



일본 폐플라스틱 재활용 현황

寺下敬次郎 / 大阪府立大學工學部化學工學科

1. 서론

플라스틱은 가볍고 강하며, 성형이 쉬우면서 수분과 가스를 통과시키지 않는다. 또 녹이 슬지 않으며 투명성과 전기절연성이 우수함 등의 특징과 기능을 가지고 있다.

따라서 용기·포장재료, 가전제품, 자동차, 일용품 등으로 광범위하게 사용되어 왔다. 그러나 그 역할이 끝나면 당연히 폐기물로 된다.

폐기물이 된 플라스틱은 그 장점이 반전되어 썩지않는 등 처리·처분하는 점에서는 단점으로 되어 있다. 쓰레기 중에서도 '귀찮은 존재'로 취급되고 있다.

따라서 국내외를 막론하고 폐플라스틱은 폐기물 처리가 큰 문제이며 배출량의 억제와 함께 리사이클, 즉 자원순환형 사회의 구축을 위하여 다루지 않으면 안된다.

일본에서는 플라스틱 폐기물의 리사이클, 유효이용, 처리 등을 연구·개발하는 사단법인으로 플라스틱처리촉진협회가 1971년에 설립되었다. 이 협의회는 발포스티롤재자원화협회, 발포스티렌리트공업회, PET병협의회, 염화비닐리사이클추진협의회 및 일본플라스틱공업연맹으로 구성되어 있다.

여기에 학회에는 플라스틱리사이클링학회가 있으며 활발히 연구·정보활동을 하고 있다.

플라스틱 폐기물을 리사이클하는 방법에는 크게 나누어서 다음과 같은 방법이 있다.

1) 소재이용 ... Material Recycle

화학구조를 변화시키지 않고 펠렛화, 용융성형하여 재이용

2) 소각하여 전기·열에너지로 이용 ... Thermal Recycle

연소열을 발전, 증기발생에 의한 급탕에 이용, 고형연료화, 분체연료화

3) 분해하여 gas와 oil로서 이용 ... Chemical Recycle

열분해, 접촉열분해로 유화열, 분해가스화, monomer 환원

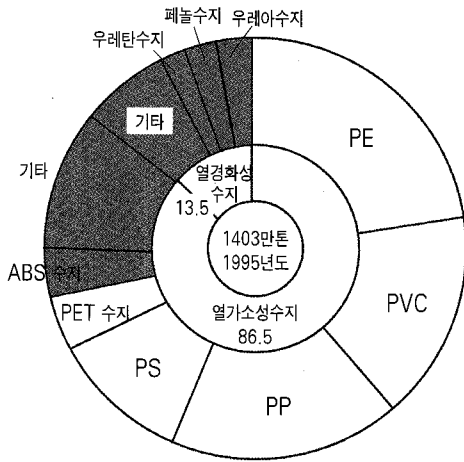
여기서는 일본의 폐플라스틱의 리사이클을 다루고, 동시에 유효이용의 현황과 과제에 대해 소개하고자 한다.

2. 플라스틱의 종류와 생산량 및 리사이클률

일본에 있어서 플라스틱의 생산량과 그 종류를 (그림 1)에 나타내었다.

크게 나누어 열을 가하면 용융하지 않고 분해하는 열경화성 수지, 열에 의해 용융하고 냉각하면 원래의 플라스틱으로 돌아가는 열가소성 수지로 나눌 수 있다.

(그림 1) 폐플라스틱의 종류와 생산량



일상생활에 사용되고 있는 플라스틱의 대부분은 열가소성 수지이다.

그 중에서도 주로 PE, PVC, PP, PS 및 PET이며, 플라스틱 생산량 1403만톤/년 중에서 약 70%를 점유하고 있다.

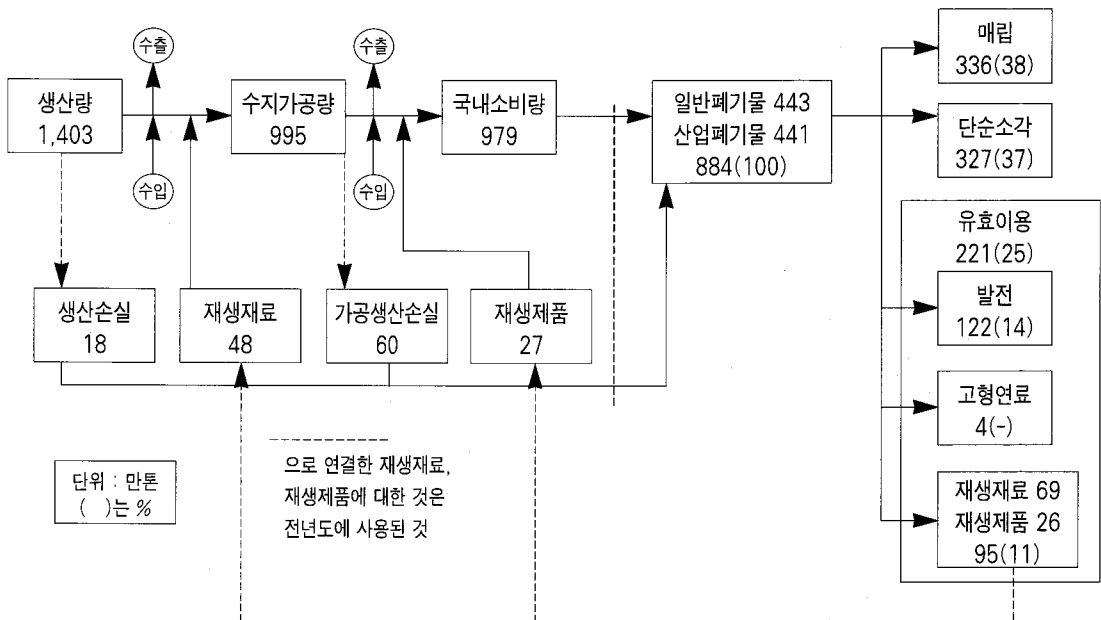
따라서 이들의 플라스틱이 높은 비율로서 리사이클됨이 이상적이다.

폐플라스틱의 리사이클 추진은 1995년 6월에 시행된 '용기포장 리사이클법'에 의한 것이 많다. 이 법률은 용기·포장에 사용된 재료를 재활용화하도록 의무화되어 있으며 자원소비 사회로부터 자원절약·재자원사회(리사이클 사회)로 변혁을 꾀하는 것이다.

1997년 4월에 "PET병" material 리사이클이 시작되었다. 그 리사이클의 방법과 재이용품에 대해서는 '제 1회 한·일 폐기물 심포지엄'에서 보고하였다. PET병에 이어서 2000년 4월에는 '그 외의 플라스틱'이 유화 등에 의해 리사이클되고 있다.

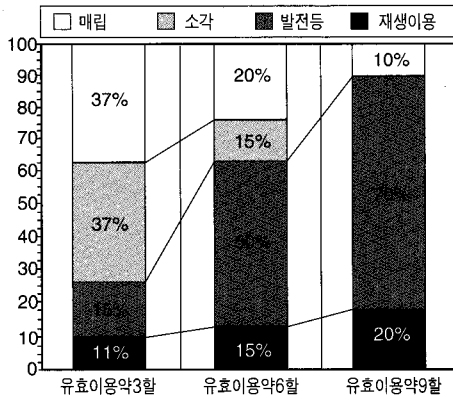
플라스틱 처리추진협의회에서는 일본의 폐플라스틱량을 (그림 2)에 나타난 바와 같이 추정하고 있다.

(그림 2) 플라스틱제품·폐기물·재자원화 Flow(1995년)





(그림 3) 페플라스틱의 21세기 Vision



가정에서 배출되고 있는 일반 폐기물과 사업 소로부터 나오는 산업폐기물을 합해서 페플라스틱은 일본 전체에서 약 884만톤이다.

그 중에서 327만톤(약 37%)이 단순소각, 336만톤(약 38%)가 매립, 95만톤(약 11%)가 material 리사이클되어 재생원료와 재생가공품으로 되어 있다.

또 소각처리 중 122만톤(약 14%)는 발전에

너지로 Thermal Recycle되고 있다고 추정하고 있다. 이들의 결과로부터 221만톤(약 25%)이 유효이용되고 있음을 알 수 있다.

그러면서도 스틸캔의 약 70%, 알루미늄캔의 60% 정도에 비하여 낮다.

앞으로 더욱 리사이클률을 향상시켜 순환형사회를 구축하기 위하여 노력하지 않으면 안될 것이다.

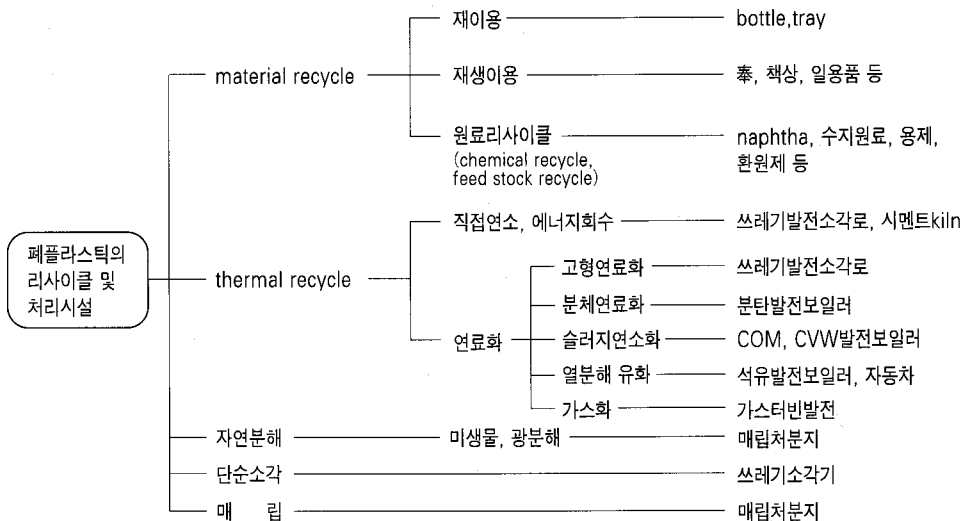
페플라스틱을 유효이용하기 위하여 통산성은 (그림 3)에 나타낸 것과 같이 '페플라스틱 21세기 비전'을 시책하고 있다.

현재의 리사이클률은 26% 정도이나 21세기 초두의 목표는 Material Recycle 20%, Thermal Recycle(쓰레기 발전, 유화, 고행연료)이 70%이다.

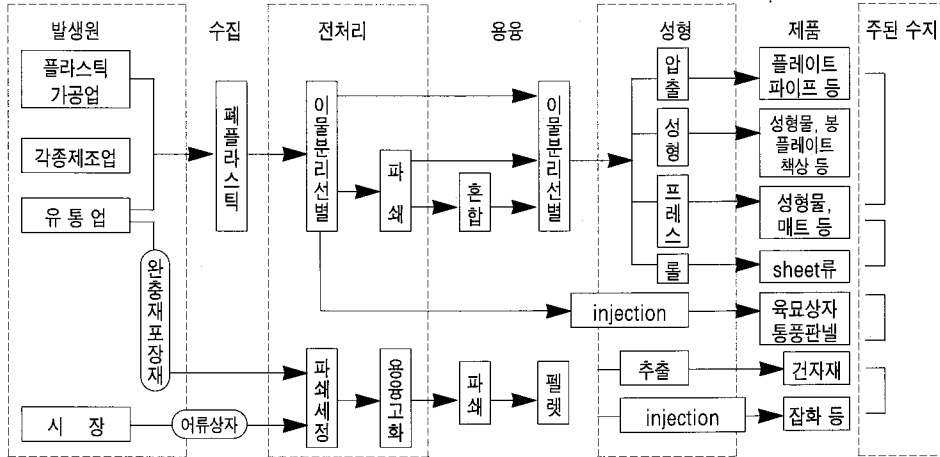
즉 리사이클률을 90%로 향상시켜 매립을 10% 이하로 감소시키는 것이다.

앞으로는 Thermal Recycle로의 지향이 (그림 3)에서 잘 나타나고 있다.

(그림 4) 페플라스틱의 리사이클 방식



(그림 5) 플라스틱의 재생 process



3. 폐플라스틱의 리사이클

플라스틱 관련업계는 1992년에 리사이클 촉진에 대해서 아래와 같이 구체적인 대책을 제안하고 있다.

1) Material Recycle

- PET병의 리사이클 확충
- 발포스티롤 트레이의 리사이클 기반 확립
- 대상제품 확대의 수단(원료화, 모노머) 확대와 가능성 검토

2) Thermal Recycle

- 열분해 유화 및 고형연료화 제품의 취급과 활용
 - 재생연료화 사업자의 육성·지원
 - 대규모 열분해 유화 모델사업의 실시(차세대 폐플라스틱 액화기술 개발)
 - 신규 Thermal Recycle 기술(분체 연료화, 슬러리 연료화 등) 개발 및 시스템 개발
- 폐플라스틱의 리사이클 방식 등을 [그림 4]에 나타내었다.

이하에서는 이들의 폐플라스틱의 리사이클 기술, 동시에 리사이클의 현황에 대해서 주로 주목하여 논하고자 한다.

3-1. Material Recycle

자원의 유효이용에서 고려한 경우, 최종처분(매립)량의 삭감이 가장 바람직한 방법으로 생각된다.

[그림 5]는 플라스틱의 재생 프로세스와 제품의 일례를 나타낸 것이다.

폐플라스틱을 세정·용융·성형가공하여 토목건축용의 갱도와 공원의 擬木, 컨테이너 등에 리사이클되고 있다.

그러나 리사이클률은 플라스틱 총배출량의 11% 정도([그림 2]참조)이다. 이 수치는 최근 수년동안에 많은 진전이라고는 볼 수 없지만 용기포장 리사이클법의 시행 등 사회적 변화에 의해 앞으로 리사이클의 비율은 상승하리라 생각된다.

지금까지 리사이클 비율이 낮았던 것은 수



집·수송·선별·재처리에 높은 단가가 요구되기 때문이라고 해석할 수 있다.

이것은 리사이클 프로세스에서 새로운 에너지를 투입하지 않으면 안되는 것은 의미한다.

즉 재생을 위해 소비되는 에너지가 원재료에서 신규의 제품을 제조하는데 비해서 크기 때문이다.

3-1-1. 폐플라스틱의 고로원료화 기술

폐플라스틱의 재생원료화에 기대할 수 있는 것은 고로원료화이다.

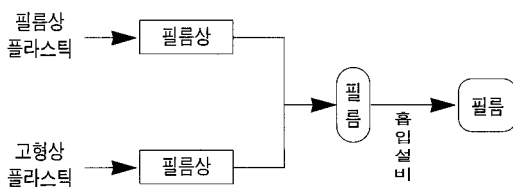
그 리사이클 기술의 개념은 (그림 6)에 나타내었다. PVC 이외의 수지는 형태별로 필름계, 고행계의 2계통으로 가공된다.

필름계 폐플라스틱은 용융조립기 내에서 마찰열에 의해 용융된 후 급냉되어 고로에 불어 넣을 수 있도록 입도를 조절한다.

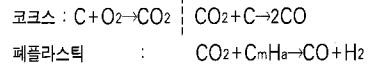
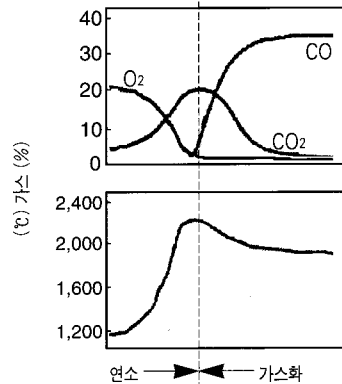
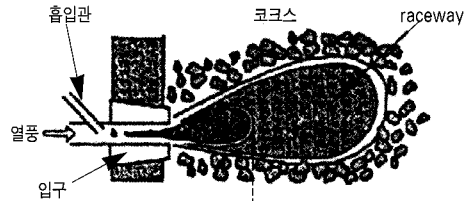
고형계 플라스틱은 2축 파쇄기 등에 의해 파쇄되어 정립된다. 2계통으로 가공된 입자는 사이로에 일단 저장된 후 흡입탱크에 이송된다. 거기에 흡입탱크로부터 공기와 함께 고로입구에서 빨려들어간다.

폐플라스틱은 (그림 7)에 나타난 고로 raceway 내에는 입구로부터 약 200%의 고속으로 약 1,200℃의 열풍이 들어가며, 그 앞부분에서 주로 cokes가 뜨거운 바람 중의 산소에 의해 급속히 연소한다. 온도는 2,000℃ 이상의 고온에 도달하게 된다.

(그림 6) 폐플라스틱의 고로원료화 시스템



(그림 7) 고로하부 raceway의 개념도



raceway 후반에서는 산소가 소모하여 생성한 CO₂는 코크스와 반응하여 CO인 환원가스로 되어 철광석의 환원에 이용된다.

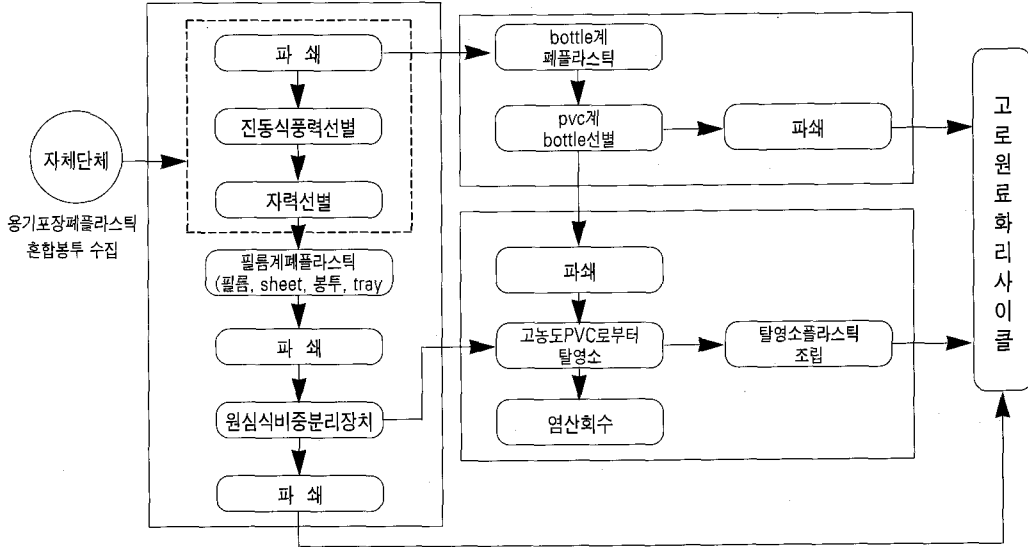
흡입된 폐플라스틱은 주로 raceway 후반부에서 급속히 CO 및 H₂로 가스화하여 철광석의 환원에 기여한다. 이 고로원료화 설비는 1996년 10월부터 현재까지 무사히 순조롭게 가동하고 있다.

앞에서 논한 기술은 PVC를 제거한 산업폐기물계의 폐플라스틱을 고로원료화한 것이지만, 일반폐기물계에도 적용되고 있다. 그 리사이클 시스템을 (그림 8)에 나타내었다.

3-1-2. 발포스티렌의 리사이클

발포스티렌은 경량성, 보습성, 내충격성, 경제

(그림 8) 일반 폐기물 중의 플라스틱 고로원료화 리사이클 시스템

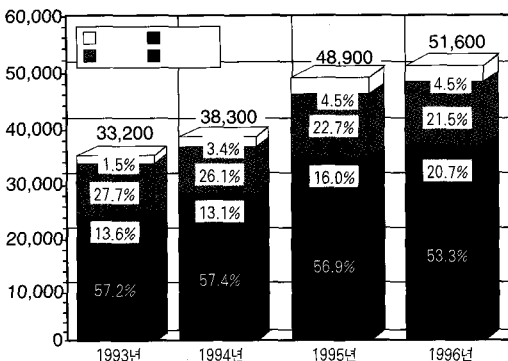


성이 뛰어나서 어물용 상자, 사과상자, 야채상자 등의 용기류, 가전제품, 정밀기기의 완충용 포장재 등으로 많이 사용되고 있다.

그러나 거의가 한번 사용으로 폐기물이 되어 버린다.

폐발포스티렌은 가벼워 취급이 힘들지만 싼 가격으로 인하여 다량으로 사용되고 있어 폐기물로서 적당한 처리에 많은 문제점이 제기되고

(그림 9) 발포스티렌의 용도별 재자원량



있다.

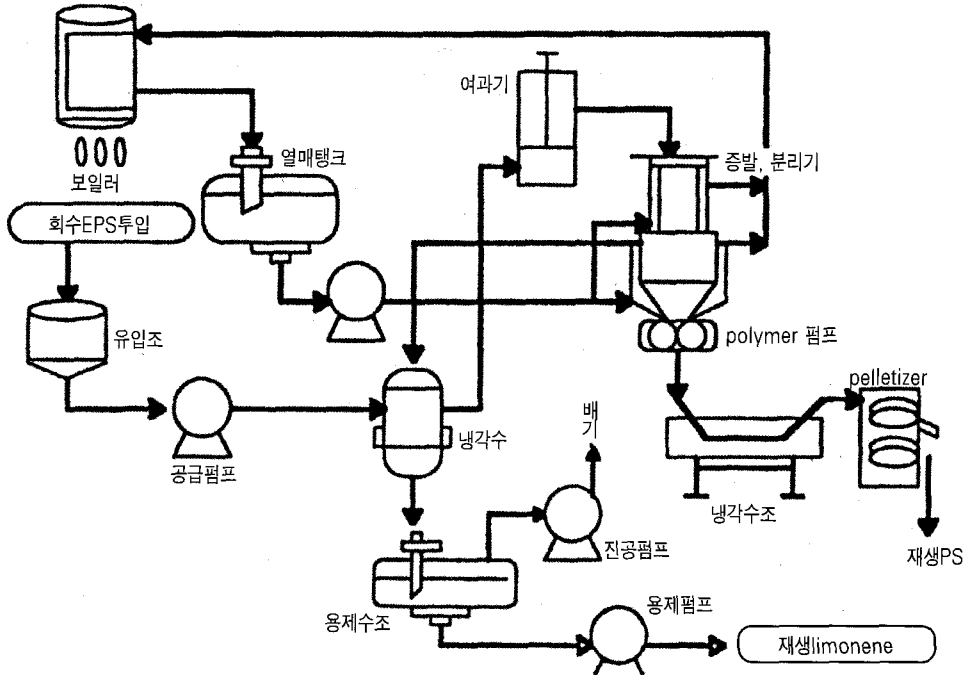
발포스티렌의 재자원화율은 1996년 현재 약 29%이므로 많은 수지에 비해서 리사이클률이 높다.

(그림 9)에 용도별 재자원화량을 나타내었다. 대부분의 수출 잉고트이다.

잉고트는 아시아 지역에 수출되어 펠렛화, 사출성형, 압출성형에 의해 품질이 문제가 되지 않는 용기류 등의 2차 재생품으로 재이용되고 있다. 앞으로 재자원화량을 증가시키기 위해서는 다시 발포스티렌으로 사용할 수 있는 Material Recycle이 중요하다. 현재 일본에서는 폐발포스티렌을 용제(d-limonene) 등으로 녹여(감용)서, 그 후 증발, 분리기로 용제와 수지를 분리하여 재생펠렛을 얻는 방법이 주목받고 있다((그림 10)참조). 이 방법에서 감용하는 경우 열을 가하지 않고 재생하는 폴리스티렌의 품질이 우수한 것이 특징이다.



(그림 10) 재생 Plant의 구성



3-2. Thermal Recycle

폐플라스틱의 높은 에너지를 이용하는 방법이다.

직접 가연물을 소각하여 열과 전기로서 에너지를 회수하는 리사이클이다.

연료화에는 열분해유, 고형연료화, 분체연료화, 슬러지화, 가스화 등의 방법이 있다.

이들의 연료화는 어느 쪽이든 발전과 증기 등의 형태로 에너지 회수를 한다. 여기서 문제가 되는 것은 폐플라스틱종의 염소계 수지이다.

염소계수지는 연소시에 염화수소를 발생하므로 고온부식을 피하기 위해 300℃ 이하의 증기만 얻을 수 없어서 발전효율 10~15%에서 머물러 있다.

최근에는 내식재료의 개발 등에 따라 500℃

의 고온증기를 발생시켜 발전효율 30% 이상의 폐기물 발전기술이 개발되고 있다.

자원에너지청에서는 폐기물 발전의 진행방향을 적극적으로 돌출해 놓고 있으며, 1992년 5만 KW, 2000년 200만KW, 2010년 400만KW를 목표로 하고 있다.

본 장에서는 먼저 분체연료화, 슬러리화 및 가스화의 현상을 간단히 다룬 후 유화와 RDF(고형연료) 등에 대해서 논한다.

1) 분체연료화는 폐플라스틱을 300 μ m 정도로 미립화하여 기존시설인 중유보일러 등에 연료로서 사용할 수 있기에 개발이 진행되고 있는 기술이다. 보일러용이기 때문에 염소화 회분이 문제시된다.

2) 슬러리화는 폐플라스틱을 분말화하여 물에

분산시켜 액체연료와 똑같이 취급할 수 있도록 한 것이다. 아직 실험이 개시된지 오래되지 않은 기술이다.

3) 가스화에 대해서는 600~700℃에서 페플라스틱을 가스화하고, 거기에 100℃~1400℃에서 분해하여 CO와 H₂를 발생시킨다. 현재 실증 운전 중이며 발생가스를 메탄과 암모니아 등의 원료로 할 수 있으나, 연료로서도 사용할 수 있다.

3-2-1. 페플라스틱의 유화

페플라스틱의 유화는 말 그대로 플라스틱을 기름으로 전환하는 것이다.

열분해가 기본이다. 일본에서는 플라스틱처리 촉진협회의회가 1972년부터 1974년에 걸쳐 Plant maker와 여러 가지 공동연구를 실시하였다. 그 방법은 1) 2단계 분해방식 2) 유도가열방식 3) 유동상 방식 4) 파이프 스틸식 5) 스크류식 등이다. 이들은 염산에 의해 장치의 부식, 폐가스처리, 배관의 폐쇄와 연료유의 품질과 경제성 등에서 문제가 있어서 실용화하지 않았다. 그러나 현재의 열분해유화기술개발이 기초를 쌓는 것이 되었다.

1990년대에 들어서면서 환경문제에 대한 의식이 높아지면서 유화기술이 다시 개발되기 시작하였다.

1970년대에 비해 장치의 소형화와 함께 열분해유출요일의 경질화에 의해 생성물이 부가가치를 높이기 위해서 접촉 분해조를 제오라이트와 실리카 알루미나계의 고체산촉매를 이용하고 있는 것이 특징이다.

페플라스틱은 열분해하여 오일과 가스화하기 위해서 먼저 각 플라스틱의 열분해 특성을 파악하는 것이다. 일반 폐기물계의 플라스틱의 경우는 불순물과 수지 상호의 분해특성에 영향을 준다. 일반적으로는 400~500℃의 범위에서 가장 분해하기 힘든 폴리에틸렌의 분해온도로 설정하고 있다.

페플라스틱의 유화에 있어서 열분해(반응기의 형식, 온도, 압력, 체류시간)의 상세한 설정조건은 장치의 종류, 규모, 플라스틱의 조성에 따라 결정되고 있다.

현재 열분해만으로 품질이 좋은 중·경유를 얻기가 곤란하다.

따라서 열분해유의 경질화에는 촉매를 사용한

[표 1] Polyethylene 열분해유의 접촉재질에 있어서 제오라이트 촉매 특성

촉매	H-ZSM-5	H-Y형	RE-Y	Ni-RE-Y
細孔徑	0.55 mm	0.74 mm	0.74 mm	0.74 mm
산특성	강	강	중	중
생성물	가스>가솔린	가스≈가솔린	가스>가솔린	가스>가솔린
coking	소	대	중	중
열화속도	소	대	중	중
재생	내구성 小	내구성 小	내구성 高強	내구성 高
가솔린 품질	옥탄가 (regular이상) 방향족 多	옥탄가 (regular) 방향족 적음 n-paraffin 多	옥탄가 (하이옥탄가) 나프탈렌 多 방향족 多	옥탄가 (하이옥탄가)
carrier gas	질소	질소	질소·수증기	질소·수증기



접촉개질이 채용되고 있으며 제오라이트와 실리카 알루미늄의 고체촉매가 일반적으로 이용되고 있다.

제오라이트는 SiO_4 와 AlO_4 의 4면체가 산소를 공유한 3차원 그물구조의 결정체이다. 이 촉매는 강한 산성을 띄기 때문에 분해가 일어나지만 문제가 생기기 쉽다.

여기서 5A의 미세공을 가진 ZSM-5가 개발되어 접촉개질 성능을 비약적으로 향상시켰다. 즉 1973년의 결과에 비해 분명히 경질화가 일어났다는 보고가 있다.

접촉개질에는 산의 강약에 의해 분해성을 억제하고 킹을 제어하는 것이 중요하다.

각종의 제오라이트를 사용하여 폴리에틸렌 열분해유의 접촉개질을 한 결과가 보고되어 있다 ((표 1) 참조).

Y형 제오라이트는 미세공 크기가 크므로 선택성이라는 면에서는 바람직하다고 할 수 없지만,

높은 산성이므로 탄소수가 많은 것을 개질할 수 있다.

한편, 회토류와 Ni과 proton 부분을 치환하면 산성이 약해지므로 코킹이 억제되어 가솔린의 생산량이 증가한다.

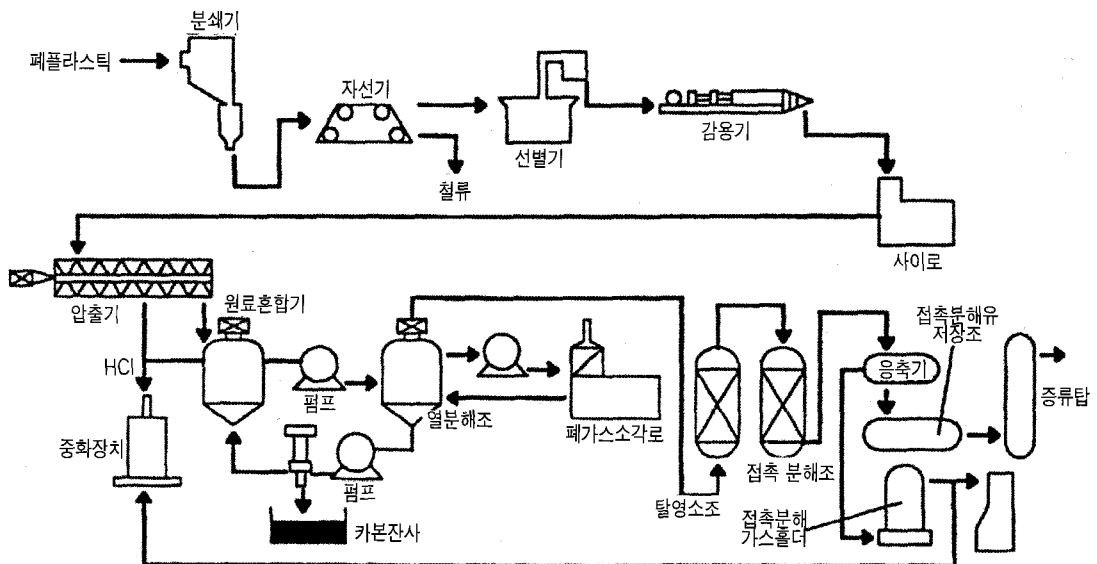
이 제오라이트 촉매는 폴리올레핀계 플라스틱에 유효하다. 그러나 일반폐기물을 대상으로 한 경우, 폐플라스틱 등에는 약 8~10%의 PVC와 4~5% 정도의 PET가 포함되어 있기 때문에 PVC에서 생성하는 염화수소와 PET에서 생성하는 테레프탈산에 의해 부식이 문제가 된다.

이외에도 실리카 알루미늄을 사용한 경우와 Al, Ni, Cu 금속판을 3층으로 겹쳐 놓을 것, 혹은 접촉개질과 틀리지만 물과 NaOH를 동시에 첨가하여 오일의 경질화를 한 예가 보고되어 있다.

3-2-2. 일반폐기물을 대상으로 한 유화시설

新潟市(처리능력 6000톤/년) 및 立川市(처리

(그림 11) 立川 플라스틱 유화센터의 폐플라스틱 유화설비의 개략



능력 3500톤/년)에서 가동하고 있다.

立川市の 폐플라스틱 유화장치의 개략을 (그림 11)에서 나타내었다.

먼저, 회수된 플라스틱은 10mm 정도로 flour화하고 자석선별과 풍력선별로 철, 열경화성 플라스틱, 금속, 알루미늄 호일과 모래 등을 제거하는 전처리를 한다. flour는 압출기에서 300℃로 가열, 용융처리, 동시에 PVC와 PVDC의 탈염소화 수소처리를 행한다.

유동화한 플라스틱을 350℃의 원료혼합조에서 플라스틱 오일로 하고 압출기에서 제거되지 않은 염소분을 열분해 처리하고 있다.

플라스틱 오일은 390~400℃의 열분해조에 보내지며 가열로에서 순환하여 열분해가스화(상온에서는 왁스상의 고체)한다.

여기서는 전처리 공정에서 제거되지 않은 이물질과 카본 잔사를 원심분리에 의해 제거한다. 또 열분해 가스는 열분해에서 조금 생성하는 염화수소를 제거하기 위해 설계된 흡수반응제에 충전된 탈염소조를 통과시킨 후 ZSM-5가 들어 있는 접촉분해조로 보내어진다.

여기서 경질화한 가스는 냉각에 의해 응축된 경질유와 중질유(49%) 및 분해가스(15~16%)로 하기 위해 간이증류를 하여 가솔린, 등유와 경유로 분리한다.

3-2-3. 쓰레기의 고품연료화

쓰레기를 연료화한 것은 RDF(Refuse Derived Fuel)라 부른다. 일본에서 하고 있는 RDF는 광역처리 또는 중소자치단체를 대상으로 하고 있다고 할 수 있다. RDF연소에 의한 주된 특징은 발전효율의 향상이며, 대체연료로서의 이용이다.

현재 RDF화 시설에는 flour형과 pellet형이

있다.

펠렛형에는 첨가제를 넣은 화학제 안정화를 한 것과 그렇지 않은 것이 있다.

1) flour형 RDF화

쓰레기를 넣어 파쇄 후 자석선별기와 입도선별기에 의해 불연물을 제거하고 스크린상에 남은 쓰레기를 연료로 하여 공급하는 것이다. 처리는 간단하지만 다음과 같은 문제가 있다.

- 운반시 부피가 크고 비산하기 쉽다.

- 저장에는 적당치 않으며 부채발효하여 악취와 유해가스를 배출하기 쉬우며, 비위생적이다.

- 쓰레기질의 변동이 크다.

2) 펠렛형 RDF화

쓰레기는 파쇄 후 복수의 선별장치를 통하여 종이와 플라스틱 등의 경량물만을 펠렛상의 고품연료화하는 시스템이다.

이 방법에서는 먼지를 제거할 필요가 있으나 선별이 어려워 혼합하여 넣는다. 건조하기 때문에 생물학적으로 안정하나 저장 중에 흡습하여 부패하거나 형상이 붕괴하기도 하여 주의하지 않으면 안된다.

본 시스템은 플라스틱의 감용화 시설로서 다수 실적이 있다.

3) 화학처리 RDF화

전처리에서 선별파쇄 등으로 이물질을 제거하고 입도를 조절한 후 쓰레기를 고밀도로 압축하여 생석회 등의 첨가제로 화학처리한 것으로 품질의 안정화를 취한 것이다.

생석회를 넣음으로서 수분과 반응하여 소석회로 변한다.

이 소석회와 쓰레기 중의 유기산이 반응하여 유기산 칼슘염과 암모니아가 생성한다. 또 건조기 내에서는 소석회와 그 산화탄소가 반응하여



탄산칼슘과 물이 생산한다고 한다.

이와 같이 첨가제를 가함으로 다음과 같은 효과가 있다.

- 첨가제가 부패를 방지하여 무취상태로 장기간 보존이 가능하게 된다.

- 첨가제가 RDF 연소 중 흡착제로서 역할을 하는 염화수소 등의 산성가스의 발생농도가 떨어진다.

- 금속 등의 혼입이 적으며 쓰레기 질이 안정하므로 연소의 안정화, 다이옥신류의 발생이 억제된다.

펠릿화된 성형물(고형연료)은 직경이 10~20mm이다.

또 RDF의 발열량은 플라스틱의 혼입량(쓰레기 조성)에 의해 다르나, 대체로 3000~4000kcal/kg이다.

3-2-4. 가스화 용융의 특징

최근 Thermal Recycle에서 주목받고 있는 것은 가스화 용융로이다.

특히 근년의 쓰레기 소각장에서 문제가 된 다이옥신의 저감과 비산재 처리에 유효하므로 유망시되고 있다.

여기서는 아주 간단하게 가스화 용융의 특징을 논한다.

1) 방법으로는 고온가스화 용융로, 회전드럼식 용융로, 유통상형 가스화 용융로가 있다.

2) 일반적인 특징은 다음과 같다.

- 다이옥신의 저감 : 고온 연소에 의한 완전분해(1350℃ 이상)

- 재의 무해화 : 고온연소에 의해 용융, 슬래그화

- Thermal Recycle : 고온고압증기회수로 고효율의 폐기물 발전(약 30%)

- Material Recycle : 금속의 미산화물 회수 가능(철, 알루미늄 등)

- 배가스량 : 대폭적인 저감으로의 소형화

3) 일반폐기물의 소각실증실험에서는 다이옥신 농도도 0.1ng~TEQ/nm³ 이하로 대폭 저감할 수 있다고 말한다.

또 자동차에서 PVC를 함유한 폐플라스틱의 Thermal Recycle에도 유효하다고 기대하고 있다.

4. 결론

폐플라스틱의 Material Recycle 및 Thermal Recycle에서 구체적인 예를 들어 설명하였다.

chemical recycle은 연구단계이므로 앞으로의 발전이 기대된다.

21세기에 양호한 자연환경을 남겨두기 위해서는 방대한 양과 부피를 점하는 폐플라스틱을 물질, 에너지 및 chemical recycle을 적절히 조합하여 활용하는 것이다.

폐플라스틱을 리사이클하기 위해서는 리사이클의 과정에서 많은 비용을 필요로 하므로 보다 우수한 장치와 기술의 개발이 필요하다.

Material Recycle에 있어서는 분별, 분리, 핸드링 장치와 기술의 개발이 필요하다.

Thermal Recycle에 대해서는 에너지 회수 기술의 향상, 다이옥신의 억제, 분진 속의 유해물질의 제거 등을 어떻게 해서라도 저가로 효율있게 할 수 있는 방법을 개발하는 것이 중요한 과제이다. ☐