

## 물(Water)에 의한 폴리에스터의 분해 -고온수에 의한 친환경 분산형 프로세스-

佐藤 修 : 컴팩트 화학 프로세스 연구센터 촉매반응 팀(동북센터)  
산업기술총합연구소 TODAY 2006-09

고온수의 물로 처리함으로써 PET bottle 등의 PET를 고효율로 원료 모노머로 분해하는 기술을 개발하였다. 이 기술은 유기용매와 촉매를 사용하지 않기 때문에 환경부하가 극히 적다. 지방자치체에서 실시하고 있는 PET bottle 회수시스템과 협력하면 순환형 사회를 위한 개념의 분산형 프로세스로 실용화가 기대되고 있다.

### 2. PET bottle의 케미칼 리사이클의 현상

21세기의 지속가능한 사회를 위해 한정된 자원의 유효이용을 꾀하는 물질순환사회 시스템의 구축이 급선무이다. 플라스틱 폐기물에 있어서도 분별회수하고 성에너지 프로세스로 재자원화 하는 것이 중요한 사안이 되고 있다.

음료수용 병으로 이용이 증가하고 있는 PET bottle은, ①그 강도와 투명도로부터 고순도 폴리에틸렌테레프탈레이트(PET)로 만들고 있고, ②PET는 테레프탈산(TPA)와 에틸렌글리콜(EG)이 ester 결합으로 중합한 고분자이기 때문에 원리적으로는 해중합반응에 의해 원료모노머로 분해할 수 있고(그림 1), ③용기 포장 리사이클 법에 의한 분별회수 시스템의 정비와 동 리사이클 법의 정착으로 현재 30만톤정도 사용이 끝난 PET bottle이 각 지방의 수집소에 모이고 있다. 때문에 PET bottle은 케미칼 리사이클에 적합한 플라스틱제품으로 생각된다.

최근 사용이 끝난 PET bottle을 다시 PET bottle로 되돌리기 위해 케미칼리사이클 프로세스의 실용화가 검토되어, EG 중에서 해중합되는 glycolysis법, 또는 여기에 ester 교환법을 조합한 플랜트가 사업화되고 있다.이들 플랜트는 연간 수만톤을 처리하는 대규모의 화학공정이기 때문에 전국으로부터 대량의 재활용 PET bottle을 안정적으로 확보하는 것이 중요한 과제가 되고 있다.

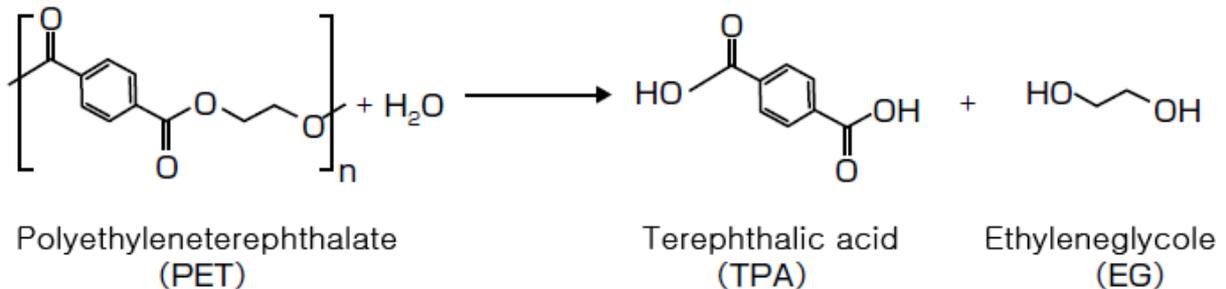


그림 1 PET의 가수분해

여기서 우리는 각 시군의 집합소에 모이고 있는 PET bottle을 그 장소에서 케미칼 리사이클하는 분산형 프로세스를 고려하였다. 각지에서 분산처리하기 위해 프로세스를

간소화한 구조로, 엄중한 관리가 필요한 유기용매나 촉매를 사용하지 않는 반응계가 요구된다. 여기서 물로 PET를 가수분해해 생성되는 모노머를 회수하는 프로세스를 제안하였다.

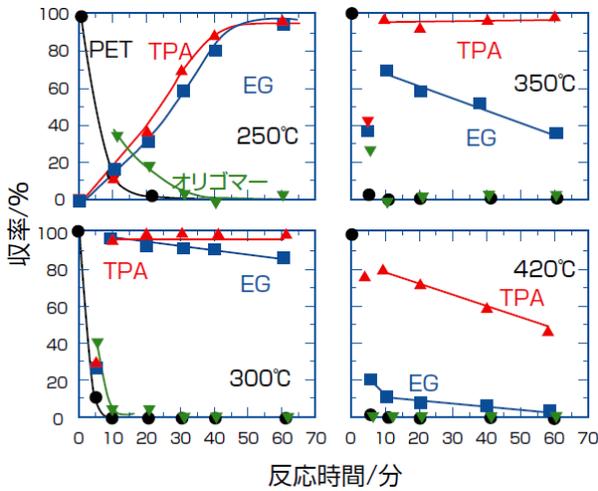


그림 2 PET 가수분해반응의 온도의존성

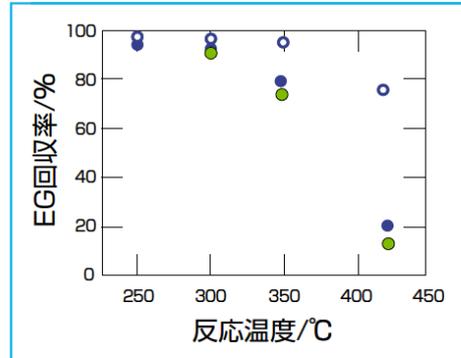


图 3 高温水からの EG の回収率

(● PET 0.53g, ○ EG 0.17g, ● EG 0.17g + TPA 0.46g)  
350°C 이상에서는 TPA에 의한 EG의 탈수반응이 진행되나 300°C의 조건에서는 거의 진행되지 않는 것이 확인되었음

### 3. PET의 가수분해

지금까지 PET를 물로 처리해 모노머로 분해할 수 없는 것은 알려져 있으나, 저온에서는 충분한 반응속도를 얻을 수 없어 산과 알칼리 첨가는 불가피하였다. 또 초임계수 (초임계온도 374°C, 임계압력 22.1MPa)를 이용해 가수분해도 제안되었으나, 생설물인 EG의 탈수축합이 일어나기 때문에 충분한 수율을 얻을 수 없다는 문제가 있었다.

여기서 우리는 고온수에 의한 PET의 가수분해와 모노머 회수에 대해, 온도, 시간 등의 영향을 검토(그림 2, 3)하였고, TPA, EG 모두 고수율로 얻을 수 있는 조건(반응온도 300°C, 처리시간 10분)을 도출하였다.

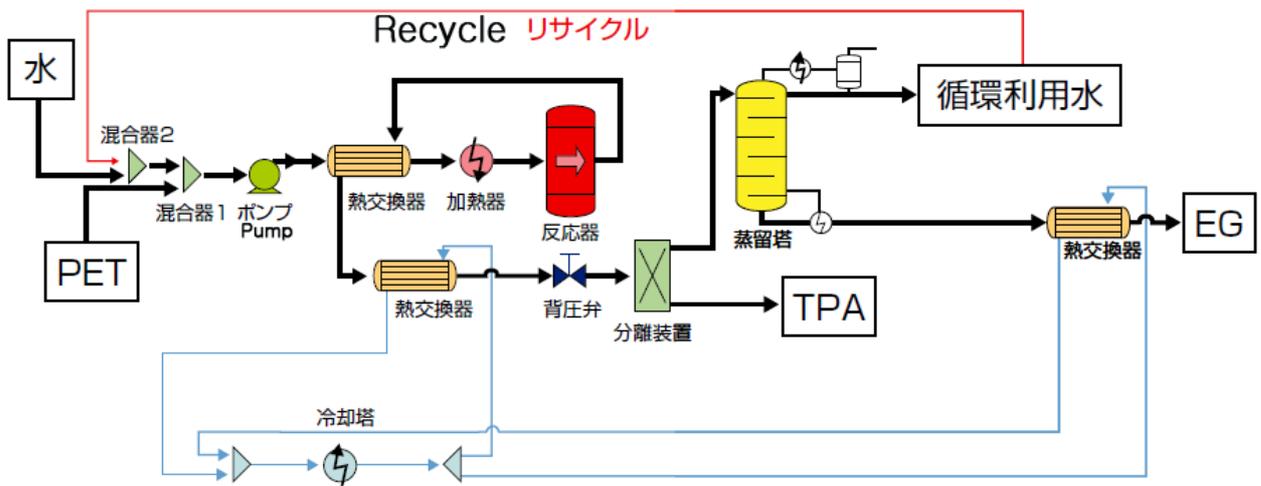
### 4. 프로세스 시뮬레이터에 의한 경제성 분석

실험에서 얻어진 데이터를 기반으로 PET bottle의 케미칼리사이클용의 유통식 프로세스 모델을 프로세스 시뮬레이터 상에 구축하고 가동에 필요한 에너지를 산출하였다 (그림 4). 또 산출된 에너지를 기반으로 러닝코스트를 구해 분산형 프로세스로서의 경제성이 성립할 가능성에 대해 검토하였다. 처리해야 하는 PET량을(현재 PET bottle 분별회수량과 지방자치단체의 수로부터) 1일 약 1톤으로 하면 에너지 사용량은 2,198kWh가 되고, 이 때의 케미칼리사이클에 의한 모노머의 제조가격을 산출하면, 현재의 birgin 가격에 비해 충분히 저렴하다. 또 이 프로세스는 지방자치체의 쓰레기 소각장의 열 에너지를 이용할 수 있는 규모이기 때문에 새로 사용하는 화학연료량을 대폭으로 제어할 수 있다고 생각된다.

## 5. 향후 전망

이 케미칼리사이클 기술은 PET 뿐 아니라 다른 폴리에스테르계 수지에도 응용할 수 있다. 경량, 투명, 고강도의 PET보다 더욱 높은 내열성을 갖는 소재로 주목받고 있는 폴리에틸렌테라프탈렌-2,6-디카르보네이트(PEN) 제품 등에의 응용도 가능하다.

앞으로 성 에너지화를 목적으로 생성물인 TPA의 첨가효과 등을 더욱 검토함과 함께 고체인 PET의 연속공급 시스템과 모노머의 분리정제공정에 이르는 엔지니어링의 과제에 대해서도 콤팩트 프로세스 연구센터와의 협력을 얻어 실용화를 위한 연구를 계속할 예정이다.



### 関連情報 :

- 共同研究者 : 白井誠之, 長田光正, 峯英一, 日吉範人, 鹿内良将, 鈴木明, 新井邦夫
- 日経産業新聞 : 2006年5月2日
- 毎日新聞 : 2006年5月5日
- 特願 2006-137077 「ポリエステルの高温水による分解法」(佐藤修, 新井邦夫, 長田光正, 峯英一, 日吉範人, 鹿内良将, 鈴木明, 白井誠之)
- O.Sato, K.Arai, and M. Shirai; Catalysis Today, 111, 297-301, (2006).
- O.Sato, K.Arai, and M. Shirai; Liquid Phase Equilibria, 228-229, 523-525 (2005).