

포장재로서의 플라스틱

재활용 기술 개발로 원료 환원량 늘려야

본고는 한국플라스틱재활용협회에서 한국환경정책학회에 의뢰한 “플라스틱 포장재의 환경적 특성 및 관련정책에 관한 연구”의 일부를 발췌한 내용입니다.

편집자 주

1. 포장재료로서의 플라스틱

우리가 매일 접하고 있는 제품의 포장이나 용기는 현대 소비 문화의 한 단면을 극명하게 보여주고 있다. 플라스틱 포장재의 등장은 물건의 보호, 관련 기술의 발전, 식품의 보존성 연장 등을 통하여, 인간의 삶의 질 향상을 포함한 우리 생활의 대부분을 변화시켜 왔고, 아직도 그 역할은 크게 변하지 않고 있다. 포장재 산업은 또한 현대 경제의 핵심적 역할을 하고 있으며, 날로 그 범위가 확대되고 있다.

1-1. 포장재의 요건 및 기능

전통적으로 포장재는 기능, 소비자 감각을 위한 외양, 편리성, 유용성, 비용 등에 의하여 선택되어 왔다. 기계적 충격을 흡수하는 완충 기능, 습기로 부터 제품을 보호하는 방습·방수 기능, 기체의 출입을 차단하는 기밀 기능을 발휘하여 제품을 안전하게 운반하고 품질의 변화없이 장기간 보존할 수 있도록 도와주는 역할을 담당하고 있다. 유사한 기능을 지니고 있다 하더라도

그 고급스러운 외양에 따라 소비자의 구매 의욕을 좌우하기도 한다.

편리성과 유용성도 포장의 중요한 속성들이며, 결정적인 역할을 하는 것은 역시 그 포장에 소요되는 비용이라는 사실은 현대 경제의 시장 원리를 잘 대변하고 있다.

한편, 환경에 대한 관심이 높아지고 포장재가 고형폐기물의 많은 부분을 차지하고 있다는 인식이 높아짐에 따라 제조과정이나 사용 중의 환경적 의미뿐만 아니라, 사용 후 포장재의 운명도 선택의 기준이 되어 가고 있다.

포장재료와 그 구성방법이 포장재의 환경영향을 결정하기 때문에 포장재의 제조, 포장방법, 최종처리를 이해하는 것이 환경문제를 이해하는데 도움이 될 것이다.

1-2. 포장 재질간의 특성 비교

1-2-1. 종이 포장재

종이포장은 골판지, 종이 팩, 종이 봉투 등으로 크게 나눌 수 있다. 골판지 포장은 운반용기로서는 가장 경제적인 방법으로 각광을 받고 있

다. 기계적으로 견고하여 보호기능이 뛰어나고 표시가 가능하며 쉽게 재활용할 수 있다. 플라스틱보다 강도 면에서 다소 뒤떨어지지만 꾸준히 그 시장 점유율을 유지하고 있다.

종이 짝은 특히 과자류 및 음료 등의 식품, 화장품, 장난감 등에 광범위하게 사용되고 있다.

종이봉투는 간편하기는 하지만 방수성이 부족하고 인장강도가 낮아 특히 젖은 식료품에 부적절하여 기능적으로는 비닐봉지에 비해 열세를 면하지 못하고 있다.

1-2-2. 플라스틱 포장재

플라스틱 포장재로 사용되고 있는 것들은 몇 종의 고분자 물질 가운데 하나이다. 다음에 열거될 물질들은 가장 일반적인 플라스틱 포장재이며, 시장 점유율 TBS으로 그 특성을 살펴본다.

- 저밀도 폴리에틸렌(LDPE): 필름, 랩, 쓰레기 봉투, 종이 코팅 등에 사용되는 유연 포장 물질

- 고밀도 폴리에틸렌(HDPE): 세제류의 병에 사용되는 반투명 물질

- 폴리프로필렌(PP): 단단하고 내열성 및 내화학성이 우수하여 식품 포장용이나 시럽의 병으로 사용되는 물질

- 폴리스티렌(PS): 열적인 성질이 우수하고 음식 받침이나 컵라면, 도시락에 주로 발포된 형태로 사용되는 물질

- 폴리에틸렌테레프탈레이트(PET): 강하고 잘 깨지지 않아 주로 음료수 병이나 의약품 용기로 사용되는 물질

- 폴리비닐클로라이드(PVC): 투명하고 단단하여 물이나 식용유의 병으로 사용되는 물질

플라스틱 용기가 시장에서 우위를 점하고 있는 이유는 상대적으로 잘 깨지지 않아 주로 부엌이나 목욕탕 바닥에 떨어뜨렸을 때 깨지기 쉬운

삼푸, 의약품, 세제류, 식품, 음료의 용기로 각광 받고 있기 때문이다. 또한 무게가 가볍고 오래 사용할 수 있다는 장점도 동시에 가지고 있다.

투명불투명 표면의 굴곡, 색깔, 성형 모양 등에서 탁월한 유연성을 발휘하고 있다. 또한 방습의 효과로 쇼핑백이나 쓰레기 봉투로 아주 적절한 물질로 간주되고 있다.

1) 플라스틱 병

식음료의 용기로 광범위하게 사용되고 있는 플라스틱 병은 경쟁 재료인 유리보다 약 90%가량 가볍고 잘 깨지지(shatter-resistant) 않으며, 공정 에너지 측면에서 유리나 알루미늄보다 우위를 확보하고 있다. 예를 들면 PET는 유리보다 25%, 알루미늄보다 65% 에너지 효율적이다. 여기서 유통 중 수송에너지까지 감안하면 플라스틱의 에너지 효율은 경쟁재료보다 더욱 높아지게 된다.

플라스틱 용기도 그 기능적 한계는 분명히 있다. 플라스틱은 기체 투과성을 가지고 있기 때문에 삼폐인과 같은 내용물은 결국 그 압력을 잃게 된다. 반면, 식품의 맛에 영향을 미치게 되는 산소의 투과가 핵심적인 식품 응용에는 기체 투과율이 낮거나 거의 없는 금속이나 유리 용기가 적절하다. 발효식품과 같이 화학적으로 활동적인 식품의 보존에 적당하지 않은 플라스틱 물질도 있다.

이러한 플라스틱 병의 재활용은 유리병이 재활용되어 다시 유리병으로 태어나는 그것과는 달리 다양한 재활용 제품으로 시장에 등장하게 된다. 미국의 경우 연간 1억 파운드 이상의 고밀도 폴리에틸렌이 재활용되어 가구, 파이프, 표지판, 장난감, 쓰레기통으로 만들어지고 있다. PET병은 상대적으로 재활용 가치가 높은 플라스틱으로 재생 PET도 폴리에틸렌보다 가치가

크다는 사실에 주목해야 한다.

PVC병의 재활용은 PET나 폴리에틸렌보다 많이 뒤쳐져 있다. 그 이유는 PVC가 열적으로 불안정한 점과 가소제나 기타 첨가제 등이 첨가 되는 특성을 지니고 있기 때문이다.

플라스틱 포장에서 가장 혁신적인 기술 중 하나로 손꼽히는 것이 바로 다층 플라스틱 병으로 플라스틱으로는 구현할 수 없었던 산소 차단 물성을 지니고 있다.

2) 필름

최소 필름 제품은 목재에서 비롯된 유기 물질인 셀로판(cellophane)이다(셀로판이라는 용어는 셀룰로오스에서 유래된 것이다). 현재의 대부분의 필름 제품은 합성 고분자를 그 기초로 하고 있으며 경우에 따라 서로 다른 플라스틱의 다층으로 구성되기도 한다. 셀로판도 그 물성을 향상시키기 위하여 다른 고분자로 코팅하기도 한다.

플라스틱 필름의 조성은 매우 다양하여 필요한 성질에 따라 그 물성을 정확히 조절할 수 있다. 저밀도 폴리에틸렌은 식빵 봉지, 연한 제품 등의 투명한 포장에 널리 사용되고 있다. 고밀도 폴리에틸렌 방습이나 기체 차단이 필요한 식품 포장에 적합하다. 그 외에도 PVDE, PVT, PVC, PP, 나일론, 폴리카보네이트 등의 고분자 물질과 그들의 공중합체들도 포장 필름으로 다양하게 사용되고 있다.

2. 포장재의 환경 문제

2-1. 종이의 문제점 및 해결 과제

일반적으로 소비자들은 종이가 생분해성이기 때문에 환경친화적이라고 생각하고 있다. 물론 공기 중에 노출되어 있고 적절한 습기가 주어진다면 이는 틀림없는 사실이다. 만일 왁스 처리가

되어 있거나 비닐 코팅이 되어 있는 경우 종이의 분해 속도는 현저하게 감소한다. 그러나, 간과해서는 안 될 점은 종이를 매립하게 되면 공기와 습기로부터 차단되어 수 십년이 걸려도 쉽사리 분해되지 않는다는 점이다.

실제로 매립지에서 발굴해 낸 수십 년이 지난 신문이나 전화번호부가 거의 완벽하게 보존되어 그 내용을 읽을 수 있다는 사실을 알 수 있다. 쉽게 썩어 버릴 것 같은 음식물도 실제로는 20년에 가까운 시간이 경과했음에도 불구하고 그 형상을 거의 완벽하게 유지하고 있음을 보여 주고 있다.

종이가 원천적으로 생분해성으로 썩는 것은 사실이다. 그러나 매립지에서는 썩을 수 있는 적절한 조건을 제공해 주지 못하기 때문에 경우에 따라서는 생분해성이므로 환경친화적이라는 주장이 옳지 않다. 종이가 자체의 생분해성을 발휘하기 위해서는 퇴비화(composting)와 같은 발효의 조건, 즉 적당한 산소와 습기를 제공받아야 한다. 종이 포장재에서 비롯된 쓰레기는 이때 비로소 생분해성의 장점을 발휘하게 되는 것이다.

또한 많은 사람들이 종이 포장이 환경친화적이라고 생각하는 이유는 재활용이 가능하다는 사실이다. 제지재활용 공정은 매우 많은 에너지와 용수, 그리고 화학물질을 사용하고 있다. 미국의 자료에 의하면 종이를 재활용 하는 경우 절약 에너지량은 톤당 4,100, 절약 용수량은 탈묵 과정을 포함하면 35%, 대기배출량은 74% 감소한다고 보고하고 있다. 그러나 재활용의 경우 탈묵 과정에서 사용되는 화학물질에 관한 전과정적인 영향을 고려해야 하고, 표백 과정에서 불가피하게 발생하는 염소 유기화합물의 발생을 줄이기 위하여 염소 대신 이산화염소, 산소, 과산

화수소의 사용을 해야 하며, 폐수 발생을 줄이기 위한 무방류 시스템의 전환도 필수적이다. 이런 점을 모두 감안한다면 종이와 다른 재료에 비해 환경친화적이라고 주장하는 것은 다소 무리가 따른다.

국내의 경우를 보면 수입 폐지, 우유팩, 골판지 등을 신문지나 화장지, 골판지 등의 제조에 이용하고 있다. 그러나, 아직 재활용을 위한 하부구조의 미비로 수입 폐지가 대부분을 차지하고 있으며 사무용지나 기타 포장재의 대부분은 매립되고 있는 실정이다. 결국 재활용의 순환구조가 지니고 있는 취약점을 규명하여 보강하여야 환경친화적 재활용을 달성할 수 있을 것이다.

제지산업의 환경친화적 전환에 필요한 이러한 과제를 해결하기 전에는 종이 사용을 함부로 확대하는 일은 환경개선에 큰 도움이 되지 않을 것이다.

종이가 경쟁재료에 비하여 환경친화적이라는 검증도 필요하지만 실제 그렇다고 하더라도 그러한 주장만으로는 성공적인 재활용 활성화 또는 재활용 산업의 육성은 불가능하다. 가격 경쟁력, 지속적인 품질 유지, 사용자의 요구 조건 충족(기계의 원활한 운전, 인쇄 선명도, 원자재 가격의 일정 수준 유지)등에 버진 펄프(virgin pulp)와 대등한 위치가 되어야 하는 것이다. 또한 품질 저하없이 최대한 많은 폐지를 사용하여야 한다는 점도 과제라 할 수 있다. 이 포장재가 진정한 의미에서 환경친화적 우위를 차지하려면 결국 버진 펄프에서 만들어진 종이의 경쟁에서 살아 남아야 한다. 종이의 사용이 확대되어 있음에도 재생지가 살아 남지 못하면 폐지는 공급과잉으로 그 가격이 하락하고 수집에 소용되는 비용을 감당하지 못하게 될 것이다. 이는 바로 폐지를 다시 매립지로 향하게 하는 요인 될

것이다. 그러므로, “녹색”이라는 무기만으로 재생지의 사용을 강요한다는 것은 종이와 지니는 근본적인 환경문제를 도외시키는 행위가 될 뿐이다.

2-2. 플라스틱의 문제점 및 해결 과제

각종 환경 문제가 날로 심각해짐에 따라 플라스틱의 재활용이 부분적으로는 실현되고 있다.

그러나, 이상적인 수준에 이르기까지는 아직도 해결해야 할 부분이 너무 많다. 이는 플라스틱만이 안고 있는 문제가 아니라 재활용 전반에 걸친 문제라고도 볼 수 있다. 실제로 플라스틱의 경우, 기술 부족, 폐플라스틱의 공급 및 가격 불안정, 용도 개발 미흡으로 인한 수요 부족, 정부 정책의 일관성 부재, 소비자의 인식 부족 등 인프라스트럭처(infrastructure)의 어느 일부만으로도 제대로 갖추어지지 못하고 있는 실정이다.

플라스틱과 관련된 환경 문제는 (1)상기의 여러 가지 이유로 인한 낮은 재활용률, (2)일부 제조업자들의 과도한 포장 물질 사용, (3)불필요한 2차 포장, (4)많은 부분이 발호의 형태나 용기 등으로 사용되어 플라스틱 자체의 부피보다는 빈 공간이 많아 매립할 경우 - 그래서 안 되지만 - 많은 공간을 차지한다는 점 등이 대표적인 경우이다. 또한 이러한 플라스틱에 관한 환경 문제를 분리하여 독립적으로 해결하려 할 것이 아니라 우리나라 전체의 고품폐기물 정책의 일환으로 고려하여야 할 것이고, 이 폐기물 정책 역시 전반적 환경정책과 조화를 이루어 나가야 한다.

플라스틱 포장재가 안고 있는 환경문제를 발생량이 많거나 썩지 않는다는 이유에만 근거하여 접근하여서는 절대 해결할 수 없다. 발생량이 많다는 사실이 문제시 되고 있는 이유는 쓰레

기를 매립에 의존하고 있는 우리의 현실 때문이다. 이를 단순히 매립지 부족에만 연계시키면 플라스틱의 사용을 억제하는 방법 외에는 해결 방안이 없다고 생각할 수 있다. 이는 매우 소극적인 생각으로 자연주의로 회귀하자는 뜻으로 해석할 수 밖에 없다. 플라스틱 포장재를 사용하지 않으면 우리는 신선한 식품의 장기간 보관, 의약품의 안전 사용 및 보관 등 잃어야 할 것들이 너무나 많다.

발생원 감축, 재사용 및 재활용 촉진, 퇴비화, 소각, 매립 등 여러 대안들을 활용하여 일관성 있고 조화롭게 폐기물 정책을 시행하여야 한다. 기업은 불필요한 폐기물이 발생하지 않도록 제품이나 포장의 설계시 발생원 감축에 노력해야 할 것이다. 소비자들은 가능한 재사용을 늘리고 재활용 산업 종사자들도 재활용 기술 개발에 더욱 노력하여야 할 것이다. 음식물 쓰레기처럼 물기가 많고 잘 썩는 물질들은 퇴비화를 해야 하며, 고에너지 값을 가지고 있는 재활용 불가능 폐플라스틱은 소각을 통하여 에너지를 회수하여야 한다.

상기의 모든 방법을 동원하고도 어쩔 수 없이 발생하는 소각재 등만을 매립지로 보내야 한다. 이는 매우 자연스러운 방법으로 자연스러운 방법이 최선의 방법이라는 점을 우리 모두가 깨달아야 한다. 이를 위해서는 무엇보다 정부의 적극적인 역할이 필요하게 된다.

물기가 많은 음식물 쓰레기를 기름을 부어가며 소각하려 한다거나 썩지 않는 폐플라스틱을 매립하고 썩기를 기다리는 것은 매우 어리석은 일이다.

들을 땅 속에 심어 놓고 물과 비료를 주어가며 썩이 트기를 기다리는 우를 우리 모두가 범하고 있는 것이다.

사실 발생량이 많다는 사실과 썩지 않는다는 사실은 단점이 아닌 장점으로 우리에게 많은 기회를 제공하고 있다. 폐플라스틱의 발생량이 많지 않으면 규모의 경제가 불가능해 버진(virgin)플라스틱과의 가격 경쟁력을 갖출 수 없어 게임 시작 전부터 손발을 묶어 둔 것과 같은 이치가 된다. 또한 발생량이 많다는 것은 원료공급이 원활하고 공급가격이 저렴하다는 것을 의미한다. 공급량이 부족한 반대의 경우를 생각해 보면 폐플라스틱이 산업의 원자재로 얼마나 좋은 조건을 가지고 있는지 더욱 쉽게 알 수 있다.

플라스틱이 썩지 않는다는 사실도 상당히 긍정적인 요소를 가지고 있다. 그 부피를 줄이고 보관할 적당한 장소만 확보하면, 예를 들어 폐플라스틱 전용 매립지 우리나라 우리의 후손이 원할 때면 언제나 원자재로 사용할 수 있는 매우 믿을 만한 자원이다. 음식물 쓰레기에는 이처럼 사치스러운 여유가 없다는 사실을 감안할 때 이는 폐플라스틱의 장점으로 볼수도 있는 것이다.

썩는 쓰레기는 썩고 냄새가 나서 문제이고 안 썩는 쓰레기는 썩지 않아서 문제라고 생각하는 것은 사물을 지나치게 비판적으로 보는 시각이다. 썩는 쓰레기는 쉽게 썩혀 빠르게 소멸될 수 있는 방법을 사용하고, 썩지 않는 쓰레기는 이 장점을 활용하여 해결 방안을 모색하여야 한다. 썩는 쓰레기는 썩으니 다행이고 썩지 않는 쓰레기는 썩지 않으니 다행이라는 긍정적인 시각에서 문제의 해결책을 찾아 나가야 할 것이다.

2-3. 잘못된 인식

플라스틱에 대한 부정적인 시각은 매우 다양하다. 아마 가장 흔히 접하는 것이 바로 난분해성, 즉 썩지 않는다는 점일 것이다. 미국 플로리다주의 한의원인 G. A. Kirkpatrick은 “햄버

거는 먹는 데에 단지 몇 분이 걸릴 뿐이다. 그런데 포장은 왜 피라미드만큼 오래 존속되어야 하는가?”라고 말한 적이 있다. 사실이다. 플라스틱은 매립지에서 쉽사리 분해되지 않는다. 그러나 그것은 햄버거도 마찬가지이다. 실제로 공기와 습기가 완전히 차단된 현대의 매립지에서는 실제로 그 아무 것도 썩지 않는다.

플라스틱이 잘 썩지 않는 것이 문제라고 여기고 썩는 플라스틱의 출현을 갈망하고 촉구하는 것을 흔히 볼 수 있다. 물론 플라스틱 재료의 특성상 자유자재로 다양한 물성을 발휘하고 있는 것을 익히 보아온 사람들의 정당한 기대일 수도 있다. 그러나, 썩는 플라스틱이 어찌면 더 큰 문제를 유발할 수도 있다. 상식적으로 분해 과정은 생성 과정의 역으로 추정해 볼 수 있는데 이 경우 고체인 플라스틱이 액체나 기체로 전환되면서 토양이나 수질 오염을 유발하게 된다면, 이는 매립지 고갈보다 훨씬 더 무서운 결과를 초래하게 될 것은 자명한 일이다.

하천이나 호수에 떠다니는 플라스틱 병을 흔히 볼 수 있는데 썩지 않는다는 것이 얼마나 다행인가. 물 속에서 썩어가고 있는 기타의 포장재야말로 우리의 식수원을 오염시키고 있는 것이다. 썩는 플라스틱이 모든 것을 해결해 주지 않는다는 사실을 잊는 우리 모두가 인식해야 할 시점이 되었다. 플라스틱이 썩고 안 썩고의 논쟁은 이제 큰 의미가 없다.

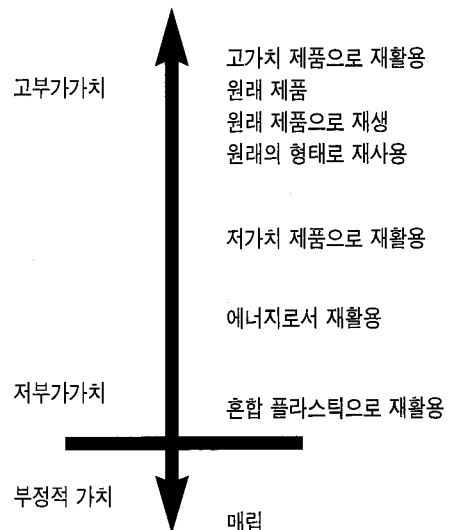
또 한 가지 간과해서 안 될 사실은 음식물 쓰레기는 공기 중에서 잘 썩는 물질이기 때문에 우리에게 많은 우려와 노고를 필요로 하고 있다. 썩는 쓰레기는 썩는 쓰레기대로의 해법을, 안 썩는 쓰레기는 안 썩는 쓰레기대로의 해법을 찾아야 할 것이다. 플라스틱은 썩지 않아 수명이 길고 견고하여 우리 소비자의 사랑을 받아

왔던 것이다. 이제와서 썩지 않는다고 나무라기만 하는 것은 타당하지 못하다. 진작부터 잘 썩는 배추 잎으로 쇼핑백을 만들지 못한 이유는 무엇인가? 썩지 않는 플라스틱을 골치 아픈 쓰레기로만 볼 것이 아니라 현실적으로 버릴 수 없는 필수적인 생활의 일부임을 인정하고 적절히 처리할 수 있는 각종 대안들은 만들어 가야 할 것이다.

실제로 플라스틱이 재활용되고 있는 실제 사례가 매우 많지 않기 때문에 플라스틱은 재활용이 불가능한 것으로 알고 있는 경우가 많다. 그러나 대부분의 포장 재료나 일회용품에 사용되는 플라스틱은 열가소성으로, 다시 말하면, 열을 가하면 녹기 때문에 성형하여 재사용이 가능한 것들이다. 실제로 플라스틱의 사용과 재사용에 관련된 가치사슬이 엄연히 존재하고 있다 ((그림 1)참조).

플라스틱은 수명이 길고 재활용이 가능하지만 불행히도 현재로서는 대부분 매립지에서 그 최종 운명을 마치고 있다.

(그림 1) 플라스틱의 재사용에 관한 가치



플라스틱 포장은 또한 재생 불가능한 석유 자원의 고갈을 유발한다고들 믿고 있다. 국내의 통계는 없지만 미국의 경우 원유나 천연가스에서 석유 화학 물질을 제조하는 양은 2%이내이며 특히 포장재로 제조되는 양은 0.5%에도 미치지 않고 있는 실정이다. 나머지는 거의 휘발유의 형태로서 차량의 연료로 사용되고 있는 것이다. 결국 플라스틱 포장재의 사용 금지는 원유 사용량 절감, 즉 석유자원 고갈 문제의 해결에 아무런 기여를 할 수 없는 것이다.

또한, 석유 화학물질에서 비롯된 공해는 연료 연소에서 비롯되는 그것과 비교하면 거의 무시할 수 있을 것이다.

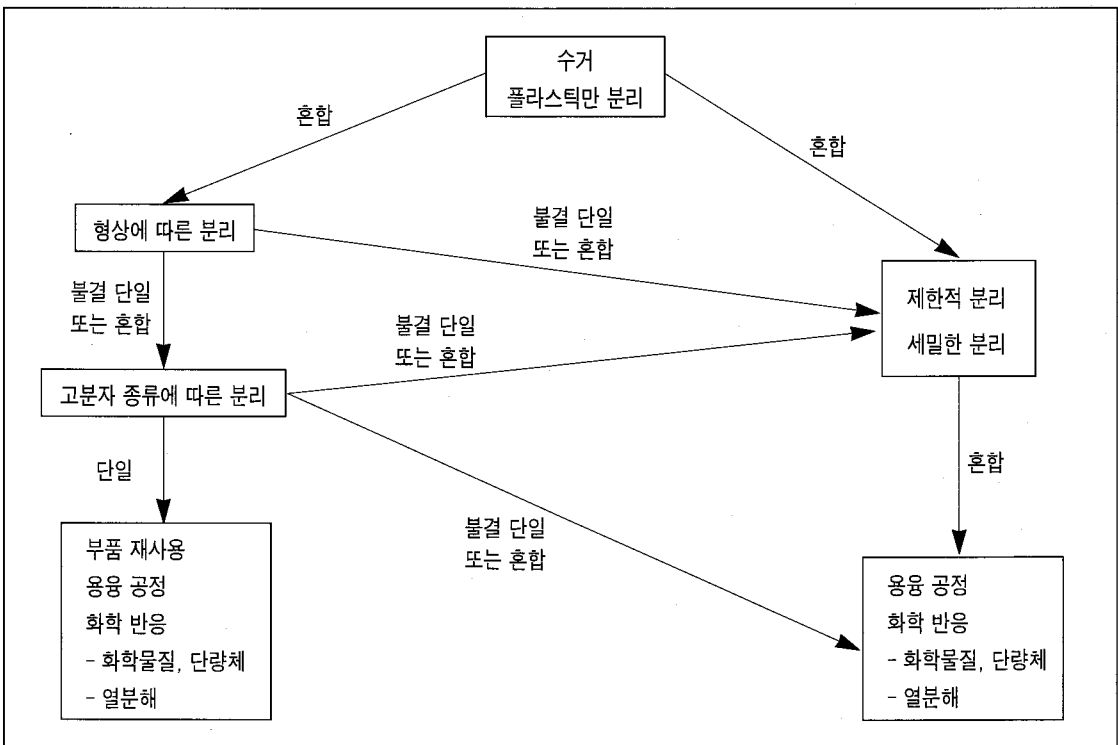
플라스틱이 외면되고 있는 또 다른 이유는 제조시 또는 소각시 유해하다는 인식 때문이다.

과거에는 스티렌 등의 발포시 오존층 파괴의 주범이라고 하는 CFC를 사용한 것이 사실이다. 그러나, 현재 발포제로 CFC를 사용하는 예는 거의 없다. 기타 플라스틱이 금속을 기초로 한 안료(pigment)나 특히 PVC의 경우 소각시 다이옥신(dioxin)을 방출할 잠재적 유해 요소를 지니고 있기는 하다. 그러나, 최적의 온도를 보장하는 스크러버 시스템(scrubber system)이나 연소 제어 등의 기술이 발전함에 따라 이러한 우려를 잠재울 수 있게 되었다.

2-4. 폐플라스틱의 회수 및 재활용 기술

폐플라스틱의 회수 및 재활용에는 [그림 2]에서 볼 수 있는 것처럼 다양한 기술이 포함된다. 각각의 기술에는 기술적 경제적 조직적 요

[그림 1] 플라스틱 회수 및 재활용 흐름



소를 지니고 있다. 회수 및 재활용에 관한 결정을 내릴 때에는 다음과 관련된 기술을 고려하여야 한다.

- 사용이 완료된 폐플라스틱의 수거
- 수거된 폐플라스틱의 분리

원하는 폐플라스틱이 함유된 플라스틱 부품의 분류, 재생 가능한 플라스틱과 매립용 플라스틱으로 분류, 플라스틱 가공, 원료로의 재가공, 단량체, 화학물질, 연료로 전화, 이러한 결정에는 수거된 폐플라스틱의 양, 구성, 재활용 플라스틱의 시장성 등의 요소가 크게 영향을 미치게 된다. 폐플라스틱의 재활용은 소비후 수거된 플라스틱과 공장에서 발생한 제조 공정 중의 스크랩(scrap)으로 크게 나눌 수 있는데 본 보고서에서는 소비후 폐플라스틱에 관한 부분을 중점적으로 취급하기로 한다.

2-4-1. 폐플라스틱의 회수 기술

1) 수거

폐플라스틱을 수거하는 데에는 다양한 방법이 있을 수 있다. 분리 배출, 예치금 제도, 혼합 수거후 분리, 유통망의 역순 이용 등이 그것들이다. 병, 용기 등으로 분리하여 배출하는 것이 현재로서는 세계적인 추세라고 볼 수 있다. 유통망 역순 이용은 현재 유리병의 경우에만 예치금과 함께 사용되고 있는 방법이다. 그러나 이러한 방법은 컴퓨터나 복사기 부품, 자동차 부품등에 그 사용 가능성을 타진해 볼 필요가 있을 것이다. 혼합 수거 후 분리를 제외하고 다른 모든 방법을 시행하기 위해서는 수거 서비스 등 사회적 인 제도가 필요한 것들이다.

물론 가장 편리한 방법은 도시 고품폐기물 수거 방법의 일부분으로 포함하는 것이다. 혼합 수거후 분리를 제외하면 폐플라스틱을 100%

회수할 수 있는 방법은 없다. 따라서 중앙 처리 시설을 설치하여 수작업과 자동화 기기를 이용한 플라스틱 수거도 많은 나라에서 시도되고 있다.

2) 분리

분리는 폐기물 중의 플라스틱을 종류별 색깔별로 나누는 작업으로 보통 플라스틱 회수의 첫 번째 단계이다. 현재는 수거, 분리, 재생에 사용되는 기술은 상호 의존적이다. 사실 이러한 기술들은 특정한 회수 재활용 프로그램의 목표를 달성하기 위하여 개발된 것들이었다. 분리는 가정, 재활용업자, 지방자치단체 등의 주체 가운데 누구나 담당할 수 있다. 수작업은 지금까지 플라스틱을 분리하는 유일한 방법이었다. 외국의 경우에도 기계적 분리 장치는 매우 제한적으로 사용되고 있고, 감지에 위한 자동 분리 장치는 아직도 개발 단계에 머물러 있다.

플라스틱은 센서(sensor)나 인간에 의하여, 또는 기계적으로, 전자적으로 감지되어야만 분리가 가능하다. 자동차나 가전 제품, 카펫트 등의 분리는 현실적으로 업지 않지만, 여기에서 플라스틱을 분리해 내는 일은 플라스틱 표지 해독 시스템 및 해체 기술과 밀접한 관계를 가지고 있다. 대체로 이러한 해체 작업은 매우 노동집약적이다.

3) 재생

재생 공정은 분리 과정을 거쳐 얻어진 폐플라스틱에서 순수한 고분자 수지를 제조하기 위한 것이다. 수용성 세제가 함유된 세척, 부유 공정을 통하여 병이나 필름 따위의 사용 후 더러워진 플라스틱으로부터 재사용 가능한 수지를 얻을 수 있다. 그러나 세척 부유 공정의 성과는 전적으로 원료 물질인 폐플라스틱이 어떻게 수거되었는가 또 얼마나 분리가 잘 되었는가에 달려있

다. PVC나 PET등과 같은 원료에 부적절한 분리에서 비롯된 오염이나, 종이, 접착제, 금속, 유리 등의 잔유물 오염은 새로운 플라스틱 제품 제조와 같은 응용에 결정적인 영향을 미치게 된다. 세척 부유 공정은 다음과 같은 경우에 그 사용이 부적절하다.

- 각종 고분자로 복잡하게 가공된 경우
 - 잡티나 먼지 기름의 오염이 심한 경우
 - 수세 공정에 의하여 제거되지 않는 코팅이나 층상(layer)구조의 경우
 - 밀도 차이가 분리할 수 없는 복합 재료의 경우
- 최근에는 미세 분리(micro-sortation)나 용제 공법 등과 같은 다양한 분리 방법이 특정한 상황에서 발생하는 문제점을 해결하기 위하여 개발되고 있다.

미세 분리 방법은 분쇄된 수지의 분리에 영향을 행사하기 위하여 다음의 몇 가지 고분자의 특성을 활용한 것이다

- 소금물이나 초임계 액체 등과 같은 부유 액체 내에서의 밀도 차이
- 광물의 분리 과정에서 사용되는 것과 유사한 포말 부유 공정에서 표면 장력이나 웨팅(wetting)의 차이
- 고분자의 전자 친화력의 차이(정전기 생성):
PVC > PET > PP > LDPE > PS
- 연화점

광학 성질의 차이를 이용한 센서(sensor)기술도 연구 중에 있다. 이처럼 다양한 기술을 이용한 재생 기술 프로그램들이 진행되고 있지만 현재 상용화되어 있는 기술은 포말 부유 공정으로 PET로부터 미량의 PVC오염물을 제거하는 데에 사용되고 있다. 미세 분리 공정에서는 거의 모든 경우 어떤 형태의 세척 및 분리 기술을 이용한 전처리 단계를 거치게 된다. 용제 공법에서

는 페플라스틱을 각각 또는 혼합하여 용제에 녹인 후 선별적으로 석출시키게 되는데, 이는 세척 및 분리에 부적합한 오염이 심한 혼합 플라스틱을 해결할 수 있는 공법으로 기대되고 있다.

그러나 미국에서도 아직 이러한 용제 공법을 사용하는 상용화된 설비는 거의 없다. 단지 Argonne National Laboratories와 Rensselaer Polytechnic Institute에 파이롯 설비가 건설 중에 있다. 진행되고 있는 연구는 대부분 특정한 플라스틱만을 선별적으로 골라 녹여 낼 수 있는 용제의 규명에 초점이 맞추어져 있다. 이러한 노력이 성과를 거둔다면 언젠가는 혼합 플라스틱에서 각각의 플라스틱을 선별해 낼 수 있게 될 것이다.

2-4-2. 플라스틱의 재활용 기술

1) 용융 재활용

소비후 폐기된 범용 열가소성 플라스틱을 분리하여 재생해 내는 일은 가장 일반적인 플라스틱 가공 설비로도 충분히 가능하다. 재활용 플라스틱과 일정량의 버진 플라스틱을 혼합하고 원하는 물성을 얻기 위한 첨가제를 투입하여 최종 제품을 만들어 내는 것이다. 이 방법은 혼합 플라스틱을 가공하여 소위 플라스틱 목재를 생산해 내는 것과는 상당한 거리가 있다.

각국의 통계를 보면 범용 플라스틱의 재활용률은 PET의 그것에 상당히 못 미치는 것으로 나타나 있다. 1991년 미국의 자료에는 PET의 재활용률이 약 10%로 범용 플라스틱의 약 5배에 해당한다. 매년 성장 속도 역시 PET가 상당히 앞서 있다.

장래의 시장 침투율을 예상하기 위해서는 가격을 비롯한 여러 가지 요소가 고려 되어야 한다. 시장의 본질, 플라스틱 제품에 필요한 성질, 재활용 플라스틱과 버진 플라스틱과의 비율(재

활용 비율)등이 그것들이다.

재활용 플라스틱의 성질을 결정하는 요소 중 가장 중요한 것은 사용 중이나 재생 과정을 통하여 얼마나 품질의 저하가 일어났는가 하는 점이다.

그러나 한 연구 보고서에 의하면 재활용 사이클마다 상당한 물리적 성질이 저하된 재활용 플라스틱을 사용하더라도 제조된 제품 자체의 성질은 버진 플라스틱의 그것에 상당히 근접해 있다고 한다. 이처럼 그 물성을 유지할 수 있는 이유는 매번 버진 플라스틱이 조금씩 첨가되어 재활용 플라스틱에 의한 품질 저하를 보충하고 있기 때문이다. 그렇지만 재활용 플라스틱을 어느 수준까지 계속 사용할 수 있는가에 대하여는 더욱 많은 연구가 필요하다.

열경화성 플라스틱에 대한 재활용은 아직도 초보 단계에 머물러 있다. 재활용의 수준은 그저 플라스틱을 분쇄하여 분말의 형태로 섞어 새로운 플라스틱을 만들어 내는 정도이다. 일본이나 유럽의 몇 개국에서 칼슘카보네이트(calcium carbonate)와 같은 필러(filler)대신 경화성 플라스틱을 사용하고 있다. 아직도 많은 연구들의 초점은 어떻게 하면 경화성 플라스틱의 분말을 폐할 수지나 에폭시 수지, 가소성 플라스틱에 많이 넣을 수 있는가. 최종 물성과 외견상 그럴 듯한가에 맞추어져 있다.

혼합된 가소성 플라스틱을 재활용하여 상품성있는 제품을 만드는 것이 가능한 플라스틱 재활용의 운명이 달려있다고 해도 과언이 아니다. 아직도 혼합된 범용 플라스틱을 경제적으로 분리해 내는 일은 간단하지 않다. 현재의 가공 수준으로는 혼합 범용 플라스틱을 목재 대체품으로 쓸 수 있는 정도의 벌크(bulk)이상에 도달하지 못하고 있다. 상용성에 관한 기술이 발전

하면 이 목재 대체도 상당한 진전이 기대되는 분야이다.

2) 화학적 재활용

단계 중합에 의하여 합성되는 폴리에스터, 폴리아미드, 폴리우레탄과 같은 플라스틱 물질들은 각종 용제(물, 메틸 알콜, 글리콜 등)에 의한 공법을 통하여 단량체나 저분자 화합물로의 전환이 가능하다. 현재의 기술을 조금만 응용하면 수거된 PET와 폴리우레탄, 나일론 6, 나일론 66으로부터 상당한 순도의 단량체를 회수할 수 있을 것이다.

메틸 알콜이나 글리콜 분해 공정을 이용하여 발생원에서 분류된 PET 음료수병의 재활용을 상업적으로 성공한 예는 단계 중합 플라스틱에 대해서도 이러한 재활용의 기술적 가능성을 시사하고 있다. 물론, 폐플라스틱도 원료 순도에 관한 기준을 맞출 수 있다는 것을 의미한다. 이러한 용제를 이용한 공정의 기술적 가능성은 이미 실험실 규모에서 성공적으로 검증되었다. 특히 발포 폴리우레탄, 나일론 섬유, PET섬유의 혼합물과 PET, 나일론 6의 혼합물에서 그 가능성을 보인 것은 괄목할 만한 사실이다. 이러한 기술은 PET나 폴리우레탄 뿐만 아니라, 폴리카보네이트, 폴리우레아, 불포화 폴리에스터와 같은 단계 중합 플라스틱에도 적용할 수 있을 것으로 보인다.

열분해 공정은 플라스틱을 열처리하여 가스나 액체, 고체 잔유물, 무기 필러로 전환시킨다.

그러나 이러한 열처리 공정에서는 혐기 상태에서 고열에 의하여 분해되기 때문에 연소와는 근본적으로 다른 것으로 사용되는 플라스틱과 열분해 공정의 성격에 따라 좌우되는 일련의 복합 반응이다. 가능한 반응 경로는 다음과 같다.

- PMMA와 PTFE의 단량체로의 분해

(decomposition)

- PE와 PP의 주사슬을 다양한 크기의 유기 분자로 분열(fragmentation)

- PS의 동시 분해 분열
- PVC의 단순 무기물질 제거
- 가교로 이어지는 가치사슬 제거

뿐만 아니라 수소나 산소, 오염물이나 촉매의 양을 조절함으로써 반응의 경로를 변경시킬 수 있다. 결과적으로 열분해를 통하여 단량체나 기타 유기 화학물질, 액체나 기체 상태의 연료, 또는 이 두 가지의 혼합물을 얻을 수 있다. 이러한 방법은 지난 50여년간 제한적이긴 하지만 상업적인 규모에서 사용되어 왔다.

열분해에 필요한 원료는 오직 폐플라스틱이다. 다른 공정에서의 원료와 비교하면 열분해의 매력은 원하는 최종 제품을 선택할 수 있다는 점과 비용 구조가 저렴하다는 점에 있다.

플라스틱이 가지고 있는 잠재적인 에너지의 양보다는 연소열이 중요한 것이다. 열분해를 통한 하더라도 연소에서 얻을 수 있는 에너지 양보다 현저하게 증가하는 것은 아니다.

장점은 바로 선택적으로 결과물을 얻을 수 있다는 점이다. 예를 들어, 나일론 6 카펫트를 열

분해시키면 카프로락탐(caprolactam)을 얻을 수 있는데 이는 1단계 석유화학 반응으로는 얻을 수 없는 것이다

지금까지 발표된 자료를 근거로 추정해 보면 폐플라스틱의 연료나 석유 화학 공정에서의 가치는 파운드 당 5~10 센트에 이르는 것으로 나타났다.

이는 원유로 환산하였을 때 배럴당 15~30 달러에 해당한다. 게다가 폐 플라스틱의 가치는 순도에 따라 변하는 연소열이 변동하기 때문에 원유가와 격차가 생기게 된다. 따라서 보조금이나 법적인 강제가 없으면 폐플라스틱 열분해는 경제성을 기대하기가 어려운 것이 사실이다.

플라스틱은 특정한 가격 성능 공정을 위하여 개질이 가능하다. 개질 되지 않는 플라스틱의 한계 때문에 화학적으로 개질된 제품은 그렇지 않으면 얻을 수 없을 상업성 있는 용도를 찾아낼 수 있었다. 개질은 한 종류의 플라스틱에도 가능하지만 여러 플라스틱의 혼합물에서도 가능하다. 일반적으로 개질 반응은 고분자 용액, 벌크 상태, 용융 상태, 플라스틱의 표면에서 진행되는데 그 속도는 이물질에 의하여 빨라지거나 늦어질 수 있다. ☐

사단법인 한국포장협회 회원가입 안내

물의 흐름이 자연스러운 것은 물길이 나아있기 때문입니다.
 포장산업이 강건하려면 미래를 내다보는 안목이 필요합니다.
 포장업계의 발전이 기업을 성장시킵니다.
 더 나은 앞날을 위해 본 협회에 가입하여 진목도모는 물론 예로사항을 협의하여
 새로운 기술과 정보를 제공받아야 합니다.
 포장업계에서 성장하기 원하시면 (사)한국포장협회로 오십시오.

(사)한국포장협회