

B-5

Trichloroethylene의 열분해 및 산화반응 특성에 관한 연구

Reaction Characteristics of Pyrolysis and Oxidation of Trichloroethylene

김현석 윤근덕 동종인
서울시립대학교 환경공학과

서론

산업의 발달로 폐유기용제의 발생량이 증가하고 있는데 그 중 염화탄화수소화합물은 인체에 유해한 발암물질로서, 화학적으로 안정하고, 생물학적으로는 난분해성이기 때문에 자연중으로 한번 배출되면 환경매체에 오래동안 존재하므로써 인체 및 환경생태계에 큰 피해를 주고 있다. 또한 각종산업체에서 사용된 후 폐기된 휘발성 염화탄화수소 화합물중 60%이상이 관리가 적절하게 이뤄지지 않아 대기중으로 방출되어 대기권 상층부를 거쳐 성층권에 도달되어 염화불화탄화수소 화합물과 함께 오존층을 파괴하는 중요한 오염물질로 알려져 있다.¹⁾

이러한 염화탄화수소화합물의 처리에는 여러 방법이 있으나 다량의 유해성분을 짧은 시간동안 무해하고 안정하게 처리할 수 있는 열처리방법을 생각할 수 있는데 고온에서 공기와의 혼합에 의한 산화반응을 통해 열화학적으로 안정되고 무해한 CO₂ 및 H₂O와 기존의 대기오염방지시설로 쉽게 처리할 수 있는 HCl로 전환이 가능한 소각(Incineration)이나, 고온의 무산소 환원반응조건에서 탈염소화 과정을 거쳐 연료로 재활용이 가능한 탄화수소화합물과 처리가능한 HCl로 전환시킬 수 있는 무산소, 빈산소조건에서의 열분해(Pyrolysis)방법이 관심을 끌고 있다.

그러나 염화탄화수소 화합물의 반응특성을 고려하지 않고 열처리할 경우 염소물질이 포함된 Dioxin, Phosgene, PCB와 같은 매우 유독한 물질로 전환되어 또 다른 형태의 환경오염을 유발시킬 수 있어,²⁾ 무해하고 안정하며 재활용가능한 물질로의 전환을 이루기 위해서는 온도, 반응시간 등의 조건에 따른 열분해와 산화 반응특성 및 반응경로를 파악하는 것이 전제조건이라 하겠다.

따라서 다른 유기용제에 비해 가격이 저렴하고, 용해력 및 세척력이 우수하며 상온에서 인화성이 없기 때문에 석유계 용제를 대체하여 반도체공업, 자동차공업 및 석유공업의 세정제와 잉크, 도료, 접착제 등의 일반용제 및 화학공업의 추출용제 등으로 널리 사용하고 있는 TCE(Trichloroethylene)를 선정하여 이 물질의 열분해와 산화반응 특성 및 반응경로파악을 주 실험목적으로 하였다.

실험방법

Trichloroethylene의 열분해와 산화반응 특성을 고찰하기 위하여 열분해인 경우 반응온도 700~900℃, 산화반응인 경우 400~800℃에서 체류시간 0.2~2.0초의 조건하에서 그림1과 같은 실험장치를 이용하여 반응을 진행시켰다.

반응물의 농도는 전실험영역에서 1%로 유지되도록 하였으며, 또 다른 유로로 산소를 첨가하였는데, 산소의 경우는 5%가 되도록 주입하였다.

반응물의 반응시간 조절은 유효반응기의 부피와 반응기의 온도를 고려하여 Bubbler에 주입되는 가스와 회석유량을 동시에 조절하여 일정반응시간이 유지되도록 조절하였으며 반응압력은 1기압이었다.

그림1의 실험장치구성에 나타난바와 같이 반응물 농도는 3way valve를 이용하여 반응기 입구쪽에서 채취한 시료를 GC-FID(Varian star 3400cx)로 분석하여 반응물의 농도를 확인하였으며, 반응후 반응물의 분해와 생성물의 농도는 같은 방법으로 반응기 배출구쪽에서 채취한 시료를 GC-FID(Varian star 3400cx)와 GC-TCD(Varian star 3400cx)를 이용하여 분석하였다.

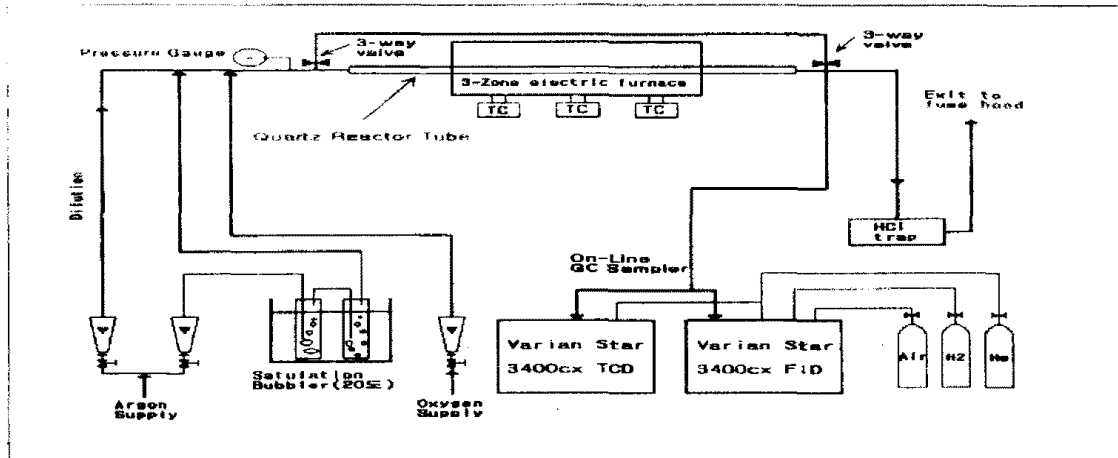


Fig1. Schematic of experimental apparatus

결 과

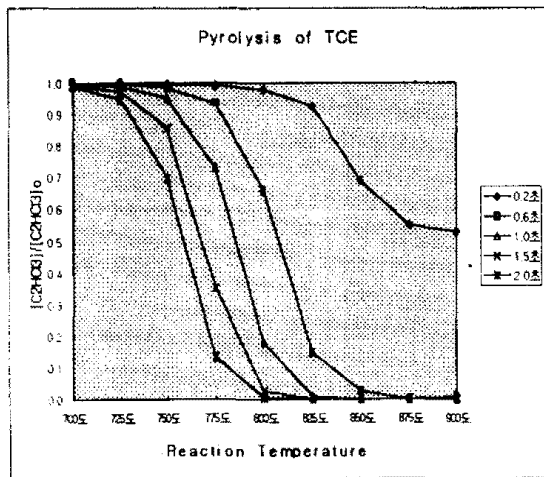


Fig2. Decompositon of TCE with change of residence time and reaction temperature

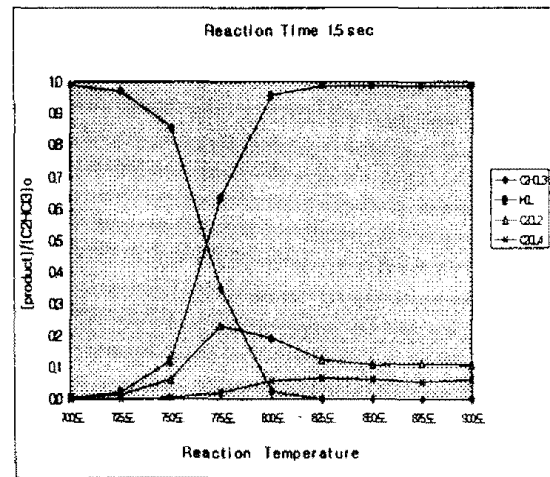


Fig3. Major species profiles from the pyrolysis of TCE

TCE의 열분해 실험에서는 약 730°C에서 HCl과 C₂Cl₂로 분해가 일어나기 시작하였으며, 반응온도와 체류시간이 증가할수록 분해정도는 컸다. 주요생성물은 HCl, C₂Cl₂, C₂Cl₄, C₆Cl₆ 등이 발생하였으며, 미량생성물로 C₄Cl₂, C₄Cl₆, C₆HCl₅(cy), C₆Cl₆ 등이 발생하였다. 그림 2에 TCE의 체류시간과 반응온도에 따른 분해정도를 나타내었으며, 그림 3에 체류시간 1.5초일때의 주요생성물 profile을 나타내었다. 산소를 주입하였을 경우에는 약 420°C에서 분해가 일어나기 시작하여, 산소를 주입하였을 경우 TCE의 분해가 잘 일어나는 것을 알 수 있었다.

참고문헌

1. Pausteinbach, D.J., The Risk Assessment of Environmental and Human Health Hazards, JohnWiley & Sons(1990).
2. 원양수, 최성필, "과잉수소 주입에 의한 Chloroform의 열분해 반응경로에 관한 연구," 대한환경공학회지, 17(2), 167~178(1995).