

## 환경을 고려한 선진국의 지·판지 포장재 적용 추세

김재능

홍익대학교 과학기술연구소 화학공학부

### Application of Paper and Paperboard Packaging for the Environmental Issues in U.S.A and E.U

Jae-Neung Kim

Dept. of Chemical Engineering, Science-Technology  
Institute, Hongik Univ.

#### Abstract

The portion of the recycled paper and paper board packaging material has been the highest in recycled municipal solid waste since 1960 but still the portion of the discarded paper and paper board packaging material is the highest (32.3%) in whole discarded municipal solid waste in USA.

In order to reduce more the discarded paper and paper board, the common municipal solid waste treatments were compared and recycling treatment was still recommended for the the discarded paper and paper board rather than ofther waste treatments, landfill, incineration, and source reduction. In this paper, the obstacled of recycling treatment of the paper and paper board in municipal solid waste and new application of recycled paper and paper board packaging material are discussed.

#### I. 서론 : 미국의 종이포장재 폐기물 통계

미국에서 도시쓰레기 중에서 종이 및 판지가 차지하는 비중이 1960년 이래 가장 많은 것으로 나타났다. 1992년 미국 환경보전협회(EPA)의 통계에 따르면 1990년에 총 1억9천5백6십만톤의 도시 쓰레기 중 종이 및 판지가 7천3백3십만 톤으로 전체 도시 쓰레기중 37.5%를 차지하고 있다(< 표1 > 참조)

전체 도시쓰레기 중 종이 및 판지는 2천9십만 톤이 회수 재사용되었고 이는 전체 생성된 전체 종이 및 판지 포장재의 20.9%의 달하는 수치로 도시쓰레기 중 회수율이 가장 높은 편이다 (< 표2 > 참조).

그러나 실제로 버려지고 있는 도시쓰레기 중에서 종이 및 판지가 차지하는

비율로는 5천2백4십만 톤으로 아직도 전체 도시쓰레기의 32.3%를 차지하여 가장 많은 부분을 차지하고 있다(〈표3〉참조).

1999년도 종이 및 판지쓰레기를 품목별로 살펴보면 〈표4〉와 〈그림1〉과 같다. 전체 도시 쓰레기로 발생하는 종이 쓰레기 7천3백3십만 톤 중 용기 및 포장재가 3천2백6십만 톤(전체45%)을 차지하고 있고 4천7십만 톤(전체 55%)이 포장재 외 신문지, 책 및 기타 용도로 사용되었다.

〈표1〉에서도 살펴보았지만 종이 및

판지의 회수율이 가장 높게 나타났고, 표 4에 나타난 바와 같이 종이 및 판지 중에서 골판지 상자의 회수율이 48%로 가장 높게 나타났으며 신문지가 42.5%, 사무실종이가 26.5%로 그 다음을 차지하고 있다.

〈표5〉에서는 지난 30년간의 증가추세를 바탕으로 EPA의 2000년까지의 전체 도시 쓰레기의 발생량을 예측한 것에 의하면 Source Reduction 및 Recycling에도 불구하고 종이 및 판지가 8천5백만 톤으로 전체의 약 38.1%로 가장 많은 부분을 차지할 것으로 예측하고 있다.

표 1. 1960부터 1990년까지 배출된 도시쓰레기 (EPA, USA, 1992)

재 질	백 만 톤 (%)			
	1960	1970	1980	1990
종이 및 판지	29.9(34.1%)	44.2(36.8%)	54.7(36.1%)	73.3(37.5%)
유 리	6.7(7.6%)	12.7(10.4%)	15.9(9.9%)	13.2(6.7%)
금 속	10.5(12.0%)	14.1(11.6%)	14.5(9.6%)	16.2(8.3%)
플라스틱	0.4(0.5%)	3.1(2.5%)	7.8(5.2%)	16.2(8.3%)
나 무	3.0(3.4%)	4.0(3.3%)	6.7(4.4%)	12.3(6.3%)
고무 및 가죽	2.0(22.3%)	3.2(2.6%)	4.3(2.8%)	4.6(4.3%)
섬 유	1.7(1.9%)	2.0(1.6%)	2.6(1.7%)	4.6(2.9%)
음 식	12.2(13.9%)	12.8(21.2%)	13.2(8.7%)	13.2(6.7%)
기 타	21.4(24.4%)	26.6(21.2%)	32.6(21.6%)	411.1(21.0%)
총 계	87.8(100%)	121.9(100%)	151.4(100%)	195.7(100%)

표 2. 1960년부터 1990년까지 회수 사용된 쓰레기 (EPA, USA, 1992)

재 질	백 만 톤 (%)			
	1960	1970	1980	1990
종이 및 판지	5.4(18.1%)	7.4(16.7%)	11.9(21.8%)	20.9(28.6%)
유 리	0.1(1.5%)	0.2(1.6%)	0.8(5.3%)	2.6(19.9%)
금 속	0.1(12.0%)	0.4(2.8%)	1.2(8.3%)	3.7(23.0%)
플라스틱	Neg.	Neg.	Neg.	0.4(2.2%)
나 무	Neg.	Neg.	Neg.	0.4(3.2%)
고무 및 가죽	0.3(15.3%)	0.3(9.4%)	0.1(2.3%)	0.2(4.4%)
섬 유	Neg.	Neg.	Neg.	0.2(4.3%)
음 식	Neg.	Neg.	Neg.	Neg.
기 타	Neg.	Neg.	Neg.	5.0(12.1%)
총 계	5.8(6.7%)	8.6(7.1%)	14.5(9.6%)	33.4(17.1%)

표 3. 1960년부터 1990년까지 버려진 도시쓰레기 (EPA, USA, 1992)

재 질	백 만 톤 (%)			
	1960	1970	1980	1990
종이 및 판지	24.5(29.9%)	36.8(32.5%)	42.8(31.3%)	52.4(32.2%)
유 리	6.6(8.1%)	0.2(11.0%)	14.2(10.4%)	10.6(6.5%)
금 속	10.4(12.7%)	13.7(12.1%)	13.3(9.7%)	12.5(7.7%)
플라스틱	0.4(0.5%)	3.1(2.5%)	7.8(5.2%)	15.9(9.8%)
나 무	3.0(3.4%)	4.0(3.3%)	6.7(4.4%)	11.9(7.3%)
고무 및 가죽	1.7(2.2%)	2.9(2.6%)	4.3(2.8%)	4.6(4.3%)
섬 유	1.7(1.9%)	2.0(1.6%)	2.6(1.7%)	4.4(3.3%)
음 식	12.2(13.9%)	12.8(10.5%)	13.2(8.7%)	13.2(6.7%)
기 타	21.4(24.2%)	26.6(21.2%)	32.6(21.6%)	36.1(22.2%)
총 계	81.9(100%)	113.3(100%)	136.9(100%)	162.3(100%)

표 4. 도시쓰레기 중 종이 및 판지의 부분별 생산 (Franklin Associate, Ltd)

분 류	쓰레기 발생량 (백만톤)	회 수		총 버려지는 양 (백만톤)
		총량	퍼센트	
용기 및 포장재	32.6	12.0	36.9%	20.6
골판지상사	23.9	11.5	48.0%	12.5
우유 카톤	0.5	Neg	Neg	0.5
일반 카톤	4.3	0.3	7.9%	4.0
기타 판지	0.3	Neg	Neg	0.5
종이팩	2.4	0.2	8.2%	2.2
포장용 종이	0.1	Neg	Neg	0.1
기타 종이포장재	1.0	Neg	Neg	1.0
기 타	40.7	8.9	21.9%	31.8
신문지	12.9	5.5	42.5%	7.4
책	1.0	0.1	10.3%	0.9
잡지	2.8	0.3	10.7%	2.5
사무용 종이	6.4	1.7	26.5%	4.7
전화번호책	0.5	0.1	9.3%	0.5
우편	3.8	0.2	5.2%	3.6
기타 상업용 인쇄물	5.5	1.1	19.4%	4.5
티슈, 종이타월	3.2	Neg.	Neg.	3.2
종이접시 및 종이컵	0.7	Neg.	Neg.	0.7
기타 비포장용 종이	3.8	Neg.	Neg.	3.8
총계	73.3	20.9	28.6%	52.4

표 5. 유럽, 미국, 일본 및, 세계의 포장재 소비 예측치 (Paine, 1995)

재 질	소비량(Kt)			
	유럽 (인구 : 3억5천)	미국 (인구 : 1억2천)	일본 (인구 : 1억2천)	세계 (인구 : 50억)
나 무	4,000	5,000	1,600	20,000
종이 및 판지	14,200	24,500	10,000	64,000
금 속	3,800	4,800	1,800	15,000
유 리	12,500	14,000	2,200	25,000
플라스틱	5,200	5,000	2,400	16,000
총 계	40,000	54,000	18,000	1,500,000

표 6. 1990년 부터 2000년까지 버려질 도시쓰레기 (EPA, USA, 1992)

재 질	백만톤(%)		
	1990	1995	2000
종이 및 판지	73.3(37.5%)	79.2(38.1%)	84.7(38.1%)
유 리	13.2(6.7%)	13.6(6.5%)	13.5(6.1%)
금 속	16.2(8.3%)	16.5(7.9%)	17.1(7.7%)
플라스틱	16.2(8.3%)	20.0(9.6%)	24.8(11.2%)
나 무	12.3(6.3%)	4.0(3.3%)	16.0(7.2%)
고무 및 가죽	4.6(2.4%)	5.9(2.8%)	6.5(2.9%)
섬 유	5.6(2.9%)	5.9(2.9%)	6.7(3.0%)
음 식	13.2(6.7%)	13.2(6.3%)	13.2(5.9%)
기 타	51.1(26.1%)	40.1(19.3%)	39.7(18.0%)
총 계	195.7(100%)	207.9(100%)	222.1(100%)

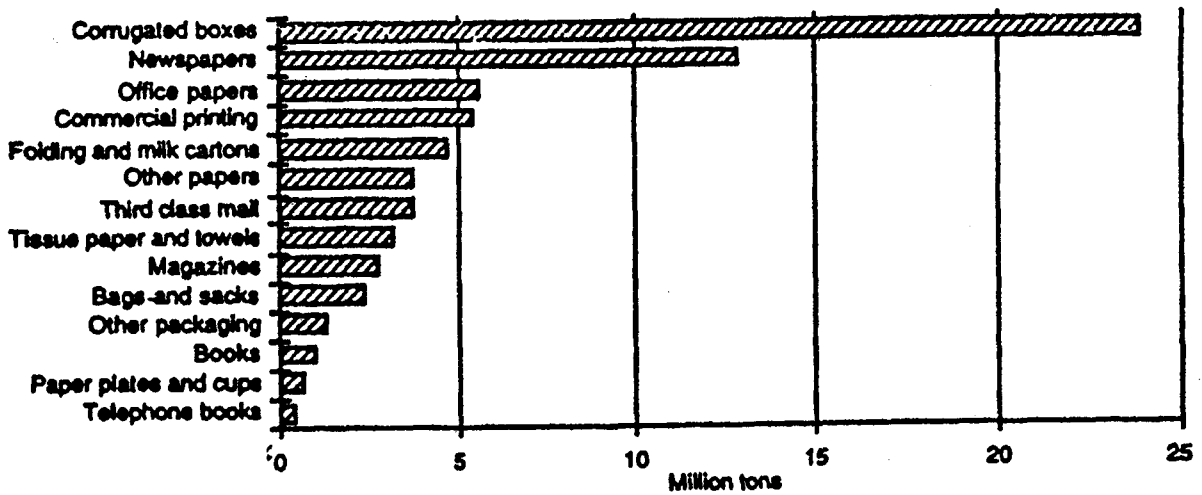


그림 1. 1990년 도시쓰레기로 발생된 종이 및 판지의 분류별 발생량

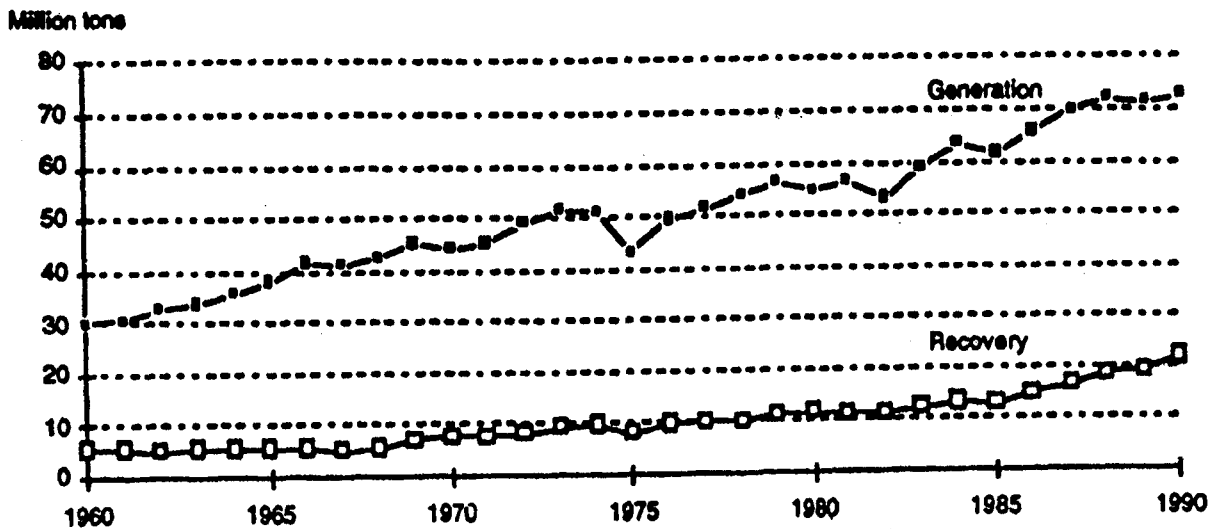


그림 2. 1960년 부터 1990년까지의 종이 및 판지의 회수율

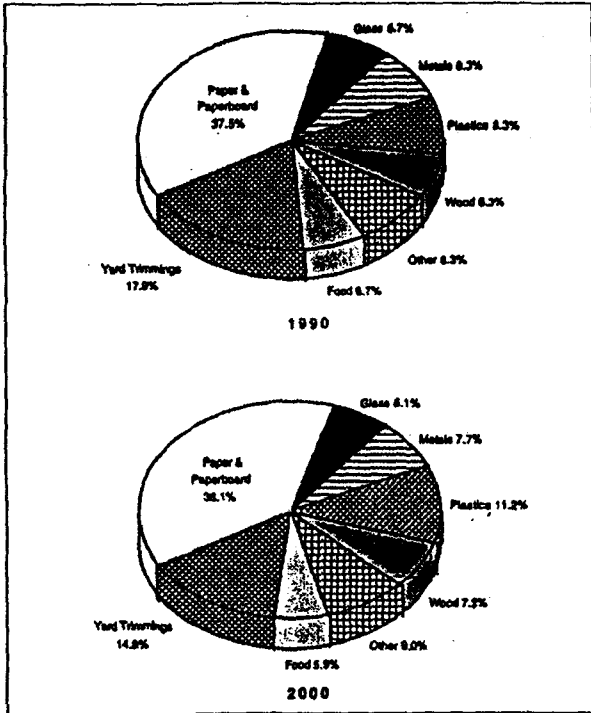


그림 3. 1990년과 2000년의 도시쓰레기의 발생비교표

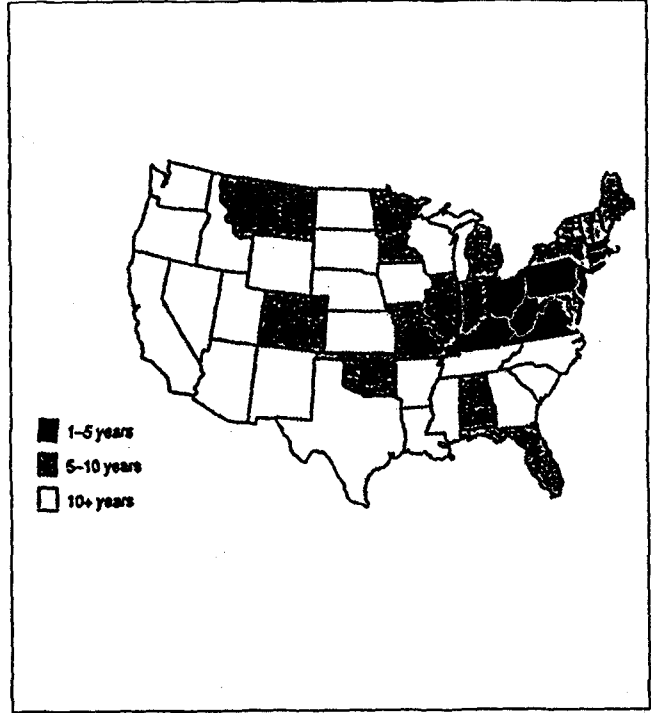


그림 4. 미국의 매립지 표화정도

## II. 폐기되는 종이 쓰레기의 처리방안

### 1. 매립(Landfill)

매립이 현재까지 가장 편리하고 손쉬운 쓰레 처리 방법 중에 하나임에 틀림없다. 현재 약 80%의 도시쓰레기가 매립지로 가고 있다. 그러나 쓰레기 매립비용이 1986년 톤당 13.43달러 하던 것이 1년 사이에 20.36달러로 크게 뛰어 매립에 들어가는 비용이 커다란 폭으로 증가하고 있고, 문제는 <그림 4>에 나타난 바와 같이 5년 내에 많은 매립지가 그 수용량을 초과할 예정이다. 새로운 매립지의 생성은 NIMBY(Not In My Backyard) Syndrome으로 아무도 자기 주변에 매립지를 만들기를 원치 않고 있고, 또한 부동산 가격의 상승으로 그 매립비용은 더욱 상승할 전망이다. 또한 매립지 근처의 파리, 모기, 벌레 등이 많이 기식하고 있고, 수질도 크게 오염시키고 있다. 또한

환경오염이 심해 독성의 가스를 배출할 뿐 아니라 심한 악취로 인해 대기를 크게 오염시키고 있다.

종이쓰레기의 경우 매립지에서 메탄가스를 배출할 뿐이다. 일반적으로 종이는 생분해성 물질이라 환경 친화적이라 생각한다. 그러나 조사결과 따르면 30년 동안 매립된 신문지는 거의 분해되지 않고 있다고 밝히고 있다.

### 2. 재사용, 자원 줄이기

#### (Reuse, Source Reduction)

이 방법은 포장재 자체를 부피기준 무게기준으로 줄이는 것으로 포장재의 두께나 무게를 줄이는 것이다. 일례로 알루미늄캔은 지난 17년 동안 26%가 가벼워졌고 PET 2리터용 음료 용기도 지난 14년 동안 21%가 가벼웠다. 16온스 유리병의 경우도 지난 10년 동안 30% 가벼워

졌다. 또한 유리나 금속이 부피가 적은 플라스틱으로 대체되었다. 그러나 종이의 경우 3중 골판지가 재사용용으로 사용되기는 하나 양이 아직은 적은 편이고 종이 자체가 재사용하기에는 자체 내구성이 적어 재사용은 큰 효과를 보지 못하고 있고 자원 줄이기에다 아직까지는 별로 큰 효과를 보지 못하고 있다.

### 3. 소각(Incineration)

1960대에는 미국의 경우 도시쓰레기의 30%가 소각장에서 소각되었으나 대기오염 문제로 1990년에는 약 14% 정도로 크게 줄었다. 그러나 EPA는 대기오염을 방지하는 기술개발을 통해 2000년까지 25% 정도로 다시 증가시키려고 노력하고 있다. 현재 미국 15%, 일본 66%, 스웨덴 50%, 프랑스 35%, 스위스 74%로 도시쓰레기를 소각하고 있다. 나라별로 볼 때 인구 밀도가 높은 나라일수록 소각률이 높음을 볼수 있다.

<그림 5>에 도시 쓰레기의 소각시 분류별 에너지 발생량을 부여주고 있는데,

종이는 PE나 PP에 비해 발생하는 열량은 1/4밖에 되지 않으나 대기오염을 방지하는 데 드는 비용이 훨씬 적어 에너지원의 재사용이 용이한 품목 중의 하나이다.

### 4. 리사이클링

도시쓰레기 중에서 종이의 경우 환경문제를 해결하기 가장 좋은 방법 중의 하나가 리사이클링이라 판단되는데 이는 리사이클링에 들어가는 돈이 앞에서 살펴본 다른 방법에 비해 훨씬 적기 때문이다. 미국 뉴저지주의 경우 리사이클링하는 데 드는 돈이 톤당 50달러인데 반해 매립은 100달러, 소각하는 데는 90-110달러 정도 들기 때문이다. 또한 자원을 재활용함으로써 생산에 드는 기본에너지를 크게 줄임으로 인해 총 에너지를 절감할 수 있기 때문이다.

### III. 회수 재가공된 종이 및 판지의 사용처

1990년대 미국 전체에서 회수된 종이는 총 2천90만 톤으로 이 중 92%인 1천9백만 톤은 다시 종이나 판지로 재생산되

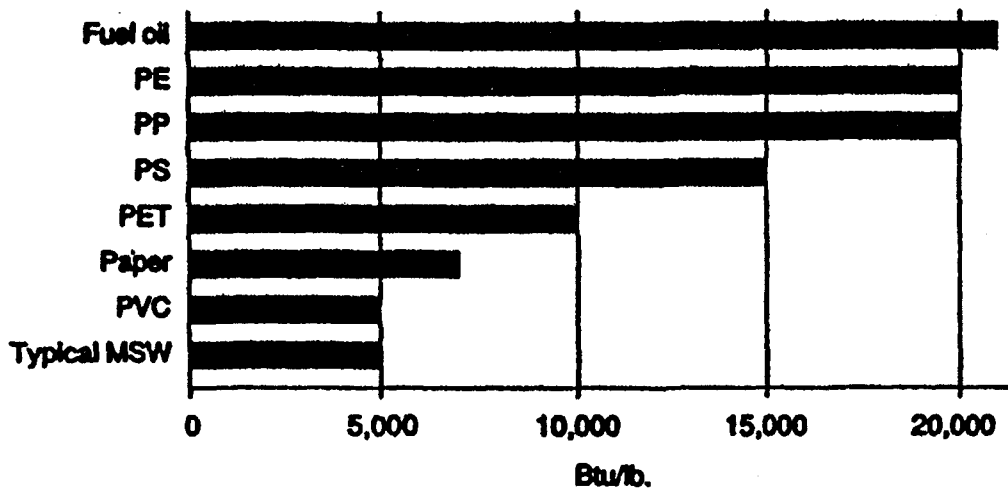


그림 5. 도시쓰레기의 분류별 열발생량

표 7. 1990년 및 2000년대의 회수가공된 종이 및 판지의 사용량 비교(Powell, 1990)

	1990년	2000년
펄프몰드	500,000톤	9000,000
단 열 재	300,000	600,000
충진 물	260,000	No information
가축 깔개	125,000	300,000
내포장재	100,000	No information
깔 개	100,000	200,000
벽 보 드	90,000	No information
중간보드	80,000	No information

고, 약 8% 정도인 155만 톤 정도는 종이의 다른 목적으로 사용되었다. 이 중 50만 톤은 펄프몰드나 과일이나 달걀포장용 몰드로 사용되었고 나머지는 단열재나 기타 다른 목적으로 사용되었다(〈표 7〉참조)

### 1. 종이 완충재(Loose Fiber)

#### 1) 펄프몰드

펄프몰드는 1990년 약 50만 톤정도 생산되고 있으며 종이 가공시 나오는 트립은 대부분 식품용 몰드로 재생산되고, 회수된 골판지상자는 주로 전자모터나

사무용품의 내부포장 몰드로 주로 사용되고 있다. 회수된 종이의 몰드로 생산되는 울은 매년 20%의 성장률을 보이고 있다.(〈표 8〉참조).

#### 2) 단열재

1970년대 셀룰로오스 단열재를 생산하는 업체가 약 300개 정도 있었으나, 1990년에는 약 80개업체가 있는데 이들은 약 회수된 신문지로 전체 30만 톤의 천정 단열재를 생산하고 있다. 2000년에는 약 60만톤 정도 생산할 전망이다.

(Powell, 1990)

#### 3) 페인트나 회반죽의 충전제

현재 미국의 지붕재료 생산업체의 25%가 매년 26만 톤의 지붕재료로 회수된 골판지나 일반회수 종이를 사용하여 생산하고 있다.

#### 4) 가축깔개(Animal Bedding)

현재 가축의 깔개로 사용되는 짚은 톤당 120달러이나, 회수된 종이로 만든 깔개는 톤당 60-100달러 정도로 짚보다 싸다. 현재 미국에서는 약 100개 업체가 매년 10만 톤의 소, 닭, 및 돼지용 깔개를

표 8. 펄프몰드의 사용구분(Weyerhaeuser Co. (1991))

식품포장 분야	달걀포장 몰드 과일포장 트레이 육류포장 트레이
식품서비스 분야	음료 트레이
소비자 분야	종이접시 종이판
기타 분야	농산물 상자 원예물 상자



표 9. 회수된 종이를 사용한 복합재료

유기바인더(Organic Bindwes)	저밀도 : 달열재보드, 필터 중밀도 : 카펫밀 깔개, 지붕밀 깔개, 마루밀 깔개 고밀도 : 플라스틱나무, 가구, 트레이,
무기바인더( Inorganic Binders)	시멘트보드 석고보드

생산하고 있다. 한 마리의 젓소가 매년 약 0.5톤의 깔개를 사용하고 있는데 현재 약 10만 마리의 젓소가 회수된 종이로 만든 깔개를 사용하고 있다.

현재 복합재료 중 회수된 종이를 사용한 예는 석고보드와 파이버 보드이다. 매년 9만 톤이 생산되고 있고 wet-formed medium density board는 매년 8만톤 가량 생산되고 있다.

회수된 종이는 다시 건조 섬유화시켜 다양한 다른 재질과 혼합하여 새로운 복합재료로 생산 되는데 이는 두께와 밀도로 구분되어지다.

### 3. 화학소재

Complex carbohydrate fraction	Thickenner, Extender, Fillers, Sugars, Diesel fuel
Simpie carbohydrate fraction	Alcohol, Aldehydes, Acids
Lignin fraction	Phenolics
residuals	Claays, Calcium carbonate Inks

### 4. 에너지원으로의 재생산

회수된 종이 1파운드가 갖고 있는 에너지는 약 7500 Btu이고 톤당 1천 5백만 Btu이다. 석탄의 경우 파운드당 약 1만2천 Btu에 해당해 회수된 종이는 에너지원으로 사용하는데 많은 연구가 진행중이다..

### 5. 화학적으로 생화학적으로 응용

회수된 종이를 화학적으로나 생화학적으로 응용하는데는 주로 5가지 방법이 있는데 Hydrolysis, hydrogenation, photodergradation, anaerobic digestion을 들 수 있다.

Hydrolysis의 경우 회수된 종이를 분해해서 셀룰로오스를 만들고 이로부터 단백질 합성하는 방법, 이 단백질을 동물의 사료로 쓰는 방법으로 현재 Pilot단계에 있다. 그러나 가격은 파운드당 0.18달러에서 0.16달러로 현재 사용되고 있는 콩사료나 생성으로 만든 사료보다 비싸게 치이고 있다.

Hydrogenation은 회수된 종이에서 얻은 셀룰로오스에다 온도를 상승시키면서

고압에서 수소를 환경보존협회로부터 개발을 지원받고 있으나 계속 연구중에 있다.

Anaerobic digestion은 무호기성 박테리아로 셀룰로오스를 분해해서 높은 영양분을 가진 동물사료를 생산하는 방식으로, 분해성 박테리아나 곰팡이의 경우 self-regulation 시스템에 아직 문제가 많아 더욱 개발되어야 할 것 같다.

#### IV. 결론

또한 일반소비자들은 종이는 리사이클 될 수 있어 환경 친화적이라고 생각한다. 현재 도시 쓰레기 중 종이의 회수율이 가장 높은 편이지만 아직도 종이가 도시 쓰레기 중 가장 많이 차지하고 있다. 골판지와 신문지가 현재 가장 높은 회수율을 보이고 있고 가정용 쓰레기는 아직도 리사이클링률이 낮는데 이는 이를 회수할 수 있는 회수 시스템이 아직 없고 이를 가정쓰레기에서 분류하기는 어렵기 때문이다. 따라서 이 분야의 리사이클링 시스템이 정착이 더욱 필요하다 하겠다.

종이산업은 에너지 집약산업이다. 리사이클링된 종이는 순수종이보다 에너지 사용량이 절반밖에 들지 않고 잉크제조 공정이 없을 경우 불 사용량도 15% 줄일 수 있다. 더욱이 리사이클링된 종이를 사용할 때 수질오염은 35% 대기오염은 74%까지 줄일 수 있다. 따라서 리사이클링을 올리는 데 있어 장애가 되는 요인은, 계속적인 리사이클링된 종이의 공급의 불안정과 이의 원자재 값의 불안정과

리사이클링된 종이의 품질의 열화 등을 들 수 있다. 지속적으로 리사이클링된 종이를 회수할 수 있도록 Infrastructure 구축하고 고품질의 회수된 종이를 충분히 공급받는 것이 중요하다고 볼 수 있다.

#### 인용문헌

1. EPA, 1992 Characterization of municipal solid waste in the United States: 1992. update.
2. Frankin Associates, Ltd. 1992. Evaluation of proposed new recycled paper standards and definitions. Special task force on standards and definitions recycled paper committee, recycling advisory council.
3. Powell, J. 1990. Moled pulp: a paper recycling market on the rebound. Resource Recycling. Jan.
4. Apotheker, S. 1990. Animal bedding: a capital idea. Resource Recycling. July.
5. Recycling Advisory Council, Alternative uses for recovered paper, committee report.
6. Franklin, W. E. 1973 Resource recovery techniques applied to mixed waste. Paper recycling. p.140.
7. Harrison, E.A. 1988 Landfill issues. Presented at National Cooperative Extension Service Solid and Hazardous Waste Management Workshop, St. Louis.
8. Susan Selke. 1990. Packaging and Environment. Lancaster, Pa: Technomic Publishing.