
CONVERGETM를 이용한 디젤 PCCI 연소 CFD 해석 연구

주강민¹⁾ · 박정수^{*2)}

조선대학교 기계공학과

CFD study of Diesel PCCI combustion using CONVERGETM

Kangmin Ju¹⁾ · Jungsoo Park^{*2)}

*Graduate School, Department of Mechanical Engineering, Chosun University¹⁾,
Department of Mechanical Engineering, Chosun University^{*2)}*

Key words : Diesel(디젤 연료), NADI(좁은 분사각 인젝터), PCCI(부분 예혼합 압축 착화), NOx(질소 산화물), PM(입자상 물질),

* Corresponding Author, E-mail: j.park@chosun.ac.kr

친환경이 더 이상 선택의 문제가 아니라는 사실은 명확하다. 증가하는 전기차 시장과 강화되는 배기규제는 디젤 엔진의 입지를 더욱 감소시키고 있다. 디젤 엔진은 고성능 및 높은 열효율의 장점과 EURO VI 배기규제를 충족시키고 있지만, 질소산화물(NOx)과 입자상물질(PM)을 발생시켜 완전한 Clean Diesel을 달성하는 어려움이 있다. 또한 디젤 엔진은 요구하는 배기규제를 충족시키기 위해 차량의 연비증가는 필수적이고 후처리 장치를 통해 배기가스를 절감할 수 있지만, 후처리 장치에 들어가는 비용 및 무게도 무시할 수 없는 한계점이 있다. 따라서 연료와 공기의 연소로부터 출력을 얻는 디젤 엔진은 변화의 필요성을 인지하고 EURO VI 배기규제를 감안한 출력은 잃지 않고 연비를 향상시킬 수 있는 혁신적인 연소 기술 개선 및 실용화가 중요하다. 이러한 연소개선은 인젝터 구동 방식 발전과 분사 압력의 증가, 연소실 형상 최적화를 예로 들 수 있으며, 현재 디젤 엔진의 부분 예혼합 압축 착화(PCCI; Premixed Charge Compression Ignition) 신 연소 기술을 연구 중에 있다. 이는 다단분사 및 진각된 분사 시기를 적용하여 기존 디젤 연소보다 더 긴 혼합시간과 저온 연소를 통해 NOx, PM 배출량을 감소시키지만, 진각된 시기의 분사된 연료는 연료의 액적 크기 및 속도는 노즐형상과 노즐 각도에 영향을 받아 벽면 적심 현상이 발생하여 미연탄화수소(UHC) 및 일산화탄소(CO)가 발생하는 단점을 가지고 있다.

본 연구는 노즐 분사 각도에 영향을 받는 디젤 엔진의 연비증가 및 배기가스 저감을 위해 벽면 적심 현상을 감소시킬 수 있는 인젝터 분사 각도의 최적화가 필요하다고 생각되어 NADI(Narrow angle direct injection)를 적용한 다양한 분사 각도(30°, 60°, 90°, 120°) 범위에서 해석을 진행하였다. 우선 Figure 1은 1.6L급 디젤 엔진 연소 구현을 위한 1D 시뮬레이션 프로그램으로 다단분사를 적용하여 모델의 Validation을 충족시켰다. 하지만 1D 시뮬레이션만으로는 연료 분사 시, 미립화, 유동 현상, 연소 및 배출을 수치적으로만 볼 수 있다. 이에 가시화를 통한 높은 신뢰도 확보를 위해 Figure 2는 수치해석적 시뮬레이션인 3D CFD CONVERGETM 프로그램을 사용하여 실린더 형상을 만들어 유체에 관한 혼합물은 Navier-stokes 방정식과 SAGE model 기반의 연소해석을 수행하였다. Figure 3은 해석 결과로 진각된 분사를 통해 혼합시간을 증가시키고 좁은 분사 각도를 주어 디젤 엔진의 단점인 연료 벽면 적심 현상을 감소시켰을 뿐 아니라 연소성능(Heat release rate,

P_cylinder)향상과 Emission 감소에 영향이 있음을 확인하였다.

이를 통해 디젤 엔진의 부분 예혼합 압축 착화(PCCI; Premixed Charge Compression Ignition) 신 연소 기술을 구현할 수 있으며, 더 나아가 본 결과를 통해 엔진은 발전용, 모터는 구동용으로 사용되고 있는 하이브리드 자동차 중 주행거리 확장에 유용한 방법인 RE-EV(Range extended electric vehicle) 상용화를 위해 디젤 엔진의 Down sizing과 신 연소 기술을 이용하여 디젤 엔진의 장점인 효율을 극대화하고 한계점인 배기가스를 '0'에 가까운 수준으로 감소시키는 Clean Diesel을 보다 더 강화할 수 있다. 더불어 ZEV(Zero emission vehicle) 실현과 디젤 엔진 시장의 지속가능성을 견인할 수 있다.

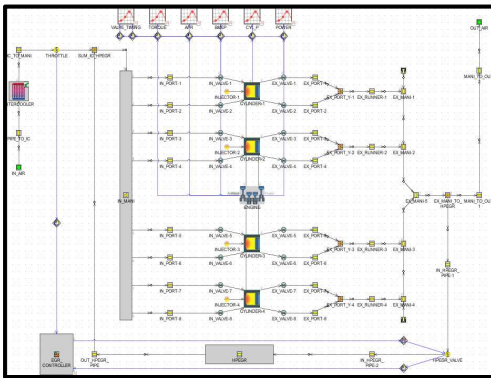


Figure 1. 4 Cylinder 1D validation model

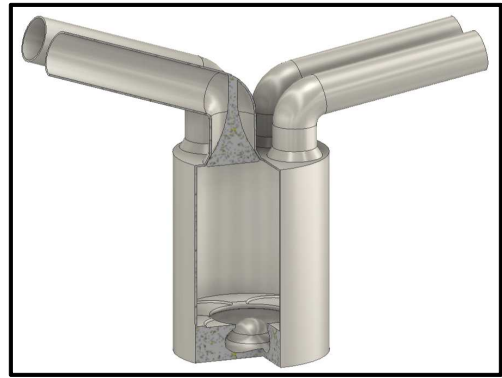


Figure 2. Single Cylinder shape using 3D CFD Converge

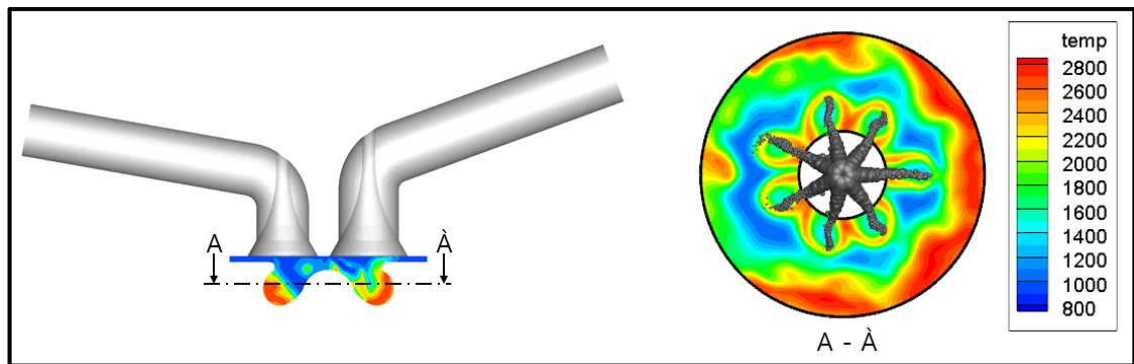


Figure 3. Combustion analysis using NADI(Narrow angle direct injection)