

# OPV(Optional Piloted Vehicle)를 이용한 남극 빙저 지형 탐사

극지연구소 기술지원실  
정창현





# 목 차

---

## 1 연구 개요

연구배경

연구개발 필요성

연구동향

연구목표

로드맵

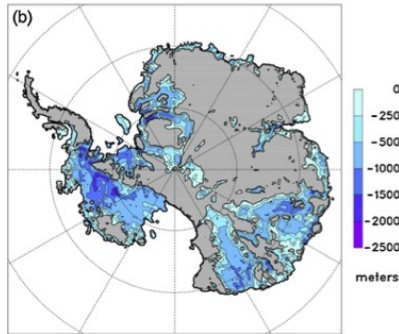
## 2 연구 내용

## 3 향후 계획

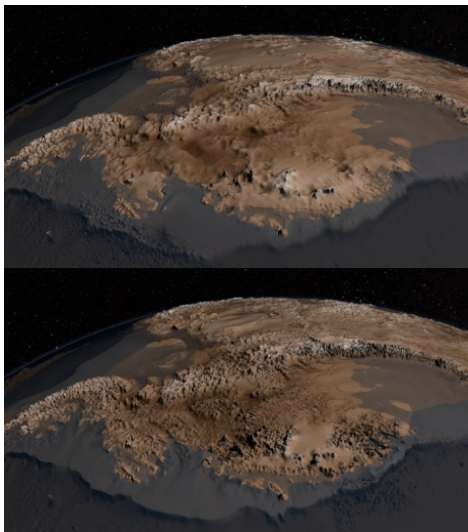




## 빙저 지형(Bedmap)



<평균해수면 아래 남극 빙저 지형>



<Bedmap 1 데이터시트(상) Bedmap 2 데이터시트(하)>

- 남극은 평균 2,000m 이상의 얼음으로 덮여있으며 빙저 지형은 매우 복잡
- 특히, 남극 면적 44.7% 이하가 평균해수면 아래위치
- 대륙 빙저지형도(Bedmap)는 주로 항공빙하레이더 탐사로 이루어지며, 영국 BAS를 중심으로 국제 컨소시엄을 통해 제작
- **Bedmap1(2001)** – 12개국 컨소시엄
  - ✧ 참여국가 : 영국, 미국, 이태리, 칠레, 벨기에, 독일, 덴마크, 일본, 스웨덴, 뉴질랜드, 러시아, 호주
- **Bedmap2(2013)** – Bedmap1의 2배 이상 해상도 향상, 2천5백만회 탐사 추가 (14개국 컨소시엄)
  - ✧ 참여국가 : 영국, 미국, 이태리, 칠레, 벨기에, 독일, 덴마크, 일본, 스웨덴, 뉴질랜드, 러시아, 호주, **노르웨이, 중국**



연구 배경

연구개발필요성

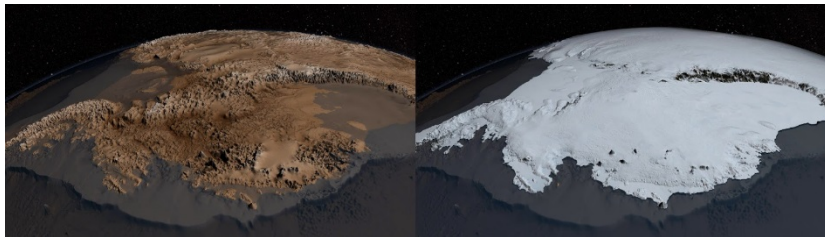
연구 동향

연구 목표

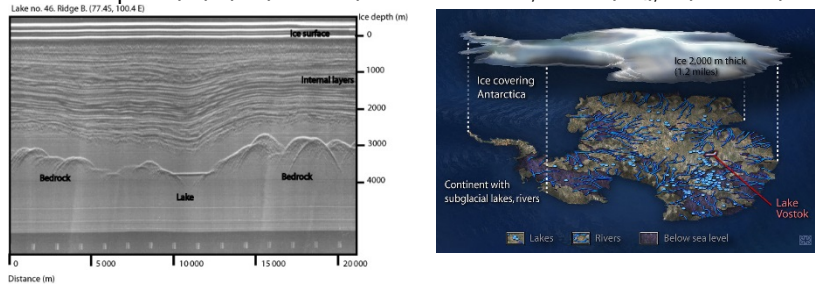
로드맵

## 과학적 중요성

- 기후 변화와 해수면 상승 예측에 활용
  - 남극의 얼음은 세계 담수의 50% 이상 차지
  - 빙하의 기후 변화에 따른 반응 연구를 위해서 빙하와 기반암에 대한 이해 필요
- 빙상 연구 기초 자료 제공
  - 빙저호 위치 추정
  - 심부빙하 시추 최적지 추정 등



<Bedmap2 데이터 세트를 이용한 표면고도, 얼음두께, 기반암 지도>



<빙저 탐사 결과와 빙저 수계 시스템 >

## 과학 영토 및 역량 확장

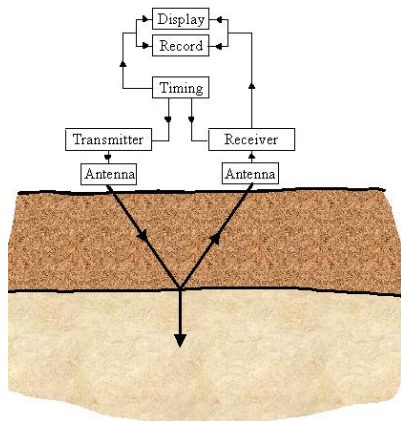
- 자국 연구 영역 **기득권 확보** 측면에서 매우 중요
  - K-Route 사업과 연계하여 내륙 연구 확대
  - 제 3 내륙 기지 후보지 탐색
- **국제공동캠페인 참여**를 통한 극지연구선진국도약
  - Bedmap3 컨소시엄 참여
  - 빙저호 탐사, 심부빙하 시추 역량 확보



<K-Route 사업 진출 루트와 모식도>

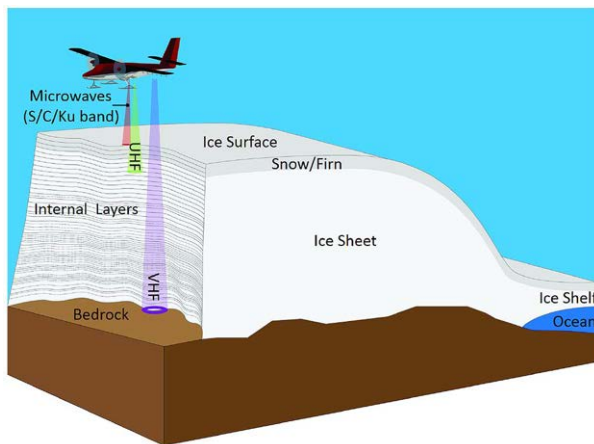


## 빙저 지형 탐사 방법



<Ground Penetrating Radar 개념도>

- 빙상 탐사는 레이더를 이용한 물리탐사가 가장 널리 사용
- 신호가 빙상 내부의 물성이 다른곳을 반사하여 돌아오는 시간을 측정하여 두께 등 계산
- 빙상 탐사는 빙하 표면에서 차량으로 레이더를건인하는 방식과 항공기에 장착하는 방식으로 운영
- 대부분의 국가는 항공기를 이용하여 광역 탐사를 수행



<항공기를 이용한 빙상 탐사 모식도>

사용주파수	탐사심도	해상도
저주파 (VHF)	깊음	나쁨
고주파 (Microwave)	낮음	좋음

<사용 주파수별 특징>



<차량을 이용한 빙상 탐사>



연구 배경

연구개발 필요성

연구 동향

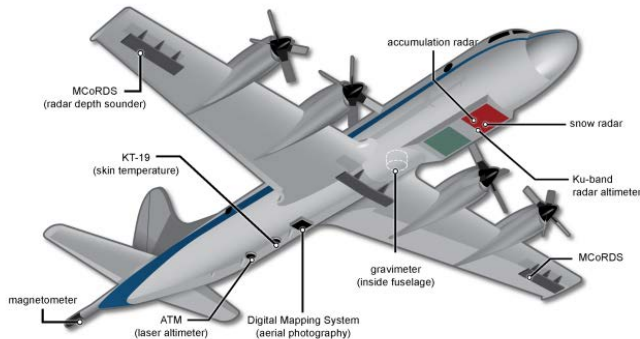
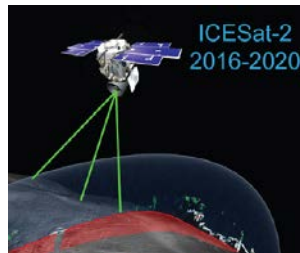
연구 목표

로드맵

## 해외 연구 동향

### [미국, NASA]

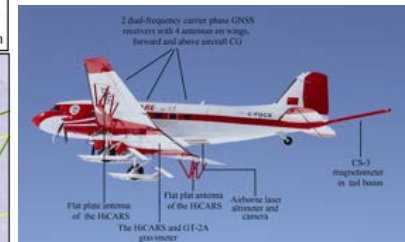
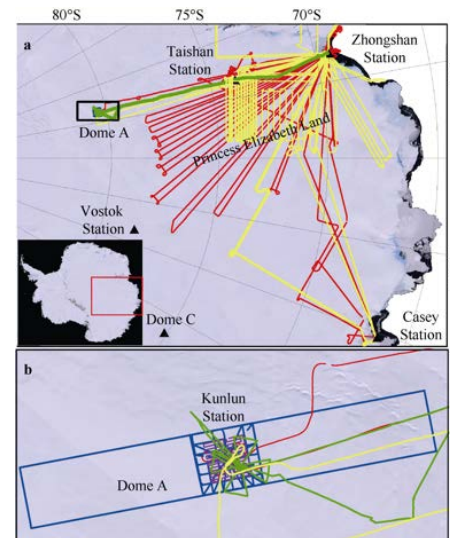
- Ice Bridge 프로그램을 통하여 빙저지형 자료 탐사
- 항공기와 위성을 이용한 국제 최대 빙하탐사 프로그램, Bedmap2에 가장 큰 기여



<항공기 날개에 장착된 빙하레이더, 빙하 및 빙저 탐사에 사용 >

### [중국, PRIC]

- 중국은 남극과학연구 32년차(2015/16)에 항공기를 이용한 탐사 시스템 구축완료
- Bedmap2에 육상 탐사 결과로 기여
- Bedmap3에는 가장 큰영향력 행사



<중국의 빙하레이더 탐사측선(녹색:21차, 파랑:24차, 자주색:29차 이상 육상 탐사/ 붉은색: 32차, 노란색:33차 이상 항공탐사)>



연구 배경

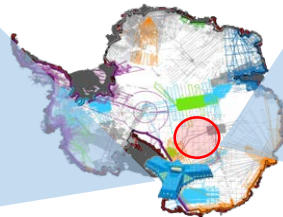
연구개발 필요성

연구 동향

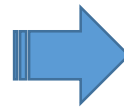
**연구 목표**

로드맵

## 극지 연구 영역 확대 (기지 주변 → 내륙 기반)



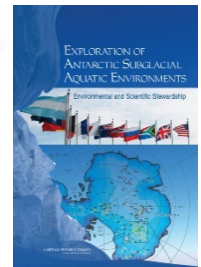
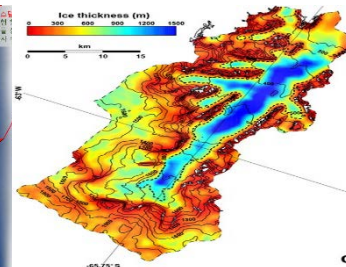
- 장보고과학기지 건설 후 헬기를 이용 인근 빙저 지형도 탐사수행  
(약 60X80 km<sup>2</sup> - 남극 크기 1/3000)



- K-Route 사업에 따라 2021년 대륙 탐사 시점 도래
- 연구 효율성 제고, 광역 탐사 방법 필요

### ❖ 연구 목표

- 빙권 탐사용 무인 탐사 시스템 도입
- 빙상 및 빙저 3차원 지형도 제작
- BEDMAP컨소시엄 참여







연구 배경

연구개발 필요성

연구 동향

연구 목표

**로드맵**

무인탐사시스템 확보



빙저지형도 작성을 통한 동남극 연구 거점 확대

	시스템 및 기술 확보		기술검증	자료 획득	
	'19년	'20년	'21년	'22년	'23년
무인 탐사시스템	시스템 분석	• 탐사 플랫폼 도입 • 빙하레이더 제작 및 운영 기술 확보 • 플랫폼센서 통합 및 운영 기술확보	• 국내시험	• 현장 실증 반영 보완	
3차원 지형도 제작	• 국외 현장 탐사 참여(기술 습득)		• 빙상 및 빙저 지형 자료 획득		• 빙상 및 빙저 지형 3차원 영상화 및 특성 규명
Bedmap3 컨소시엄 참여	• 국제 공동 캠페인 구성		• 데이터 공유 체계 구성		• 데이터 공유
					• 컨소시엄 참여





## 탐사장비

## 무인 탐사 시스템

- 빙상 및 빙저 3차원 지형도 획득 : UWB(Ultra-Wideband) Radar, LiDAR, Hyper-spectral Sensor, SAR
- 기상데이터 획득 : Air Data Probe
- 지자기 데이터 획득 : Air-borne Magnetometer

품명	형상(안)	주요 사양
UWB Radar		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Power : 약 1000W(TBD)</li> <li>• Dimension(TBD)</li> <li>• 서버랙 : 483 x 559 x 400 mm</li> <li>• 안테나 : 175 x 980 x 408 mm</li> <li>• Weight(TBD)</li> <li>• 서버랙 및 케이블 외 : 43 kg</li> <li>• 안테나 : 1.4 kg x 8 EA</li> </ul>
LiDAR		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 모델명 : VQ-580II(RIEGL)</li> <li>• Power : 70W(Max 220W), 18~34V</li> <li>• Dimensions : 378 x 193 x 252 mm</li> <li>• Weight : 10.3 kg</li> </ul>
초분광계		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 모델명 : Co-Aligned VNIR-WIR(Headwall)</li> <li>• Power : 30W</li> <li>• Dimensions : 272 x 208 x 165 mm</li> <li>• Weight : 2.83 kg</li> </ul>

품명	형상(안)	주요 사양
SAR		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 모델명 : ONESAR(IMSAR)</li> <li>• Power : 46W</li> <li>• Dimension : 183 x 230 x 257 mm</li> <li>• Weight : 2.7 kg</li> </ul>
기상센서		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 모델명 : ARIM310, VecTrax-10</li> <li>• Power : 20W, 12.5 ~ 36 VDC</li> <li>• Dimensions <ul style="list-style-type: none"> <li>- ARIM310 : 610 x Ø38 mm</li> <li>- VecTrax-10 : 149 x 104 x 59 mm</li> </ul> </li> <li>• Weight <ul style="list-style-type: none"> <li>- ARIM310 : 3.99 kg</li> <li>- VecTrax-10 : 0.5 kg</li> </ul> </li> </ul>
항공용 자력계		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 모델명 : G-823A(GEOMETRICS)</li> <li>• Power : 16W(Peak 24W), 24~32VDC</li> <li>• Dimension(Sensor) : 146 x Ø60mm</li> <li>• Dimension(Elec.) : 279 x Ø63 mm</li> <li>• Weight : 1.8 kg</li> </ul>



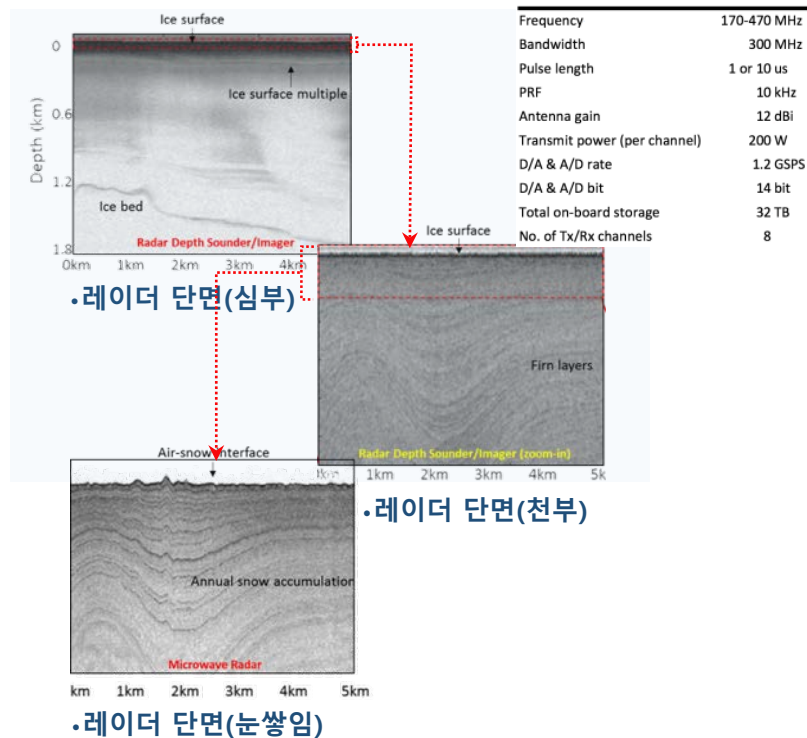
## 탐사장비

## 무인 탐사 시스템

## 다중 주파수 빙하레이더 제작(UWB Radar)

## • 운용 개념, 요구도 도출

- 탐사 심도 및 수신 해상도를 고려한 설계
- 항공기 탑재 능력 고려
- 미국 알라바마대학교 연구그룹과 협력

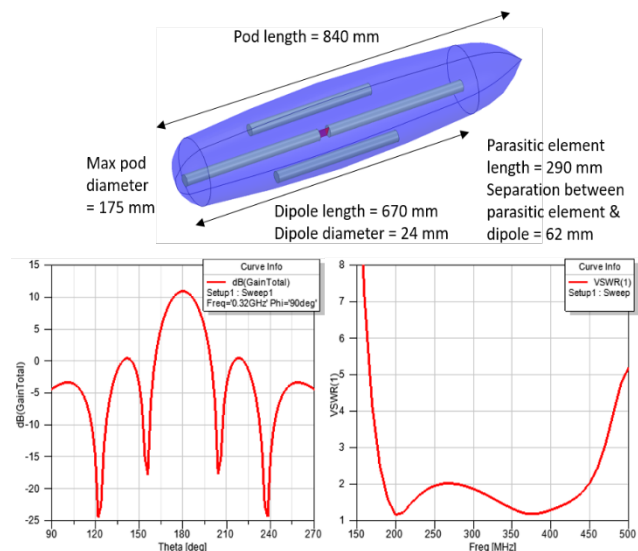


## • UWB 레이더 설계 및 시뮬레이션

- 8개의 송수신 채널 파형발생기, RF송수신기, 데이터 수집장치로 구성

## • 안테나 배열 설계 및 안테나 소자 제작

- 안테나 배열에 따른 성능 시뮬레이션을 통한 안테나 배열 설계



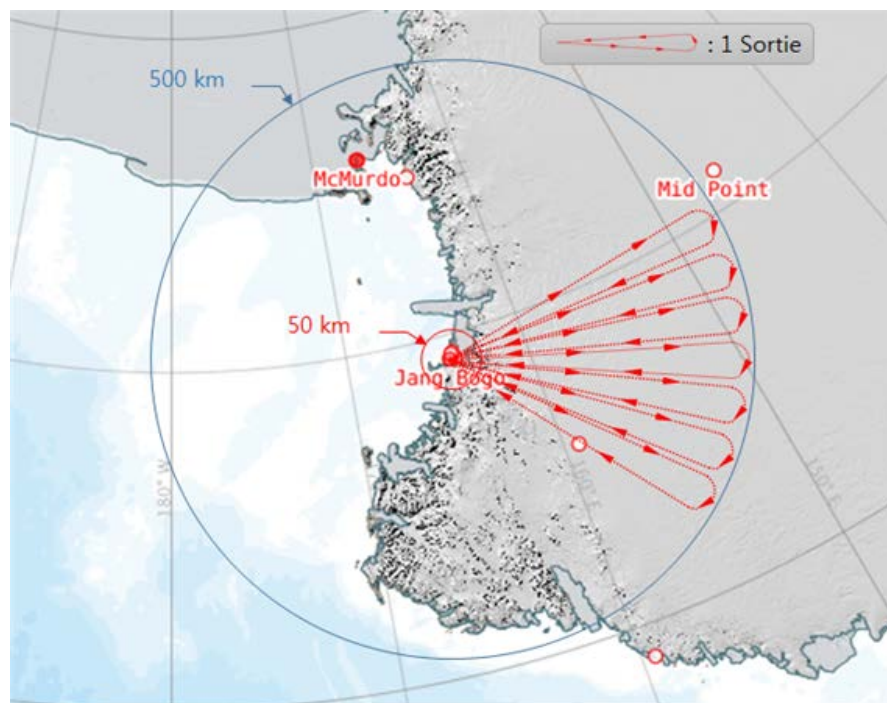
<배열에 따른 성능 시뮬레이션, Gain pattern @ 320 MHz Center Freq.>



## 탐사 장비

## 무인 탐사 시스템

## 임무 정의 및 운용계획 수립



&lt;장보고 과학 기지를 중심으로 한 탐사 예정지&gt;

- 주요 임무 : 극지방 연안 및 내륙에서 무인 항공기와 이에 탑재된 탐사 장비를 이용하여 과학 연구 데이터 수집
- 운용 계획
  - 장보고 과학 기지 인근 설상 활주로에서 이륙
  - 통신 가시선 이내에서 지정된 비행 경로를 따라 비행(실시간 제어 가능)
  - 통신 가시선 범위를 벗어난 이후에는 계획된 경로를 따라 자율 비행
  - 탐사 반경은 약 500km 이상  
(시속 200km로 이동시 왕복 5시간 소요)



## 주요 요구 사양

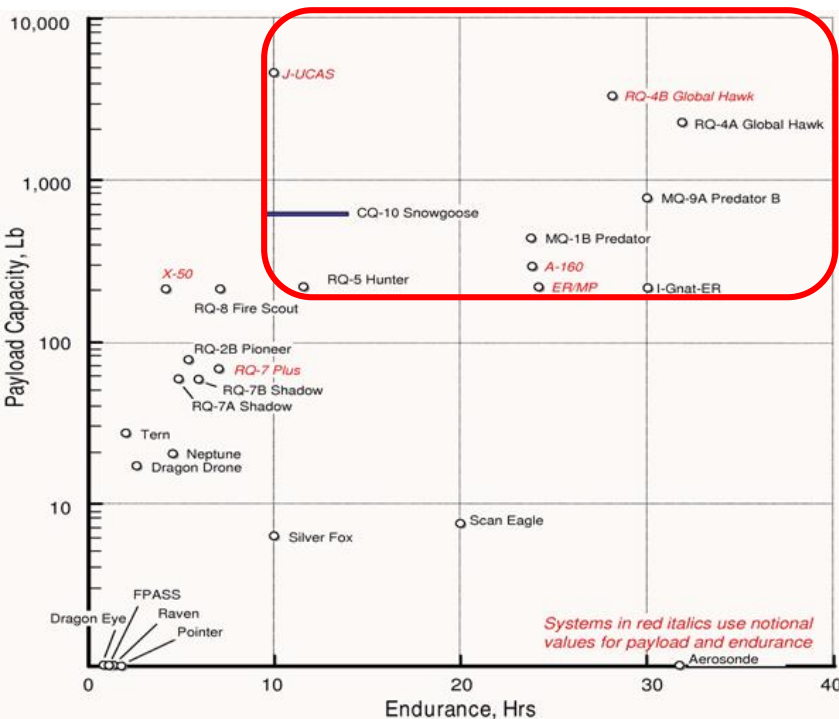
- 기체크기 : 20ft 컨테이너 탑재 가능한 크기(필요시 항공기 분해 또는 컨테이너 일부 개조)
  - 최대이륙중량 : 600kg 내외 (탑재중량 최소 80kg 이상)
  - 비행모드 : 프로그램 자동비행, 수동비행, 비상모드 외
  - 통신범위 : 반경 50km 이상
  - 비행가능거리\* : 1,000km 이상(임무장비 80kg 탑재, 순항속도 기준)
  - 비행속도 : 순항속도 100 ~ 250 kph
  - 이/착륙거리 : 설상 활주면에서 500m미만
  - 비상동작 : 자동귀환, 좌표 정보 원격 전송(IRIDIUM 통신), 비상 낙하산 전개 등 상황별 대응
  - 온도조건 : 기온  $-30^{\circ}\text{C}$  ~  $40^{\circ}\text{C}$ (지상 외기 온도조건)
  - 기타사항
    - 비행체는 프로그램 자동비행으로 8시간 이상 비행이 가능하여야 함.
    - 추가적인 지상장비 확보시 Hand over 기능 가능하여야 함.
    - 위성모뎀을 사용하여 기본데이터\*를 모니터링 및 강제 귀환 등의 필수 명령을 입력 가능
- \*기본 데이터-기상 정보, 항공기 위치, 비행 상태 등
- 비행체는 사고시 원인 분석을 위한 비행데이터 확보가 가능(ex. 항공용 블랙 박스)



탐사 장비

무인 탐사 시스템

## 무인 항공기 (Unmanned Aerial Vehicle) 비교



<출처 <http://www.avntk.com/micro-uav.html>>

	사진	순항 속도 (kph)	탑재 중량 (kg)	운용거 리(Km)	항속 시간 (시간)	가격/ 대 (억원)
Hermes 450		130	150	300	20	20
Predator 1C		165	1,020	1,100	24	40
Heron (IAI)		174	250	350	52	100
MQ-9 Reaper		313	1,700	1,852	14	170
Eitan (IAI)		169	2,000	7,400	70	350

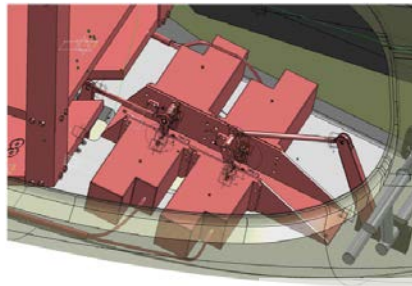
<출처 : Wikipedia>



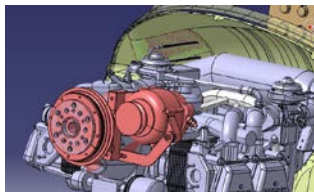
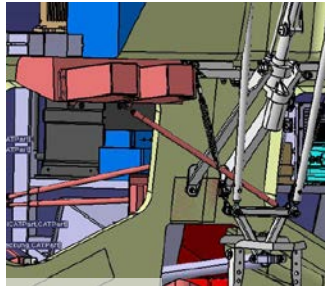
## 탐사 장비

## 무인 탐사 시스템

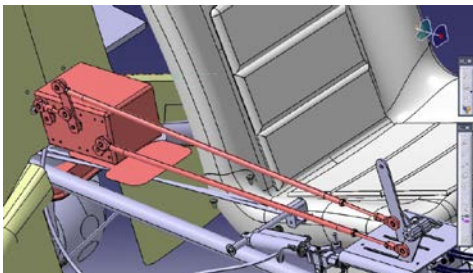
## OPV(Optional Piloted Vehicle)



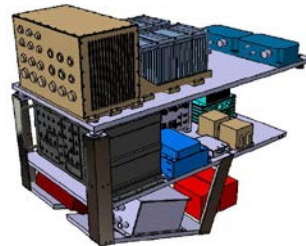
&lt;조종면 작동기&gt;



&lt;추가 Alternator&gt;



&lt;Throttle, Brake 작동기&gt;



&lt;FCC 및 항공기 자세/위치 센서&gt;

- 기존 유인기의 조종계통 개조 및 위치 변위 자세 센서, 통신시스템, 계기 및 엔진데이터 인터페이스 등을 장착하여 유무인 운용이 가능한 하이브리드형 항공기
- 새로운 무인기를 개발할 때 발생하는 막대한 비용과 시간 절감 가능
- 신뢰성 있는 무인기 개발 가능
- 국내에서는 한국항공우주연구원에서 2014년도 기술개발 - 산업통상자원부가 지원하는 항공우주부품개발사업 - 사업기간 : 2009.06 ~ , 5년간 85억원



## 탐사 장비

## 무인 탐사 시스템

## 지상 통제 장비

- 남극 운용 환경을 고려한 Potable 지상 통제 장비 구성 필요



<지상 통제 장비 및 쉘터 (예)>

구분	예시형상
비행체 감시통제컴퓨터	
임무계획/통제컴퓨터 실시간처리컴퓨터	
지상통신(주/보조)부, 안테나	
전원공급장치 (비행체용, 지상통제장비용)	



## 탐사 장비 셋업

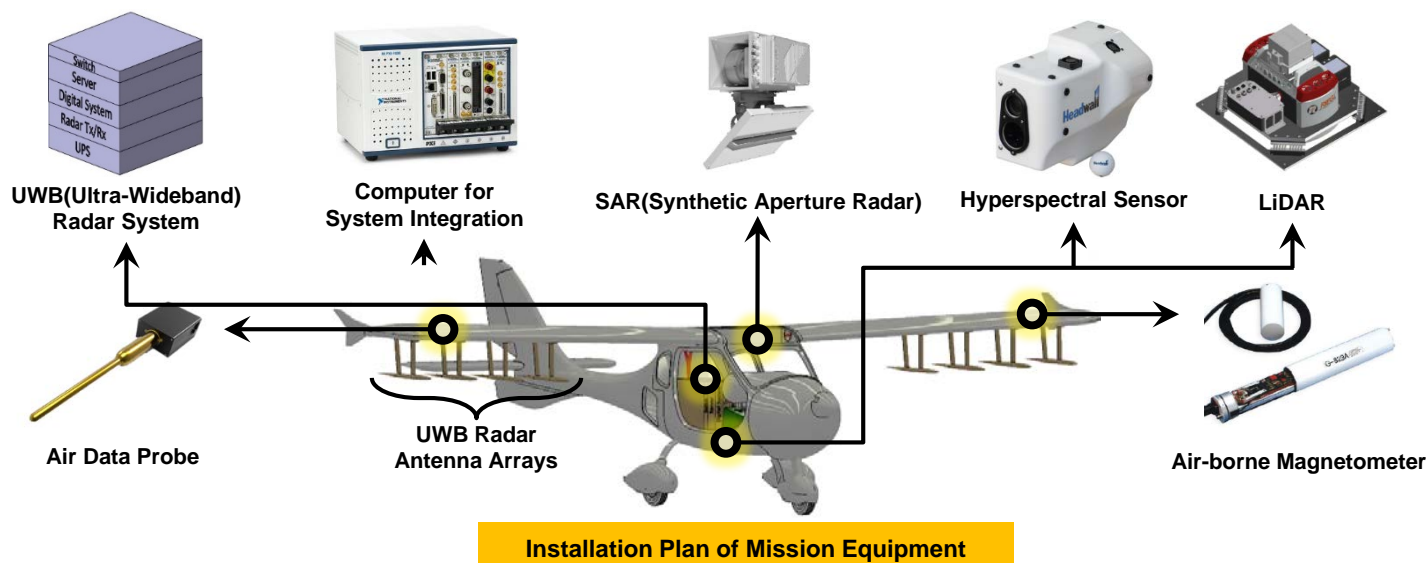
## • Installation of Various Exploring Mission Equipment

- To get 3D Ice-sheet and Subglacial Topography

-> **UWB(Ultra-Wideband) Radar, LiDAR, Hyper-spectral Sensor, SAR**

- To get Meteorological Data : **Air Data Probe**

- To get Geomagnetic Data : **Air-borne Magnetometer**





## 운용 시나리오 구체화

## 운용 시나리오 구체화

- 운송 방법
  - 한국(극지연구소) ↔ 남극(장보고 과학 기지)
  - 장보고 과학 기지 ↔ 설상 활주로
- 캠프 설치
  - 빙상 활주로 정비
  - 간이 격납고 설치
- 운용 준비
  - 장비 승하차
  - 운용 장비 설치
  - 항공기 조립/점검/급유/장비 탑재 등
- 운용
  - 운용 계획 및 매뉴얼 수립
  - 비상 상황에 대한 대처 방안 수립
  - 항공 관제 계획 수립 및 협의

필요  
장비  
도출

## 운용 장비

- 운송용 지그 및 컨테이너 개발



- 간이 격납고 구상



- 운용 편의성 향상을 시설 및 장비 도출

- 단열 컨테이너
- 비상 발전기
- 환경 오염 방지 장비 등





**감사합니다.**

