

# 발사대 액체산소 공급시스템 충전 알고리즘

유병일\* · 박편구\* · 김지훈\* · 박순영\*

## Filling Algorithm for Liquid Oxygen Filling System of Launch Complex

Byungil Yu\* · Pyungu Park\* · Jihoon Kim\* · Soonyoung Park\*

### ABSTRACT

During launch process, ground support facilities perform its duty in established processes by communications with launch vehicle. All ground support systems are operated independently or organically. This paper studied algorithm of propellant filling process and method for liquid oxygen filling system in launch operation in Naro space complex.

### 초 록

발사 운용 시 발사대의 지상 지원 설비는 정해진 알고리즘에 따라 발사체와의 통신을 통해 발사운 용이 수행된다. 이는 발사체의 각 시스템 상태에 따라 지상 지원설비의 각 시스템은 독립적으로 또 는 복합적으로 운용되며, 본 논문에서는 나로호 발사대 액체산소 충전시스템의 발사체 및 다른 지상 지원 시스템과의 유기적인 추진제 공급 알고리즘에 대해 고찰한다.

Key Words: Propulsion System(추진기관), LOX(액체산소), Propellant(추진제), Cryogenic(극저온), Liquid Oxygen Filling System(액체산소 공급 시스템)

### 1. 서 론

나로호 발사를 위한 발사체 지상 지원 설비는 발사체의 준비 상황 및 요구조건에 의해 절차에 따라 운용되며, 이를 위해 발사체 및 다른 지상 지원시스템과의 통신을 통해 복합적이고 유기적 으로 작동한다. 본 논문에서는 이러한 발사 지상 지원시스템 중 액체산소 공급 공급시스템의 충

전을 위한 발사체 및 다른 지상 지원 시스템간 의 통신 및 운용 알고리즘에 대해 기술한다.

### 2. 알고리즘 개요

#### 2.1 발사체와의 운용

산화제 공급시스템 뿐 아니라 모든 지상 지원 시스템은 발사 당일 발사체의 요구에 따라 모든 운용절차가 시작되고 진행된다. 산화제 공급시스 템은 시스템 운용 준비를 발사체에 보고하고, 이 후 발사체의 명령에 따라 시스템 냉각부터 실제

\* 한국항공우주연구원 한국형발사체 개발사업단

† 교신저자, E-mail: biyoo@kari.re.kr

운용알고리즘이 시작된다. 모든 명령은 발사체의 준비상태 및 요구조건에 따르며 이에 따라 수행된 운용 작업은 수행완료 후 발사체로 보고된다. 발사체는 액체산소 공급시스템의 냉각을 시작하라는 명령을 시작으로 발사체 산화제 탱크 냉각, 유량공급, 보충충전, 충전완료 순으로 명령을 전달받으며 각 단계별 작업이 완료되는 대로 발사체로 수행 작업이 완료 상태임을 보고한다.

## 2.2 지상 지원시스템과의 운용

발사체로부터 수신된 명령 중 일부는 다른 지상지원시스템과 연관되어 수행되는데, 대표적으로 질소공급시스템으로 열교환기의 냉각용 액체 질소를 공급하라는 명령과 고압가스 공급시스템으로 발사체로 충전될 헬륨을 공급하라는 명령 등이 있으며, 최종 충전완료 후에는 발사체와 연결된 산화제 배관 엄비리컬 분리 작업에 위한 엄비리컬 시스템과의 통신 작업을 들 수 있다.

## 2.3 중앙 관제 시스템과의 운용

모든 지상 지원시스템은 지상 지원설비의 최상위 시스템으로 주요 작업에 대한 명령을 수신 및 보고하도록 구성되어 있으며, 각 단계별 운용 작업이 완료되거나 이상 상황이 발생하였을 경우 모든 작업이 보고되며 각 상황에 다른 명령을 수신받는다. 액체산소 공급시스템은 주요 운용작업의 시작과 종료에 대한 명령과 보고를 수행하게 되며 세부 수행 명령은 발사체로부터 직접 혹은 타 시스템과의 통신을 통하여 수행된다.

## 3. 충전 알고리즘

발사 당일 액체산소 공급시스템의 충전 알고리즘은 시스템 운용준비 완료에서 시작된다. 운용준비 완료 보고가 발사체에 전달되면 발사체는 기타 다른 시스템과의 준비 작업 후 추진제를 공급받을 준비가 완료되면 액체산소 공급시스템의 충전 알고리즘을 시작하라는 명령을 전달한다. 이 명령이 전달되면 액체산소 공급시스템은 지상 시스템 내부의 냉각을 시작하고 액체 질소 공급시스템으로 산화제 냉각용 액체 질소를

공급하라는 명령을 전달한다. 모든 조건이 완료되면 발사체로 작업완료가 보고되고 발사체는 정해진 시간에 발사체 산화제탱크 냉각을 시작하라는 명령을 전달하면서 발사체로 액체산소가 공급되기 시작한다. 발사체로 공급되는 액체산소는 발사체 탱크의 상태에 따라 저유량 또는 고유량 모드로 공급되며 정해진 수위에 다다른면 최종 발사시간까지 최대 수위를 맞추도록 보충 충전명령을 전달한다. 다른 모든 시스템의 작업이 완료될 때까지 보충충전은 지속되며 이는 산화제 엄비리컬 라인이 분리 될 때까지 계속된다. 엄비리컬 라인이 분리될 때는 발사체로부터 산화제 공급 중단 명령을 지시받고 지상설비인 엄비리컬 시스템과의 통신을 통해 산화제 배관 상태를 엄비리컬이 분리 가능한 상태로 조정하여 발사체와의 최종 작업이 완료된다. 충전 완료 후에는 발사 직전까지 발생할 수 있는 발사취소나 지연에 대비한 준비상태를 유지하며 발사 당일의 어떠한 이상상태 발생 시 모든 상황이 지상 지원설비의 중앙통제실 및 발사체에 보고된다.

## 4. 결 론

발사장 지상지원 설비는 여러 시스템이 각기 독립적으로 운용되면서 발사 운용 시나리오에 따라 서로 유기적으로 운용되는 매우 복잡한 시스템이다. 수차례에 걸친 발사 운용, 검증시험 등을 통하여 발사 운용 및 비정상상황에 대한 알고리즘이 검증되었으며, 이는 향후 한국형발사체 개발을 위해 필요한 대형 시험설비 및 발사대 개발에 활용될 예정이다.

## 참 고 문 헌

1. 김지훈, 박순영, 박편구, 유병일 "액체로켓 산화제 지상공급시스템의 운용프로세스 설계 및 검증," 한국추진공학회 추계학술대회, 2011
2. KARI, "Operation Manual of Liquid Oxygen Filling System of KSLs," 2009