



사탕수수로 만든 폴리에틸렌 필름「Bipro-PE」

Environmentally Friendly Biomass Based Polyethylene Film : Bipro-PE

大高明 / 아이세로 화학(주) 신규사업본부

I. 서론

플라스틱 포장 재료는 우리들의 생활에 깊게 침투해 그것들이 우리들에게 가져오는 안전성이나 편리성을 생각하면 지금이야말로 플라스틱 포장 재료가 없는 생활을 생각하는 것은 어렵다고 해도 과언이 아닐 것이다. 한편 그 플라스틱 포장 재료들의 대부분은 석유 자원으로 만들어지기 때문에 사용 후의 폐기·소각에 의해 대기 중에 CO₂를 배출해 최근의 세계적인 문제인 지구 온난화의 요인 중에 하나가 되었다. 또한 원료가 되는 석유 자원에 대해서는 장래적인 고갈도 염려되고 있다. 게다가 플라스틱 포장 재료에 있어서도 CO₂ 삭감이나 석유 자원의 대체 등 환경을 배려한 설계가 점점 중요도를 차지하고 있다.

당사는 창업의 기점이 바이오매스 소재인 셀로판이기 때문에, 전부터 바이오매스 플라스틱에 착안해 지금까지 키토산 셀룰로오스 계나 전분계의 생분해 필름, 또는 폴리유산을 사용한 CO₂ 삭감을 목표로 하는 환경 배려 필름의 개발을 실시해 왔는데 종래의 플라스틱 필름과 비교해서

취급의 용이성 면에서는 과제를 안고 있었다.

이번에는 CO₂ 삭감이나 석유 자원 대체라고 하는 고객의 환경 배려 니즈에 대응하면서 2차 가공성이나 취급성이 우수해, 플라스틱 포장 재료로서 폭 넓게 이용 가능한 것을 제품 컨셉으로 삼아 식물유래 폴리에틸렌제 라미네이트용 실린트 필름으로서 개발된「Bipro-PE」에 대해서 소개한다.

I. 「Bipro-PE」란?

이번에 소개할 「Bipro-PE」는, 2011년부터 세계에서 처음으로 브라질의 Braskem 社가 상업 생산을 개시하고 있는 사탕수수 유래의 식물유래 폴리에틸렌을 주원료로 하고 있다. 식물유래 폴리에틸렌의 합성에 사용되는 바이오 에탄올은 사탕수수로부터 사탕을 정제한 후에 남는 폐당밀로 만들어지기 때문에 설탕의 생산에 영향을 주지 않고 식료와의 경합에 대한 영향은 낮다고 말할 수 있다. 또한 식물유래 폴리에틸렌의 분자 구조는 기본적으로 석유 유래 폴리에틸렌과 같이 같은 물성을 나타내기 때문에 종래의 석유 유래 폴리에틸렌



[표 1] 식물유래 폴리에틸렌과 석유유래 폴리에틸렌의 CO₂ 발생률 비교

	프로세스	CO ₂ 발생률 (kg-CO ₂ /kg-PE)	
		석유유래 PE	식물유래 PE
A	천연자원의 채굴 · 채취	0.10	
B	천연자원의 수입 (중동⇒일본수송공정)	0.06	
C	석유정제 (석유를 분류해서 나프티를 추출한다)	0.24	
D	석유화학 콤비네이트 (나프타 크래커⇒PE중합)	0.93	
E	사탕수수 생산	0.86	
F	바이오에탄올 제조		-0.29
G	바이오에탄올 수송 (에탄올공장⇒Braskem)		0.07
H	식물유래 PE 제조		0.41
I	식물유래 PE의 수입 (Braskem⇒일본 (요코하마항))		0.30
J	연소 (제품중)	3.14	3.14
K	탄소흡수 (카본 뉴트럴)		-3.14
	소합계	4.47	1.35 (70%삭감)
L	필름제조	0.51	0.51
M	소비수송	0.03	0.03
	합계	5.01	1.89 (62%삭감)

※1 석유유래 PE에 대해서는, 플라스틱 처리 촉진 협회 석유화학 제품의 LCI 데이터 조사 보고서 갱신판 2009년 3월 에서.

※2 식물유래 PE에 대해서는, 도요타동상, 도쿄대학에 의한 라이프 사이클 평가치 에서.

※3 필름제조는, 아이세로 시산치 (전력량 데이터로부터). ※4 소비수송은, 4t 다질 2t 적재, 100km 수송으로 시산.

과 같은 성형 가공이나 취급이 가능하다.

한편, 식물유래 폴리에틸렌은 현 시점에 있어서 사용 가능한 등급이 한정되어 있다는 점도 있고 그대로 필름화 한 것은 고도로 플라스틱 포장 재료가 발달한 일본 시장에서 요구되는 세밀한 니즈에 부응하기 위해서 지금까지 당사가 몇 년 동안 가꾸어온 필름 제조 기술을 살려서 개발된 것이 「Bipro-PE」이다.

Bipro-PE 는 바이오매스도 50% 이상을 기본적인 제품 컨셉으로서 채택하고 있다. CO₂ 삭감 등의 환경에 대한 성능과 실린트 필름으로서 요구되는 기계적 특성이나 제품 품질 등의 밸런스를 중시해서 단순히 식물유래 폴리에틸렌을 필름화 하는 것뿐만 아니라 다른 석유유래 폴리에틸렌과의 조합이나 독자적인 첨가제 처방을 실시하

는 것과 함께 당사의 특기인 인플레이션 제막 기술을 구사하는 것에 의해 시장의 니즈에 부응할 수 있는 식물유래 폴리에틸렌제 라미네이트용 실린트 필름의 개발에 성공했다.

2. Bipro-PE의 특징

① 식물유래 폴리에틸렌이란?

Braskem社는 사탕수수를 원료로 고밀도 폴리에틸렌과 직쇄상 저밀도 폴리에틸렌을 생산하는데, Bipro-PE는 라미네이트용 실린트 필름용도이기 때문에 후자인 직쇄상 저밀도 폴리에틸렌을 사용하고 있다. 직쇄상 저밀도 폴리에틸렌은 반복단위인 에틸렌에 코모노머가 조합된 폴리머로, 식물유래 폴리에틸렌에서는 에틸렌 부분이 사탕



[그림 1] Bipro-PE의 CO₂ 삭감효과

범용 L-LDPE 필름	Bipro-PE (바이오매스도 50%)
제품중 3.14	카본 뉴트럴
제조공정 1.33	제품중 1.57
필름제조·소비수송 0.54	제조공정 1.34
5.01kg-CO ₂ /kg-PE	필름제조·소비수송 0.54
	3.45kg-CO ₂ /kg-PE (31% 삭감)

수수유래인 바이오에탄올로 만들어져 있다.

[표 1]에 식물유래 폴리에틸렌과 석유유래 폴리에틸렌의 CO₂ 발생량을 비교해서 나타낸다.

그 둘을 비교해보면 카본 뉴트럴의 사고방식(식물유래 폴리에틸렌은 대기 중에 존재한 CO₂를 사용해서 만들어져 있고 사용 후의 소각 시에 발생하는 CO₂는 원래 대기 중에 있었던 것이라고 생각되기 때문에 대기 중의 CO₂의 증감은 뉴트럴 = 중립이라고 보는 것이 가능하다)을 이용하는 것에 의해 다음과 같은 CO₂ 삭감 효과를 기대할 수 있다.

a) 사탕수수의 재배(석유유래 폴리에틸렌의 경우는 석유의 채굴)에서 폴리에틸렌의 합성까지의 경우(프로세스 A~K)

⇒석유유래 폴리에틸렌과 비교해서 식물유래 폴리에틸렌은 70%의 CO₂ 삭감 효과

b) 필름 제조에서 일본 국내의 소비 수송까지의 경우(프로세스 A~M)

⇒동일하게 62%의 CO₂ 삭감효과

② Bipro-PE의 바이오매스도 및 CO₂ 삭감 효과
Bipro-PE의 바이오매스도는 50% 이상이다.

위에 기술한대로 라미네이트용 실런트 필름 용

도이기 때문에 Bipro-PE에는 직쇄상 저밀도 폴리에틸렌을 사용하고 있어 그 일부에는 바이오에틸렌이 아닌 코모노머 성분이 포함되어 있다는 사실을 고려하면 실제로는 Bipro-PE에 설정되어 있는 바이오매스도 이상의 식물유래 폴리에틸렌이 주원료 성분으로서 포함되어 있다. [그림 1]에 Bipro-PE의 CO₂ 발생량을 나타내는데, 석유유래 폴리에틸렌을 원재료로 하는 범용 L-LDPE 필름과 비교해서 Bipro-PE로서 가장 낮은 바이오매스도(50%)의 경우에도 사탕수수 재배에서 필름 제조·소비 수송을 포함해서 31%의 CO₂ 삭감이 가능하다. 필름 제조·소비 수송을 포함하지 않는 경우에는 35%의 CO₂ 삭감 효과가 있다. 또한, Bipro-PE는 바이오매스도가 50% 이상이기 때문에 식품이나 일용품 등에서 사용되는 일반적인 라미네이트 필름 구성이라면 많은 경우에서 라미네이트 필름 전체에서의 바이오매스도는 25% 이상을 충족하고 고객으로부터의 요망이 많은 「바이오매스 플라스틱 마크」(인증 단체 : 일본 바이오 플라스틱 협회)의 취득에도 대응 가능한 구성으로 되어 있다. [표 2]에 대표적인 구성에 있어서의 Bipro-PE(바이오매스도 50%)를 사용한 경우의 각 라미네이트 필름의 바이오매스도를 나타낸다. 사용되는 실런트 필름의 비율(막 두께) 정도의 크기, 라미네이트 필름 전체를 차지하는 바이오매스도는 증가하므로 실런트 필름 비율의 높은 구성 쪽이 보다 높은 CO₂ 삭감 효과가 기대된다. 한편, [표 2]와 같이 일부의 구성, 특히 실런트 필름 층의 비율이 낮은 구성에서는 라미네이트 필름 전체에서의 바이오매스도가 25%를 채우지 못하는 경우도 있으므로 주의가 필요하다. 한편, 또 하나의 바이오매스 제



(표 2) Bipro-PE를 사용한 라미네이트 필름의 바이오매스도

	라미네이트 구성	단위면적당 중량 (g/㎡)	바이오매스도 (%)
A	OPP/Bipro-PE#40~70	58~86	32~37
B	PET/Bipro-PE#40~70	57~84	32~38
C	ONy/Bipro-PE#40~70	57~85	32~38
D	PET/VMPET/Bipro-PE#40~70	76~104	24~31
E	PET/Al/Bipro-PE#40~70	84~112	22~29
F	PET/ONy/Bipro-PE#60~160	95~187	29~39
G	VMPET/ONy/Bipro-PE#60~80	85~114	29~32
H	PET/Al/ONy/Bipro-PE#60~80	123~141	22~26

*1 실런트 필름 (PE) 는, 비중 = 0.92g/cm³, 바이오매스도 = 50%로 계산.

*2 모두 드라이 라미네이트 제품으로, 접착제 층을 포함해서 단위 면적 당 중량 및 바이오매스도를 계산.

품의 인증 마크인「바이오매스 마크」(인증 단체 : 일본 유기 자원 협회) (현 시점에서 바이오매스도의 하한 값은 미설정) 의 취득에 대해서도 Bipro-PE는 대응 가능한 구성으로 되어 있다.

③ 기계적 물성 및 제품 품질

Bipro-PE와 같은 레벨의 밀도를 갖는 범용의 직쇄상 저밀도 폴리에틸렌계 실런트 필름(당사 제품, 밀도 0.92g/cm³, 이하「범용 L-LDPE 필름」이라고 표기)과의 기계적 물성 및 제품 품질의 비교를 [표 3]에 나타낸다.

[표 3]에 나타내듯이 Bipro-PE는 범용 L-LDPE 필름과 비교해서 동등 레벨의 인장과파장신도, 탄성율, 인열강도, 충격강도, 윤활성, heat seal 강도 등의 기계적 물성을 나타내고 라미네이트 용 실런트 필름에 요구되는 기본적인 특성을 충족하고 있다. 즉, 종래의 바이오매스 플라스틱 필름과 달라 Bipro-PE는 연포장 분야에서 액체 포장, 중량물 포장까지 폭 넓은 용도로 라미네이트용 실런트 필름으로서 사용 가능하다.

그러나 범용 L-LDPE 필름과 비교해서 heat seal 강도의 활성 온도가 약 10℃정도 높아 고속

충전·제대특성에 영향을 미치는 낮은 seal 성에 대해서는 약간 뒤떨어지는 경향이 있다.

또한, 라미네이트용 실런트 필름용으로 고도의 제품 품질이 요구되는 일본 시장에 있어서 불가결한 피쉬아이 레벨에 대해서는 실런트 필름용도에 있어서 당사의 표준적인 품질 기준을 클리어 하고 있어 Bipro-PE는 일반적인 라미네이트 용 실런트 필름으로서 사용할 수 있는 제품 품질을 보유했다는 사실이 확인되었다. 표준적인 품질 기준보다도 세밀한 피쉬아이 레벨에서 본 경우, 바이오매스도가 높아진다, 즉 주 성분인 식물유래 폴리에틸렌의 함유비율이 크게 되는 정도, 피쉬아이 수가 많아지는 경향이 확인되어 이후의 과제라고 인식하고 있다.

④ 법 규제 대응 및 안전성

Bipro-PE는 일본 시장의 법 규제나 안전성의 기준을 충족시키기 위해서 업계 단체인 폴리올레핀 등 위생협회가 정하는 안전성에 관련된 자주 기준에 따른 제품 설계가 실행되고 있어 식품 포장 등의 보다 높은 안전성이 요구되는 용도에도 안심하고 사용할 수 있다.



[표 3] Bipro-PE의 기계적 물성 및 제품 품질

측정항목		Bipro-PE(L-LDPE)	범용-LDPE 필름	측정방법
바이오매스도 (%)		50	-	-
밀도 (g/cm ³)		0.92	0.92	수중치환법
두께 (μm)		60	60	다이얼게이지 법
인장강도 (N/mm ²)	MD	35	32	JIS K 7127
	TD	31	27	
인장파괴신장 (%)	MD	720	790	
	TD	770	840	
인장탄성율 (N/mm ²)	MD	220	260	
	TD	230	310	
인열강도 (N)	MD	8.9	9.6	JIS K 7128-2 엘멘도프법
	TD	12.4	13.2	
충격강도 (J) 1인치 구(球)		2.3	1.7	ASTM D 3420
마찰계수 (-)	정	0.22	0.24	JIS K 7125
	동	0.22	0.20	
heat seal 강도 (N/15mm)	100℃	0	0	heat sealer 0.2Mpa, 0.5sec ONY#15/DL/PE#60
	110℃	1	2	
	120℃	2	17	
	130℃	16	38	
	140℃	39	53	
	150℃	53	58	
피쉬아이 (0.7mm이상)		0		결함검사장치 1,000m ² 당
필름 원반 품질 (얇고두꺼운 정도, 주차, 느슨한 정도)		합격		아이세로 법

* 위의 수치는 측정값으로, 보증값은 아니다.

고객의 요망에 따라 제 3자 기관에 의한 위생증명서(폴리올레핀 등 위생협회의 자주 기준에 의거한 시험 내용)의 취득과 제출도 가능하다.

3. 마치며

작년 10월의 NEW 환경전 2010에 Bipro-PE의 기준 컨셉을 소개하고 그 후 올해 초 1월에 당사 홈페이지에 식물유래 폴리에틸렌제 라미네이트용 실런트 필름에 관한 뉴스 릴리즈를 발표했다. 그 이후, CO₂ 삭감이나 바이오매스 소재의 채택에 관심을 가지고 계시는 고객님으로부터 많

은 거래 문의를 받았고 샘플 평가가 진행됨과 동시에 채택에 이르는 테마도 나오고 있다.

이번에 소개한 Bipro-PE는 식물유래 폴리에틸렌을 사용한 라미네이트용 실런트 필름의 스탠드 제품이다.

당사는 범용 플라스틱에 독자적인 기술을 첨가하는 것으로 기능성 필름을 창출한다는 것을 표방하고 있어, Bipro-PE에 대해서도 식물유래 폴리에틸렌에 의한 CO₂ 삭감 및 석유자원 대체라고 하는 기본이 되는 환경 성능에 더해, 기능성 실런트 필름으로서 필요한 새로운 기능을 부여해 가고자 한다. ☺