



바이오 플라스틱 규격 및 시험방법

Bio Plastics Standards

유영선 / (사)한국바이오소재패키징협회 회장

바이오 플라스틱, 에코패키징, 인체 무해성 관련하여 국내외적으로 다양한 규격 및 시험방법이 있다. 생분해 플라스틱 규격기준은 국제규격인 ISO 14855를 기준으로 국가별로 자국내 규격기준이 제정되어 있고 이에 따른 인증마크를 시행하고 있다. 최근에 산업화가 급속하게 추진되고 있는 바이오 베이스 플라스틱 관련한 규격 기준은 미국 ASTM D 6866을 기준으로 시행되고 있고 일부 국가는 자국내 규격기준을 제정하여 인증라벨을 부여하고 있다. 현재 바이오 베이스 플라스틱 인증라벨은 2002년 미국을 시작으로 2006년 일본, 2009년 벨기에, 2010년 독일, 2011년 한국에서 시행되고 있다.

그 외에도 GR마크, 녹색 인증, 단체 규격 인증, 업계 자체 규격 기준 등이 다양하게 시행되고 있다.

1. 서론

기본적으로 일반 제품과의 친환경 제품을 구별하기 위한 목적으로 인증 제도를 운영하고 있다. 이를 크게 나누어 보면 인체무해성, 재활용

성, 생분해성, 탄소저감, 에너지 저감형, 환경영인증, 친환경 농산물, 친환경 건축물 인증 등으로 다양한 규격기준 및 인증제도가 운영되고 있다. 또한 국가별로 적용하는 기준이 차이가 있는 경우가 많아, 일부 국가에서는 규격기준 및 식별 표시제도의 국가간 교차인증을 하는 제도가 시행되고 있다.

본 고에서는 바이오 플라스틱과 관련한 생분해 플라스틱, 바이오 베이스 플라스틱, 녹색인증 및 탄소성적을 중심으로 정리를 하여 보았다.

1. 생분해성 플라스틱

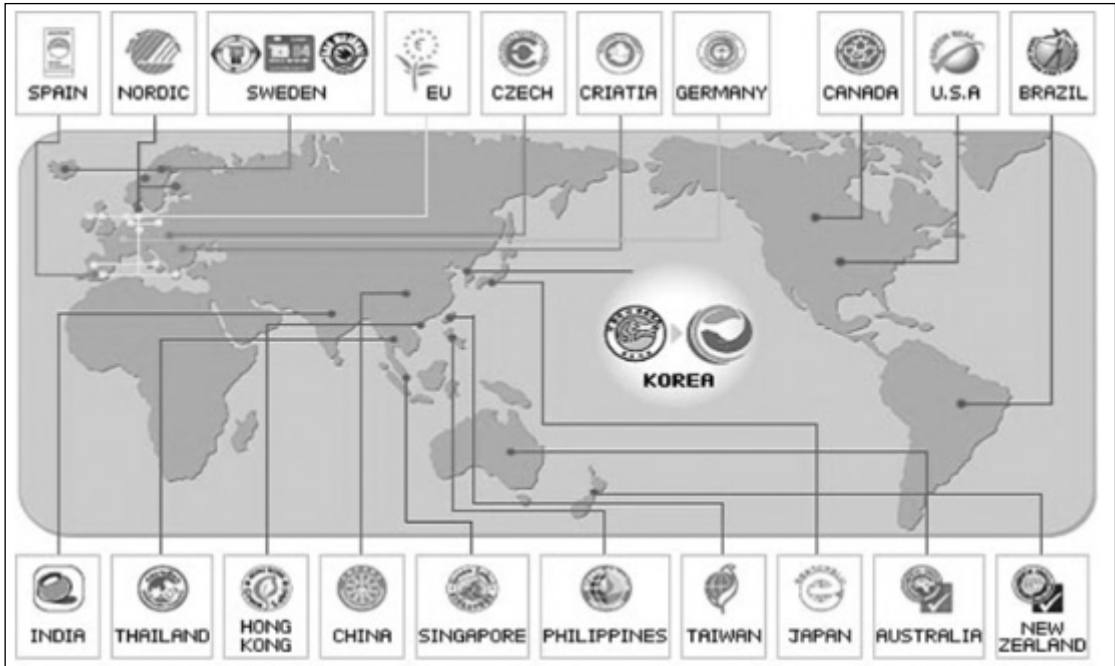
생분해성 플라스틱의 식별표시 제도로 에코마크를 부여하고 있다. 이는 소비자가 환경 부하가 적은 친환경 플라스틱과 일반 플라스틱과 식별할 수 있게 하는 제도이다. 환경마크 제도는 1977년 독일에서 처음 시행되어 현재 일본, 캐나다, 유럽연합(EU), 싱가포르, 인도 등 30여 개 국가에서 실시되고 있다.

아시아에는 한국의 '환경마크', 일본의 '그린프라(グリンプラ)', 북미에는 캐나다의



특 점

[그림 1] 국가별 친환경 식별 표시



‘Environmental Choice’, 미국의 ‘Compostable Logo’, 유럽에는 벨기에의 ‘OK Compost’, 독일의 ‘DIN CERTO’, 핀란드의 ‘Apple Core’ 등의 생분해성 플라스틱 식별 표시 제도가 있다.

현재 미국의 BPI(International Bio-degradable Products Institute), 독일의 DIN CERTO 및 일본의 BPS(생분해성 플라스틱 연구회)라는 인증기관 사이에 협정을 체결하여, 인정 기준의 국제적 통합에 대한 논의를 진행하고 있다. 최종적으로는 국제 표준 기구(ISO)에서의 국제적 통합성이 요구된다.

(1) 독일의 Kompostierbar 식별 표시 제도

1979년 전세계적으로 가장 먼저 식별 표시 제도를 운영한 독인을 EU 13432(포장 자재의 퇴

비성에 관한 시험 계획 및 규격)를 기준으로 한 DIN EN 13432를 규격기준으로 DIN CERTCO에 의해 Kompostierbar(퇴비화 가능)인 것이 인증되고, 인증 제품은 로고와 마크로 식별된다.

(2) 미국의 Compostable 식별 표시 제도

1989년 ASTM D 6400-99를 인증 기준으로 하는 제도를 발족하고 있다. 인증 및 로고 발행 기관은 BPS와 USCC(U. S. Compost Council)이다. Compostable까지 추진하는 것이 특징이다.

(3) 한국의 환경마크 제도

KSM 3100-1을 인증기준으로 하여 1992년 6월부터 시행하고 있다. 환경부와 한국환경산업기술원이 담당 운영하고 있다. 바이오매스 기

만 생분해 플라스틱 70% 이상이라는 기준은 외국과 동일하지만 추가적으로 플라스틱 이외의 고분자를 사용해야 단서 조항이 있는 것이 특징이다.

(4) 벨기에의 식별 표시 제도

EN 13432를 기준으로 하여 Vincotte에 의해 OK Compost라는 식별마크를 1995년부터 시행하고 있다.

(5) 일본의 그린프라 식별 표시 제도

그린프라 식별 표시 제도는 생분해성 플라스틱 제품의 제품 구성, 생분해성, 환경 안전성의 기준을 만족하는 플라스틱 제품에 생분해성 플라스틱 제품으로, 심벌 마크, 로고의 사용을 인증하고, 등록을 명시하여 다른 일반플라스틱 제품과 식별하는 제도이다. 바이오매스 기반 생분해 레진 사용량이 50% 이상으로 다른 국가의 70% 이상보다 약간 완화를 한 특징이 있다.

(6) 식별 표시 제도의 국제 표준화 움직임

생분해 플라스틱 제품의 국제간 유통을 원활하게 할 수 있도록 하고, 보급을 촉진하기 위하여 각국의 식별 표시 제도를 국제적으로 표준화하려는 움직임이 시작되고 있다. 우선 2개국 간의 각서를 미국-독일(2000년 11월), 일본-독일(2001년 3월), 일본-미국(2001년 4월)으로 체결하였다.

다음에 상호 인증을 위하여 3개국 간에 각국의 식별 표시 제도에 통합성을 부여하기 위하여 협력하는 협정에 조인하였다(2001년 12월). 각국의 인증 제도의 차이는 다음과 같다.

일본의 규격 기준에서는 '생분해성'에 머무르는 반면, 구미에서는 '퇴비성'이라는 표현을 사용한다. 즉 일본은 구미에는 없는 환경 안전성

(분해물 안정성 경구 독성 환경 독성)을 제정하였으나, 퇴비화 과정에 있어 붕괴성과 퇴비 품질에 관한 기준이 없는 것이다. 이는 사회적인 기반 시설인 퇴비화 시설의 정비가 일본에서는 늦어지고 있음을 반영한다. BPS는 그린프라 식별 표시 제도의 국제 통합성을 중요한 과제로 책정하고 반드시 합의에 이르기를 바라고 있다. 더욱이 ISO에서 국제 표준화되고, 일본 내에서도 JIS화를 목표로 하고 있다.

2. 바이오 베이스 플라스틱






최근 생분해성 플라스틱의 단점인 (1) 너무 빠른 생분해, (2) 물성, 내열성 및 내한성 부족, (3) 가격경쟁력 부족 등이 문제점으로 지적되고 있다. 또한 전세계적으로 생분해성이라는 개념보다는 이산화탄소 저감에 중점을 두고 있는 바이오 플라스틱으로 그 패러다임이 변화하고 산업화가 빠르게 진행되고 있다. 이에 따라 미국에서는 바이오매스 함량 시험방법인 ASTM D6866을 제정하여 세계적으로 가장 빠른 2002년부터 미국 농무성 및 BMA를 중심으로 바이오 베이스 제품에 대한 인증라벨을 운영하고 있다. 이어서 미국의 ASTM D 6866 방법의 기준으로 2006년 일본, 2009년 벨기에, 2010년 독일, 2011년 한국에서 바이오 베이스 플라스틱에 대한 인증라벨을 제정 운영하고 있다. 이러한 추세는 매우 빠르게 각국으로 확산이 될 전망이다.

또한 미국에서는 산화생분해 플라스틱의 시험방법인 ASTM 6954가 제정되어 운용이 되고 있어, 탄소저감형 바이오 베이스 플라스틱 및 생분해기간이 연장된 산화생분해 플라스틱의 산업





특 점

[표 1] 미국 바이오 베이스 제품 인증라벨의 바이오매스 함량표시

				
15% Min 35% Max	36% Min 65% Max	66% Min 85% Max	86% plus	별도 표기 -Cap 50%, Bottle 5%

[표 2] 일본 바이오매스 플라스틱 인증라벨

바이오매스 플라스틱 마크	-바이오 플라스틱 25% 이상		일본바이오플라스틱협회
바이오매스 마크	-하한을 설정하지 않고 있음 -바이오매스 사용 촉진 마크		일본유기자원협회

화 추진에 기반이 마련되어, 전세계적으로 생분해 플라스틱에서 새로운 개념인 바이오 베이스 플라스틱 및 산화생분해 플라스틱으로 패러다임이 급격하게 변화되고 있다.

(1) 미국의 바이오 베이스 제품(Bio based Product)의 인증 라벨 제도





2002년 미국 농무성(USDA)을 중심으로 농업법(Farm security and Rural investment Act of 2002)개정으로 바이오 제품 운선 조달 프로그램이 시행되면서 세계 최초로 BMA(Biobased Manufactures Association)을 통하여 바이오 베이스 인증라벨을 시행하기 시작하였다. 미국의 경우 바이오매스 함량별로 인증라벨을 부여하다가, 최근에는 구체적인 바이오매스 함량을 표기하고 있으며, 용기, 뚜껑 및 그 제품의 포장재의 바이오매스 함량까지 별도로 인증라벨에 표기하고 있다.

(2) 일본의 BP(바이오매스 플라) 마크 제도
BP 마크 표시제도는 2006년부터 바이오매스 사용량 25% 이상 제품을 대상으로 (사)일본바이오플라스틱협회(JBPA)에서 BP마크를 부여하고 있다. 특징적인 것은 다른 국가는 바이오 베이스 제품(Biobased product)이란 용어를 사용하는데, 일본은 다른 국가들과는 달리 바이오매스 플라스틱(Biomass plastics)이란 용어를 사용하고 있다. 일본의 경우 일본유기자원협회를 통한 유사개념의 인증라벨이 있는데, 그 하한선을 지정하지 않고 있는 특징이 있다.




(3) 벨기에의 바이오 베이스 제품(Bio based Product)의 인증 라벨 제도

1995년부터 “OK Compost”라는 로고로 생분해 식별 표시 제도를 운영한 벨기에는 2009년부터 바이오매스 20% 이상 함유된 제품을 기준으로 그 함량에 따른 별도의 “OK biobased”란




[표 3] 벨기에 바이오 베이스 제품 인증라벨의 바이오매스 함량표시

			
between 20 and 40% Biobased	between 20 and 40% Biobased	between 20 and 40% Biobased	between 20 and 40% Biobased

[표 4] 독일 바이오 베이스 제품 인증라벨의 바이오매스 함량표시

		
BIOBASED > 20~50%	BIOBASED > 50~85%	BIOBASED > 85%

[표 5] 한국 바이오 베이스 제품 인증라벨의 바이오매스 함량표시

		
바이오매스 함량 - 제품중 25%	바이오매스 함량 - 제품 35%, 포장재 25%	바이오매스 함량 - 원료소재중 25%

인증 라벨을 운영하고 있다.

(4) 독일의 바이오 베이스 제품(Bio based Product)의 인증 라벨 제도

독일은 미국 시험기준 ASTM D 6866 및 자체 시험기준 CEN/TR 15932에 의한 규격 및 "BIOBASED" 인증라벨을 운영하고 있다. 그 인증라벨은 3가지 방법으로 표시하고 있다.

(5) 한국의 바이오 베이스 제품(Bio based Product)의 인증 라벨 제도

한국은 2010년 하반기부터 약 1년간 바이오매스를 적용한 포장재, 제품에 인증 로고를 시험 운영하여 왔다. 대상 제품도 비닐 필름 제품, 사출품, 식품용기, 생활용품 등 바이오매스를 적용한 다양한 제품에 인증로고를 부여하고 유통중 크레임, 인장강도, 신장율 등 물성 저하, 인체무해성 등 여러 항목을 체크하였다.

그 관련 기업도 미니스탑, 아모레퍼시픽, 스타벅스, 에뛰드, 농협, 회원사 자사 제품 등 다양한



특 점

[표 6] 국가별 바이오 플라스틱 규격기준 및 인증 라벨

국 가	바이오 플라스틱(Bio Plastics)	
	생분해 플라스틱 (Biodegradable Plastics)	바이오 베이스 플라스틱 (Bio Based Plastics)
국제 규격	ISO 14955 생분해 수지 함량 : 70% 이상	ISO 472 바이오매스 함량 : 기준없음
대한민국	기준: KSM 3100-1 명칭: 환경마크 인증단체: 환경기술진흥원 1992년, 70% 이상 	기준: KBMP-0107 명칭: 바이오베이스 인증단체: KBMP 2011년 25% 이상, 투명 5% 이상 
미국	기준: ASTM 6400 명칭: Green seal 인증단체: Green Seal 1989년, 70% 이상 	기준: ASTM D 6866 BIO Based Product 인증단체 BMA 2002년, 15% 이상 
일본	기준: JIS K 6953 명칭: 그린프라(GP) 인증단체: JBPA 1996년, 50% 이상 	기준: ASTM D 6866 명칭: 바이오매스프라(BP) 인증단체: JBPA 2006년, 25% 이상 
벨기에	기준: EN 13432 명칭: OK Compost 인증단체: Vincotte 1995년, 70% 이상 	기준: ASTM D 6866 명칭: OK Biobased 인증단체: Vincotte 2009년, 20% 이상 
독일	기준: DIN EN 13432 인증단체: DIN CERTCO 1979년, 70% 이상 	기준: CEN/TR 15932 ASTM D 6866 인증단체: DIN CERTCO 2010년, 20% 이상 

업체, 다양한 제품을 적용하여 문제가 없음을 확인하였다. 이후 (사)한국바이오소재패키징협회는 미국 시험기준 ASTM D 6866, 자체 시험기준 KBMP 0107 및 유기물 TGA 분석을 통하여 바이오매스 25% 이상 함유 제품에 “BIOBASED” 인증라벨을 운영하고 있다. 단, 투명 및 발포제품의 경우 바이오매스 5% 이상 제품을 대상으로 한다. 인증라벨 표시 방법은 뚜껑, 용기, 제품 포장재를 대상으로 각각 별도 운영하고 있다.

3. 녹색 인증(녹색기술)

자원 및 환경위기를 극복하고 신성장 동력 창출을 위해 (1) “녹색성장을 새로운 국가비전 제시”, (2) “녹색성장 구현을 위해서 금융, 세제 등의 지원을 통한 녹색산업의 민간참여 확대 및 기술 시장 산업의 빠른 성장 유인”하기 위한 제도이다. 본 고에서는 녹색 기술을 중심으로 고찰하였다.

녹색 성장 정책을 통하여 에너지와 자원의 절약 및 효율적 사용, 기후변화와 환경 훼손

[그림 2] 녹색인증마크



을 감소하고, 청정에너지와 녹색기술의 연구 개발을 통하여 신성장 동력을 확보하여 새로운 일자리 창출 등 경제와 환경이 조화를 이루게 한다.

3-1. 녹색기술 정의

온실가스 감축기술, 에너지 이용효율화 기술, 청정 생산기술, 청정에너지기술, 자원순환 및 친환경 기술(관련 융합기술을 포함) 등 사회 경제 활동의 전 과정에 걸쳐 에너지와 자원을 절약하고 효율적으로 사용하여 온실가스 및 오염물질의 배출을 최소화하는 기술이다.

3-2. 녹색기술 인증대상

13대 분야를 중심으로 1,843개 핵심요소기술

이 인증대상 이다. 13대 분야는 (1) 신재생에너지, (2) 탄소저감, (3) 첨단수자원, (4) 그린IT, (5) 그린차량, (6) 첨단그린주택?도시, (7) 신소재, (8) 청정생산, (9) 친환경 농식품, (10) 환경보호 및 보전, (11) 그린방송통신, (12) 그린콘텐츠, (13) 바이오 제약 이다.

3-3. 녹색기술 인증기준

평가기관은 기술우수성, 녹색성을 종합평가하여 100점 만점에 70점 이상인 기술을 인증대상으로 추천한다.

3-4. 에코 패키징 관련 녹색기술 인증기준

10대 녹색기술중 에코패키징 관련하여 “8. 청정생산중 생분해·광분해·자연분해 기술”, “9. 친환경농식품중 생분해성 포장재”, “10. 환경보호 및 보전의 친환경 제품중 친환경 원부자재” 등이 있으나 친환경 원부자재 관련하여 고찰하고자 한다.

녹색인증 기준중 기술수준 미달시 평가점수 기술수준 미달시 평가점수 70점 이상인 경우에도 부적격 처리가 되도록 되어 있어 기술수준의 평가기준이 매우 중요한 요소이다.

[표 7] 녹색기술 인증 기준

기술 우수성(60)	녹색성(40)
<ul style="list-style-type: none"> · 기술의 목표의 구체성 및 명확성 · 신청기술의 기술수준 · 기술의 혁신성과 차별성 · 사업화 계획의 타당성 및 기술적 파급효과 	<ul style="list-style-type: none"> · 에너지·자원의 절약, 기후변화 및 환경훼손의 억제등
<p>*기술수준 충족 필수, 기술수준 미달시 평가점수 70점 이상인 경우에도 부적격 처리</p> <p>*기존의 기술성 40점, 시장성 30점, 녹색성 30점의 평가기준에서, 시장성은 평가기준에서 제외하여 불필요한 평가를 최소화함</p>	



특 점

[표 8] 2009년, 2011년 및 2011년 개정중인 기술수준 비교

핵심기술	핵기술수준(2009년)	기술수준(2010년)	기술수준(2011년)
중금속(수은, 납, 카드뮴, 6가크롬) Free 포장재	-4대 중금속 총합량 50ppm 이하	-4대 중금속 총합량 50ppm 이하	-4대 중금속 총합량 100ppm 이하
생분해, 광분해, 자연 분해 기술	-100%분해(ISO 14855에 의함)	-100%분해(ISO 14855에 의함)	-100%분해(ISO 14855에 의함)
환경친화형 생분해서 식품포장재 제조 기술	-완전분해(99.9%) 시간 ≤5년 -품질유지 10% 향상	-생분해성 선진국 대비 70% 이상 -제조공정에너지 사용량 15% 이상 절감	-생분해성 선진국 대비 80% 이상 -제조공정에너지 사용량 15% 이상 절감 (1개 이상 만족할 것)
내분비계 장애 유발물질 대체소재 제조 기술	-비스페놀-A 등 환경호르몬 발생여부 -내열성(100~130도) 및 내구성 보유여부 -제조공정중 환경오염인자 발생여부	-비스페놀-A 등 환경호르몬 발생여부 -환경표지 인증기준중 환경기준 달성(환경표지 대상 품목의 경우)	-내분비계 장애물질 불검출 여부
PLA 다양한 응용성 확보기술	-자연식물의 당을 PLA로 생산 할 수 있는 기술확보 -제품의 강도유지는 최소 6개월 이상, 생분해 필수	-제품의 강도유지는 최소 6개월 이상, 생분해 필수 -환경표지 인증기준중 환경기준 달성(환경표지 대상 품목의 경우)	-
생분해, 광분해, 자연분해 기술	-EU PPW 규제 만족 기술	-EU PPW 규제 만족 기술 -환경표지 인증기준중 환경기준 달성(환경표지 대상 품목의 경우)	-기존 대비 10%이상 성능 향상
환경독성 물질 대체 및 유해성 저감기술	-실용화 및 현장적용 여부	-환경표지 인증기준중 환경기준 달성(환경표지 대상 품목의 경우)	-기존 기술대비 10%이상 제거/무해화 성능향상
고기능성, 생분해성 소재 생산 및 표준화 기술	-기능성, 생분해성 조절 및 국제기준 생분해성 평가기반 확보	-환경표지 인증기준중 환경기준 달성(환경표지 대상 품목의 경우)	-기존 대비 10%이상 성능 향상

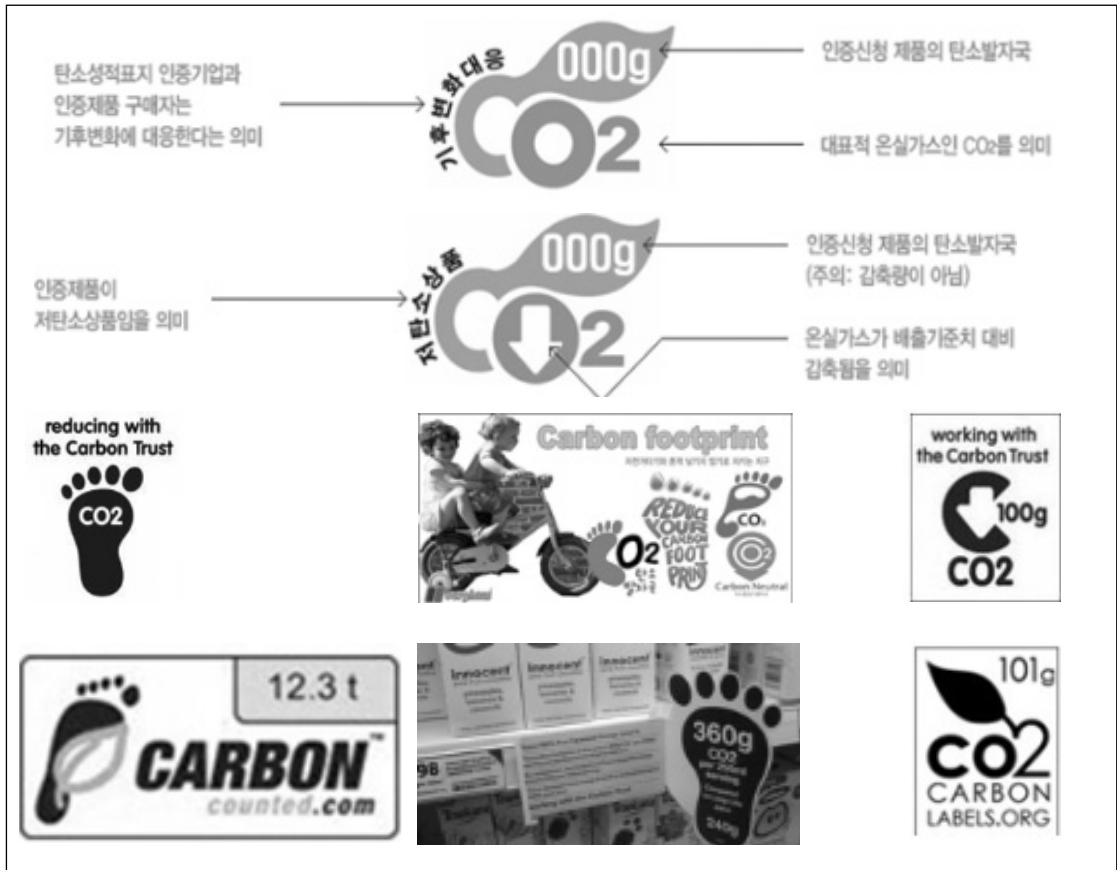
본 고에서는 2010년 현재 적용되고 있는 기술 수준, 2009년 최초 제정당시 가장 중요한 기술 수준을 아래 표에 비교 분석하여 보았다.

4. 탄소 성적 표시제도

탄소 성적 표시는 탄소라벨링, 탄소이력, 탄소

발자국(Carbon foot print) 등으로 명명되고 있는데 제품과 서비스의 생산 및 수송, 유통, 사용, 폐기 등의 전과정 평가((Life Cycle Analysis, LCA)를 통해서 개인이나 단체와 같은 어떤 주체가 직접 간접적으로 발생시킨 온실가스 배출량을 제품에 표기하여 소비자에게 제공함으로써 시장 주도로 저탄소 소비문화 확산에 이바지하는 데 있다.

[그림 3] 국내외 탄소 성적 라벨



한국에는 한국환경산업기술원에서 시행을 하고 있으며 1단계인 탄소배출량 인증과 2단계인 저탄소상품 인증으로 구성 시행되고 있다. 현재 탄소 성적표지 인증은 법적 강제 인증제도가 아니라 기업의 자발적 참여에 의한 임의 인증 제도이다.

가장 쉽게 이산화탄소 배출량을 줄이는 방법은 자동차 대신 자전거 또는 도보로 이동, 난방 등 열에너지 사용 절감, 육식보다 채식, 안쓰는 전기코드 뽑기, 전기효율이 높은 제품을 사용 등이 있다. 또한 이동거리가 먼 경우 탄소배출량이

많게 되므로 수입품을 사용하는 것보다 주변에서 구할수 있는 것을 사용하면 자연스럽게 탄소 발생량이 적어지게 된다는 논리이다.

에코 패키징 관련해서는 가장 좋은 방법은 덜 쓰고, 재활용하고, 재사용을 하는 방법이다. 그러나 부득이 하다면 전분, PLA 등은 식용자원을 사용하는 것도 문제이지만 대부분이 수입산이기 때문에 운송시 발생하는 탄소가 많다. 따라서 자국내에서 구할 수 있는 식물체 바이오매스 자원인 식품공장 부산물, 농업 부산물을 사용하

[그림 6] 업계의 자발적 자체 포장마크 사용 사례



고 있으며, 향후, 국제 환경규제 대응형 인체무해성, 재활용 용이성, 분해성 관련한 추가 인증 라벨의 준비 작업을 하고 있다.

6. 시험 규격 및 방법

6-1. 생분해성 관련 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 규격화 운영하고 있다. 전세계적으로 플라스틱 물질을 수계 배양액 중의 호기적 방법으로 생분해도를 측정하는 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 14855 등이 생분해 시험법으로 인정되고 있으며 그 중에서도 "ISO 14855"가 가장 널리 사용되고 있다.

ISO 14855를 기준으로 각국에서 관련 기준을

만들어 운영하고 있는데 미국 ASTM D 5338, 유럽 EN 13432, 한국 KS M 3100-1, 중국 GBT 19277, 일본 JIS K 6953이 있다. 이들은 모두 ISO 14855와 같이 퇴비화 조건에서 호기적 생분해도 및 붕괴를 측정하는 방법이다.

상기 시험방법은 생분해도 시험방법을 규정한 것이며, 생분해 수지 제품에 대한 시험기간, 분해도 등 인증기준은 아래와 같이 국가별로 차이가 있다.

- 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

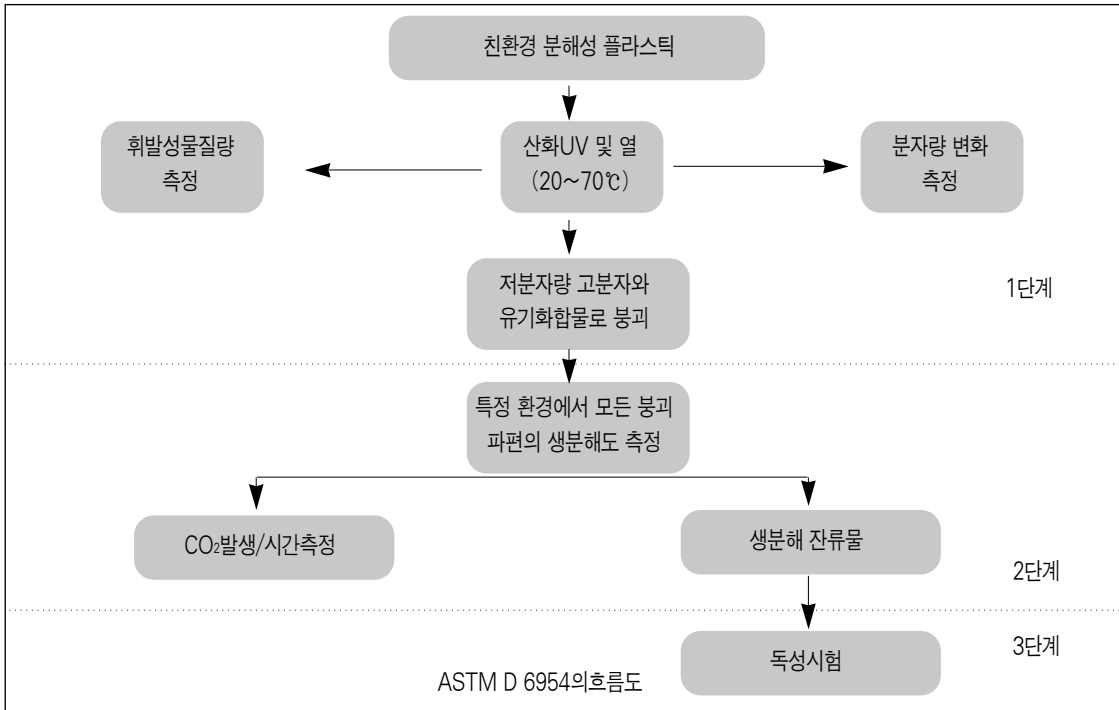
6-2. 산화생분해성 관련 규격

산화생분해성 플라스틱의 분해도는 일차적으로 자연 상태에서 플라스틱의 원료인 폴리머보다는 충전된 물질(전분 등)이 분해되는 정도를 파악하게 되는데 사용방법으로는 충전된 전분이나 폴리카프로락탐(PCL) 등 바이오매스 함량을 여



특 집

[그림 7] ASTM D 6954 산화생분해 시험 흐름도



러 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 동일한 방법으로 측정한다.

최근 미국에서는 산화생분해 규격 및 시험방법인 ASTM D 6954를 제정하여 적용하고 있다.

이는 열분해, 광분해 및 생분해에 의한 분해 반응, 고분자 물성 관련한 기준을 마련하였는데 그 시험방법은 1단계에서는 20~70도에서 열분해, 산화분해, UV에 의한 광화학분해에 의한 분자량 감소 및 유기화합물로 붕괴되는 것을 시험하고 2단계에서는 생분해에 의한 이산화탄소 발생량 시험, 3단계에서 독성시험을 하게 되어있다.

6-3. 바이오 베이스 관련 규격

2002년부터 미국 농무성(USDA) 주관으로 시작한 바이오 베이스 플라스틱중 바이오매스 함량을 측정하는 방법으로 세계적으로 미국 ASTM D6866 시험기준이 가장 널리 사용이 되고 있다.

식물은 광합성을 통해 대기중에 있는 탄소를

고정시키기 때문에, 살아있는 동물과 식품의 가지고 있는 14C의 비율이 공기중의 비율과 일치한다. 또한 방사성 물질은 일정한 반감기를 가지고 있게 된다.

원소에는 동위원소가 있다. 동위 원소는 원자 번호는 같으나 질량이 다른 것을 의미한다. 탄소는 질량이 조금씩 다른 12C, 13C, 14C의 동위원소가 있다. 그런데 이들 동위원소는 시간이 지나도 그 양이 변하지 않는 안정동위원소(양성자의 수와 중성자의 수가 같음)와 시간이 지나면 다른 원소로 변하는 불안정동위원소(양성자의 수와 중성자의 수가 다름)로 나누어진다. 14C은 바로 불안정동위원소 중에 하나이기 때문에, 14C는 시간이 지나면 14N로 변한다. 이를 붕괴한다고 말한다. 14C가 살아있는 동식물에 음식과 호흡을 통하여 들어가게 된다. 일단 이들이 죽게 되면 14C가 들어갈 수 있는 경로가 폐쇄되기 때문에 체내의 14C는 14N로 붕괴된다. 그러나 14N는 기체이므로 날아가게 되고 남아있는 14C의 양을 가지고 연대를 측정하는 것이다. 즉 14C의 양이 체내에 많이 남아 있으면 덜 오래된 것이며, 그 14C의 양이 적으면 그만큼 오래된 것으로 계산될 것이다. 오늘날 14C의 양의 반이 14N로 변하는 기간(반감기)이 5,730년으로 측정되었다.

ASTM D6866은 탄소화합물 중의 탄소의 극히 일부에 포함된 방사성 동위원소인 14C의 조성비를 측정하는 방법으로 방사성탄소 측정방법에 대해 규정한다.

기본 가정은 14C, 즉 탄소의 방사성 동위원소가 일단 더이상 생명 유기체의 구성성분이 아니게 되면 반감기가 5,730년이라는 것이다. 이것

은 14C가 완전히 붕괴했기 때문에 더 이상 화석 연료에는 14C가 남아있지 않다는 것을 의미한다. 반면, 나무와 같은 최근의 바이오매스에는 14C 일부분이 여전히 남아있다. 사실상, 생물기원 물질은 14C를 포함하지 않는 화석연료와 같은 다른 물질과 쉽게 구분될 수 있는 충분히 특징적인 양의 14C를 포함한다고 말할 수 있다.

바이오매스의 14C의 양은 잘 알려져 있기 때문에 생물 기원 탄소의 비율은 시료 중의 총 탄소의 양을 이용하여 쉽게 산정할 수 있다. 이 방법은 기체, 액체, 고체 연료를 포함하는 어떤 유형의 혼합 연료에도 적용될 수 있다.

그러나 실제로 ASTM D6866 방법으로 시험 분석을 할 수 있는 분석 기관이 극히 한정되어 있는 단점이 있어, TGA 방법으로 유기물 측정하는 방법 등을 병행하고 있는 실정이다. 향후, 보다 간편하고 여러 시험 분석기관에서 분석을 할 수 있는 시험방법의 개발이 필요한 실정이다.

II. 결론

바이오 플라스틱 관련하여 생분해 플라스틱 관련 규격에 따라 에코마크(환경마크)를 부여하고 있고 바이오 베이스 관련한 규격은 약 10년 전에 시작하여 현재 미국은 ASTM 규격이 완성되었고, 현재 바이오 베이스 인증라벨은 미국, 일본, 벨기에, 독일, 한국에서 시행하고 있다.

다른 해외국가도 바이오 플라스틱 관련하여 탄소저감에 중점을 둔 바이오 베이스 플라스틱 관련 규격 기준 제정이 진행중이다. 또한 이에 따라 다양한 유기물 분석 방법의 제정이 시급할 것으로 생각된다. ☐