

플라스틱 등 포장재료의 환경영향평가

富川 昌美 / (사) 일본플라스틱처리촉진협회 WG前主査 EEP연구소장 · 공학박사

1. 역사와 배경

폐기물, 특히 포장폐기물의 산란이 사회문제가 됐던 이유로 1) 경관의 저해 2) 토지문제 3) 자원보전으로의 배려 등의 요인을 들 수가 있다. 예를 들면 미국에서는 토지가 광대하고 가격이 싸기 때문에 매립이 가장 유력한 폐기물처리방법이 되고 있다.

그렇지만 누출방지 등을 전혀 배려하지 않은 매립지에서 지하수의 오염이나 경관의 저해가 문제돼 지가의 하락에 놀란 토지소유자가 점점 매립처 분지를 폐쇄하고 있으며 이 경향은 여전히 계속되고 있다.

[표 1] 플라스틱 외의 재료로 대체한 경우의 영향

항 목	증가량 (%)
포장자재의 중량	404
쓰레기의 용량	256
에너지 소비	201
코스트	212

GVM(포장자재시장조사연구협회보조서)

한편 1987년 5월, 뉴욕주의 쓰레기를 실은 탱커가 각주에서의 인수 거부로 55일간 항해해 결국 본래의 항으로 되돌아 온 경우가 수일 TV에서 방영돼 하얗게 보이는 쓰레기 즉 플라스틱이 폐기물공해의 원흉이라는 인상을 미국 시민이 강렬하게 지니게 됐다.

이 사건의 파급효과는 커서 1988년 뉴욕의 한 군에서는 레스토랑, 소매점에서의 폴리스틸렌, 염화비닐제용기의 제공·판매를 금지해 식품포장에는 플라스틱봉투를 사용하지 않는 등 이후 일련의 플라스틱규제의 선구가 되는 조례가 성립됐다. 이것에 대해서

[표 2] 조사대상제품의 사양

제품	소재	사 양				
		크기·치수	단위당 중량	내용물		
생선상자	목재	50cm×35cm×11cm (실내용량 10kg)	1,590g/개	생선		
	EPS	55cm×35cm×11cm (실내용량 10kg)	225g/개	생선		
병 또는 캔	병	유리	633ml	605g/본	맥주	
		카톤	종이	1,000ml	33.1g/본	우유
	병		PET	1,500ml	60g/본	탄산음료
			PP	1,500ml	40.5g/본	세제
			HDPE	1,500ml	40.5g/본	세제
			LDPE	1,500ml(현재 사용하지 않기 때문에 PET에 준한다.)	41.3g/본	음료
	캔		PVC	1,800ml	85g/본	장유
		스틸	350ml	28.9g/본	TV	
	TV제품곤포재 (완충재안)	알루미늄	350ml	15.4g/본	TV	
		폴판지	0.021㎡(8mm×2.625㎡)	2,560g/개	TV	
	EPS	0.03㎡(600g)	600g/개	TV		

[표 3] 제품별 환경영향평가(PSP 트레이 1,000교 (4.4kg)당)

구분			원료단계	제조단계	가공단계	수송단계		합계
						해외	국내	
출발원료	원유	kg	4.80	-	-	-	-	4.80
	염	kg	-	-	-	-	-	-
	원목(국내)	kg	-	-	-	-	-	-
	원료수	kg	-	-	-	-	-	-
에너지	전력	KWh	0.0898	5.15	0.396	-	-	5.64
	석탄	kg	-	-	-	-	-	-
	중유(C중유)	kg	0.0176	0.660	-	0.116	-	0.794
	(A중유)	kg	0.0528	-	-	-	-	0.0528
	경유	kg	-	-	-	-	0.0871	0.0871
	LPG	kg	-	-	-	-	-	-
	증기	kg	▲1.87	15.6	-	-	-	13.7
	흑액	kg	-	-	-	-	-	-
연료수	kg	0.788	0.217	-	-	-	1.01	
합계		10³kcal	11.6	21.3	9.33	1.25	1.00	44.5
대기오염물질	CO₂	kg	3.73	6.38	2.27	0.381	0.297	13.0
	NOx	kg	0.00220	0.00370	0.000704	0.000242	0.000884	0.00774
	SOx	kg	0.0112	0.0990	0.000827	0.00959	0.000585	0.122

미국 플라스틱협회(SPD)와 포장업계는 뉴욕 고등재판소에 제소했지만 1991년 4월 패소로 끝났다.

그 후 아이오와주에서 1989년 5월 주법 수준에서 최초의 포괄적 플라스틱 규제법이 성립돼, 비분해성의 플라스틱제 쇼핑백이나 디포지트대상 플라스틱병의 매립이 금지됐다. 유사한 규제는 오리건, 코네티컷주 등 14주 이상에서 성립해 높은 비율(25%이상)의 회수와 재이용을 추구하고 있는 것에 공통점이 있다.

미국에서는 일본과 달리 회수·재생업이 기업으로서 성립돼 있어 PET나 HDPE의 병을 중심으로 리사이클이 진행되고 있고 유럽에서도 거의 같은 상황에 있다.

2 구미의 환경영향평가 연구

이것에 앞서 약 20년 전, 미국에서는 음료용기의 산란과 리사이클이 사회문제화될 징조가 있어 1969년 코카

콜라사의 위탁에 의해서 미드웨스트 리서치(MRI)가 유리, 스틸, 알루미늄, 플라스틱의 4소재, 9종류의 각종 용기의 자원·에너지 소비, 환경부하를 평가했다. 이 연구수법은 REPA(resource and environmental profile analysis)라고 칭한 후의 LCA연구의 기초가 되고 이 조사의 중심이 돼 활약한 Franklin 박사는 전술의 포괄적 플라스틱규제에 관련해 플라스틱과 경합재료간의 비교로 주목됐다.

이 일련의 환경영향평가에 관한 수법은 환경독물화학회(SETAC)를 중심으로 정부·기업·대학의 연구자에 의해서 체계화된 보고서가 간행됐다.

유럽에 있어서도 같은 시기, 포장제품의·환경오염방지와 리사이클촉진에 관한 사회적인 요청을 배경으로 해서 영국·오픈대학 Boustead교수를 중심으로 독일, 네덜란드, 스위스 등의 연구자에 의해서 추진된 환경영향평가의 연구는 EC위원회가 '액체식품용기에 관한 지령'을 가결한 것으로

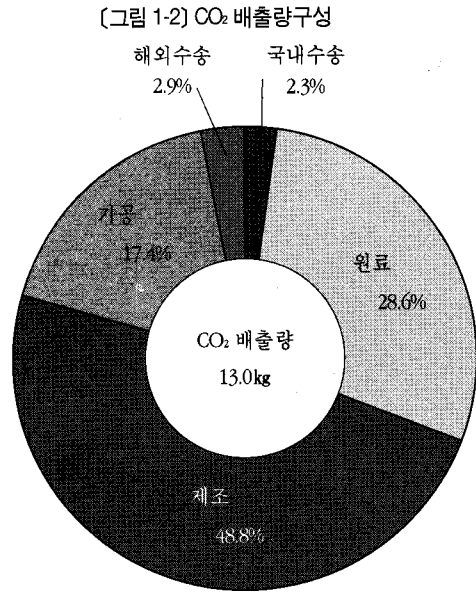
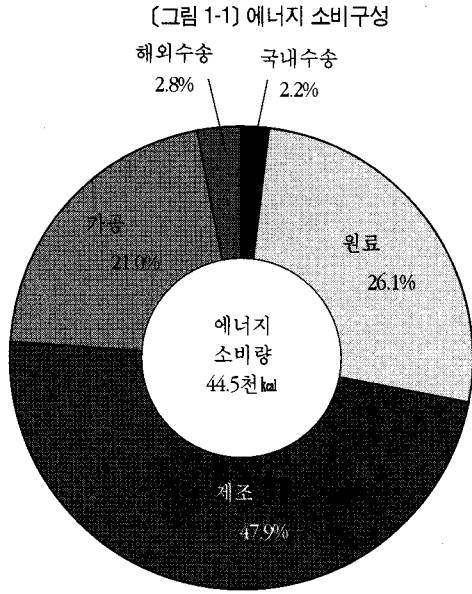
[표 4] 에너지 소비와 환경영향

① 동일사양의 식품트레이 비교
(a) 에너지에서 종이는 PSP에 대해서 약 3.1배 필요하다.
(b) 환경부하에서는 종이는 PSP에 대하여 CO₂에서 3.0배, NOx에서 7.5배의 배출량이다. SOx에서 1.0배
② 동일사양의 쇼핑백의 비교
(a) 에너지에서는 종이는 HDPE 필름에 대해서 4.6배 필요하다.
(b) 환경부하에서는 종이는 HDPE 필름에 대해서 CO₂에서 4.8배, NOx에서 11.9배, SOx에서 2.8배의 배출량이다.

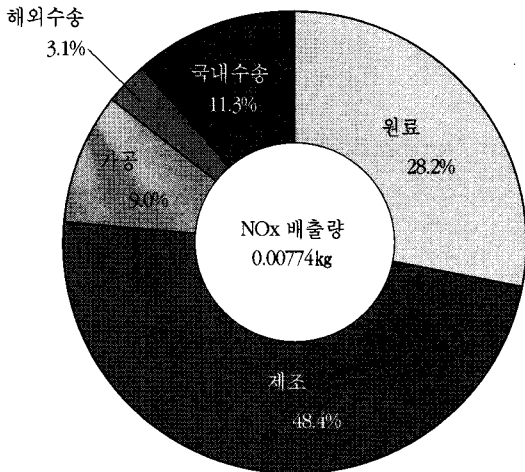
가속됐다. 예를 들면 스위스의 내무성 환경국(BUWAL)은 쾰히공과대학, 미그로스(생협)와 협력해서 '포장재료의 에코 밸런스'를 발표하고 미그로스는 이 성과를 신상품의 개발에 이용해서 주목됐다.

또 이 기술의 학문적 체계화를 가리킨 네덜란드, 라이덴대학 환경과학센터(CML)는 '제품라이프사이클분석 메뉴얼'과 컴퓨터소프트(Sima Pro)

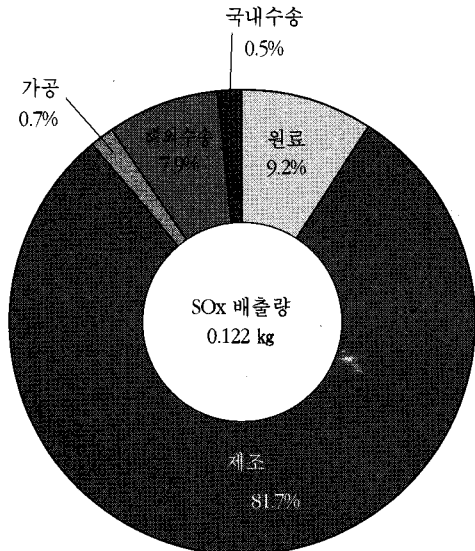
[그림 1] 제품별환경영향평가(FSP 트레이 1,000매(4.4kg)당)



(그림 1-3) NOx 배출량구성



(그림 1-4) SOx 배출량구성



를 간행했다.

유럽에서 가장 영향력을 가진 독일은 포장용기폐기물 문제에서도 엄한 대응이 강요됐다. 정부는 급증하는 일반폐기물에 대응하기 위해 포장용기의 회수와 재생에 높은 목표치를 설

정하고 이것을 클리어하기 위한 산업계는 DSD(Dual System Deutschland)신시스템을 만들게 됐지만 플라스틱업계에서 보면 이미 회수, 재생의 사회시스템이 완성돼 있는 종이, 스틸, 알루미늄에 비해서 불리한 결

정으로 이 리사이클의 어려움에만 입각한 플라스틱 환경부적합론에 대항하기 위한 환경영향평가의 연구가 다수 실시됐다.

예를 들면 독일 포장자재시장연구협회는 플라스틱제조공업연맹의 위

[표 5] 메터리얼 리사이클 에너지(PET병)

공정	P E T			
	전제조건	원단위 kcal/kg	원재료 kg/kg	에너지 kcal
리사이클 가정내세정	사용수량 600ml/1본(60g) <10 l/kg>	수도수 0.136k Whr/t 하수처리 0.033kWhr/t	3.1 0.7	1.00
커브사이드~ 스톡포인트	4평보디차 50km 주행 적재량 160kg/차	연비 5.5km/l (4t차) 경유 11,000kcal/kg($\rho=0.8$)	3.1 500.0	1.00
스톡 포인트 분별센터	(近) 4t 차 20km 주행 적재량 450kg/차 (遠) 10t 차 100km 주행 적재량 600kg/차	연비 5.0km/l (4t 차) 경유 11,000kcal/kg($\rho=0.8$) 연비 3.5km/l (10t 차) 경유 11,000kcal/kg ($\rho=0.8$)	1.00 78.2 419.0	평균치 248.6
분별센터 분별 베이더 (산폐처리)	처리량 800t/月 (內 PET 20t/月) 소비전력 36,726kWhr/月 원료에 대한 제품의 비율 10t 차 150km x 2 주행 적재량 4,000kg/차		1.00 103.3 188.6	103.3 18.9
분별센터 리사이클센터	10t(20cm) 차 40km x 2 주행 적재량 4,000kg/차	연비 3.5km/l (10t 차) 경유 11,000kcal/kg($\rho=0.8$)		0.90 36.2
리사이클센터 (병 선별 병세정·분쇄·이물 분리·분난·건조) (조립) (결정화) (산폐처리)	위즈펙 리사이클사 페이타 처리량 1,500kg/hr 전력경계전력 946kWhr 전력부하 0.72 A중유사용량 130.9kg/hr 원료에 대한 제품의 비율 처리량 1,000kg/hr 전력경계전력 590.8kWhr 전력부하 0.7 전력경계전력 226.1kWhr 전력부하 0.7 원료에 대한 제품의 비율 98% 10t 차 150km x 2 주행 적재량 4,000kg/차	소비전력 0.454kWhr/kg 중유사용량 0.0873kg/kg 10,200kcal/kg 소비전력 0.591kWhr/kg 소비전력 0.226kWhr/kg	0.90 1021.5 890.0 1329.8 508.7	919.4 801.0 957.5 366.3
리사이클		연비 3.5km/l (10t 차) 경유 11,000kcal/kg($\rho=0.8$)	188.6	0.706 0.194 36.6
레진제조	화학공학데이터	제조에너지 리소스에너지	8,223.1 11,510.8	0.314 6,196.5
성형가공	인젝션블로우	전력 1.850kWhr/kg 원료에 대한 제품의 비율 98%	4,162.5	1.02 →1.00 4,162.5
리사이클 합계				14,350.5

탁을 받아서 플라스틱을 다른 재료에 대체했을 때의 환경에 기여하는 영향을 산정했다.

이러한 각국에서의 플라스틱과 환경의 관계를 명확하게 하기 위한 전유럽 플라스틱메이커의 업계단체인 APME(Association of Plastics Manufacturers in Europe)는 환경영향평가와 공보활동을 최종점과제로 해서 에너지소비, 배수·대기의 환경

부하의 측정을 통해서 '플라스틱의 환경적합성'을 어필했다.

3. 일본의 환경영향평가 연구의 경위

일본에서도 1980년경 오일쇼크를 계기로 해서 에너지절약으로의 관심이 높아지고 통산성의 위탁을 받은 위원회가 신규소재의 도입에 따른 에너지

지절약효과의 분석이란 제목을 붙인 보고서를 책정했다. 여기에서는 소재 및 공업부품, 단열재로서의 플라스틱이 제품의 경량화나 단열효과에 의해서 어떻게 에너지절감에 공헌할 수 있는가에 대해서 서술하고 있지만 지구환경에의 영향에 관해서 언급하기에는 미치지 못한다. 한편으로 급격하게 사회문제가 되어 온 온갖 폐기물공해로의 관심은 구미의 경우와

[표 6] 플라스틱 용기의 시장규모 및 용도

종 류	시장규모	용 도	특 징
LDPE병	40,000t	마요네즈, 케첩	5~7층 용기
HDPE병	123,000t	식용유·우유·세제·샴푸·린스·표백제	착색병
PP병	40,000t	세제·샴푸·린스	착색병
PVC병	25,000t	청량음료·장유·소스·세제	투명병
PET병	147,000t	청량음료·장유·소스·세제	투명병
PSP트레이	80,000t	식품트레이(생·야채·과물 등)	단품

출처: 1993년 포장자재·용기·기계생산 출하통계, 1994년
(사)일본포장기술협회자료에서 작성

[표 7] 총괄 데이터

(단위: kcal/kg)

종 류	재생용기제조에너지	소거회수에너지	신규용기제조에너지
PSP트레이	4,676.2	9,600.0	21,300.4
PET병	9,929.4	5,500.0	24,330.9
PP병	8,567.6	10,500.0	17,202.8
HDPE병	8,567.6	10,500.0	17,571.0
LDPE병	8,567.6	10,500.0	18,918.5
PVC병	8,567.6	2,460.0	13,269.9

같이 플라스틱포장재에 기울어지고, 예를 들면 후생성이 전국자치체에 대한 조사에 의하면 자치체가 취급하는 일반폐기물 가운데 플라스틱은 '처리곤란' 한 대상물의 하나로 들 수 있었다.

이것은 일본인의 생활스타일이 변화해서 플라스틱포장의 수량이 증가함에 따른 일반폐기물중에 차지하는 플라스틱의 비율이 해마다 커진 것으로 폐기물처리의 담당자로부터 '플라스틱은 종이나 나무같은 천연물에 비해 썩지 않고, 매립지의 지반이 안정되지 않으며, 소각로에서는 발열량이 높아 소각로벽을 상하게 하고, 가동률이 저하되고, 유독가스가 발생한다' 등 폐기단계에 있어서 환경부적합성이 지적됐다.

더해서 구미에 수출되는 제품의 곤포재, 포장재로서의 플라스틱을 엄격하게 보게 돼 1990년경부터 플라스틱

의 환경영향평가를 일본의 데이터가 기초로 실시하려고 하는 시도가 있었다. 평가방법은 구미에서 개발되어 이미 몇개의 성과를 거두고 있는 '적재방식의 LCA(Life Cycle Assessment)'를 적용해 일본의 경우에 대해서 검토했다.

예를 들면 동양제관(주)은 연구의 성과를 환경적합성이 높은 자사의 스티켄의 개발에 적용했다. 일본생협련은 환경문제에 높은 의식을 가진 사원을 배경으로 해서 '상품의 환경평가 시스템의 개발과 음료용기의 평가'를 목표로 검토하고 전술의 스위스·미그로스의 실례를 참고로 해서 폴리에틸렌 라미네이트/종이용기, PET병, 유리병(원웨이/리턴어블)을 비교했다. 이들의 연구가 주로 포장용기의 제품에 중점을 두고 실시된 것에 대해 소재로서의 플라스틱에 중점시켜 검토해 온 것이 (사)플라스틱처리촉진

협회의 환경영향평가WG로 연구는 1991년에 개시돼 통산성의 보조사업으로서 계속 실시되고 있다.

4. 플라스틱처리촉진협회의 조사연구

플라스틱은 가볍고 강하며 내수성이 있고 투명, 가공성이 뛰어난 등의 특성에다가 기술의 진보에 의해서 대폭적인 가격저감이 달성돼 중요한 재료로서의 지위는 의심할 수 없다. 그렇지만 제품이 수명을 끝내고 폐기의 단계에 이르러 전술과 같이 '환경부적합재료'로서 낙인이 찍히기에 이르러 플라스틱을 제조해 공급하는 기업·단체로서 '플라스틱의 장점, 사용방법, 리사이클을 포함한 존재의식을 바르게 홍보한다'는 필요성이 높아지고 특히 리사이클관련의 데이터 정비가 급선무가 됐다.

4.1. 포장용기로의 LCA의 적용

일반적으로 넓게 사용되고 있는 병, 트레이, 용기, 곤포재의 대표적 사이즈의 제품에 관해서 원료채굴부터 제조, 수송, 가공에 이르는 각단계의 에너지·자원소비, 대기, 물로의 환경부하를 산정했다.

초보적이지만 각 단계의 환경부하 결과에서 공정개선에 관해서 시사함과 동시에 플라스틱이 종이·금속 등의 경합재료에 비해 충분한 환경적합성을 가지고 있는 것으로 나타났다.

4.2. 리사이클로의 LCA 적용

리사이클법(1991년), 新廢掃法개정(1992년)에 이어 용기포장리사이클법의 제정(1995년) 등 플라스틱리

사이클에 대한 관심은 점점 높다. 구미에 비해 일본의 일반폐기물 메타리얼리사이클이 저조한 이유는 국민의 식의 차이, 법제정의 차, 재생업자의 규모의 차이 등으로 돌릴 수 있지만 어쨌든 시민이 받아들일 수 있는 일본 독자의 리사이클체계를 만들지 않으면 안되기 때문에 과학적 근거가 필요하다. 동협회의 환경영향평가WG는 전항(1)에서 얻은 계산결과를 이용해서 LCA수법의 리사이클로의 적용을 시험해 봤다. 대상제품으로서는 플라스틱포장제품으로 가장 관심이 높은 PET병과 PSP트레이를 모델로 해, 수집·세정·분리·분쇄·혼연·조립(재생)의 에너지의 및 소각에 의한 에너지 수집량을 산정했다. 데이터는 공개된 것이 없을 경우, WG가 현장에 나가서 측정했다.

보고서에서는 에너지소비의 면에서 본 기본적 과제에 관해서 논술하고 있지만 1994년 4월 플라스틱업계와 통산성이 합동으로 책정한 '플라스틱 리사이클에 관한 제언서'와 밀접하게 관련돼 있다.

즉 용기의 효율적인 리사이클은 플라스틱의 종류, 용기의 사이즈, 폐기물의 상태, 혼입물의 양과 종류 등에 크게 의존해 수집의 방법, 재생의 사회시스템의 정비상황, 재생설비의 우열 등의 요소를 포함하기 위해 반드시 단일의 해답을 주지 않는다. 그 중에서 레진 본래의 지닌 발열량에 착안하면 폴리에틸렌, 폴리프로필렌, 폴리스틸렌 등은 순수한 탄화수소화합물로 발열량도 크고(약 10,000kcal) 소각에 의한 에너지회수가 유효한 경우가 많다. 한편 PET는 약 5,500kcal, 염화비닐은 약 4,500 kcal(배기가스처리 소요열

량을 빼면 약 2,460kcal)로 발열량이 낮고, 열회수는 득책이 아니다. 차라리 섬유나 성형품으로의 기계적인 재생이 유효한 경우가 많다고 생각할 수 있다. 이 논의에는 보다 신중한 자세가 필요하고 확실도가 높은 데이터의 정비와 함께 광범위한 시점이 요구된다.

4.3. 플라스틱포장관련 데이터베이스

전술한 4-1, 4-2의 LCA적 고찰에 있어서 사용된 데이터는 모든 연구에 참여했다(三菱總研, 화학공업회를 포함). WG멤버에 의해서 수집된 것으로 자신있는 국면에 있어서의 하나의 상태를 표현하고 있지만 보편성, 객관성 혹은 데이터의 출처나 계산에 관한 투명성의 면에서는 문제를 남기고 있다. 전술의 APME(유럽 플라스틱 제조자협회)에서는 폴리올레핀, 염화비닐, PET 등의 범용플라스틱에서 엔지니어링플라스틱의 일부에 이르는 광범위한 레진에 관해서 제조단계와 사출·중공·필름 등의 성형단계의 에너지와 환경부하데이터를 수집, 해석해 데이터베이스화했다.

비슷한 작업이 미국플라스틱업계에서도 추진되고 있다. 환경문제의 국제성, 국경을 초월한 환경라벨의 파급효과를 생각하면 일본도 같은 레벨의 데이터가 결국 필요하게 될 것이다. 예상돼 플라스틱처리촉진협회는 레진메이커 단체와 공동으로 '업계대표치'로서 공식화된 '제조단계의 LCA데이터베이스구축'을 위한 준비 작업에 있다.

가공단계에 대해서도 플라스틱공업연맹 및 관련단체와 협력하는 작업이 예정돼 있다.

5. 맺음말

이상, 플라스틱포장재료에 대해서 구미와 일본의 상황, 플라스틱처리촉진협회의 연구성과를 개술했지만 유식자에 의하면 구미와 일본의 사이에는 LCA연구의 진보상황에 있어서 수년의 격차가 있는 것이 지적되고 있다.

ISO14000 국제규격의 제정을 앞두고 그 중핵을 이루는 LCA연구의 가속과 산업에 대한 각 분야로의 확대, 업계간의 조정이 급선무였다. 마침 그 시기, 통산성의 back up아래에서 LCA에 관한 산·관·학의 정보와 뛰어난 지혜의 집중화를 도모함과 함께 데이터베이스 구축 등의 추진을 목적으로한 'LCA일본포럼'의 결성이 준비단계에 있다.

환경문제, 특히 지구환경문제는 복잡다단하게 걸쳐, 누구나가 가해자인 동시에 피해자가 된다. 그러므로 행정·시민·산업계가 제각기 책임을 분담하지 않으면 안된다. 플라스틱포장재에 대해서도 레진메이커, 가공업자, 보틀러, 유통업자, 판매업자 모두가 문제에 책임을 갖지 않으면 안되고 에너지·환경부하의 데이터공개에 있어서는 앞으로 보다 적극적인 대응이 요구될 것이다.

또 LCA도 결코 완성된 완벽한 틀에서는 없고 앞으로 많은 곡절을 겪는 것으로 보다 좋은 것이 되기를 기대한다. 적어도 현상환경평가를 위한 가장 유력한 수단이라고 인식돼 '육성해 간다'라는 자세가 요망된다. 