

## 액체로켓 엔진에서의 극저온 산화제의 유동 특성

조남경\*, 정용갑, 문일윤, 한영민, 이수용(한국항공우주연구원), 정상권(한국과학기술원)

(E-mail: cho@kari.re.kr)

액체로켓 엔진에서 극저온 추진제는 저장성 추진제에 비해 운용의 어려움에도 불구하고 비추력 성능이 우수함으로 인해 널리 활용되고 있다. 극저온 추진제는 저온 유체(cryogen)의 증발열이 상온의 액체들보다 훨씬 적음으로 인해 쉽게 기화될 수 있는 특성을 가지기 때문에 추진제 공급배관은 일반적으로 단열을 하여야 한다.

그러나 액체 로켓 엔진 매니폴드 및 인젝터 부는 단열 사양을 적용할 경우 시스템이 복잡해지고 무게가 증가함으로 인해 일반적으로 단열 사양이 적용되지 않으며, 시동전에 냉각이 수행될 경우 연료 매니폴드로 산화제가 유입됨으로 인한 폭발 위험성을 있으므로 선 냉각이 수행되지 않는다. 이러한 냉각의 미수행과 단열사양을 적용하지 않을 경우에 일어날 수 있는 문제는 액체산소의 온도 상승과 매니폴드 내 부벽 및 인젝터에서 기체가 발생할 수 있다는 점이다. 연소성능 측면에서 볼 때 충돌형 형식의 분사기를 적용하는 엔진은 극저온 산화제 인젝터에서 기체가 분사될 경우 연료 액적과의 충돌력을 약화시킴으로 인해 연소효율을 떨어뜨리게 되며 연소 안정성 측면에서 기체산소가 분사된 부분과 액체산소가 분사된 부분에서의 발열량 차이가 발생하고 상대적으로 속도가 큰 기체가 연소장을 교란시키게 된다. 이로 인해 연소영역의 균일성을 저하되고 화염 안정성 마진을 줄이는 현상을 보이게 된다.

기존의 충돌형 액체로켓 엔진의 설계 및 해석이 주로 산화제가 100% 액상으로 분사될 경우에 이루어졌기 때문에 위와 같은 현상을 보다 정밀하게 해석하기 위해서는 기체가 섞여있을 가능성에 대한 검증 및 분사 기체량을 정확하게 예측하는 것이 필요하다. 본 연구에서는 극저온 액체산소를 산화제로 사용하는 KSR-III 액체로켓 엔진의 산화제 매니폴드 및 인젝터에서 측정된 압력 강하 값을 이용하여 발생한 기체 분율을 계산하였다. 액체산소 매니폴드 기체 분율 계산은 이상유동의 분리유동 모델을 활용하였고, 인젝터에서의 기체분율은 오리피스 모델을 활용하여 예측하였다. 계산결과 매니폴드에서는 약 7%의 질량분율을 보였으며, 인젝터에서는 약 2%

의 기체분율을 보이는 것으로 예측되었다. 메니폴드에서의 열전달 해석결과 유동 형태는 균질유동 모델로 설명될 수 있었으며 이에 따라 액상과 기상이 혼합된 bubbly flow 형태를 보이는 것으로 판단되었다. 유동 형태에 따른 압력섭동 경향에 대한 보다 심도있는분석이 연소안정성 해석을 위해 필요할 것으로 보인다.