

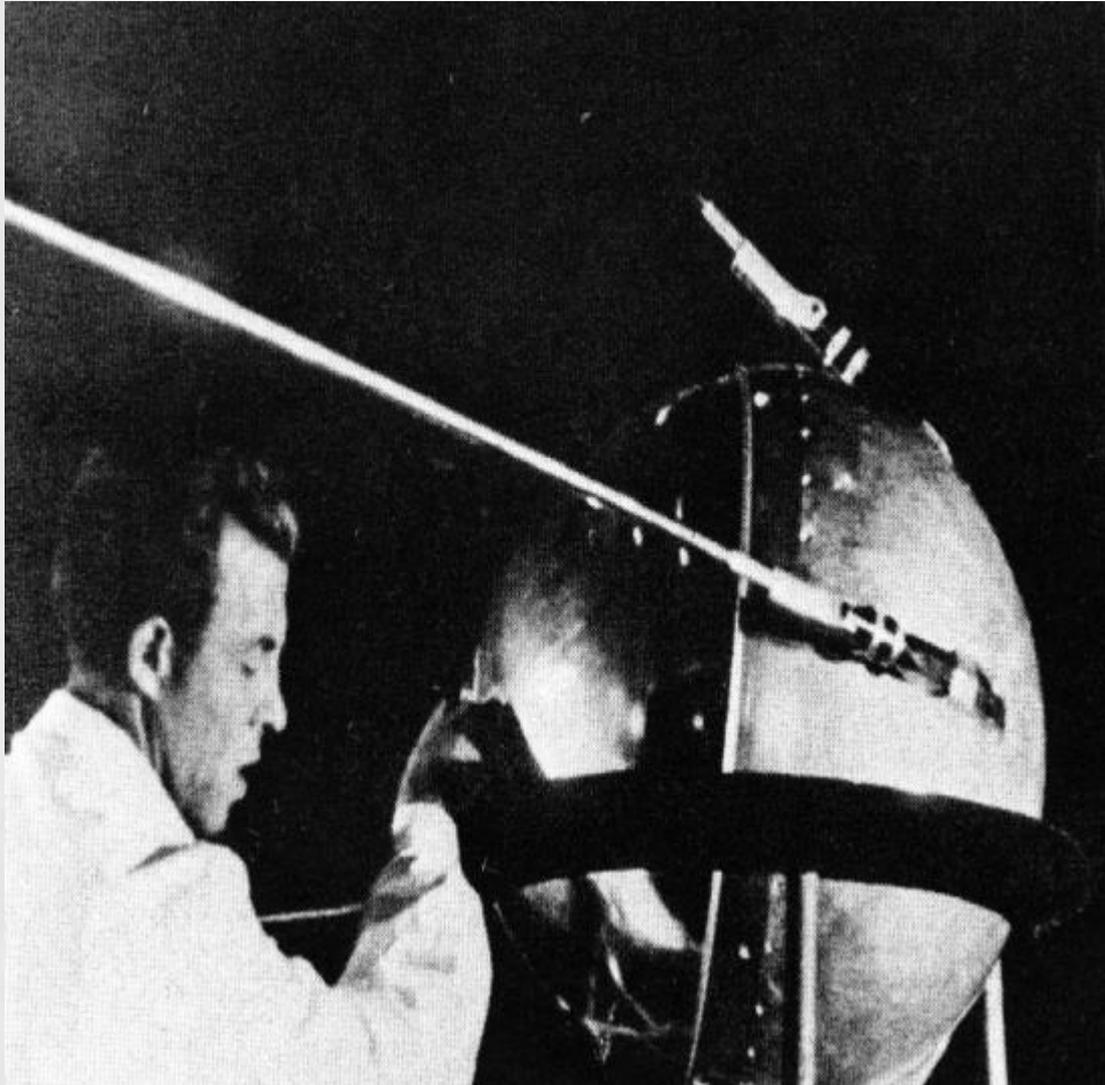
# 진공과 우주산업

**한국항공우주연구원**

**이상훈**



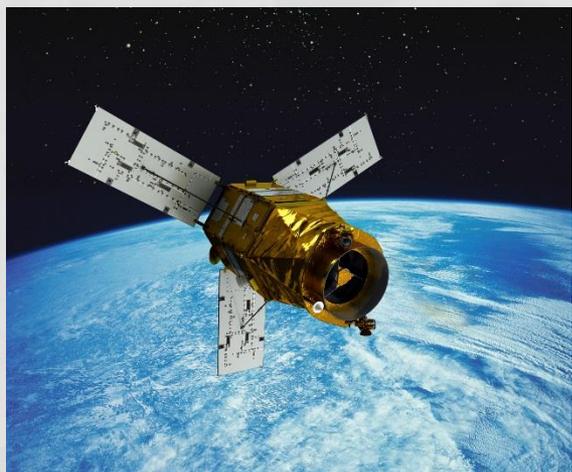
# ‘스푸트니크’ – 1957. 10. 4



# 인공위성의 종류

## ■ 지구관측위성 (Earth Observation Satellite)

- 지상의 자원 탐사, 해양관측, 기상관측등에 활용
- 일반적으로 태양동기궤도상에서 운영 (궤도 500 ~ 600km )
- '72년 미국의 Landsat 위성이 기원, 프랑스의 SPOT 위성의 경우 획득자료의 상업적 판매
- 한국은 '99년 다목적 실용위성 1호 발사 , 다목적 2, 3, 3A, 5호 운용



KOMPSAT3



San Francisco Airport by KOMPSAT-2

# 인공위성의 종류

## ■ 방송통신위성 (Communication Satellite)



- 지상의 특정지역에 대한 방송 / 통신 중계 역할
- 일반적으로 정지궤도상 (적도상 34,000km) 에서 운영
- '62년 미국의 Telstar 위성이 기원
- 한국은 KT에서 무궁화 위성 운영중 이며, 2010년 국내 개발된 천리안위성 운용

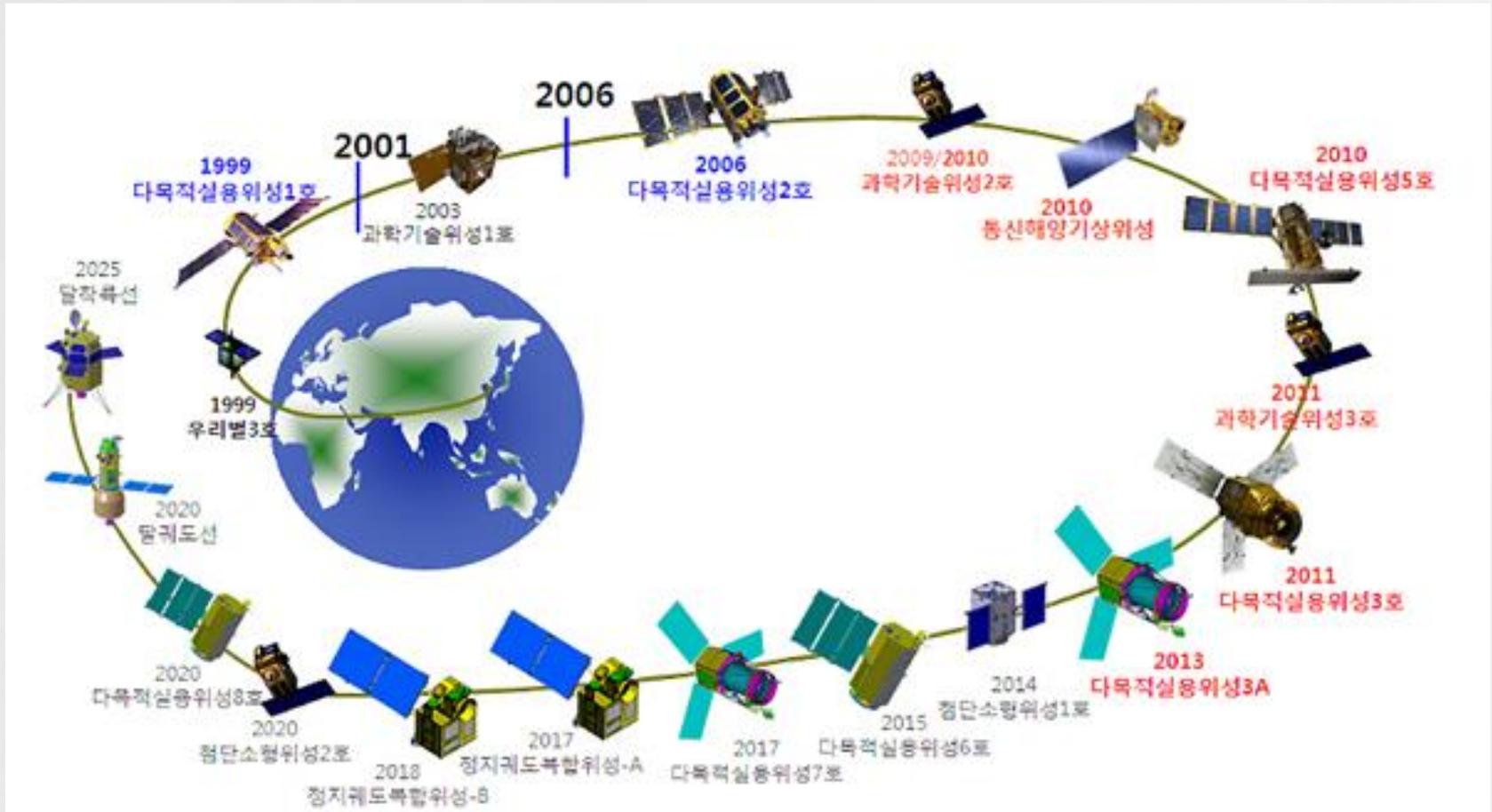
# 인공위성의 종류

## ■ 항법위성( GNSS : Global Navigation Satellite System)



- 비행기, 배, 자동차의 위치 정보
- 미국 주도하에 1970년대부터 개발
  - ✓ 미국 : GPS
  - ✓ 러시아 : 글로나스
  - ✓ 유럽 : 갈릴레오 프로젝트
  - ✓ 일본 : 미치비키
  - ✓ 중국 : 베이더우 프로젝트
- 4차 산업혁명의 주도적 역할
  - ✓ 자율주행 자동차 운행
  - ✓ 무인비행기 택배 서비스

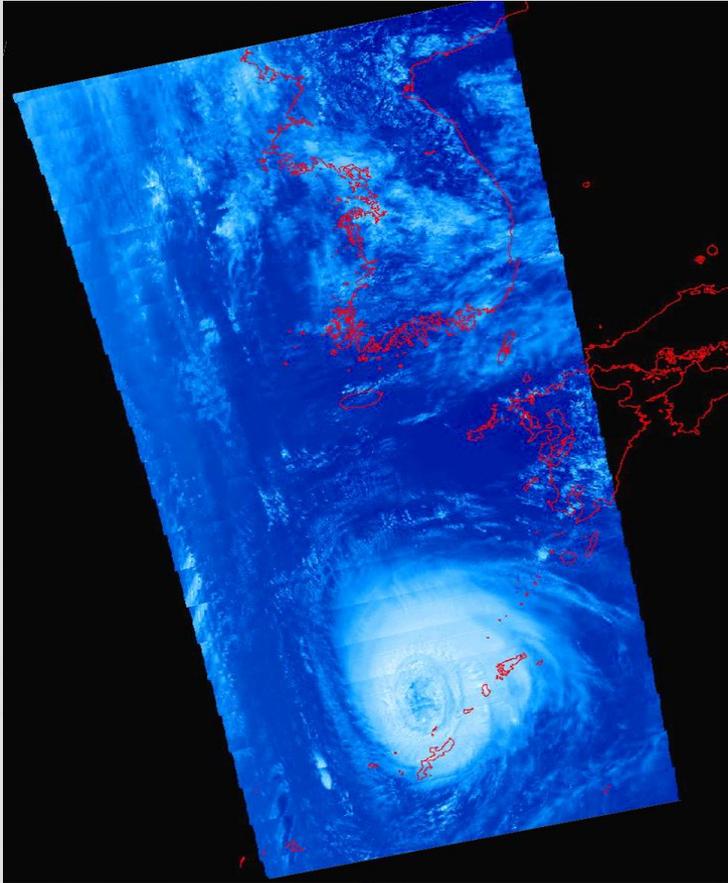
# Space Program of KOREA



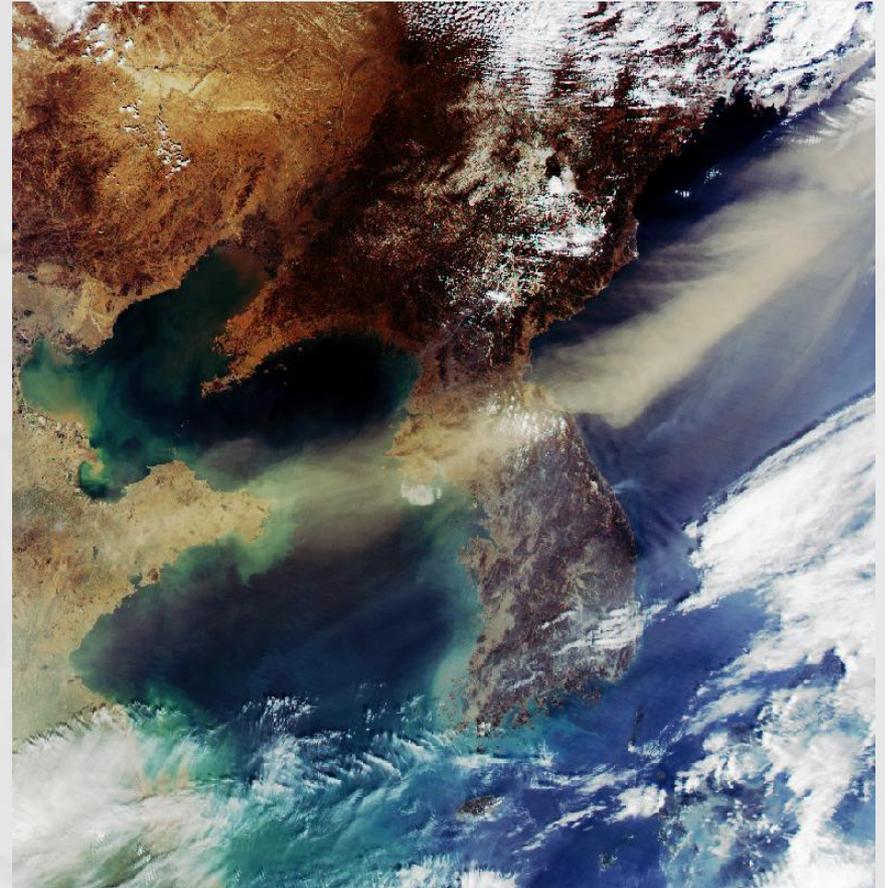
# 지상관측 - 9.11 테러시 뉴욕



# 기상관측 - 태풍과 황사

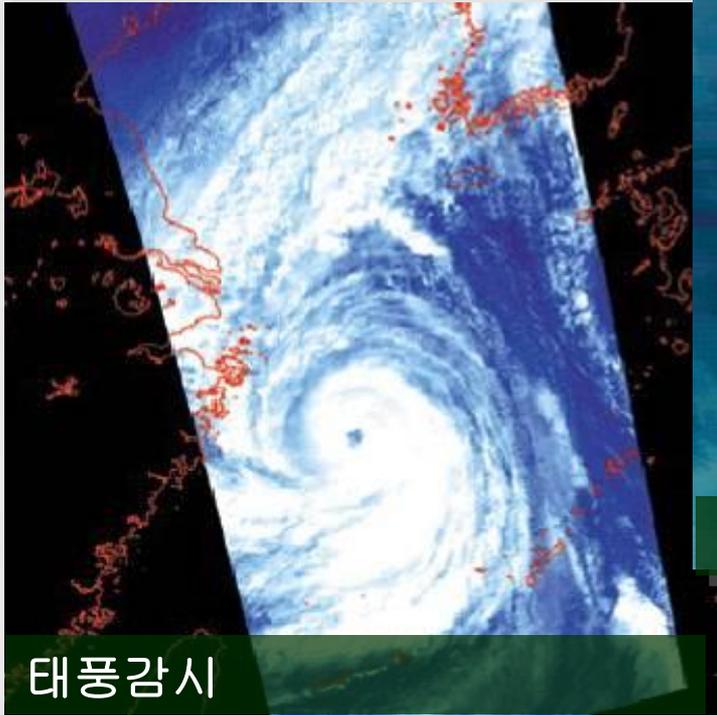


아리랑 1호 LRC로 촬영한 태풍 절라왓  
(2000년 8월 8일)



**Observation of Yellow Sand**

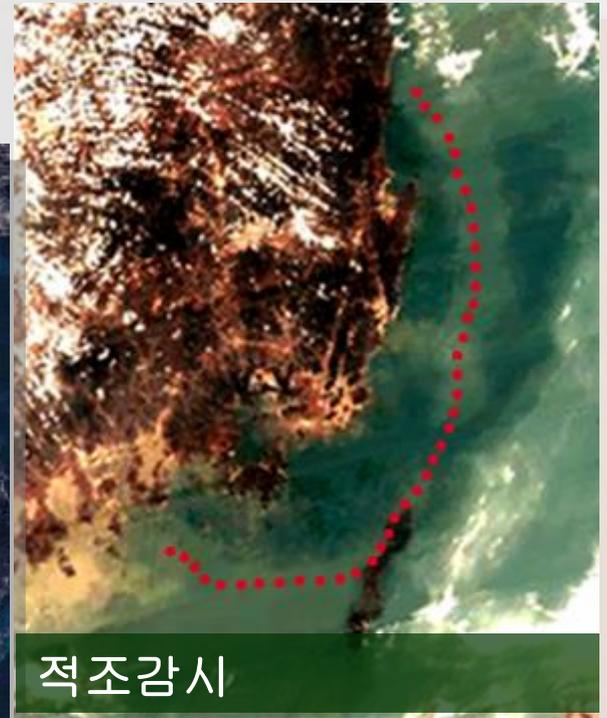
# 기상관측 – 산불, 적조



태풍감시

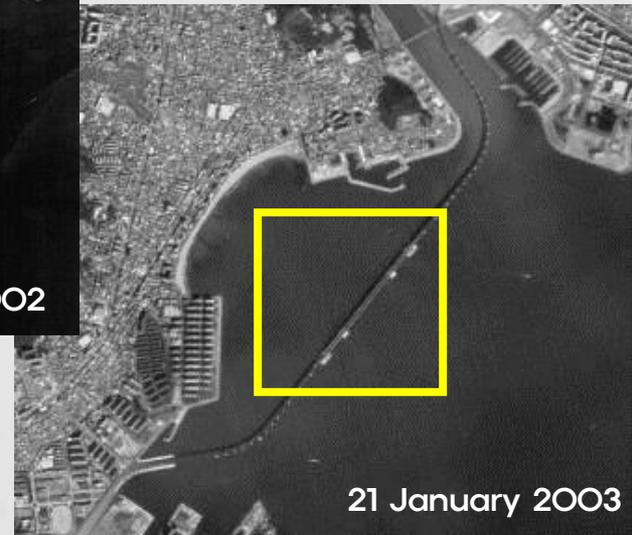


산불감시



적조감시

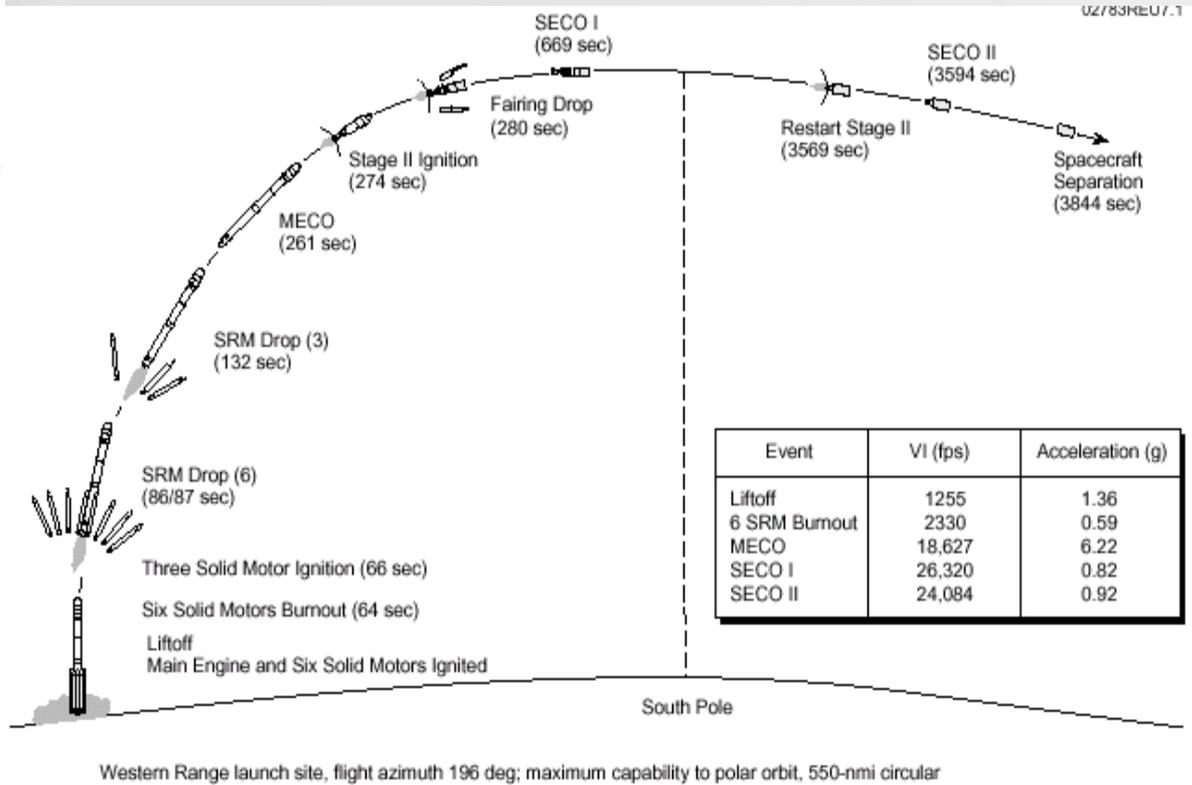
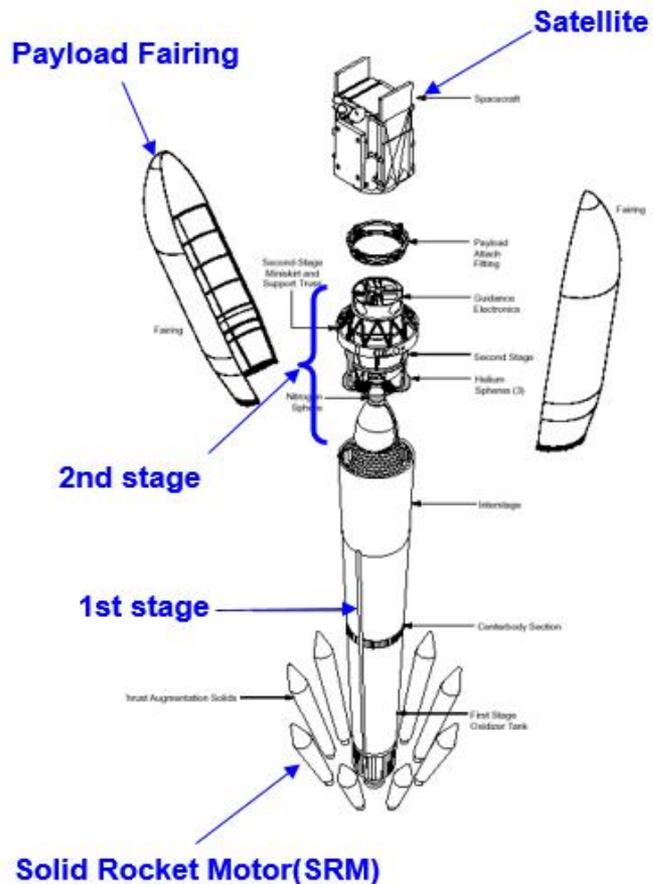
# 국토변화 상황 점검



부산, 광안대교 건설현장 모니터링

# Launch Vehicle

UZ/83REU/1



Event	VI (fps)	Acceleration (g)
Liftoff	1255	1.36
6 SRM Burnout	2330	0.59
MECO	18,627	6.22
SECO I	26,320	0.82
SECO II	24,084	0.92

# Satellite Test



**MGSE**



**EGSE**



**Integration**



**Alignment Measurement**



**Electrical System Test**



**Deployment Test**



**Shock Test**



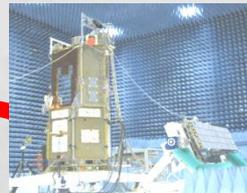
**Transportation**



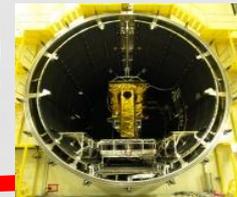
**Vibration Test**



**EMC / RFC Test**



**Thermal Test**



**Acoustic Test**

# Space Environment summary

Environment	Subject	Feature
High Vacuum	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Earth : 1 atm (760 Torr)</li> <li>• 200km : <math>10^{-5}</math> Torr</li> <li>• 30,000km : <math>10^{-11}</math> Torr</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Outgassing phenomenon</li> <li>• Heat transfer – no Convection</li> </ul>
Micro gravity	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acceleration of gravity on Earth surface : 1 g</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No micro gravity simulation on earth</li> </ul>
Radiation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trapped, Galactic cosmic ray, solar particle event</li> <li>• - X ray, gamma ray</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Electronics malfunction by radiation</li> <li>• Degradation of Electronics and Solar array</li> </ul>
Space Debris	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 5,000 satellites launched for 40 years</li> <li>• Operating satellite : 500 ea</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Space shuttle's window broken by space debris-small pieces of paint</li> </ul>
Thermal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deep space : <math>-270</math> °C</li> <li>• Sun : <math>5,507</math> °C</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Expansion of material by temperature difference → Landsat-D's Solar array cable broken</li> </ul>

# Outgassing

## ❖ Definition

the evolution of gas from the material in a vacuum environment

## ❖ Atmospheric pressure in space

the density of particles above 160 Km altitude is extremely low, similar to a complete vacuum; as a result, materials experience outgassing or evaporation of molecules of material

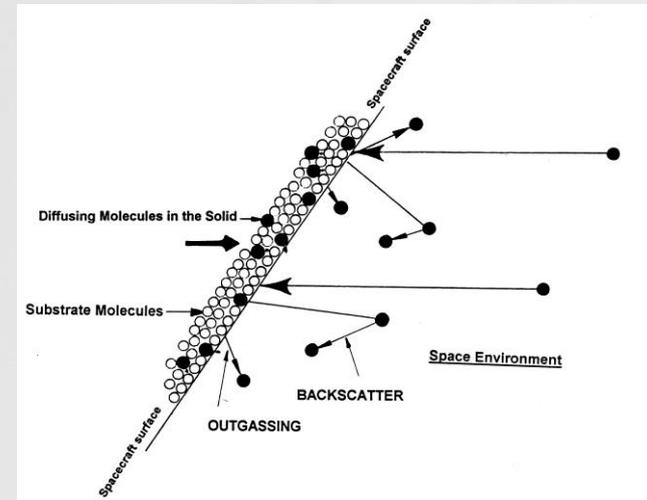
## ❖ Material susceptible to outgassing

composite materials and those made with volatile solvents are particularly susceptible; include electronic microchips, plastics, glues and adhesives

## ❖ Effects of Outgassing

changes to the physical properties of a material, and the evaporating molecules forming a thin film over other components of the satellite **to degrade optical, thermal and electrical performance**

## ❖ Careful selection of component materials minimizes outgassing but eventually some components will exhibit different characteristics and properties



# Orbit Environment Test



# Vacuum & Space

## Satellite & Vacuum

### 재 료

- Outgassing
- Material

### 장 비

- Space Simulator
- Vacuum pump
- Gate valve
- Seal
- Leak detector
- Feed-thru
- Fixture

### 환 경

- Clean room

# Vacuum Chambers @ KARI



- WORKING DIMENSION :  $\phi 8 \text{ m} \times 10.0 \text{ m}$
- VACUUM LEVEL : AMB. PRESS.  $\sim 10^{-4} \text{ Pa}$
- TEMP. RANGE :
  - LN<sub>2</sub> (LOW) MODE : less than  $-183 \text{ }^\circ\text{C}$
  - HOT MODE with Halogen Lamp :  $120 \text{ }^\circ\text{C}$
- Local Thermal System
  - Open loop GN<sub>2</sub> system ( $-150 \text{ }^\circ\text{C}$  to  $120 \text{ }^\circ\text{C}$ )
  - Open loop He system (less than  $40 \text{ K}$ )



- WORKING DIMENSION :  $\phi 3 \text{ m} \times 10.0 \text{ m}$
- VACUUM LEVEL : Atm. PRESS.  $\sim 10^{-4} \text{ Pa}$
- TEMP. RANGE :
  - LN<sub>2</sub> (LOW) MODE : less than  $-183 \text{ }^\circ\text{C}$
  - GN<sub>2</sub> MODE :  $-150 \text{ }^\circ\text{C}$  to  $120 \text{ }^\circ\text{C}$
  - 6 independent temp. control channels
- Vibration isolation system
  - less than :  $10^{-7} \text{ Grms}$

# Vacuum Chambers @ KARI

## System for Thermal Vacuum Test



### Medium Chamber

Working Volume :  $\Phi$  3.6 m  $\times$  3.0 m  
Temp. Range : 100 ~ 400 K  
Vacuum Level :  $10^{-7}$  torr  
Max. Test Load : 1,000 kg  
Cryo Pump : 2  $\times$  60,000 l/sec  
Turbo-Molecular Pump : 3,000 l/sec



### Small Chamber

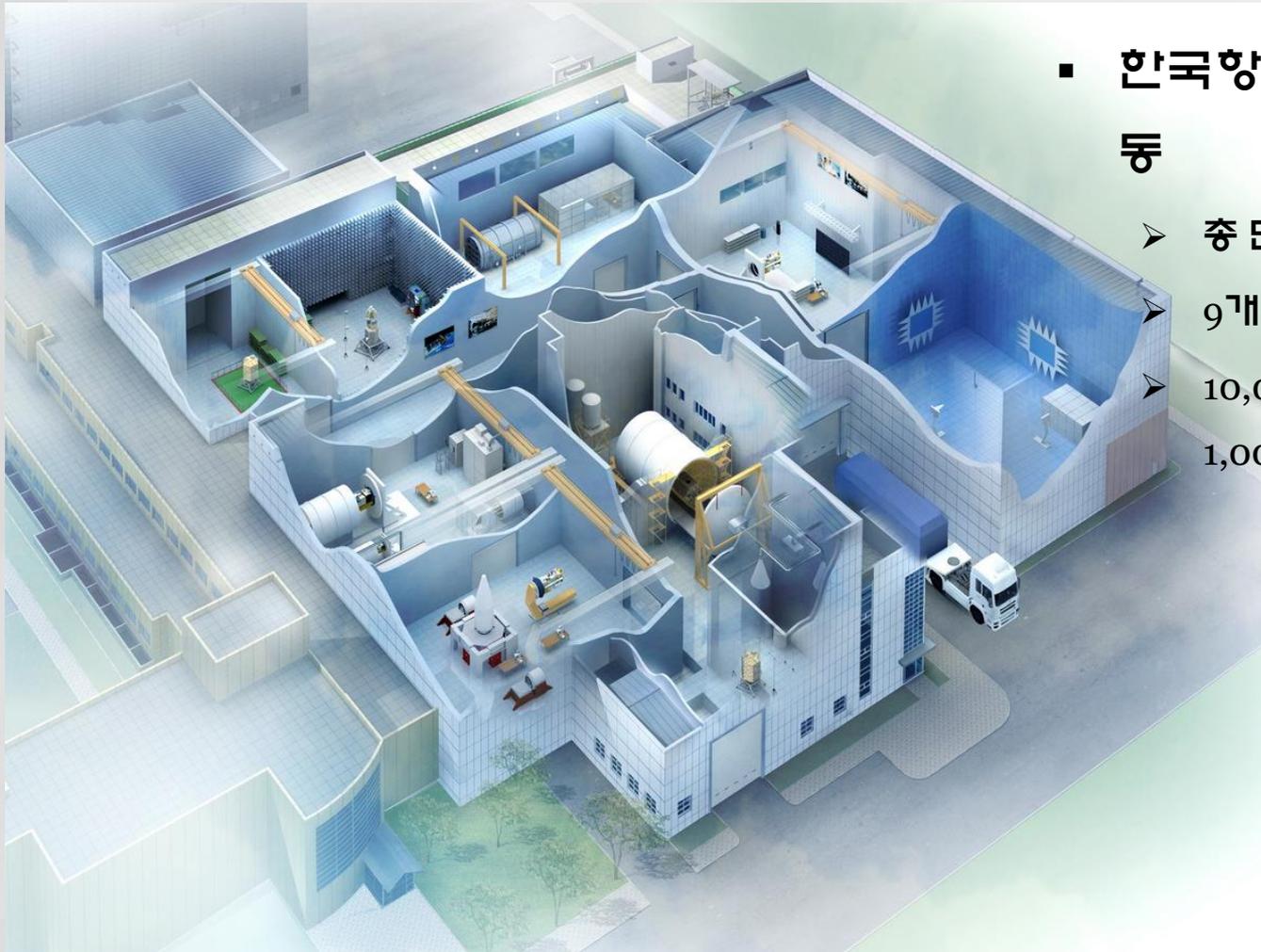
Working Volume :  $\Phi$  1.0 m  $\times$  1.5 m  
Temp. Range : 113 ~ 373 K  
Vacuum Level :  $10^{-7}$  torr  
Max. Test Load : 100 kg



### Small Chamber

Working Volume :  $\Phi$  0.7 m  $\times$  1.0 m  
Temp. Range : 100 ~ 400 K  
Vacuum Level :  $10^{-7}$  torr  
Max. Test Load : 100 kg

# Clean room @ KARI



- 한국항공우주연구원 위성시험동
  - 총 면적 25,970 m<sup>2</sup> (축구장 4개)
  - 9개의 독립된 시험실 (one roof)
  - 10,000 class 이하 청정도 (실제 1,000 class 수준)

# The 4<sup>th</sup> Industrial Revolution

- 수 십억 인구가 모바일 기기로 연결되어 유례없는 저장 및 처리 능력과 지식에 접근성을 가지게 될 때 발생할 무한한 가능성
- 유비쿼터스 모바일 인터넷, 저렴하고 작고 강력한 센서, 인공지능과 기계학습
- 주문형 경제 (공유경제)

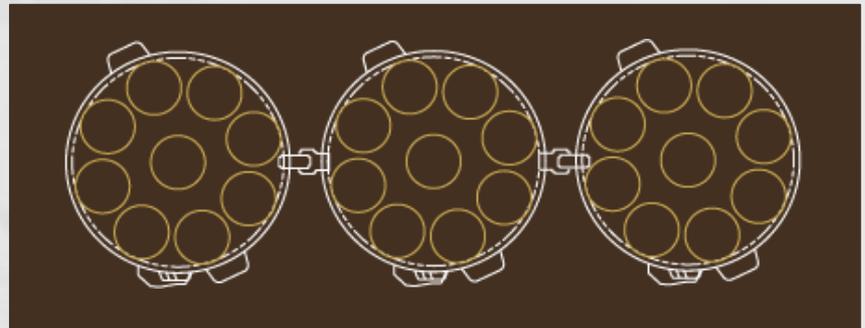
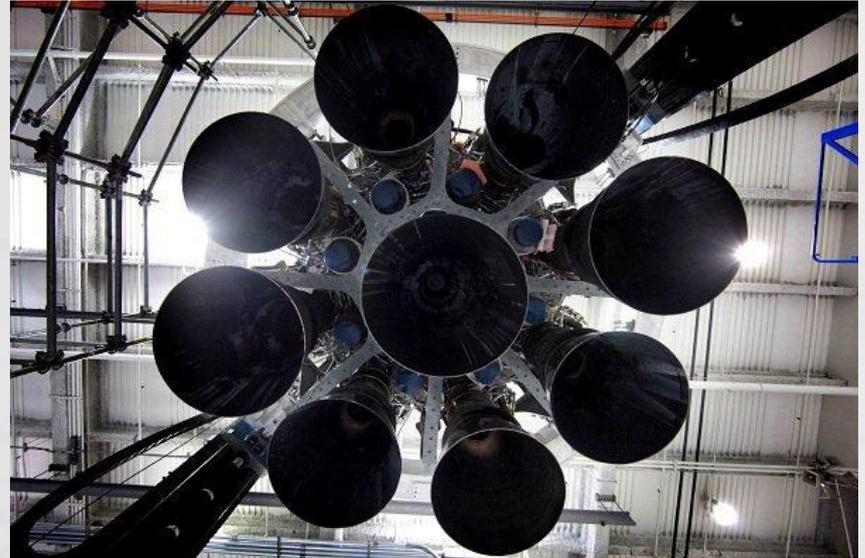
# Space X 의 교훈





## FALCON HEAVY

53,000 kg  
116,850 lb



## 그런데 천하의 질레트가 흔들리고 있다

최근 6년 사이 미국에서만 시장점유율이  
거의 20%포인트 줄었다.

질레트 미국 시장점유율 추이



(출처: 유로모니터)

가장 큰 이유는 2011년 설립된 한 스타트업 때문이다.  
이 회사는 한 달에 한번 면도날 4~5개를  
정기적으로 배송해주는 서비스를 하고 있다.  
이름은 달러 셰이브 클럽(Dollar Shave Club).

면도기 전체 판매로 보면 질레트가 아직 과반을  
차지하고 있고, 달러 셰이브 클럽은 10%에  
불과하지만 온라인 판매에서는 이미 뒤집어졌다.

온라인 면도기 시장 점유율



(유로모니터, 2015년 기준)



**Gillette®**  
THE BEST A MAN CAN GET™

질레트는 마케팅 전략에서 면도날에 적용된 첨단기술을 과시했고, 소비자들에게 끊임없이 'The Best a Man Can Get'(남자가 가질 수 있는 최고의 물건)이라는 메시지를 던져왔다.

질레트가 이런 마케팅을 위해 광고에만 들이는 비용이 한해 평균 6천만 달러(약 679억원). 물론 이는 고스란히 소비자에게 전가돼왔다. 달러 셰이브 클럽은 바로 이 점을 파고들었다.

## 달러 셰이브 클럽의 모델은 이렇다

매달 월정액을 내고 면도기 종류를 선택하면 첫 배송 때는 면도기 핸들이 무료로 제공되고 이후 면도날만 매달 4~5개 배송된다. 면도날은 한국 도루코에서 공급받는 딱 세 종류.



2중날 면도기는 1달러에 면도날 5개

4중날 면도기는 6달러에 면도날 4개

6중날 면도기는 9달러에 면도날 4개



# 진공열차 - Hyperloop



하이퍼루프는 공기 마찰이 없는 진공튜브에 자기부상열차를 최대 시속 6천400km로 달리게 하는 기술이다. 항공기 평균속도인 시속 900km보다 약 7배 더 빠르다.

해저 진공관을 깔면 비행기로 13시간30분이 걸리는 뉴욕~베이징 구간을 2시간에 주파할 수 있고 에너지 사용량이 기존 여객수단과 비교가 어려울 정도로 낮다.

진공관을 짓는 비용도 현재 고속철도 건설 비용의 10분의 1에 불과하다고 연구자들은 주장한다.

하이퍼루프는 1910년대부터 꾸준히 제안된 기술로 현재 ET3이라는 미국 업체가 상용화 초기 모델을 개발하는 단계다

# Q & A

- 4차 산업혁명과 우주개발

- 한국 우주 개발이 진공 산업의 어느 분야 양산 혹은 지속적 수주를 가능하게 해주는가?

