

## 미국의 폐플라스틱 再活用 現況

김진현 · J. D. Miller

미국 유타대학교 금속공학과

### Recycling of Post-consumer Plastic Wastes in the USA

JinHyeon Kim and J.D. Miller

Department of Metallurgical Engineering, University of Utah, Salt Lake City, UT 84112, USA

#### 요 약

미국에서의 플라스틱 생산은 93년 현재 317억톤으로 연평균 10%의 증가율을 나타내고 있으며 종류별 사용량은 PET > HDPE > LDPE > PVC > PS > PP의 순서이다. 93년 현재 미국의 도시폐기물 중 폐플라스틱은 약 2,650만톤으로 전체 폐기물 중 8.3 wt.%이며 이중 재활용되는 양은 3.5%인 92만톤에 불과하다. 폐플라스틱의 재활용은 폐플라스틱을 재생하는 방법, 고형화, 액화 및 가스화에 의한 연료화방법, 연소에 의한 에너지 회수 방법으로 나눌 수 있으며 폐플라스틱에 대한 관심의 증가로 92년에는 플라스틱 음료수병의 41%가 재활용되고 있다. 그러나 플라스틱의 재활용시 가장 큰 문제로 수집, 분류 및 정제를 들 수 있는데 혼합 플라스틱의 분리기술이 현실화되지 못해서 현재의 재활용 기술은 비교적 균질한 성분을 대상으로 하고 있으며 공기분류, 하이드로싸이클론, 부상/침전, 탈중합/정제/재중합, 분리용해, 적외선 분석 및 폴리머의 레이저 조사에 의한 분리 등이 연구되고 있다

#### ABSTRACT

The paper reviews the kinds and their physical and chemical characteristics of various plastics. The needs for recycling of used plastics are emphasized and problems and challenges associated with treatments of such used plastics are described. It also makes various suggestions to meet and solve these problems.

#### 1. 서 론

플라스틱은 가열이나 가압 또는 이 두 가지에 의해서 성형이 가능한 재료, 또는 이러한 재료를 사용한 성형품의 총칭이며, 분자량이 큰 유기화합물로 최종상태는 고체이지만 가열하면 유동성을 갖는 특징이 있다. 세계 최초의 플라스틱은 L Baekeland가 1909년에 발명한 페놀 포르말린 수지(樹脂)이며, 이것이 외관상 송진(resin)과 비슷했기 때문에 일반적으로 합성수지(synthetic resin)라고 불렸다. 이런 이유로 그 후 인조 합성재료를 합성수지라고 부르게 되었으나, 천연수지와 전혀 다른 인조 합성재료가 많이 출현함에 따라 점차 그리스어인 플라스티코스(plastikos; 성형하기 적합하다는 뜻)에서 유래하는 플라스틱이라는 이름으로 통일되게 되었다.<sup>1)</sup> 플라스틱은 이처럼 나무나 철과 같은 다른 재료와 구별

되는 특징이 있으며 이를 Table 1에 나타내었다.<sup>2)</sup>

플라스틱은 일반적으로 두 그룹으로 대별된다. 하나는 고분자로서 가열에 의해 유동성을 가지게 되어 성형이 되는 열가소성(熱可塑性, thermoplastic) 플라스틱이고, 또 다른 하나는 저분자이지만 형틀(型)속에서 가열·가압되는 동안에 유동성을 가지게 되고 화학반응에 의해서 고분자화되어 그 후는 가열해도 유동성을 가지지 않는 열경화성(熱硬化性; thermoset) 플라스틱이다. Table 2<sup>3)</sup>는 열가소성과 열경화성 플라스틱의 차이를 간단히 나타내었다.<sup>3)</sup>

#### 2. 플라스틱의 제조

오늘날 사용되는 플라스틱의 원료는 대부분이 석유이고, 다음이 천연가스, 일부는 석탄을 원료로 사용한다. 이것들

**Table 1.** Plastics versus comparative materials(steel, aluminum, glass, paper, and lumber)

Distinguishing Feature		Advantages and Limitations	
<i>Structure</i>		Plastics are synthetic organic materials Metals are natural inorganic materials. Ceramics are natural inorganic materials with crystal structure. Broadly speaking materials properties and behavior is governed in part due to the freedom of the outermost electrons of the atom	
<i>Properties</i>	Density	Plastics are lighter compared to metals or ceramics.	
	Mechanical characteristics	Plastics have lower moduli(elastic tensile, or rigidity) than do steel, aluminum, glass, carbon, and wood Plastics are superior to metals or glass in impact resistance Plastics are more brittle than metals or wood but less than glass. The ductility of plastics is poorer compared to metals. Plastics are poorer in abrasion resistance than are comparable materials.	
		Thermal behavior	Plastics maximum service temperature is lower than that of metals or ceramics. In general plastics have higher thermal expansion than do metals.
		Electric resistance	Plastics have lower thermal conductivity compared to metals Plastics are poorer conductors of electricity than are metals.
	Other properties	Plastics have excellent corrosion resistance but poorer stress cracking and permeability than comparable materials. Plastics incorporate color at low cost. Most plastics are not degradable but can be used in landfills and safely burned with proper incineration facilities.	
<i>Production related aspects</i>		Plastics are excellent materials for designing by synthesis and processing. Alloys, composites, and polyblends are available in plastics, metals, and ceramics. Plastics require little secondary finishing with respect to comparable materials. Energy efficiency of plastics is generally higher than comparable materials.	
<i>Marketing</i>		Plastics markets are diversified in surface, space, and medical application The wholesale Price Index(% annual growth 1965-1975) for plastics, aluminum, paper was the same(5.5) compared with glass(6.2), steel(7.2), and lumber(8.0). The competitive edge between plastics and competing materials may depend more on processing cost rather than on specific properties of a given material.	

로부터 분자량이 작은 원료(또는 단위체)를 먼저 합성하고 이것을 고분자화 하여 플라스틱을 합성하며, 제조방법은 다음과 같이 대략 5종으로 나타낼 수 있다.<sup>4)</sup>

1) 중합반응(polymerization) · 폴리에틸렌 · 폴리프로필렌 · 폴리염화비닐 · 아크릴레이트계(系) 등 열가소성인 것의 대부분이 이 중합반응으로 제조된다. 중합반응에도 여러 가지가 있는데, 반응열을 처리하기 위해서 물 속에서 행하는 유화(乳化, emulsion)중합법과 현탁(懸濁, suspension)중합법은 특히 염화비닐의 경우에 흔히 사용된다. 그리고 용매를 사용하는 용액중합이 있는데 플리에틸렌이나 폴리프로필렌이 특수한 치클러계 촉매를 사용해서 만들어지는 한 예이다.

2) 중첨가반응(polyaddition) : 우레탄계를 합성할 때 사용되며, 반응시 원자를 잃지 않고 첨가해 간다.

3) 중축합반응(polycondensation) : 물이나 알코올과 같은 작은 분자를 방출하면서 고분자를 형성해 간다. 폴리카보네이트나 불포화폴리에스테르 · 나일론 66 등이 이 방법으로 만들어진다

4) 첨가축합(addition-condensation) : 페놀 수지 · 요소 수지 · 멜라민 수지 · 크실렌 수지 등 열경화성 수지의 대부분이 이 방법으로 제조된다

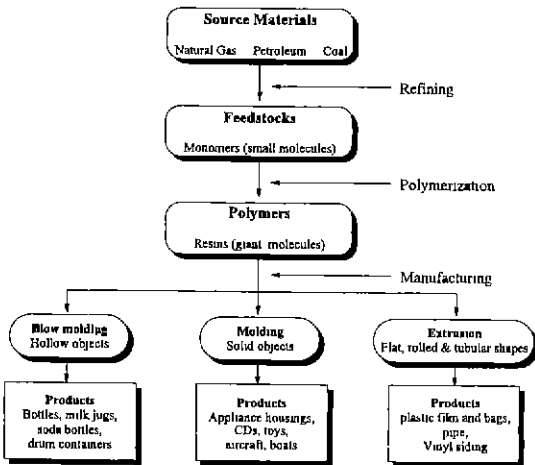
5) 기타 반응에 의한 고분자화 나일론 6 등 많은 내열성 수지의 제조 등은 여러 가지 유기 화학반응을 응용하여 고

**Table 2.** Thermoplastics versus thermosets

Distinguishing Feature		Thermoplastics	Thermosets
<i>Structure</i>		Linear plastics that soften under heat and can be remelted and remolded. They are capable of undergoing indefinite elastic deformations below the chemical decomposition temperature. Allow the use of scrap.	Nonlinear-cross-linked and rigid materials that are insoluble in the final state. They cure, set, or harden during cross-linking chemical reaction. The reaction can be brought about by heat, pressure, catalyst, other chemical
<i>Properties</i>	Specific gravity	0.91~2.2	0.11~2.6
	Compressive strength (10 <sup>3</sup> psi)	0.7~80.0	0.9~50.0
	Tensile strength (10 <sup>3</sup> psi)	1.5~14.5	4.0~35.0
	Impact strength notched IZOD (ft-lb/notch)	No break 0.2~20.0 greater impact resistance than thermosets	0.2~20.0
	Elongation (%)	3~300	<1~5
	Creep resistance		Better than thermoplastics
	Heat resistance (°F)	115~550	160~450
	Flammability	Slow burning to self-extinguishing except for fluorocarbons, which do not burn	Slow to self-extinguish or nonburning
	Electrical resistance	Excellent	Good
	Outdoor resistance	Little discoloration	Discoloration generally
	Water & chemical resistance	None to low water absorption. Generally little or some solubility in certain solvents. Attacked by strong acids and alkalis.	Very low to low water absorption. Generally little attack by solvents. Attacked by strong acids and alkalis.
<i>Production</i>		Bulk or mass, suspension, emulsion, and solution polymerization Extrusion, injection molding, blow molding, rotational molding, calendaring	Bulk or mass polymerization Liquid, compression molding, transfer molding, injection molding
<i>Major Products</i>		Acetals, acrylics, cellulose, fluorocarbons, polyamides, polyolefins, styrenes, vinyls thermoplastic polyester,	Aminos, casein, epoxies, phenolics, silicones, polyesters, polyurethanes
<i>Major Markets</i>		Packaging, construction, household and consumer, transportation, textile	Houseware and consumers, construction, transportation, industrial appliances
	Market share (%)	88.3	11.7
<i>Cost</i>		Generally molding, secondary finishing, color cost, scrap use, and lower specific gravity make thermoplastics cheaper than thermosets	If molding cost can be reduced, thermosets become more economical than reinforced or flame retardants thermoplastics
	Price (\$/lb)	0.31~0.45	0.38~1.00
	Competitive materials	1972/74=100	1975/77=100
	Annual growth (%)	9.6(higher than all competitive materials)	10.4(higher than all competitive materials)

**Table 3.** Recommended abbreviations for some commonly used plastics

Resin	Full-name	Resin	Full-name
ABS	Acrylonitrile-butadiene-styrene	PMMA	Polyethyl methacrylate
CA	Cellulose acetate	POM	Polyoxymethylene(polyformaldehyde; acetals)
CAB	Cellulose acetate butyrate	PP	polypropylene
EP	Epoxy	PS	polystyrene
FEP	Fluorinated ethylene propylene	PTFE	Polytetrafluoroethylene
MF	Melamine-formaldehyde	PUR	Polyurethane
PA	Polyamide(nylon)	PVAC	Polyvinyl acetate
PC	Polycarbonate	PVAL	Polyvinyl alcohol
PE	Polyethylene	PVC	Polyvinyl chloride
PET	Polyethylene terephthalate	PVDC	Polyvinylidene chloride(saran)
PF	Phenol-formaldehyde	SAN	Styrene-acrylonitrile



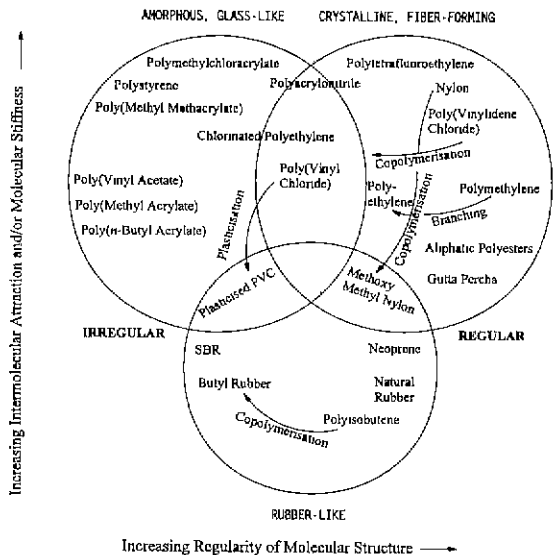
**Fig. 1.** Schematic diagram for production of plastics.

분자화 된다.

이와 같은 방법으로 제조된 플라스틱은 성분과 조성에 따라 여러 이름으로 사용되며 Table 3은 일반적으로 사용되는 플라스틱의 약어를 나타내었다.<sup>5)</sup>

그리고 오늘날 미국 플라스틱 생산의 80~90%를 열가소성 플라스틱이 차지하고 있으며 Fig. 1은 원료에서부터 플라스틱 제품의 생산에 이르기까지의 공정을 개략적으로 나타내었다.<sup>6)</sup>

플라스틱의 제조 공정중에서 폴리머(polymer)가 유리, 고무, 또는 섬유질 가운데 어느 하나가 되는데, 이것을 결정하는 주요인자는 폴리머의 연결사슬간의 유연성, 인력 및 규칙성을 들 수 있다 이러한 인자는 유리의 전이온도, 재료의 결정화 및 결정질의 용융점에 대한 영향이 크기 때문에 이의 조절이 대단히 중요하며, Fig. 2에는 폴리머가 이들의 영



**Fig. 2.** Effect of structure regularity, molecular stiffness and intermolecular attraction on polymer properties.

향에 의해 각각 다른 물질로 만들어지는 과정을 나타내었다.<sup>7)</sup> 이 밖에도 이들 인자들은 폴리머의 항복 강도, 밀도, 충격 강도, 용융시의 점성 등에 영향을 미친다.<sup>8)</sup>

### 3. 플라스틱의 발전

미국 플라스틱 산업의 발전은 1860년대 Hyatt에 의해서 비로서 시작되었고, 1870년에 그는 질산 섬유소(cellulose nitrate)와 장뇌(樟腦, camphor)를 반응시켜 새로운 물질인 셀룰로이드를 만들어 특허를 획득하였다. 그 후 Backland와 독일인 Standinger에 의한 연구로 발전을 거듭하여

**Table 4.** Growth of plastic production in USA

Year		Characterization of plastics
1930s	1939	Nylon stocking debut at the World's Fair, later to create stocking riots of the 1940s.
		World War II speeds plastics development with plastic bugles, canteens & navy dinnerware among the multitude of new uses.
1940s	1940	The christmas tree in Rockefeller Center is lighted with specially designed plastic ornaments, replacing glass ornaments from Europe.
		Polyvinylidene chloride is named Saran-first used to make suspenders, by the mid-1950s more than 5-million roll of Saran Wrap were sold each month.
	1946	Earl Tupper produces a 7-ounce polyethylene tumbler, the first of many items later available from Tupperware Home Parties Inc., nylon zippers & acryl dentures are introduced
1950s	1950	Plastics expand in packaging application.
	1955	The Corvette is first car to use plastic for body panels.
	1957	Monsanto's House of Tomorrow opens in Disneyland with walls, roof, floors, rugs. and furniture made of plastics
		Invention of Hula Hoop creates surge in demand for polyethylene
1960s	1964	Michelangelo's "Pieta" cushioned in plastics for shipment from Vatican's to the 1964 New York World's Fair.
	1967	"I just want to say one word to you ... plastics" -business advice to Dustin Hoffman's character in "The Graduate".
	1969	Man and plastics land on the moon.
1970s	1976	Plastic microwave cookware available to consumers.
	1979	"T-shirt" style plastic grocery bags test marketing proves to be successful.
1980s	1982	Dr. Robert Jarvik designs the artificial heart made largely of plastics.
	1983	Microwave ovens open a new market for plastic packaging.
	1986	The flight of voyager demonstrates the capabilities of advanced plastic composites when the 2,600 pound aircraft(including pilots) successfully flies around the world without refueling.
1990s	1991	1,876 curbside recycling programs accept some plastics, mostly PET.
		Coca Cola Co. & Hoest-Celanese Corp. introduce first plastic soft drink bottle incorporating recycled plastic

Table 4와 같이 오늘의 플라스틱 산업이 이루어졌다.<sup>9)</sup>

#### 4. 플라스틱의 재활용

오늘날 플라스틱은 금속, 세라믹 등 다른 소재에 비해 밀도가 낮고 가공이 쉽고 부식에 강하며, 제품의 생산과정과 플라스틱 자체의 단열특성을 고려할 때 에너지 절약에 유리한 점 등으로 포장재, 단열재, 전기 전자 자동차 부품 등에 거의 필수적으로 쓰이고 있다. 그러나 플라스틱의 이러한 장점과는 달리 사용후의 폐플라스틱은 분해가 어렵고 부피가 커서 매립에 한계가 있어 세계적인 관심사인 환경

문제와 자원의 재활용 측면에서 재고되어야 한다 현재 많은 나라에서 이에 대한 연구가 진행되고 있으나 아직은 초기단계이며 자원 재활용의 기술적인 측면과 환경보호 차원의 분해성 플라스틱의 개발 등이 대두되고 있다.

일반적으로 폐플라스틱의 재활용은 1) 폐플라스틱을 다시 재생하는 방법 2) 고형화 액화·가스화에 의한 연료화 방법 3) 연소에 의한 에너지 회수 방법 등과 같이 세 가지로 대별된다<sup>10)</sup> 이 중에서 현재 폐플라스틱의 재생방법에 의한 연구가 가장 활발하여 그 귀추가 주목된다.

최근 미국에서의 플라스틱 생산(1988년; 2,560만톤, 1993년, 3,170만톤)<sup>11)</sup>이 증가일로에 있어서 연평균 약 10%의

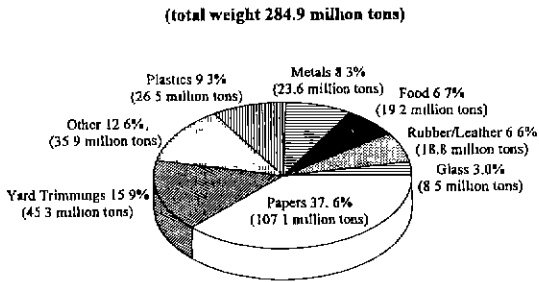


Fig. 3. Materials recovered in percent by weight of total recovery in 1993.

증가율을 나타내고 있다. 이런 추세라면 2000년에는 약 50 wt% 증가한 4,050만톤에 이를 전망이다. 플라스틱이 이처럼 산업계에서 널리 각광을 받게 되면서, 한편으로 폐플라스틱에 대한 처리문제가 중요한 사안이 되고 있다 따라서 경제적·환경적인 측면에서 폐플라스틱은 재활용되어야 하지만 현재까지 대부분의 폐플라스틱은 다른 쓰레기와 함께 매립 또는 소각되는 실정이다.

1993년 현재 미국의 도시 폐기물 가운데 폐플라스틱은 약 2,650만 톤으로 무게 비로 약 8.3%이며 그 가운데 폐플라스틱은 약 3.5%인 92만 톤이 재활용되고 있다. Fig. 3과 Fig. 4에는 이에 대한 미국 도시 폐기물과 재활용의 분포를 나타내었다.<sup>11)</sup> 그림에서 보는 바와 같이 전체 폐기물 중에서 플라스틱이 차지하는 비율은 작지만 다른 폐기물과 달리 재활용이 잘 되고 있지 않다는데 그 문제가 있다

이 중에서 플라스틱에 대한 소비 재활용과 하루 일인당 플라스틱의 소비에 대한 자료를 연대순으로 각각 Fig. 5와 Fig. 6에 나타내었다.<sup>12)</sup> Fig. 5에서 처럼 1980년대까지는 폐플라스틱의 재활용이 거의 이루어지지 않았으나 1990년부터 재활용이 시작되고 있다는 사실이다. 그리고 Fig. 6에서 보는 바와 같이 하루 일인당 플라스틱의 소비량이 시간의 증가에 따라 급격히 증가함을 볼 수 있으며, 이런 추세라면

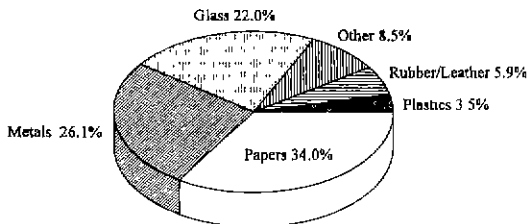


Fig. 4. Materials recovered in percent by weight of total recovery in 1993.

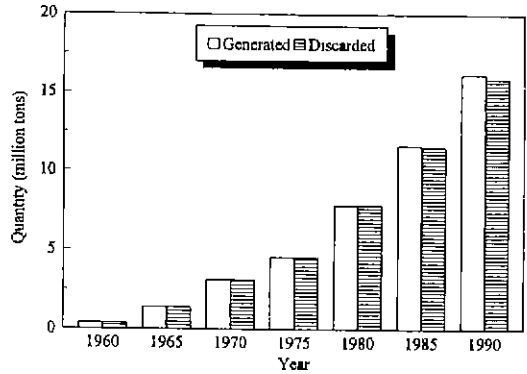


Fig. 5. Plastics generated & discarded in the MWS

2000년에는 하루 일인당 0.22 kg의 플라스틱 소비가 예상된다. 이처럼 우리의 생활과 밀접한 관계가 있는 플라스틱의 소비가 늘어나면서 이의 재활용이 반드시 이루어져야 함을 볼 수 있다. 도시 폐기물의 매립 및 소각은 비경제적이며 여러 이유로 해서 이런 처리방법은 점차 감소 추세에 있으며 이와 관련하여 도시 폐기물의 증가와 매립지의 감소로 인해서 폐플라스틱의 처리문제가 미국에서 중요한 문제로 대두되고 있다

폐플라스틱에 대한 산업계의 관심 고조로 최근에 연구가 활발하여 1992년에는 플라스틱 음료수병의 41%가 재활용되어 플라스틱의 재활용에 대한 인식이 달라지게 되었다.<sup>13)</sup> 또한 폐플라스틱의 재활용은 정제된 화석연료에서 얻는 폴리머를 대체할 수 있고 폐플라스틱의 재생에 소요되는 에너지는 화석연료에서 폴리머를 생산하는데 소요되는 에너지 보다 작기 때문에 화석연료의 소비를 줄이는데 결정적인 역할을 한다.

Table 5는 미국에서 가장 많이 소비되는 플라스틱의 중

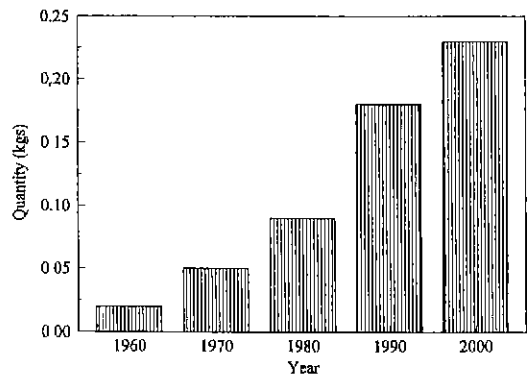


Fig. 6. Capita generation of plastics in kgs/person/day.

Table 5. Examples of polymer products in USA

Polymer		Primary product markets	Products example
Name	Symbol		
Polyethylene terephthalate (PET)		Packaging consumer products	Soft drink bottle, other beverage, X-ray and photographic film, food & medicine containers, magnetic tape
High-density polyethylene (HDPE)		Packaging	Milk and detergent bottles, heavy-duty films
Polyvinyl chloride (PVC)		Packaging building & construction	Cooking oil bottles, phono records, wall covering, flooring, meat wrap, construction pipe
Low-density polyethylene (LDPE)		Packaging	Refuse bags coated papers, wire and cable coatings
Polypropylene (PP)		Packaging furniture & furnishings	Yogurt and margarine tubs, syrup bottles, fish nets, drinking straws, auto battery cases, carpet backing, office furniture
Polystyrene (PS)		Packaging consumer products	Disposable foam dishes & cups, egg cartons, cassette tape cases, take-out container

류를 나타낸 것으로 이들이 전체 생산량의 약 80%를 차지하고 있으며 그 분포는 PET > HDPE > LDPE > PVC > PS > PP의 순서이다.<sup>14)</sup> 그리고 이들 6종류의 플라스틱에 대한 재활용 현황을 Fig. 7에 나타내었으며 그 중에서 HDPE의 재활용이 가장 많이 이루어지고 있음을 알 수 있다.<sup>15)</sup>

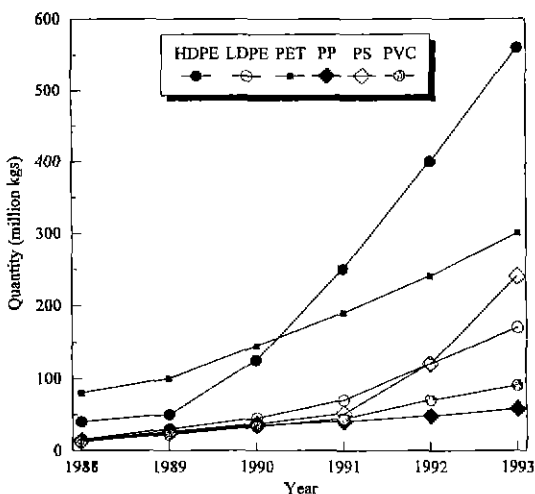


Fig. 7. U.S. demand recycled resin by type in 1988 to 1993.

폐플라스틱의 재활용은 처음에 포장용기—특히 PET로 만든 청량음료병과 HDPE로 만든 우유병—에서 비롯되었다. 먼저 수집되고 재처리공장에서 수작업과 기계에 의해 분류된 후 고속의 절단기 및 분쇄기로 박편을 만들어 세제와 물로 세척된다. 건조된 박편은 용해 및 pellet 주조를 거쳐 새로운 플라스틱 제품으로 된다.

그러나 불행히도 대부분의 경우 재생과정을 거쳐 만들어진 플라스틱은 순수 플라스틱(virgin plastic)과 비교했을 때 여러 성질들이 떨어진다. 종이, 금속, 접착제, 다른 플라스틱, 착색제 등과 같은 미량의 불순물이 포함될 경우 식품분야에서는 사용되지 못하기도 하며, 청량음료병에서 재생된 PET만이 순수 플라스틱의 순도와 비슷할 뿐이다. 그리고 우유병에서 재생된 HDPE는 소량의 지방산을 함유할 경우 냄새와 변색의 원인이 되기도 한다.<sup>16)</sup> 이는 각각 다른 용융 점과 열적 안정도를 갖는 물질이 서로 섞이게 되면 고유한 성질을 잃게 되기 때문이다. 한 예를 들면, PET에 PVC가 불순물로 존재할 경우 PVC의 가공온도에서 PET는 용해되지 않으며 그 결과 제품의 변색에 영향을 미친다. 재료의 불일치, 변색, 품질저하 등으로 인하여 물리적 성질이 저하되어 순수 플라스틱과의 가격경쟁에서 밀어지게 된다. 따라서 순수 플라스틱과 같은 수준의 물질분리가 중요하며 산업계에서 이에 대한 연구가 진행 중이다.

**5. 폐플라스틱 재활용에 대한 문제점**

플라스틱의 재활용시 직면하는 가장 큰 문제는 수집, 분류 및 정제에 있다. 어떤 제품의 경우는 한 종류의 플라스틱만으로 이루어진 것이 아니라 여러 종류의 플라스틱 재료들로 구성되어 있다. 예를 들어 시중에 유통되는 청량 음료수병의 경우, 몸체(PET, 68.7 wt%), 받침대(HDPE; 24.4 wt%), 뚜껑(PP; 3.6 wt%), 상표(PP; 2.4 wt%), 접착제(EVA; ethylene-vinylacetate, 0.6 wt%), 패킹(butadiene/styrene, 0.2 wt%) 등으로 이루어져 있다.<sup>17)</sup> 그리고 HDPE병은 무색의 우유병에서부터 색깔이 화려한 세제병에 이를 정도로 다양하다. 따라서 폐플라스틱의 재활용은 각각의 플라스틱을 어떻게 서로 분리하는가에 따라 재활용의 의미가 달라진다. 또한 산업계에서 열가소성 플라스틱의 선별적인 분리의 실례가 현재까지 그리 많지 않으며 대부분이 수작업으로 직접 분리되는 실정이다.

극히 제한적이지만 플라스틱을 과립형태로 만든 후 비중차를 이용하여 HDPE, LDPE, PP, EVA 등과 같은 여러 성분 중에서 PVC와 PET를 분리하는 상업적인 예가 있지만 PET에서 과립형태의 PVC 분리 및 올레핀계의 분리는 현재의 기술로 불가능하다 따라서 산업계에서 현재 많은 연구가 진행중이며 분리방법은 주로 공기분류, 하이드로사이클론, 부상/침전, 탈중합/정제/재중합, 분리용해, 적외선 분석 및 레이저 주사에 의한 분리 등이 있다.

현재까지 화학적인 성질을 기본으로 한 플라스틱의 분리에는 분리용해와 탈중합 방법만이 실험실에서 이루어지고 있지만 분리용해는 휘발성, 독성, 유기용매(크실렌, 시클로헥산) 등을 수반하며 비경제적인 분리방법이다. 공기분류와 하이드로사이클론 분리방법은 입자의 분포와 비중이 전체 분리효율을 좌우한다. 더구나 혼합 플라스틱의 분리는 폴리머의 어떤 특성을 검출할 수 있는 장치가 필요하며 그런 특성에는 bar code, 분광판독기, NMR 신호 등이 있다. 물론 자동화된 분리가 개발되고 있지만 그 장비들이 과연 경제적으로 유용할 수 있는지에 대해서는 아직 의문이다.

혼합 플라스틱의 분리기술이 아직 현실화되지 못해서 재활용에 대한 전체적인 단계가 느릴 수밖에 없으며 현재 재활용기술은 비싼 수작업 분리의 문제 때문에 비교적 균질한 성분을 대상으로 하고 있다. PET와 HDPE는 시장성이 크지만 순수 플라스틱과의 경쟁 때문에 균질한 성분만이 재활용되고 있으며 이와 관련하여 플라스틱을 경제적으로 재활용하는데는 먼저 분류, 동일화 및 정제가 선행되어야 한다.

**6. 결 론**

오늘날 미국의 자원재활용에 대한 관심은 "재활용도 좋

지만 재사용은 더욱 좋다(Recycling Is Good, But Reuse Is Better)" 라는 표어가 나올 정도로 적극적이다. 따라서 우리의 생활과 불가분의 관계에 있는 플라스틱은 지구의 한정된 자원의 재활용과 환경보호 차원에서 분리가 선행되고 기술적인 선별과정이 이루어져야 하지만, 무엇보다도 재활용에 대한 우리의 인식전환이 가장 필요하며 사회와 산업계에서 이를 긍정적으로 유도 할 수 있는 분위기가 중요한 인자라고 생각된다.

**참고문헌**

1. T. Richardson. Modern Industrial Plastics, Bobbs-Merrill Co, Indianapolis, pp. 1-6 (1981).
2. M.D. Baijal, Plastics Polymer Science and Technology, Wiley-Interscience Pub., New York, 11-12 (1982).
3. M.D. Baijal, Plastics Polymer Science and Technology, Wiley-Interscience Pub., New York, 13-14 (1982).
4. I.I. Rubin, Handbook of Plastic Materials and Technology, John Wiley & Sons, Inc., New York, pp. 799-815 (1990).
5. S.S. Schwartz, Plastics Materials and Processes, Van Nostrand Reinhold Co., New York, p. 44 (1982)
6. J.D. Porro, The Plastic Waste Primer, Lyons & Burford, Washington DC, 23 (1993)
7. J.A. Brydson, Plastics Materials, 5th ed., Mid-County Press, London, p. 57 (1989).
8. J. Frados, Plastics Engineering Handbook, Van Nostrand Reinhold Co., 75-82 (1976).
9. J.D. Porro, The Plastic Waste Primer, Lyons & Buffford, Washington DC, 20 (1993)
10. T.E. Duston, Recycling Solid Waste, Quorum Books, London 11-28, (1993)
11. C.P. Rader & S.D. Baldwin, et al., Plastics, Rubber, and Paper Recycling, American Chemical Society, Washington DC 11-26 (1995).
12. Population from Bureau of the Census, Current population Report. in EPA, Characterization of MSW (1992).
13. V. Comello : R & D Magazine, Oct. 25, pp. 20-22 (1993).
14. T.R. Curlee. "Plastic Wastes : Management, Control, Recycling, and Disposal" Noyes Data Co., New Jersey (1991).
15. B.A. Hegdberg, Mixed Plastics Recycling Technology, Noyes Data Co, NJ, 70 (1992).
16. F.P. Boettcher "Emerging Technologies in Plastics Recycling", ASC Symp. Ser. 513, Washington DC, 16-15 (1992).
17. P.S. Baltz. "Emerging Technologies in Plastics Recycling", ASC Symp. Ser. 513 Washington DC, 258-265 (1992).