

美國의 都市生活쓰레기 再活用 現況과 展望[†]

宋泳俊 · [†]李桂承 · 申康浩 · 金胤彩 · 徐鳳源

江原大學校

Current Status and Prospect on the Recycling of Municipal Solid Waste in the United States[†]

Young-Jun Song, [†]Gye Seung Lee, Kang Ho Shin,
Youn-Che Kim and Bong Won Seo

Kangwon National Univ.,

요 약

이 논문은 1960년부터 2009년까지의 미국의 생활쓰레기 재활용과 관련된 자료를 종합하여 정리한 것이다. 이 논문에서 언급되는 자료들은 주로 물질수지를 통하여 물질흐름을 파악하는 방법으로 다루어 졌기 때문에 어느 한 지역이 아닌 전국 단위의 MSW 흐름을 이해하는데 도움이 될 것으로 생각한다. 생활쓰레기에 포함된 수많은 물질들 중에서 그 발생량이 많은 종이와 판지, 유리, 금속류, 폐플라스틱, 음식물쓰레기, 정원손질쓰레기의 발생과 재활용 현황을 보다 자세히 다루었다.

주제어 : 미국, 생활쓰레기, 물질흐름, 재활용, 현황

Abstract

This study describes the national municipal solid waste stream of the United States based on data collected and published by EPA for 1960 through 2009. This paper characterizes the municipal solid waste stream of the nation as a whole, and can be useful for understanding the nationwide stream of America. Among the various materials contained in MSW, recycling status of the major materials of paper and paperboard, glass, metals, plastics, food scraps and yard trimmings are discussed somewhat more minutely.

Key word : United States, municipal solid waste, stream, recycling

1. 서 론

생활쓰레기(Municipal Solid Waste), 즉 MSW는 포장 용기, 소파, 컴퓨터, 타이어, 깎은 잔디, 가구, 옷, 병, 음식물 쓰레기, 신문, 가전제품, 건전지 등 우리가 흔히 사용하는 물건들로 이루어지며, 산업폐기물이나 건설폐기물 그리고 독성폐기물을 포함하지 않는다. MSW에서 제외되는 물품에는 슬러지류, 농업 쓰레기, 산업 폐기물, 기름과 가스 폐기물, 건축 폐기물, 광산 폐기물, 농지 정리 자갈류, 폐자동차 차체 또는 부품, 윤활유 등이 있다.

미국의 EPA(Environmental Protection Agency)는 지난 30여 년간 미국 내 폐기물의 발생과 처분에 관한 자료를 수집하여 발표해 왔으며, 이 자료는 미국의 쓰레기의 발생과 재활용 현황을 파악하는데 더없이 좋은 자료가 되고 있다.

이 논문은 EPA에서 최근에 발표한 생활쓰레기 재활용과 관련된 자료들을 정리한 것으로 미국의 1960년부터 2008년까지의 통계치가 수록된 기존의 보고서¹⁾와 2009년의 자료²⁾를 조사하여 정리한 것이다.

조사결과는 크게 두 가지 방법으로 구분하여 정리하였다. 첫 번째는 재질별 분류로 MSW를 종이 및 판지, 유리, 금속, 플라스틱, 그리고 고무와 가죽 등으로 구분한 것이고 두 번째는 제품군별로 구분한 것으로 모든

[†] 2011년 7월 26일 접수, 2011년 9월 16일 1차수정
2011년 10월 11일 수리

[†] E-mail: gslee@kangwon.ac.kr

제품을 내구재, 비 내구재, 포장용기, 기타 등으로 구분하였다. 내구재는 가전제품류, 가구, 타이어 등과 같이 사용 연수가 3년 이상인 제품이고, 비 내구재는 신문지, 사무용지, 쓰레기 봉투, 옷 등과 같이 사용 연수가 3년 이하인 제품이다. 포장용기는 병, 캔, 골판지상자와 같이 제품의 포장에 사용되는 물질을 말하며 기타에는 정원손질 쓰레기, 음식물 쓰레기와 같이 제조된 제품이 아닌 것들을 포함한다.

이들 중에서도 특히 그 발생량이 많은 종이와 판지, 유리, 금속류, 폐플라스틱, 음식물쓰레기, 정원손질쓰레기 등의 발생과 재활용 현황을 보다 자세히 다루었다.

2. 조사방법

이 논문에서 언급되는 자료들은 주로 물질수지를 통하여 물질흐름을 파악하는 방법으로 다루어 졌기 때문에 어느 한 지역이 아닌 전국 단위의 MSW 흐름을 이해하는데 더 도움이 될 것으로 생각한다. 예를 들어, 종이의 재활용량은 여러 수집소에 수집된 종이의 양으로부터 계산된 것이 아니라 종이공장에서 사용된 고지의 양과 수출된 고지의 양의 합으로부터 수입된 고지의 양을 빼어 계산되었다.

주로 U.S. Dept. of Commerce 및 U.S. Census Bureau 와 같은 공공기관, 각종 산업체 협의회 등으로부터 얻어진 자료들³⁾을 기초로 하여 여러 제품들의 생산량, 재활용량, 폐기량을 산출하였다. 그 밖에도 다른 공공 기관이나 산업체, 신문사 등에서 발표한 연구보고서⁴⁾와 자료⁵⁾들도 보충자료로 활용하였다.

온실가스 방출 저감량 등과 같은 재활용이나 퇴비화를 통하여 얻어지는 효과는 EPA의 WARM(Waste Reduction Model) methodology에 의해 계산되었다. WARM은 발생저감량, 재활용량, 퇴비화량, 소각량, 매립량 등을 미리 작성해 놓은 관계식에 대입함으로써 온실가스 발생량을 계산한다. 또한 WARM은 MSW에 포함된 수 많은 물질들에 대하여 톤 단위를 갖는 탄소당량(MTCE), 이산화탄소 당량(MTCO₂E) 그리고 백만 Btu의 단위를 갖는 에너지 당량으로 환산할 수 있는 기능을 제공한다. EPA는 전 주기 평가법(Life-Cycle Assessment Methodology)을 이용하여 각 물질별로 온실가스 저감량을 계산할 수 있는 환산인자를 개발하였는데, 이 방법에 대한 보다 자세한 내용은 EPA의 보고서⁶⁾를 참조 바란다.

물질 흐름법(Materials Flow Methodology)에서 생산

자료를 활용하는 경우, 생산자료로부터 MSW발생량을 계산하기 위하여 수출입량, 사용기간, 물질 전환 지수 등에 대한 보정을 하였다. 음식물 쓰레기, 정원손질 쓰레기, 그리고 발생량이 아주 적은 잡화류의 경우는 생산자료를 구하기가 어렵기 때문에 여러 가지 표본 연구를 통하여 얻어지는 자료들을 이용하였다. 물질 흐름법의 단점으로는 용기 내에 남아있는 잔류물의 양을 고려할 수 없다는 것이다. 예를 들어 깡통이나 병에 잔류물이 남아있을 경우에 잔류물을 포함한 무게가 회수된 물질의 중량으로 취급된다.

본 논문에서는 각 종 기관들로부터 제공받은 원래의 기초자료에는 대부분 회수(recovery)란 용어를 사용하고 있음에도 불구하고 EPA에서 재활용 여부에 상관없이 재활용을 위하여 회수된 모든 MSW가 재활용된다는 가정 하에 recovery와 recycling을 같은 의미로 사용하고 있기 때문에 원문의 취지를 최대한 살리기 위하여 두 용어를 혼용하였다.

3. 결과 및 고찰

1960년부터 2009년까지의 미국에서 매년 발생하는 MSW의 총량과 개인별 발생량을 Fig. 1에 나타내었고, 재활용된 량과 재활용률을 Fig. 2에 나타내었다.

그림의 결과들에서 총발생량의 경우 1960년 86,120천 톤에서 2007년 254,980천톤을 기록할 때까지 꾸준히 증가하여 왔으나 그 이후로는 감소하기 시작하였고, 1인당 하루 배출량의 경우 1960년에서 1990년까지는 1.14 kg에서 2.07 kg으로 급격하게 증가하였지만 1990년부터 2008년까지는 2.05kg~2.14kg의 정체를 나타내었으며, 2009년에는 전년도에 비해 약 4%나 감소한

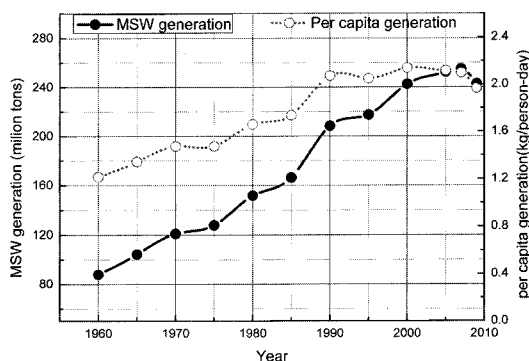


Fig. 1. The MSW generation of America, 1960 to 2009.

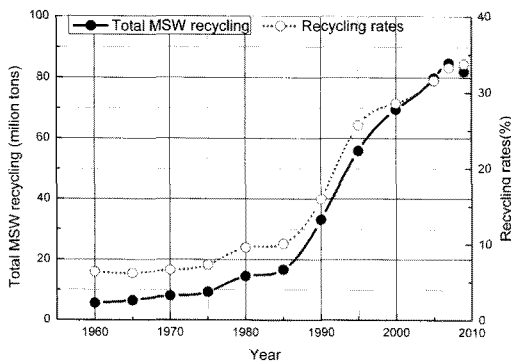


Fig. 2. The MSW recycling rates of America, 1960 to 2009.

1.97 kg을 나타내었다.

재활용량의 경우는 1960년의 5,610천톤에서 1985년

의 16,700천톤까지는 완만한 증가를 보였지만, 1985년부터 2007년까지는 그 양이 16,700천톤에서 84,800천톤으로 매우 급격한 증가를 보였으며, 2007년 이후로는 다소 감소하는 추세에 있으며 2009년도 재활용량은 82,020천톤을 나타내었다. 1985년 이후 재활용량이 급격히 증가한 원인 중 하나는 정원손질쓰레기의 퇴비화율이 증가하였기 때문이다. 재활용률도 1960년 6.4%, 1985년 10.1%, 2007년 33.3%로 재활용량과 비슷한 경향을 나타내었으나 2007년 이후에는 재활용량과 달리 약간 증가하는 경향을 나타내어 2009년에는 33.8%를 나타내었다. 2007년 이후에도 재활용률이 계속하여 증가한 것은 경기침체에 의한 경제활동 감소로 MSW의 발생량과 재활용량이 모두 감소하였지만 재활용량의 감소폭이 상대적으로 작았기 때문이다.

2009년 재활용된 82,020천톤은 MSW 총발생량인 2억

Table 1. Generation and recovery of materials in MSW, 2009*

Material			Weight Generated (million tons)	Weight Recovered (million tons)	Recovery as Percent of Generation(%)
Materials in products	Metals	Steel	15.62	5.23	33.5
		Aluminum	3.40	0.69	20.3
		Other nonferrous metals**	1.89	1.30	68.8
	Total metals		20.91	7.22	34.5
	Paper and paperboard		68.43	42.50	62.1
	Glass		11.78	3.00	25.5
	Plastics		29.83	2.12	7.1
	Rubber and leather		7.49	1.07	14.3
	Textiles		12.73	1.90	14.9
	Wood		15.84	2.23	14.1
	Other materials		4.64	1.23	26.5
Total Materials in products			171.65	61.27	35.7
Other wastes	Food, other***		34.29	0.85	2.5
	Yard trimmings		33.20	19.90	59.9
	Miscellaneous inorganic wastes		3.82	Negligible	Negligible
Total other wastes			71.31	20.75	29.1
Total municipal solid waste			242.96	82.02	33.8

* Includes waste from residential, commercial, and institutional sources.

** Includes lead from lead-acid batteries

*** Includes recovery of other MSW organics for composting.

Details might not add to totals due to rounding.

Negligible=Less than 5,000 tons or 0.05%.

4천3백만톤의 33.8%에 해당하며, 이는 1인당 1일 생활 쓰레기 배출량이 1.97 kg 중 0.67 kg이 재활용됨을 의미한다. 또한, 재활용된 8천2백만톤 중 2천1백만톤은 식물성쓰레기로부터 제조한 퇴비로 재활용되었고, 6천 1백만톤은 물질회수 형태로 재활용되었다. 물질회수 형태의 재활용에는 소각을 통한 에너지회수는 포함하지 않으며, 그 량은 2천9백만톤(12%)에 달한다. 따라서 재활용된 량과 에너지회수형 소각을 제외한 131,930천톤의 MSW가 단순 소각되거나 매립되고 있으며 그 량은 1인당 1일 1.07 kg에 해당한다.

Table 1은 2009년도에 발생한 MSW의 발생량과 재활용률을 각 물질별로 나타낸 것이다. 표의 결과에서 2009년에 발생한 MSW 중 종이와 판지의 발생량이 68,430천톤(전체 MSW의 28.2%)으로 가장 많고, 두번째는 34,290천톤인 음식물쓰레기, 그리고 세번째는 33,200천톤인 정원손질쓰레기로 이 들의 발생량을 합하면 전체 MSW 중 56%정도를 차지한다. 그 다음으로 플라스틱 12%, 금속 9%, 고무, 가죽, 섬유류의 합이 8%, 나무가 7%, 유리는 5%, 기타 4%정도를 보인다.

2009년에 82,000천톤의 MSW를 재활용함으로써 얻어진 효과를 계산하면, 33백만대의 승용차가 1년 동안 배출하는 이산화탄소의 량과 맞먹는 178백만톤의 이산화탄소 발생을 저감하였으며 이를 에너지 저감량으로 환산하면 224백만 배럴의 원유에 맞먹는 1.3×10^{24} Btu이다. 재활용되거나 퇴비화된 물질들을 각 제품군별로 살펴보면 종이와 판지, 정원손질 쓰레기, 금속 순으로 회수율이 높다. 종이와 판지가 60%이상 재활용되었고 정원손질 쓰레기는 1990년에 비하여 5배나 많은 20백만톤 정도가 퇴비화되었다.

한편, 2009년에 발생한 MSW를 발생원별로 분류한 결과, 개인가정으로부터 배출되는 쓰레기(아파트에서 발생하는 쓰레기 포함)가 전체 MSW발생량의 55~65%이고 학교, 병원, 사무실 등의 공공시설로부터 발생하는 쓰레기가 35~45%였다.

종이와 판지

종이와 판지의 발생 및 회수에 관련된 자료들은 American Forest & Paper Association(AF&PA)에서 발표한 통계자료⁷⁾를 바탕으로 작성하였다.

Fig. 3은 1960년부터 2009년까지의 MSW 중 종이와 판지의 발생량 및 회수율의 변화 추이를 나타낸 것이다. 종이와 판지의 총발생량은 1960년 29,990천톤에서 2000년 87,740천톤까지 꾸준히 증가하였으나 2000년

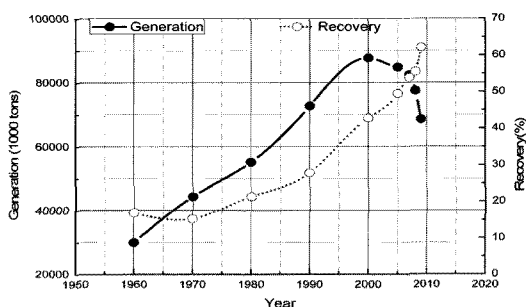


Fig. 3. Generation and recovery of paper and paperboard, 1960 to 2009.

이후로는 계속하여 감소하고 있는 것으로 나타났으며 2009년의 발생량은 68,430천톤이었다. 회수량과 회수율을 살펴보면, 1960년 발생량의 16.9%인 5,080천톤을 회수한 이래 2007년도까지 꾸준히 증가하여 발생량의 53.9%인 44,480천톤을 회수하였다. 그러나 2008년도부터는 회수량이 42,940천톤으로 감소하였고 2009년에는 42,500천톤으로 좀 더 감소하였다. 회수량의 감소에도 불구하고 회수율은 발생량의 감소폭이 상대적 크기 때문에 증가하는 추세를 계속 유지하여 2009년에는 61.1%를 기록하였다.

Table 2에는 2009년도 발생한 종이와 판지의 종류별 발생량과 회수율을 나타내었다. 종이와 판지에는 사무용지, 신문지, 골판지 박스, 우유팩, 휴지, 종이 접시와 컵, 책 등이 포함되는데 이중에서 골판지가 발생량과 재활용 모두 가장 많은 것으로 조사되었다. 2009년도 골판지 발생량은 27,190천톤으로 종이와 판지 전체 발생량 68,420천톤의 39.7%에 달하며 이중 22,100천톤을 재활용하여 재활용률은 81.3%를 나타내었다. 그 다음으로 많은 것은 신문지이며 발생량 7,761천톤중 6,840천톤을 재활용하여 88.1%의 재활용률을 나타내었다.

유리

폐유리와 관련된 자료는 Glass Packaging Institute가 발표한 자료⁸⁾와 보고서⁹⁾를 주로 활용하였다. 폐유리에는 맥주나 음료수병, 술병, 병, 음식용기, 화장품 용기 등과 같은 포장용기가 대부분이지만 가구나 전자제품 등 내구재로 사용된 것들도 있다.

Fig. 4에 1960년부터 2009년까지의 MSW 중 유리의 발생량 및 회수율의 변화 추이를 나타내었고, Table 3에 2009년도 유리의 종류별 발생량과 회수율을 나타내었다.

Table 2. Paper and paperboard products in MSW, 2009

Cate- gory	Product		Generation (1000 tons)	Recovery [†]		Discards (1000 tons)
				1000 tons	percent of generation	
Nondurable Goods	Newspaper	Newsprint	5,060	4,490	88.7%	570
		Groundwood Inserts	2,700	2,350	87.0%	350
		Total Newspaper	7,760	6,840	88.1%	920
	Books		960	320	33.3%	640
	Magazines		1,450	780	53.8%	670
	Office-type Paper*		5,380	3,990	74.2%	1,390
	Telephone Directories		650	240	36.9%	410
	Standard Mail**		4,650	2,950	63.4%	1,700
	Other Commercial Printing		3,490	2,310	66.2%	1,180
	Tissue Paper and Towels		3,490	Neg.	Neg.	3,490
	Paper Plates and cups		1,170	Neg.	Neg.	1,170
	Other Nonpackaging Paper***		4,480	Neg.	Neg.	4,480
	Subtotal		33,480	17,430	52.1%	16,050
	Containers and Packaging	Corrugated Boxes		27,190	22,100	81.3%
Gable Top/Asptic Cartons [†]		460	30	6.5%	430	
Folding Cartons		4,980	2,490	50.0%	2,490	
Other Paperboard Packaging		90	Neg.	Neg.	90	
Bags and Sacks		910	450	49.5%	460	
Other Paper Packaging		1,310	Neg.	Neg.	1,310	
Subtotal		34,940	25,070	71.8%	9,870	
Total Paper and Paperboard			68,420	42,500	62.1%	25,920

This table does not include 10,000 tons of paper used in durable goods.

[†] Since 2008, recycling rates increased due to generation going down and applying default values to increased single stream recovered mixed paper products.

* High-grade paper such as copy paper and printer paper; both residential and commercial.

** Formerly called Third Class Mail by the U.S. postal Service.

*** Includes tissue in disposable diapers, paper in games and novelties, cards, etc.

[†] Includes milk, juice, and other products packaged in gable top cartons and liquid food aseptic cartons.

폐유리의 발생량은 1960년 6,720천톤을 기록한 이래 급격히 증가하여 1980년 15,100천톤을 기록하였으나 그 후에는 계속 감소하여 2009년에는 11,780천톤을 나타내었다. 1980년 이후 폐유리의 발생량이 감소한 이유는 유리 용기가 깨지기 쉽고 무거운 단점을 가지고 있어 알루미늄 캔이나 플라스틱 용기로 대체되었기 때문이다. 1970년 이전에는 폐유리가 거의 회수되지 못하였으나 1980년부터 발생량의 5%인 750천톤이 회수된 이래로

급격히 증가하여 1990년에는 발생량의 20.1%인 2,630천톤을 회수하였다. 1990년 이후로는 완만하게 증가하는 추세에 있으며 2009년에는 3,000천톤을 수거하여 25.5%의 수거율을 달성하였다. 2009년에 발생한 11,780천톤 중 82%인 9,660천톤이 포장용기였으며 나머지가 내구재였다. 포장용기 중에서도 맥주와 음료수 용기의 발생량과 수거량이 각각 6,000천톤과 2,340천톤으로 가장 많은 것으로 조사되었다.

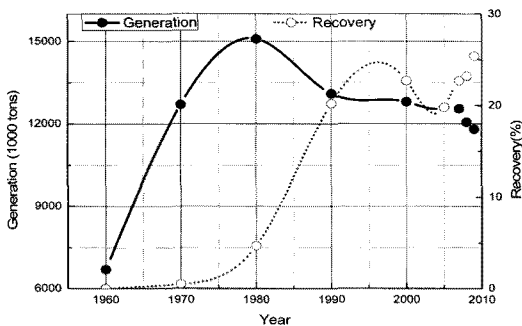


Fig. 4. Generation and recovery of glass, 1960 to 2009.

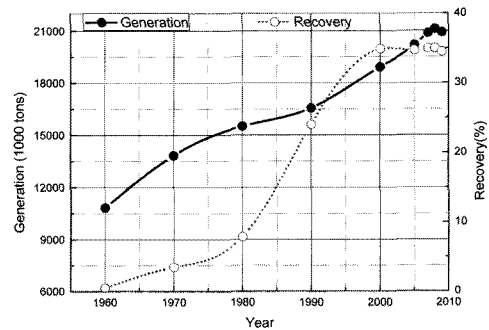


Fig. 5. Generation and recovery of metals, 1960 to 2009.

금속

폐금속 중 가장 많은 양을 차지하는 것은 철계금속(철과 강)이며, 철계금속은 가전제품, 가구류 등과 같은 내구재뿐만 아니라 캔과 같은 포장용기에도 많이 포함되어 있다. 그 밖에 운송장비와 그 부품(자동차, 기관차, 배)에도 많은 양의 철계금속이 포함되어 있지만 이들은 MSW로 분류되지 않는다.

Fig. 5에 금속 MSW의 발생량과 회수율을 나타내었으며, Table 4에 2009년 금속 종류별 발생량과 재활용량을 나타내었다. 철계금속 발생량은 1960년 10,300천톤을 기록한 이래 1970년까지 계속 증가하여 12,360천톤이 되었으나 그 이후로 20년간은 포장용기 수요가 유리병과 마찬가지로 알루미늄이나 플라스틱으로 대체되었기 때문에 더 이상 증가하지 않았다. 1990년 이후에는 가전제품이나 가구류와 같은 내구재용 철계금속의 수요량이 증가함에 따라 그 발생량은 다시 증가하는 추세에 있으며 2009년 발생량은 15,620천톤을 기록하였

다. 그러나 그 증가 속도가 전체 MSW발생량의 증가속도 보다 느리기 때문에 MSW내에서 차지하는 비율은 1960년의 11.7%보다 감소하여 2009년에는 6.4%를 기록하였다.

Steel Recycling Institute의 자료¹⁰⁾에 의하면 2009년 가전제품으로부터의 물질 회수율은 66.8%이지만 철계금속 만의 회수율은 90%에 달하였다.

2009년 전체 내구재(가전제품, 가구, 타이어 등)로 발생한 철계금속의 양은 13,340천톤이고 이중 3,700천톤이 회수되어 27.9%의 회수율을 기록하였다. 철계금속 발생량 중 두 번째로 많은 것은 철재 캔으로 1,940천톤이 발생하여 그 중 66%인 1,280천톤이 회수되었다.

폐알루미늄은 전체 MSW의 1.4%인 3,400천톤이 발생하였는데 그 중 절반 정도인 1,840천톤이 포장용기(대부분 알루미늄 캔)였고, 내구재인 가전기기로부터 1,350천톤, 비내구재에서 210천톤이 발생하였다. 폐알루미늄의 회수량은 690천톤이고 회수율은 20.3%로 낮은 편인데,

Table 3. Glass products in MSW, 2009

Category	Product	Generation (1000 tons)	Recovery		Discards (1000 tons)
			1000 tons	percent of generation	
Durable Goods*		2,120	Neg.	Neg.	2,120
Containers and Packaging	Beer and Soft Drink Bottles**	6,000	2,340	39.0%	3,660
	Wine and Liquor Bottles	1,710	310	18.1%	1,400
	Other Bottles and Jars	1,950	350	17.9%	1,600
	Subtotal	9,660	3,000	31.1%	6,660
Total Glass		11,780	3,000	25.5%	8,780

* Glass as a component of appliances, furniture, consumer electronics, etc.

** Includes carbonated drinks and non-carbonated water, teas, flavored drinks, and ready-to-drink alcoholic coolers and cocktails.

Table 4. Metal products in MSW, 2009

Category	Product		Generation (1000 tons)	Recovery		Discards (1000 tons)
				1000 tons	percent of generation	
Durable Goods	Ferrous Metals		13,340	3,720	27.9%	9,620
	Aluminum		1,350	Neg.	Neg.	1,350
	Lead		1,350	1,300	96.3%	50
	Other Nonferrous Metals		540	Neg.	Neg.	540
	Subtotal		16,580	5,020	30.3%	11,560
Nondurable Goods	Aluminum		210	Neg.	Neg.	210
Containers and Packaging	Steel	Cans	1,940	1,280	66.0%	660
		Other Steel Packaging	340	230	67.6%	110
		Subtotal	2,280	1,510	66.2%	770
	Aluminum	Beer & Soft Drink Cans	1,360	690	50.7%	670
		Other Cans	70	NA	NA	70
		Foil and Closures	410	NA	NA	410
		Subtotal	1,840	690	37.5%	1,150
	Subtotal		4,120	2,200	53.4%	1,920
	Total Metals			20,910	7,220	34.5%
Ferrous			15,620	5,230	33.5%	10,390
Aluminum			3,400	690	20.3%	2,710
Other Nonferrous			1,890	1,300	68.8%	590

그 이유는 알루미늄 캔의 경우 회수율이 50.7%로 비교적 높은 편이지만 나머지 제품의 회수율은 거의 제로에 가깝기 때문이다.

기타 비철금속에는 납, 구리, 아연 등이 있으며 이들은 대부분 납축전지나 가전제품에 포함되어 있다. 2009년 회수된 폐비철금속의량은 1,300천톤이고 대부분 납축전지였으며 이는 전체 폐비철금속 발생량 1,890천톤의 18.8%에 달하는 양이다.

2009년도에 7백만톤 정도의 금속을 재활용함으로써 얻어지는 이산화탄소 저감효과는 500만대의 자동차가 1년 동안 발생시키는 이산화탄소의 양에 맞먹는 2천5백만톤 당량(MMTCO₂E)이다.

페플라스틱

플라스틱의 생산량과 관련된 자료는 American Chemistry Council의 연례 보고서¹¹⁾를 참조하였으며 제조 손실량, 수출입량, 사용연수 등을 고려하여 발생량을

계산하였다. 회수율과 관련된 자료는 American Chemistry Council의 보고서 외에 National Association for PET Container Resources(NAPCOR)의 보고서¹²⁾를 참조하였다.

Fig. 6에 플라스틱 MSW의 발생량과 회수율을 나타내었으며, Table 5에 2009년 페플라스틱 종류별 발생량과 재활용량을 나타내었다.

페플라스틱의 발생량은 1960년 390천톤에서 2007년 30,750천톤으로 매우 급격하게 증가하여 왔으나, 2008년부터는 약간 씩 감소하는 경향을 보이고 있으며 2009년도에는 29,830천톤이 발생하였다. 따라서 페플라스틱이 MSW에서 차지하는 비중도 날로 증가하여 2009년 현재 12.3%에 달하고 있으나 수거체계와 제도가 마련되어 있지 않아 재활용률은 매우 저조한 편이다. 미국이 MSW의 재활용률을 향상시키기 위해서는 무엇보다도 플라스틱의 재활용률을 향상시켜야 할 것으로 생각된다. 페플라스틱의 발생량을 제품군별로 살펴보면 내

Table 5. Plastic products in MSW, 2009

Category	Product	Generation (1000 tons)	Recovery		Discards (1000 tons)
			1000 tons	percent of generation	
Durable Goods	PET	410			
	HDPE	1,190			
	PVC	360			
	LDPE/LLDPE	900			
	PP	2,630			
	PS	710			
	Other resins	4,450			
	subtotal	10,650	400	3.8	10,250
Nondurable Goods	PET	400			
	HDPE	640			
	PVC	330			
	LDPE/LLDPE	2,180			
	PP	1,060			
	PS	1,290			
	Other resins	750			
	subtotal	6,650	Neg.	Neg.	6,650
Containers and Packaging	PET	2,720	730	26.8%	1,990
	HDPE	3,380	590	17.5%	2,790
	PVC	430	0	0	430
	LDPE/LLDPE	3,220	320	9.9%	2,900
	PP	1,840	50	2.7%	1,790
	PS	470	20	4.3%	450
	Other resins	470	10	2.1%	460
	subtotal	12,530	1,720	13.7%	10,810
Total		29,830	2,120	7.1%	27,710
PET		3,530	730	20.7%	2,800
HDPE		5,210	590	11.3%	4,620
PVC		1,120	0	0%	1,120
LDPE/LLDPE		6,300	320	5.1%	5,980
PP		5,530	50	0.9%	5,480
PS		2,470	20	0.8%	2,450
Other resins		5,670	410	7.2%	5,260

구재 10,650천톤, 비내구재 6,650천톤, 포장용기 12,530천톤 등이다. 이들을 다시 재질별로 분류하여 나타내면 LDPE 6,300천톤, PP 5,530천톤, HDPE 5,210천톤,

PET 3,530천톤, PS 2,470천톤, PVC 1,120천톤 등이고 기타 플라스틱이 5,670천톤이다.

2009년 수거된 총 폐플라스틱의 량은 2,120천톤으로

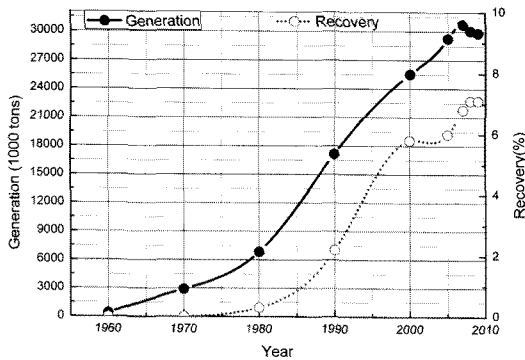


Fig. 6. Generation and recovery of plastics, 1960 to 2009.

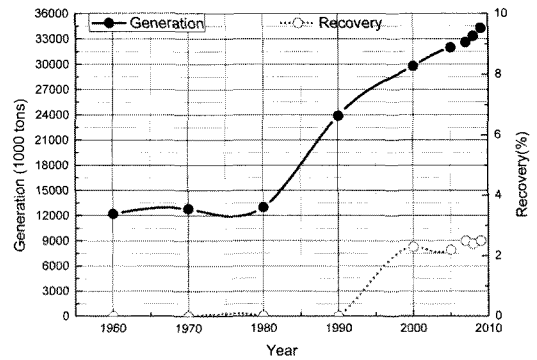


Fig. 7. Generation and recovery of food scraps, 1960 to 2009.

회수율은 7.1%에 불과하였다.

회수된 플라스틱은 PET병 720천톤, HDPE병 220천톤, 납축전지 케이스와 같은 HDPE용기 270천톤, LDPE용기 320천톤 등으로 대부분 일부 품목에만 국한되는 특징을 보였다.

폐고무와 가죽

고무와 가죽은 타이어, 옷, 신발, 카펫 등 깔개 등에 주로 사용되고 있으며 2009년 MSW로 발생된량은 7,490천톤이고 그중 1,070천톤을 회수하여 14.3%의 회수율을 기록하였는데 회수된 제품은 폐타이어가 유일하다.

폐섬유류

폐섬유는 옷, 카펫, 신발, 타올, 가구 등의 형태로 발생하며, 2009년에는 12,700천톤이 발생하여 전체 MSW 발생량의 5.2%를 차지하였다. 2009년 폐섬유류의 전체 회수율은 14.9%를 기록하였는데, 그 중에서의 의류와 신발이 발생량의 13.8%인 1,250천톤이 회수되었고, 베타와 수건 등이 발생량의 17.1%인 210천톤이 회수되었다.

폐목재

폐목재는 주로 가구와 포장용 상자, 화물용 받침대의 형태로 발생되었으며, 2009년 전체 MSW의 6.5%인 15,800천톤이 발생하였다. 그 중에서 연료로 사용된 나무를 제외하고 다른 제품의 원료로 사용하기 위하여 회수된 목재는 2,200천톤이었다.

음식물쓰레기

음식물쓰레기는 가정으로부터 배출되는 것 뿐만 아니

라 식당이나 야채가게 같은 상업시설에서 발생하는 것과 학교 구내식당 등의 공공시설에서 발생하는 것 모두를 포함하지만, 도시락공장이나 통조림공장, 인스턴트 식품 공장 등의 제조업체로부터 배출되는 것은 산업계 폐기물로 분류하여 본 자료에는 포함하지 않았다.

음식물쓰레기는 대부분 생산자료가 별도로 있기 때문에 그 발생량은 인구, 야채가게 매출액, 음식점 매출액, 고용 인구 등의 여러 자료¹³⁾를 이용하여 계산되었다.

Fig. 7은 연도별 음식물쓰레기 발생량과 회수량을 나타낸 것이다. 그림의 결과에서 1960~1980년에는 발생량이 12,200천톤~13,000천톤으로 1인당 연간 발생량은 57~67 kg 정도 였으나 1980년 이후에는 발생량이 급격히 증가하여 2009년 34,300천톤을 기록하였고, 1인당 연간 발생량도 112 kg으로 증가하였다. 이와같은 증가의 원인은 여러가지가 있을 수 있지만, 인구의 도시집중화 및 외식문화의 발달, 그리고 경제의 발달에 따른 음식물 과잉 공급이 주 원인일 것으로 생각된다.

음식물쓰레기의 발생량이 급격하게 증가하고 있음에도 불구하고 회수되어 퇴비화 되는 양은 발생량의 3% 미만으로 매우 적은 실정이다. “Biocycle”은 2009년에 퇴비화된 음식물MSW의 양이 전년 보다 50천톤이 적은 290천톤이고, 다른 유기물을 포함할 경우 퇴비화된 총량은 850천톤이라고 발표¹⁴⁾하였다. 이와 같이 회수량이 적은 이유는 대부분의 가정에서 음식물분쇄시설을 갖추고 있어 직접 분쇄하여 하수로 흘려보내는 경우가 많고 회수체계를 갖추고 있지 못하기 때문으로 생각된다.

정원손질쓰레기(Yard Trimmings)

정원손질 과정에서 발생하는 Yard Trimmings는 약 50%의 잔디와 25%정도의 나뭇잎, 그리고 25% 정도의

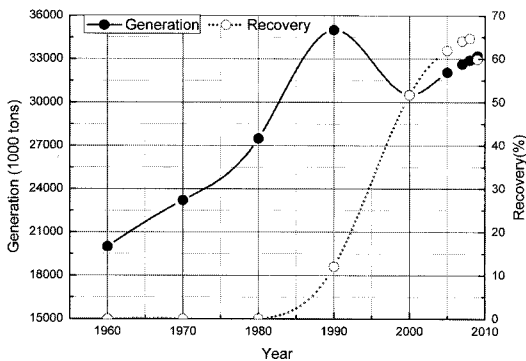


Fig. 8. Generation and recovery of yard trimmings, 1960 to 2009.

나뭇가지로 이루어져 있다. 정원손질 쓰레기의 발생량은 인구와 표본조사를 통하여 추산되었으며, 퇴비화를 위한 회수량은 각 주정부에서 운영중인 퇴비화사업장 운영현황 자료¹⁵⁾로부터 추산되었다.

Fig. 8의 조사결과에서 정원손질 쓰레기의 발생량은 1960년 20,000천톤에서 1990년 35,000천톤으로 인구와 1인당 주거면적의 증가와 더불어 꾸준히 증가하였다. 그러나 1990년대에 들어서면서 몇몇 주정부와 지방관서에서 정원손질 쓰레기의 매립을 억제하는 법령들을 제정하여 공표함에 따라 가정에서 직접 퇴비화하거나 잘게 부수어 산포하는 양이 증가하면서 그 발생량은 2000년까지 계속 감소하였다. 1992년에 11개 주와 콜롬비아특별구가 법령을 공표하였는데, 이들 지역의 인구를 합하면 미국 전체인구의 28%에 달하였다. 그 후 이러한 추세는 더욱 확산되어 전국 인구의 절반에 해당하는 23개 주가 법령을 공표하게 되었다. 그러나 2000년 이후에는 새롭게 법령을 공표하는 주가 나타나지 않고 있으며, 발생량은 약간씩 증가하는 추세에 있다.

1980년부터 시작된 정원손질 쓰레기의 회수율은 매우 급격히 증가하는 추세에 있으며 2009년도 발생량의 60%인 19,900천톤이 회수되었는데, 여기에는 발생 현장에서 잘게 부수어 산포하든지 개인적으로 퇴비화한 양은 포함되지 않는다.

제품군별 분석

2009년도 MSW의 발생량과 회수율을 제품군별로 구분하여 나타낸 Table 6에서 발생량은 포장용기가 72,000천톤(29.5%)로 가장 많고, 그 다음으로 비 내구재가 53,000천톤(22.0%), 세 번째로 내구재가 47,000천톤(19.2%)을 나타낸다. 각 제품군별 회수율은 포장용기

가 48%로 가장 높으며, 그 중에서도 철, 종이류, 알루미늄이 가장 잘 재활용되고 있다. 즉, 66%이상의 철제 포장 용기(주로 캔)가 재활용되었고 종이포장 용기는 골판지 81%를 포함하여 72%가 재활용되었다.

알루미늄포장재는 음료캔 51%를 포함하여 38%가 재활용되었다. 알루미늄 캔 1톤을 재활용하면 207백만Btu 정도의 에너지가 절약되는데 이는 36배럴의 원유 또는 1,665갤런의 휘발유에 상당하는 양이다. 유리제 포장용기는 31%가 재활용되었고 목재포장용기는 22%가 재활용되었다. 플라스틱재질의 물건 중 재활용이 되는 것은 포장용기가 거의 유일하며 그중에서도 음료병의 재활용률이 높다. 2009년도 플라스틱의 재활용율은 14%인데 그중 고밀도폴리에틸렌(HDPE)병의 재활용율이 29%, 페트병의 재활용율이 28%로 가장 높았다.

3년 이내의 사용기간을 갖는 비 내구재의 전체 회수율은 35%였으며 신문지와 고급 사무용지와 같은 종이류의 회수율이 높았다. 신문지의 88%, 고급사무용지 74%, 잡지 54%, 규격 우편 63%, 전화번호부 37%, 서적 33%가 회수되었다. 옷과 섬유류도 비내구재에 포함되는데, 16%가 회수되었다.

내구재는 전체적으로 17.5%가 회수되었는데 그중에서 비철금속(알루미늄 제외)이 68.8%로 가장 높은 회수율을 보였으며 이는 주로 납축전지의 높은 회수율에 기인한다. 납축전지의 회수율은 96%로 모든 제품중에서 회수율이 가장 높다. 가전제품과 잡화로부터의 높은 회수율 때문에 내구재중 철강의 회수율은 28%를 나타내었다.

2009년 회수된 제품 중 회수율이 높은 제품만을 순서대로 나타내면 납축전지(96%), 신문지(88%), 골판지(81%), 사무용지(74%), 주요 가전제품(67%), 철제 포장용기(66%), 규격 우편(63%), 잡지류(54%), 알루미늄 캔(51%), 접이식 상자(50%)이다.

MSW의 처분

미국의 매립장 수는 감소하고 있지만 단위 매립장별 면적은 증가하는 추세에 있으며 몇몇 지역을 제외하면 아직도 매립장이 충분한 것으로 조사되었다.

연간 매립 처분되는 MSW의 양은 1990년 145.3백만톤에서 2009년 131.9백만톤으로 13백만톤 정도가 감소하였다. 재활용되거나 퇴비화 또는 에너지 회수를 위한 소각 등에 이용되지 않고 버려지는 쓰레기의 양을 인 별로 환산하면 1.07kg/인·day가 되는데 이는 전혀 재활용을 하지 않던 1960년의 1.14kg/인·day보다 약간 감소한 값이다.

Table 6. Generation and recovery of materials in MSW, 2009, sorted by major product categories

category	materials	Weight Generated (million tons)	Weight Recovered (million tons)	Recovery as Percent of Generation(%)
durable goods	Steel	13.34	3.72	27.9
	Aluminum	1.35	Negligible	Negligible
	Other nonferrous metals	1.89	1.30	68.8
	Glass	2.12	Negligible	Negligible
	Plastics	10.65	0.40	3.8
	Rubber and leather	6.43	1.07	16.6
	Wood	5.76	Negligible	Negligible
	Textiles	3.49	0.04	12.6
	Other materials	1.61	1.23	76.4
	Total durable goods	46.64	8.16	17.5
nondurable goods	Paper and paperboard	33.48	17.43	52.1
	Plastics	6.65	Negligible	Negligible
	Rubber and leather	1.06	Negligible	Negligible
	Textiles	9.00	1.46	16.2
	Other materials	3.25	Negligible	Negligible
	Total nondurable goods	53.44	18.89	35.3
containers and packaging	Steel	2.28	1.51	66.2
	Aluminum	1.84	0.69	37.5
	Glass	9.66	3.00	31.1
	Paper and paperboard	34.94	25.07	71.8
	Plastics	12.53	1.72	13.7
	Wood	10.08	2.23	22.1
	Other materials	0.24	Negligible	Negligible
	Total containers and packaging	71.57	34.22	47.8
other wastes	Food, other	34.29	0.85	2.5
	Yard trimmings	33.20	19.90	59.9
	Miscellaneous inorganic wastes	3.82	Negligible	Negligible
	Total other wastes	71.31	20.75	29.1
Total municipal solid waste		242.96	82.02	33.8

4. 결 론

미국에서는 2009년에 2억4천3백만톤의 MSW가 발생하였고 이 중 33.8%인 82,020천톤이 재활용 되었는데 이는 1인당 1일 생활쓰레기 배출량이 1.97 kg이고 이 중 0.67 kg이 재활용됨을 의미한다. 또한, 재활용된 8천

2백만톤 중 2천1백만톤은 식물성쓰레기로부터 제조한 콤포스트 형태로 재활용되었고, 6천 1백만톤은 물질회수 형태로 재활용되었다. 물질회수 형태의 재활용에는 소각을 통한 에너지회수는 포함하지 않으며, 그 량은 2천9백만 톤(12%)에 달한다. 따라서 재활용된 량과 에너지회수형 소각을 제외한 131,930천톤의 MSW가 단순 소각되거나

매립되고 있으며 그 량은 1인당 1일 1.07 kg에 해당한다. 이를 통하여 33백만대의 승용차가 1년 동안 배출하는 이산화탄소에 맞먹는 178백만톤의 이산화탄소 발생을 저감하였으며 이를 에너지 저감량으로 환산하면 224백만 배럴의 원유에 맞먹는 1.3×10^{24} Btu이다. 재활용되거나 퇴비화된 물질들을 각 제품군별로 살펴보면 종이와 판지, 정원손질 쓰레기, 금속 순으로 회수율이 높다. 종이와 판지가 60%이상 재활용되었고 정원손질 쓰레기는 1990년에 비하여 5배나 많은 20백만톤 정도가 퇴비화되었다.

알루미늄, 철강 등의 금속은 약 34.5%(7백만톤)가 재활용되었고, 이를 통하여 온실가스인 이산화탄소의 발생량을 2천5백만톤 당량(MMTCO₂E) 저감할 수 있었다. 이 량은 500만대의 자동차가 1년 동안 발생시키는 이산화탄소의 량에 맞먹는다.

1960년부터 2007년까지 미국의 MSW 발생량과 재활용율은 꾸준히 증가하여 왔으나 2008년 이후로는 오바마 정부의 친환경정책에도 불구하고 오히려 둘다 감소하는 추세를 보이고 있다. 감소의 원인은 2008년부터 시작된 경기침체로 인한 경제활동의 위축에 있다고 보이기 때문에 당분간은 MSW의 발생량과 재활용률이 계속하여 감소할 것으로 전망된다.

미국이 재활용률을 증가시키기 위해서는 무엇보다도 페플라스틱과 음식물쓰레기의 수거체계를 마련하고 아울러 재활용 업체에 대한 경제적, 제도적 지원 방안이 마련되어야 할 것으로 생각된다.

참고문헌

1. U.S. Environment Protection Agency, 2009: "Municipal Solid Waste Generation, Recycling and Disposal in the United States Detailed Tables and Figures for 2008", EPA, <http://www.epa.gov/nscep/>, pp. 1-58.
2. U.S. Environment Protection Agency, 2010: "Municipal Solid Waste in the United States, 2009 facts and Figures", EPA, <http://www.epa.gov/nscep/>, pp. 1-198.
3. U.S. Census Bureau, 2010: "U.S. Department of commerce, 2005-2009 ACS 5-year Summary file Technical Documentation", American Community Survey Office Data Products, pp. 1-83.
4. U.S. Department of Health and Humman Services Center for Disease Control and Prevention, 2010: "National Vital Statistics Reports", Births Preliminary data for 2008, Vol 58, No.16, pp. 1-18.
5. Kimberly-clark Co., 2010: "2009 Annual Report on form 10-k", <http://www.kimberly-clark.com/search.aspx?txtSearch=2009+annual+report>, pp. 1-106.
6. U.S. Environment Protection Agency, 2002: "Solid Waste Management and Greenhouse Gases, Lifecycle Assesment of Emissions and Sinks", EPA, <http://www.epa.gov/nscep/>, pp. 1-158.
7. American Forest & Paper Association, 2010: "2010 AF&PA Community Survey Executive Summary", AF&PA, http://www.paperrecycles.org/news/exec_summ_2010.html.
8. Container Recycling Institute, 2009: "Understanding economic and environmental impacts of single-stream collection systems", CRI, <http://www.container-recycling.org/assets/pdfs/reports/2009-SingleStream.pdf>, pp.1-35.
9. Glass Packaging Institute, 2009: "Wasting and Recycling Trends, Conclusions from CRI's 2008 Beverage Market Data Analysis, GPI, pp. 1-16.
10. <http://www.recycle-steel.org/en/Recycling%20Resources/~media/Files/SRI/Media%20Center/RATESHEET09sm.aspx>
11. American Chemistry Council, Plastic Division, 2009: "2008 National Post Consumer Recycled Plastic Bag and Film Report", ACC, pp. 1-15.
12. National Association of PET Container Resources(NAPCOR), 2010: "2009 Report on Post Consumer PET Container Recycling Activity", NAPCOR, pp. 1-11.
13. Kroger, 2010: "2009 Fact Book", Kroger, pp. 1-56.
14. Rob van Haaren, Nickolas Themelis and Nora Goldstein, 2010: "The State of Garbage in America", Biocycle, Vol. 51, No. 10, p.16.
15. U.S. Composting Council, 2010: "USCC Factsheet, composting, Global Climate Change and Carbon Trading", USCC, <http://compostingcouncil.org/admin/wp-content/uploads/2010/09/composting-and-carbon-credits.pdf>, pp.1-3.

李 桂 承

- 현재 강원대학교 에너지자원공학과 조교수
- 당 학회지 제19권 2호 참조

宋 泳 俊

- 현재 강원대학교 재료금속공학과 부교수
- 당 학회지 제19권 2호 참조

申 康 浩

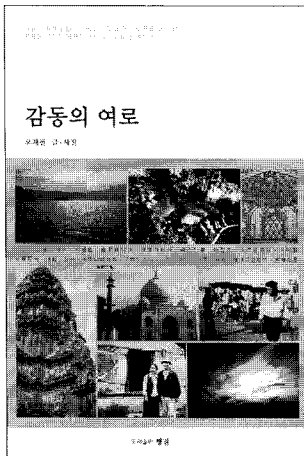
- 현재 강원대학교 에너지자원공학과 교수
- 당 학회 제15권 2호 참조

金 胤 彩

- 현재 강원대학교 재료금속공학과 교수
- 당 학회 제17권 4호 참조

徐 鳳 源

- 현재 동광산업과학고등학교 교사
- 현재 강원대학교 박사과정
- 당 학회 제17권 4호 참조



감동의 여로 오재현 지음

도서출판 행길

2011년 9월 27일 출간

152*224 | 320쪽 | 15,000원

분류 : 국내도서>기행·에세이>해외여행기행

주제어 : 여행, 기행문, 우루무치, 키웨스트, 바이칼, 슬로베니아, 크로아티아, 장사, 대리

담당자: 정경아 편집장

전화: 070-7530-3128

팩스: 02-6442-2515

이메일: roadgraphy@gmail.com

여든이 훌쩍 넘은 나이에든 스무살 청년의 꿈을 갖고 있는 오재현 교수의 담백한 여행 이야기.

그는 여행 목적지가 정해지면 먼저 지도를 펴놓고 지상 답사를 하며 현지를 그려보고 관련서적을 구매해서 읽는다. 그리고 현지로 떠난다. 현지에서는 가급적 많은 것을 보고 많은 것을 확인하느라 분주해진다. 여행에 돌아와서는 사진을 정리하고 기행문을 쓴다. 기행문을 씀으로써 여행의 내용이 충실히 정리되고 역사적 배경과 현실의 근분을 추구하다보면 한층 수준 높은 여행으로 마무리된다. 아름다운 감동과 더불어 슬픈 감동 또한 마음의 재산이 된다. 이러한 벽찬 감동을 기억으로만 남기기가 너무 애석해 오래오래 간직하고자 책으로 만들었다.

50년 넘게 연을 맺고 있는 대학 동창들과의 여행, 곁에서 함께 나이 먹어 가는 부인 손을 잡고 떠나는 여행, 학회와 세미나 일정을 마치고 잠깐 동안의 여행, 3대가 함께 떠나는 여행, 소년시절의 추억을 더듬어 가는 여행, 최근 허락된 곳을 향하는 설렘의 여행 등 다양한 이야기가 있다.