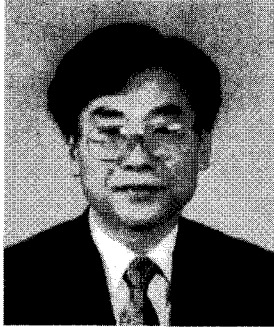


特別企劃



골판지포장과 합성수지포장의 환경 친화성 평가 총분석

전남대학교 입산공학부 교수
농학박사 임 기 표

7. EPS(Environmental Priority Strategy) system을 이용한 포장재의 환경영향 평가

도시쓰레기중 종이와 플라스틱이 30-40%정도 이고 종이류의 경우 신문이 많으나 대부분이 제품의 포장재로서 매일 아침 환경미화원이 분리수거하여 재활용할 수 없는 것은 폐기하여 매립하거나 소각처리한다.

그러나 선진국들은 대량으로 발생하는 폐기 포장재 때문에 매립지의 부족으로 유기 폐기물이므로 소각처리하여 에너지를 회수함과 동시에 감소된 회분을 매립하는 경우가 많다.

현재 우리나라에서 생산되는 각종 포장재료는 <표 5>와 같이 종이와 플라스틱이 76%를 점유하고 나머지가 금속과 유리재료이며, 주로 공산품과 농산물의 포장에 사용되고 있다. 이러한 경향은 그 나라의 경제발전정도에 따라 다르나 우리의 경우 환경 친화성의 종이류 포장재가 40%정도로서 거의 절반에 가까우나 선진국은 이보다 높아 50%이상을 점유하고 있다.

<표 5> 1990년도 포장재료별 생산량 및 생산금액

구 분	생 산 량 (M/T:M ² :개)	생 산 액		
		금액(백만원)	구성비(%)	
종이 및 판지	박엽지	54,000(M/T)	57,225	
	포장용지	275,678(M/T)	166,538	
	판지	1,075,249(M/T)	533,012	
	골판지상자	2,610,000천 m ²	863,900	
	소 계		1,620,765	39.3
합성수지	LDPE	275,550(M/T)	385,700	
	HDPE	258,042(M/T)	361,259	
	PP	274,237(M/T)	383,932	
	PVC	6,348(M/T)	8,887	
	PS	173,404(M/T)	242,766	
	ABS	13,037(M/T)	18,252	
	PET	71,376(M/T)	105,363	
	소 계	1,071,994(M/T)	1,506,502	36.6
금속포장재	알루미늄캔	685,000(천개)	63,610	
	스틸캔	3,262,583(천개)	469,372	
	드럼판	2,581(천개)	41,296	
	알루미늄박	39,683(M/T)	138,891	
	소 계		713,169	17.3
유 리	용기	763,804(M/T)	280,958	6.8
합 계		4,121,394	100.0	

더욱이 선진국은 앞으로는 공산품 일지라도 환경 친화성 포장재를 사용하여 수입하겠다는 법률이 제정되면 환경 오염이 적고, 환경친화적인 종이류 포장재 요구가 날로 증가할 것

이다. 특히 공동으로 장기간 사용하는 공산품과는 달리 농산물은 각 개인이 단기간에 소비하는 식용 제품이므로 포장도 달라야 한다. 즉 각 개인이 소비

<표 6> 식품포장 압출필름의 용도와 구성

〈액체식품과 유지포장재〉

용도 / 분류	요구되는 기능	포장재의 구성 성분	비고	
1. 액체 식품 과 습성 식품	1. 음료수	내산성, 내광성, 가스차폐성, 수증기차단성, 내한성, 저온유통성, 내포일성,	KPET/PE: KOP/PE: K-cellophane/EVA OPP/Cellophane/EVA: ONy/EVOH/EVA	
	2. 된장	가스차단성, 내포일성, 저온유통성, 내충격성	K-cellophane/EVA: OPP/EVOH/EVA K-cell/OPP/PE/ionomer: K-cell/ONy/EVA K-cell/ext.-PVC/EVA: ONy/PVDC/LDPE ONy/EVOH/LDPE	
	3. 수산가공식품(생선류, 한뎀, 피자와)	가스차단성, 수증기차단성, 내핀홀성, 경직성	ONy/EVA: KNy/EVA PP/PVDC/PP: OPP/EVOH/PE	고도의 가스차단성 필요
	4. 냉동식품	방습성, 내한성, 내충격성, 내핀홀성, 가스차단성, 저온유통성, 열간발성, 고강도	OPP/EVA: ONy/EVA: ONy/ionomer PET/EVA: PET/AL/ionomer	
	5. 조리식품	내포일성, 가스차단성, 내충격성, 내핀홀성, 저온유통성,	OPP/Cellophane/EVA: ONy/EVA: KNy/EVA K-cellophane/EVA	88
	6. 펌, 마테레이드	가스차단성, 수증기차단성, 내수성, 내유성	PET/AL/PE ONy/AL/PE	
	7. 액체스프	가스차단성, 내포일성, 내유성, 내수성, 내충격성, 내핀홀성	K-cellophane/EVA: PET/EVA ONy(KNy)/EVA: ONy(KNy)/LDPE ONy/EVOH/EVA	
2. 유지 합유 식품	1. 식품유	내유성, 수증기차단성	KPET/PE	8. 고도의 수증기차단성 필요
	2. 초코렛	내미모성, 수증기차단성, 가스차단성	KOP/PP	
	3. 생고기(축산물)	내포일성, 가스차단성	ONy/EVOH/EVA	
	4. 차이즈류	수증기차단성, 가스차단성	Cellophane/AL/PE: K-cellophane/PE KOP/PE	K-cell/wax가 고도의 방가스성

〈건조 식품포장재〉

용도 / 분류	요구되는 기능	포장재의 구성 성분	비고	
건조 식품	1. 인스 탄트라면	수증기차단성, 고속포장성, 내유성	cellophane/PE: OPP/EVA OPP(PET)/paper/inome	고급라면
	2. 분말 스프	수증기차단성, 가스차단성, 열접합발성	cellophane/PE/AL/inomer paper/PE/AL/inomer	
	3. 분말 주스	수증기차단성, 가스차단성	OPP/EVOH/PE	
		가스차단성, 수증기차단성, 열접합발성, 고티름강도	PET/PE/AL/inomer: paper/AL/inomer paper/PE/AL/inomer	
	5. 식절	가스차단성, 수증기차단성, 비전대성	OPP/EVOH/anti-static PE PET/EVOH/anti-static PE PP/PVDC/PP: OPP/ext-PVA/anti-static PE	고도의 가스차단성 필요
	6. 쌀과자	수증기차단성, 내유성	K-cellophane/PE OPP/PE/KOP/PEOPP/PP	
	7. 스낵	수증기차단성	K-cellophane/PEKOP/PE	
	8. 포장떡	내충격성, 내핀홀성, 가스차단성, 저온유통성, 내포일성,	ONy/EVA: KNy/EVA PET/EVA: KPET/EVA	진공포장, CO ₂ 충전 포장
	9. 차, 인스턴트커피	수증기차단성, 가스차단성, 열접합발성		고도의 防濕성 고도의 保香성
	10. 조미료	수증기차단성, 가스차단성	Cellophane/PE	고도의 保香성
11. 소맥분	수증기차단성, 열접합발성, 고티름강도	Cell/PE/AL/paper/inomer PET/PE/AL/inome		

하는 농산물은 대부분이 청결하고 깨끗하면서도 신선하여야 하며, 크기가 작고, 연약하기 때문에 일차적으로 날개로 포장하는 개포장이 필요하고, 유통 작업의 편리성을 도모하기 위하여 하나의 대형 롯트로 만드는 겹포장이 일반적이거나 농산물의 수송과 저장에서 외부의 충격에 의한 손상을 예방하기 위하여 개포장과 겹포장사이에 완충재료를 사용한다.

우리나라의 농산물은 지금까지 내수 중심이었기 때문에 수출 경쟁국에 비하여 포장재질이나 포장디자인 등이 낮아도 별로 문제되지 않았으나 수출용 농산물은 해상 운송시 적도를 지날 때 고온 다습으로 생기는 포장재의 습윤장도가 필요하고, 유통 거리상 상품의 보호기간이 국내는 4-5일 소요되

고, 국외는 20-30일이 소요되므로 신선도 유지와 동시에 내습성 포장재료가 필요하다고 한다. 따라서 각종 제품의 포장에 사용되고 있는 포장재는 <표 6>에 나타난 바와 같이 종이포장재와 합성수지 플라스틱 포장재가 대부분이나 종이포장재라도 종이의 단점을 보완하기 위하여 대부분이 합성수지 플라스틱 필름을 도포한 것이 대부분이다.

그러나 재생가능한 종이 포장재라도 합성수지 필름을 도포하면 합성수지 필름과 종이를 분리하기 어려워 난분해성 재료인 합성수지 필름 때문에 소비지에서 소비된 다음 반드시 폐기처리 해야하는 포장재료가 됨으로써 환경 문제를 야기하고 있다. 따라서 선진 각국은 UN의 환경회담이후 선진

국을 중심으로 모든 포장재료를 자국에서 폐기할 때 자연환경에서 쉽게 분해되는 환경 친화성 재료를 요구하고 있다.

그에 따라 분해성의 랩이 개발되고 있으나 전분을 다량혼합하여 제조한 것이므로 사용후 폐기하였을 때 물리적으로 파손되어 시각적으로는 분해된 것으로 보이나 이론적으로는 자연계에서 분해된다고 볼 수는 없으며, 환경 친화성의 종이 포장지를 사용하는 경우라도 종이 위에 합성수지 필름을 코팅하거나 적층하여 가공한 것이 대부분이므로 포장후 소비지에서 폐기할 때 부패하지 않고 쌓이며, 회수하여 재사용할 수도 없다. 따라서 산업사회에서 유통에 필수적인 포장에서 사용되는 모든 포장재는 생산지에서 소비지까지 이동한 다음 소비지에서 값싸게 처리될 수 있어야 한다

환경오염에 민감한 선진 각국은 폐기가 용이한 환경 친화성 재료와 안전성이 높은 포장 재료를 요구하고 있다. 즉 <표 7>에 나타난 바와 같이 선진 각국은 지금까지 편리하게 사용해 온 합성수지 플라스틱으로 식품이나 농산물을 포장하는데 사용하는 것을 금지하는 추세이다. 최근에는 우리나라에서도 서울과 경기지방의 자치단체와 김포대립지 사이에 도시 쓰레기 처리 때문에 갈등이 생기는 상황에 이르렀다.

만약에 이들 포장재나 가구들이 모두 생물재료인 목재나 종이 및 음식 찌꺼기들이라면 회수하여 수입에 의존하는 펄프로 재생하거나 퇴비화하여 자연으로 환원할 수 있으며, 소각하여도 독성 성분이 거의 발생하지 않으므

<표 7> 비분해성 플라스틱 사용규제에 관한 각국의 동향

구분(국가)	규 제 내 용
미 국	1. 총51개주중 31개주가 비분해성 플라스틱 사용규제 또는 실시검토중 2. 콜라, 맥주캔용 carrie에 분해성수지, 붕괴성수지 사용의무화(9개주 실시; 1개주 실시검토중) 3. 음료용 PET병에 deposit제도 도입(11개주 실시) 4. 플라스틱 식품포장에 세금부과 5. 플라스틱 소재별로 회수하는 쿼터제 도입 6. PS, PP, PVC, polybag, plastic can을 사용후 오물로 버리지 못하도록 검토중
이탈리아	1. 1989년부터 비분쇼핑백에는 세금부과/생분해성의 경우는 면세 2. 1989년 7월부터 쇼핑백에 PVC사용금지 3. 1991년이후 쇼핑백과 병에 생분해성 플라스틱 사용의무화 4. 플라스틱제 음료용기 회수를 강제의무화 예정
독 일	1. 1989년 3월부터 PET병에 deposit제 강제 실시 2. 특정지역은 PVC 사용금지
덴마크	1. 포장재료용 PVC사용금지 검토중 2. 일회용 플라스틱 음료용기 사용금지 3. 사용된 음료용기의 재사용 금지
스위스	1. PVC병, steel can, 알루미늄캔의 사용금지 검토중
오스트리아	1. 포장용 재료중 PVC사용금지 검토중 2. PET병, 알루미늄 음료용기 사용금지 검토중

로 좁은 쓰레기장을 활용할 수 있다. 그러나 우리나라는 분해성 쓰레기라도 쓰레기를 포장하는 포장지가 합성수지 플라스틱이기 때문에 분해되지 않아 매립에서 문제가 생기며, 소각 하여야 모두 제거하는 상황에 이르고 있다.

수출에 의하여 성장한 우리나라도 선진국에 진입하려면 환경을 지켜 금수강산을 만들어야 가능하며, 크라프트 포장지로 포장하는 선진국과 같이 환경농업을 주장하는 농림수산업이 먼저 농수산물 유통에 필수적인 포장재까지 환경 친화성 재료를 사용하여야 할 것이다. 특히 선진국 소비자의 법률과 규칙에 따라 우수한 우리 농산물을 수출하기 위하여서는 자연산 소재인 종이류에 의한 포장 기술을 개발해야 할 것이다.

그러나 동아일보(1996.6.8)에 따르면 "포장재의 특성과 환경친화성에 관한 세미나"에서 발표된 전과정 평가기법을 이용한 스티로폼과 골판지(펄프 몰드)의 환경 영향비교에서 許(1996)는 15kg에 달하는 특정 프린터 1000개를 수송하는데 소요되는 포장재료 단위로 폴리스티렌을 발포한 200kg의 EPS와 3000kg의 골판지의 제조원료에서부터 가공 및 사용후 폐기까지 포장재료의 일생에 대하여 분석한 결과 골판지가 폴리스티렌보다 이산화탄소를 7배나 발생하여 환경오염을 많이 일으킨다고 결론을 내렸다. 보건 의학자가 아닌 필자가 Simapro3 소프트웨어가 소각으로 발생하는 여러 가지 화학 성분이 환경중격요소별로 생태계의 생존환경에 얼마만큼의 오염물질이 어느 환경요소에 얼마만큼의 악영향을 미치는 가중치를 부여하는지는 알지

못하나 우선 몇가지 전체에 대하여 언급하면 다음과 같다.

첫째 스티로폼 포장재 제조의 원초적 원료가 되는 석유나 천연가스도 화학적으로는 생물체의 광합성물로부터 생성된 것이나 지각변동에 의하여 생성된 역사적인 과정을 무시하고 현재 지하에서 채굴하여 가공하는 경제적 공정만을 비교하고 있으며,

둘째 석유와 천연가스는 모두 자연계에서 석탄과 마찬가지로 생분해가 거의 되지 않는다는 점을 무시하고 우리나라의 조건에서 제조공정에 투입된 원자재와 부자재 및 에너지원에 의하여 비교하였으며,

셋째는 목재로부터 골판지용 반화학 펄프를 제조하는 펄프공장이 우리나라에는 없다는 점이다. 따라서 우리나라 골판지는 수출용이나 내수용이나 모두 펄프나 고지를 선진국에서 수입하여 사용하고 있으며, 내수용의 경우 품질이 떨어져 수출용으로 제조할 수 없는 펄프나 국내고지를 회수하여 사용한다. 물론 외국 자료를 인용하였으나 선진국의 경우도 포장폐지의 매립이나 소각처리에 대한 분리된 소각자료는 드물다

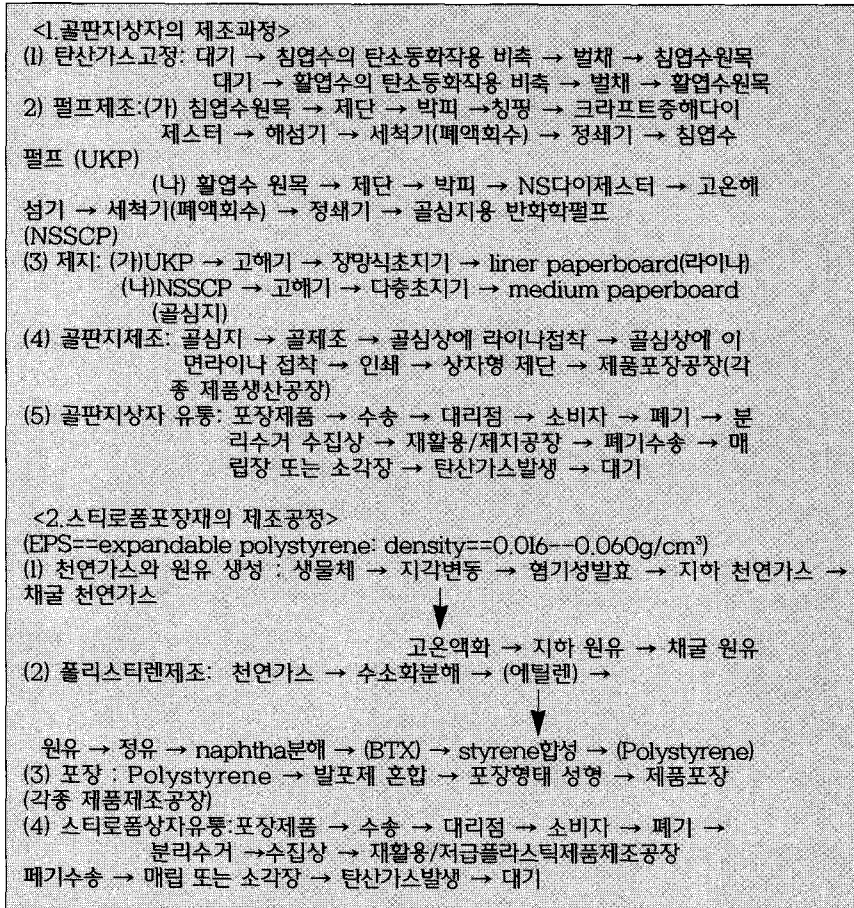
따라서 우리나라에서 골판지를 제조하기 위해서는 외국의 폐골판지 상자(OCC)를 수입하여 국내에서 골판지 상자를 제조하기 때문에 목재펄프로부터 골판지 상자를 제조하여 소비자인 공산품 제조공장이나 농민에게 전달되기까지의 공정이 선진국과는 다르다는 점이다.

어느 국가든지 골판지 상자를 제조하려면 폐휴지를 펄프화하여 골판지 원지인 골심지와 라이너를 초지한 다

음 이를 구입하여 포장 내용물의 크기와 무게를 확인한 후 수송·저장을 위하여 적층시 하중에 견디도록 강도를 설계한 후에 개봉과 봉합이 편리하도록 설계하여 골심지 높이와 층을 계산하여 골을 만든 다음 라이너를 접착하여 골판지를 제조하고, 이를 인쇄하여 설계된 크기와 모양이 나오도록 제단하며, 소비자인 각종 제품공장이나 농민에게 공급하는 매우 복잡한 과정을 거친다.

또한 UN에서 탄소세로 부과하려는 것은 어느 나라가 경제성장을 위하여 1990년도 기준 이상으로 석유나 천연가스 또는 석탄을 채굴하여 사용해도 그 나라에서 산림이나 농업에서 방출된 탄산가스를 모두 고정한다면 타국에 온실효과를 야기하지 않으므로 탄소세를 부과할 수 없다. 즉 리오 환경정상회담에 임업분야의 대표로 참석한 崔(1994)에 따르면 우리나라는 1990년도 탄산가스 배출량이 7,800만 톤에 달하나 산림이 이를 흡수 고정할 연간 순광합성량이 1,200만톤에 달하므로 탄소소비량과 고정량의 차는 78백만ton - 12백만ton = 66백만ton으로 경제발전을 위하여 수입하는 석유와 천연가스를 더 사용하려면 그만큼 우리나라내에 탄산가스 고정시설을 건설하거나 농림업을 육성해야 한다는 것이다. 특히 탄산가스 고정기술에 관한 연구는 G7 project로 일본과 같은 선진국에서는 화력 발전소를 대상으로 많은 연구가 실시되어 이미 산화철 촉매상에 배기가스인 탄산가스에 수소를 추가한 혼합 가스를 통과시켜 메탄올을 합성하는 파일롯트 실험을 마친 상태이다. 따라서 산림청에서는 1960-

<그림 5> 골판지상자와 스티로폼포장재의 제조과정



70년대에 대대적인 국민 식수로 조림의 한계에 이르러 국내기업의 해외 산림 자원육성을 위한 투자를 권장하고 있다.

일본과 같은 선진국에서는 경제적이고 간편하며, 깨끗하여 많은 분야에서 스티로폼을 사용하였으나 현재는 G7 국가로서 수입제품이나 국내포장에서 스티로폼의 사용을 규제하려고 한다. 더욱이 모든 포장재는 단시간에 분해되지 않기 때문에 회수하여 재활용하거나 매립 또는 소각처리하여야 하는데 소위 EPS라고 하는 스티로폼은 자연계에서 분해되지 않으므로 철저히 회수하여 재활용하거나 소각하여야 한다. 즉 즉각 회수하지 않고 잠시

도 방치할 경우에는 부곡의 예처럼 몇 년 못가서 우리나라 농촌이나 국토가 정화할 수 없는 과잉의 스티로폼 사용으로 환경오염 더미가 되어 그의 피해는 국민이 당할 수밖에 없을 것이다. 그러나 골판지 상자는 소각하든 매립하든 큰 부담이 없으며, 수질오염의 경우도 정화가 가능하다.

산업사회에서 제품이나 상품의 유통과 저장에 필수적인 포장상자에 사용되는 골판지 상자와 스티로폼 상자의 전 제조공정은 다음과 같다.

더욱이 선진국들은 50여년 후의 석유고갈과 100—200년후의 석탄고갈을 대비하여 농업에서 생산되는 Biomass를 자원으로 하거나 도시쓰

레기를 원료로 하는 석유성분을 합성하는 방법을 이미 연구하였다. 즉 이들 방법은 이미 2차대전 이전에 독일이 개발한 방법으로서 석탄을 가스화(Gasification)하여 천연가스의 주성분인 메탄을 합성하는 방법, 운반과 취급에 안전한 메탄을 연료합성, 가솔린을 합성하는 Fischer-Tropsch법 등을 이용하는 방법으로서 Soltes(1981) 등은 목질 폐기물인 biomass의 열분해 메카니즘을 밝혀 목탄을 생산하려면 200—450℃로 서서히 가열하지만 연료용 가스를 생산하려면 600℃ 이상의 고온에서 신속히 열분해시켜야 하며, 원유와 같은 타르오일을 제조하려면 가압하에서 450—600℃로 신속 가열하여야 한다고 하였으며, 특히 Davis(1981) 등은 목재 액화에서 환원성의 일산화탄소나 수소가스를 사용하면 오일의 점성이 개선되고 산소함량이 낮은 타르오일이 55—64%까지 얻어진다고 하였다.

나아가 Ader(1981) 등은 농산폐기물과 목질폐기물의 가스화를 통하여 생성된 합성가스를 이용하여 메탄, 메탄올, 또는 가솔린을 합성하였을 때 야기되는 공정상의 기술적 문제점과 경제성을 분석한 결과 기술적으로 해결 가능하지만 원유 값이 싸서 실용화가 어렵다는 것이다.

또한 Schnabel(1981)은 내열성고분자인 phenylene polymer의 경우도 450—600℃사이에서 대부분이 파괴되고, Polyethylene(PE), Polyvinyl Chloride(PVC), Polystyrene(PS), 폐 Tire 등을 740℃에서 열분해한 결과 PS만이 71%까지 단위체인 Styrene으로 회수되므로 분

리수거하여 처리할 것을 제시하였다.

8 인간의 생존환경과 생존 임학

특히 생물체중에서 가장 키가 큰 녹색식물로서 태양광에너지를 입체적으로 흡수하여 광합성을 하면서 인류의 문명발달에서 중요한 공업재료이었던 목재를 생산하는 산림자원은 환경보존에서도 가장 중요한 역할을 한다. 즉 산림에서 생산되는 목재의 용도 중 연료는 석탄이나 석유로 전환되고 토목 건축재로 이용되던 분야는 철근 콘크리트로 대체되면서 목재의 중요성이 도외시되고 있으나 1992년 6월 브라질의 리오데자이로에서 유엔 환경 및 개발 위원회가 개최한 환경정상회담에서 논의된 바와 같이 화석연료로부터 야기되는 공해 물질이 생존환경, 특히 산림생태계를 더욱 황폐화시키므로 옛날의 쾌적한 환경으로 회복하기 위하여 임목으로 구성된 숲의 공익적 기능을 최대한 이용하여야 한다는 결론에 이르자, 유엔 환경개발 위원회는 1992년 6월 브라질의 리오데자이로에서 세계정상회담을 개최하여 대기의 온난화방지, 종의 다양성보존, 오존층보존을 위하여 국제간에 협력하기로 합의하였다. 지금까지 도외시되어 온 산림의 숲이 인간에게 주는 공익적 기능은 다음과 같다.

가. 탄산가스 흡수와 산소 공급으로 공기정화

인간은 500mL 정도의 허파로 1분에 평균 16회 호흡하고 흡기의 조성은 78%질소 + 20.9%산소 + 0.03% 탄산가스이나 호기의 경우 78% 질소 + 16% 산소 + 4.03% 탄산가스라고 한다(22). 따라서 순수산소 소비량은 0.5

$L \times 16 \text{ cycles/min} \times 60 \text{ min/hr} \times 24 \text{ hr/day} \times 365 \text{ days/yr} \times 4\% \text{ Oxygen} \times (32 \text{ g/mol}) / (22.4 \text{ L/mol}) = 240,274 \text{ g} = 0.24 \text{ ton}$ 으로서 연간 성인 1인당 0.3톤의 순수산소를 소비하며, 생태계의 소비자인 가축과 야생동물과 분해자인 미생물에게도 산소가 필요하다. 더욱이 연료로 사용하는 석탄과 석유는 연소에 산고를 다량 소비한다.

나. 크린에너지(Clean Energy) 공급으로 대기오염 감소

과학기술이 발달하고 국민소득이 증가하면서 생존 뿐만 아니라 농공업용 및 교통통신용 에너지가 급격히 증가하는데 이를 석탄과 석유 및 원자력으로 공급하였으나 이들이 발생하는 탄산가스와 공해물질 때문에 대기중의 탄산가스 농도가 증가하면서 산소농도가 저하되고 분진과 해로운 물질을 공기중에 분산시키거나 산림자원에서 생산된 임산연료는 생태계의 먹이사슬 범위 내에서 생산된 것이기 때문에 환경오염이 없는 크린에너지원으로 이용된다.

다. 부식질(腐植質:Humus)공급으로 농경지 지력 보강

논에 벼농사를 연속적으로 지으면 토양 중에 3.0% 정도의 적정 유기물함량이 유지되어야 하는데 이러한 토양에서 정상적인 쌀수확을 하려면 토양 중의 유기물이 매년 750kg/ha 이 소모된다고 한다. 더욱이 벼와 보리를 반복하여 연간 2모작을 하는 논에는 113 kg의 토양유기물이 소모되므로 이를 보충하기 위하여서 무게로 매년 퇴비로 10배 또는 벧짚으로는 5배량을 투입해야 한다. 또한 1920년에는 토양 중 부식질함량이 4.4%이

었으나 1982년에는 2.4%가 되어 정상값인 3.0%에 달하게 하려면 엄청난 양의 벧짚과 목재가 필요하다.

토양 중의 유기물인 부식질(humus)은 식물체의 골격을 이루는 폐놀성 리그닌이 모체가 된 미생물 덩어리이므로 리그닌함량이 높은 목재폐기물엔 톱밥이 유리하며, 환경친화성 농법으로 지속적인 유기농법을 하려면 매년 생산되는 짚과 농산폐기물을 모두 농지에 투입하여도 부족하다. 즉 리그닌함량 11%인 벧짚의 경우 벧짚을 구성하는 셀룰로오스를 영양원으로 성장한 미생물에 의하여 20%정도 된다면 $(750 \text{ kg/ha/yr}) / (20\% / 100) = 3,750 \text{ kg}$ 의 벧짚을 15마지기 논에 투입해야 하나 리그닌 함량 20% 정도의 활엽수 톱밥은 그의 반이면 충분하며, 25%의 리그닌을 가진 소나무 톱밥은 활엽수 톱밥보다 적게 소요될 것이다.

라. 빗물정화 저장으로 식수공급과 홍수 방지

사람이 건강한 육체를 유지하려면 평균 1인당 하루에 3l의 흡수할 물이 필요하여 식품과 음료를 흡수하여야 한다. 또한 위생적인 가정생활을 위해 매일 1인당 약 300L 정도가 필요하고 쌀 1톤 생산에는 3,000—5,000톤의 농업용수가 필요하며 공장을 돌리기 위해서는 많은 농업용수가 필요하고 강이나 호수에 물고기가 살 수 있도록 하려면 하천유지수가 항상 공급되어야 한다.

이러한 용수는 담수로서 대부분이 강우나 강설로 공급되는데 산림자원은 강한 비바람을 차단하여 분산시키고 자신이 자기무게의 80—180%까지 흡

수하여 생존에 이용할 뿐만 아니라 수피와 잎을 따라 흘러내리게 하여 일시에 흘러나가는 것을 막고 지하수로 만드는 저수기능을 가지고 있다.

마. 직사광선 차단으로 밝기 조절

인간이 가장 만족해 하는 광 에너지에 의한 조도(照度)는 2,000룩스 정도이고 정밀 작업장에 1000룩스 정도가 필요하며 일반작업장에 500룩스 정도, 일반독서에 200룩스 정도라고 하나 태양광선은 쾌청한 주광 광조도가 100,000룩스에 달하고 구름이 낀 어두운 날씨의 산란광조도도 2,000룩스 정도에 달하여 인간에게 너무 강하다.

그러나 인간에게 식량을 공급하는 농작물이나 임목 등의 식물광합성에 필요한 조도는 10,000룩스 이상으로 90,000룩스까지 필요하며, 종자의 발아에 필요한 광도는 전문 원예기술자의 경우 2,000-6,000 foot-candle을 사용하나 아마추어 원예기술자는 250-350 foot-candle이 편리하며 실험용 Growth Room에서는 0-10,000 foot-candle의 광원을 설치하여 발아 및 성장속도를 조절하고 있다.

따라서 산림은 강한 직사광선을 차단하여 산란광으로 만들어 인간에게 일어날 수 있는 피부의 화학반응을 막아 피부암이나 화상 발생을 방지해준다.

바. 기온 조절

인간은 체온이 섭씨 37도이고 피부 온도가 섭씨 32.5도이므로 의복이나 주택 난방으로 피부온도가 32도 이상이 되도록 유지해야 하며, 기온이 26도이하이면 의복으로 보온 해야한다. 따라서 우리나라와 같은 기온을 기온이 낮은 겨울이 길므로 체온유지를 위해 소비하는 연료가 다량 필요하다.

그러나 적도부근에서는 태양의 직사광선이 매우 강렬하여 기온이 높으나 숲이 직사광선을 차단하여 그늘을 만들고 열을 흡수하여 인간의 활동을 편리하게 만든다.

사. 태풍 방지와 통풍 조절

인간은 공기중의 산소농도가 21%인 정상공기의 경우 거실이나 공장에서 매 시간당 환기해야 하는 신선한 공기가 1인당 50-70 입방미터 정도이고 전염병 환자의 병실은 150입방미터까지 환기해야 혈액속으로의 산소공급에 지장이 없다고 한다.

이러한 환기는 숲이 하층에 저온 공기를 만들어주므로 국지적으로 광선을 직접 받은 하층의 고온 공기와 횡적 순환을 일으켜 미풍을 일으킨다. 특히 지구자전과 온도차로 생긴 기압차는 바람을 일으키는데 바람은 특히 정지하고 있는 생물체가 발생하는 각종 가스의 확산분산과 새로운 공기의 공급을 위해 절대 필요한 요소이다.

이에 대해 숲은 산소를 공급하면서 방풍역할을 해주므로 공기가 정지하여도 환경오염을 일으키지 않는다.

따라서 산림자원은 농경지에 필요한 수자원과 퇴비성분을 제공하므로써 작물의 성장을 조장하는 역할을 할 뿐만 아니라 환경 친화성 공업재료인 목재와 셀로오스 고분자를 공급하며, 특히 특용 수종은 각종 의약성분을 제공하는 생태계의 보고이다. 따라서 산림자원은 인간의 생존에 필요한 환경과 자원을 항상 재생산하는 복합적인 환경정화 공장단지이므로 그의 육성과 보호 및 이용에 우리 모두 노력해야 할 것이다. 그래야 후손들이 한반도를 보금자리로 생각하고, 고향의 생각으로

민족과 국가가 연속될 것이며, 산자 수려한 우리나라는 살기 좋은 금수강산이 되어 오히려 세계적인 관광지가 됨으로서 환경보존으로 소득을 얻게 될 것이다. 이때도 강산의 정화능력을 고려하여 입산하는 관광객과 등산객을 제한하여야 수려한 환경이 지속될 것이다.

대기중의 탄산가스를 흡수하여 탄수화물을 광합성하는 녹색식물의 잎에 대기오염으로 기공을 차단되면 광합성을 하지 못하므로 과도한 대기오염으로 식물이 약화되고, 만성적으로 병들어 죽으면 전 생태계의 먹이사슬이 파괴된다는 것이다. 환연하면 식물이 죽을 정도면 동물은 그 이전에 도망가겠지만 먹이사슬에 따라 먹이를 구할 수 없어 사멸하게 된다. 정확히는 알 수 없지만 무성한 산림자원을 인간의 생존에 필요한 이상의 과도 목재이용이나 전쟁과 같은 인위적 산림파괴로 만들어진 사하라사막 주변국이나 고비사막 주변국의 옛 역사를 보면 알 수 있을 것이다.

최근에는 1,2차대전과 한국전쟁이후 냉전시대가 지나더니 경제성장을 위한 과도한 석유와 석탄사용으로 생태계의 탄소싸이클에 필요한 농도이상으로 탄산가스를 배출함과 동시에 산성물질, 및 각종 DBL 에어졸을 방출함으로써 대기오염에 의한 생태계의 파괴가 매우 심각하다. 즉 서유럽의 산성비에 의한 독일 흑림의 파괴, 아마존강 개발에 대한 지구촌 생태학자와 환경보호론자의 개발 반대운동, 소련 체르노빌 원자력발전소의 용해 등 많은 대기오염 사건이 발생하며, 만성적인 대기오염 증후군이 새로이 생기고 있다.