

## 한국형발사체 추진기관 시험설비 구축에 대한 소개

한영민\* · 조남경\* · 정용갑\* · 김승한\* · 유병일\* · 이광진\* · 김진선\* · 김지훈\* · 김영목\*

### Introduction to Construction of Propulsion Test Facilities for KSLV-II

Yeoung-Min Han\* · Nam-Kyung Cho\* · Young-Gahp Chung\* · Seung-Han Kim\* · Byung-il Yu\* · Kwang-Jin Lee\* · Jin-Sun Kim\* · Jihoon Kim\* · Young-Mog Kim\*

#### ABSTRACT

The construction plan of a combustion chamber test facility(CTF), a turbopump real propellant test facility(TPTF), a rocket engine ground/high altitude test facility(ReTF, HARETF) and a propulsion system test complex(PSTC) for KSLV-II is briefly described. The development/qualification tests of 75ton-class liquid rocket engine system and engine component will be performed in CTF, TPTF, ReTF and HARETF and the development test of 1<sup>st</sup>/2<sup>nd</sup>/3<sup>rd</sup> propulsion systems for KSLV-II will be performed in PSTC. These propulsion test facilities will be built in NARO space center considering construction schedule, cost, safety distance and utility factor of propulsion test facilities.

#### 초 록

한국형발사체 추진기관 개발을 위한 연소기 연소시험설비, 터보펌프 실매질 시험설비, 엔진 지상 및 고공모사 연소시험설비, 추진기관시스템 시험설비 구축 계획에 대해 간략히 기술하였다. 연소기, 터보펌프, 엔진 시험설비에서는 75톤급 액체로켓엔진의 부품 및 엔진시스템의 개발 및 인증시험을 수행할 예정이고, 추진기관시스템시험설비에서는 한국형발사체 1/2/3단용 추진기관시스템의 개발 시험을 수행할 예정이다. 추진기관 시험설비는 나로우주센터에 건설될 예정이며 구축 일정, 예산, 안전거리, 효율성 등을 고려하여 구축하고자 한다.

Key Words: Test Facility(시험설비), Propulsion System(추진기관시스템), Liquid Rocket Engine(액체 로켓엔진), Combustion Chamber(연소기), Turbopump(터보펌프)

#### 1. 서 론

우주발사체용 추진기관은 엔진을 구성하는 연

소기, 터보펌프, 가스발생기, 밸브 및 추진제 공급부품뿐만 아니라 이를 조립한 엔진시스템, 추진제 탱크에서 엔진으로 추진제를 공급하는 공급시스템과 엔진 등을 포함한 추진기관 시스템으로 구성되어 있다.

추진기관을 구성하는 핵심부품은 설계 제작을

\* 한국항공우주연구원 발사체연구본부  
연락처, E-mail: ymhan@kari.re.kr

걸쳐 시험으로 검증되어야 하며, 여러 부품들로 조립되고 구성된 엔진시스템 및 추진기관 시스템 또한 시험으로 최종 검증되어야 한다.

한국형발사체(KSLV-II)의 경우 75톤급 액체로켓엔진을 기반으로 추진기관을 구성할 예정인데, 이를 시험평가 및 인증하기 위한 대형시험설비 구축을 계획하고 있다.

본 내용에서는 액체로켓엔진의 부품 중 추진제를 연소시켜 추력을 발생하는 연소기 및 추진제를 고압으로 공급하는 터보펌프에 대한 시험설비 뿐만 아니라 발사체 1단(지상)/2단(고공)용 엔진 시스템, 1/2/3단 추진기관시스템의 시험설비 구축 계획을 소개하였다. 추진기관 시험설비는 고흥 우주센터 내 부지를 활용하여 구축하고자 하며, 부지 배치 및 설비들의 개념설계 등이 완료된 상태이다. 연소기 및 터보펌프 시험설비의 경우 기본설계를 완료하여 상세설계를 진행하는 단계이며 2011년부터 설비 구축공사를 할 예정이다.

## 2. 본 론

### 2.1 한국형발사체 추진기관 시험설비 개요

한국형발사체 추진기관 시험을 위해 우주센터 내 구축 예정된 시험설비는 연소기 연소시험설비, 터보펌프 실매질 시험설비, 엔진 지상연소시험설비, 엔진 고공모사시험설비, 1단 추진기관시스템 시험설비 그리고 2/3단 추진기관시스템 시험설비로 설비 구축의 목적과 규격은 Table 1에 제시하였다.

### 2.2 우주센터 내 추진기관 시험설비 배치안

추진기관 시험설비는 고흥 나로우주센터 내의 추진기관 시험부지 및 발사대 부지를 활용하여 구축하고자 하는데 한국형발사체의 발사대 구축과 관련하여 최종적인 부지 배치에 대한 협의를 진행하고 있다. 추진기관 시험설비의 제어계측동은 우주센터 내 조립동 주변 부지를 활용하여 구축하고자 하며 각각의 추진시험설비 제어계측실을 한 건물에 구축하고자 한다. 종합제어계측동에는 제어계측실뿐만 아니라 연소기 및 터보펌프의 분해/조립장, 엔진의 분해/조립장 그리고 시험 후의 엔

진 보관실, 추진제 성분분석실 등을 두고자 한다. 추진기관시험동 부지에는 연소기, 터보펌프, 엔진 지상 및 고공 시험설비를 함께 구축하는데 추진제 저장설비를 공유하도록 설계하고자 한다.

Table 1 Specification of Propulsion Test Facilities

시험설비명	설비의 목적	주요 규격
연소기 연소시험설비	-연소기의 개발을 위한 지상연소시험 수행	-추력대 150ton(Max.) -추진제유량 300kg/s -질소압력 400bar
터보펌프 실매질 시험설비	-터보펌프의 개발을 위한 실매질시험 수행	-추진제유량 300kg/s -터빈유량 18kg/s -공급압력 2~15bar
엔진 지상 연소시험설비	-액체엔진의 개발을 위한 지상연소시험 수행	-추력대 150ton(Max.) -추진제유량 300kg/s -공급압력 2~10bar
엔진 고공모사 연소시험설비	-2단 액체엔진의 개발을 위한 고공모사 시험 수행	-고공환경모사 55mbar (고도 20km 이상) -초음속 디퓨저 장착
1단 추진기관 시스템 시험설비	-1단 추진기관 개발/인증을 위한 수류/연소 시험 수행	-1단 추력 300ton 이상 -엔진클러스터링
2/3단 추진기관 시스템 시험설비	-2/3단 추진기관 개발/인증을 위한 수류/연소 시험 수행	-2단 추력 100ton 이상 -3단 추력 10ton 이상 -3단 산화제 탱크 8m <sup>3</sup>



Fig. 1 Predicted Locations of Propulsion Test Facilities in NARO Space Center

연소기 시험설비와 엔진 지상연소시험설비의 경우 연소시험설비라는 유사성 및 부지의 협소 등으로 인접하게 배치하였으며, 폭발시 타 테스트 스탠드 및 저장/공급 설비의 보호를 위해 테스트 스탠드를 철근 콘크리트 방호벽으로 둘러

짜인 형태로 설계하고자 한다.

우주센터 내 부지의 효율성을 위해 엔진 지상 연소시험설비와 엔진 고공모사시험설비 간의 거리는 약 85m를 확보하였으며 터보펌프 실매질 시험설비와의 거리는 120m를 확보하였다.

### 2.3 75톤급 연소기 연소시험설비

연소기 시험설비는 75톤급 액체로켓엔진 연소기 및 가스발생기의 연소시험을 수행하는 설비로써, 실추진제 액체산소와 케로신을 추진제 탱크에서 연소기로 고압질소로 가압하여 공급하는 설비이다.

Table 2 Specification of Combustion Chamber Test Facility(CTF)

항목	값
추력대	150 tons(Max.)
산화제 유량	200 kg/s
연료 유량	100 kg/s
소음기 물유량	1,200 kg/s
질소가스 저장압력	400 bar(Max.)
산화제 가압압력	250 bar(Max.)
연료 가압압력	300 bar(Max.)
연소 시험시간	135 sec



Fig. 2 3D Modelling of CTF

Test stand는 2개로 고추력 스탠드에서는 수직 장착 75톤급 연소기의 연소시험을 수행하고 저추력 스탠드에서는 수평 장착 가스발생기와 상단 연소기의 연소시험을 수행할 예정이다. 연소가스의 소음/유해배기가스 저감 및 설비의 냉각을 위한 후처리 시스템을 갖추고 있다. Table 2는 연소기 시험설비의 대략적인 규격이고 Fig. 2는 연소기 시험설비의 모델링을 나타내었다.

### 2.4 75톤급 터보펌프 실매질 시험설비

터보펌프 시험설비는 실추진제인 액체산소와 케로신을 사용하여 75톤급 터보펌프를 시험하는 설비로써 고압/고온의 공기 생성장치를 이용하여 터빈을 구동한다. 터보펌프에 공급하는 추진제의 공급/회수 탱크를 각각 2개씩 설치하고 test stand를 2개 두어 시험을 원활히 이루어지도록 하고자 한다. Table 3은 터보펌프 실매질 시험설비의 대략적인 규격이고 Fig. 3은 터보펌프 시험설비의 모델링을 나타내었다.

Table 3 Specification of Turbopump Test Facility (TPTF)

항목	값
TP(추력급)	100 톤급
산화제 유량	200 kg/s
연료 유량	100 kg/s
터빈 가스 공급유량	18 kg/s(Max.)
터빈 입구온도	700 ℃
공기 저장압력	320 bar(Max.)
산화제/연료 가압압력	15/15 bar(Max.)
실매질 시험시간	135 sec

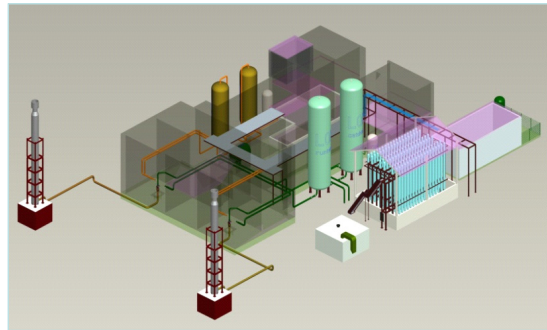


Fig. 3 3D Modelling of TPTF

### 2.5 75톤급 액체로켓엔진 지상/고공모사 연소시험설비

엔진시험설비는 한국형발사체의 1단 및 2단용 엔진을 지상 및 고공모사 조건에서 시험을 수행하는 설비로써 비행시의 작동 환경과 유사한 상태의 추진제를 공급하게 구축하고자 한다. 2단용 엔진을 위한 고공모사 시험설비는 고공환경을 모사하기 위한 엔진 후단 초음속 디퓨저 및 진공 챔버를 가지고 있으며 고도 20km이상 모사가 가능토록 구축하고자 한다. Table 4는 엔진 시험설비의 대략적인 규격이고 Fig. 4는 엔진 지

상시험설비의 test stand 모델링이고 Fig. 5는 고공모사 test stand 모델링이다.

Table 4 Specification of Engine Test Facility(ReTF, HARETF)

항목	값
추력대	150 tons(Max.)
산화제 유량	200 kg/s
연료 유량	100 kg/s
고압질소/헬륨 압력	400 bar
산화제 가압압력	10 bar(Max.)
연료 가압압력	10 bar(Max.)
고공모사 압력	55 mbar
연소 시험시간	280 sec

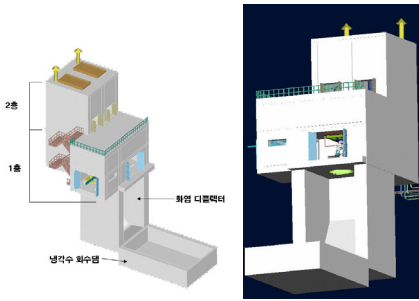


Fig. 4 3D Modelling of Test Stand for Rocket Engine Ground Test Facility(ReTF)

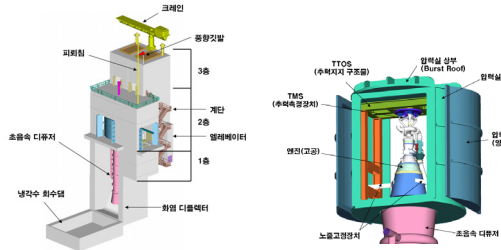


Fig. 5 3D Modelling of Test Stand for High Altitude Rocket Engine Test Facility(HARETF)

### 2.6 한국형발사체 추진기관시스템 종합시험설비

발사체의 각단 1/2/3단 추진기관 시스템의 수류 및 연소시험을 위한 설비로써, 1단의 경우 75톤 4개 엔진을 클러스터링한 추진시스템, 2단의 경우 75톤급 엔진 1개의 추진시스템을 full duration 시험할 수 있도록 구축하고자 한다. Table 5는 추진시스템 시험설비의 대략적인 규모이고 Fig. 6은 구축하고자 하는 시험설비와 유사한 모델링 결과이다.

Table 5 Specification of Propulsion System Test Complex(PSTC)

항목	값
1단 추력	300 tons 이상
2/3단 추력	100 tons 이상
1단 산화제 탱크	300 m <sup>3</sup>
1단 연료 탱크	100 m <sup>3</sup>
후처리 물유량	3,000 kg/sec
물저장 용량	800 m <sup>3</sup>
액체질소 용기	300 m <sup>3</sup>
1단 연소 시험시간	135 sec

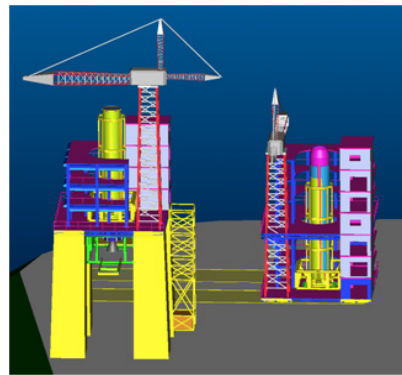


Fig. 6 3D Modelling of PSTC

## 3. 결 론

한국형발사체 추진기관 개발을 위한 연소기 시험설비, 터보펌프 실매질 시험설비, 엔진 지상 및 고공모사 연소시험설비, 추진기관시스템 시험설비 구축 계획에 대해 간략히 기술하였다. 한국형발사체용 액체로켓엔진을 포함한 추진기관의 성공적인 개발을 위해서는 시스템뿐만 아니라 요소부품에 대한 성능 검증 및 인증 시험을 수행할 수 있는 시험설비의 구축이 선행적으로 이루어져야 할 것이다.

## 참 고 문 헌

1. 한국항공우주연구원, "액체로켓엔진 시험설비 기본설계," 보고서, 2009.5
2. 한국항공우주연구원, "연소기 및 터보펌프 시험설비 설계용역," 보고서, 2009.1