# SCRamjet Engine 내의 초음속 연소 수치모사 연구

최정열**, 문귀원†, 정은주*, 정인석*

* 서울대학교 항공우주공학과
** 부산대학교 항공우주공학과
† 한국항공우주연구원

스크램제트 엔진은 연소실내에서의 공기 유동의 속도가 초음속이므로 유동이 화염전파속도보다 빨라 화염유지가 어렵고 연소실내에서 유동이 머무는 시간이 수 ms로 매우 짧다. 따라서 이러한 짧은 시간 내에 연료와의 혼합 및 연소반응까지 이루어져야 하므로 초음속 유동장속에서의 화염의 유지 및 안정화, 초음속 화염의 구조 및 연소 메카니즘, 연료-공기 혼합 등이 주된 연구과제이다. 현재 연구되어지는 주된 분야는 화염을 유지시키는 방법과 연료-공기 혼합 증대를 위한 방법이다.

스크램 제트 엔진의 연소기내에서의 연소과정에 의한 열 방출이 어떤 임계값보다 크게 되면 연소실내에서의 마하수는 1로 떨어지게 되고, 유동은 열적으로 질식되게 된다. 이러한 질식유동은 연소실 입구에 수직 충격파를 형성하게 되어 결과적으로 큰 저항을 만들게 됨으로써 극초음속 비행시에 엔진의 성능을 급격히 떨어뜨리게 한다. 수치계산 연구에 사용된 초음속 연소기 모델은 UT의 풍동을 사용하여 Takahashi 등이 실험한 모델과 ANU의 O'Byrne 등이 실험한 모델 등 두 가지 종류로 공기-연료 혼합정도와 혼합형태가 열적질식에 미치는 영향을 파악함으로써 열적질식 현상 규명 및 높은 당량비에서도 열적질식에 이르지 않는 연소기 형상의 제안을 위한 기초자료를 확보하고자 한다.

초음속 확산화염의 수치연구를 위해 다원 화학종 Navier-Stokes 방정식과 수소-공기 상세 화학반응을 고려하고 난류는 2-방정식, 즉 k-$\omega$/k-$\varepsilon$ 혼합 SST 모델을 이용한다. 공간차분법으로 Roe의 FDS기법을 선택하고 고차 공간 정확도를 위해 MUSCL 외삽 기법을 적용한다. 정상상태의 해석에는 LU분할 시간 적분법, 비정상 해석에는 PSGS 시간 적분법을 사용한다. 실험 결과를 이용하여 수치해석 코드를 검증한 후 이를 바탕으로 연료와 공기의 혼합 문제를 다루고자 한다. 여러 연구자들에 의해 제안된 연료-공기 혼합 증대방법을 고찰하여 보다 효율적인 혼합방법으로써 연소기 내의 충격파에 의한 혼합증대 방법을 제시하고자 한다. 화염의 구조를 밝히고, 화염이 안정하게 유지되는 조건들을 수치적으로 살펴보고 열적질식에 이르는 과정등을 파악하여 보다 안정하고 성공적인 초음속 연소과정을 이끌어 낼 수 있는 연소기 형태 및 연소 방법을 알아보고자 한다.