

## **11. 학사논문 지도교수: 윤 영 빈**

11-1. 추력조절이 가능한 달탐사용 가변추력 분사기 설계

11-2. 가스터빈의 연소기의 유해 배기 배출물 특성

11-3. 외부 섭동에 의한 화염의 응답 특성

## 11-1. 추력조절이 가능한 달탐사용 가변추력 분사기 설계

1930년대부터 다양한 연구가 진행되어온 가변추력 엔진은 달탐사선, 위성의 궤도 유지, 등에 필수적인 요소로 알려져 있다. 이러한 가변추력 엔진 기술은 미국과 러시아 등의 우주개발선진국 중에서도 일부의 국가들만 보유한 핵심적인 기술이며, 군사적, 경제적인 이유로 기술 이전을 국가 차원에서 철저히 통제하고 있다.

엔진에서 추력을 조절하기 위해서는 일반적으로 추진제의 유량을 변화시켜 추력을 조절하게 된다. 추진제의 분사량을 조절하기 위한 변수로는 압력강하( $\Delta P$ ), 분사계수( $C_d$ ), 분사면적( $A_e$ ) 등이 있다.

국외의 경우 가변추력 분사기에 관한 다양한 논문들이 발표되었다. 미국에서는 NASA 에서 RL10A-1 엔진을 개조하여 약 10:1 의 추력조절 범위를 갖는 엔진을 연구한바 있으며, Rocketdyne 과 협력하여 6.4:1 의 추력조절 범위를 갖는 SSME 엔진을 설계한 바 있다. 러시아의 경우 다양한 방식의 가변추력 분사기에 관한 연구를 진행하고 있으며, two step dual chanel 분사기를 통해 30:1 까지 추력을 조절하는 것으로 알려져 있다.

국내에서의 가변추력 분사기에 관한 연구는 초기단계로 기초연구가 진행되고 있다. 항공대학교에서는 분사면적( $A_e$ )을 조절하는 방식인 핀틀 분사기를 제작하여 분사특성에 관한 연구가 이루어지고 있다. 본 연구실에서는 2010 년도부터 분사계수( $C_d$ )를 조절하는 방식인 이중 매니폴드 분사기에 관한 연구를 수행 중에 있다.

본 연구실에서는 이중 매니폴드를 사용한 가변추력 분사기의 기초연구로 형상변수에 따라 설계된 분사기의 분사특성에 대한 연구를 통해 이중 매니폴드 분사기의 설계기법을 제안하고자 한다.



그림 1 Lunar Module Descent Engine (미국)

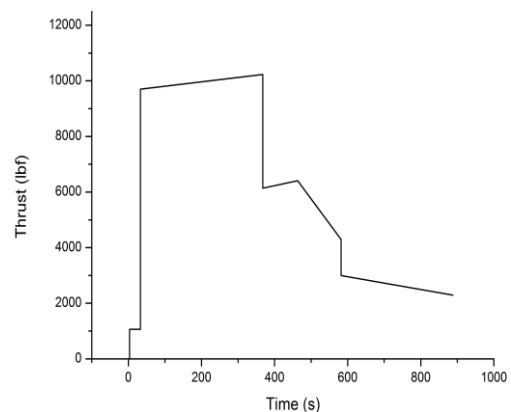


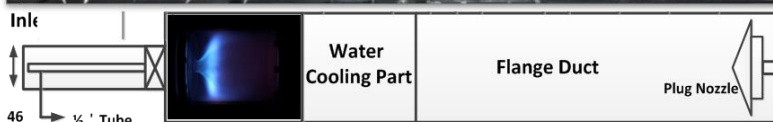
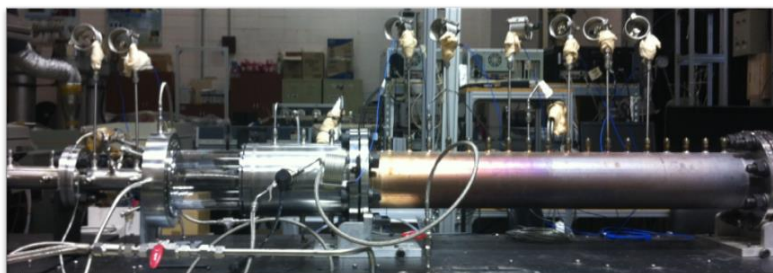
그림 2 Thrust profile in Apollo mission

## 11-2. 가스터빈의 연소기의 유해 배기 배출물 특성

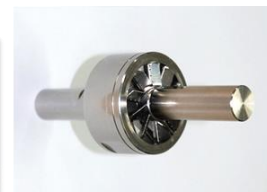
가스터빈을 이용한 발전은 보일러 및 왕복 기관에 의한 발전 방식보다 효율이 높으며 발전시설을 구축하기 위한 기반시설의 비용 또한 상대적으로 저렴하다는 이점으로 많은 발전소에서 가스터빈을 이용한 발전 방식을 채택하여 사용하고 있다. 여러 대형 가스터빈 발전사에서는 발전효율을 높이는 것과 동시에 환경규제를 만족시키기 위한 많은 연구를 진행하고 있다.

배기배출물중 일산화탄소는 불완전 연소시에 발생하는 생성물로 안정적으로 운영되는 발전 시스템에서는 큰 문제없이 규제치에 맞춰지고 있지만, 질소산화물의 경우 연소 효율과 반대되는 발생 메커니즘에 의하여 규제치를 만족시키기에는 많은 연구가 필요하다. 질소 산화물( $\text{NO}_x$ )의 경우 크게 세가지 메커니즘에 종속되어 있는데 화염의 온도에 민감하여 공기중의 질소성분과 반응하여 생성되는 thermal  $\text{NO}_x$ , 연료에 포함되어 있는 질소성분에 의하여 생성되는 fuel  $\text{NO}_x$ , 연료 중에 있는 탄화수소가 공기중의 질소를 만나 CN, HCN의 형태로 변환되고 이 화합물이  $\text{NO}_x$ 로 변환되어 배출되는 prompt  $\text{NO}_x$ 로 구분이 된다. 이러한  $\text{NO}_x$ 는 대기환경의 온도를 높여 지구온난화에 치명적으로 작용하게 된다.

본 실험실에서는 모형 가스터빈 연소기를 구성하여 다양한 노즐 변화에 대한 연소특성 및 배기배출물 특성을 파악할 예정이다. 이를 위하여 분해능이 뛰어난 가스분석기(TESTO 350K)를 이용하여 연소 후 배출되는  $\text{NO}_x$ , CO, UHC등을 검출 할 예정이며, OH PLIF, OH 자발광 등의 화염의 가시화기법 적용을 통하여  $\text{NO}_x$  발생 영향 인자에 대한 연구를 진행하고자 한다.



➤ 모델 가스터빈 연소기



➤ 예혼합 노즐



➤ 가스 분석기

담당조교 : 주성필 ([seongpil@snu.ac.kr](mailto:seongpil@snu.ac.kr))

### 11-3. 외부 섭동에 의한 화염의 응답 특성

현재 친환경 고효율 발전이 관심을 끌면서 세계적으로 가스를 사용한 발전에 대한 관심이 높아지고 있다. 한국수출입은행에서 발표한 산업리스크 분석보고서에 따르면 가스를 활용한 가스발전은 친환경성, 가스 가격 하향 안정화로 2035년까지 계속 증설되어 타 전원에 비해 빠르게 증가할 것이라고 예측하였다.

가스를 활용한 발전에서 안정적인 전력 생성을 위해서는 연료인 가스가 연소실에서 안정적으로 반응하는 것이 중요하다. 만약 연소실에서 연소불안정이 발생한다면 생산되는 전기의 질이 하락하는 것뿐만 아니라 구조적인 결함을 발생시킬 가능성도 존재한다. 이러한 연소불안정이 일어나지 않기 위해서는 불안정이 발생하는 연소 환경을 미리 예측하여 피하거나 발생하는 것을 억제시키는 방법이 있다.

본 실험실에서는 연소불안정이 발생하는 구간을 예측하기 위해 연소기 외부에서 임의의 섭동을 발생시켜 어느 순간 화염이 불안정해지는지 파악할 예정이다. 이 때 발생시킨 섭동 크기 대비 화염의 응답 특성을 나타내는 함수인 화염전달함수(Flame Transfer Function)를 통해 외부 가진에 대한 화염의 응답 특성을 파악하고자 한다. 본 연구실에서는 외부 가진 방법으로 스피커를 활용하여 연료 및 산화제의 섭동을 발생시키고자 하며, 섭동 대비 응답 특성 이외의 변수를 최소화시키고자 기본적인 연소 형태인 열린 연소실 형태의 동축확산화염 실험을 진행하고자 한다. 또한 응답 특성 파악을 위해 레이저 계측을 적용하거나 초고속 카메라 등을 활용하여 분석을 진행하고자 한다.



그림 1. 연소기 구조도

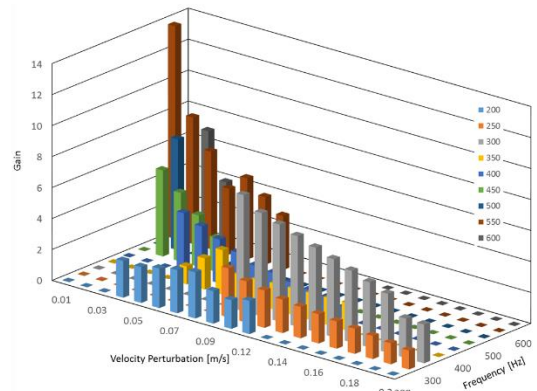
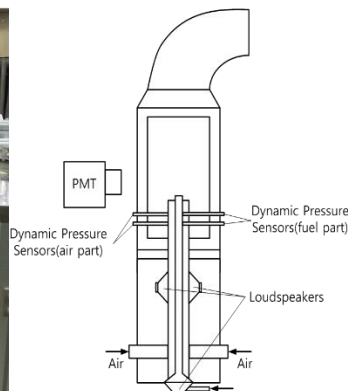


그림 2. 화염 응답 특성

담당조교 : 김태성 ([kimts89@snu.ac.kr](mailto:kimts89@snu.ac.kr))