

포장재에 대한 분해성 플라스틱의 적용

유영득 / (주)유공 합성수지 가공사업팀 부장

목 차

- | | |
|-----------------------|----------------|
| 1. 플라스틱 포장재 산업개황 | 6. 용도 |
| 2. 환경보호 포장재 규제현황 | 7. 분해도 |
| 3. 분해성플라스틱의 종류 및 개발현황 | 8. 물성 |
| 4. 전분중전형분해성플라스틱의 특성 | 9. 제조공정 |
| 5. 분해메카니즘 | 10. 문제점 및 개선방안 |

1. 플라스틱 포장재산업 개황

국내에서 생산되는 포장재는 포장산업의 발달과 함께 최근 환경문제와 관련된 국제적인 규제의 추이속에서도 매년 생산량이 꾸준히 증가해 왔으며 그 종류도 다양화되고 있다.

92년도에 생산된 포장재의 재질별 현황을 금액으로 환산하면 아래 표와 같으며, 총생산금액인 41,214 억원은 GNP 대비 1.8% 수준에 해당한다.

[표1] 포장재의 부문별 생산량 및 생산금액

재질	생산량	생산금액(억원)	비율(%)
종이 및 판지	*	16,208	39
플라 스 틱	소계	1,072	37(100)
	LDPE	276천톤	3,858 (26)
	HDPE	258천톤	3,613 (24)
	PP	274천톤	3,839 (25)
	PVC	6천톤	89 (1)
	PS	173천톤	2,428 (16)
	ABS	13천톤	183 (1)
	PET	71천톤	1,056 (7)
금속	*	7,132	17
유리 용기	*	2,810	7
합계	*	41,214	100

2. 환경보호 포장재 규제현황

포장재산업과 관련하여 최근 '환경보호'라는 요소가 가장 큰 문제로 부각되고 있는 것은 모두가 주지하고 있는 사실이며, 이는 국내뿐만 아니라 92년도의 '리우환경선언' 이후 전세계적으로 부각되고 있다.

이 환경문제가 포장산업과 가장 밀접한 주제로 치부되고 있는 이유는 폐기물 중 포장재의 비율이 가장 크고, 포장재 자체에서 발생하는 자

원낭비는 물론 환경보호에 대한 소비자들의 의식 및 소비형태에 미치는 영향이 크기 때문이다.

날로 증가하는 포장폐기물의 증가 및 재활용 촉진을 위해 환경처는 93년 8월 16일자로 제품을 제조·수입·판매하는 자가 준수해야 할 제품의 포장방법 및 포장재의 재질 등에 관한 규칙을 총리령으로 제정·공포하였다. 이 규칙의 주요 내용은 다음과 같다.

- 제품의 포장공간비율 및 포장횟수 등 제품 종류별 포장방법

- 93년 9월1일부터 완구·인형류·종합제품 등의 포장재로 PS발포제품 및 PVC를 라미네이션·코팅한 제품의 사용금지

- 액체·분말 세제류의 경우 총생산량의 5% 이상 REFILL 제품을 생산·판매

- 백화점·도매센터·쇼핑센터 등에서 포장된 제품을 판매할 경우 재포장 및 쇼핑·비닐백의 제공을 자제

- 부피가 30,000cm³이상인 가전제품의 경우 발포PS와 같은 플라스틱

틱 완충재를 96년까지 환경처장관이 추후 고시하는 양만큼 감량

3. 분해성 플라스틱의 종류 및 개발현황

일반적으로 상업화된 플라스틱은 수명이 반영구적이므로 폐플라스틱에 의한 환경오염 문제가 심각한 사회문제로 대두되고 있다. 이에 대한 해결방안으로서 가공제품이 사용후 폐기되면 미생물이나 빛에 의해 분해속도가 가속화되어 최종적으로 자연계로의 환원기간을 단축시켜 주는 분해성 플라스틱의 사용이 제시되고 있다.

생분해성과 광분해성으로 대별되는 분해성 플라스틱에 대해 관심이 고조되고 있고 연구개발과 상업화가 진행중이며 이미 쓰레기·쇼핑백 등의 필름제품이나 일회용 제품에 사용되어 기존의 비분해성 플라스틱을 대체하고 있다.

3-1. 광분해성

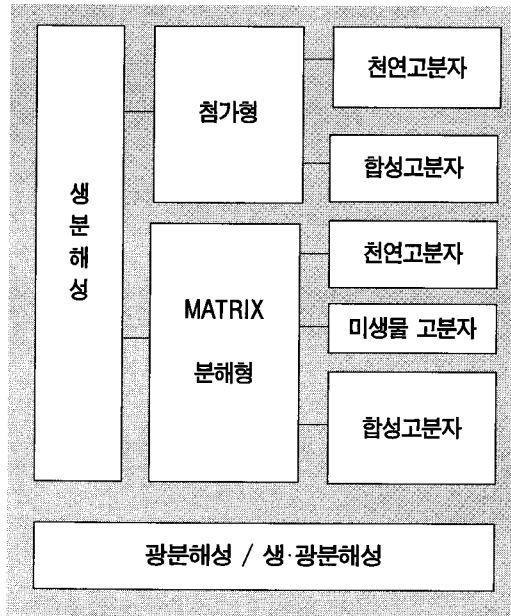
광분해 플라스틱은 기본적으로 태양광선의 자외선에 의해 사슬을 절단시켜 플라스틱의 물리적 성질을 저하시키고 최종적으로 저분자량화되는 플라스틱을 의미하며 그 종류는 다음과 같다.

- 금속이온계 고분자 MASTER BATCH 첨가형 - Fe, Ni, V
- 비닐케톤계 공중합 MASTER BATCH 첨가형
- 에틸렌 - 일산화탄소 공중합체

3-2. 생분해성

· 생분해성 플라스틱은 자연생태계의 미생물에 의해 분해되는 플라스틱을 의미하며, 전분 등 잘 썩는 물

(그림 1) 분해성 플라스틱 종류별 개발현황



- 전분 및 다당류 : 유공(그린폴), 선일포도당 St. Lawrence starch(ECOSTAR)
- 폴리카프로락톤 및 지방족폴리에스터 : UCC(TONE POLYMER 5), 일본 JSP
- 전분계 고분자 : Novamont(MATER-B1 23), WANER-LAMBERT(NOVON 45)
- PHB : 고려합성, ICI(BIO-OL-0.3)
- 지방족폴리에스터 : 선경인더스트리, KIST, SHOWA 고분자(BIOMOLLE 3)
- POLYLACTIC Acid : Cargill, Ecochem
- Acryl 공중합체 : Belland
- 광분해성 : 대림산업, 조양홍산
- 생·광분해성 : 삼성종합화학, 조양홍산

질을 첨가하여 제조하는 첨가형과 고분자 자체가 썩는 물질인 MATRIX 분해형의 두가지로 대별된다.

MATRIX 분해형의 경우 분해성능은 우수하지만 가격이 고가인 관계로 상업화가 어려운 점이 있으며, 첨가형중 대표적인 전분충진형의 경우 MATRIX 분해형에 비해 분해성능은 다소 열세이나 제품가격이 저렴하여 가장 일반적으로 사용되고 있으며, 특히 국내와 같이 일반폐기물 처리의 93% 이상이 매립에 의존하는 경우 가장 효과적인 분해성 플라스틱이다.

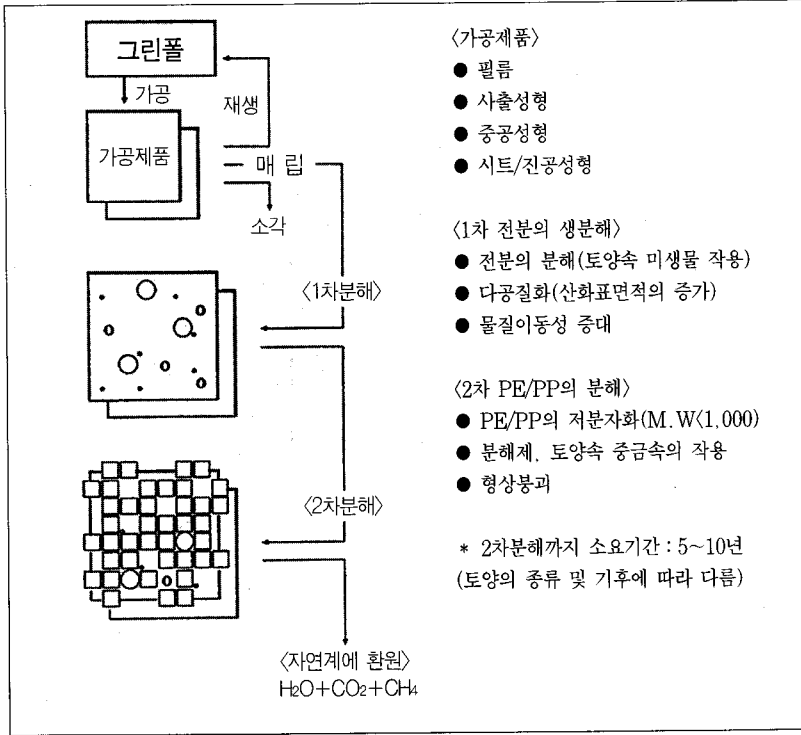
- 전분 및 다당류 : 유공(그린폴), 선일포도당 : St. Lawrence Starch (ECOSTAR)
- 폴리카프로락톤 및 지방족폴리에스터 : UCC (TONE POLYMER 5), 일본 JSP
- 전분계 고분자 : Novamont (MATER-BI 23), WanerLambert (NOVON 45)

- PHB : 고려합성, ICI (BIO-POL-0.3)
- 지방족폴리에스터 : 선경인더스트리, KIST, Showa 고분자 (BIONOLLE 3)
- Polylactic Acid : Cargill, Ecochem
- Acryl 공중합체 : Belland
- 광분해성 : 대림산업, 조양홍산
- 생·광분해성 : 삼성종합화학, 조양홍산

4. 전분충진형 분해성 플라스틱의 특성

- 물성 및 가공성 우수
 - 물성저하 수준 : 비분해성 대비 약 10%
 - 수분에 취약하므로 유의(수분오염시 제습제 처방)
- 가공제품의 사용중 분해되지 않음
 - 매립시 분해개시

(그림2) 그린폴의 환경사이클



- 가격저렴(합성고분자 대비)
 - PE/PP 대비 10~15% 원가상승
- PE/PP 분해속도 가속화
 - PE/PP RESIN : 400~500년
 - 전분충진형 : 50~100배 분해속도 증가
- 플라스틱 사용량 감소
 - 전분 및 무기질·첨가제 함량에 따라 6~60%
- 매립시 환경오염 감소
 - 물질의 이동성 증대(내용물의 분해속도 증가)
 - 매립공간의 활용 극대화(부피감소)
- 재활용(RECYCLING)가능
- 소각시 소각성 증대
 - 전분 및 무기질 첨가제에 의해 발열량 감소

5. 분해메카니즘

전분충진형 분해성 플라스틱에 첨가되는 전분의 종류는 가격이 저렴하고 분해성능이 우수한 옥수수 전분이 사용되며, 분해의 가속화는 일차적으로 플라스틱내에 입자형태로

[표 2] 종류 및 용도

구분	GRADE	제품 구분	용도
필름	BF 100 E	M/B	쓰레기백, 쇼핑백, 위생백, 비닐장갑, 일반포장용,
	BF 150 L	M/B	농업용, 종이라미네이션
	BI 200 I	M/B	일회용 부채살, 완구/문구, 유아용품, 일회용
사출성형	BI 200 P	완제품	위생·의료·스포츠용품, 화장품용기, 사무용품, 세제용기, 일용잡화
중공성형	BB 100 E	M/B	삼푸병, 세제병, 화장품병
	BB 100 E	완제품	
시트 및 진공성형	BS 411 I	완제품	상품내외부 포장재, 일회용 컵, 일회용 부채, 발포시트

* 상용수지 : POLYOLEFIN계 수지 (PE, PP, EVA등)

존재하는 전분이 땅속에 존재하는 미생물에 의해 플라스틱은 전분과 함께 처방된 분해촉진제나 자동산화제에 의해 분해가 가속화되어 최종적으로 물과 이산화탄소 및 메탄가스로 분해되어 자연계로 환원된다.

6. 용도

전분충진형 분해성 플라스틱(그린 폴)은 POLYOLEFIN계 수지와 상용성이 우수하며 비분해성 플라스틱 가공기에서 직접가공이 가능하다.

가공제품의 물성저하가 미약하므로 아래에 언급한 가공제품 이외에도 많은 부분에 적용이 가능하다.

그러나 고온으로 가공시 전분의 탄화현상이 발생하므로 190℃ 이하에서 조업해야 하는 제한점과 수분에 취약하므로 취급상의 주의를 요한다. 또한 전분에 의해 가공제품의 투명성이 저하되므로 투명성이 요구되는 제품에 적용하기는 어렵다.

7. 분해도

7-1. 분해도에 영향을 미치는 요소
전분충진형 분해성 플라스틱의 분

[표 3] 미생물 평가법

평가방법(ASTM)	측정기준
<매립법>	<ul style="list-style-type: none"> 인장강도/%Elongation/중량/전분함량 감소 평균분자량 변화치
<호기성 생분해법> -Controlled Compositing(D 5247-92) -Specific Microorganism(D 5247-92) -Activated Sludge(D 5271-92) -Modified STRUM Test (열산화, 활성 sludge접종)	<ul style="list-style-type: none"> 이산화탄소 발생량 측정 인장강도/%Elongation/중량 감소 이산화탄소 발생량 측정 이산화탄소 발생량 및 중량감소를 측정
<혐기성 생분해법> -Sewage Sludge(D 5210-92)	<ul style="list-style-type: none"> 이산화탄소, 메탄 발생량 측정

해도에 가장 큰 영향을 미치는 요소는 전분함량이며, 전분과 플라스틱의 물질특성상 서로 섞이지 않으므로 전분의 표면제질 등의 방법으로 상용성을 증대시키고 있다. 또한 전분과 플라스틱이 강한 결합을 이루어야만 요구하는 제품물성을 얻을 수 있다.

<분해도에 영향을 미치는 요소>

● 재질적 요소

- 전분의 함량 및 분포균일도
- 자동산화제 등 분해첨가제의 함량
- 고분자의 특성 : 구조, 분자량, 결정화도 등

- 가공제품의 표면적 및 두께

● 환경적 요소

- 습도, 온도 및 pH
- 미생물의 종류 및 농도
- 금속성분의 존재여부

7-2. 분해도 평가방법

국내는 물론 전세계적으로 분해성 플라스틱의 분해도에 대한 공인된 평가방법이나 규격은 없으며 현재 ISO 등 국제규격을 제정하기 위한 국제학술회의 등을 통해 규격화 작업이 진행중에 있다.

따라서 분해도 평가를 위해 아래

에 나타낸 바와 같이 여러가지 방법이 사용되고 있으며, 가장 일반적으로 사용되고 있는 평가방법은 가공 제품에 서식하는 미생물의 성장도를 측정하는 방법이다.

● 미생물 성장도 측정법 :

ASTM G 21-70 변형

생분해성 플라스틱이 미생물에 의해 분해되며, 분해도는 미생물의 성장도와 비례한다는 원리를 이용한 평가방법으로 시험조작이 비교적 간단하므로 세계적으로 널리 사용되고

[표 4] 전분해성 분해성 플라스틱(그린폴) 분해도 측정결과

시험항목	미생물에 의한 생분해도			
	1주후	2주후	3주후	4주후
시험방법	ASTM G 21-70			
일반 필름		1	1	1 1
그린폴 필름		1	1	3 4

* 평가기관 : 한국화학시험검사소

- 미생물의 성장도
- 0: 인지할수 없음
- 1: 10% 성장
- 2: 10~30% 성장
- 3: 30~60% 성장
- 4: 60%(최고수준) 성장

[표 5] 국내시판 전분충진형 생분해성 플라스틱의 물성

	항목	두께	LDPE	A	B	C	KS규격
전분함유(%)		0	9	9	25		
인장강도(kg/cm ²)	40 μ m	220~270	200	280	120	200 \uparrow	
신장율(%)	40 μ m	400~600	600	400	300	350 \uparrow	
인열강도(kg/cm ²)	40 μ m	70~80	90	160	90	75 \uparrow	

* KS M3509(포장용 PE Film에 관한 공업규격), 출원: 국립공업기술원 평가시험 결과

있는 방법이다.

유공이 생산하고 있는 전분충진형 분해성 플라스틱(그린폴) 분해도 측정결과는[표 4]에 나타난 바와 같이 최고수준인 4를 기록하고 있으며 60%이상의 미생물이 성장하였음을 보여주고 있다.

8. 물성

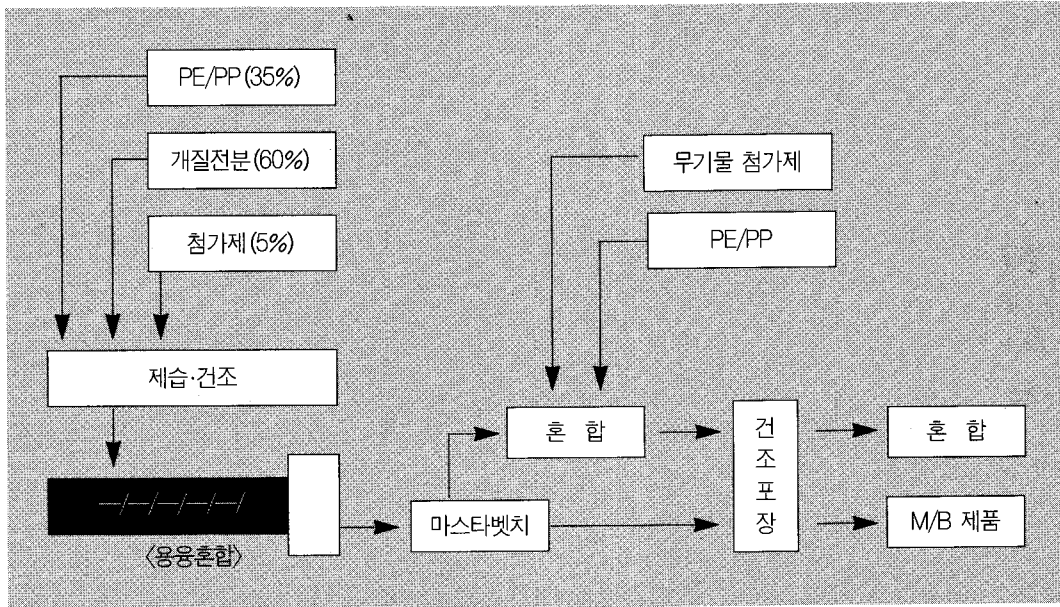
전분충진형 생분해성 플라스틱의 물성은 주로 BASE RESIN의 물성에 크게 의존하며, 물성저하의 주된 원인은 전술한 바와 같이 전분과 플라스틱의 결합력 저하에 기인한다.

전분함량별로 측정된 기계적 물성치는 아래표에 나타난 바와 같이 약간의 물성저하를 수반하며, 9%이하의 전분이 함유된 경우 공업규격을 상회한다.

9. 제조공정

전분충진형 생분해성 플라스틱 그린폴의 경우 일차적으로 전분과 플

(그림 3) 그린폴의 제조 공정도



라스틱의 상용성을 증대시키기 위해 개질된 전분과 첨가제 및 PE/PP를 제습/건조시킨 후 용융혼합하여 MASTER BATCH를 제조한다.

국내에 소개된 제품중 그린폴을 제외한 대부분을 생분해성 제품이 이러한 MASTER BATCH형태로 공급되고 있으나 그린폴의 경우 제품특성에 맞게 M/B 및 완제품의 두 가지 형태의 제품을 공급하고 있다.

완제품의 경우 취급과 원재료의 품질관리가 용이하다. 용도별 제품의 성분 구성비는 각 제품별로 물성 및 가공성을 고려해 설계되어 각기 다르며, 제조공정과 성분비율을 요약하면 다음과 같다.

- 첨가제의 주요성분 : 분해개시제+자동산화제+분해촉진제
- 완제품의 성분별 구성비 : 마스타벤티(15~20%)+PE/PP(75~25%)+ 무기물 첨가제 (10+60%)
- 완제품내 전분함량 : 6~12%

(증감 가능)

10. 문제점 및 개선방안

전분충진형 생분해성 플라스틱은 물론 광분해성, 소각성 등 여타 친환경성 플라스틱 제품은 폐플라스틱에 의한 환경오염을 방지하기 위해 개발되었으나 이 제품들이 폐플라스틱에 의한 환경오염을 줄일 수는 있지만 완전히 방지할 수는 없다.

따라서 지속적인 연구개발과 함께

사용시에 경제성, 가공성, 제품물성, 재활용성 및 폐기물의 처리방법 등을 종합적으로 고려하여 재질선택을 결정하여 오용 및 남용을 방지해야 한다.

이를 위해서는 규격화와 법률적 규제가 수반되어야 하며, 전분충진형 생분해성 플라스틱의 개선방향은 [표 6]과 같다. [표 6]

(표 6) 문제점 및 개선방안

문제점	개선방안
<ul style="list-style-type: none"> • 공인된 분해성능 평가방법 미정립 • 저질(함량미달) 제품의 유통 가능성 • 단시간내 완전분해 수준 열세 (소비자의 대(對)환경 욕구충족 미흡) • 원가상승 부담(10~15%) 	<ul style="list-style-type: none"> • 규격정립 추진중(KS, ISO) • 성분/함량/제조업체 표기의 제도화 • 올바른 이해 및 사용을 위해 홍보활동 강화 • MATRIX 분해형 제품 개발 • 지속적인 개선제품의 개발(산학연 공동) • 현실적으로 대응제품 부재를 집중 홍보* • 정부의 지원 유도

* 고려사항 : 경제성, 가공성, 제품물성, 국내 폐기물 처리방법