

다양한 고체연료 입자의 정량적 화염 관측을 통한 연소과정 특성화

이후경* · 최상민**

Quantitative flame observation for characterizing combustion processes of different solid fuel particles

Hookyung Lee*, Sangmin Choi**

산업용 반응기 내로 이송가스와 함께 비말 동반되어 주입되는 고체연료 입자들은 고온 유동장 환경에서 짧은 체류시간 안에 높은 반응성 및 전환율을 확보하기 위해 대부분 마이크론 단위의 직경을 가지도록 전처리된다 [1]. 이들의 단일자 연소과정 이해는 화염과 반응기 규모의 연소모형을 성립하는 근본이 되고, 더 나아가 이들의 설계와 연소현상 모델링을 위해 널리 사용되고 있는 CFD (computational fluid dynamics) 시뮬레이션의 기본이 된다.

복잡한 열물질 전달, 고체입자의 구조적 변화, 화학반응이 복합적으로 발생하는 연소 환경에서, 고체연료 단일자의 연소과정은 입자가열, 수분증발, 휘발분 방출 및 산화로 인한 화염 형성과 소멸, 좌 연소 및 가스화 등의 순차적 과정으로 이루어진다 [2]. 다양한 고체연료들은 각기 다른 물리적 구조와 화학적 조성을 가지기 때문에 연소 조건과 입자크기에 따라 다른 휘발분 연소특성을 보여준다. 따라서 연소과정을 이루는 각 특징적 구간(characteristic region)의 소요시간 역시 다르게 나타난다. 특히, 고체연료의 연소과정 중 각 특정 구역은 ($t_0=0$, $T_0=298K$ 의 초기조건을 가지는) 입자의 투입 시점만 확보된다면 휘발분 화염의 시작과 소멸 시점을 가지고 논의될 수 있다. 단일자 연소모형에서 휘발분 화염의 시작은 가열구간의 종료, 그리고 휘발분 화염의 소멸 시점은 좌 연소의 시작이라고 여겨지기 때문이다.

우리의 이전 연구들에서는 $t_0=0$, $T_0=298K$ 초기 조건부터 시간에 따른 단일자 연소과정 관측을 위한 실험적 방법이 제시되었고, 연소특성에 영향을 주는 산소농도, 입자크기 등의 파라미터를 변화시켜 석탄 입자의 연소과정을 정량적으로 살펴 보았다 [3]. 또한 석탄, 바이오매스, 고분자 화합물의 각기 다른 휘발분 연소특성을 관측하였으며, 그 결과 역청탄, wood, PKS (palm kernel

shell), PVC (polyvinyl chloride) 단일자를 둘러싼 뚜렷한 휘발분 화염 형성을 확인할 수 있었다 [4]. 본 연구에서는 산소농도와 입자크기 변화에 따른 화염 관측 결과의 정량적 분석을 통해 석탄, wood, PKS, PVC 고체입자의 연소과정을 시간에 따라 특성화한다. Fig. 1은 대표적 고체연료인 석탄의 연소과정 특성화 결과를 보여준다. 휘발분 화염의 등가 반지름 (r_{eff}) 대 입자 반지름 (r_p)의 비를 통해 탈휘발과 연소의 시작 (가열구간의 종료), 화염의 소멸 (좌 연소의 시작) 지점에 관한 정보를 획득할 수 있었다. 또한 diffusion-limited 모형에서 알아야 할 중요한 사항인 volatile flame sheet의 위치, 즉 등가화염 반경을 실험적으로 verification 할 수 있는 방안을 제시할 수 있었다.

후 기

본 연구는 KAIST BK21 Plus 사업의 지원으로 수행되었습니다.

참고 문헌

- [1] L.D. Smoot, D.T. Pratt, Pulverized coal combustion and gasification, Plenum Press, New York, 1979.
- [2] A. Williams, R. Backreedy, R. Habib, J.M. Jones, M. Pourkashanian, "Modelling coal combustion: the current position", Fuel 81 (2002) 605-618.
- [3] H. Lee, S. Choi, "Experimental observation on sequential combustion processes of a single coal particle entrained into high-temperature gas environment", Proc. 48th KOSCO symposium (2014) 83-84.
- [4] H. Lee, S. Choi, "Experimental observation of combustion characteristics of coal, biomass, and petro-chemical hydrocarbon particles", Proc. 49th KOSCO symposium (2014).

* KAIST 기계공학과

† 연락저자, smchoi@kaist.ac.kr
TEL : (042) 350-3030 FAX : (042) 350-3210

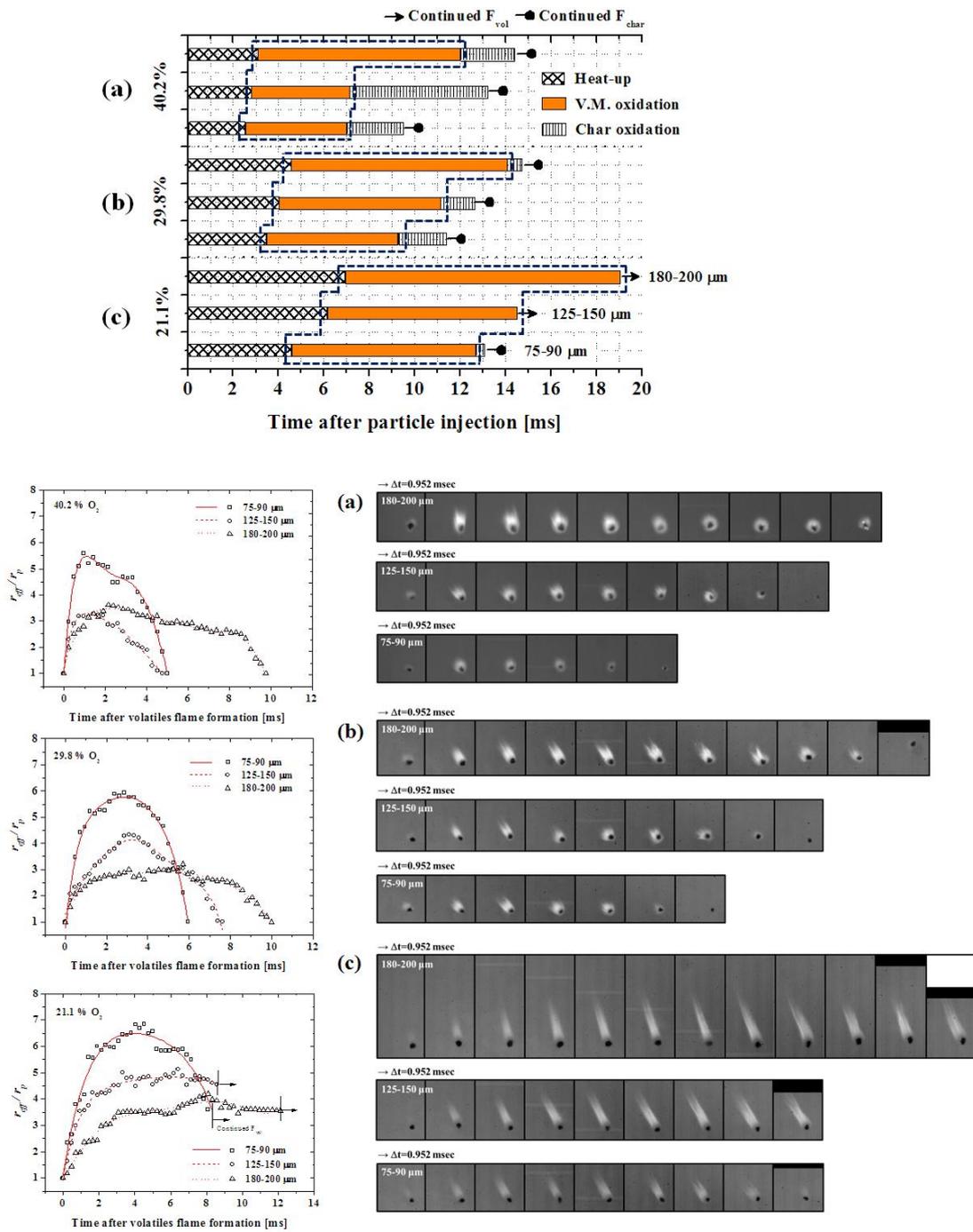


Fig. 1 Characterization of combustion processes of single coal particle along the associated time at 21.1, 29.8, and 40.2 % O₂ environment, respectively.