

21세기의 Emission Technology

Emission Technology of the 21th Century



정 동 수 · 한국기계연구원 책임연구원

Dong-Soo Jeong · Korea Institute of Machinery & Materials

21세기 배기가스저감기술이라는 제목아래 London의 영국 기계학회(I Mech E) 본부에서 최근 I Mech E의 Combustion Engine Group 주관으로 개최된 2일간의 학술대회에 관한 요약 내용을 소개하고자 한다.

배기 규제와 엔진 및 후처리 기술의 불확실성이라는 두가지 제한요소를 근거로 하여 자동차 회사와 대학·연구계의 전문가들이 미래 자동차의 생산을 위한 도전을 염두에 두고 각자의 의견을 제시하였다.

Toyota의 Genesis Research Institute에서는 최근에 개발을 완료하였다고 공개한 DPNR(Diesel Particulate NO_x Reduction) 후처리장치에 대하여 자세히 소개하였다. 이 장치는 NO_x 흡수 트랩이 입자상 물질(PM) 필터와 유효하게 조합된 것으로 Wall-Flow 필터 담체 자체가 NO_x 저장/저감 촉매로 코팅되어 있으며 회박연소상태에서는 PM이 포집되는 반면에 NO_x 는 촉매로 흡수되어진다는 원리이다. 이 DPNR 장치의 설치로 Japanese 10/15와 13 mode 사이클 시험 조건에서 NO_x 와 PM을 모두 80%까지 저감할 수 있었다고 한다.

일본의 트럭, 버스 메이커인 Hino Motors의 한 전임 Powertrain 수석연구원은 연료전지(FC) 동력원의 가능성을 주장하면서 연료전지 동력원은 상용차의 경우 Full Load의 70%이상 영역에서는 디젤 엔진의 효율은 미치지 못할 것이고 대형 트랙의 성능이나 운행범위의 요구조건을 맞추기 위해서는 큰공간을 필요로 한다는 문제점을 제기하였다.

벨기에 Brussel에 있는 AECC(Associated for Emissions Control by Catalyst)의 책임자는 후처리장치 개발에 대한 최근의 동향을 분석하며 전망을 제시하였다. 이 사람이 주장하는 가장 중요한 도전은 연비향상을 위한 엔진기술은 지속적으로 향상시키면서 배기 중 가스상태나 입자 공해물질을 줄이는 것이고 매년 자동차수와 주행거리의 증가가 예상되므로 이에 대한 대기의 질과 Greenhouse 가스레벨을 고려하여 공개적으로 선언된 Fleet Target을 달성하

는 것이라고 한다.

디젤 산화촉매(DOC)의 사용이 증가함에 따라 차세대 후처리 장치의 기능에 도움이 될 것으로 예상되며, NO_x 저장 흡착기와는 다른 $de\ NO_x$ 촉매기처럼 DOC가 Self-Regenerating 입자필터와 같이 사용할 수 있다고 한다. 또한 SCR(Selective Catalytic Reduction)과정에서 DOC는 NO_2 레벨을 증가시키며 테일 파이프에서 분사된 암모니아가 빠져 나온 것이나 탄화수소(HC)를 잡아내는 역할을 하게 된다.

또한, 촉매의 열 내구성 향상을 위해서는 약 1,000℃ 정도에서도 견딜 수 있는 금속 촉매가 사용될 것이고 물론 삼원 촉매를 위한 배기가스온도 상승 기술과 OBD 장치에 의한 진단기술의 필연적 등장을 전망하고 있다.

이론 공연비 연소시에 HC 흡착장치 촉매의 내부나 전방에 제올라이트 같은 재료를 사용함으로써 배기가스 온도가 촉매의 활성반응을 위한 일반적인 온도보다 훨씬 못 미칠 경우에도 HC를 포집할 수 있으므로 이러한 기술은 일반 3원 촉매로부터 배출되는 HC 레벨을 반으로 줄일 수 있다고 한다.

EHCC(Electrically Heated Catalytic Converter) 장치에서의 새 기술로는 금속 담체에 전류를 공급함으로써 수초 내에 필요한 온도까지 올릴 수 있다고 한다.

디젤 엔진과 GDI 가솔린 엔진의 경우 연료절감과 CO_2 감소 면에서 매우 중요한 기술이지만은 촉매사용기술에는 걸림돌로서 큰 도전을 요구하고 있다. NO_x 저감 반응을 달성하기 위해 배기가스 흐름에 기존 HC를 사용하거나 HC를 추가하는 것은 좋은 방법이지는 하나 사용 연료 성분 중에 유황성분을 얼마나 줄일 수 있는냐에 따라 좌우된다. 한 연구결과에서는 연료 중 유황성분을 49 PPM에서 6 PPM으로 줄일 경우 NO_x 전환 효율은 14%에서 26%로 향상시킬 수 있었다고 한다.

세계 최대 후처리 담체 재료 공급회사인 미국의

Corning Environmental Technologies 의 한 전문가는 촉매 전환 효율 향상이라는 발표 논문에서 귀금속 가격이 들쭉 날쭉할 경우 플라티늄을 팔라듐으로 대체하는 등 보다 정밀한 금속의 적용으로 인하여 셀 농도를 더 높히고 벽면은 더 얇게, 담체 내열 온도는 더 낮게 할 수 있었다고 한다. 그러나 400 CSI (Cells/ Square Inch)에서 600, 그리고 900 CSI 까지 증가시키면서 얻을 수 있는 장점은 그리 크지 않았으며, Corning 1,200 CSI, 2mm 벽두께 담체의 경우 HC 와 NO_x 에서 약간 저감 효과가 증가되었을 뿐 다른 인자들은 변동이 없었다고 한다.

또한 그는 PM 필터와 SCR (Selected Catalytic Reduction)을 조합하여 뿌조 607 디젤차에 사용되는 것과 같이 세륨 연료 첨가형 촉매를 사용하는 디트로이트 디젤 시리즈 60 대형 트럭엔진 뒤에 설치하여 실험한 결과, PM과 NO_x 레벨은 EURO 5 규제치보다 훨씬 아래로 USEPA 2007 규제 안에 거의 가까운 성능을 달성할 수 있었다고 발표했다. 흥미롭게도 필터가 SCR 아래 측에 설치되면 암모니아 슬립-테일 파이프에 남아있는 미 사용된 암모니아를 없앨 수 있다는 것이다.

NO_x 흡착 트랩에 관해서 담체 사양의 효율성에 대한 영향에 관심을 갖고 있으며 최근의 실험 결과에서 기본 400 CSI 담체에서 새롭게 800 CSI로 변경함으로써 NO_x 저감 효율을 70%에서 90%까지 높힐 수 있었다고 한다.

그의 결론에서는 자동차에 연료전지의 사용은 초기에는 주 원동기로서가 아니고 보조원동기로서 특히 배출가스가 문제되는 냉 시동시 엔진으로부터 사용하는 출력을 줄이는데 유용하게 이용될 것으로 예상하고 있다. 이 경우 연료 전지로부터 부분적으로 생성된 산화가스는 냉 시동시 엔진 배출가스를 더 줄이기 위해서 촉매 장치 내에 이용될 수 있다고 한다.

여러 발표자들은 궁극적으로 2010년까지는 아니더라도 EURO 6 배제규제에 전체질량 제한처럼 입

자 크기나 숫자, 아니면 입자크기와 숫자를 명시하게 될 것이라고 기대하고 있다.

영국 DETR (Dept. of Environment Transport & the Regions), SMMT(Society of Motor Manufacturer & Traders) 그리고 오일 업체를 대신해서 Ricardo 연구소에 의해 진행된 한 프로그램에서는 입자크기, 숫자와 질량에 대한 입자 트랩의 영향에 대한 연구가 소개되었는데, 이 실험에 사용된 연료의 유황 성분은 50 ppm 이었다.

PM 크기나 숫자에 대한 결론은 복잡하다. 그러나 대형 디젤엔진의 경우, Johnson Matthey CRT (Continuously Regenerating Trap)을 장착했을 때 40nm 이상인 탄소 퇴적 입자의 숫자는 전체 PM 질량처럼 감소되었지만은 측정된 전체 입자의 숫자는 40nm 이하의 미세 핵화된 입자의 급증으로 인하여 증가되었다고 한다.

경량 차량의 경우, PM 필터 장착 차량과 산화 촉매 장착 차량사이에 상호비교를 하였는데, 저속 차량 / 엔진에서는 산화 촉매보다 PM 필터가 입자저감효과 면에서 좋았으며 120km/h로 운행할 경우 두 시스템 사이의 차이는 미미했다. 그래도 40nm 이하 크기의 입자 수는 두 시스템 모두에서 대량 측정되었다고 한다.

영국 DETR 의 환경 표준국 국장은 입자크기 숫자의 허용치에 관한 규제자의 관점을 발표하였는데, 아직까지는 입자크기의 서로 다른 범위에 대한 목표치는 정해지지 않았으며 EU 규제 위원회는 약 2년 정도 걸릴 것으로 예상되는 새 “입자 성능 시험 기준” 개발을 위한 지원에 착수하기 전에 건강에 영향을 미치는 증거를 더 기다리고 있다고 하였다.

후처리기술의 발전으로 볼 때 많은 자동차 제조업체는 PM 트랩의 도움 없이도 EURO 4 규제 대응은 무난할 것이라고 판단하면서 그 대신 Urea-Fed SCR deNOx가 설치되어 PM저감으로 Trade-Off되어 엔진으로부터 나오는 NOx는 고압분사와 연소 개선으로 보완 될 수 있다고 기대하고 있다.

또한 남아프리카에서는 디젤 엔진의 DME (Dimethyl Ether)를 사용하는 시도에 대해 Witwaterstrand 대학의 한 교수가 소개를 하였는데, 분사시기의 변경 없이 기존 디젤 엔진과 비교해 볼 때 최고 출력은 15% 정도 감소되었으나 DME의 연소온도 저하로 NOx와 Total HC는 약 80%까지 저감할 수 있었고 CO는 중부하 까지는 디젤과 거의 같은 수준인데 그 이상의 부하에서는 DME 가 불리한 점이 있다고 하였다.

〈정동수 책임연구원 : dsjeong@mailgw.kimm.re.kr〉

인생은...

인생은 커다란 상점 같은 것이다. 오른쪽과 왼쪽에 각각 카운트가 하나씩 있다.

오른쪽 카운터에는 '행복' 이라는 커다란 간판이 붙어 있다. 그곳에서는 우리들을 기분 좋게 해주는 생각들을 살 수가 있다. 왼쪽 카운터에는 '불행' 이라는 간판이 붙어 있다. 그곳에서는 나쁜 기분이 되는 생각을 살 수 있다. 선택하는 것은 우리들이다. 자기 스스로 어떤 카운터에서 살 것인가를 결정해야 한다. 무엇을 생각하고 어떻게 느끼는가는 자신이 결정하는 것이다.