

Engine Exhaust Particle Sizer를 통한 GDI 자동차에서 발생하는 나노미세입자 배출특성 분석

장지환* · 이종태** · 김기준** · 김정수** · 박성욱***†

Nano-particles emission characteristics of GDI vehicles using Engine Exhaust Particle Sizer

Jihwan Jang*, Jongtae Lee**, Kijoon Kim**, Jeongsu Kim**, Sungwook. Park***†

ABSTRACT

In this study, the nano-particle emitted from Gasoline Direct Injection(GDI) vehicles was measured using the Engine Exhaust Particle Sizer(EEPS) on a chassis dynamometer. In addition, driving mode were divided into cold start mode(CVS-75, NEDC) and hot start mode(NIER-6, NIER-9) to evaluated the characteristics in the various operating conditions. The Particle Number(PN) concentration was analyzed for various driving patterns, i.e., acceleration, deceleration, idling, cruising and the phases of mode. In a result, Total concentration of PN for size was concentrated from 50 to 100 nm and acceleration represents the highest concentration among the driving pattern. It is believed that the increases quantity of fuel, and mixture will be richer than other patterns.

Key Words : Gasoline Direct Injection, Nano-Particle, Particle Number

최근 전 세계적으로 친환경정책이 대두되면서 이에 맞춰 자동차에서 배출되는 배기가스의 규제 또한 강화되고 있다. 특히 자동차에서 배출되는 미세먼지 관련 규제가 강화되고 있다. 유럽에서는 중량기준인 Particulate Matter(PM) 뿐만 아니라 개수기준인 Particle Number(PN)를 함께 규제하면서 미세먼지 규제에 대한 기준을 더욱 엄격하게 정하고 있다. 하지만 규제에 해당하는 직경보다 작은 직경의 미세먼지, 즉 극미세입자 또한 자동차에서 배출되고 있는 것으로 알려지고 있다. 이에 따라 극미세입자에 대한 관심과 많은 연구가 진행되고 있으며 실제 인체 유해성 측면에서 같은 중량의 입자라 하더라도 입자의 직경이 작을수록 표면적이 월등히 커지기 때문에 인체에 유입되어 폐와 같은 인체 장기에 더욱 쉽게 흡수되며 세포와의 반응성이 증가하여 인체유해도가 기존 미세먼지보다 더 큰 것으로 알려져 있다. 그러므로 향후에 기존 미세먼지 뿐만 아니라

극미세입자에 대한 규제 및 관리가 진행될 것으로 판단되며 이에 앞서 효과적인 규제 및 관리를 위해 극미세입자의 배출특성에 대한 많은 연구가 진행될 것으로 판단된다.[2],[3]

이에 본 연구에서는 Gasoline Direct Injection(GDI) 자동차에서 배출되는 극미세입자 특성을 분석하기 위해 1998cc Turbocharger-GDI 자동차를 시험자동차로 선정하여 차대동력계에서의 실험을 진행하였다. 또한 다양한 주행조건에서의 배출특성 분석을 위해 Cold start mode와 Hot start mode로 나누어 분석하였고 Cold start mode로는 실제 국내 인증시험모드인 CVS-75와 유럽의 인증시험모드인 NEDC로 시험하였으며 Hot start mode로는 국립환경과학원에서 국내 주행패턴을 고려해 제작한 NIER-6,9 mode로 시험하였다. 주행모드 특징을 Table. 1에 나타내었다.

본 연구에서는 실제 규제중인 직경의 입자와 이보다 작은 극미세입자의 비교를 위해 현재 UN-ECE에서 권장하고 있는 Condensation Particle Counter(CPC)와 직경 5.6nm부터 560nm까지의 극미세입자가 측정 가능한 Engine Exhaust Particle Sizer(EEPS)를 이용하였다. 또한 각 주행모드에서의 Pattern에 따른 특성과 Phase에 따른

* 한양대학교 대학원

** 국립환경과학원 교통환경연구소

*** 한양대학교 기계공학부

† 연락처, parks@hanyang.ac.kr

TEL : (02)2220-0430 FAX : (02)-2220-4588

특성을 나누어 분석하였다.

Table 1 Characteristics of the driving mode

Name	Average Speed (km/h)	High Speed (km/h)	Distance (km)	Time (sec)
CVS75	34.2	91.2	17.77	1874
NEDC	33.6	120	11.01	1180
NIER6	19.5	60.1	4.89	846
NIER9	34.1	70.9	8.8	920

Fig. 1은 CVS-75 mode에서의 극미세입자 배출특성을 도시하였다. Cold start로서 시동과 동시에 많은 PN Concentration을 나타내며 이후 Cold phase가 약 200초간 지속되면서 이 기간 동안의 높은 PN Concentration을 유지한다. 이는 낮은 Cylinder 내부 온도에서의 연료 미립화의 어려움으로 인해 불완전연소가 이루어지면서 높은 값을 나타내는 것으로 판단된다. Cold phase 이후 엔진 내부의 충분한 예열을 가지면서 자동차 속도 패턴에 따른 PN Concentration을 나타내고 있다.

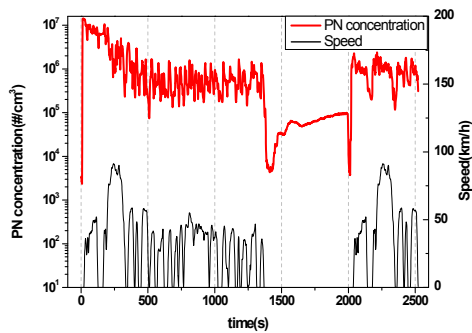


Fig. 1 Time resolved PN concentration and Vehicle speed

Fig. 2에서는 CVS-75 mode에서 Pattern에 따른 극미세입자 배출특성을 나타내었다. CVS-75 mode에서의 극미세입자 배출은 62.3nm에서 가장 많은 배출을 나타내고 있으며 30-100nm에서의 특정 입자직경에서의 극미세입자 배출이 집중되고 있다. 또한 acceleration에서 높은 PN concentration을 가지며 이는 자동차의 가속에서의 보다 많은 연료분사로 인해 낮은 공연비와 rich mixture 형성의 원인으로 다른 주행 pattern 보다 높은 PN concentration을 나타내는 것으로 판단된다.

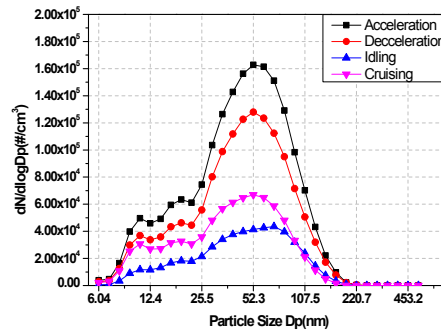


Fig. 2 Particle number distribution in different driving pattern from CVS-75 mode

후 기

본 연구는 국립환경과학원 지원으로 수행되었으며, 연구를 지원해 주신 기관에 감사드립니다.

참고 문헌

- [1] F.Zhao, M.Lai and D.Harrington, "Automotive Spark Ignited Direct-Injection Gasoline Engines", Pergamon, 1999
- [2] Seaton A, MacNee W, Donaldson K, Godden D, "Particulate air pollution and acute health effects", Lancet, 1995;345:176-178
- [3] Utell MJ, Frampton MW, "Acute health effects of ambient air pollution: The ultrafine particle hypothesis", J Aerosol Med 2000;13:355-359.
- [4] Mark S. Peckham, Alex Finch and Bruce Campbell, " Study of Particle Number Emissions from a Turbocharged Gasoline Direct Injection(GDI) Engine Including Data from a Fast-Response Particle Size Spectrometer", SAE International. 2011-21-1224.
- [5] Tiezhu Li, Xudong Chen and Zhenxing Yan, "Comparison of fine particles emissions of light-duty gasoline vehicles from chassis dynamometer tests and on-road measurements", Atmospheric Environment 68, 2013-82-91.
- [6] Kittelson, D.B., "Engines and nanoparticles, a review" Journal of Aerosol Science 37, 1998, 913-930.