

응용 열유체 실험실

손창현

경북대학교 기계공학부 교수

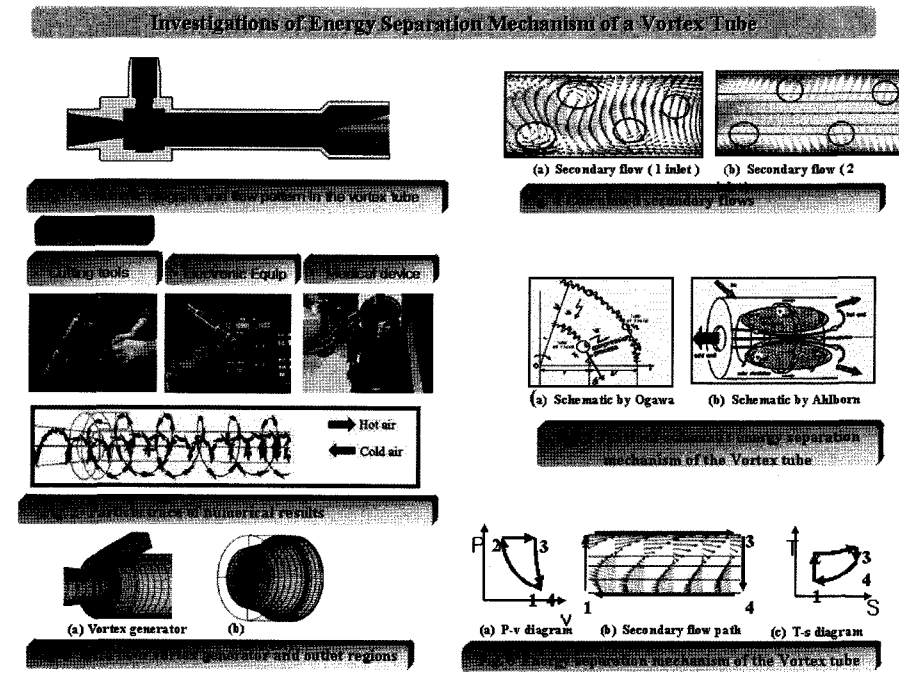
1. 서 론

응용열유체실험실은 1994년에 응용유체실험실에서 명칭을 변경하여 오늘에 이르고 있다. 초기의 연구들은 비뉴턴 유체의 열전달 특성의 수치해석 연구 등 전산 유체 역학(CFD)을 이용한 연구들이 대부분이었다. 그러다가 1999년경 국방과학 연구소와의 램제트 엔진 관련 연구를 수행하면서 램제트 엔진 연소기 내부 유동장의 가시화 및 속도장의 측정이 필요하여 PIV (Particle Image Velocimetry) 을 이용한 실험 분야에 연구를 수행하게 되었다. 본 연구실은 현재 1명의 박사후 연구원, 3명의 석사과정 대학원생들로 구성되어 있다. CFD와 PIV의 연구를 함께 하고 있으며, 다양한 분야의 연구를 수행하고 있다. 본 글에서는 최근 경북대 응용열유체 연구실에서 수행하고 있는 연구 결과를 소개

하고자 한다.

2. Vortex Tube의 에너지 분리 메커니즘 연구

Vortex Tube는 매우 특이한 현상을 가지고 있다. 단순한 파이프에 고압의 공기를 tube안에서 선회(Vortex Flow)을 시키면 한 쪽에서는 찬 공기가 다른 쪽에서는 더운 공기가 나온다. 엔트로피 증가의 법칙에 따르면 대기 온도가 고온과 저온으로 저절로 분리 되지 않는다는 것을 생각해 볼 때 이는 매우 특이한 현상이라고 할 수 있다. 이러한 에너지 분리현상을 CFD (Computational Fluid Dynamic)로 해석을 한 결과 파이프 내부에 스파이럴 코일 형상의 이차유동이 생기고 이차 유동이 Fig. 6의 히트펌프의 사이클과 같은 현상으로 저온에서 고온으로 에너지가 이동하여 에너지가 분리 됨



을 알 수 있었다.

3. 액체 용기의 배출유동 연구

액체 로켓의 연료 탱크에서 연료를 배출하면서 회전 유동이 있는 경우 air core 부분이 생기며 배출시간이 길어지게 된다. 연료 탱크의 경우 air core의 발생은 연료 내부의 공기 혼입의 문제와 함께 충분한 연료의 공급에 지장을 줌으로 이는 바람직하지 못한 현상이다. 따라서 이러한 볼텍스를 억제하는 장치로 Fig. 7의 배인(vane), 그물망(screen) 등을 설치하여 그 배출유동특성을 PIV 통하여 규명하고 있다. Fig. 8은 원형이 아닌 사각형 용기의 모서리에 반경을 달리하였을 경우의 볼텍스 억제 효과를 실험하였으며, 배출시간이 모서리 반경비 R/L 가 0.25이상에서 점차적으로 증가 함을 알 수 있다.

Fig. 9는 배출구의 위치가 중심에서 벗어난 경우의 배출 유동 특성을 실험한 것으로 e/R 값이 0.4보다 크면 볼텍스의 억제 효과가 나타나지만 배출시간이 약 18% 증가 됨을 보여 주고 있다.

4. 유동제어

Fig. 10은 평판의 입구에 장애물이 없는 경우 내부 유동의 방향과 세기를 경사각으로 조절할 수 있으며 역류유동의 발생원인을 PIV실험과 CFD해석을 통하여

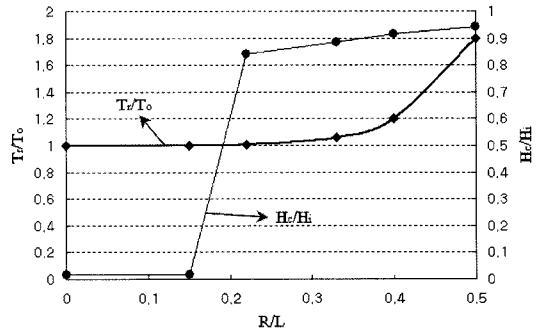


Fig. 8. Influence of corner radius on draining time and critical height.

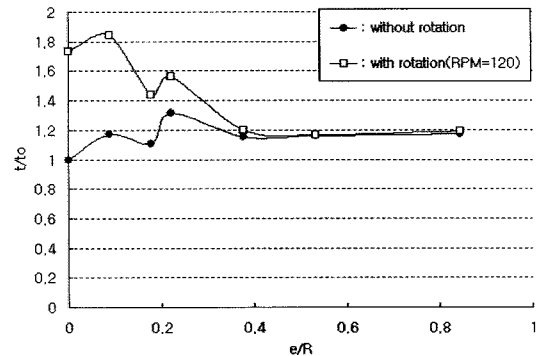


Fig. 9. Effect of eccentricity on time of draining

구명한다. Fig. 11과 12는 원판이나 사각형 관 내부 유동의 제어를 유입구에 단순한 장애물을 설치하고 장애

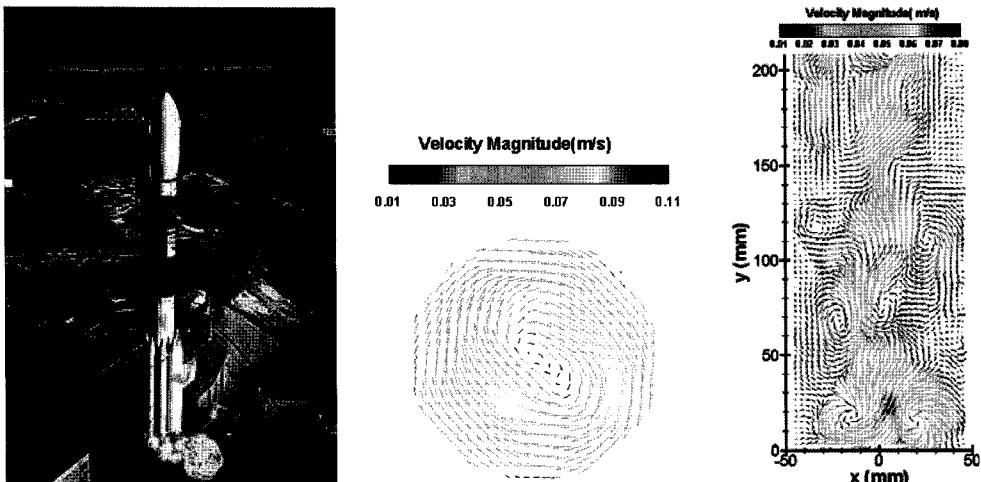


Fig. 7. Space vehicle and PIV experiment with vane type vortex suppressor.

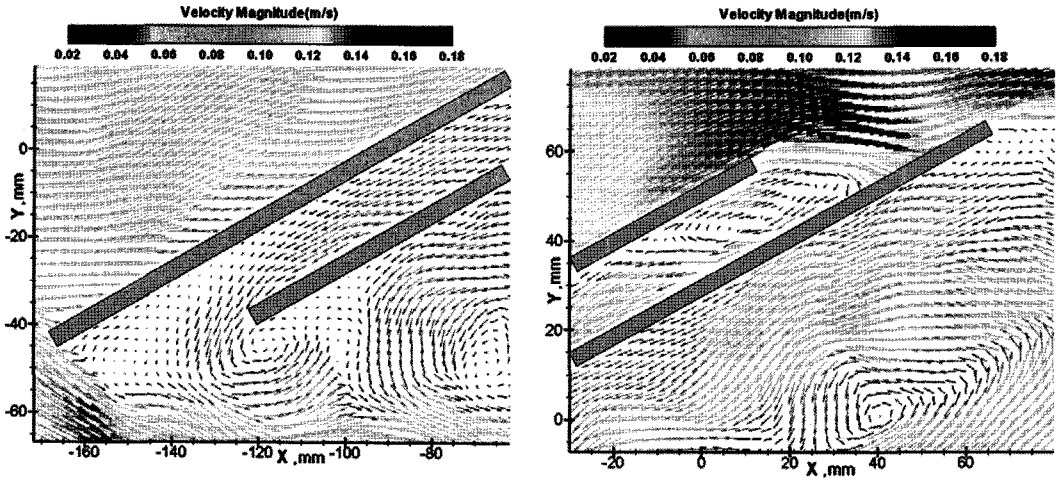


Fig. 10. Investigate the mechanism behind the reverse flow phenomenon that occurs in a channel with staggered sides by PIV.

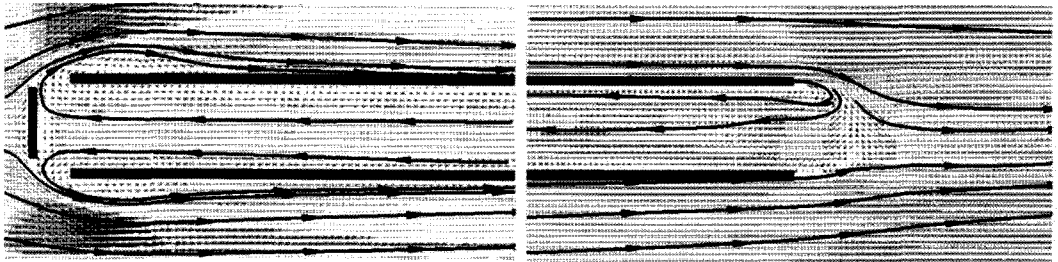


Fig. 11. Mean velocity vectors at the front end, rear end for $g/w = 0.5$

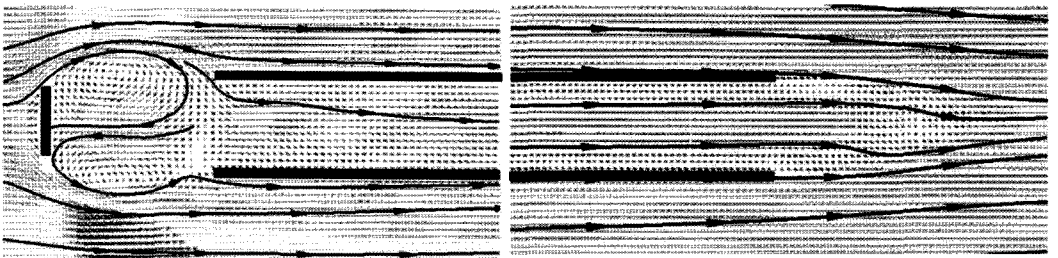


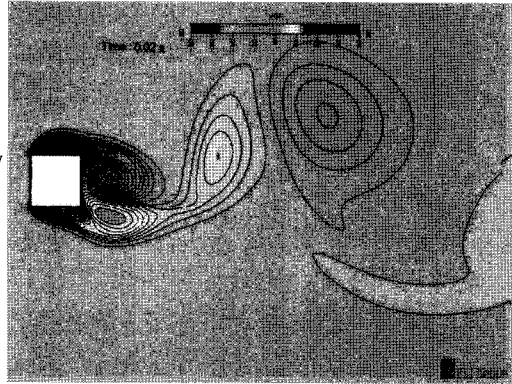
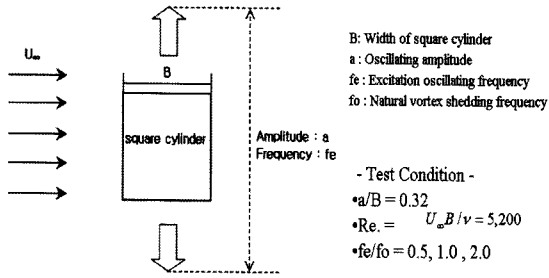
Fig. 12. Mean velocity vectors at the front end, rear end for $g/w=2.0$

물과 입구의 간격을 조정함으로써 내부 유속의 방향과 크기를 조종할 수 있음을 보여 주고 있으며, 이에 대한 역류 유동 특성을 PIV와 CFD해석을 통해 연구하고 있다.

5. 유동에 의한 진동

유동에 의한 진동(Flow-induced vibration)은 뭉툭한

(bluff)물체의 유체에 유동에 의해 나타날 수 있으며, 일반적으로 바리가 일어날 수 있는 넓은 단면을 가진 뭉툭한 물체가 단단히 고정되지 않았다면, 이 진동은 쉽게 일어날 수 있다. 이러한 현상은 열교환기의 튜브 번들, 높은 굴뚝, 타워, 빌딩 등에서 적용이 가능하다. 유동 특성을 규명하기 위하여 사각형 단면의 실린더에 대해 외부에서 가한 실린더의 진동수, f_e 와 레이놀즈수에



서의 자연 와동 진동수 (natural vortex shedding frequency), f_o 의 비 f_e/f_o 를 변화시키면서 CFD해석과 PIV실험을 수행하고 있는 중이다.

6. 결 론

경북대 응용열유체실험실은 실험적인 PIV 기법과

수치해석적인 CFD를 함께 사용하여 다양한 분야의 열 유동 현상들을 연구하고 있다. 한 가지 연구방법으로 알기 어려운 문제들을 서로 상호 보완적으로 결합하여 연구를 수행하여 열유동 특성을 명확히 규명하고자 노력하고 있다. 앞으로도 PIV 실험과 CFD해석을 함께 연구하고자 하며, 대학원생들이 부족하지만 좋은 연구 성과를 얻기 위하여 최선을 다하고자 한다.