

BGK 수치기법을 이용한 로켓 노즐 내의 유동장 해석

신 동 신 · 이 재 성*

(홍익대학교 기계공학과, 홍익대학교 대학원*)

(E-mail : dsshin@wow.hongik.ac.kr)

충격파를 포함하는 초음속 유동을 해석하는 수치해법 중에서 많이 사용되어진 것은 엄밀 및 근사 리만 해법과 플럭스 분할 기법들로서 이들은 Euler 방정식에 기반을 두고 선형 또는 비선형과의 상호작용을 풍상 차분법으로 기술하는 방법들이다. 이러한 수치기법들은 과거 광범위하게 사용되어 왔으나 최근 여러 가지 단점이 발견되었다. 이와 같은 문제점을 극복하고자 입자의 통계적인 운동을 기술하는 기체 운동론에 근거하여 BGK 수치기법이 제시되었다. 이는 비충돌 볼츠만 방정식으로부터 입자의 수준에서 플럭스 분할 기법 형태의 풍상차분법을 구현하는 것으로 볼츠만 방정식의 충돌항을 BGK 모델로 대체하고 이것의 적분해로부터 수치 플럭스를 구한다. 이 수치기법은 기존의 리만해법에 비하여 수치적으로나 물리적으로 매우 타당한 성질인 강건성, 정확성, 엔트로피 조건, 양수보존성 등을 가지고 있음이 밝혀졌다. 이와 같은 수치기법을 사용하여 로켓 노즐 내의 아음속, 천이음속, 초음속에서의 유동장 해석을 위한 프로그램을 작성하였다. 시간 적분에 대하여는 정상 상태의 계산을 위하여 내재적 시간 적분 방법을 사용하였으며, 공간 이산화 방법으로는 임의의 제어체적에 대하여 적분형 보존 방정식을 적용하는 유한 체적법을 사용하였다. 초음속 입구 유동과 출구에서 초음속과 저음속 유동의 두가지 경우를 고려하여 얻은 결과를 기존의 연구 결과와 비교하여 본 결과 잘 일치하였다. 입구 유동이 저음속이고 출구 유동이 초음속인 경우에 대하여도 해석결과가 실험결과와 잘 일치하였다. 상대적으로 낮은 온도, 압력 조건과 높은 온도, 압력 조건을 가지는 고체 로켓 모터 노즐 내의 유동을 해석하였다. 이들 해석 결과를 전압, 전온도로 표준화시킨 결과 서로 일치하였으며, 따라서 저온, 저압에서 얻은 결과도 표준화시킬 경우, 고온, 고압에서도 사용될 수 있음을 알 수 있었다.