

초저유황 경유 생산 기술

민 화 식 상무
<SK(주) 에너지환경연구팀장>

1. 초저유황 경유(ULSD)의 필요성

환경부 자료¹⁾에 따르면 대도시 대기 오염의 주요인은 자동차 배출가스이며 수도권 차량 대수의 25%에 불과한 경유차에서 자동차 오염 배출량 중 매년 100%, NO_x 76%, SO₂ 89%를 배출하는 것으로 알려져 있다. 따라서 경유차의 대기 오염 문제를 해결하는 것이 대기 환경 개선을 위한 핵심적 과제이다. 일부 국가에서는 경유차의 이용을 억제하는 정책을 도입하는 경향도 있으나 압축 착화식 디젤 엔진의 특성인 높은 에너지 효율(점화식 엔진의 1.6배)과 높은 출력 등의 장점으로 인하여 온실 가스 감축을 위한 대안으로서 경유차가 부각되고 있다. 일부 대도시에서는 천연가스(CNG) 차량의 보급을 확대하여 오염 문제 해결을 시도하고 있으나 CNG 차량의 가격이 거의 2배 수준으로 높고 연비가 낮으며 연

료 가격이 높고 충전 시간이 오래 걸리며 충전소 Infra 구축이 어렵고 배출 가스 중 탄화 수소, 일산화 탄소, 포름 알데히드 등 다른 오염 물질 배출이 증기등의 여러가지 단점이 드러나면서 대도시에 한정되어 국부적으로 사용되고 있을 뿐, 경유차에 대한 근본적 대안으로는 자리잡지 못하고 있는 실정이다.

적극적인 환경 개선을 위하여 선진 각국에서는 경유차의 배출 기준을 매우 강화 하고 있는 추세이다. 유럽 배출 규격인 EURO IV(2005년 적용) 나 EURO V(2008년 적용) 배출 기준을 만족시키기 위해서는 차량, 후처리, 연료의 복합적 개선이 요구되고 있다. 연료측면에서 보면 세계 각국은 그림1에서와 같이 1990년 이후 지속적으로 경유의 유황함량 규제를 강화되고 있으며 향후 더욱 강화되는 추세이다. 이는 경유 차에서 발생하는 SO₂는 촉매 후처리 장치에서 Sulfate 물질로 전환되고 이 물질은 규제

물질인 PM(Particulate Matter)의 증가를 유발하고 후처리 장치의 촉매의 수명을 단축시켜 배기 가스 처리 성능을 저하시키기 때문이다. 또한 NOx 제거를 위해서 배기 가스 재순환 장치(EGR)을 사용하는 경우 PM은 엔진의 마모 등의 문제를 유발하므로 PM 발생의 최소화가 필요하며 NOx 흡착촉매를 적용하는 경우에는 유황 성분은 NOx 흡착촉매의 성능을 현저히 저하시키는 것으로 알려져 있어 자동차 업계에서는 심지어 유황 함량 제로의 무유황 경유를 요구하고 있다.²⁾

그러나 현실적으로 무유황 경유를 제조하기는 경제적, 기술적으로 상당한 어려움이 있으며 유럽 및 일본 등에서는 50 ppm 수준의 중간 단계의 규격을 설정하여 ULSD의 사용을 2005년부터 의무화하고 있으며 유럽은 10 ppm으로의 변경안도 검토하고 있다. 미국의 경우는 EPA에서 2006년부터 경유의 유황 함량을 15 PPM 이하로 규제하는 입법 안을 준비하여 법안 통과를 추진하고 있다. 일본은 2003년 동경 지역에 50ppm을 적용하고 2004년 전국적

로 적용하며 10 PPM 경유의 도입 시기는 2010년 경으로 예정하고 있다.

EURO IV 수준 이상의 배출 가스 규제 수준을 충족하기 위해서 초저유황 경유는 필수적인 요소로 업계에서 인식하고 있다. 초저유황 경유를 기존 차량에 사용하는 경우 PM은 5~20%, NOx는 2~10% 정도 감축되는 것으로 국내 연구소의 실험 결과가 나타나고 있어 연료 변경 자체 만으로는 공해물질 감축 효과가 높지 않은 편이나 후처리 장치를 함께 적용하는 경우 미세먼지 PM은 90%, NOx는 80% 정도 감축되는 것이 여러 기관의 실증 시험 결과 확인이 되고 있으며 이 경우의 배출 가스 수준은 오히려 CNG 차량 보다 동등하거나 우수하게 나타나고 있다.

경유차의 오염 물질 감축을 위하여 고압 분사 및 전자 제어 등 복잡한 장치가 이용되면서 경유의 고품질화에 대한 요구가 증대하고 있는데 유황 함량 제로화 뿐만 아니라 Cetane No 증가, T95 강화, 비중 감소, PAH 감소, Aromatic 감소 등의 필요성을 자동차 업계 등에서 제기 하고 있다. 그러나 제시되는 품질 규격이 배출 가스에 미치는 영향에 대하여는 아직 과학적인 규명이 충분하지 않은 상태이며 이러한 품질의 제품을 생산하는 Cost가 큰 폭으로 증가할 것이 우려되며 규격의 제개정에 많은 시간과 논란이 예상되고 있다.

미국의 경우 15ppm 입법화 예고에 따라서 석유 회사들은 경유 제조를 위한 투자비 증가, 운전비 증가, 유통 과정에서의 오염 관리 등의 문제로 이에 대하여 강력히 이의를 제기하고 있음에도 불구하고 BP등 메이저 회사는 초저유황유 공급을 선언하고 있다. 뉴욕시 경우 경유매연저제장치(DPF)가 장착

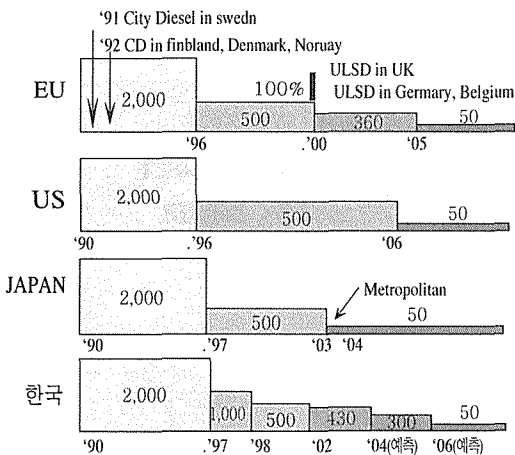


그림1 각국의 자동차용 경유의 황함량 규제 추이

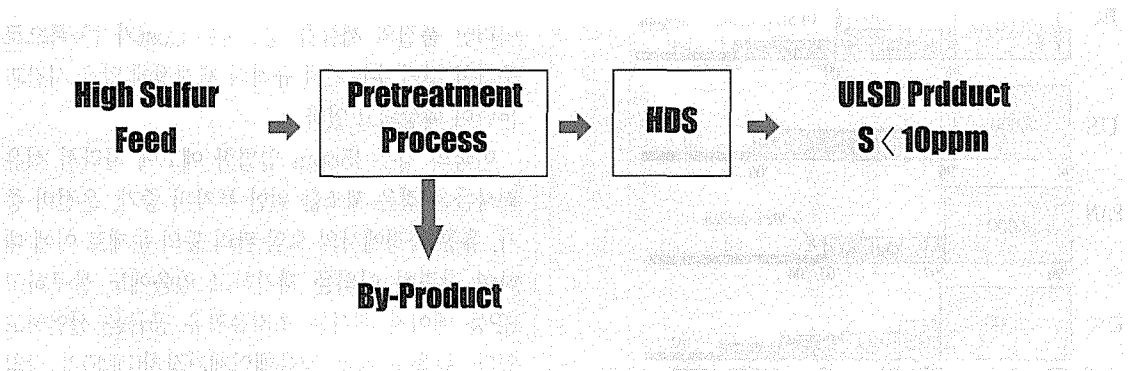
된 Bus 차량 테스트를 완료하고 DPF가 장착된 시내버스에 ULSD를 사용하고 있다. 유럽의 경우는 1991년 스웨덴, 노르웨이, 핀란드, 덴마크 등의 북유럽을 필두로 여러 대도시에서 이미 ULSD 보급이 되고 있는데 이들 도시에서는 ULSD에 일정 부분의 세금 감면을 통하여 공급자의 추가 비용 부분에 대한 보상을 하여 기존 경유와의 동일한 가격을 유지하여 소비자의 ULSD 선택에 대한 저항을 없애는 정책을 실시하여 ULSD 보급을 성공적으로 달성하고 있다. 일본은 2001년부터 50ppm ULSD가 시범적으로 공급되도록 하고 도쿄 지역은 2003년 10월 까지 보급되도록 하여 후처리 장치가 부착되지 않은 경유차는 이 지역운행을 금지하는 정책을 결정하고 있다. 홍콩의 경우도 세금 인센티브 정책으로 ULSD 사용을 장려하고 있다. 이렇듯 각국의 ULSD 사용은 대세적으로 진행되고 있다.

2. SK 초저유황 경유 생산 기술

전통적인 방법으로 15ppm 이하의 경유를 제조하는 경우 많은 비용이 소요되는 문제가 있다. 국내의

3개 정유사에서 보유하고 있는 Hydrocracking 공정에서 생산되는 경유는 10ppm 이하의 유황을 함유하고 있다. 그러나 Hydrocracking 공정은 높은 투자비와 높은 제조 원가로 인해 전체 필요한 물량을 제조할 수 없다. 또 다른 ULSD 제조 공정으로는 2- Stage 탈황 공정이 있다. 이 공정은 1단계의 탈황 공정에서 발생한 암모니아 및 황화수소를 제거하고 2단계에서 귀금속 촉매 등을 사용하여 ULSD를 제조하는 공정이다. 이러한 2-Stage 공정은 공정의 압력이 60 기압 이상으로 높으며 고가의 수소를 다량 소비하는 문제가 있으나 유럽 등에서는 가장 널리 사용되고 있는 공정이다. 또 다른 방법으로 경유의 T95% (ASTM D86 95% 증류점)을 낮추어 ULSD를 생산하는 방법인데 이 경우에는 많은 경질유분이 Fuel Oil로 떨어져 많은 경제적 손실이 초래되는 문제를 지니고 있다.

SK는 기존의 탈황 방법과 전혀 다른 독특한 기술을 개발하여 주요 선진국에 특허를 출원하였고 최근 미국특허를 획득하였다. 본 기술은 SK 주식회사 대덕 R&D 센터의 민화식 상무의 주도하에 연구원들의 각고의 노력 끝에 개발한 기술로 4년여의 개발기



〈 그림 2. SK 전처리 공정의 개념 〉

간을 거치고 상업화 기술의 완성을 위한 실증 플랜트 검증 단계에 있다. 그림2에서와 같이 기술의 핵심은 수소화 탈황 반응을 억제 시키는 물질을 탈황 반응기 전단에서 제거하여 기존의 경유 탈황 공정에서도 손쉽게 ULSD를 제조하도록 하는 전처리(Pre-treating) 공정 기술이다.

전처리 공정을 거치는 경우 동일한 수소화 탈황 공정 조건에서의 유황 함량이 전처리를 하지 않은 경우의 1/10 수준으로 줄어들게 되는 효과가 있다. 최근의 탈황 촉매 기술의 급속한 발전됨에 따라서 기존의 수소화 탈황 공정에서 단지 촉매의 변경을 통해서 50ppm 수준의 경유 생산이 가능하게 되었다. 그러나 촉매 기술 만으로는 10ppm 수준의 경유 제조는 거의 불가능하다. SK의 전처리 기술을 적용하는 경우에는 동일한 수소화 탈황 조건에서도 10 ppm 이하 수준의 경유 제조가 가능해 지는 것이다.

더욱이 미국 등에서는 경유 중 다량의 성분은 FCC 등의 열분해 공정 계통에서 발생한 유분이 포함되어 있다. 크래킹 유분이 함유된 경우 10ppm 수준의 경유 제조는 매우 어렵다. 이러한 경우에도 SK의 전처리 공정을 적용하면 10ppm 수준의 초저유황 경유 제조가 가능하게 된다.

SK 경유 전처리 공정은 2-Stage 공정에 비하여 투자비가 저렴하고 수소의 소모량감소에 따른 운전비가 절감효과로 인하여 타 ULSD를 제조공정에 비해서 경쟁력이 우수한 것으로 판단되며 15ppm 적용을 입법화 하고 있는 미국 등지에 기술 수출이 예상된다. 이미 SK에서 개발한 전처리 기술에 대하여 많은 석유 메이저 회사들이 관심을 표명하고 있는 상태이며 실증 플랜트를 통한 기술의 상업화 가능성에 대한 입증은 내년 상반기까지 완성한 이후에는

기술 수출을 본격적으로 추진할 예정이다.

실증 플랜트는 일 1천 배럴 규모로 건설 중이며 환경부는 차세대 핵심 환경 기술 개발 사업인 ECO-Technopia 21 과제의 일환으로 일부의 투자비를 지원하고 있다.

3. 맺음 말

경유차의 대기 오염 문제를 해결하기 위하여 필수적인 초저유황 경유를 경제적으로 생산하기 위하여 개발한 경유 전처리 기술은 매우 독특하고 경쟁력이 있어 초저유황 경유 생산을 위한 환경 비용을 대폭 절감함은 국내외 정유산업분야에 광범위한 영향을 줄 것으로 예상된다. 아직까지 석유 정제 기술은 외국에서 수입해서 적용하는 것이 일반적이었으나 역으로 기술을 선진 시장에 수출하게 되어 정유 산업 30여년 만에 새로운 이정표를 수립하는 계기가 될 것으로 예상하고 있다.

또한 경유차의 대기 오염 문제를 적극적으로 해결함으로써 국민 건강의 증진에 기여하고 많은 장점을 지닌 경유 시장을 위축시키지 않고 지속적으로 유지 발전하는데 기여하게 될 것이다. 🍀

References

- 1) <http://www.fnnews.com> 파이낸셜 뉴스 보도자료 (2001.8.22)
- 2) Manufacturers of Emmission Controls Association (MECA), 'The impact of Sulfur in Diesel Fuel on Catalyst Emmission Control Technology
- 3) W.S. Min, World Petroleum Congress, Asia Regional Meeting, Shanghai, Sep 17-20 (2001)