

# 지상 산화제 공급시스템 운용 시 액체산소 소모량 분석

김지훈\* · 박순영\* · 박편구\* · 유병일\*

## Analysis of the liquid oxygen consumption during operation of the ground oxidizer supply system

Jihoon Kim\* · Soonyoung Park\* · Pyungoo Park\* · Byungil Yoo\*

### ABSTRACT

The ground oxidizer supply system in the launch site of NARO space center had operated 9 times from the start of tests with ILV on May, 2009 to the 2nd flight test of the NARO vehicle. This system operated successfully for twice launches of the NARO vehicle. To judge the successful operation of the ground facility, it should have reproducibility and reliability. In this report, we have analyzed the liquid oxygen consumption of the system to judge of its reproducibility and it can be a reference for using this system for the next generation of KSLV system.

### 초 록

나로우주센터 발사장의 지상 추진제 공급시스템인 산화제 공급시스템은 2009년 5월 발사체와의 연계 시험을 시작으로 2010년 6월 나로호 2차 발사 수행까지 총 9회의 시스템 운용을 하였다. 본 시스템은 두 차례의 나로호 발사 시 성공적으로 임무를 수행하였다. 지상설비의 성공적인 운용이란 기본적으로 재현성을 갖추어 신뢰도를 확보하는 것이며 본 논문에서는 산화제 공급시스템의 재현성 확보를 판단하기 위해 운용 시 액체산소 소모량을 분석하였으며 이는 시스템이 향후 한국형발사체의 발사 운용에 활용하기 위해서 적절한지 판단하는데 참고가 될 것이다.

Key Words: Liquid oxygen(액체산소), Launch site(발사장), Flight test(비행시험), Ground facility(지상설비), Reproducibility(재현성), Reliability(신뢰도), Consumption(소모량)

### 1. 서 론

나로우주센터 발사장의 지상 추진제 공급시스템인 산화제 공급시스템은 2009년 5월 발사체와

의 연계 시험을 시작으로 2010년 6월 나로호 2차 발사 수행까지 총 9회의 시스템 운용을 하였다. 본 시스템은 KSLV-I 나로호를 기준으로 설계되고 구축되었으며 두 차례의 나로호 발사 시 성공적으로 임무를 수행하였다. 지상 추진제 공급시스템의 성공적인 운용이란 기본적으로 재현성을 갖추어 신뢰도를 확보하는 것이며 본 논문에서는 산

\* 한국항공우주연구원 발사체연구본부  
연락처, E-mail: jhk0622@kari.re.kr

화제 공급시스템의 재현성 확보를 판단하기 위해 운용 시 액체산소 소모량을 분석하였으며 이는 향후 한국형발사체의 발사 운용에 활용하기 위해서 적절한지 판단하는데 참고가 될 것이다.

## 2. 본 론

### 2.1 산화제 공급시스템 운용 개요

발사대는 크게 Central Building(이하 CB동)과 Launch Building(이하 LB동)으로 나누어져 있으며 액체산소 저장시설은 CB동에 위치하여 발사 운용시 펌프를 이용하여 LB동의 최종 밸브단까지 연결되어 있는 지하 진공배관을 통해 액체산소를 공급하게 된다. LOFS의 액체산소 저장탱크는 약 270톤의 액체산소를 저장할 수 있으며 발사운용을 위해서는 255톤 이상의 액체산소를 저장하고 있어야 한다.[1]

발사운용 당일 Lift-off 약 5시간 전부터 시스템을 준비하고 1단 산화제 탱크에 액체산소를 충전하는 일련의 작업들을 수행하게 되는데 액체산소를 충전하던 중 발사취소가 되면 지상의 저장시설로 액체산소를 회수한다. 정상적인 시스템 운용은 “시스템 기능검사 -> 시스템 배관 냉각 -> 열교환기 준비 -> 온보드 탱크 냉각 -> 온보드 탱크 충전 -> 발사대기”의 순서로 이루어지며 이 모든 작업은 제어 알고리즘을 이용하여 자동으로 수행한다. [2]

### 2.2 산화제 공급시스템 운용 결과

2009년 5월부터 총 5차례의 발사체와의 연계 시험을 통해 시스템 제어를 위한 최적 알고리즘을 구현하였다. 따라서 최종 확립된 제어 알고리즘을 이용하여 발사체 최종 연계시험, 1차 FT, 2차 FT를 수행하였으며 산화제 공급시스템을 완전하게 운용한 시험은 총 4회, 시스템 배관 냉각까지 수행하다 취소된 시험은 1회이다. 운용 결과 소모된 액체산소량은 Table 1과 같다.

Table. 1 Consumption of liquid oxygen(unit: ton)

	QT	FT 1-1	FT 1-2	FT 2-1	FT 2-2
<b>Initial (A)</b>	224.5	260.1	259	261.9	252.5
<b>System cool-down</b>	10.7	10.1	9.8	8.8	8.3
<b>Final (B)</b>	100.6	140.2	140	-	139.8
<b>(B)-(A)</b>	123.9	119.9	119	8.8	112.7

시스템 배관 냉각을 위해 소모한 액체산소량은 평균 9.54톤 기준 최대 ±1.16톤 편차 이내의 결과를 보였고, 전체 소모량은 1차 FT 수행 시 0.9톤의 근소한 차이만 발생하였다. 2차 FT에서는 운용 상 유량 조절을 수행하여 약간의 차이가 있었으나 70분 가량동안 수행되는 시스템 배관 냉각 과정에서는 전 시험에서 유사하게 소모되었음을 알 수 있다.

## 3. 결 론

나로우주센터의 발사대의 산화제 공급시스템은 여러 차례의 시험에서 소모된 액체산소량을 비교했을 때 시스템의 재현성을 확보했다고 볼 수 있겠다. 따라서 향후 활용 시에도 안정적으로 시스템 운용을 할 수 있을 것으로 판단된다.

## 참 고 문 헌

1. KARI, "Operation Manual of Liquid Oxygen Filling System of KSLs", 2009
2. KARI, "Technical Description of Liquid Oxygen Filling System of KSLs", 2009