

## 위성 조립 및 시험 기술

인공위성 개발의 필수적 과정인 조립과 시험의 전과정이 이루어지는 한국항공우주연구원 위성시험동을 중심으로 위성 조립 및 시험 기술에 대해 소개한다.

최석원 / 한국항공우주연구원 우주시험그룹, 그룹장 · 책임연구원 e-mail : schoi@kari.re.kr

한국항공우주연구원의 위성시험동은 인공위성과 발사체와 같은 우주비행체를 시험하기 위하여 국내 최초로 건립된 첨단시험시설로서 고신뢰성이 요구되는 제품에 대한 구조/동특성, 열진공, 열제어 및 전자파환경 등에 대한 시험 과 분석을 수행할 수 있도록 준비되었다.

인공위성 종합조립/시험시설을 국가전문연구기관인 한국항공우주연구원에 설치함으로써 고가의 시설을 산/학/연이 공동 활용하게 되어, 수익성 단체의 시설을 이용하여 위성 관련품을 생산할 때보다 현저하게 개발비를 절감할 수 있게 된다. 또한 이와 같은 체계는 시설의 가동률을 높이고 위성 관련 기술의 공유 및 기술확산의 효율화를 유도할 수 있게 된다.

### 위성시험동의 설립 연혁

다목적실용위성 및 국내에서 개발되는 위성을 조립 및 시험하기 위한 시설로서 1994년 2월에 기공하여 1996년 6월에 위성시험동 건물이 완성되고,

1998년 5월에는 모든 시험장비를 갖춘 명실상부한 위성시험동으로서의 준공식을 거행하였다.

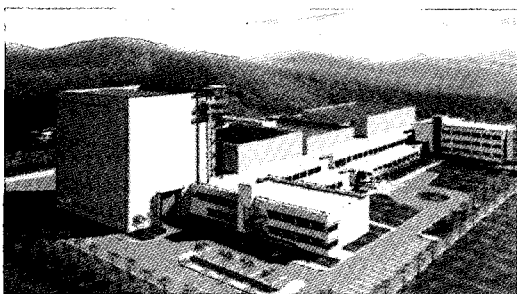
위성시험동 시설과 장비에 관련한 준비과정은 1989년부터 시작된다. 프랑스의 위성조립 및 시험 전문기관인 INTESPACE 사와 공동연구로 시작되어 수차에 걸친 연구의 결과로 시설과 장비에 대한 규격이 정하여졌고, 다목적실용위성 해외 개발 협력체인 TRW의 검토로서 다목적실용위성 조립과 시험을 위한 시설과 장비로서의 신뢰성을 확보하였다.

2002년부터 음향환경시험실 및 대형열진공챔버 시설을 위한 2차 확장이 수행되었고, 2005년 말부터는 통신해양기상위성 및 다목적 실용위성 3호 5호의 원활한 조립 및 시험을 위하여 대형위성용 조립실 및 CPTR(Compact Payload Test Range) 시설을 갖추기 위한 3차 확장이 수행될 예정이다.

### 위성시험동의 특징과 구성

위성시험동은 현재 국내 유일의 위성개발을 위한 종합 조립 및 시험 시설로서 단일 건물 내에서 모든 조립과 시험이 이루어지므로 위성개발에 있어서의 효율성을 높였다.

건축면적 1,934평에 연건평 3,521평의 위성시험동 건물은 궤도환경시험실, 발사환경시험실, 전자파환경시험실 및 총조립실 등의 대형시험실과 부품세척실, 전자부품조립실, 오염측정실, 열 및 광학 측정실 등의 소형 시험실로 구성되어 있다. 위성시험동의 실내 공기는 U.S Federal Standard 209B 기준으로 청정도 10,000( $0.5\mu\text{m}$  이상의 부유 분



한국항공우주연구원 위성시험동 전경

진이 1ft<sup>3</sup> 내에 10,000개 이하인 경우로 깨끗이 청소한 실내가 약 1,000,000임)으로 유지되며 다목적실용위성의 비행모델 조립/환경시험 및 국산화 부품의 환경시험을 수행한다. 필요시 Clean Tent를 사용하여 청정도를 더욱 더 좋게 할 수 있다.

**위성시험동의 구성**

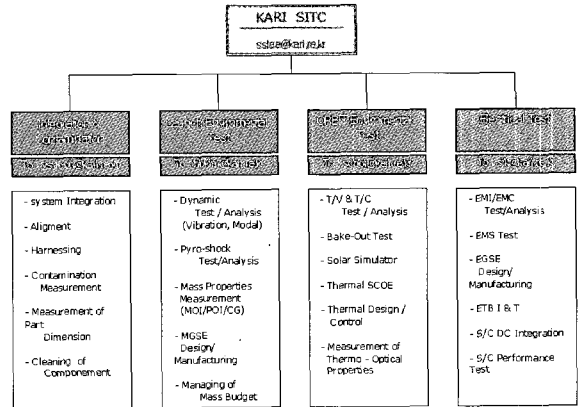
위성시험동 (KARI SITC : Korea Aerospace Research Institute, Satellite Integration and Test Center)의 연구업무는 크게 4개의 팀에 의해 수행된다. 총조립 및 오염측정팀, 발사환경시험팀, 궤도환경시험팀, 전자파환경시험팀으로 구성된다.

**1) 위성체 조립실**

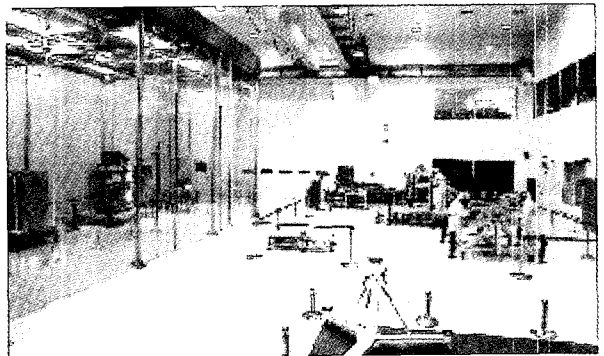
위성체 조립실은 위성체 조립 및 전기/전자 기능 시험과 조립 후 위성 탑재센서의 정렬측정을 수행하는 곳이다. 그리고 위성체 조립실은 미 연방규격(U.S. Federal Std 209B) 기준으로 청정도 10,000으로 유지될 수 있는 청정시설이며, 광학장비의 조립 및 시험을 위하여 청정도 100을 유지하는 시설을 포함하고 있다.

위성체 조립을 위한 주요 시험시설로는 초정밀 부품의 조립 정확도 측정 및 검증을 위한 열라인먼트 측정 시스템을 갖춘 위성체 정밀조립실(25m x 25m x 높이 9m)과 위성시험동내 청정실의 청정도를 측정하기 위한 청정도 측정장비와 오염원의 화학적 성분 분석을 위한 IR/UV 스펙트로미터, 청정실내 비휘발성 잔유물을 측정하기 위한 NVR측정장치와 있는 오염측정실, 그리고 정전기 방전(ESD) Class 1A가 요구되는 전자제품의 제작조립/검수를 위한 장치 및 표면저항측정기, 정전기측정기, 이온 발생기 등을 보유한 전자부품 조립실이 있다.

이러한 조립 시설들은 위성체의 조립 및 시험을 위해 필수적인 것으로 위성체가 발사되어 원활한 임무를 수행토록 하는 데 중요한 역할을 한다.



위성시험동 구성도



위성시험동 위성체 조립실

**2) 궤도환경 시험실**

위성체의 우주궤도환경은 공기가 전혀 없는 고진공 환경이며 태양복사열에 의한 고온환경 및 극저온 환경(-270℃ ; 지구의 그림자에 위치할 경우)이 반복되는 가혹한 환경으로 특성이어진다. 위성체는 지상에서 발사되어 우주궤도에 진입한 순간부터는 계속해서 우주환경에 노출되며 이런 가혹한 우주환경 때문에 위성체의 주요부품에 기능장애가 초래되기도 하고 이는 결국 임무수행의 실패로 이어지기도 한다.

즉, 우주환경은 지상환경과는 판이하게 다르기 때문에 지상에서는 제대로 작동하는 것으로 관찰되는 위성체가 우주환경에서는 예상하지 못한 기능장애를 보이기도 하고 이는 때때로 임무성공에 치명적인 영향을 미치기도 한다.

위와 같은 이유들로 인하여 위성체는 지상에서 우주환경시험을 거쳐 기능 및 작동상태를 점검해야 하

며, 이를 위해서는  $10^{-6}$  Torr 이하의 고진공 및  $-180^{\circ}\text{C}$  이하의 극저온 모사가 가능한 열진공 챔버와 같은 우주환경모사장비가 반드시 필요하다.

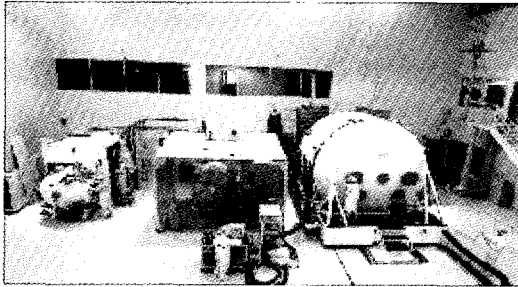
궤도환경시험팀은 위성체의 궤도환경시험과 관련하여 열진공 시험장비, 열주기장비, Bake-out장

비, 열충격장비, 그 외 다수의 보조장비를 보유하고 있으며, 이들 장비를 활용하여 위성체 및 서브시스템, 부품들이 우주궤도환경에서 그 임무를 제대로 수행할 수 있는지를 검증한다.

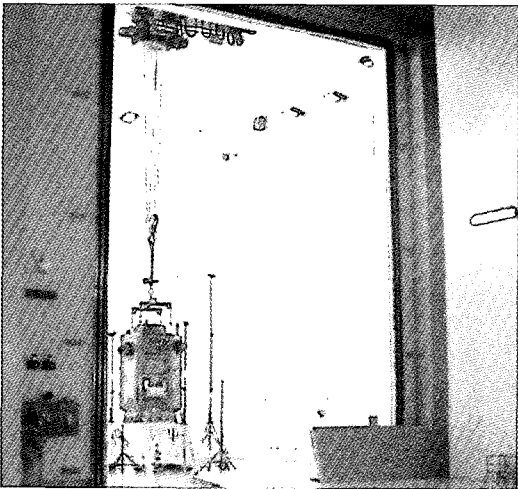
### 3) 발사환경시험실

발사환경시험실은 위성체가 발사체에 탑재되어 지상으로부터 설정궤도까지 도달하는 과정에서 받게되는 진동, 충격 및 음향가진환경을 지상에서 모사하기 위한 중·대형 전자기 가진장치를 보유하고 있다. 또한 최대 4,500kg까지의 시험대상물에 대한 질량중심, 관성모멘트 및 관성곱과 같은 질량특성을 측정하고, 이를 이용하여 전자파환경 시험실 = 정적 밸런싱은 물론 다평면 동적 밸런싱 작업까지 수행할 수 있으며, 이외에 최대 5,000g까지의 충격력을 대상물에 가할 수 있는 자유 낙하식 충격시험 장치 및 최대 500g까지의 파이로 충격력을 부가할 수 있는 파이로 충격 시험 장치 등 우주 비행체 개발에 필요한 다수의 시험장비를 보유/운영 중이다. 또한 향후 고정밀 관측위성, 통신위성, 국제우주정거장 개발참여 등을 위하여 유연구조물 전개시험, 음향환경시험 및 미소진동 측정분석을 위한 시설을 구축할 예정이다.

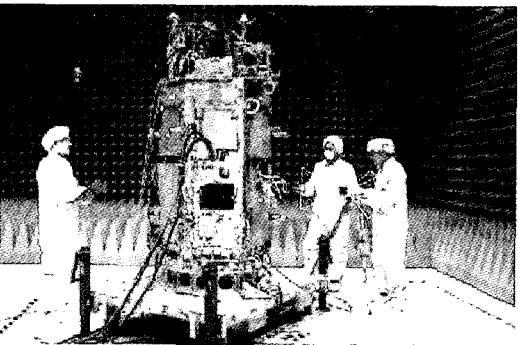
본 시험실은 이러한 장비 및 기술적 경험을 바탕으로 국내 우주개발은 물론 국방, 원자력 및 일반 민수용 장비들의 개발 등에 참여하고 있다.



위성시험동 궤도환경시험실



위성시험동 발사환경시험실



전자파환경 시험실

### 4) 전자파환경 시험실

전자파환경 시험실은 인공위성이 지상 및 궤도에서 접하게 되는 전자파환경에서 안정하게 동작하는지 여부를 시험할 수 있다. 위성체가 접하게 되는 각종 전자파 환경에 대하여 전자기적인 안정성을 시험하는 것으로 위서용 전자파 시험규격인 MIL-STD-461C,D,E 및 위성체의 안테나 특성을 시험할 수 있는 안테나의 성능시험(near field) 장비가 청정도 100,000 이상의 청정실 내에서 운용되고 있다.

### 5) 인공위성 성능 시험실

조립이 완료된 인공위성이 각종 성능이 요구되는 조건을 만족하는지 여부를 시험하는 시험실로 개발되는 인공위성만을 위한 시험장비를 개발, 성능 시험

을 수행한다. 인공위성의 성능시험은 위성기능시험 장비를 이용하는 데 전자시험기술연구팀에 의하여 인공위성 개발에 앞서서 개발이 완료된다. 인공위성의 시험은 위성기능시험장비를 이용하여 기본적인 전원선의 특성시험을 시작으로 시스템의 유기적인 성능(integrated system test), 이상 상태에 대한 극복능력(fault management), 자세제어 계의 동작특성, 지상국과의 통신 프로토콜 및 각종 원격측정/명령계 인터페이스 확인 그리고 최종적으로 발사장에서 인공위성 발사를 위한 최적 상태 제어 등을 수행한다. 이러한 인공위성 성능 시험의 모든 자료는 인공위성이 발사된 후 우주에서 자신의 임무를 수행시 나타날 수 있는 각종 문제점 해결에 중요한 자료가 되므로 그 성능 시험결과와 시험 즉시 실시간으로 기록되며 그 결과는 인공위성 수명 기간 동안 계속적으로 관리된다.

6) 오염측정실

오염측정실에는 위성시험동 내 청정실의 청정도를 측정하기 위한 청정도 측정장비와 청정실 내 오염원의 화학적 성분 분석을 위한 FT-IR 스펙트로메타, UV 스펙트로메타 그리고 청정실 내 비휘발성 잔류물을 1.0mg 이하로 측정하기 위한 NVR 측정장치를 보유하고 있다.

7) 전자부품 조립실

전자 부품 조립실에서는 정전기 방전(ESD) Class 1A가 요구되는 전장품의 제작 및 검수를 위하여 모든 시설/장치에 정전기 방전 방지 처리가 되어 있고, 표면저항 측정기, 정전기 측정기, 이온발생기 등 정전기 방전관리를 위한 장비를 보유하고 있다. 그리고 케이블 제작 검증 시험장치를 이용하여 케이블의 도통, 절연시험을 수행하고, 정전용량을 측정할 수 있다.

연구인력

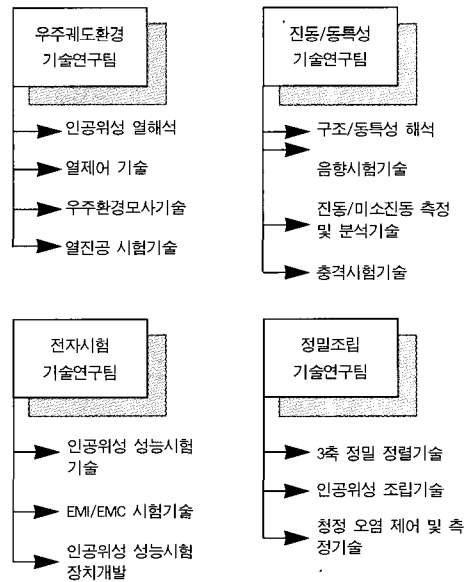
우주시험연구를 위해 4개팀으로 연구인력을 구성하여 관련기술개발 및 시험기술향상 연구를 수행하고 있다. 경력 10년 이상의 전문연구인원이 leader로 각팀을 이루고 있으며 각 분야의 박사급



아리랑위성의 성능을 시험 중인 성능시험실



위성시험동 전자부품 조립실



우주시험연구팀 구성

이 20% 석사급이 50%로 우수한 인력으로 구성되어 시험관련 설계, 해석 및 시험분석에 최상의 결과를 내고 있다.