분해됨. (Tg>100℃를 요구하는 응용예가 많음)

- 친수성이 높을수록 잘 분해됨. (이로써 많은 수용액상 제품의 용기개발에 큰 제약이 됨)

(5) 특수한 광학이성질체는 분해가 잘됨.

: 촉매를 이용, 제어하는 공정은 선택도 및 촉매의 수명, 생산 원가면에서 불리함

1. 천연고분자계(Naturally Occurring Polymers)

- 식물유래 고분자인 셀룰로오스(Cellulose), 펙틴(Pectin), 헤미셀룰로오스 (Hemicellulose), 리그닌(lignin), 전분(starch)을 기초 만들어진 생분해성 고분자를 말함

- 대표적 업체 : 전분을 이용한 Novamont(이탈리아), 셀룰로오스를 이용한 Mazzucchelli 1849(이탈리아), 콩 등을 이용한 Dupontsoy(미국) 등

- 전분이 생분해성 플라스틱의 주원료로 부각된 이유

(1) 전분이 생분해성 플라스틱의 원료 중에서 생분해도가 가장 우수하다는 점

(2) 가격이 타 원료에 비해 매우 저렴

(3) 자원의 풍부성과 공급의 용이성임

: 전분은 고갈 위기에 처해있는 석유 자원에 비해, 무한한 공급 가능성

(4) 천연계로서 원료 자체의 무독성인 점

2. 화학 합성 고분자계(Chemically Occurring Polymers)

(1) 화학 합성 고분자 종류

- PCL(Polycaprolactone), PLA(Polylacticacid), PGA(Polyglycolic acid), PBS(Polybutylene succinate), Diol/Diacid계 AP (Aliphatic polyester), Aro/Al(Aliphatic/Aromatic copolyester), Poly(phosphate ester) Poly(phosphazene) 등 다양한 종류가 개발되었는데 모두 지방족계 폴리에스테르의 중간계임

(2) 특징

- 지방족계 폴리에스테르는 지방족 분자(탄소가 쇠상에 붙어있는 분자)가 에스테르 결합을 한 고분자

: 방향족계 폴리에스테르라고 불리우는 보통의 폴리에스테르처럼 분자구조 중에 방향족환(벤젠환)을 포함

- 생분해성 특징

: 공기 중에서는 그다지 열화(劣化)가 진행되지 않기 때문에, 실제 사용단계에서 대부분 통상의 제품과 동일하게 사용가능함 그러나 토양매립, 물에서는 생분해성 플라스틱의 종류에 따라 차이가 있지만, 필름 형태의 경우 수주간에서 수개월, 1mm 두께 정도의 판상의 물질 또는 섬유로서는 1년에서 몇 년에 걸쳐 분해됨

3. 미생물 생산 고분자계(Microbiologically Occurring Polymers)

(1) 미생물이 만들어내는 분해성 고분자(바이오폴리머)를 활용하여 플라스틱과 같은 기능을 갖는 물질을 만드는 것으로써, 분해성과 물성면에서 뛰어나지만 생산성과 용도가 제한되며, 가격이 고가인 단점이 있음

(2) PHA(Poly-hydroxyalkanoate), PHB(Poly-hydroxybutyrate), Pullulan 등 다당류(Polysaccharides)

- PHB는 영국의 ICI사가 최초 개발한 Bipol이 대표적인 PHB 계열의 생분해성 플라스틱이다. 그러나 높은 생산원가로 인해 상용화가 실패하였고, Zeneca를 거쳐 Monsanto가 인수하여 상용화를 시도하였으나 결국 1999년 생산이 중단되었고 2001년도에 Metabolix에 매각됨

- PHA 계열의 고분자를 생산해내는 회사는 Metabolix의 Metabolix PHA, P&G의 NODAX등이 있으나 높은 원가로 인해 현재는 연산 100톤미만의 파일럿플랜트 수준이고 현재 양산을 통해 생산원가 인하를 추진하고 있는 단계

4. 전분과 화학합성 또는 미생물 생산 고분자의 혼합형

- 일반 포장재 용도로서 생분해성 플라스틱의 최근 개발 방향은 이태리의 노바몬트, 바스프, SK, 이앤티포레코, 대상 등을 중심으로 이루어지고 있으며, 가격이 저렴하며 생분해성이 우수한 전분을 이미 개발된 다른 생분해성 고분자와 혼합하여 비용 절감, 생분해도 향상, 물성 개량 등을 꾀할 수 있는 기술 개발 및 활용이 점점 증가 추세임
- 적용하고자 하는 각각의 용도나 보유기술에 따라 전분과 PLA, 전분과 PCL, 전분과 Diol/Diacid계 Aliphatic Polyester 등의 혼합물에 대한 혼합 비율이나 기술적 방법이 다소 차이가 있다.
- 미생물 생성 PHB와 PCL의 배합은 PCL 단독보다 내열성이 있고 가공 물성도 좋아서 미생물로 PHBV 공중합체를 만드는 것 보다 간단히 일정 조성의 생분해성 플라스틱을 얻을 수 있어 원가 절감의 이점이 있음

5. 복합 분해성 고분자(Multi Degradable Polymers)

- 기존 생분해성 제품의 제품 응용 및 생산성 저하, 광분해제품의 단점, 고가의 합성 고분자 제품의 단점을 보완하여, 기존 양산설비 사용, 제조원가 절감, 강도 등 물성이 약한 단점 극복 등을 통한 실용화 기술로 전세계적으로 기술 개발이 활발함. 기본 범용 플라스틱에 생분해성 수지, 분해첨가를 사용하여 제품을 생산하고 그 분해 메커니즘은 열, 광, 미생물, 효소, 화학 반응 등의 복합적 분해 작용에 분해가 촉진되는 기술

- 분해 메커니즘은 다음과 같다.

1단계 : 분해성 고분자의 직접분해(붕괴 상태)

2단계 : 온도, 화합물, 광, 산소 등에 의한 자동산화 등 화학분해 (분자량 감소 및 미립자로 분해)

3단계 : 미생물 및 효소에 의한 완전분해 (최종적으로 물, 이산화탄소 및 바이오매스)

6. 광분해성 고분자(Photo Degradable Polymers)

- 광분해성 플라스틱은 기본적으로 태양광선의 자외선에너지를 이용, 고분자 고리를 끊어 수지의 물리적 성질을 저하시키고 궁극적으로 분자량이 낮게되어 분해되는 플라스틱을 의미함
- 광분해 플라스틱은 자외선 안정제와 광분해 활성화제 이 두가지 성분을 조화있게 활용, 원래의 물리적 성질을 유지하면서 원하는 일정기간에 분해가 가능하도록 만든 플라스틱의 일종임
- 광분해 플라스틱의 분해에 이용되는 빛에너지는 보통 290nm ~315nm 사이의 자외선이다. 모든 플라스틱은 각기 고유속도로 서서히 광분해되는 데 그 화학적 구조에 따라 자외선을 잘 흡수하는 것과 그렇지 못하는 것이 있음. 광분해성 고분자는 금속 이온계 고분자 마스터배치 첨가형, 비닐 케톤계 공중합 MB 첨가형, 에틸렌-일산화탄소 공중합체가 있음. 고분자 마스터배치 첨가형은 전이 금속을 첨가하여 금속 이온이 고분자쇄중 산화로 생성된 peroxide나 carboxyl기의 분해 촉매 작용을 일으킨 것이다. 비닐 케톤계 공중합 MB 첨가형과 에틸렌-일산화탄소 공중합체형 고분자는 고분자에 자외선 흡수 관능기 (EI-CO)가 도입되었음
- 광분해 플라스틱에 관한 연구는 1970년대부터 시작되어 미국 DOW, Dupont, Unioncarbide등의 회사는 일산화탄소와 PE를 공중합하여 E/CO 분해 화합물을 만들었고, 이후 캐나다 토론토대학의 Guillet 교수와 1978년 영국 대학의 G. Scott 교수는 광분해성 플라스틱을 개발, 제조 하였음. 이런 종류의 광분해성 플라스틱은 가공성과 분해 성능면에서 아직 부족하여 G. Scott는 이스라엘의 Dan Gilead와 합작하여 Plastopil사를 만들고 여기에서 Fe와 Ni등을 배합 사용하는 광분해기술을 개발하였으나, 그러나 이 기술 역시 광분해후 베이스폴리머가 그대로 남아있어 토양 오염을 완전히 해결하지는 못하였음. 최근에는 개발된 기술에 의한 제품이 출시되어 광분해에서 생분해로 전이되는 메커니즘에 의해 생분해 범주에 포함시키는 경우도 있음