과거 발사체에 관련된 극저온 액체 연구

작성 : 한국항공우주연구원 백승환 (선임연구원)

발사체의 성능을 높이려면, 아무래도 액체산소와 같은 극저온 액체를 사용하는 것은 필수다.

과거 NASA에서는 극저온 액체의 특성을 알아보기 위하여 어떠한 연구를 진행했나 간단히 알아본다.

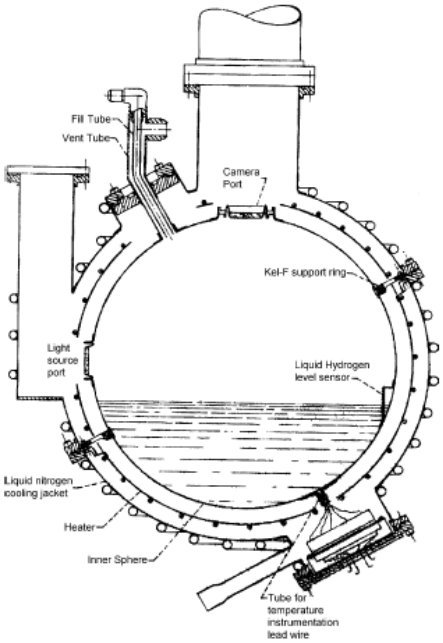


Fig. 1. Aerobee spherical tank assembly sketch.

그림 1. 에어로비 구형 탱크 실험장비 형상

- 과학로켓에서의 극저온 액체 관리 실험

1960년대 초반에서 저중력에서의 액체 수소의 특성을 알아보기 위하여 23 cm의 구 형태를 가지는 탱크에 액체수소를 채우고 저중력에서 5분정도 대기하는 시험을 진행하였다. 최종 시험에서는 저중력을 만들기 위하여 Atlas 탄도미사일에 실험장비를 설치하여 21분

간의 자유낙하 시험을 진행하였다. 목표는 10^{-5}배의 저중력이었지만 실험결과 실험장치의 잔여 회전 때문에 10^{-3}배의 저중력에서 시험이 진행되었다고 한다. 실험장비는 그림에서 확인할 수 있듯이 사진을 찍을 수 있는 구멍, 불빛을 집어넣을 수 있는 창, 지지대 및 온도센서, 히터, 온도센서 등이 있다. 이 실험을 진행한 Aydelott은 탱크 가압 현상이 Homogeneous mixture 모델이나 surface evaporation 모델로 예측 될 수 없다고 말하였다. Ullage heating 이 가압의 가장 큰 변수였다고 밝혔다.

1960년대의 자유낙하 테스트시에, 카메라 필름이 없어지고, 계면 불확실성 등 많은 문제가 있었다고 한다. 현재는 Gopro등을 쓸 수 있었겠지만, 그 당시에 자유낙하시에 사진을 찍으려면 얼마나 많은 생각을 했을 까 싶다.

- 새턴 IVB 저중력 비행테스트

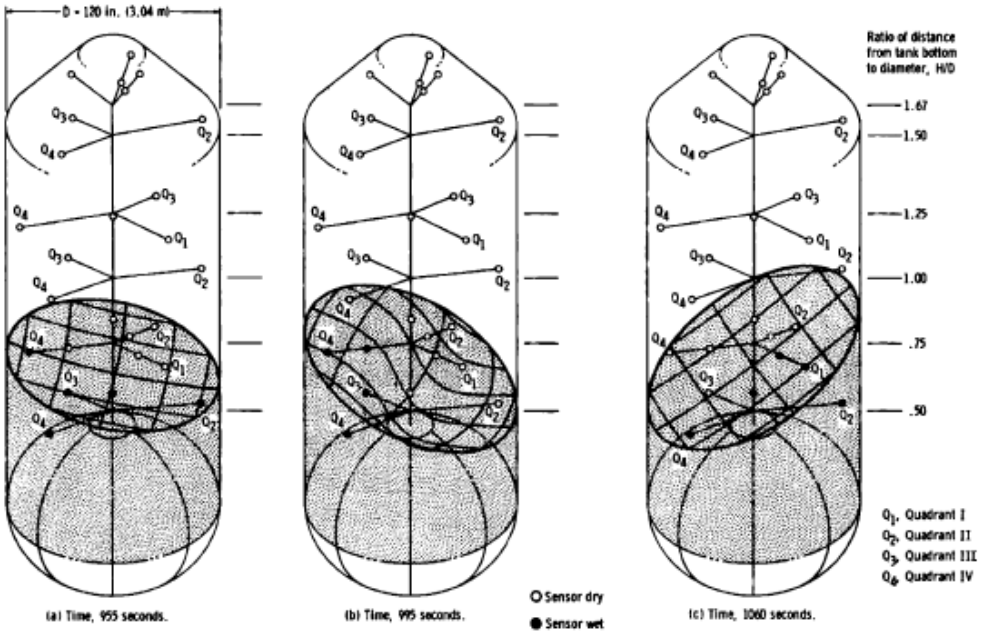
AS-203의 미션명을 가지고 1966년 7월 5일 상공으로 22273 kg LOX와 8636 kg의 Lh2를 가지고 궤도에 올랐다. 57개의 온도센서, 9 압력센서, 7개의 레벨센서, 5개의 가속도센서, 3개의 열량센서를 가지고 Liquid Dynamics, Line Chilldown, Engine Chill down, Rapid Depressurization, Closed tank experiment 등을 진행하였다. 궤도상에 있는 실험체와 통신하기 위하여 버뮤다 지상관제센터 등을 이용하여 실험데이터를 받았다고 한다. 새턴 IVB 는 아폴로 미션에 큰 수확을 가져다주었으며, 추후 발사체 디자인에도 유용하게 사용되었다고 한다.

- 센타우르스 CFM 비행검증시험

Surveryor 미션은 저중력에서의 재점화로 로켓의 성능을 월등히 향상시켰다. 하지만, Main Engine Cut Off 이후, 액체의 Sloshing이 문제가 되는 것을 확인하였다.

센타우르스 AC-8은 Main Engine Cut Off(MECO) 이후의 액체 슬로슁에 대한 측정을 진행하였다. 그림 2에서 측정 결과를 확인할 수 있다. 여러개의 레벨미터를 이용하여 시험을 진행하였다고 한다. 이 실험을 준비하기 위하여 모델링과 Drop Tower 의 실험결과가 반영되었다고 한다. Drop Tower는 진공 지하 터널로 자유낙하 장치를 만드는 것이다. 우리나라에는 없는 실험장치인데, 하나쯤 만들어야 될 시기가 되지 않았나 싶다.

종합해보면 예전의 작은 실험도 수많은 고찰을 통해서 만들어진 것을 유추할 수 있다. 과학로켓의 성공이 거대 로켓의 성공으로 이어지는데, 우리나로도 과학로켓이 많은 발전이 있었으면, Drop Tower 실험장치도 만들었으면 한다. 괜히 정부 로고나 바꾸지 말고...



ig. 2. Liquid position in AC-8 hydrogen tank during first slosh wave 919–1062 s after first main engine cut-off.

그림 2. AC-8에서 MECO 이후 액체 수소의 Sloshing 형상을 그림으로 표시함.

※ 이 글은 아래 링크의 기사를 참조하여 작성하였습니다.

1. Cryogenics 46 (2006) 82-88