

윗면이 냉각되는 수평 유체층의 열적 불안정성에 대한 연구

박승호, 문주형, 최창균*
서울대학교
(ckchoi@snu.ac.kr*)

초기에 유동이 없는 수평 유체층의 윗면을 냉각시킬 때 발생하는, 부력에 기인한 대류에 관한 연구를 이론적으로 수행하였다. 아래 고정 경계면을 초기 온도로 일정하게 유지시킨 채, 위 자유 경계면만 갑자기 낮은 온도로 냉각시키면 부력에 의해서 어느 시점부터 대류가 발생하기 시작한다. 그러나 아직까지 어느 시점에서 처음으로 대류가 발생하는 지에 대하여 명백하게 이론이 정립되어 있지 않다. 본 연구에서는 이 현상을 좀더 체계적으로 규명하기 위해 유한부피법을 도입하여 Boussinesq 방정식을 수치적으로 풀었다. 평균 온도와 온도 교란의 성장률을 정의하고, 시간에 따른 추이를 관찰함으로써 열적 불안정성이 최초로 도입되는 시간을 결정하는 판별 기준을 제시하였다. 즉 온도 교란의 성장률이 평균 온도의 그것과 같아지는 시점에서 대류가 처음으로 발생한다고 제안하였다. 또한 수치 해석 결과를 분명하게 해석하기 위해 세 가지 특성 시간들을 정의하고 비교·분석하였다. 이들은 고유 열적 불안정성이 발생하는 시간, 명백하게 대류가 관찰되는 시간 그리고 Nusselt 수가 시간에 따라 변하면서 최소값을 보이는 시간 등이다. 가장 중요한 인자로는 Rayleigh 수(Ra)와 Prandtl 수(Pr)가 있는데, 본 연구에서는 $Ra=10^5$ 이고 $Pr=1$ 과 $Pr=7$ 인 경우에 대해 중점적으로 살펴보았다. 또한 $Pr=\infty$ 인 경우 및 기존 문헌의 실험값과 비교한 결과, 우리의 예측과 비교적 잘 일치함을 확인하였다.