생분해성 플라스틱 동향 및 대체품 개발 현황

Trend of Biodegradable plastic Industry and alternative technology

유 영 선 / (주)포텍, (주)네오엠씨씨 대표이사

1. 개요

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.

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 분해되기까지 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.

생분해성 플라스틱의 2002년 세계 시장규모가 약 9조원 정도로 성장할 것으로 예상되었고, 최근 분해성 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.

2. 분해성 플라스틱 연구 · 개발 현황

우리나라의 분해성 플라스틱 기술에 대한 연구는 생분해성 플라스틱 연구가 93년 과기처의 기술개발 과제로 선정되면서부터 제일합섬, 삼양사, 이래화학, SK, LG화학, 대상 등에서 본격적으로 연구를 진행하였으나 현재 국내 대기업 및 중소기업 등의 분해성 플라스틱과 관련된 기술은 일부 기업 이외에는 선진국 수준에는 현저히 못 미치는 것으로 평가되어, 원천 기술개발의 저변 확대가 필요하다.

분해성 플라스틱 관련 기술개발 및 특허 현황은 주로 전분, 식물체, 지방족폴리에스테르 관련 기술이고 원료 특성상 제품 다양화에 한계가 있어 응용제품 개발 및 원료기술 개발이 시급한 실정이다.

생분해계 기술은 (주)대상 등에서 TPS라는 전분계 생분해성 플라스틱의 소재를 개발했다고 발표한 바 있지만(1999. 9. 14 서울경제신문), SK, 네이처웍스, 네오엠씨씨, 이레화학, 엔피아이, 파인엔지 등이 PLA 기술개발, 제품화를 하고 있다. 하지만 대부분의 원천기술이라고 할 수 있는 원료 개발보다는 원료에 대한 응용 기술에 관한 것이 다수를 점하고 있어 원료 개발 등에 관심을 가질 필요가 있다.

전분계 관련 기술은 전분가격이 싸고, 발포가 가능한 장점이 있으나, 신규 기계개발이 필요하고 또한 내수성 해결, 제품 강도 약화 및 분해기간이 너무 짧아 제품 응용성 및 생산성이 저하되는 단점이 있어 추기 기술 개발이 없이는 사업화

〔표 1〕 종류별 분해성 플라스틱 특징 및 개발업체

구분	천연고분자	펄프	생분해 고분자	복합분해
제조방법	- 밀대, 볏짚 등 고압압축성형 - 전분 발포성형	- 펄프를 해리&압축 성형	- 화학적생산, 미생물발효 - 진공성형, 사출성형 등	- 분해첨가제, 생분해, 범용 합성수지 - 진공성형, 사출성형 등
특징	- 내수성 보완 필요 - 제조설비 제작필요 - 원료원가 저렴 - 제조원가 고가 - 분해성 우수	- 원가 고가 - 제조설비 제작필요	- 가공성 우수 - 인장강도, 내습성 우수	- 플라스틱 자체를 분해 - 광분해, 열분해, 화학분해, 생분해 우수 - 인장강도, 내습성 우수
국내	- 율촌화학, 대상, 네오엠씨씨, 피앤아이디, 리벤, 그린벅 등	- 포텍, 에코스텍, 푸른마을, 세제 등	- 이레 화학, SK, 신한케미칼, 파인엔지, 엔피아이, 포텍엠씨씨 등	- 네오엠씨씨, 지앤씨, 에이유 등
해외	- 에이팩, 노바몬트, 어쓰쉘, BPI 등	- Twin peak molding, Showa Phoenix Industrial 등	- 카킬다우, 소화 고분자, UCC, BASF 등	- EPI, 노본저팬, 상해행리 환경과기 유한공사 등
제품	- 용기, 트레이 - 건축자재 등	- 용기, 트레이 - 산업용 포장재	- 용기,트레이 - 필름 - 기타 응용제품 가능	- 용기, 트레이 - 필름, 비닐 등 - 기타 응용제품 가능

〔표 2〕 분해성 플라스틱 종류별 장단점 비교(필름제품을 중심으로)

구분	일반필름(난분해)	생분해	광분해	복합분해분
분해원리	- 난분해/난분해성 - 열, 산화, 광에 의해 300년 이상	- 미생물, 효소에 의한 단기간내 분해 가능	- 광 및 열에 의한 분해 가능	- 광, 열, 미생물 및 화학분해에 의해 분해 가능
원료	- PE, PP 등	- 전분, PCL, PLA, PHB 등	- 광분해제	- 전분, 분해 촉진제, 생분해물질
경제성	- 제조원가 저렴 - 성형가공비 저렴 - 손실분 수지 재활용 가능	- 제조원가 고가 - 성형가공비 상승 - 손실율이 일반 필름에 비해 상승되고 재활용 어려움	- 제조원가 일부상승 - 성형가공비 : 일반필름과 유사 - 손실율: 일반필름과 유사, 재활용 가능	- 제조원가 일부상승 - 성형가공비: 일반필름과 유사 - 손실율: 일반필름과 유사, 재활용 가능
생산성	- 높음 - 기계 및 온도 의존성 낮음	- 낮음 - 기계 의존도 높음	- 높음 - 기계 및 온도 의존성 낮음	- 높음 - 기계 및 온도 의존성 낮음
재활용도	- 생산시 손실자재 95% 이상 재활용 - 사용 후 수거분 80% 이상 재활용	- 생산시 발생하는 손실자재 및 사용후 수거분 재활용 제약있음	- 생산시 손실자재 95% 이상 재활용 - 사용 후 수거분 70% 이상 재활용	- 생산시 손실자재 95% 이상 재활용 - 사용 후 수거분 70% 이상 재활용
설비	- 기존설비 이용	- 신규 설비투자	- 기존설비 이용	- 기존 설비 이용
분해기간	- 광조건: 난분해 - 매립시: 300년 이상	- 광조건: 3~6개월 - 매립시: 3~6개월	- 광조건: 2~5년 - 매립시: 50년 이상	- 광조건: 1~3년 - 매립시: 1~5년
장점	- 가격저렴 - 가공성 우수	- 완전분해 가능	- 가격저렴 - 범용화(PE, PP)	- 가격저렴 - 범용화(PE, PP 등)
단점	- 환경오염(난분해)	- 고가, 물성 저하 - 범용제품 사용곤란	- 직사광선 필요 - 필름만 적용 가능	- 생분해와 비교하여 분해기간 장기간

에 어려움이 있다. 전분을 변성시키지 않고 생전분 상태 그대로 물, 열을 이용하여 발포시켜 제품내에 공기층을 만들어 열차단성이 유지되는 전분 발포 포장재 제조 사업을 대상, 율촌화학, 네오엠씨씨, 피앤아이디, 그린벅 등이 활발하게 추진하고 있다.

복합 분해계는 기존 생분해성 제품의 제품 응용 및 생산성 저하, 광분해 제품의 단점, 고가의 합성 고분자 제품의 단점을 보완한 기술이다. 전세계적으로 기존 생분해 기술의 단점으로 지적된 고가의 원료비 개선, 생산성 및 가공성 증가, 물성 등을 개선시키기 위해 복합적 분해 메커니즘에 의한 플라스틱 분해기술 개발이 활발하다.

해외에서는 캐나다 EPI, 미국과 일본의 합작사인 노본저팬, 미국의 MRI 등이 제품을 판매하고 있으며 PE, PP등 올리올레핀계 플라스틱의 자연환경에서의 완전분해(물, 이산화탄소 및 바이오매스로 분해)에 관련한 연구는 G. scott, Albertsson, Kostyniak 교수 등에 활발히 이루어지고 있다. 국내에서는 (주)네오엠씨씨, 이앤

에이웰, 지앤씨코리아 등이 사업화하고 있다. 국내의 삼성종합화학, 호남석유화학, SK 등에서 폴리올레핀, 전분, PCL, 지방족 폴리에스테르, 광분해제 등을 이용하여 생분해/광분해가 가능한 복합분해 관련 기술이 있으나, 제조원가가 높거나 분해기간 조절이 어려운 단점 등이 있어 현재 실용화하지 않고 있다. 국내의 복합 분해 기술은 소재 관련한 원천 기술보다는 응용 기술 분야에 치우치고 있어 소재 기술 개발이 필요한 실정이다.

3. 생분해성 플라스틱과 퇴비화 과제

폐기물의 적절한 처리는 공중위생의 향상과 환경보호 관점에서 극히 중요한 일이다. 그러나 폐기물처리가 원천적으로 쉽지 않고, 통상적인 재활용에도 한계가 있다. 현재로는 유기재료를 퇴비화하여 자연계와 조화시키는 것이 대안으로 생각되어지고 있으며, 80년대 후반부터 분리 수거된 폐기물의 퇴비화에 관한 연구가 진행되었다. 특히 폐기물 중 포장재의 재활용 및 퇴비화와 유기폐기물의 분리수거 퇴비화가 확대되고 있으며 법적인 규제수단이 일부 도입되었고 향후 확대되는 단계에 있다.

퇴비화란 생쓰레기를 미생물의 활동을 이용하여 호기적으로 분해하여, 식물에 적당한 양분을 갖는 안정한 성분으로 바꾸는 것이다. 이 과정에서 발효열에 의해 재료의 온도가 상승하여 재료에 함유되는 잡균류, 잡초의 종자, 해충의 알이나 유충도 사멸하고, 수분이 대폭 감소하고 감량화될 뿐 아니라 냄새도 거의 없어진다. 이 퇴비는 적정한 비료 성분을 함유하는 것 외에도 비료나 농약을 많이 투입하여 쇠약해진 지력을 회복하고 흙을 과립 구조로 만들어 떼알구조를 개선시킨다.

현재 과제는 생분해성 비닐의 경우 음식물 쓰레기와 분해속도가 달라(음식물 7~15일 이내, 생필름 3~6개월) 음식물 쓰레기 처리시, 음식물보다 분해가 늦게 진행되는 비닐이 처리 설비에 감기는 등 문제점이 완전 해소되지 않아, 결국은 선별이라는 공정을 거쳐 생필름을 별도로 선별하고 있는 것이 현실이다. 또한 생필름은 강도 및 물성이 약해 중량이 많이 나가는 음식물 등 생쓰레기를 담는 경우 파손이 쉬운 문제점이 있어, 분해 속도를 빠르게 하면서도 강도 물성을 유지시킬 수 있는 추가 연구 개발이 필요하다.

또한 분해성 플라스틱의 퇴비화에 관여하는 미생물이나 물리 화학적인자 등 기초적 연구는 거의 행하여지지 않고 있다. 분해성 플라스틱의 환경 적합성을 더 높이기 위해 효율적인 퇴비화의 기술과 제조된 퇴비의 안전성에 대한 연구가 필요하다.

4. 생분해성 플라스틱

4-1. 생분해성 관련 규격

1) 생분해성 관련 ISO 규격

1990년대 후반 ISO TC61의 SC5에서 생분해성 고분자에 대한 논의가 활발히 이루어져 ISO(International Standard Organization)에서도 활성 오니 및 퇴비화 조건에서의 호기적 생분해도 측정방법을 도입하여 〔표 3〕과 같이 규격화 하여 사용되어 오고 있다. 전세계적으로 플라스틱 물질을 수계 배양액 중의 호기적 방법으

〔표 3〕 ISO 생분해성 시험방법 관련 규격 분류

규 격	측정항목	조 건	No.
시험방법 규격	호기성	활성오니 조건	14851(1999)
			14852(1999)
		퇴비화 조건	14855(1999)
	혐기성	14853	
		15985	
	기타	16929(2002)	
제품규격		EN13432(2000)	

〔표 4〕 규격별 측정방법 비교

구 분	Titration	GC	NDIR	기타
ASTM	D5209 D5338	D5338 D5210	-	D5271(호흡측정계) D5929(호흡측정계) D5247
ISO	14852 14855	14855	14855	14851(호흡측정계)
JISK	6951 K6953	K6953	K6953	K6950(호흡측정계)

〔표 5〕 ASTM 생분해성 시험 관련 규격 분류

규 격	측정 항목	조 건	No.
Biodegradability	호기성	슬러지	D5209(1992)
			D5271(1993)
		퇴비화 조건	D5338(1998)
			D5929(1996)
		미생물	D5247(1992)
	혐기성	슬러지	D5210(1992)

로 생분해도를 특정하는 방법(폐쇄 호흡계를 이용한 산소소비량 측정)인 ISO 14851, 플라스틱 물질을 수계 배양액 중의 호기적 방법으로 생분해도를 측정하는 방법(폐쇄 호흡계를 이용한 이산화탄소 발생량 측정)인 ISO 14852, 플라스틱 물질을 제어된 퇴비화 조건에서 호기적 생분해도 및 붕괴를 측정하는 방법(이산화탄소 발생량을 측정)인 ISO 1488 등이 생분해 시험법으로 인정되고 있으며, 그 중에서도 "ISO 14855"가 가장 널리 사용되고 있다.

생분해 수지 제품에 대한 시험기간, 분해도 등 인증기준은 아래와 같이 국가별로 차이가 있다.

〔표 6〕 국내 1회용품 시장과 생분해성 고분자 시장(추정) (단위 : 억원)

구 분	2002년	2003년	2004년	2005년
1회용품 시장	4,000	4,600	5,300	6,100
생분해성 시장	1,600	2,300	3,200	4,270

- 한국 : 6개월 이내, 기준물질 대비 90% 이상 분해
- 미국 : 6개월 이내, 기준물질 대비 60% 이상 분해
- EU : 6개월 이내, 기준물질 대비 90% 이상 분해
- 일본, 독일 : 6개월 이내, 절대치 대비 60% 이상 분해

생분해도 시험 방법은 시료 내 생분해성 물질을 미생물이 대사함으로서 방출하는 이산화탄소를 정량하여 계산하는 방법이 주로 사용되어 지고 있으며, 측정 조건에 따라 퇴비화조건에서의 플라스틱의 생분해도 평가방법과 활성오니에서의 플라스틱의 생분해성 평가방법으로 나눌 수 있다.

퇴비화 조건에서의 플라스틱의 생분해도 평가방법은 ISO 14855와 ASTM 5338 등의 규격이 존재하며 국내에서는 국제 규격을 부합화하여 최근 한국 산업규격 KS M 3100-1을 제정하였다.

활성오니에 의한 플라스틱의 생분해도 평가방법은 ISO 14851, ISO 14852, ASTM 5209 등 다양한 규격이 존재하나 국내에서 이들 평가 방법을 적용하기에는 재현성, 활성오니의 표준화 등 다양한 문제점이 야기하는 경우가 있어 국내 적용에 어려움이 있다. 그러나 기존의 퇴비화 조건에서의 생분해도 평가방법 보다 시험 소요기간이 짧고 또한 비용 면에서 유리하기 때문에 차후에 활성오니 성능을 표준화하여 재현성에 대한 기준을 검토하여 생분해도 평가방법으로 도입할 필요가 있다.

2) 생분해성 관련 ASTM 규격

생분해성 플라스틱의 생분해도 시험방법을 선진 각국에서 제시하고 있는데 시험방법에 대한 연구를 가장 먼저 활발하게 진행해온 미국에서는 ASTM 산하 ISR(International Standard Organization)에서 ① 활성 오니를 이용한 호기적 또는 혐기적 조건에서의 플라스틱 물질의 생분해도 시험방법, ② 특정 미생물 및 퇴비화 조건에서의 플라스틱 물질의 호기적 생분해도 측정법, ③ 매립 조건에서의 플라스틱 물질의 혐기적 생분해도 측정법이 〔표 4, 5〕와 같이 ASTM 규격으로 제정되어 사용되고 있다.

4-2. 복합 분해성 플라스틱

복합분해성 플라스틱의 분해도는 일차적으로 자연상태 하에서 플라스틱의 원료인 폴리머보다는 충전된 물질(전분 등)이 분해되는 정도를 파악하게 되는데, 사용방법으로는 충전된 전분이나 폴리카프로락탐(PCL) 함량을 여러 실험 장치를 이용하여 직접 정성적 · 정량적으로 분석하는 방법이 있으며, 생분해성 플라스틱과 같은 미생물학적인 방법이 적용될 수도 있다. 플라스틱 내에 충전된 전분의 정량적 분석 방법으로는

TGA(Thermal Gravimetric Analyser)나 Spectrophotometer를 사용하는 방법과 FT-IR을 이용하여 전분 특유의 Carbohydrate peak로부터 분석하는 방법 등이 있다. 또한 분자량 감소율을 측정하여 미생물에 의한 분해 가능 여부를 추론한다. 최종적인 미생물에 의한 분해성 시험은 생분해성 분해 방법과 통일한 방법으로 측정한다.

5. 분해성 플라스틱 주요 사용 용도

본격적인 시장의 출현을 앞두고 클로즈업되는 것이 용도이다. 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 생분해성 플라스틱제품이 아니고서는 의미가 없다. 석유제품의 전철을 밟지 않기 위해서도 생분해성 플라스틱제품은 시스템화가 요구된다. 먼저 미국과 유럽 등 선진국 시장에서 실용화된 분해성 플라스틱의 용도를 살펴보면 다음과 같다.

1) 포장 완충재

1996년에 미국의 포장 완충재 시장(년 24,000톤)에서 전분기초 포장재는 25%(6,000톤)을 차지하였으나, 폴리스티렌(15$/$m^3$)에 비해 아직은 높은 가격(19$/m^3)이다.

2) 퇴비화 봉투

미국 쓰레기 봉투 시장에서 퇴비화 봉투의 시장규모는 현재 작은 편이나(대부분 종이 또는 LLDPE), 향후 수년내에 5.5만톤 정도로 늘어날 전망으로 가장 기대되는 용도이다. Enpac에서 전분과 PCL의 블렌드로 만든 Mater-Bi가 상업화되었고, Cargill(현 네이쳐웍스)도 PLA로 만든 제품을 시장에 내놓았다. 현재 EPI, 노본저팬 등이 매우 저렴한 복합분해 퇴비화 봉투를 시판하고 있어 시장이 급속도로 확대될 전망이다.

3) 일회용품

식품 포장용기, 일회용 접시 등의 일회용품은 그렇게 많지는 않지만, 유럽에서는 다른 나라에 비해 생분해성 고분자가 많이 사용되어졌다. 독일의 낙농업체인 Danone은 PLA가 기본 물질인 생분해성 Yogurt 용기(Eco Cup)를 1998년에 4백만개나 생산하였다. 이 컵은 기존 컵에 비해 3배 가량 비싸나, 생산량이 늘면 가격이 상당히 떨어질 것으로 전망되고 있다. Safta (이태리)는 PHBV의 일회용 포장용기로의 응용 가능성을 찾고 있는 중이다. 향후 수 년내에 일회용품에 대한 수요가 5,000~10,000 톤 정도에 이를 것으로 전망되고 있다.

4) 기타 용도

생분해성 고분자의 다른 응용 제품의 미국 시장은 1990년대 중반에는 매우 작았으나, 2000년대에 들어오면서 위생용품, 코팅제, 농업용 필름 등에 있어서 그 시장이 커지고 있는 중이다.

의료용 생분해성 고분자도 시장은 작지만 고부가가치로, polyglycolic acid(PGA)에 기초한 Dexon이 처음으로 상품화되었으며(1970년), glycolic acid와 lactic acid의 공중합체인 Vicryl, PGA/trimethylene carbonate(Maxon)도 상업화 되었으며, 여기에 사용되는 lactic acid는 고순도이어야 한다.

6. 국내외 시장 동향

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 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 화이드 바이오 신기술이 선보였다. 이중 가장 눈길을 끈 것이 화이트 바이오 기술이었다. 분해성 플라스틱이 이러한 화이트 바이오의 핵심기술의 일종으로 주목을 받고 있다.

6-1. 국내 시장 동향

국내에서 생분해성 플라스틱과 관련된 연구는 1990년대 이후 SK, 대상 등 대기업 및 연구기관, 벤처기업들을 중심으로 꾸준하게 이루어지고 있지만, 아직은 시장 규모가 작고, 높은 가격으로 인해 사업화는 활발하지 못한 실정이다.

과거에 쓰레기 종량제 봉투, 음식물 쓰레기 봉투 등 일부 분야에서 사용이 되었지만 현재는 거의 실용화가 이루어지지 않고 있다.

정부시책 및 시민들의 환경의식 고취, 교토의정서에 의한 지구온난화 등의 인식전환에 의해 환경 피해를 줄이기 위한 움직임이 활발하다. 소비자 들의 높아진 의식구조로 환경배려형 상품의 수요가 늘어가고 있으며, 분해성 플라스틱의 수요도 급속하게 증가하고 있는 추세이다.

자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률시행으로 분해성 시장이 확대되고 있으며 이마트, 홈플러스, 롯데마트 등 대형마트, 중소형 마트, 백화점 등의 식품매장은 이미 플라스틱 대체품인 펄프 트레이가 사용되고 있고, 베이커리 업체, 도시락 용기 등은 법적 규제에 의해 생분해성 소재 또는 천연소재로 시장 교체가 이루어지고 있다.

풀무원, 삼성전기, 제과업체, 화장품 업체 등 기억의 식품 포장재, 산업용 포장재 수요가 급속히 증가하고 있는 실정이다.

국내 시장규모는 정확하게 파악이 되지 않고 있다. 다만, 국내 1회용품 대비 생분해성 고분자 시장을 추정 비교해 보면 〔표 6〕과 같다.

6-2. 해외 시장 동향

The Freedonia Group에서 발표한 "Degradable Plastics to 2008" 보고서에 따르면 미국의 분해성 합성수지 수요는 매년 9% 정도씩 증가하여 2008년까지 4.6억 달러에 이를 것으로 전망하고 있으며, Nikkei Biotechnology Annual Report에 따르면 유럽, 일본 등의 천연물 포장재 시장은 환경 규제에 의해 급속히 성장하여 9조 이상이 될 것으로 전망하고 있다.

인도, 방글라데시 등 동남아 지역은 전통적으로 플라스틱 포장재의 사용량이 많고, 유럽 등지로 제품을 수출하는 생산 기지의 역할을 하고 있었는데 최근 플라스틱에 대한 사용 규제가 강화되면서 분해성 제품에 대한 수요가 급증하고 있는 추세이다.

서유럽의 폴리머 시장 규모는 연간 3,812만톤

〔표 7〕 분해성 플라스틱 생산과 소비량 (천톤/년)

구 분	미 국	유 럽	일 본	합 계
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

〔표 8〕 생분해성 플라스틱 시장규모 (단위 : 억엔)

년 도	2000	2005	2010	2020
일 본	320	520	1650	4910
세 계	930	1,340	6,000	13,852

(2002년 기준)으로 주요 소비 산업은 식품용기, 랩(wraps), 네트(nets), 폼(foams) 등의 포장재류와 식품 쓰레기 수거 및 슈퍼마켓용 플라스틱 백, 케이터링 제품(일회용 접시와 컵), 농업, 위생용품 등이다.

이중 첫 번째와 두 번째 그룹인 포장재와 플라스틱 백에 대하여 유럽의 플라스틱 업계에서 유럽의 '생물분해 가능한 재료/제품' 규격을 준수한 제품을 생산한다는 자율 협정을 맺었으며 주요 참가 업체들은 BASF(독일), Cargill Dow(미국), Novamont(이탈리아), Rodenburg Biopolymers(네덜란드) 등이다.

7. 국내외 시장 전망

최근 석유 유래의 합성수지에 대한 논란이 뜨거워지고 있다. 우리 생활 주변에서 폭넓게 사용되고 있지만 환경문제가 만만치 않기 때문이다.

특히 일단 버려지면 분해되기 까지 300년 이상 소요되어 환경오염의 주범으로 인식되어 소비자들이 점차 친환경 제품을 원하는 쪽으로 분위기가 바뀌고 있다.

기존 석유화학 유래의 난분해성 플라스틱의 기업, 특히 식품가공업체 등이 분해성 천연 폴리머 제품의 수요가 늘고 있다.

특히 PET, PP 등 포장재의 주원료인 원유값이 급등하면서 식물 유래의 분해성 고분자를 이용하는 분해성 플라스틱이 크게 각광을 받고 있다. 또한 분해성 플라스틱의 응용범위가 가전제품, IT기기, 장난감 등 생활용품 전방에 걸쳐 확대되고 있어 시장 전망이 매우 밝다.

7-1. 국내 시장 전망

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

우리나라의 경우 생분해성 플라스틱의 실용화가 미미한 편이었으나 2001년 하반기부터 쓰레

기 종량제 봉투 제조시 생분해성 소재 함량 30%이상 사용의무화를 위한 환경부 지침이 개정됨에 따라 각 시, 군, 구 지 · 자치 단체의 조례 개정작업이 완료되어 현재 적용 중에 있고, 일회용품 등의 사용금지 법안 발효시점인 2003년 1월 1일부터는 우리나라의 생분해성 플라스틱 시장도 급속하게 성장되고 있다.

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

현재 분해성 플라스틱은 물성이 기존 플라스틱 제품에 미치지 못하고 가격이 상대적 고가여서 상업적으로 사용이 미미한 실정이나, 플라스틱 폐기물에 대한 규제 강화가 증가되고 있고 국민들의 환경의식 수준이 높아짐에 따라 생분해성 플라스틱에 대한 수요는 지속적으로 증가할 전망이다.

기존 플라스틱의 물성을 유사하면서도 원가절감이 이루어진 분해성 플라스틱 제품이 지속적으로 출시되고 있고, 물성 및 가격이 기존 난분해성 범용 플라스틱과 유사한 복합분해 플라스틱이 상용화되면 폭발적인 시장 확대가 예상된다.

특히 식품 포장 및 용기의 경우 수거체계가 미흡하고, 고추 기름 등 이물질에 오염이 되어 있는 경우가 많고, 수거비가 과다하게 소요되는 등 현실적으로 수거에 의한 재활용이 어려운 실정이다.

이러한 재활용의 어려움 및 소각에 따른 환경문제가 상존하고 있는 현실정에서, 퇴비화가 진전될 경우 일반 음식 쓰레기와 동시처리가 가능하다는 장점으로 향후 급속한 대체가 예상된다.

7-2. 해외 시장 전망

세계적으로 분해성 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 형성하였으며 매년 20% 이상 빠르게 시장이 확대되고 있으며, 1만톤 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 바탕으로한 음식물 쓰레기 회수 봉투 등 포장자재 용도 10%, PLA를 주로 한 투명봉투나 필기구류 등의 문구 및 그 외 산업부자재 용도로 25%가 추정되고 있다.

8. 특허출원 현황

1995년부터 2004년까지 마스터배치 원료, 원료 쉬트, 완제품 관련 특허 출원만을 기준으로 하였을 때 모두 260건으로 이중 62.3.1% 인 162건이 우리나라 기업 및 연구소와 발명가들에 의한 것으로 집계되어 내국인이 외국인을 압

〔표 9〕 분해성 플라스틱 관련 특허 출원인별 출원 현황

년 도	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	합계
내국인	11	14	17	28	20	13	17	26	10	6	162
외국인	4	2	6	7	17	14	9	12	13	14	98
소계	15	16	23	35	37	27	26	38	23	20	260

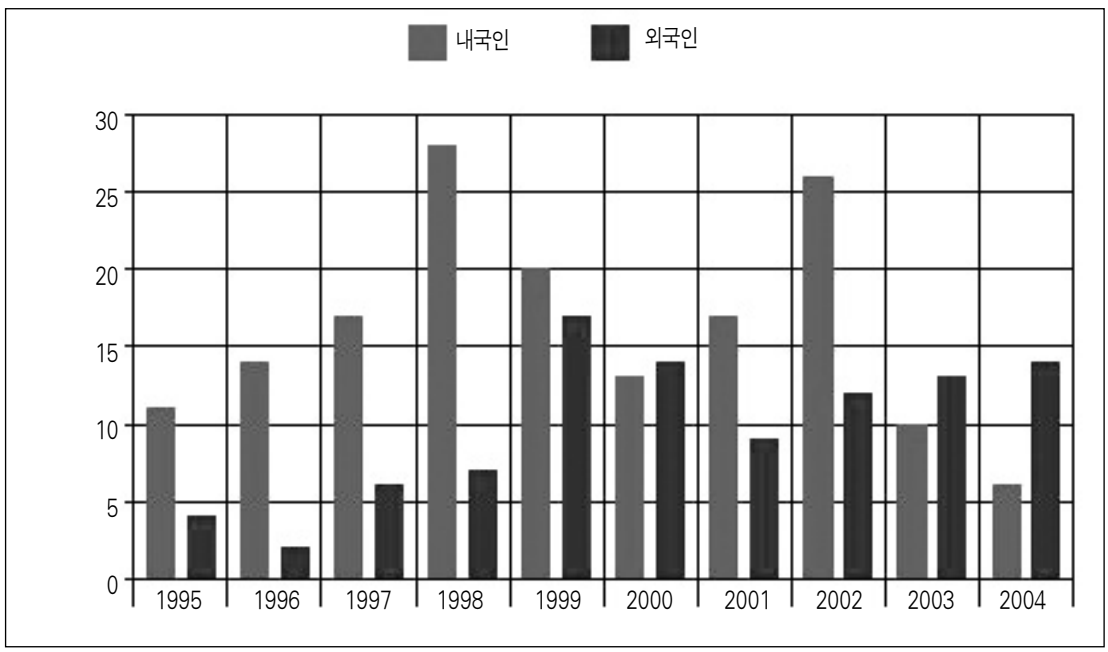
도하고 있는 것으로 나타났다.

다만 2002년 이후 내국인 출원은 감소하고 있는 반면, 외국인 출원이 증가하고 있는 것으로 나타났다.

선진국에서는 이미 생분해성 플라스틱 사용을 의무화하는 등 실용화가 상당한 수준에 있으나 우리나라는 미미해 이에 대한 대책이 필요하며 앞으로는 단일 재질 소재보다는 원가절감, 물성 개량 등을 이루어진 전분, 지방족폴리에스테르 등을 이용한 복합물질을 만드는 방향으로 기술이 개발될 것으로 예측된다.

우리나라의 분해성 플라스틱 기술에 대한 연구는 1993년 과기처의 전도기술 개발과제로 선정되면서부터 제일합섬, 삼양사, 이레화학, SK, LG화학, 대상 등에서 본격적으로 연구를 진행하였으나, 국내 대기업 및 중소기업등의 분해성 플라스틱과 관련된 기술은 선진국 수준에는 현저히 못미치는 것으로 평가되고 있으나, 최근 중

〔그림 1〕 분해성 플라스틱 관련 특허 출원인별 출원 현황



소기업, 벤처기업, 연구소 등을 중심으로 활발한 기술개발이 이루어지고 있어 특허 출원이 지속적으로 증가될 것으로 예상된다.

9. 국내외 주요 생산 업체 동향

9-1 국내 주요 생산 업체

분해성 플라스틱의 기술 개발 및 실용화를 위해 국내에서는 SK, 대상, SK케미칼, 호남석유화학, 한화, 이래화학, 새한 등이 참여하여 왔다.

최근에는 기존 대기업 등 참여업체 등이 시장규모 협소로 위한 사업 보류, 사업 중단, M&A 등에 의해 많이 정비가 되어 가고 있는 현상이 눈에 띈다. 일부 국내 기업의 기술 수준은 비교적 높은 수준에 이르기도 하였으나, 국내 산업의 규모로 볼 때 일정규모 이상의 생산 플랜트 증설에는 무리가 있는 실정이다. 기존의 대기업, 대학, 공공기관을 중심으로 연구개발 위주인 경우가 많았으나 현재는 중소기업 위주로 개편이 되어 가고 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 접어 들고 있다. 실제 분해성 플라스틱의 상용화 제품, 기존 플라스틱을 대체 제품이 속속 출시되고 있다.

1) 생분해 수지 관련 업체

현재 생분해 제품을 취급하고 있는 업체는 네이처웍스 협약사인 그린케미칼, 기술력 기반의 전문 업체로서 전분 발포, 생분해, 복합 분해 제품을 제조 판매하는 (주)네오엠씨씨, (주)포텍, (주)이앤에이웰, (주)대상, PLA 제품의 대형마트 등에 공급하는 맑은누리, 폴리우레탄 제품을 제조 판매하는 (주)세정씨엔엠, SK네트웍스와 공동개발한 생분해 제품 취급하는 (주)에콜그린, 중국 현지공장 제품을 편의점 등에 판매하는 (주)S&B환경, 에코폼 용기의 에코스피어, 엔피아이, 이래화학, 채널디엠 , 파인엔지, 기타 한국UB크린, 해피룸, 에뜨르 등 관련 업체가 사업중에 있으나 상기 상당수의 업체는 PLA 제품에 국한 되고 있어 소재 다양화가 필요한 실정이다.

2) 천연물 용기 업체

주로 왕겨, 팜찌꺼기, 볏짚, 옥수수대 등 식물성 유기성 폐자원을 이용하여 생분해성 압축용기를 취급하고 있는 업체는, 기존 업체의 사업을 이어 받거나 신규 사업을 진출하는 형태인데, 매니머치, 사자코, 최근 (주)리벤으로 사명 변경한 에버플러스 정도 업체가 겨우 명맥을 이어가고 있다.

3) 전분 발포 용기 업체

현재 자동식 발포용기 설비를 갖추고 농심 컵라면 용기를 제조 납품중인 율촌화학(주), 신규 공장 건립 중인 (주)그린벅, (주)미래이피, (주)네오엠씨씨, 피앤아이디(주)에서 현재 전분 발포용기 사업을 활발히 추진하고 있다.

기존 업체들이 상대 업체와 비협조, 상호 비방, 자사 기술만이 최고이고 타사 기술은 깍아내리고, 상호 출혈 경쟁을 통한 시장 질서 문란 현상이 일부 존재하였으나, 최근 상호간에 파트너쉽을 인정하고 인류와 지구환경을 위한 자부심을 지닌 기업들로서 상호 협력하는 움직임이 증가하고 있다.

실제로 최근 분해성 및 플라스틱 대체 제품 업

〔표 10〕 미국의 생분해성 고분자 산업현황

회 사	상품명	재	용 도	비 고
UCC	TONE	PCL	필름, 사출	
National Starch	ECO-FOAM	전분	완충재(loosefill,Sheet)	일본 왕자화학에 기술이전
CDP	Eco PLA	PLA	필름,용기,섬유 코팅제	현 Nature Works
EASTMAN	EASTAR BIO	Co-polyester	필름, 사출, 발포	
EVERCORN	EverCorn	전분과PCL/PLA	필름, 용기, 사출 완충재, 코팅제	美 MBI와 日 Japan CornStarch의 Joint Venture
Biocorp	Mater-Bi	전분+PCL외	필름,사출,완충재	Novamont 판권획득

〔표 11〕 유럽의 생분해성 플라스틱 관련 주요 개발업체 현황

회 사	국 명	상품명	소 재	용 도
Novamont	이탈리아	Mater-Bi	전분+PCL외	필름, 몰드, 완충재,종이 코팅제
Biotec	독 일	Bioplast Biopur	전분+PCL	필름, 몰드, 완충재, 전분 용기
Solvay	벨기에	CAPA	PCL	필름, 몰드
Zeneca	영 국	Biopol	PHB	필름, 병

체들 간의 상호 기술공유, M&A, 협동화 사업이 활발하여 콘소시움을 이루어 공동 사업 추진을 하고 있어, 소재간의 벽이 없어져 관련 기업군에서 생분해, 전분 발포, 펄프 등 친환경 관련 기술 공유, M&A 또는 공동사업화를 추진하고 있어 국내에서 사업화 전망이 매우 밝아지고 있다.

9-2. 해외 주요 생산 업체

미국, 일본을 비롯한 유럽의 선진국 업계에서는 생분해성 플라스틱 소재 개발을 위주로 하여 사업화를 시도하고 있으며, 이를 이용하여 쇼핑백, 쓰레기 봉투, 진공성형 제품, 사출품, 농업용 멀칭 필름, 완충재 등의 다양한 용도의 생분해성 플라스틱 실용화 개발을 서두르고 있다.

또한, 이들 기업은 Cargill-Dow Polymer, Dupont, National Starch&Chemical 등 세계적인 기업으로서 새로운 생분해성 고분자 개발에 전력을 다하고 있다.

1) 미국

세계 최대의 옥수수 생산국인 미국은 옥수수 전분과 잉여 농산물의 활용도를 높이기 위해 농무성산하 여러 연구기관에서 생분해성 플라스틱에 대한 연구를 활발히 진행중이다.

현재 미국에서 생분해성 소재의 개발 및 사업화에 참여하고 있는 주요 기업은 PCL의 대표적인 생산업체인 Union Carbide(UCC), National Starch & Chemicals, Cargill-Dow Polymers(CDP), EverCorn Inc., Eastman 등이 있다.

UCC는 대형 화학제품 생산 설비와 Process Technology를 가진 세계적인 PE Maker이며,

〔표 12〕 각국의 생분해성 플라스틱 주요 개발업체 현황

국 가	회 사	상품명	소 재
미국	Cargil-Dow Polymers	Eco PLA	PLA
	National Starch &Chemicals	ECO-FOAM	전분
	Union Carbide	TONE	PCL
	Eastman	EASTAR BIO	Co-Polyester
	Evercorn	EverCorn	전분, PCL, PLA
	Biocorp	Mater-Bi	전분, PCL
이탈리아	Novamont	Mater-Bi	전분, PCL
독일	Biotech	Bioplast	전분, PCL
벨기에	Slovay	CAPA	PCL
영국	Zeneca	Biopol	PHB
일본	Showa Polymers	Bionolle	AP
	三井東壓화학	Lacea	AP
	다이셀화학공업	셀그린	PCL
한국	SKC	Bionolle	PLA
	대상	바이오닐	전분, AP
	포텍, 이앤에이웰	ForECO	전분, AP

생분해성 플라스틱의 실용화 추세로 인해 다른 용도로 사용되던 PCL이 생분해성 플라스틱의 주원료로서 부각됨에 따라 미국, 일본, 유럽, 한국 등의 전분계 제조 업체에 원료를 공급하고 있고 시장 확산을 위해 이들 국가에 대한 관심을 집중시키고 있다.

미국내 최대 생산업체인 Cargil-Dow Polymers는 D,L-foam 조성에 따라 분자량을 oligomer에서 20,000이상까지 올릴수 있는 PLA 제조기술을 확보하여 필름, 용기, 몰드 등의 생분해성 플라스틱 용도 이외에, 가볍고 흡수성이 좋은 특성을 이용하여 청바지, 수건, T-shirts 등의 섬유 용도로서도 활용 기술을 보유하여 상품화를 준비중이다.

2) 유럽

폐기물 처리 방법중 Compost화 추세로 전환하고 있는 유럽의 경우 생분해성이 입증된 제품에 각 나라마다 Logo를 부여하고 기타제품은 소각 처리를 하도록 하고 있으며, 그 비용도 부담하도록 정책을 전환하고 있다(독일 'Green Loop', 오스트리아 'Bio Tonne' 등).

유럽의 대표적인 생분해성 플라스틱 개발업체는 이탈리아의 Novamont, 독일의 Biotech, 벨기에의 Slovay, 영국의 Zeneca 등이 있다.

우리나라의 (주)대상과 전분계 생분해성 플라스틱 소재에 대한 공동연구 및 기술 이전을 추진중인 이탈리아의 Novamont는 18,000ton/y 규모의 생산설비와 전체 종업원의 1/3이 연구

원인 연구 전문 회사이기도 한다.

현재 약 18,000톤/년의 생산설비를 보유하고 있으며, 전분계 생분해성 플라스틱으로는 기술력 및 매출액 분야에서 세계 선두 위치를 확보하고 있는 것으로 알려져 있다.

3) 일본

연간 생산량 약 1200만ton으로 세계 2위의 플라스틱 생산국인 일본은 약 3,000ton/y 규모의 생분해성 플라스틱 시장을 형성하고 농약병, 쇼핑백, 쓰레기봉투, 농업용 멀칭필름, 완충재 등의 다양한 용도로 실용화되고 있다.

주요 생분해성 플라스틱 개발 업체는 소화고분자, 三井東壓화학, 島津제작소 등이다. 소화고분자는 생분해성 고분자 개발의 선발업체로서 생분해성 Aliphatic Polyester BIONOLLE를 개발하였으며, 1994년 약 3,000ton/y의 생산설비를 갖추고 계속적인 제품 보완 및 기술 개발을 통해 다양한 용도의 제품 Grade를 확보, 성형가공 기술과 제품 설계면에서 아시아의 선두 위치를 확보하고 있다. 三井東壓화학 역시 Showa 고분자와 동일한 소재의 생산업체로서 상품명이 LACEA인 생분해성 Aliphatic Polyester의 500톤 생산설비를 갖추고 있으며, 島津제작소는 약 200톤의 생산설비로 LACTY란 상품명의 PLA를 생산하고 있다.

10. 생분해성 플라스틱 기술 방향

환경문제가 대두되면서 이미 선진국의 포장재 공급업체들은 소비자의 관심과 재활용 규제가 친환경 포장재 수요를 불러일으킬 것으로 전망하였다.

이러한 수요에 대응하기 위해 옥수수와 같은 식물을 활용해 만든 여러 형태의 바이오 플라스틱을 출시해 왔으며, 국내 업체들에서도 점차 이에 대한 관심을 높여가고 있다.

점차 강화되고 있는 폐기물 부담금과 불안정한 국제 유가를 고려할 때, 바이오 플라스틱은 소비자들의 친환경 제품에 대한 관심과 연결되어 국내 플라스틱 산업의 새로운 활로가 될 것으로 기대된다. 이를 위해서는 비교적 초기단계에 있는 국내 친환경 플라스틱 기술에 대해 기업과 대학에서 활발한 연구가 이루어져야 할 것으로 보인다. 빠르면 2-3년 내에 생분해성 플라스틱을 주원료로 한 도시락 용기, 컵라면 용기 및 각종 상품용 포장용기가 실용화되고, 장기적으로는 폐수내의 중금속 이온 제거재를 비롯하여 생체 의료용제 등과 같은 첨단의 고부가 생명 공학 기술을 응용한 다양한 종류의 환경친화 제품의 출시가 예상되며, 향후 생분해성 플라스틱 산업은 시장 잠재력과 성장성이 무한한 환경 관련사업으로 평가된다.

국내 환경의 보호를 위해서도 생분해성 플라스틱의 개발 사용이 필요하나 플라스틱 폐기물에 대한 규제는 선진국들을 위주로 통합적인 움직임을 보이고 있어 향후 수출품 포장에 반드시 분해성 물질을 사용해야 하는 규제가 실시되고 있고 향후더욱 확대될 가능성이 있는 등, 국제적인 환경 보호 움직임에 대한 국가 경제적인 측면의 대책으로 생분해성 플라스틱의 개발이 필요하다. 또한 고가의 시험비용 및 시험소요 기간으로 인한 업체의 부담의 경감을 위해 보다 신속하고 저렴한 시험방법의 개발이 필요할 것으로 생각된다. ko