

남극내륙 연구거점 구축과
기지후보지 선정을 위한 빙원탐사

Establishment of Antarctic inland research bases and ice field
exploration for selection of candidates for the inland station



2026. 02.

한 국 해 양 과 학 기 술 원
부 설 극 지 연 구 소



제 출 문

극지연구소장 귀하

본 보고서를 “남극내륙 연구거점 구축과 기지후보지 선정을 위한 빙원탐사”과제의 최종 보고서로 제출합니다.

2026. 02.

연구책임자: 이 강 현

참여연구원:

이주한, 전성준, 윤동진, 정창현, 곽호제, 김형권,
김홍귀, 한상우, 이종익, 허순도, 지건화, 최태진,
서현교, 최선웅, 홍상범, 이미정, 서원상, 한영철,
강승구, 이창섭, 김대영, 황희진, 최형규, 황유나,
박근보, 주형민, 박상범, 박하동, 이승주, 정혜진,
김형준, 김고홍, 강필모, 한승희, 장채원, 문장일,
김송이, 권혁진, 김지은, 주현태, 서원석, 김관수,
이승미, 이아형, 황혜원, 유인성, 강정호

위탁연구기관명: 인하대학교

위탁연구책임자: 홍 성 민

위탁연구기관명: 한국천문연구원

위탁연구책임자: 정 중 균



보고서 초록

과제관리번호	PE25110	해당단계 연구기간	2020.01.01.~2025.12.31.		단계 구분	2단계 / 총 2단계	
연구사업명	중 사 업 명	극지연구소 연구사업					
	세부사업명	주요사업(기관목적사업)					
연구과제명	중 과 제 명	기관고유사업					
	세부(단위)과제명	남극내륙 연구거점 구축과 기지후보지 선정을 위한 병원탐사					
연구책임자	이강현	해당단계 참여연구원수	총 60 명 내부 33 명 외부 27 명	해당단계 연구비	정부: 33,420,938천원 기업: 천원 계: 33,420,938천원		
연구기관명 및 소속부서명	극지연구소 남극내륙연구사업단		참여기업명				
국제공동연구	상대국명(상대국연구기관명): 미국(University of Alabama), 노르웨이(NPI)						
위 탁 연 구	연구기관명(연구책임자): 인하대학교(홍성민), 한국천문연구원(정종균)						
요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자이내)					보고서 면수		
2017년, 극지연구소에서는 그동안 미진했던 남극내륙의 미답지역으로 연구영역을 확장하기 위해 남극 장보고과학기지에서 심부빙하시추, 천문우주관측, 빙저호 및 블루아이스 시추 등 주요 남극내륙 연구 최적지를 탐색하고 해당 지역으로 진출하기 위한 남극내륙 진출루트 개척을 시작함. 남극내륙 진출 후발국으로서 단기간 내에 국제적 위상을 제고하고 안전하고 성공적인 남극내륙진출을 수행하기 위해서는 소수의 극지연구 선도국가만이 보유하고 있는 남극내륙 연구지원 인프라 및 탐사시스템을 독자적으로 운영할 수 있는 기술을 확보할 필요가 있음. 이에 기 확보한 남극내륙 진출루트(Korean-Route)를 확대하고 이를 기반으로 연구거점 구축과 첨단 남극내륙 탐사기술 개발을 최종목표로 하여 다음과 같은 연구를 수행함. 1. 남극내륙 연구거점 구축 - 누적거리 2,200km 남극내륙 진출루트 개척 완료 - 빙저호 및 블루아이스 시추, 심부빙하코어 시추, 천문우주관측 등을 수행하기 위한 연구거점 구축 2. 남극내륙 연구지원시스템 구축 - 남극내륙 항공기 운영 기반기술 확보 및 독자적 항공기 운영 - 남극내륙 탐사선단 물자수송능력 강화 3. 광역 항공탐사기술 개발 - 다중 주파수 빙하레이더 항공기 통합설치 운영 및 레이더 자료 처리기술 개발 - 남극내륙 연구거점 빙상 및 빙저 3차원 지형도 제작 4. 무인 항공탐사기술 개발 - 무인 수직이착륙 플랫폼 극지현장 운영 및 활용기술 개발 - 무인항공 탐사자료 수집							
색 인 어 (각 5개 이상)	한 글	코리아루트, 남극내륙 연구거점, 남극내륙 항공기, 빙하레이더, 무인수직이착륙					
	영 어	Korean-route, Antarctic inland research camp, Antarctic inland aircraft, IPR, VTOL					



요 약 문

I. 제 목

남극내륙 연구거점 구축과 기지 후보지 선정을 위한 빙원탐사

II. 연구개발의 목적 및 필요성

- 남극내륙연구를 위한 진출루트 확대 및 연구거점 구축
 - 남극내륙은 극소수의 극지연구 선도국가만이 심부빙하코어 시추, 빙저호 시추, 천문우주관측 등 거대과학 프로젝트를 통해 과학적 영향력을 독점하고 있음
 - 2014년 2월, 동남극 빅토리아랜드에 장보고과학기지 준공을 계기로 우리나라는 남극내륙 탐사 및 연구의 교두보를 마련함
 - 극지연구 선도국가로의 도약을 목표로 우리나라는 남극연구활동진흥기본계획을 수립하고 심부빙하코어 시추, 블루아이스 연구, 천문우주관측 등의 3개 연구거점 구축을 전략목표로 제시함
 - 이를 위해 장보고과학기지에서부터 남극내륙 중심부 다수의 연구지역으로 진출하기 위한 육상 진출로와 해당 지역에서 수개월간 체류하기 위한 연구거점 확보가 최우선적으로 필요함
- 남극내륙 연구거점 운영 및 연구수행을 위한 지원 시스템 구축
 - 외부의 지원이 제한된 고립된 환경에서 수개월 간의 남극내륙연구를 안전하게 수행하기 위해서는 체계적인 연구거점 운영 시스템이 구축되어야 함
 - 남극내륙연구를 효율적으로 수행하기 위해서는 대량의 물자를 보급할 수 있는 육상 물류운송 능력과 연구 인력을 빠르게 투입할 수 있는 남극내륙 항공기 운영이 연계된 입체적인 보급로 확보가 필요함
 - 남극내륙에서 대규모 프로젝트 수행을 위해서는 환경영향평가가 필수적으로 요구되어 각 연구지역의 초기 환경에 대한 조사가 선행되어야 함
- 광역 항공탐사 기술개발 및 데이터 수집
 - 남극내륙에서 대규모 융복합 연구 수행을 위한 연구거점을 구축하기 위해서는 수천 m 두께의 빙하 내부의 구조 및 빙저지형 파악을 통한 최적의 연구 후보지 선

정이 선행되어야 함

- 육상탐사만으로는 남극내륙 진출루트 주변의 광범위한 영역을 조사하여 다수의 연구거점 후보지를 선정하는 데 한계가 있음
- 효율적인 남극내륙연구 수행하기 위해서는 항공기를 활용한 광역 빙하 레이더 탐사를 통해 해당 연구를 수행하기 위한 최적의 조건을 가진 연구 후보지 조사가 필수적임
- 무인 항공탐사 기술개발 및 데이터 수집
 - 남극내륙은 하계 기간에도 영하 40도를 밑도는 극한의 추운 환경과 크레바스나 사스즈루기 등의 위험지역이 산재해 있어 장시간 야외 현장 연구를 수행하는데 제한이 있음
 - 남극내륙은 극한의 낮은 온도와 극야 및 백야 등의 일조 환경으로 인해 지구상에서 가장 우주에 유사한 환경을 보유하고 있어 극지연구 선진국에서는 미래 무인 우주탐사 기술개발을 위한 최고의 테스트베드로 활용되고 있음
 - 안전하고 효율적인 남극내륙 연구 수행과 미래 우주탐사 기술개발 기여라는 남극내륙 연구거점 활용도 제고를 위해서 무인탐사 기술개발이 수반되어야 함

III. 연구개발의 내용 및 범위

- 남극내륙 연구거점 구축
 - 장보고기지와 3대 남극내륙 연구거점을 잇는 남극내륙 진출루트 육상루트 확보
 - 과거 100만년 심부빙하코어 시추를 위한 심부빙하 시추거점 구축
 - 남극내륙 천문관측 및 우주기상 연구를 위한 천문우주 관측거점 구축
- 남극내륙연구 지원시스템 구축
 - 남극내륙기지 후보지 조사 및 인력수송을 위한 남극내륙 항공망 운영 기술 확보
 - 남극내륙 연구거점 운영을 위한 육상 물자 운송 능력 강화
 - 남극내륙 연구거점 구축 환경영향평가 대응을 위한 연구후보지 환경시료 채취 및 기초 환경자료 획득
- 광역항공탐사 기술개발 및 데이터 수집
 - 다중 주파수 빙하레이더 개발 및 남극내륙 항공기 통합 설치
 - 남극내륙 연구거점 후보지 현장 빙하레이더 운용 및 자료처리 기술개발
 - 남극내륙 연구거점 후보지 빙상 및 빙저 3차원 지형도 제작
- 무인 항공탐사 기술개발 및 데이터 수집
 - 무인 수직이착륙기(VTOL) 극지 현장 운용
 - 무인 수직이착륙기(VTOL)용 탐사장비 개발
 - 무인 수직이착륙기(VTOL)을 활용한 광학장비 및 대기장비 탐사 수행

IV. 연구개발결과

○ 남극내륙 연구거점 구축

- 장보고과학기지와 블루아이스 연구거점, 심부빙하 시추거점 및 천문우주 관측거점을 잇는 총 연장 2,234km의 남극내륙 진출루트 개척
- 과거 100만년 심부빙하코어 시추를 위한 심부빙하 시추거점 내 연구캠프 운영
- 남극내륙 진출루트 최고원 지점에 천문우주 관측거점 구축을 위한 연구캠프 구축 및 운영

○ 남극내륙연구 지원시스템 구축

- 블루아이스 연구거점 및 심부빙하 시추거점 항공레이더 탐사를 위한 남극내륙 항공기 운영기술 확보 및 독자적 운영
- 화물썰매 및 연료탱크썰매 추가 확보를 통해 남극내륙 연구거점 운영을 육상 수송 능력 강화
- 심부빙하코어 시추 및 천문우주 관측거점 구축을 위한 환경영향평가 대응 환경시료 채취

○ 광역항공탐사 기술개발 및 데이터 수집

- 한-미 국제협력을 통한 다중 주파수 빙하레이더 개발 및 남극내륙 항공기 통합설치
- 남극내륙 심부빙하 시추거점 및 블루아이스 연구거점 내 최종 시추지점 선정을 위한 광역 항공빙하레이더 탐사
- 광역 항공빙하레이더 탐사자료 처리 및 빙저 지형도 제작

○ 무인광역항공탐사 기술개발 및 데이터 수집

- 무인 수직이착륙기(VTOL) 개발 및 국내 시험운행
- 무인 수직이착륙기(VTOL)용 광학 및 대기 탐사장비 시스템 개발 및 국내 시험운행
- 무인 수직이착륙기(VTOL) 탐사장비를 활용한 극지역 식생 맵핑 자료 획득

V. 연구개발결과의 활용계획

○ 남극내륙 연구거점 기반 후속 연구과제 개발

- 남극내륙 진출루트를 기반으로 한-영 국제협력을 통한 세계 최초 2,000m 급 심부 빙저호 청정열수시추 기관고유사업 수행
- 엘리펀트모레인 인근 블루아이스 연구거점에서 한-미 국제협력을 통한 100만년 이상의 블루아이스 시추 기관고유사업 수행
- 남극내륙 천문우주 관측거점을 기반으로 천문관측 및 고층대기 우주기상 모니터링을 위한 우주항공청, 해양수산부의 다부처 R&D 과제 추진

- 남극내륙기지 건설 및 운영 신규 R&D 과제 개발을 추진하기 위한 기반 인프라 활용
 - 대한민국 주도의 대규모 국제공동 심부빙하 시추 프로젝트 개발과 이를 위한 남극 내륙기지 건설 추진
 - 남극내륙기지 운영 인력 및 물자 수송을 위한 정기 육상-항공 보급 시스템 운영
 - 남극내륙기지 건설 및 대규모 현장연구 수행을 위한 환경영향평가 대응
- 항공레이더탐사를 통해 신규 남극내륙 연구 후보지 발굴
 - 심부빙하 시추거점 내 고해상도의 빙하구조 및 빙저 지형 파악을 통해 세계 최고 (最古) 심부빙하코어 시추를 위한 최적지 선정
 - 남극내륙 진출루트 주변의 빙하구조 및 빙저 지형 파악을 통해 신규 남극내륙 연구 후보지 발굴
 - 남극내륙 진출루트 기반의 광역 항공레이더 탐사를 통해 BEDMAP 등 국제협력 프로젝트 기여도 강화



S U M M A R Y

I. Title

Establishment of Antarctic inland research bases and ice field exploration for selection of candidates for the inland station

II. Purpose and Necessity of R&D

- The expansion of Antarctic traverse route and establishment of research bases
 - Antarctic inland has been investigated by only several advanced countries through the large science project such as deep ice core drilling, sub-glacial lake drilling and astronomical observation
 - Since 2014, Korea has established the bridgehead for inland researches with the construction of Antarctic JangBogo station
 - Korean government announced the official plan of establishment of three research bases at Antarctic inland as one of the goal for jumping up to the level of advanced countries
 - In order to achieve the official goal, it is essential to secure Antarctic traverse route from JangBogo station to inland research bases and the candidate sites of Antarctic inland research bases
- The establishment of support system for the operation of Antarctic inland research bases
 - The systematic support system is necessary for safe and efficient in-situ researches at isolated area of Antarctic inland without additional support from station
 - Supply routes via both land traverse fleet and aircraft for transport of human resources, fuel and supplies on a large scale are essential for Antarctic inland researches
 - In order to do large science project at Antarctic inland, the investigation for environmental effect estimation should be precedent
- The wide-area air-borne radar survey system development and operation
 - For the successful establishment of research bases, the radar survey over large area is necessary to investigate glacier structure and sub-glacial bedmap and find most proper site

- The radar survey on a land has its limit to investigate large area of Antarctic inland
- The wide-area survey using aircraft is necessary to find the most proper site for Antarctic inland research bases
- Unmanned exploration system development and operation
 - The extreme cold weather and dangerous area such as crevasses in Antarctic inland limit field researches by human
 - Antarctic inland is one of the best places to test space technologies with its extreme conditions, and thus most of leading countries use Antarctic inland as test beds for autonomous space technology development
 - Unmanned exploration system used in Antarctic inland can provide safe in-situ researches and chances for space analogue test

III. Contents and Extent of R&D

- The establishment of Antarctic inland research bases
 - The exploration of Antarctic traverse route between JangBogo station and three Antarctic inland research bases
 - The establishment of the research base for the 1 million year old deep ice core drilling
 - The establishment of the research base for the astronomical observation and space weather monitoring
- The development of Antarctic inland research support system
 - The securement of knowhow for Antarctic inland air craft operation
 - The enhancement of land transportation capability
 - Collection of the environmental samples responding to environmental effect estimations
- The wide-area air-borne radar survey system development and operation
 - The development of multi-frequency radar system for air-borne radar survey
 - Air-borne radar survey at the candidate sites of Antarctic inland research bases
 - Reconstruction of the structure of ice sheet and sub-glacial topography at the candidate sites of Antarctic inland research bases
- Unmanned exploration system development and operation
 - The development of VTOL(Vertical Take-Off and Landing) plane
 - The development of sensor for unmanned exploration using VTOL plane
 - The unmanned exploration using VTOL at a polar region

IV. R&D Results

- The establishment of three Antarctic inland research bases
 - The exploration of 2,234km long Antarctic traverse route called Korean route

from JangBogo station to the three Antarctic inland research bases

- The establishment of the deep ice core drilling base with the collection of environmental samples and air-borne radar survey
- The establishment of the astronomical observation base at the highest site of Korean route with the collection of environmental samples and set up AWS
- The wide-area air-borne radar survey system development and operation
- The development of multi-frequency radar system through the international collaboration with U.S.
- The wide-area air-borne radar survey at the deep ice core drilling base in order to find most proper point to recover more than 1 million deep ice core
- The radar survey data processing and reconstruction of sub-glacial topography of the Antarctic inland research base candidate sites
- Unmanned exploration system development and operation
- The development of unmanned VTOL plane and the performance evaluation
- The development of sensor for unmanned survey using VTOL plane
- The unmanned survey using VTOL at polar regions

V. Application Plans of R&D Results

- Development of succeeding project based on Korean Antarctic traverse route
- Development of 2,000m deep sub-glacial lake clean hot water drilling project
- Development of Korea-U.S. international cooperative blue ice drilling project at Elephant moraine blue ice area
- Development of multi-ministry project for polar astronomical observation and space weather monitoring
- The basic infrastructure for the construction of Antarctic inland station and R&D project
- The construction of Antarctic inland station and the development of international cooperative deep ice core drilling project managed by Korea based on the station
- The logistics for the operation of Antarctic inland station and the R&D project based on the station
- The environmental effect evaluation for launching large scale Antarctic inland research project
- The investigation for new Antarctic inland research sites
- The investigation for the oldest ice drilling site
- The investigation for the 3,000m deep isolated deep sub-glacial lake
- The contribution to BEDMAP4 international project



C O N T E N T S

Chapter 1 Introduction	21
Section 1.1 Background and Necessity	21
1.1.1 Technological Necessity	21
1.1.2 Economical and Industrial Necessity	21
1.1.3 Scientific Necessity	22
1.1.4 Social Necessity	22
1.1.5 Policy Necessity	23
Section 1.2 Objectives and Scope	24
1.2.1 Overall Goals and Plans of the R&D	24
1.2.2 Annual Goals and Plans for the First Stage of the R&D	26
1.2.3 R&D road map	31
Chapter 2 Domestic and International Status of Technological Development	35
Section 2.1 Domestic Technological Development Status	35
2.1.1 Antarctic inland traverse exploration	35
2.1.2 Antarctic traverse system development	35
2.1.3 Unmanned air-vehicle technology	36
2.1.4 Polar ice sheet survey technology	37
Section 2.2 International Technological Development Status	39
2.2.1 Antarctic Traverse Program	39
2.2.2 Antarctic inland station operation	42
2.2.3 Unmanned air-vehicle technology	49
2.2.4 Antarctic long-range unmanned air-vehicle operation	49
Chapter 3 Contents and Results of Research	55
Section 3.1 Antarctic traverse route expedition and survey technology development	55
3.1.1 Korean route expedition	55
3.1.2 Establishment of Antarctic inland research support system	81
3.1.3 Unmanned VTOL development	144
Section 3.2 Establishment of Antarctic inland research base and ice field survey	201
3.2.1 Establishment of Antarctic inland research base	201
3.2.2 Enforcement of Antarctic inland research support system	233

3.2.3 Development of wide-area air-borne radar survey system	277
3.2.4 Development of unmanned air-borne survey system	303
Chapter 4 Degree of Research Goal Achievement	319
Chapter 5 Application Plans of Research Results	327
Chapter 6 Reference	331



목 차

제 1 장 서론	21
1.1절 연구개발의 필요성	21
1.1.1. 기술적 측면	21
1.1.2. 경제·산업적 측면	21
1.1.3. 과학적 측면	22
1.1.4. 사회·문화적 측면	22
1.1.5. 정책적 측면	23
1.2절 연구개발의 목표 및 내용	24
1.2.1. 최종 및 단계별 성과목표	24
1.2.2. 연차별 상세 목표 및 내용	26
1.2.3. 연차별 연구개발로드맵	31
제 2 장 국내외 기술개발 현황	35
2.1절 국내 기술개발 현황	35
2.1.1. 남극내륙 진출루트 개척	35
2.1.2. 남극내륙 탐사선단 구축	35
2.1.3. 국내 무인비행기 기술개발 현황	36
2.1.4. 국내 극지 빙권탐사 기술개발 현황	37
2.2절 국외 기술개발 현황	39
2.2.1. 남극 횡단 프로그램	39
2.2.2. 남극내륙기지 운영현황	42
2.2.3. 무인 항공탐사 기술개발 현황	49
2.2.4. 남극 장거리 무인기 운영 해외 현황	49
제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과	55
3.1절 남극내륙연구를 위한 내륙진출루트 개척 및 탐사기술 개발	55
3.1.1. 코리안루트 개척	55
3.1.2. 연구지원 시스템 구축	81
3.1.3. 무인 VTOL 항공플랫폼 개발	144
3.2절 남극내륙 연구거점 구축과 기지후보지 선정을 위한 빙원탐사	201
3.2.1. 남극내륙 연구거점 구축	201

3.2.2. 연구지원 시스템 강화-----	233
3.2.3. 광역 항공탐사 기술개발 및 데이터 수집-----	277
3.2.4. 무인 항공탐사 기술개발 및 데이터 수집-----	303
제 4 장 연구개발목표 달성도 및 대외기여도-----	319
제 5 장 연구개발결과의 활용계획-----	327
제 6 장 참고문헌-----	331



제 1 장

서론





제 1 장 서론

1.1절 연구개발의 필요성

- 2014년 2월 장보고과학기지 준공과 2017년 코리안루트 개척을 계기로 우리나라는 남극 대륙 탐사 및 연구의 새로운 전기를 마련함
- 남극대륙 진출 후발국으로 단기간 내에 극지연구 역량을 강화하기 위해 심부빙하코어 시추 및 빙저호 시추 등의 남극내륙 주요연구 최적지 확보가 필요함
- 이를 위해 남극내륙 다양한 지역의 빙하구조 및 빙저지형에 대한 항공탐사 기술개발과 이를 지원할 수 있는 기반 인프라 확보가 시급함

1. 기술적 측면

- 남극대륙 빅토리아랜드에 2014년 2월 준공된 장보고과학기지는 남극대륙으로 진출할 수 있는 우리나라 과학연구의 최전선임. 남극대륙 연구가 거대화, 융복합화 되는 국제적인 추세에 따라 극지연구소도 국제적 이슈를 주도할 수 있는 대형연구주체(심부빙하/빙저호 시추 등) 발굴이 시급한 실정임
- 다학제간, 융복합 대형탐사를 위해서는 남극 내륙으로 진출하기 위한 육상루트(Korean Route) 확보가 최우선적으로 필요하고, 극한 환경에서 각종 장비를 운용할 수 있는 기술 개발과 전문가 양성이 시급함
- 남극내륙에서의 대형 인프라 운영 기술 (육상루트, 내륙기지, 항공망)은 그동안 선진국들만의 영역으로 생각되어 왔으나 장보고기지를 확보한 우리나라로서는 우선적으로 습득/개발해야 할 새로운 도전 영역임
- 극지역과 관련된 모든 연구는 빙하의 광역적인(Top, Interior, Bottom, Edge)의 정보를 기본으로 하고 있으나 현 기술은 일부(Top과 Edge) 관측만 이루어지고 있어 연구의 진보와 확장을 위해서는 기술의 진전이 필요함
- 미국 영국 등 선진국들의 극지 탐사기술은 많은 부분 유인 항공에 기반을 두고 있으나, 우리는 현 단계에서 육상 기반의 연구를 수행하고 있으며, 향후 극지연구에 유인 항공기 도입이 불투명하므로 이를 대체할 수 있는 무인항공기 등의 도입 활용이 시급
- 글로벌 저성장의 장기화와 Anti-Globalism이 확산될 경우 세계 각국은 자국의 경쟁력 강화 정책을 더욱 강하게 추진할 전망이며 외국 기술/협력에 의존하던 극지기술은 원천기술의 부족으로 심각한 타격을 입을 수 있음

2. 경제·산업적 측면

- 남극한환경에서의 인프라 기술 확보는 극지에서 새로운 경제적 가치를 확보할 기회를 제공할 수 있음
- 남극내륙 진출은 극지연구소 3대 핵심가치(글로벌이슈대응, 실용화, 미래도전) 구현을 통한 미래 기후변화에 따른 환경 위기 극복과 기득권 확보라는 큰 경제적 성과를 도출할 수 있음
- 최근 활발히 이루어지고 있는 무인 자동화 기술(무인비행기 등)에 대한 극한환경 실증으

로 시스템 성능 및 안정성 확보를 통해 산업으로의 기술 파급력이 클 것으로 판단되며, 국토부와 과기정통부가 추진하는 드론산업발전 기본계획('17~'21)에 우위 확보

- 무인비행기 시장은 현재 704억원이나 정부 주도로 2026년까지 4조 1,000억으로 그 규모를 신장시키고 기술 경쟁력을 세계 5위권으로 진입시키고자 하는 노력이 있으며 산업 파급효과가 높은 분야로 4차 산업을 선도하는 차원에서 시급히 추진할 필요가 있음
- Bedmap작성을 통한 남극 전역에 대한 지질 자원의 추정이 가능하며 이를 통한 국가 경쟁력 및 극한지 자원개발과 관련된 파생 산업 발생 유도

3. 과학적 측면

- 남극내륙 운석, 지질, 미생물, 심부빙하/ 빙저호 시추를 위해서는 탐사지역까지의 새로운 육상루트를 확보하고, 항공망과 연계한 입체적인 지원체계 구축이 필요함
- 탐사지역까지의 새로운 육상루트 확보 후 기지로부터 원격으로 떨어진 캠프를 2, 3여개월간 안정적으로 유지할 수 있는 현장 지원 시스템(카라반 등) 구축이 필요함
- 21세기 남극 연구 (COMNAP Antarctic Roadmap Challenge, 2016)는 4차 산업혁명, 무인기 등 개발에 발맞추어 무인화 및 광역화 되고 있는 추세로 극지연구를 선도하기 위해서는 ICT 및 무인기, 무인로봇 관련 기술의 빠른 적용이 불가피
- 대한민국 해양 영토 확장을 주도하고 남극 대륙탐사, 기후변화에 의한 빙권의 변화 등의 극한 지역의 선도적 과학 역량 확보와 주요 이슈 선점, 수월성 있는 극지 연구를 수행하기 위해서는 새로운 극지연구의 플랫폼과 장비가 활용되어야 함
- 내륙기반 연구는 빙저호 및 심부빙하 시추 등과 같은 광역적인 연구들이 수행되어야 하는데도 불구하고 현 연구수준은 기지기반의 지역적인 연구로 한정되어 있어 연구영역을 확장하기 위해서는 새로운 연구가 추진되어야 할 필요성이 있음

4. 사회·문화적 측면

- 지구온난화의 영향으로 급변하는 극지환경에 대한 국민적 관심사가 높아지고 있으며, 세계 10위권의 경제 규모인 우리나라의 위상에 걸맞은 인류현안 문제 해결을 위해 남극내륙으로의 체계적인 지원체계를 확립해야함
- 혹한의 땅인 남극대륙에서의 탐사활동은 우주탐사에 비견할 만한 인류의 도전정신과 탐험정신을 실현하는 모험의 장으로써, 국민 자긍심을 고취하고 과학적 관심사를 집중할 수 있는 전기를 마련할 수 있음
- 사업 기획 단계부터 방송 매체 등의 적극적 참여를 장려, 다양한 문화 콘텐츠 개발 및 미래 비전 제시 홍보를 통해 전 국민의 호응 및 동참 유도가 가능한 융복합 - 개방형 연구사업 개발이 필요함
- 호주연방과학산업연구기구(CSIRO) 등 6개 연구기관이 참여한 국제연구팀은 오는 2100년까지 해수면이 최고 88cm까지 오를 가능성이 있다는 연구결과를 발표했고, 기후변동에 관한 정부간 패널(IPCC) 보고서는 2030년까지 해수면이 현재보다 8~29cm 상승, 인도네시아 섬 2,000개가 수몰될 가능성을 예상
- 선도적인 기후변화 대응 및 해수면 변동으로 인한 국내·외 연안 공간 관리 등에 적극 대

응하기 위해 기후변화에 민감하고 기여도가 큰 남극의 광역 빙권의 상세 탐사 및 모니터링이 필요

5. 정책적 측면

- 4차 산업 기술을 활용한 극지연구 영역 확대
 - 극지연구소는 남북극기지와 아라온호 등 독보적인 인프라를 이용한 연구 잠재력을 갖추었음에도 극지 탐사장비와 극지용 특수 센서 등과 같은 ‘소프트 인프라’ 부재로 극지연구 선진국을 넘어서는 연구결과 도출에 한계
 - 전세계 극지연구는 4차 산업혁명, 무인기 등 개발에 발맞추어 무인화 및 광역화 되고 있는 추세로 극지연구를 선도하기 위해서는 ICT 및 무인기, 무인로봇 관련 기술의 빠른 적용이 불가피
- 남극 대륙 진출을 위해 빙상의 두께, 크레바스 위치 파악 등을 파악하기 위한 수단으로, 기존에 개발된 국내 무인, 항공 로봇에 극지 환경 적응 융합시스템을 개발·적용, 남극 대륙 빙저지형도 (Bedmap) 파악 가능
- 극지 및 해양 관련 정부 정책에 부응
 - ‘제3차 남극연구활동진흥기본계획’(17~21)에 따른 실용화, 상용화 및 융·복합 연구 추진에 부합
 - 극한지에서 운용 가능한 탐사장비 및 로봇, 무선 통신 네트워크 기술 개발 등 창의적인 융·복합 연구과제 발굴·추진
 - * 지능형 로봇, IoT, 드론산업과 직접적으로 연계되는 기술로 4차 산업혁명의 first-mover로서 기술 및 시장 선도
 - ‘제3차 남극연구활동진흥기본계획’에 따른 남극 내륙진출과 미지 미답의 연구영역 개척에 부합
 - 극한지에서 운용 가능한 탐사장비 및 로봇, 무선 통신 네트워크 기술 개발 등 창의적인 융·복합 연구과제
 - 해양수산발전기본계획(‘11~’20, 신성장동력 창출을 위한 해양과학기술 개발)
 - 기후변화 대응을 위한 해양과학기술 개발 및 연구 인프라 확충에 부합
 - 무인 탐사 시스템 구축으로, 기후변화에 기여도가 큰 남극의 광역 빙권의 상세 모니터링이 가능하며 선도적인 기후변화 대응 및 해수면 변동으로 인한 국내 연안 공간 관리 등에 기여
 - (투자 효율성) 관련 기술 개발로 인한 산업 파급효과 발생 및 연구 주도권 확보
 - 최근 활발히 이루어지고 있는 무인 시스템(무인비행기 및 육상로봇 등)에 대한 극한 환경 실증으로 시스템 성능 및 안정성 확보
 - 관련된 기술은 소재, 플랫폼, 에너지 등의 원천기술 확보와 활용에 전·후방 산업 파급 효과가 높으며 우주로봇 등으로 확대 가능
 - 극한 환경 로봇 기술은 아직 선진국에서도 확고한 우위를 점하지 않은 분야로 기술 선점 및 연구 주도권 확보 가능
 - 대한민국 해양 영토 확장을 주도하고 남극 대륙탐사, 기후변화에 의한 빙권의 변화 등의 극한 지역의 선도적 과학 역량 확보

1.2절 연구개발의 목표 및 내용

1. 최종 및 단계별 성과목표

가. 최종목표

1. 남극내륙 연구거점 기반시설 구축을 위한 내륙진출루트 (코리안루트) 및 북 빅토리아랜드 전반에 걸친 내륙연구 수행을 위한 연구캠프 확보
2. 내륙연구 수행을 위한 전 방위 협력형 연구지원 시스템 구축
3. 극지용 항공탐사 시스템 개발과 이를 활용한 남극 빙저 지형도(BEDMAP) 작성

나. 성과목표

(1) 1단계 성과목표(2020.01.01 ~ 2022.12.31)

- 코리안루트 개척 및 내륙 연구캠프 확보
 - 남극내륙 진출루트 확보 : 내륙진출루트 GPS 기반 안전루트 좌표 DB 구축
 - 내륙연구캠프 구축 : D2 빙저호 시추 후보지, 내륙 빙원능선, 내륙 연구거점
 - 탐사선단 강화 : 연료탱크 및 화물 썰매 추가 확보
 - 환경영향평가 : 초기 환경영향평가서(IEE) 제출
- 협력형 연구지원 시스템 구축
 - 내륙연구캠프 안전구역 설정 : 연구캠프 크레바스 지대 정밀 탐사 및 안전구역 설정
 - 남극 내륙탐사 안전연구활동(캠프운영, 의료지원, 내륙 안전활동) 매뉴얼 작성
 - 천문관측연구 지원 : 모듈형 무인 천문관측 장비 설치 및 운영 지원
 - 극한지 특화기술 개발 : 에너지 하베스팅 컨테이너 등 특화 기술 개발
- 빙권 탐사용 항공 탐사 플랫폼 개발
 - 무인 항공 플랫폼 개발 : 극지 환경에 적합한 수직이착륙 무인기 플랫폼 개발
 - 다중 주파수 빙하레이더 개발 및 운영 기술 확보
 - 라이다·초분광 센서 통합 시스템 개발
- 빙상 및 빙저 3차원 지형도 제작
 - 빙하 레이더 자료처리기술 개발

(2) 2단계 성과목표(2023.01.01.~2025.12.31.)

- 남극내륙 연구거점 구축
 - 장보고기지-천문관측거점 간 남극내륙 진출루트 2,200km 개척
 - 신규 남극내륙 연구거점 구축 : 심부빙하 시추거점 및 천문우주 관측거점 등
 - 남극내륙 심부빙저호 시추거점 연구캠프 운영 및 현장연구 지원

- 남극내륙연구 지원시스템 강화
 - 국내 기술의 친환경 이동식 남극내륙 연구모듈 개발
 - 남극내륙 항공망 활용 지원시스템 구축 : 빙원활주로 확보 및 운영기술 습득
 - 남극내륙 탐사선단 강화
 - 환경영향평가 : 남극내륙 연구거점 지역 환경영향평가 수행

- 광역 항공탐사기술 개발 및 데이터 수집
 - 다중 주파수 빙하 레이더 항공기 통합 설치 및 운영
 - 극지 현장 빙하 레이더 운용 및 자료처리 기술 개발
 - 연구 후보지 빙상 및 빙저 3차원 지형도 제작

- 무인 항공탐사기술 개발 및 데이터 수집
 - 무인 수직이착륙(VTOL) 플랫폼 극지 현장 실증 및 개선
 - 무인 항공 플랫폼을 활용한 탐사기술 개발
 - 공동연구 수행을 위한 무인 항공 탐사자료 수집

2. 연차별 상세 목표 및 내용

구분	년도	성과목표	연구내용	연구범위	연구비 (직접비)
1단계 1차년도	2020	신규 내륙진출 루트개척	○ 남극내륙진출루트 위성탐사 - 크레바스 위험구간 정밀 위성탐사 자료 확보 - 남극내륙진출루트 탐사 예정 구간 광역위성탐사 자료 확보 - 남극내륙 진출루트 위성탐사 자료 KPDC 등록 - 탐사선단 추가확보	- 20km - 600km - 연료탱크2대 설상차 1대	1,500,000
			○ K루트 베이스캠프 정비 - 내륙 탐사장비 정비 및 시험 운영 - K루트 베이스캠프 빙원 탐사장비 보관시설 정비 - K루트 베이스캠프 GIS 자료 KPDC 등록	- 설상차 6대, 트랙터 2대, 캐러반 2대, 아틱트릭 1대	
			○ 환경영향평가 - K-루트 탐사 IEE 작성을 위한 기초환경자료 수집	- 기상자료 실시간 수집 - 환경시료분석	
		연구지원 시스템 구축	○크레바스 탐사 정밀/정확도 향상 시스템 구축 - 정밀 GPS 및 수신 시스템 구축	- K루트 베이스캠프 내 시스템 구축	500,000
			○ 안전매뉴얼 작성 - 내륙탐사 캠프운영 매뉴얼	- 친환경 캠프 운영 매뉴얼 작성	
			○ 무인천문관측장비 설치 및 운영 - 무인천문관측장비 국제 네트워크 구축	- KOPRI, 경희대, NJI 등 국제 네트워크 구축	
			○ 저전력 고단열 컨테이너 개발 - 저전력 고단열 컨테이너 설계	- 기존 고단열 컨테이너 활용자료 제공	
		빙권탐사용 항공탐사 플랫폼 개발	- 무인 VTOL 항공 플랫폼 개발	- 무인기 개발	1,575,000
			- 다중 주파수 빙하레이더 제작 및 운영 기술 개발	- IPR개발	
			- LiDAR·초분광 센서 통합 및 운영 기술 개발	- LiDAR, 초분광 통합	
1단계 2차년도	2021	신규 내륙진출 루트개척	○ 내륙진출루트 개척 - 내륙진출루트 1,600km 탐사 - 탐사선단 추가구성	- 1,600km - 연료탱크 2대	1,423,500
			○ 연구캠프 구축 - David 빙하 빙저호 연구캠프 구축	- AWS,연료탱크 보급컨테이너	
			○ 환경영향평가 - K-루트 탐사 IEE 작성	- IEE 작성	
		연구지원 시스템 구축	○ 연구캠프 안전구역 설정 - 빙저호 연구캠프 크레바스 탐사	- 캠프 반경 5km - GIS DB 구축	474,500

구분	년도	성과목표	연구내용	연구범위	연구비 (직접비)
1단계 3차년도	2022		- 빙저호 연구캠프 안전지도 작성		
			○ 안전매뉴얼 작성 - 내륙탐사 의료지원 매뉴얼	- 내륙캠프 의료 지원 매뉴얼	
			○ 무인천문관측장비 운영지원 - 모듈형 무인천문관측장비 빙저호 연구캠프 운영지원	- 장비수송, 설치 지원	
			○ 에너지 하베스팅 컨테이너 개발 - 에너지 하베스팅 컨테이너 제작	- 컨테이너 제작/ 국내시범운영	
		빙권탐사용 항공탐사 플랫폼 개발	- 무인 VTOL 항공 플랫폼 개발	- 무인기 개발	1,536,000
			- 다중 주파수 빙하레이더 제작 및 운영 기술 개발	- IPR개발	
			- LiDAR·초분광 센서 통합 및 운영 기술 개발	- 항공플랫폼, LiDAR , 초분광 통합	
		신규 내륙진출 루트개척	○ 내륙진출루트 개척 - 내륙진출루트 2,100km 진출 - 탐사선단 추가구성	- 2,100km - 연료탱크2대	949,000
			○ 연구캠프 구축 - 심부빙하코어 시추 후보지 내륙연구거점 캠프 구축	- AWS, 연료탱크 보급컨테이너	
			○ 환경영향평가 - K-루트 탐사를 위한 IEE 제출	- ATCM IEE 제출	
		연구지원 시스템 구축	○ 연구캠프 안전구역 설정 - 내륙기지 연구캠프 크레바스 탐사 - 내륙기지 연구캠프 안전지도 작성	- 캠프 반경 5km - GIS DB 구축	949,000
			○ 안전매뉴얼 작성 - 내륙탐사 안전활동 매뉴얼	- 야외활동 안전 관련 매뉴얼	
			○ 무인천문관측장비 운영지원 - 모듈형 무인천문관측장비 내륙기지 연구캠프 운송 및 설치	- 장비수송, 설치 지원	
			○ 에너지 하베스팅 컨테이너 개발 - 에너지 하베스팅 컨테이너 활용 내륙기지 연구캠프 구축	- 내륙연구거점 운송 및 캠프구축	
		빙권탐사용 항공탐사 플랫폼 개발	- 무인 VTOL 항공 플랫폼 개발	- 무인기 개발	1,382,400
			- 다중 주파수 빙하레이더 제작 및 운영 기술 개발	- IPR개발	
			- LiDAR·초분광 센서 통합 및 운영 기술 개발	- LiDAR, 초분광 통합	
		3차원 빙저 지형도 작성	- 빙하레이더 자료처리 기술 개발	- 자료처리 프로그램	153,600

구분	년도	성과목표	연구내용	연구범위	연구비 (직접비)
2단계 1차년도	2023	남극내륙 연구거점 구축	○ 남극내륙진출루트 개척 - 장보고기지-천문관측거점 간 진출루트 개척	- 2,200km	700,000
			○ 빙하시추거점 구축 - 캠프운영 연료 비축 - 기상관측 시스템 구축	- 20,000L - AWS 1기	
			○ 천문관측거점 구축 - 관측거점 후보지 조사 - 천문관측거점 연구모듈 설계	- K루트 남극내륙 200km 구간 - 연구장비 선정 및 연구모듈 개념설계	
			○ 빙저호 시추캠프 운영 - 1차 시추장비 운송	- 청정컨테이너 및 발전컨테이너 운송	
		연구지원 시스템 강화	○ 이동식 연구모듈 설계 - 국내기술의 이동식 연구모듈 설계	- 12명 거주공간	800,000
			○ 항공망 활용 지원시스템 구축 - 남극내륙 빙원활주로 구축	- 1km 빙원활주로구축	
			○ 탐사선단 강화 - 화물운송동력 강화	- 설상차 1대 신규확보	
			○ 환경영향평가 - 천문관측거점 환경시료 채집	- 3m 주상 눈시료 채집	
		광역 항공탐사 기술 개발 및 데이터 수집	○ 다중 주파수 빙하레이더 항공기 통합 설치 및 운영 - 빙하레이더 인증 및 항공기 설치	- Basler항공기 빙하레이더 설치	800,000
			○ 극지 현장 빙하 레이더 운용 및 자료처리 기술개발 - 극지 현장 빙하 레이더 운용 시험 및 개선점 도출	- 남극 현장 레이더 운용 테스트	
			○ 연구 후보지 빙상 및 빙저 3차원 지형도 제작 - 탐사 후보지 선정 및 탐사계획 수립	- 논문 연구 및 기존 데이터 분석	
		무인 항공탐사 기술 개발 및 데이터 수집	○ 무인 수직이착륙기(VTOL) 극지 현장 운용 - 플랫폼 개조개선	- 극지 환경 VTOL 운영 시험	400,000
			○ 무인 수직이착륙기(VTOL)용 탐사장비 개발 - 대기 탐사 장비 시스템 설계	- 대기변수(스칼라변 수)측정 장비 설계	
			○ 무인 항공탐사 자료 수집 - 광학 장비 탐사 수행	- 10km ² 영역 탐사	
2단계 2차년도	2024	남극내륙 연구거점 구축	○ 빙하시추거점 구축 - 연구장비 보관동 구축	- 고단열 장비모듈	1,000,000
			○ 천문관측거점 구축		

구분	년도	성과목표	연구내용	연구범위	연구비 (직접비)
			- 천문관측거점 연구모듈 제작 - 기상관측 시스템 구축	- 천문우주 관측모듈 제작 - AWS 1기 설치	
			○ 빙저호 시추캠프 운영 - 2차 시추장비 운송 - 장비시험가동 지원	- 열수공급기 및 호스원치시스템 운송 - 30일 간 연구인력 현장체류 지원	
		연구지원 시스템 강화	○ 이동식 연구모듈 설계 - 숙소모듈 제작	- 12인용 고단열 숙소모듈 제작	500,000
			○ 항공망 활용 지원시스템 구축 - 남극내륙 빙원활주로 구축	- 남극내륙 항공레이더 탐사 지원	
			○ 탐사선단 강화 - 화물운송능력 강화	- 화물썰매 2대 신규확보	
			○ 환경영향평가 - 남극내륙 연구거점 IEE 작성	- 환경시료 분석 및 IEE 작성	
		광역 항공탐사 기술 개발 및 데이터 수집	○ 다중 주파수 빙하레이더 항공기 통합 설치 및 운영 - 빙하레이더 항공 탐사 수행	- Basler 항공기 및 빙하레이더 운영 - 30시간 이상	100,000
			○ 극지 현장 빙하 레이더 운용 및 자료처리 기술개발 - 극지 현장 레이더 탐사 신호 및 데이터 처리 알고리즘 개선	- 레이더 탐사 결과 분석	
			○ 연구 후보지 빙상 및 빙저 3차원 지형도 제작 - 연구 후보지 DEM자료 획득 및 영상 특성 규명	- 10,000km² 또는 70,000km²	
		무인 항공탐사 기술 개발 및 데이터 수집	○ 무인 수직이착륙기(VTOL) 극지 현장 운용 - 국내 시험 및 극지 현장 운용	- 10시간 이상	200,000
			○ 무인 수직이착륙기(VTOL)용 탐사장비 개발 - 대기 탐사 장비 시스템 설계	- 대기변수(벡터변수)측정 장비 설계	
			○ 무인 항공탐사 자료 수집 - 광학 장비 및 대기 장비 탐사 수행	- 10km² 영역 또는 대기변수 자료 수집	
2단계 3차년도	2025	남극내륙 연구거점 구축	○ 빙하시추거점 구축 - 남극내륙 빙하시추	- 20m급 천부빙하시추	1,000,000
			○ 천문관측거점 구축 - 캠프운영 연료 비축 - 거점 내 연구모듈 설치	- 20,000L - 천문관측모듈설치	
			○ 빙저호 시추캠프 운영 - 빙저호 시추 지원	- 15일 간 연구인력 현장체류 지원	

구분	년도	성과목표	연구내용	연구범위	연구비 (직접비)
		연구지원 시스템 강화	○ 이동식 연구모듈 설계 - 유틸리티 모듈 제작	- 50kW 발전기 및 생활 용수 생산 시스템	500,000
			○ 항공망 활용 지원시스템 구축 - 남극내륙 항공망 시험운영	- 현장연구인력 항공수송 1회	
			○ 탐사선단 강화 - 연료 저장능력 강화	- 10,000L 연료탱크 2대 혹은 20,000L 저장탱크 1대	
			○ 환경영향평가 - 환경영향평가서 작성	- 2개 연구거점 환경 영향평가서 작성	
		광역 항공탐사 기술 개발 및 데이터 수집	○ 다중 주파수 빙하레이더 항공기 통합 설치 및 운영 - 빙하레이더 항공 탐사 수행	- Basler 항공기 및 빙하레이더 운영 - 30시간 이상	100,000
			○ 극지 현장 빙하 레이더 운용 및 자료처리 기술개발 - 극지 현장 레이더 탐사 신호 및 데이터 처리 알고리즘 개선	- 레이더 탐사 결과 분석	
			○ 연구 후보지 빙상 및 빙저 3차원 지형도 제작 - 연구 후보지 DEM자료 획득 및 영상 특성 규명	- 10,000km ² 또는 70,000km ²	
		무인 항공탐사 기술 개발 및 데이터 수집	○ 무인 수직이착륙기(VTOL) 극지 현장 운용 - 국내 시험 및 극지 현장 운용	- 10시간 이상	200,000
			○ 무인 수직이착륙기(VTOL)용 탐사장비 개발 - 대기 탐사 장비 시스템 설계	- 대기변수(스칼라변 수)측정 장비 설계	
			○ 무인 항공탐사 자료 수집 - 광학 장비 및 대기 장비 탐사 수행	- 10km ² 영역 또는 대기변수 자료 수집	

3. 연차별 연구개발로드맵

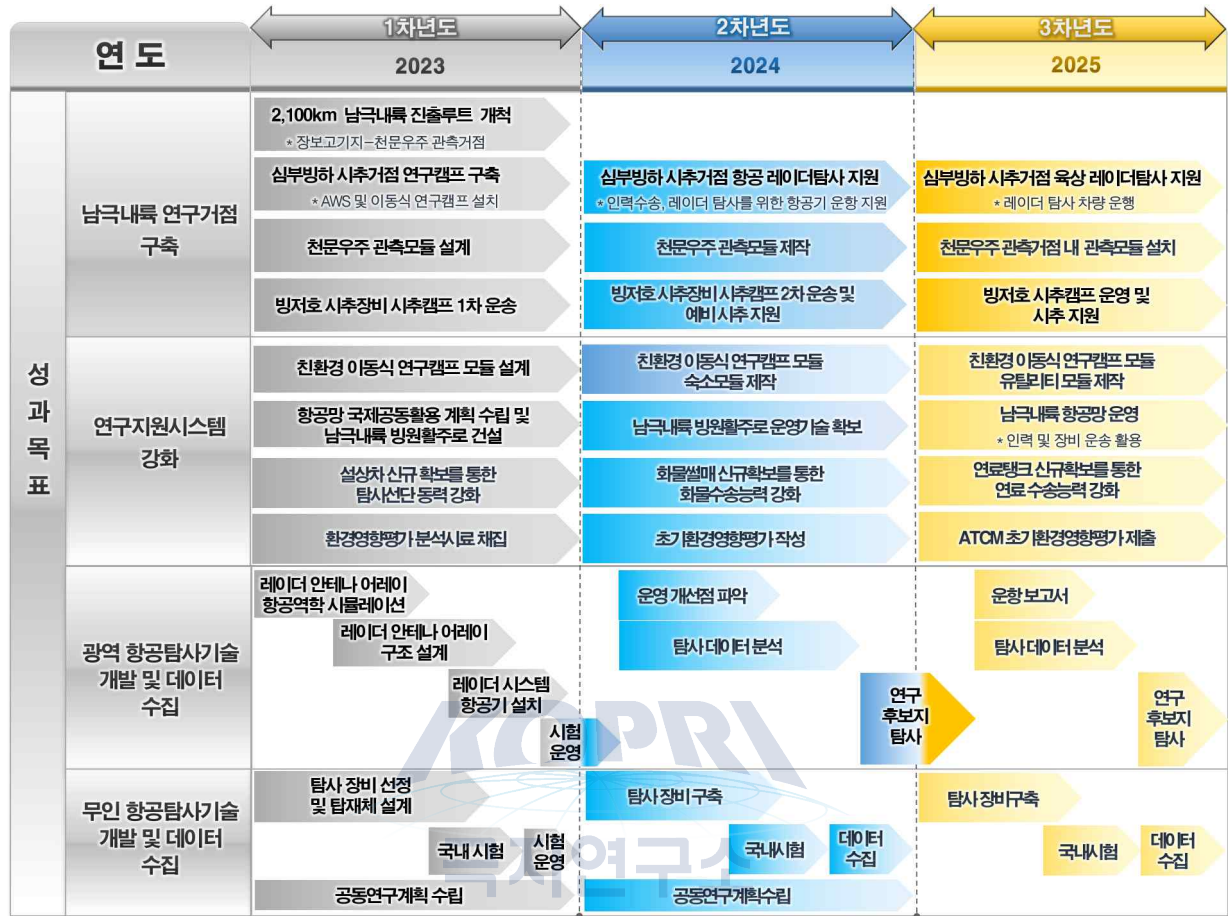
가. 총 연구기간 로드맵



나. 1단계 로드맵



다. 2단계 로드맵



제 2 장
국내외 기술개발 현황

The logo of the Korea Research Institute of Chemical Technology (KOPRI) is centered behind the chapter title. It features a stylized globe with latitude and longitude lines, and the acronym 'KOPRI' in a bold, sans-serif font above the Korean text '극지연구소' (Geopji Research Institute).

극지연구소



제 2 장 국내외 기술개발 현황

2.1절 국내 기술개발 현황

- 2017년, 남극내륙 진출루트 개척을 통해 해외 선진연구 사례를 바탕으로 남극내륙 수송 시스템을 구축하였으나 아직 심부빙하코어 및 빙저호 시추 등의 주요 남극내륙연구를 수행할 수 있는 핵심기술이 부족한 실정임
- 3,000m 이상 두께를 가진 남극내륙빙상의 빙하구조 및 빙저지형을 파악할 수 있는 레이더 시스템은 극소수의 극지연구 선진국만이 가진 기술로써 K루트 주변의 넓은 지역에 대한 효율적인 탐사를 위해 독자적인 레이더 탐사기술개발이 시급한 실정임
- 남극내륙에서 대형 과학 프로젝트를 수행하기 위한 최적지 선정과 다수의 연구인력이 수개월간 생활할 수 있는 연구거점 구축 및 운영기술 확보가 시급함

1. 남극내륙 진출루트 개척

- 2017~2024년간 극지연구소 기관고유사업을 통해 장보고과학기지-남극내륙기지 후보지 간 총 연장 2,200km 길이의 남극내륙 진출루트 개척 완료

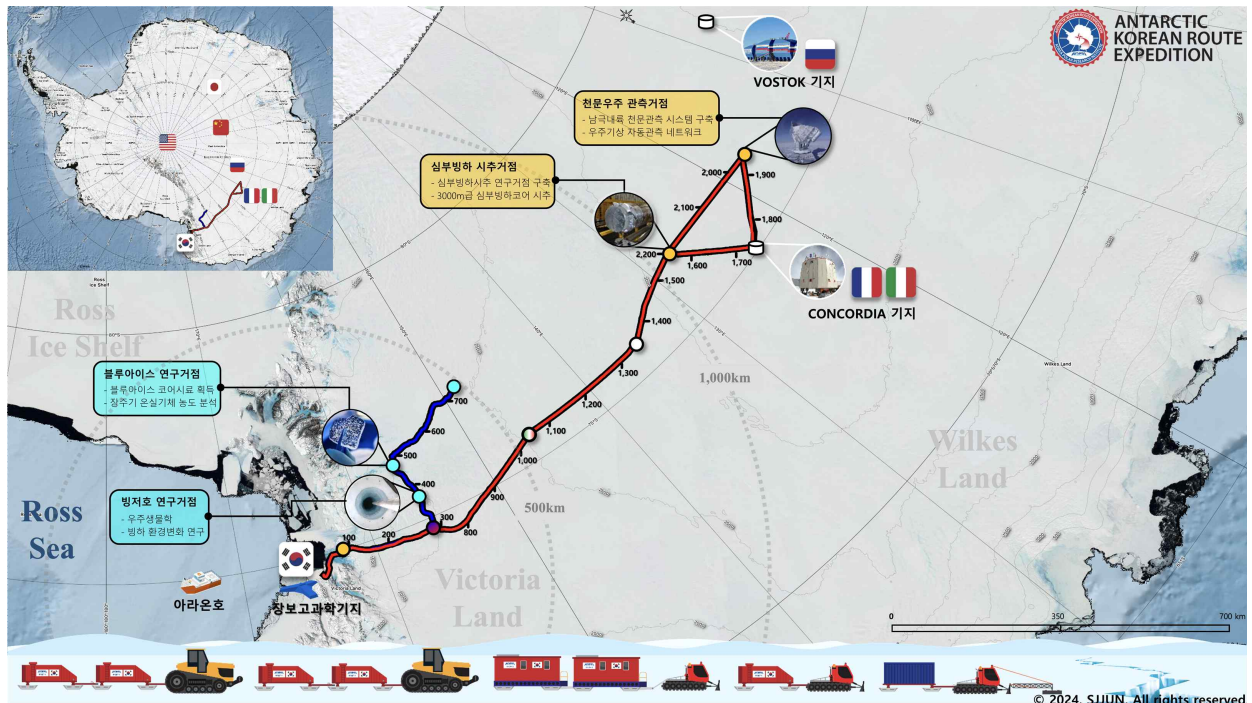
<표 1. 연차별 남극내륙 진출루트 개척 현황>

회계연도 (남극시즌)	'17년 (17/18)	'18년 (18/19)	'19년 (19/20)	'20년 (20/21)	'21년 (21/22)	'22년 (22/23)	'23년 (23/24)
달성(km)	300	720	936	탐사중단	1,740	탐사중단	2,200
주요 내용	위험구간 안전루트 확보	빙저호 시추후보지 진출루트 확보	블루아이스 연구거점 진출루트 확보	COVID-19로 인한 탐사중단	심부빙하시추 거점 진출루트 확보	테라노바만 해빙환경 이상으로 탐사중단	남극내륙기 지 후보지 도착

- 'K-루트(코리안 루트)'로 명명된 대한민국의 남극내륙 진출루트는 빙저호 시추후보지 및 블루아이스 연구거점을 잇는 과학루트와 심부빙하 시추거점 및 천문우주 관측거점을 잇는 탐사루트로 구성됨

2. 남극내륙 탐사선단 구축

- 남극내륙 탐사선단(이하 K루트 선단)은 현재 10대의 설상차(Pistenbully 社)와 2대의 첼린저 트랙터(Caterpillar 社), 15대의 화물썰매, 11대의 연료탱크썰매 및 캐러반 2세트로 구성
- 남극내륙 탐사대원이 거주하는 캐러반은 발전, 급수시설이 설치된 발전모듈과 침실, 주방 등으로 구성된 생활모듈로 이루어졌으며, 각 캐러반에 최대 12명씩 총 24명까지 남극내륙 탐사 중 체류 가능
- K루트 선단의 연료탱크썰매는 각각 10,000리터의 유류수송이 가능하며, 별도로 20,000리터의 유류를 저유할 수 있는 ISO 탱크 2대 보유



<그림 1. K-루트 남극내륙진출루트 및 내륙연구거점>

- K루트 선단의 연료탱크셀매는 각각 10,000리터의 유류수송이 가능하며, 별도로 20,000리터의 유류를 저유할 수 있는 ISO 탱크 2대 보유
- 현대자동차를 통해 3대의 국내 쉐타페를 개조한 극지전용 SUV 차량과 아이슬란드의 아틱 트럭 1대 등 총 4대의 남극내륙탐사용 차량 보유
- 2018년, 남극내륙탐사를 위해 극지연구소와 철도기술연구원이 공동으로 고단열 컨테이너 개발
- 2020년, 극지연구소에서 독자적으로 태양광 및 풍력 발전 시스템을 탑재한 에너지 하베스팅 컨테이너를 개발하였으나 현장에서 활용도가 저하됨
- 2023~24년 동안 극지연구소의 연구정책지원사업을 통해 남극내륙기지 건설에 대한 계획이 진행되었으며, 해당 과제에서 이동식 모듈형 친환경 남극내륙기지 건설에 대한 개념 설계 수행

3. 국내 무인비행기 기술개발 현황

- 무인체 관련 국내 기술 및 산업동향은 부처 중심으로 진행되고 있음
- 빙권 탐사 관련 기술은 부처에서 여러 정책을 내놓고 있지만 연구계에서는 큰 성과를 내놓고 있지 못함
- 무인체 기술
 - 국토부, 과기정통부 : 드론산업발전 기본계획('17~'21)
 - 무인비행기 시장은 현재 704억원이나 정부 주도로 2026년까지 4조 1,000억으로 그 규모를 신장시키고 기술 경쟁력을 세계 5위권으로 진입시키고자 하는 노력이 있음
 - 과기정통부 : 무인이동체 기술개발 및 산업성장 전략 발표

- 무인이동체에 각기 적용 가능한 공통기술(①공통 요소부품, ②SW플랫폼, ③ 안전운용 인프라, ④ 역기능 예방) 개발 및 확산을 통해, 기술 경쟁력 강화 및 신규기업의 기술 진입장벽 완화하는 방안을 추진
- 무인이동체 발전협의회 설치, 통합로드맵 수립, 협력사업 발굴, 법제도 정비, 인프라 확충, 실용화 지원 등의 추진전략 수립을 목적으로 함
- 주요 산업엔진 프로젝트로 고속-수직이착륙 무인기 개발사업의 추진을 통해 시범운용 및 선도적 비행체 개발을 추진 중에 있음
- 전자광학/적외선 카메라, 전천후 레이더 등의 군기술을 민간의 교통, 산불·재난 감시용 무인기 등에 적용하기 위해 국방 및 민간분야 무인기의 실용화 촉진을 위한 상호 협력 추진
- 항공우주연구원을 중심으로 유무인 복합기 개발 연구가 수행되었으며 (주) 넥스컴스를 통하여 실용화가 완료
- 산업통상자원부 : 무인기 산업생태계 분야별 추진계획 발표
- 무인기 산업 매출을 현재 165만불(세계 30위권)에서 2023년 5.1억불(세계 4위) 수준으로 끌어 올리고, 기술 수준도 세계 7위(2012년 기준)에서 2023년 세계 3위 수준까지 올라가는 것을 목표로 함
- 이를 뒷받침하기 위해 4대전략 및 10대 추진과제를 설정하여 지원 예정

<표 2. 무인기 산업생태계 분야별 추진계획 - 산업통상자원부>

4대전략	10대 추진과제
1. 시장선점 : 선도적 시장분석 및 신 시장 선점 2. 기술개발 : 선도기술 및 선도형 무인기 개발/공급 3. 인프라/인력 : 무인기 인프라 확충과 인력양성 4. 제도 : 무인기 운용 활성화를 위한 제도 확충	1. 무인기 수요 활성화를 위한 시범운용 사업 2. 해외 기술선진국과의 기술협력 및 공동 마케팅 3. 무인기 및 임베디드SW 선도기술 개발 4. 무인기 획득정보 처리 및 활용 기반 구축 5. 시장 선도형 무인기 체계개발 6. 지상/비행시험 인프라 확충 7. 무인기 개발이력 및 전문 운용인력 양성 8. 무인기 전용 주파수 확보 및 이용방안 연구 9. 민간 무인기 인증/운항 제도 구축 10. 장기 산업특성에 적합한 차별화된 금융 지원 제도

4. 국내 극지 빙권탐사 기술개발 현황

- 극지 빙권 탐사(센싱) 기술
 - 제3차 남극 연구활동 진흥 기본계획('17~'21)
 - '제3차 남극 연구활동 진흥 기본계획('17~'21)'에 따른 실용화, 상용화 및 융·복합 연구 추진에 부합
 - 극한지에서 운용 가능한 탐사장비 및 로봇, 무선 통신 네트워크 기술 개발 등 창의적인 융·복합 연구과제 발굴·추진
 - 지능형 로봇, IoT, 드론산업과 직접적으로 연계되는 기술로 4차 산업혁명의 first-mover로서 기술 및 시장 선도
 - 해양수산발전기본계획('11~'20, 신성장동력 창출을 위한 해양과학기술 개발)

- 기후변화 대응을 위한 해양과학기술 개발 및 연구 인프라 확충에 부합
- 무인 탐사 시스템 구축으로, 기후변화에 기여도가 큰 남극의 광역 빙권의 상세 모니터링이 가능하며 선도적인 기후변화 대응 및 해수면 변동으로 인한 국내 연안 공간 관리 등에 기여



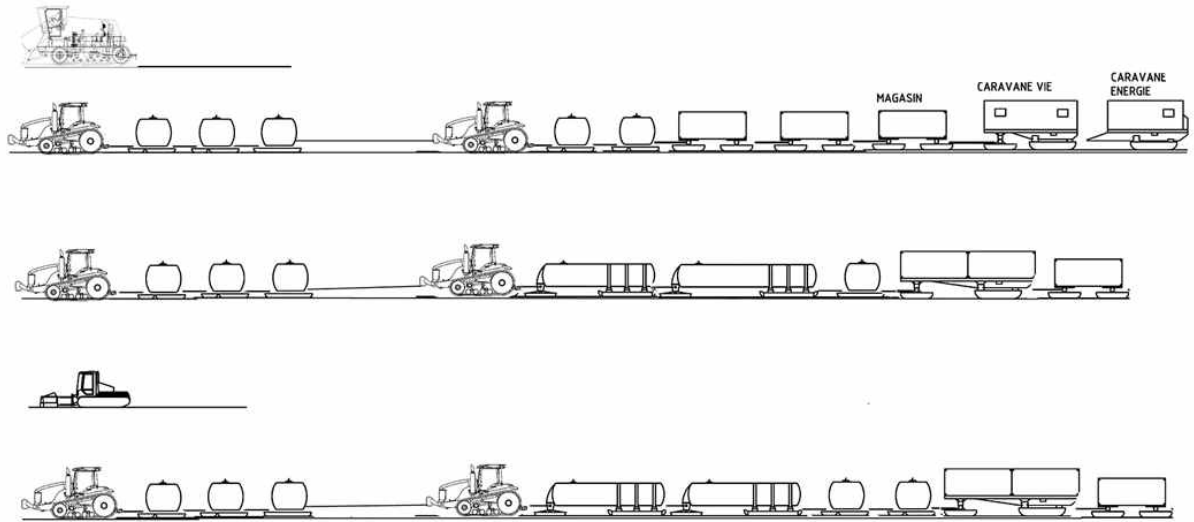
2.2절 국외 기술개발 현황

- 현재 남극에는 29개 국가에서 하계기지 42개소와 상설기지 40개소 등 총 82개소의 기지가 운영되고 있으나, 해안선으로부터 500 km 이상 떨어진 내륙기지는 미국의 아문젠-스콧 기지, 러시아의 보스톡 기지, 일본의 돔 후지 기지, 중국의 곤륜, 태산 기지, 프랑스와 이탈리아가 공동으로 운영하는 콘코르디아 기지 등 6개 기지에 불과함
- 남극에 내륙기지를 갖고 있는 나라는 모두 해안가에 위치한 기지로부터 내륙으로 연료 및 물자를 보급하기 위한 육상 횡단 프로그램과 연구인력 수송을 위한 항공망을 확보, 운영하고 있음
- 심부빙하코어 시추 등의 남극내륙 대형 프로젝트 수행을 위해 수년간 항공기를 이용한 레이더 탐사를 선행하여 시추 최적지를 선정함

1. 남극 횡단 프로그램

- 미국
 - 미국은 로스빙붕에 위치하고 있는 맥머도 (Mc Murdo) 기지로부터 남극점에 있는 아문젠-스콧(Amundsen-Scott) 기지까지 항공보급을 해오고 있었으나 2006년부터 예산절감에 대한 강한 요구가 있어 육상 트래버스를 통한 보급으로 연간 30여억 원을 절감하고 있음
- 이태리/프랑스
 - (육상운송) 남반구의 하계기간 동안 3회에 걸쳐 프랑스 뒤몽 드 우르빌 기지와 콘코르디아 기지 간 트래버스(Traverse: 육상운송)를 통해 식량, 연료 및 장비를 공급함
 - 트래버스 선단은 세 대의 트랙터와 다수의 설상차로 구성되어 있으며, 트랙터는 캐터필러의 MT 865 쉘린저 트랙터를 매우 낮은 온도에서 작동할 수 있도록 특별히 개조하여 활용 중
 - 트랙터들은 눈을 정돈하고 캐러밴, 연료 탱크, 식량 및 장비용 컨테이너가 실려진 썰매를 끌고 이동함
 - 트래버스 팀은 의사를 포함하여 9명에서 10명으로 구성되어 있으며, 캐러밴은 왕복 20일에서 25일 간 진행되는 동안 트래버스 팀원들이 편안하고 안전하게 생활 할 수 있도록 설계됨
 - 트래버스 선단은 이메일과 전화를 할 수 있는 이리돔 안테나, 인마 단말기 및 고주파 라디오 송신기 등의 통신시설 운영
 - 3회의 트래버스를 통해 매년 400~500톤의 콘코르디아기지 운영에 필요한 장비와 물자를 운반하고 돌아오는 길에는 콘코르디아 기지에서 발생한 폐기물을 반출함
 - 트래버스 선두 차량에는 GPS 사용에 의존하는 전자 내비게이션 시스템이 장착되어 있으며 가시성이 저하된 상태(화이트아웃)에서도 지면을 볼 수 있는 강력한 헤드램프가 장착되어 있음
 - (항공운송) 하계현장 연구인력, 월동대원, 기술자 및 물류 전문가들은 남극대륙 해안지역에 위치한 프랑스 뒤몽 드 우르빌 기지, 이탈리아 마리오 주켈리 기지, 미국 맥머도 기지 및 호주 케이시 기지로부터 항공기를 통해 콘코르디아 기지로 이동함
 - 캐나다의 트윈 오토(Twin Otter) 또는 바슬러(Basler)와 같은 두 종류의 비행기로 운영되며 이 비행기들은 화물 운송에도 사용될 수 있음

Traverse composition draft possibility



<그림 2. 프랑스의 콘코르디아 기지 육상 보급 선단 구성>

○ 중국

- PRIC (Polar Research Institute of China)를 중심으로, 장성기지, 중산기지, 곤륜기지, 타이산기지 등 4개의 기지를 운영하고 있으며, 이중 내륙에 위치한 곤륜기지와 타이산기지의 연료 및 물자 보급을 위해 1260 km 내륙보급로 확보
- 중국은 1996~97년 시즈 첫 내륙 트래버스 이후 지속적으로 트래버스 능력을 확충시켜왔고, 곤륜기지 건설 당시 트래버스 팀은 트랙터 4대(첼린저, 견인력 65-75톤/대), 중형설상차 2대(PB300, 35-40톤), 소형 설상차 3대(PB240, 30톤) 등 총 9대 차량으로 구성하였으며 운송 물자는 컨테이너 썰매 26대, 연료탱크 썰매 16대 등 총 42대 썰매와 9대의 차량으로 운송
- 현재 중국 남극 내륙 트래버스 팀은 11대 설상차와 50대 썰매로 약 500톤 규모의 수송능력 보유
- 장보고기지와 인접한 Inexpressible Island에 제5기지를 건설하기 위해 2017년에 설료호를 이용하여 기초조사를 수행하고 가건물을 건설하였으며, 2020년부터 기지건설 착수 예정임
- 남극대륙 기지간의 효율적인 지원을 위해 항공기(Basler)를 확보하여 빙상연구 분야에서 최근 다수의 주목할 만한 성과를 거두고 있음
- 2018년 6월 독일에서 개최된 COMNAP 미팅에서 제5기지 건설 후 동남극 중산기지와 연결하는 대륙횡단루트를 건설하고자하는 계획을 발표함



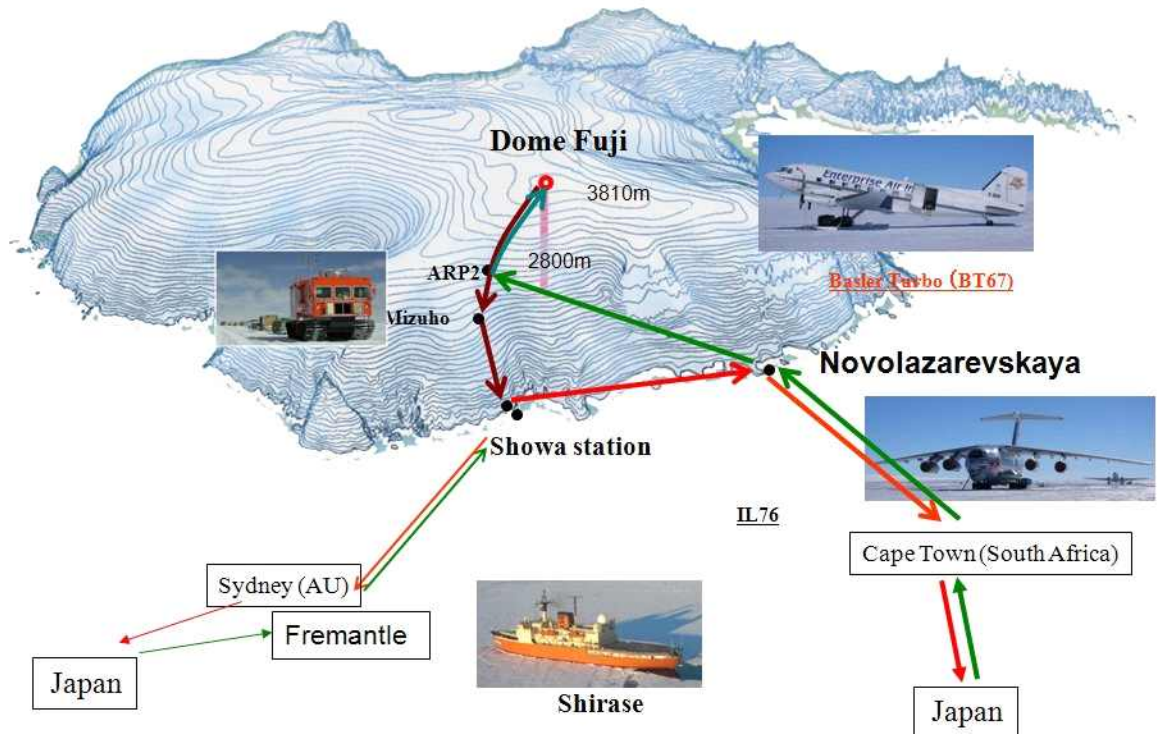
<그림 3. 중국 PRIC의 대륙횡단루트 개척 계획>

○ 일본

- 1967년 쇼와기지로부터 남극점까지의 트래버스를 성공적으로 실시하였고 이러한 경험을 통해 추후 돛후지(Dome Fuji) 기지 건설이 가능하였음
- 1995년 남극 Dome F 지역에 캠프를 건설하고 월동을 하면서 심부빙하시추를 실시 2503m까지 시추하였으나 중간에 실패하였음
- 2004년 Dome F 캠프를 돛후지 기지로 개명하였고 이후에 심부빙하시추를 위한 보급횡단을 지속적으로 실시하였으며 현재도 기지 유지를 위해 매년 대륙 횡단을 실시하고 있음
- 지난 40여 년간, 일본에서는 남극에서 범용적으로 활용되는 피스텐볼리 설상차와 함께 자국의 오하라(Ohara)공업에서 독자적으로 제작한 SM100 시리즈의 차량을 활용하여 남극내륙 탐사 수행



<그림 4. 일본의 SM100 시리즈 설상차>



<그림 5. 일본의 남극내륙 육상탐사 개요>

○ 러시아

- 1957년 국제지구물리의 해, 2차 소비에트 남극탐사를 통해 지자기 남극점에 보스톡기지를 건설하고 심부빙하코어 시추
- 2019/20 시즌에 보스톡기지에서부터 새로운 심부빙하코어 시추 후보지인 Ridge B 지역까지 진출루트 탐사 예정
- 20/21 시즌에 보스톡기지의 리모델링을 위해 육상보급로를 통한 건설자재 운반 예정

2. 남극내륙기지 운영현황

○ 미국

- **(개요)** 미국은 세계에서 유일하게 남극점에 상주 과학기지인 아문센-스콧기지를 1956년 설립하여 운영하고 있으며, 빙하학, 지구물리학, 기상학, 고층대기물리, 천문학, 의학학 등 다양한 연구를 수행
- **(시설·설비)** 1975년에 기지 중앙에 폭 50m, 높이 16m의 돔을 재건하였으며 돔 시설은 겨울 동안은 18명의 연구 인력을 수용하고, 남쪽의 여름기간 동안은 33명을 수용할 수 있도록 설계되었으며, 이후 시설 확장을 통해 현재 아문센 스콧기지에는 여름철 약 220명, 겨울철 50명이 체류하며 대기관측, 지질 및 지구 물리, 빙하학, 미생물학, 우주과학 등의 연구 수행
- **(기상)** 온도는 -13.6°C 에서 -82.8°C 사이이며 평균 -49°C 로 기록되었고, 평균 바람은 10.7km(시속 12.3마일)로 나타남



<그림 6. 아문센-스콧 남극기지(2008.02)>

○ 일본

- (개요) 일본은 1995년 2월 쇼와 기지 남쪽 약 1000km에 위치하는 드로닝 모드랜드 지역의 빙상 정상부(남위 77도 18분 34초, 동경 39도 41분 51초, 해발 3,810m)에 심부빙하코어 시추거점으로서 돔 후지 기지 건설
- (시설·설비) 돔후지 기지에는 9개 동의 건물 외에 통신용 안테나 등의 설명시설과 관측 시설로 기상 관측장치, 설빙 관측장치 등이 설치되어 있으며, 빙상 심층 굴착용 트렌치와 심층 코어의 보관 및 측정, 처리를 위한 설동이 설치
- (기상) 동남극의 주요 분빙계가 교차하는 돔 형태의 정상 중 하나에 위치하며 연평균 현지 기압은 600hPa 이하, 연평균 기온 -50℃ 이하의 고원 한극 지대에 있음

<표 3. 돔 후지 기지의 시설 및 설비 현황>

No.	시설명	건설연도	차대	No.	시설명	건설연도	차대
1	발전동	1995	35	6	대기 관측실	1997	38
2	식당동	1994	34	7	피난 시설	1994	34
3	거주동	1995	35	8	드릴 작업실	1995	35
4	관측동	1995	35	9	신규 드릴링 제어실	1995	35
5	의료 거주동	1995	35				

○ 러시아

- (개요) 2차 소련 남극관측대에 의해 국제 지구 관측년인 1957년 12월16일에 개설되었으며, 남극 대륙의 도달 불능극 및 남자축극 근처에 위치하여 지구의 자기권 관측에 최적의 장소가 되고 있으나, 1994년에 일시적으로 폐쇄되었다가 현재는 러시아, 미국 및 프랑스와 협동으로 운영중
- (시설·설비) 현재, 기지의 인프라를 완전히 교체해야 하는 상황으로 새로운 월동 기지를 건설하는 프로젝트가 시행중
- 새로운 유닛은 '22년에 착수하여 '25년 중에 설치될 예정이며, 기후 조건이 좋지 않아 기지에 필요한 장비를 납품하고 설치할 수 있는 기간은 1년에 몇 달밖에 되지 않아 건축에 어려움이 있음
 - 현재 선체 장착 현장 준비와 장비 납품 경로 점검중인 것으로 조사
- 새로운 월동기지는 5개의 모듈로 구성
 - 2개의 서비스 및 거주 구역, 디젤 발전기 세트와 정수 및 저장 시스템이 있는 서비스 건물, 백업 디젤 발전기가 있는 창고 및 차고
 - 기지의 길이는 140m, 너비는 13.5m, 최대 높이는 17.5m, 건물 전체 면적은 1911m² 이상으로 건설예정
- 기지의 중심에는 각각 200kW 용량의 디젤발전기 4대 설치
- 기지와 함께 여러 유형의 태양 전지를 남극내륙으로 이송하여 테스트 예정이며, 기지에는 태양광 발전시스템을 구축하여 새로운 에너지 절약기술이 적용될 것으로 예정
 - 환기 시스템에는 배출 공기를 희생시키면서 들어오는 공기를 가열하는 열 교환기가 포함
 - 디젤 배기열 회수 시스템의 도움으로 공간 난방을 위해 공기가 가열되며, 실내 및 실외 조명의 경우 LED 램프만 사용
 - 플랜트의 급수 시스템에는 재사용을 위한 물 재활용 시스템이 포함됨
- (기후) 여름평균 기온 -35.9°C, 겨울 평균 기온 -66.7°C로, 남극 기지 중에 가장 기온이 낮으며, 1983년 7월21일에는 -89.2°C를 기록하여 지구상에서 가장 낮은 온도를 기록한 바 있음



<그림 7. 러시아의 신 보스톡 기지 건설현장>

○ 프랑스-이탈리아

- (개요) 2005년 건설된 콘코르디아 기지는 동남극 Dome C 지역에 위치하고 있는 월동기 지로서, 프랑스-이탈리아 공동으로 운영하고 있으며, 유럽우주기구(ESA, European Space Agency) 등 EU의 여러 나라 과학자들도 정기적으로 방문하여 연구 수행
- (시설·설비) 기지는 침실, 실험실, 병원 등 '조용한' 활동을 위한 건물 1개 동과 주방, 거실, 휘트니스룸, 작업장 등 '시끄러운' 활동을 위한 건물 1개동 및 기술 건물로 구성되어 있음
 - 하계기간 동안 일부 연구원들은 기지에서 500m 떨어진 캠프에서 숙박하며 기지 주변에는 과학 시설을 위한 다양한 건물들이 위치함
 - 콘코르디아 기지는 각각 3층으로 이루어져 있는 두 개의 타워로 구성되어 있으며, 지상 층에 설치된 복도를 통해 발전소 및 수처리 시설이 있는 컨테이너 건물과 연결됨
 - 각 타워는 눈에 갇히지 않도록 기둥 위에 설치됨
 - 동계기간에는 16명, 하계기간에는 32명이 기지 건물 내 체류 가능하며, 별도 캠프 시설에 약 40명의 추가인원 수용 가능
- (기상) 평균 연간 기온은 -55°C 로 주 풍향은 남쪽이며 평균 대기 압력은 645hPa임
 - 여름 기온은 -30°C 에서 -50°C 사이로 변동하며, 겨울에는 -80°C 까지 도달할 수 있고 풍속은 최대 10 노트로 비교적 약하나 체감 온도에 큰 영향을 미침
 - 매우 낮은 기온 때문에 대기에는 수증기가 없고 매우 공기가 건조함
 - 평균적으로 연간 2~10cm의 눈이 내림
 - 평균 풍속은 2.8 m/s로 약 10 km/h 이상이며 최대 17 m/s(61.2 km/h)까지 도달 가능
 - 11월 중순부터 1월 말까지는 24시간 동안 태양이 떠있는 백야기간이 계속되며, 5월 중순부터 7월 말까지는 태양이 전혀 떠오르지 않는 극야기간이 계속됨
 - 기지의 시간대는 하루 중 가장 온도가 높은 시간에 작업을 하는 것을 고려하여 UTC+8 시간대로 설정되어 있음



<그림 8. 콘코르디아 기지 전경>

<표 4. 콘코르디아 기지 연구시설 및 장비>

시설 및 장비	설명
Astroconcordia 플랫폼	 • Astroconcordia 플랫폼은 기지 밖에 위치한 공간으로 천문관측에 사용됨 • 과학자들의 작업공간, 망원경을 수리하는데 필요한 장비, 컴퓨터, 망원경에 의해 획득된 데이터를 저장하고 전송하기 위한 서버가 있는 영역을 포함하는 나무 쉼터로 구성됨 • 대피소 옆에는 남극의 고기압 때문에 바람이 많이 부는 지대 위에 있는 것을 피하기 위해 관측장비가 설치된 플랫폼을 지탱하는 두 개의 나무 아치가 설치되어 있음 • 망원경을 수용하는 돔과 설치된 기기를 검사하는 작은 쉼터도 있음
빙하 연구실 (Glaciology Spaces)	 • 여름 캠프 근처에서 몇몇 지역은 빙하시추 연구에 사용되고 있음 • (EPICA 워크샵) 프로젝트 핵심 장비 유지보수를 위해 사용되었으며 오늘날 빙하 학자들을 위한 저장, DIY, 레크리에이션룸 역할을 하는 텐트 안에 있음 • (EPICA 텐트) 텐트는 EPICA borehole을 수용하는 텐트로, 온도 및 소리 확산 연구가 여전히 수행되고 있으며 케이스 튜브를 자르는 것과 같은 DIY 작업에 사용됨 • (Cold 벙커) '버퍼(Buffer)'라고도 불리며 두 공간으로 나뉘어진 건물로서 입구의 첫 번째 영역은 일시적으로 얼음 코어를 저장하는데 사용되며 더 멀리 떨어진 공간에서는 코어를 톱으로 자르고 샘플링한 다음 분광학 연구를 수행함 • (Warm 벙커) 코어를 자르고 코어로부터의 데이터를 수집하는 건물
아메리칸 타워 (American tower)	• 주로 기상학적인 과학 측정 장비를 갖춘 약 50미터 높이의 금속 타워 • 다양한 높이에서 온도와 풍속을 측정

지진학 (Seismology)	 • Dome C 현장의 지진계는 현재 눈 속에 쌓여 묻힌 컨테이너 세트인 '지진지하실(Seismo cellar)' 바닥에 설치되어 있음 • 지하실은 데이터 스토리지 시스템으로 이어지는 사다리가 장착된 첫 번째 해치를 통해 출입하고 두 번째 해치는 눈 속에 파여진 45미터의 터널로 이어지며, 터널을 지나면 두 개의 금속 사다리가 15미터 깊이의 지하실로 연결됨 • 온도는 -59°C로 유지됨
슈피던 쉼터 (SuperDarn Shelter)	 • 슈피던 쉼터는 정거장에서 1500m 떨어진 프로젝트의 안테나 필드 근처에 설치됨 • 프로젝트의 데이터 수집 및 스토리지 시스템 수용
대기연구동 (Atmos Shelter)	 • 대기연구동은 대기화학 분석장비를 설치한 타워와 연구실로 이루어짐 • 공기펌프를 수용하는 구역, 수은 측정 장치를 위한 수용 구역, 재료를 다루는 실험실 구역, 아르곤 기체(Argon Bottle) 저장 구역 및 망원경 데이터 수집 구역으로 구성 • 대피소 지붕에는 수많은 공기펌프, 필터, 그리고 망원경이 설치되어 있음
스노우 쉼터 (Snow Shelter)	 • 스노우 쉼터는 눈(Snow) 연구 프로젝트를 수행하고 있음

지자기 연구실 (Geomagnetism Shelter)	 지자기 연구실은 긴 복도로 연결된 두 개의 지하 시설에 분산되어 있으며 제1수용체에는 복도를 통해 제2수용체에 설치된 표적을 조준할 수 있는 세오돌라이트(Theodolite)가 설치됨
---	---

<표 5. 콘코르디아 기지 기술 건물 시설 및 장비>

시설 및 장비	설명
발전소 (Power Station)	 - 콘코르디아 기지의 물, 열, 빛을 생산하고 모든 장치를 작동하는데 필요한 전기는 목적과 관계없이 호바트(Hobart)에서 수입된 연료로 생산함 - 이 연료는 L'Astrolab 선박을 통해 프랑스의 뒤몽 드 우르빌(Dumont D'Urville) 기지까지 운반된 다음 육상운송을 통해 콘코르디아 기지까지 운반됨 - 발전소는 100kW 전기 발전기 3대와 비상 발전기로 구성됨 - 난방은 열병합 발전에 의해 생성되며 연료에서 전기를 생산하면 열이 방출되고 이 열은 발전소의 라디에이터에서 순환하는 물 회로를 가열함
물재활용 시설 (Water Recycling Facility)	- 기지에는 두 개의 급수 시스템(Fresh Water, Grey water)이 설치되어 있음 - Fresh water는 얼음을 용융기에 녹여 만들어지며 여과 및 삼투, 자외선을 통해 처리하여 요리와 식수로 사용 - Grey Water(샤워기, 접시 등) 유럽우주기구와 협력하여 개발된 재활용 시스템을 활용하여 재활용됨 - 물의 생산은 신선하든 재활용하든 발전소의 에너지 생산에 전적으로 의존하기 때문에 최대한 절약하여야 함 - Black Water(화장실 등)은 얼음에 파놓은 구멍으로 배출되며, 호주로 배출물을 운반하는 것보다 남극의 환경에 덜 해롭다는 것을 연구결과가 있음
폐기물 분류실 (Waste Sorting Room)	 - 폐기물은 폐기물의 유형에 따라 분류 및 처리됨 - 유기성 폐기물 중 일부는 박테리아를 사용하여 유기물을 소화하는 시스템(Digester)에 의해 변형되며 잔여물은 압출되어 뒤몽 드 우르빌 기지로 전송됨 - 종이와 판지, 금속(알루미늄캔 등) 및 플라스틱은 트래버스(Traverse)를 통해

	뒤몽 드 우르빌 기지로 도착하기 전 압축됨 • 나머지 폐기물은 분류되어 용기에 보관됨 • 뒤몽 드 우르빌 기지에서 종이와 판지를 태우면 나머지 폐기물은 분류되어 유럽이나 호주로 보내짐
--	--

3. 무인항공탐사 기술개발 현황

○ 장거리 무인기 운용 기술

- 무인체의 세계 시장규모는 2014년 53.1억 달러이며, 이 중 상업용 무인체가 차지하는 시장은 0.6억 달러임
- 세계 무인기 시장 및 상업용 무인기 시장은 연 평균 35%의 높은 증가율을 보이고 있으며, 2023년에는 각각 124.7억 달러 및 8.8억 달러의 규모를 가질 것으로 예상됨 (부산발전연구원, 드론을 활용한 도시관리, 2015)
- 미래창조과학부에 따르면 무인 비행체뿐만 아니라 지상 및 수중 무인체를 포함하는 무인체 시장 규모는 2015년 현재 251억 달러이며, 연간 20% 수준의 시장 증가율과 함께 2025년 기준 총 1,537억 달러의 규모를 가질 것으로 예상됨
- 국가별 무인체 시장 비율의 경우, 2012년 기준 미국 71%, 유럽 13%, 중동 7%, 아시아태평양 8% 이었지만, 2021년에는 미국의 지배력이 점차 약화되어 미국 49%, 유럽 17%, 아시아태평양 22%, 중동 9% 등으로 과점시장에서 경쟁시장으로 변화될 것으로 예상됨 (World unmanned aerial systems 2012 market profile and forecast, 2012)
- 국내의 경우, 2014년 시장 규모가 1,000억 원 수준으로 전 세계 시장 규모 대비 2%수준이지만, 급격한 성장세를 보이고 있어 수년 이내로 민간 시장에 있어서는 가전시장 규모로 성장될 것으로 예상됨 (드론의 기술 및 시장 트렌드와 무한한 기회, 2015)
- 시장조사업체 노무라 마켓 리서치(Nomura Markets Research)에 따르면, 무인체 수요의 증가에 따라, 관련 산업 생태계 역시 빠르게 조성되고 있음

○ 장거리 무인기 운용 관련 사례 및 동향

- 2014년, 구글은 6000만 달러 이상을 투자하여 무인항공기 회사 ‘타이탄’을 인수하였고, 페이스북은 2000만 달러를 투자하여 영국의 무인항공기 회사 ‘애센타’를 인수하는 등 글로벌 IT 대기업이 무인항공기 사업에 관심을 보임에 따라 무인항공기 시장의 규모는 점점 커져가고 있음
- 2015년, 세계경제포럼(WEF, 다보스포럼)에서 올해 떠오르는 10대 기술 중 드론이 포함되는 등 세계 경제 전문가들이 무인항공기를 유망한 산업으로 분석하고 있음
- 미국 연방항공청(Federal Aviation Administration, FAA)이 처음으로 상업용 무인 항공기 운행을 허용하여 AeroVironment사의 Puma AE 드론이 알래스카 지역 내 영국 석유회사 British Petroleum의 시스템 및 안전 점검을 위해 사용됨
- 미국의 허가받은 민간 무인체 수는 2013년 현재 545대이며 2018년 7500대 수준으로 증가할 전망

○ 장거리 무인기 시장 확대 가능성 전망

- 무인체 기술은 군사용 목적으로 많은 연구 및 시장이 집중되어 있는 현황이나, 최근 무인

체에 대한 집중적인 관심으로 의학, 교통, 재해, 안전 등 산업 여러 분야에서 무인체를 활용 한 연구 진행 및 시장 형성 예상

- 본래 군사용 위주(90% 이상)로 활용되었으나 민수용인 택배·농업·재난관리 등으로도 활용될 것으로 기대되면서 시장규모 확대가 전망되며 농업용, 삼림 및 해안 감시용, 방송 및 촬영용 등의 용도로 사용 급증
- 2035년 민간분야 및 군용 무인체 시장이 유인체 시장을 앞설 것으로 예상됨. 관련 기술 개발 급증하는 반면 비용은 감소 추세에 있고 응용분야 역시 증가
- 산업 경쟁력 측면에서 차세대 고부가가치 산업으로서, 무인헬기, 제어 등 핵심기술 분야에서 선진국과의 기술 차이(미국1위, 한국 7위)가 크지 않은 반면 아직 시장형성 초기단계임
- 2015년 2월 FAA가 발표한 무인체 규제안 공고는 무인체 시장 활성화를 위한 제도적 행보로서, 미국 내 소형 무인체의 상업적 활용은 더욱 자유로워질 전망
- 국내에서도 미래창조과학부 및 산업통상자원부의 정책적 지원으로 관련 기술 개발이 촉진되고 규제가 완화됨. 민간 분야에 대한 무인체 적용이 활성화되면서 구조물 유지관리 분야에도 적용될 것으로 기대되며, 구조물 유지관리 분야와 무인체의 융합을 통한부가가치 창출을 통해 새로운 시장 개척 가능성이 있음
- 이를 위해 무인체와 비접촉식 센싱 시스템의 통합, 무인체와 내장형 센서간의 연동 등에 대한 기술 개발이 필요함

4. 남극 장거리 무인기 운영 해외 현황

○ 미국

- (NASA) IceBridge 프로그램을 통해 극지역과 기후변화와의 관계를 이해하기 위해 항공 빙하투과 레이더(Ice-penetrating Radar) 등 다양한 센서를 항공기에 탑재하여 광역 빙권(빙하, 해빙, 빙봉의 두께 및 변화) 관측 수행
- (국립과학재단(NSF)) 유인기 탐사의 비효율성 및 위험성을 극복하기 위해 빙하탐사용 레이더, SAR 등 광역 빙권 탐사에 필요한 센서가 탑재된 무인 항공기 개발·운영(빙하원격탐사센터(CReSIS), 10년/ 약 220억원)
- (CRREL) EPOLAR(Engineering for Polar Operations, Logistics, And Research) 프로그램을 운영하여 남북극(남극대륙, 그린란드, 알래스카 등)을 중심으로 양극 극한 환경에서 기지 등 운영 문제 해결하기 위해 기계공학과 토목, 설비 공학자들과 GIS, GPR, 원격탐사 등의 과학자와 눈과 동토 전문가들로 구성된 프로그램
- 그린란드와 남극에서 Traverses 수행, 크레바스 회피를 위해 GPR 사용
- 원격지 과학지원을 위한 다트머스 대학과 공동 연구 Yeti 로버 개발: GPS 웨이포인트 주행과 위험 지역 참조 기능 보유 (인공지능)
- 얼음 질량 밸런스(IMB) 부이 프로그램을 운영하여 원격으로 다년간 지속적인 관측을 통해 해빙의 변화를 관측
- 기압, 대기 온도, 얼음 음향 측심기, 수중 음향 측심기(해빙 하부탐사용)를 개발하여 이리듐 위성으로 자료를 다년간 취득

○ 영국

- 남극연구소(BAS)는 Airborne Science and Technology 그룹에서 4개의 팀이 항공 유·무인 탐사를 주도하고 있음
- Airborne photography camera 팀: Zeiss RMK 카메라를 트윈오토에 장착하여 1:10,000, 20,000 수준의 남극 지형도를 제작하고 있으며 지질, 생태 등에도 활용하고 있음. 또한 영국 국내 수자원 관리 기관과 수자원 차트 등을 만드는 일에도 협력하고 있음
- Airborne Geophysics 팀 : 1993년 자체 개발한 중력계를 이용하여 한번에 100,000 km 이상의 자료를 취득할 수 있으며 150 MHz의 주파수를 갖는 Radar를 개발, 항공용으로 운영하여 빙저호, 빙하 등의 탐사에 활용하고 있음
- Airborne Meteorology 팀 : 항공플랫폼에 활용도가 높은 분야가 기상분야이며 BAS도 CAPS probe (구름, 에어로졸, Precipitation Spectrometer)를 개발하여 로데라 및 할리기지 주변에서 연구를 수행. 그 외에도 20 종 이상의 자체개발 또는 커스터마이징 된 센서와 장비를 보유 운영 중
- Airborne Remote Sensing 팀 : 초분광계와 LiDAR 등의 탑재체를 이용하여 남극 지역의 디지털 맵핑(MASIC)을 수행하여 국제 맵핑프로그램을 주도하고 있음

○ 중국

- 대중형 무인기 엔진(차이훙3)을 바탕으로 무인기를 제작 운용할 수 있는 시스템이 갖추어져 있으며, 자체 개발한 Polar Hawk2 헬기형 무인기와 고정익 무인기를 이용하여 남극 Byers 반도, 장성기지 등에서 활용
- 중국은 남극 장보고과학기지 주변에 제 5기지를 건설예정(2022년 완공)이며 이미 남극 빙저지형을 탐사하기 위한 Basler를 이용한 항공 탐사시스템을 구축하고 활용

<표 6. 국가별 극지용 주요 무인 기술개발 및 운용 실적>

국가 (기관)	명칭	적용	비고
미국 (Dartmouth University)	Cool Robots (UGV)	Crevasse 탐사, 이온층의 변화측정, 지진계 및 기상관측기구 배치	
미국 (Georgia Institute of Technology)	SnoMote (UGV)	기후모델 검증을 위한 데이터 측정	
미국 (Transantarctic Expedition team)	The Moon-Regan (UGV)	40일 동안 3,600 miles을 Bio 에너지를 이용하여 남극 횡단	
미국 (Carnegie Mellon Univ.)	Nomad (UGV)	Elephant Moraine에서 운석 탐사 수행 (2000년), 자율주행기능을 갖춘 탐사로봇	
중국	HoY (UGV)	Snow-mobile 로봇. 25 km 주행가능. 적재중량 40kg	
미국	Yeti 와 Yeti2 (UGV)	크레바스탐지를 위하여 GPR을 장착하여 운행, 자율주행 기능	

국가 (기관)	명칭	적용	비고
미국	NanoSAR (탑재체)	무인항공기에 장착, 레이더를 이용하여 지형을 매핑하거나 크레바스 탐지에 사용	
영국	M ² AV (UAV)	무인비행기를 이용하여 대기와 빙하간의 열교환 데이터측정	
일본 (일본 극지연구소)	Ant-Plane (UAV)	Aeromagnetic Survey	
미국	Aerosonde ™ (UAV)	Atmospheric profiling and flux studies, Mapping sea surface temperature (SST) at high resolutions	
미국	Meridian (UAV)	남극 및 그린랜드 빙하 두께 조사 및 하부 기반암, 내부구조, 해안선 정보 등 탐사	



제 3 장
연구개발수행 내용 및 결과
극지연구소



제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

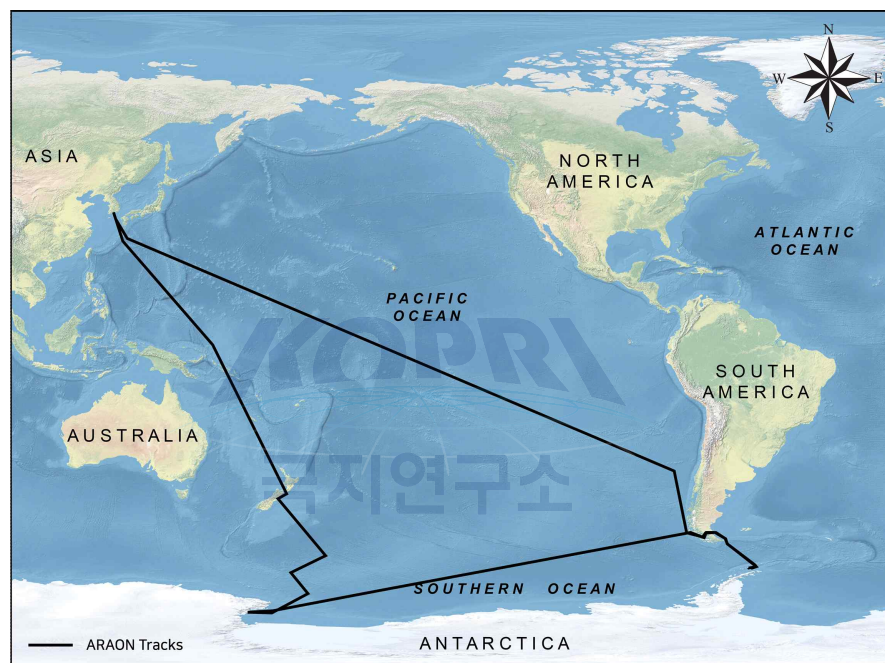
3.1절 남극내륙연구를 위한 내륙진출루트 개척 및 탐사기술개발

1. 코리아나루트 개척 (1단계)

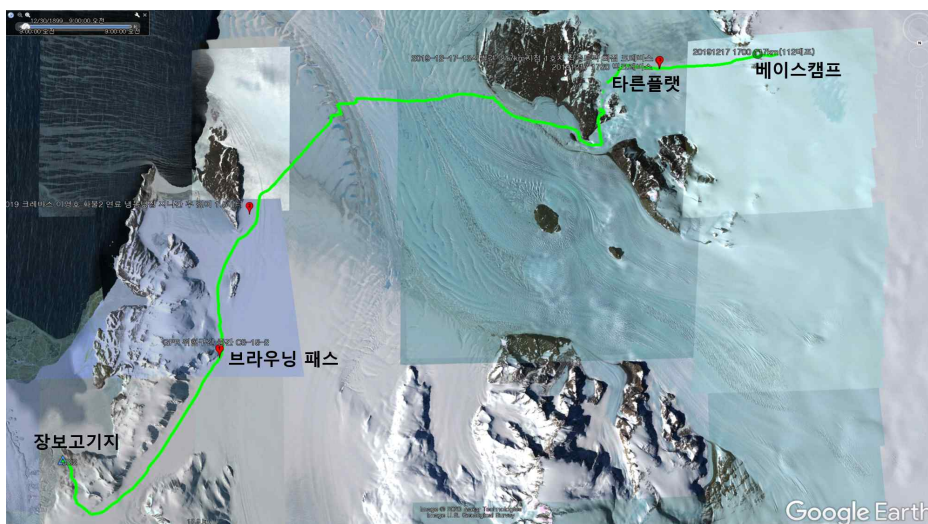
가. 남극내륙 진출루트 개척

(1) 1차년도(2020)

- COVID-19 펜더믹 상황으로 남극내륙탐사 하계현장연구 축소
- 아라온호를 통해 장보고 기지 입남극 후 차년도 탐사를 위한 장보고기지 기점 110km K루트 베이스캠프 재정비 수행 및 장보고기지-베이스캠프 간 크레바스 위험구간 안전루트 재설정



<그림 9. 2021/22 시즌 아라온호 이동 경로>



<그림 10. 2021/22 시즌 장보고기지-K루트 베이스캠프 간 이동경로>

○ 장보고기지-베이스캠프 간 크레바스 위험구간 안전루트 재설정



<그림 11. 브라우닝 패스 및 K루트 베이스캠프 주변 크레바스 위험구간 정찰>

○ 탐사선단 강화

- 2019년에 신규 입고된 설상차 2대 조립 및 장보고기지 주변 시험운행 실시
- 2020년에 신규 확보한 설상차 1대는 1년간 뉴질랜드에 보관 후 21/22 시즌 남극 하계 현장 연구 기간에 장보고기지 운송 예정



<그림 12. 2019년 신규 입고 탐사장비 조립 및 시험운영>

ING-220007R1

2020년 06월 04일

Korea Polar Research Institute



주식회사 아이엔지코퍼레이션
서울 강남구 남부순원로 365길 5 518호
135-862
TEL : 02-576-0693 (P)
FAX : 02-576-0696
Mail : info@ingcorp.kr

견 적 서 [수정]

제작사		Kässbohrer Geländefahrzeug AG.	유효기간	2020 년 12 월 31 일	
원산지		독일	납기	2020 년 6 월 이내 주문 시 2020 년 44 번째주 출고	
무상 하자 보증		1 년 또는 1000 시간 주요 부분 2 년 또는 2000 시간	견적 조건	FCA Laupheim 제작사공장,독일	
대금 지불 조건		취소불능확약신용장 또는 납품 전 T/T 송금	견적 화폐	유로화(EUR)	
품번	구 분	품 명	수 량	단 가	총 계
1.	본체 부착장비	PistenBully 300 Polar Antarctica Steel tracks Front quick mount system Front transportation bucket	1대	321,500	321,500

기타 사항

상기 가격은 독일 제조사 공장에서 출고하는 공장도 가격이므로 기타 최종 목적지까지의 운송비용 및 제세비용 등이 제외되어 있음을 주지하여 주시기 바랍니다.

상기 조건 및 금액과 같이 견적합니다. ㈜아이엔지코퍼레이션 대표이사 김 영 훈

<그림 13. 신규 설상차 구매 계약서>



Elphinstone Engineering Aust. Pty. Ltd. ACN 009 533 984
 Trading as: Elphinstone Engineering
 PO Box 55, Triabunna, Tasmania, Australia 7190
 Phone: (03) 6257 3242 Int'l. (613)-6257 3242
 Fax: (03) 6257 3573 Int'l. (613)-6257 3573
 E-mail: tri.office@elph.com.au
 Internet Site: www.elph.com.au

Ref: Q23899-A KOPRI Equipment

23rd March 2020

Mr Kim Hong-gwi
 Korean Polar Research Institute

Dear Kim Hong-gwi,

RE: ELPHINSTONE EQUIPMENT

Please find following quotation for Supply of Elphinstone Equipment.

Supply materials and build draw bar assembly 30/271294 as per completed drawing attached. Grit blasted, primed & 2 coats of 2 pack Waratah Red			
This quote includes lifting spring as requested			
Packed and delivered to Hobart	Australian		\$2,990.00
Quote to purchase 4x 20x8.6" Containers transport to Triabunna and transport back to Hobart after loading fuel tank and parts (Loading of containers is included in fuel tank quote)	Australian		\$15,360.00
Quote to supply 2x 6mm walled steel fuel tank fitted with heavy duty baffles, filling and extraction pipes and vents in top including spill tray. Axle mount fitted to frame of tank and one rear axle bolted onto 4.4 metre long x770mm Wide skis and 3.5m skis on front with plastic. All work gritblasted, primed and painted 2 coats, 2 pack paint.			
Dismantle tank sled and pack into container	Australian		\$252,830.00
For Supply 2020	Total		\$271,180.00

Confirm order by end of March 2020 and price is confirmed until November 2020

Payment required at time of Delivery.

Thank you for the opportunity to provide this quotation.

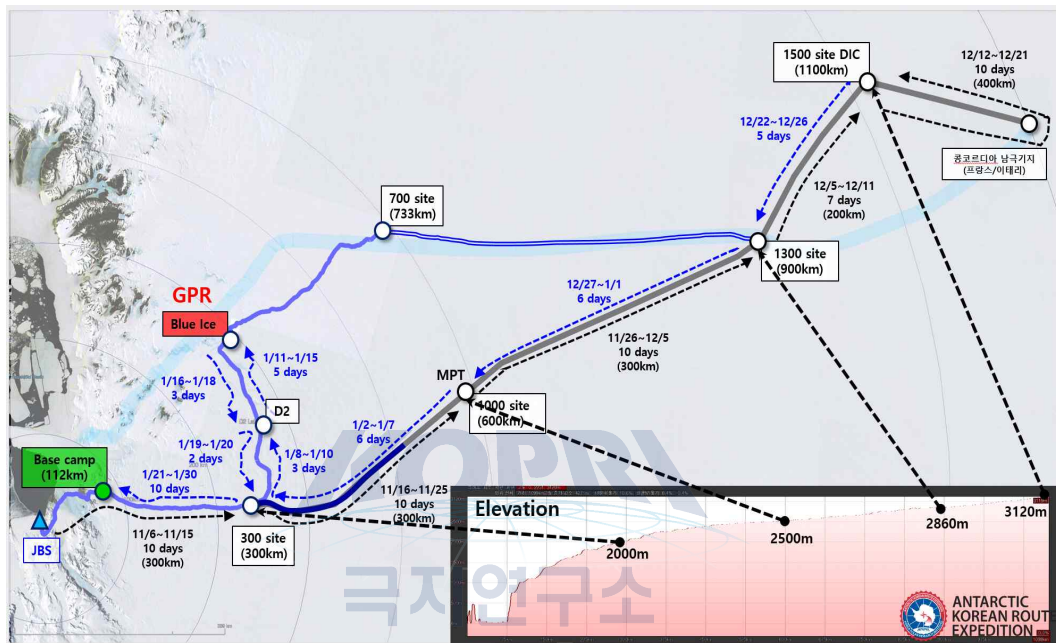
Manufacturers and Installers of Elphinstone
 On-Vehicle and Stationary Weighing Systems, Logging Trailers and Equipment since 1976

<그림 14, 신규 화물셀매 구매 계약서>

(2) 2차년도(2021)

○ 남극내륙 연구거점 지역 진출

- 2021/22 시즌 장보고기지로부터 Dome C 프랑스-이탈리아 콩코르디아 기지 서편 약 200km 지점 남극내륙 연구거점 지역까지 1,500km(누적거리) 내륙진출루트 개척 완료
- 현장 상황에 따라 콩코르디아 기지까지 약 200km 진출루트 추가 개척을 통해 총 1,740km 내륙 진출루트 확보 및 육상 빙원 레이더 탐사 수행
- 남극내륙 연구거점 지역 내 자동기상관측장비(AWS) 1기 설치 및 기상자료 수집
- 남극내륙 연구거점 지역 내 표층 눈 시료, 주상 눈 시료 및 핸드오거 코어시료 채집



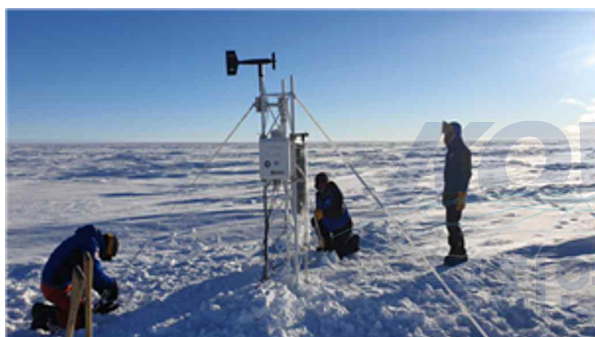
<그림 15. 2차년도(21/22) 남극내륙 진출루트 개척 계획>



<그림 16. 2차년도(21/22) 남극내륙 진출루트 개척 현황>

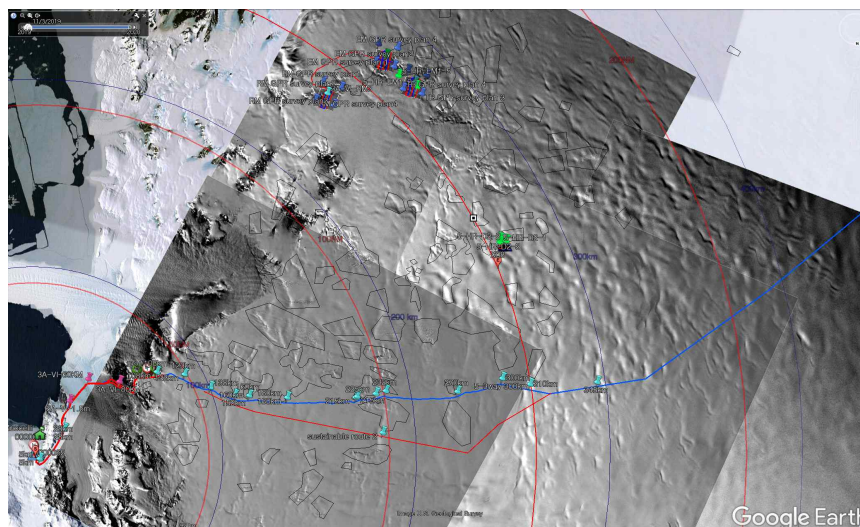


<그림 17. K루트 탐사대 남극내륙 콩코르디아 기지 도착>



<그림 18. 남극내륙 연구거점 자동기상관측 장비 설치 및 빙설시료 채집>

- 남극내륙 진출루트 구간에 대하여 ESA의 Sentinel-1 SAR 및 USGS의 Land SAT-8 SAR 등의 위성영상 자료 확보 및 크레바스 양상 파악



<그림 19. 2차년도(21/22) 개척구간에 대한 위성영상자료>

○ 2차년도 탐사 개시 전 크레바스 위험구간에 대한 1m 급 고해상도 KOMPSAT-5 SAR 위
성자료 분석을 통해 위험구간 현황 파악

다목적실용위성 신규활용 신청서

No. 202109.NF0001

신청인 인적 사항	
기관	극지연구소
E-Mail	sjjuns@202010
부서	미남지 연구단
전화번호	032-760-5485
성명	전성준 (sjjuns)
팩스번호	
주소	충청남도 천안시 동남구 송도미래로 26 극지연구소 R2-405호

요구사항	
위성	KOMPSAT-5
센서	
국가	Antarctica
지역	Antarctica
활용분야	☐ Agriculture ☐ Defense and Security ☐ Forestry ☐ Maritime and Coastal ☐ Natural Resources and Engineering ☐ Hazards ☐ Urban planning ☒ Others: Polar Science
활용 목적/내용	참여과제 및 프로젝트 명: 남극내륙연구를 위한 내륙진출루트 개척과 지원시스템 구축 프로젝트 발주기관: 해양수산부 프로젝트 목적: 남극 내륙진출루트 개척 및 지원시스템 구축 평가항목: 남극 내륙 탐사 루트 자료 서비스 대상: 극지연구기관 및 관계자
활용 계획/내용 (구체적으로)	● 장보고기지부터 <u>주요거점</u> 구간의 <u>크레바스</u> 유무 여부 판독 ● 2021/22 시즌 탐사경로 상 방파의 유동 여부 확인 ● <u>데포지션</u> 의 지형적 특성 및 기타 변동사항 확인 ● 모레인지역의 지형 변형 여부 확인 ● 상기 4가지 목적을 통한 안정적인 <u>육상탐사</u> 수행 추구
예산서 발행	대표자: 강성호 사업자 등록번호: 134-62-06870 업종/업종: 연구서비스업
달 기관은 한국항공우주연구원에서 수행한 영상자료를 임의로 타인에게 양도하지 않을 것과 공중 및 비영리 목적 이외에는 사용하지 않을 것을 서약합니다. (참보: 사용자 서약서 1부) 2021년 09월 23일 신청자 전성준 한국항공우주연구원장 귀하	

사용자 서약서

1. 사용자는 당초 신청하여 제공받은 위성정보를 다른 목적으로 사용해서는 안되며, 만약 다른 목적으로 재 사용시에는 반드시 한국항공우주연구원의 사용 승인을 받아야 한다.
2. 사용자는 제공받은 위성정보를 한국항공우주연구원의 사전 허가 없이 임의로 타인에게 제공할 수 없다.
3. 사용자는 위성정보의 지식재산권이 한국항공우주연구원에 있음을 인지하여야 하며, 부가가치 자료에 대한 지식재산권은 한국항공우주연구원과 공유한다.
4. 사용자는 위성정보 활용결과를 공개 시에 한국항공우주연구원이 제공한 다목적실용위성 위성정보를 사용하였음을 활용결과물에 명시하여야 한다.
5. 사용자는 한국항공우주연구원이 필요 시 사용자가 공개한 위성정보 활용결과를 비영리 공공목적에 활용할 수 있음을 인지한다.
6. 사용자는 위성정보 활용결과를 한국항공우주연구원이 요청할 경우 소경의 양식에 의거하여 제출하며, 필요시 위성정보 활용 워크숍 등에 참여하여 발표하여야 한다.
7. 사용자는 “국가공간정보 기본법”, 과학기술정보통신부의 “위성정보 보안관리 규정”에 따라 위성정보를 관리 및 사용하여야 하며, 이를 위반할 경우 발생하는 문제에 대하여 책임을 진다.

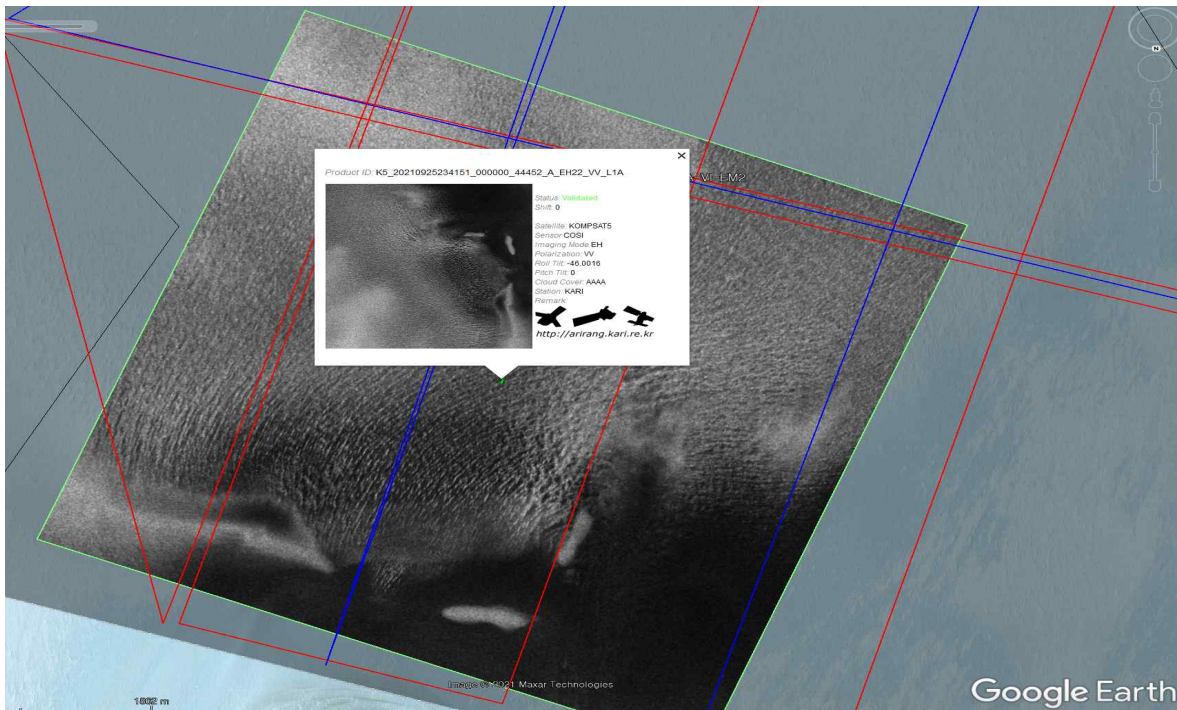
상기 조항을 준수할 것을 서약합니다.

2021년 09월 23일

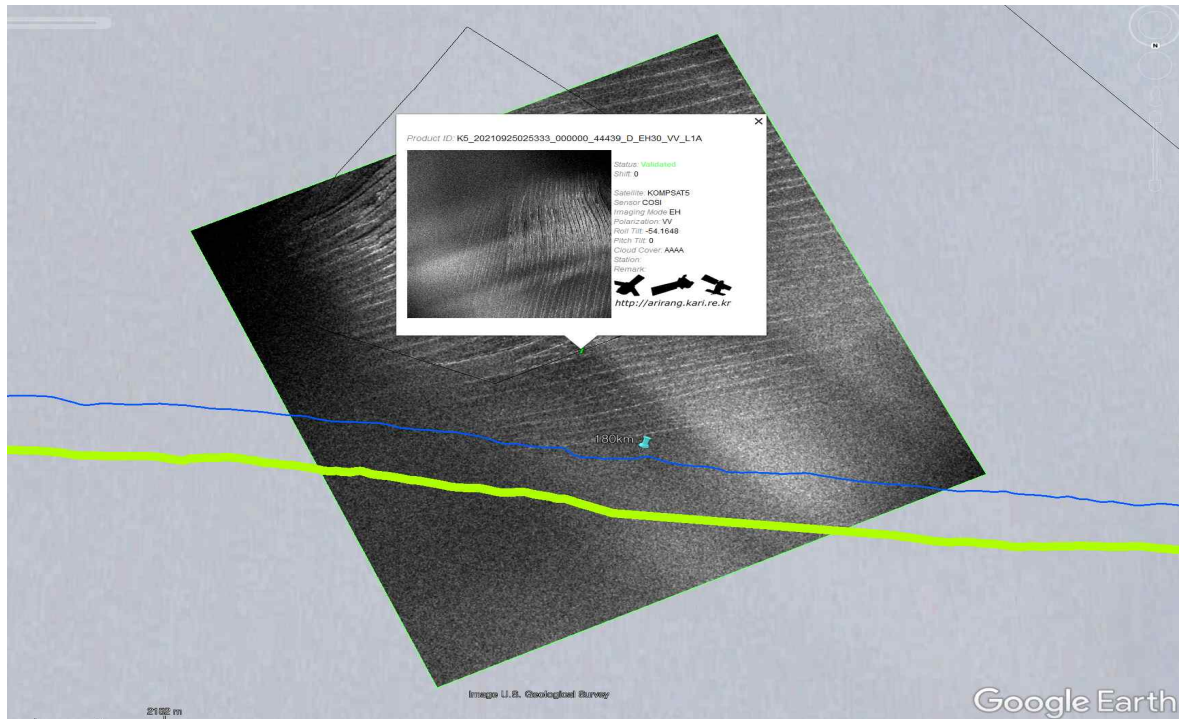
기관명: 한국해양과학기술원 부설 극지연구소
부서명: 미남지 탐사단
서약인: 전성준
책임자: 이강현

한국항공우주연구원장 귀하

<그림 20. 항공우주연구원 위성영상 자료 요청서 >



<그림 21. 2차년도(21/22) 엘리펀트 모레인 지역의 KOMPSAT-5 SAR 영상>



<그림 22. 2차년도(21/22) 남극내륙 진출루트 장보고기지 기점 180km 지점의 KOMPSAT-5 SAR 영상>

(3) 3차년도(2022)

- 해빙 이상 상황으로 남극내륙탐사 축소
 - 장보고기지 해빙 활주로 이용 불가에 따른 남극하계현장연구 축소로 차년도 탐사를 대비한 장보고기지 및 베이스캠프 내 탐사장비 점검 및 연료, 탐사물품 재보급 수행
 - 화물설패 2대 및 20,000L 연료수송을 위한 ISO 탱크 1대 신규 확보를 통한 남극내륙 물자보급 능력 강화

□ 입출수요 조정 규모

- 현재 접수된 입출 수요와 아라온 편 철수 가능인원 고려시, 최소 35명 규모의 입출인원 축소가 필요함
 - * 아라온 2·3항차 편 출남극 희망인원(93) - 승선가능인원(58명) = 35명
 - * 1차 회의(33명) 대비 조정규모 2명 증가
 - * 추가 수요(수중탐사팀 외부기관인원(2) / 문화홍보실 영상촬영인원(3)) 반영 시 기존 조정규모에서 5명 증가
- 현재 접수된 항공기(1차) 탑승 수요*가 최대탑승가능인원**에 근접하며 이태리측과 배분을 고려 시, 큰 폭으로 조정 필요
 - * 항공기(1차) 인원 및 화물수요 : 43명 / 5.1t
 - ** 항공기 탑승인원 및 화물적재량 : 44명 / 2.2t

<그림 23. 남극장보고과학기지 입출수요 2차 조정회의 조정요청>

<표 7. 3차년도 (22/23) 남극내륙탐사 일정>

Date	계 획	소요일
10/15 ~ 10/16	한국출발->뉴질랜드도착	2일
10/17 ~ 10/20	코로나 격리 뉴질랜드->장보고과학기지 입남극(2차)	5일
10/21 ~ 11/1	장비점검 및 탐사 준비 (예비일) 위험지역 GPR탐사지원(브라우닝패스, 타른플랫) 연료탱크 펌핑(2만리터) 연료탱크 1번크레바스 이전까지 이동계획	12일
11/2 ~ 11/3	110km 베이스캠프 이동(헬기, 예비일 포함)	2일
11/4 ~ 11/30	23/24시즌 탐사사전준비 및 110 캠프 정리	27일
12/01 ~ 12/05	기지내 차량 탐사 준비	5일
12/06 ~ 12/08	아라온 입항 / 아라온 승선/ 하역작업	3일
12/09 ~ 12/23	아라온 연구항해 탑승	15일
12/24 ~ 01/01	아라온 이동항해 탑승	10일
01/02 ~ 01/03	뉴질랜드출발 -> 한국도착	2일

나. K루트 연구캠프 운영

(1) 1차년도 (2020)

- COVID-19 상황에 따른 남극내륙탐사 축소로 장보고 기지 기점 110km 지점 베이스캠프 내 탐사 장비 정비 및 시험운영
 - 탐사대원 6명(현장책임자 1인, 중장비요원 3인, 안전요원 2인)이 설상차 3대를 이용하여 110km 지점 베이스캠프 이동
 - 200L 드럼을 이용한 연료 수송 등 운송화물 견인 최소화를 통해 위험지역 및 크레바스 도하 안전성 확보
 - 설상차 6대, 트랙터 2대, 캐러반 2대, 아틱트럭 1대 등 110km 지점 베이스 캠프 내 탐사 장비 정비 및 시험운영을 통해 차년도 탐사준비 완료

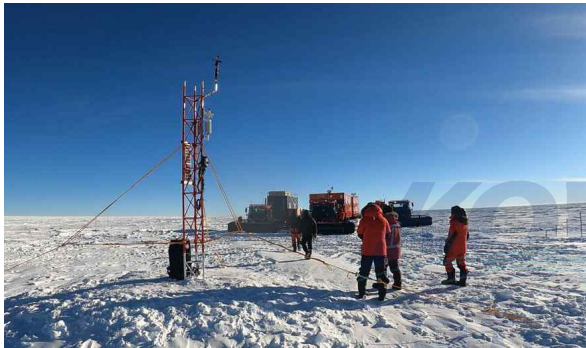


<그림 24. 2020/21 시즌 K루트 베이스캠프 운영>

(2) 2차년도 (2021)

○ 심부빙하 시추거점 및 심부빙저호 시추후보지 연구캠프 운영

- 연구인력 4명, 중장비대원 5명, 안전대원 4명 및 의료대원 1명 등 총 14명으로 구성된 남극내륙 탐사대가 2개조로 나누어 남극내륙 심부빙하시추거점과 심부빙저호 시추후보지에서 연구캠프 운영
- 장보고기지 기점 1,100km 지점에 위치한 심부빙하시추거점(75°25'07.01"S, 155°27'40.32"E) 연구캠프에서는 환경영향평가를 위한 표층 눈시료 및 천부빙하코어 시료 채집과 AWS 자동 기상관측장비 설치
- 심부빙하 시추거점 연구캠프 운영이 종료된 후, 국내 최초로 프랑스-이탈리아의 콘코르디아 기지에 육상 이동하여 해당 기지의 시설 견학
- 장보고기지 기점 400km 지점에 위치한 심부빙저호 시추후보지(75°25'07.01"S, 155°27'40.32"E) 연구 캠프에서는 빙저호 정밀구조 파악을 위한 지구물리탐사 지원과 해당 지역의 미생물 분포 및 추적 연구를 위한 환경 시료 채집, 남극내륙 고층대기 및 지자기 연구를 위한 자동관측장비 설치 지원 수행



<그림 25. 2021/22 시즌 심부빙하 시추거점 주상 눈시료 채집 및 기상관측장비 설치>



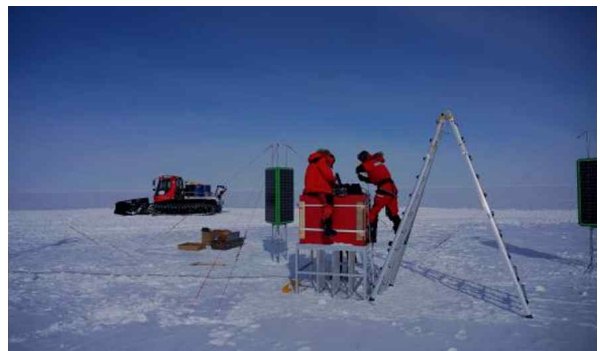
<그림 26. 2021/22 시즌 남극내륙 콘코르디아 기지 도달 및 기지 시설 견학>



<그림 27. 2021/22 시즌 심부빙저호 후보지 연구캠프 운영 및 지구물리탐사 지원>



<그림 28. 2021/22 시즌 심부빙저호 후보지 내 미생물 연구를 위한 빙설 및 대기 에어로졸 시료 채집 지원>



<그림 29. 2021/22 시즌 심부빙저호 후보지 내 고층대기 관측장비 설치 지원>

(3) 3차년도 (2022)

- 장보고기지 앞 해빙상태 이상으로 인한 남극내륙탐사 축소 및 심부빙하시추 후보지 연구캠프 구축을 차년도로 순연
 - 총 8명으로 구성된 남극내륙탐사대가 차년도 탐사를 위해 K루트 베이스캠프 재정비 작업 수행



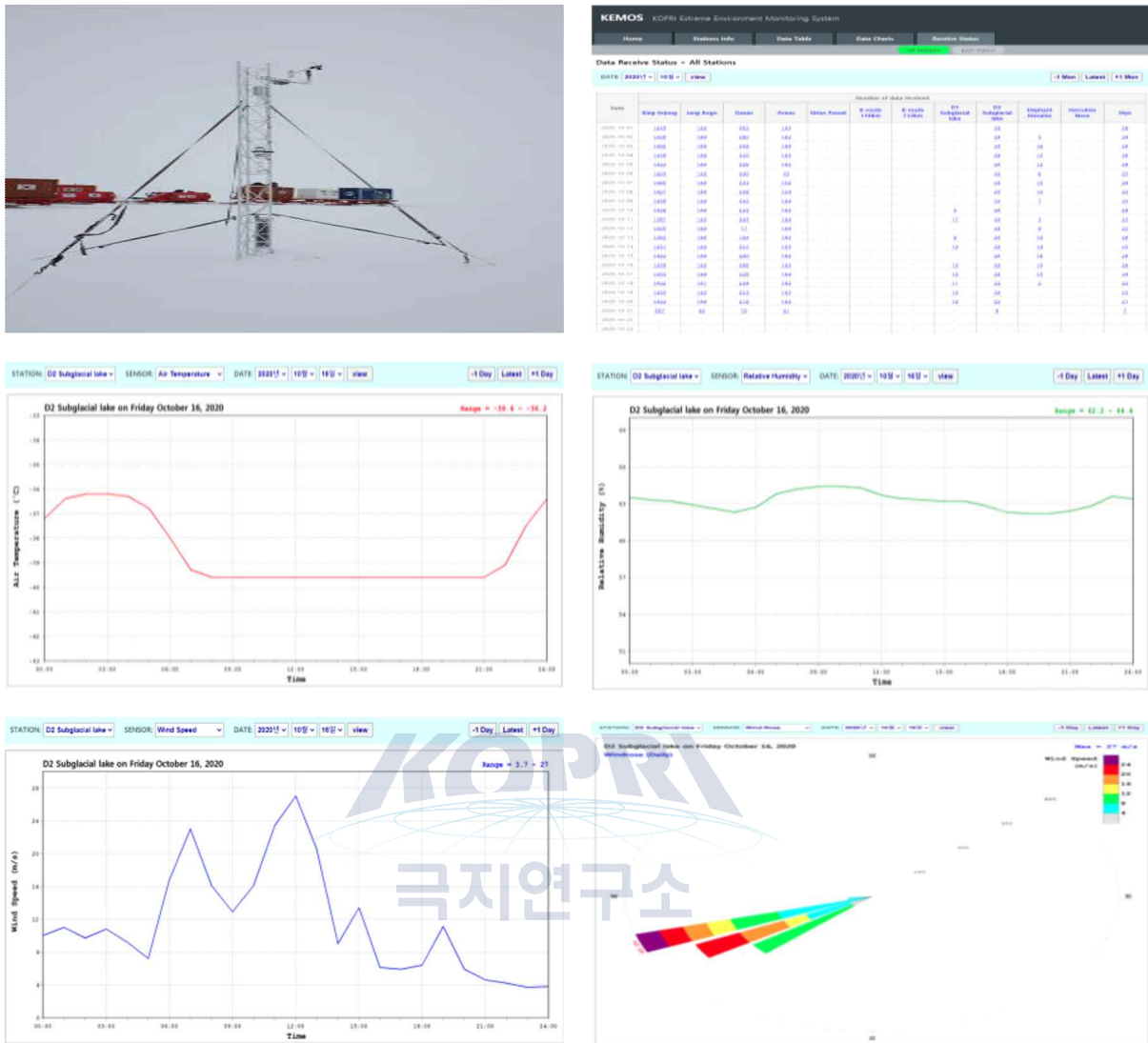
<그림 30. 2022/23 시즌 K루트 베이스캠프 적설 상황 및 베이스캠프 재정비>

다. 환경영향평가

(1) 1차년도 (2020)

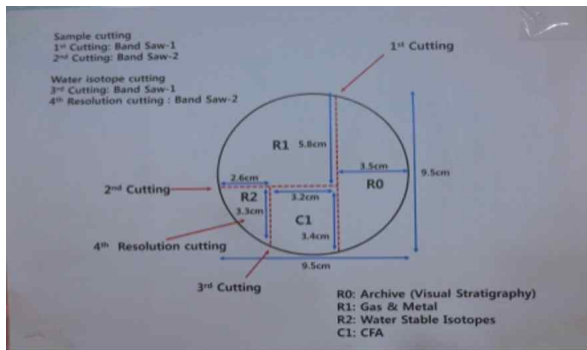
- David 빙하 빙저호 시추캠프 기상자료 실시간 수집
 - 코리안루트 4개 주요 지점(D1 빙저호, D2 빙저호, Elephant Moraine, K-route 733km)에 AWS (자동기상관측시스템)을 이용하여 실시간 기상자료 수집
 - 이리듐 통신시스템을 이용하여 실시간(10분 간격 또는 1시간 간격)으로 KELOS 서버로 자료 전송
 - 극지연구소 내부 시스템을 통해 실시간으로 자료 수집

- D2 빙저호 AWS 기압계 작동 오류로 측정 불가. 2021/22 시즌 현장 활동 시 수리 예정



<그림 31. 심부빙저호 시추후보지 자동기상관측장비 설치 및 자료 수집 현황>

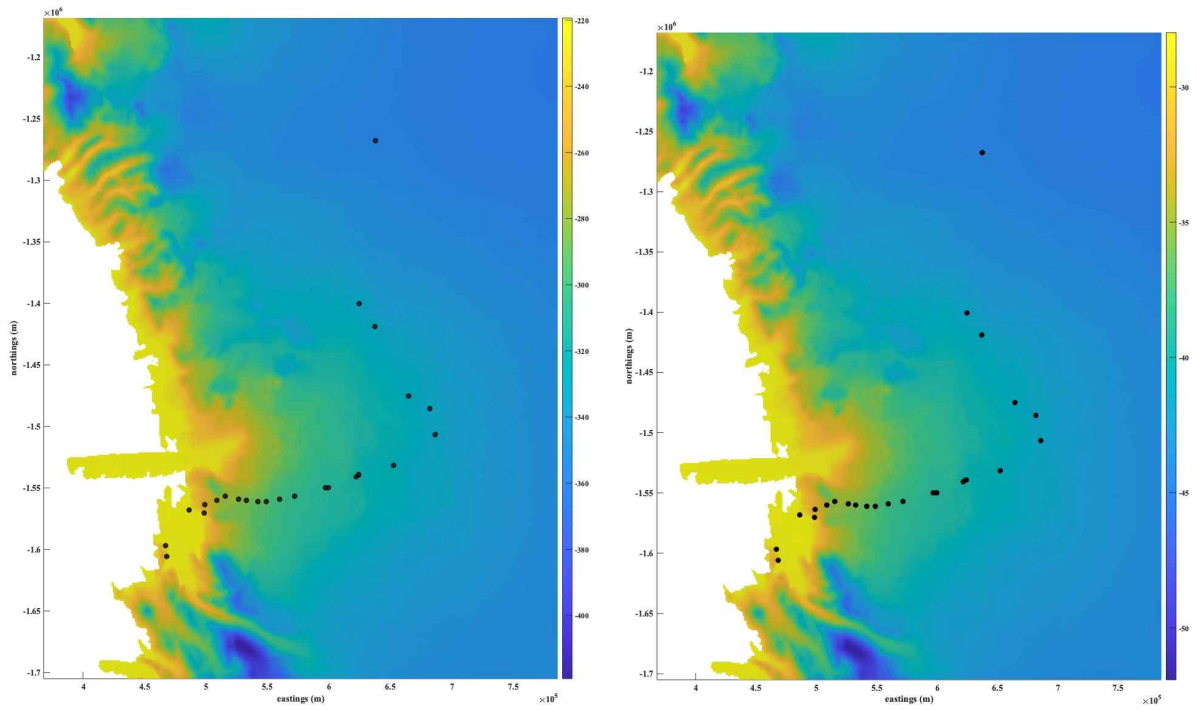
- 남극내륙 빙설시료의 물 동위원소 비 및 이온 화학종 분석
 - 남극내륙 빙설시료의 화학적 특성 파악을 위해 이전 남극내륙탐사 중 획득한 표층 눈시료와 핸드오거시료의 전처리 및 분석 수행
 - 빙설시료의 전처리는 -15°C의 냉동실험실에서 기초물리특성 조사 후 기계적 절삭방법을 사용하여 시료 채집과정에서 발생한 오염부위를 제거하였으며, 4~5cm 단위로 절단하여 분석시료 준비
 - 레이저 분광기 및 이온크로마토그래피를 이용하여 물 안정 동위원소 비 및 이온 화학성분을 분석, 환경영향평가를 위한 기초자료를 수집



<그림 32. 남극내륙탐사 핸드오거 환경시료 전처리 및 CRDS 분석>

○ 남극내륙 빙설시료 화학조성 특성 파악

- 남극내륙탐사 중 채집한 핸드오거시료는 기계적 절삭방법을 사용하여 시료 채집과정에서 발생한 표면 오염부위를 제거하고 40~50mm 간격으로 총 80개의 분석시료 확보
- 표층 눈 시료 및 핸드오거 전처리 시료는 상온에서 녹인 후, 0.45μm pore size의 여과지를 이용하여 입자물질 제거한 후 레이저 분광기기(CRDS) 및 이온크로마토 그래피를 이용하여 물 안정 동위원소 비와 이온 화학종 분석 실시
- 표층 눈 시료의 공간적 물 동위원소 비는 연안지역에 비해 상대적으로 낮은 값을 보여, 내륙으로 갈수록 기온하강 및 고도상승의 영향을 받는 것으로 확인됨
- 핸드오거시료의 물 동위원소 비 계절변화를 보면 계절변화 폭이 1~2‰로 연안지역에 비해 상대적으로 작은 것으로 나타남
- d-excess ($=\delta D - 8 \cdot \delta^{18}O$)값의 변동성과 함께 조사하였을 때, 3.6m 깊이의 핸드오거시료에 과거 4-5년간의 강설이 누적된 것으로 확인
- 50-100cm 깊이에서 예외적으로 낮은 물 동위원소 비 값이 나타났는데, 이는 남극내륙에서 해안으로 불어오는 활강풍에 의한 영향으로 추정



<그림 33. 공간(고도, 경도, 위도) 변화에 따른 표층 눈 시료의 물 안정 동위원소 조성변화>

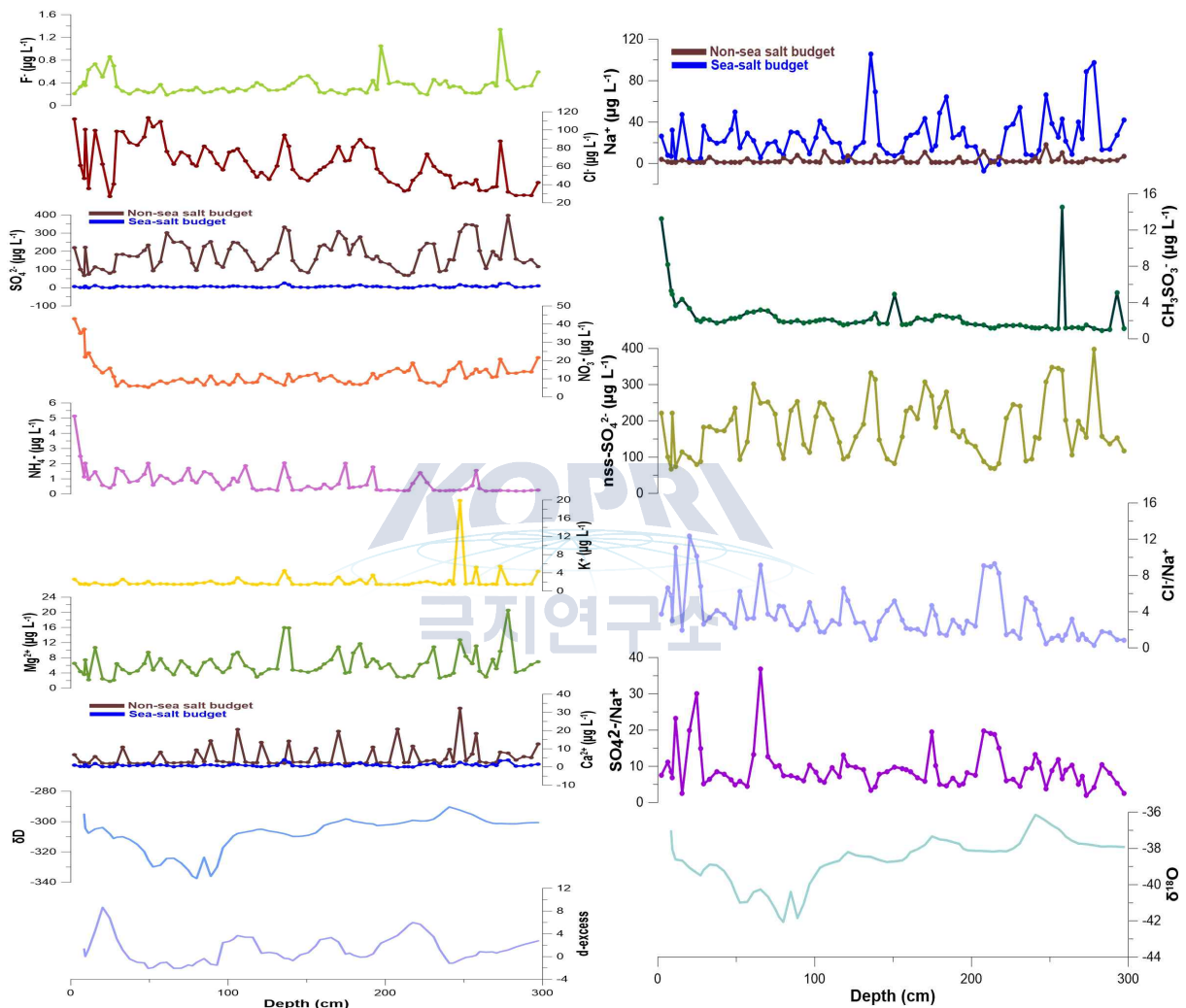
<표 8. KR008 핸드오거시료의 물 안정동위원소 조성 분석 결과>

#	$\delta^{18}\text{O}$	δD	d-excess
KR01			
KR02			
KR03	-37.05	-295.1	1.3
KR04	-38.06	-304.4	0.0
KR05	-38.61	-307.6	1.3
KR06	-38.67	-304.9	4.5
KR07	-39.07	-303.9	8.6
KR08	-39.35	-308.0	6.8
KR09	-39.49	-311.2	4.8
KR10	-39.18	-310.3	3.1
KR11	-38.89	-310.0	1.2
KR12	-38.93	-311.8	-0.4
KR13	-39.25	-315.0	-1.0
KR14	-39.84	-319.8	-1.1
KR15	-40.40	-325.3	-2.1
KR16	-40.99	-329.9	-1.9
KR17	-40.96	-328.8	-1.1
KR18	-40.41	-324.3	-1.0
KR19	-40.26	-324.1	-2.1
KR20	-40.67	-327.4	-2.0
KR21	-41.33	-332.1	-1.5
KR22	-41.78	-335.9	-1.6
KR23	-42.06	-337.5	-1.0
KR24	-40.40	-323.5	-0.4
KR25	-41.85	-336.1	-1.3
KR26	-41.06	-330.0	-1.5

KR27	-39.96	-317.2	2.5
KR28	-39.42	-312.7	2.7
KR29	-39.08	-309.6	3.0
KR30	-38.95	-307.9	3.7
KR31	-38.79	-306.9	3.4
KR32	-38.68	-306.0	3.4
KR33	-38.43	-305.3	2.1
KR34	-38.20	-305.0	0.6
KR35	-38.38	-306.3	0.7
KR36	-38.44	-307.0	0.5
KR37	-38.46	-308.0	-0.3
KR38	-38.56	-308.8	-0.4
KR39	-38.64	-309.8	-0.7
KR40	-38.75	-309.7	0.3
KR41	-38.72	-309.0	0.7
KR42	-38.67	-307.4	1.9
KR43	-38.50	-305.0	3.0
KR44	-38.21	-302.6	3.1
KR45	-38.05	-301.0	3.3
KR46	-37.81	-299.9	2.6
KR47	-37.34	-298.3	0.4
KR48	-37.41	-298.7	0.6
KR49	-37.51	-299.8	0.2
KR50	-37.55	-300.5	-0.1
KR51	-37.65	-301.2	0.0
KR52	-37.75	-301.5	0.5
KR53	-38.02	-302.7	1.5
KR54	-38.10	-302.4	2.4
KR55	-38.13	-302.0	3.0
KR56	-38.14	-301.5	3.7
KR57	-38.17	-300.5	4.8
KR58	-38.17	-299.9	5.5
KR59	-38.14	-299.2	6.0
KR60	-38.16	-299.6	5.7
KR61	-38.01	-299.5	4.6
KR62	-37.73	-298.4	3.5
KR63	-37.12	-295.7	1.3
KR64	-36.51	-292.3	-0.3
KR65	-36.14	-290.3	-1.2
KR66	-36.25	-291.1	-1.1
KR67	-36.48	-292.5	-0.6
KR68	-36.72	-293.9	-0.1
KR69	-36.91	-295.3	0.0
KR70	-37.11	-296.7	0.2
KR71	-37.35	-297.9	0.9
KR72	-37.57	-299.8	0.8
KR73	-37.74	-301.1	0.8
KR74	-37.75	-301.3	0.6
KR75	-37.76	-301.3	0.9
KR76	-37.83	-301.5	1.2

KR77	-37.90	-301.5	1.7
KR78	-37.88	-301.0	2.1
KR79	-37.90	-300.7	2.4
KR80	-37.93	-300.6	2.8

- 이온 화학종의 계절변화를 살펴보면, 계절에 따른 변화 특성이 뚜렷하지 않은 것으로 나타남
- 이는 해양 환경변화에 직접적으로 영향을 받는 연안 지역의 빙설 시료에 비해 남극 내륙에 서는 주로 활강풍으로 인한 강설로 이온 화학종의 계절변화가 교란되기 때문으로 사료됨



<그림 34. KR008 핸드오거 코어시료의 이온 및 물 안정동위원소 분석결과>

○ 남극내륙탐사 폐기물 처리절차 정립

- 남극내륙탐사 중 불가피한 인간 활동에 의한 환경영향 정도를 파악하기 위해 탐사 과정에서 발생한 폐기물의 종류, 발생량 및 외래종 유입 가능경로 등의 기초자료 수집
- 현재 남극내륙탐사 중 발생하는 일반폐기물은 연구캠프에서 비닐봉투를 사용하여 1차로 수집한 후, 이동과정에서 발생하는 파손을 방지하기 위해 플라스틱 통에 2중으로 수거
- 탐사 중 발생하는 인체 배설물은 캐러반 내부에 설치된 소각형 용변기를 이용하여 소각 처리 한 후 소각된 재를 일반폐기물과 함께 수거
- 모든 일반폐기물은 장보고기지로 운송하여 아라온호를 통해 국내 반입 후 폐기 처리



1차 포장 (현장)



2차 이송포장 (현장)



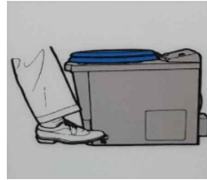
1차 처리



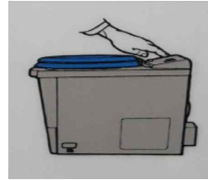
국내 반입



라이너 설치



용변 후 처리



소각



재 수거

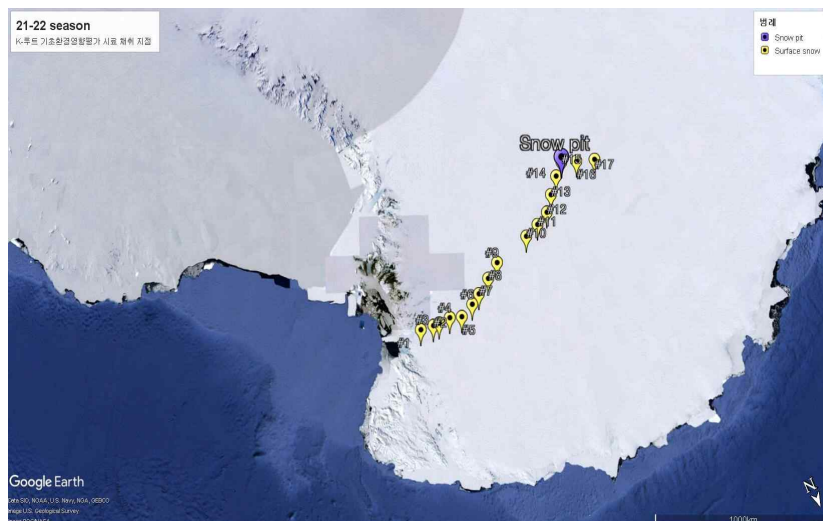
<그림 35. 남극내륙 탐사 중 일반 폐기물과 인체 배설물 소각 처리절차>

<표 9. 기존 내륙탐사 중 발생한 캠프 폐기물 종류 및 발생량>

폐기물 종류	총 무게	처리
음식물 쓰레기	120L	2차 이송 포장 후 전량 기지 이송
일반 쓰레기	160Kg	1차 포장 후 전량 기지 이송
재활용 쓰레기	60Kg	2차 이송 포장 후 전량 기지 이송
인분(재)	20Kg	2차 이송 포장 후 전량 기지 이송

(2) 2차년도 (2021)

- 신규 개척한 남극내륙 진출루트 구간의 환경조사를 위해 50km 단위로 표층 눈 시료 및 핸드오거 시료 채집
- 현장에서의 빙설 시료 채집은 탐사선단이 정차한 후 탐사캠프로부터 바람이 부는 방향으로 약 100m 이상 이동한 후 표층 5cm 이내의 눈 시료를 채집하였으며, 핸드오거 코어시료의 경우 직경 9.5cm의 핸드오거를 이용하여 최소 350cm에서 최대 783.5cm 깊이의 시료를 채집



<그림 36. 21/22시즌 빙설시료 채집 현황>

- 남극내륙 진출루트 개척 과정에서 탐사활동에 의한 남극환경의 인위적 영향을 평가하기 위해 2018~2020년 탐사 동안 채집한 표층 눈 시료와 핸드오거 코어시료 등의 환경 시료를 이용하여 본격적인 남극내륙 연구 활동 개시 전의 초기 자연환경의 시공간적 특성을 파악
- 시료 채집은 2018/19 시즌에 36개 지점 표층 눈시료와 2019/20 시즌 11개 지점의 표층 눈 시료와 핸드오거 코어시료를 채집
 - 시료 채집 과정에서 시료의 오염을 최소화하기 위해 Class-10의 청정실험실에서 3차 증류수(Milli-Q water) 및 질산을 이용하여 이온 분석 그리고 미량원소 금속 분석용 시료 채집 용기를 구분하여 세척
 - 핸드오거 코어시료는 극지연구소 내 영하 -15℃ 냉동실험실 (<-15℃)에서 5cm 간격으로 절삭한 후, 물 안정동위원소 비, 이온 화학종, 미량금속원소, 중금속 동위원소 등 각 분석 항목에 특성에 따라 2차로 절삭을 하였고 이온 화학종 분석시료의 경우 오염제거절차(Decontamination)를 거쳐 시료채집 과정에서 발생할 수 있는 오염원의 영향을 최소화 함
 - 물 안정동위원소 비 ($\delta^{18}\text{O}$, δD)는 Piccaro사의 레이저 분광기기 (WS-CRDS: Wavelength-Scanned Cavity Ring-Down Spectroscopy)를 사용하여 분석하였으며, 이온 화학종 분석은 Thermo Scientific사의 ISC-5000 이온 크로마토그래피 (IC: Ion Chromatography) 사용하여 MSA^- , Cl^- , Na^+ , SO_4^{2-} , Mg_2^+ , F^- , 등 6개 이온을 분석

<표 10. 2018/19 시즌 남극내륙탐사 표층 눈 시료의 채집 위치 정보>

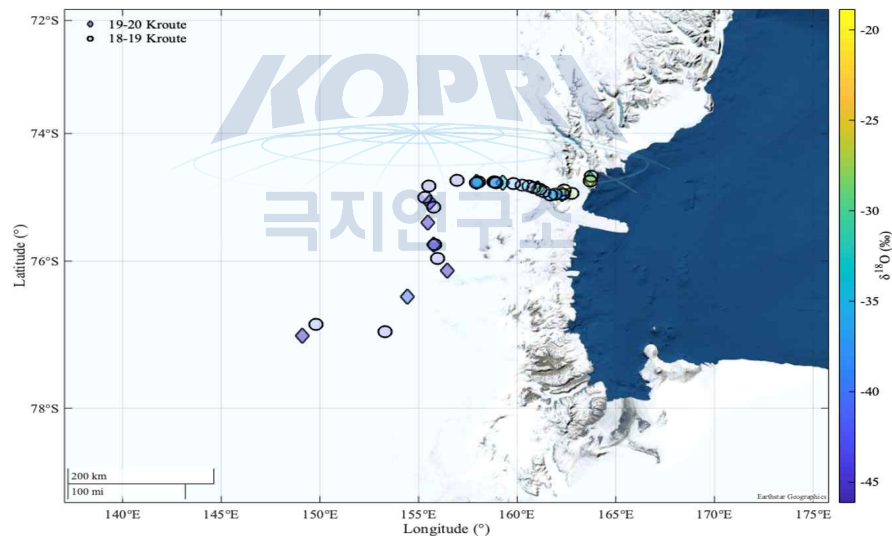
#	name	Date	LatDD	LonDD	elevation (m)	Depth (cm)
1	K-SNOW1	2018.11.3	-74.69	163.74	54	<5
2	K-SNOW2	2018.11.3	-74.77	163.69	272	<5
3	K-SNOW3	2018.11.4	-74.97	162.77	60	<5
4	K-SNOW4	2018.11.7	-74.92	162.39	235	<5
5	K-SNOW5	2018.11.8	-74.98	162.30	616	<5
6	K-SNOW6	2018.11.12	-74.98	161.94	1052	<5
7	K-SNOW7	2018.11.12	-74.98	161.94	1052	<5
8	K-SNOW8	2018.11.12	-74.98	161.94	1030	<5
9	K-SNOW9	2018.11.12	-74.98	161.94	1007	<5
10	K-SNOW10	2018.11.12	-74.98	161.94	991	<5
11	K-SNOW11	2018.11.13	-74.99	161.68	986	<5
12	K-SNOW12	2018.11.13	-74.97	161.34	1109	<5
13	K-SNOW13	2018.11.13	-74.91	161.15	1165	<5
14	K-SNOW14	2018.11.13	-74.88	160.85	1231	<5
15	K-SNOW15	2018.11.13	-74.85	160.62	1314	<5
16	K-SNOW16	2018.11.13	-74.84	160.25	1402	<5
17	K-SNOW17	2018.11.14	-74.82	159.82	1486	<5
18	K-SNOW18	2018.11.14	-74.79	158.84	1594	<5

19	K-SNOW19	2018.11.14	-74.79	158.85	1539	<5
20	K-SNOW20	2018.11.14	-74.79	158.85	1539	<5
21	K-SNOW21	2018.11.14	-74.79	158.02	1539	<5
22	K-SNOW22	2018.11.14	-74.79	158.93	1539	<5
23	K-SNOW23	2018.11.16	-74.80	156.93	1762	<5
24	K-SNOW24	2018.11.17	-74.77	157.93	1885	<5
25	K-SNOW25	2018.11.17	-74.80	157.93	1969	<5
26	K-SNOW26	2018.11.17	-74.80	157.93	1983	<5
27	K-SNOW27	2018.11.18	-74.80	157.93	1890	<5
28	K-SNOW28	2018.11.18	-74.80	157.93	1910	<5
29	K-SNOW29	2018.11.18	-74.80	157.93	1924	<5
30	K-SNOW30	2018.11.21	-74.85	155.51	1771	<5
31	K-SNOW31	2018.11.21	-75.04	155.34	1771	<5
32	K-SNOW32	2018.11.21	-75.19	155.75	1771	<5
33	K-SNOW33	2018.11.21	-75.76	155.82	1771	<5
34	K-SNOW34	2018.11.21	-75.95	155.96	1771	<5
35	K-SNOW35	2018.11.29	-76.99	153.29	2378	<5
36	K-SNOW36	2018.11.29	-76.90	149.78	2454	<5

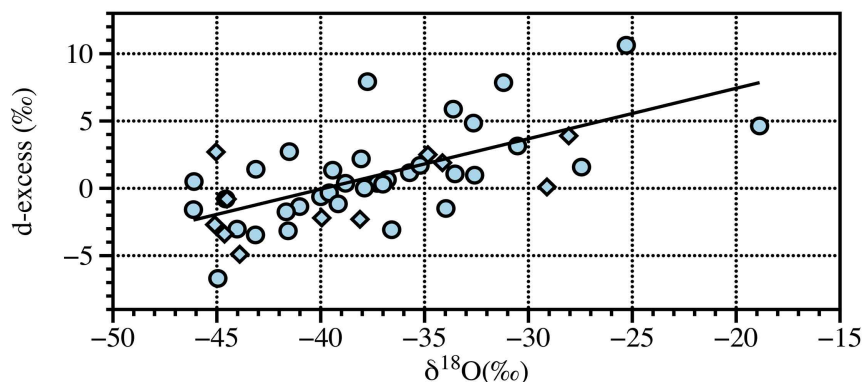
<표 11. 2019/20 시즌 남극내륙탐사 표층 눈시료 및 핸드오거 코어시료의 채집 위치 정보>

#	name	Date	LatDD	LonDD	elevation (m)	Depth (cm)
1	KR001	2019.11.7	-74.9808	163.8044	47	350.0
2	KR002	2019.11.13	-75.1406	162.4644	655	375
3	KR003	2019.11.17	-75.0106	161.1017	1208	418.5
4	KR004	2019.11.18	-74.9161	159.4000	1582	404
5	KR005	2019.11.20	-74.9767	158.1486	1770	375.5
	D2					783.5
6	KR006	2019.11.21	-75.2442	155.7931	1917	419
7	KR007	2019.11.23	-75.5578	155.6925	1952	398
8	KR008	2019.11.24	-75.8300	155.8256	1903	367

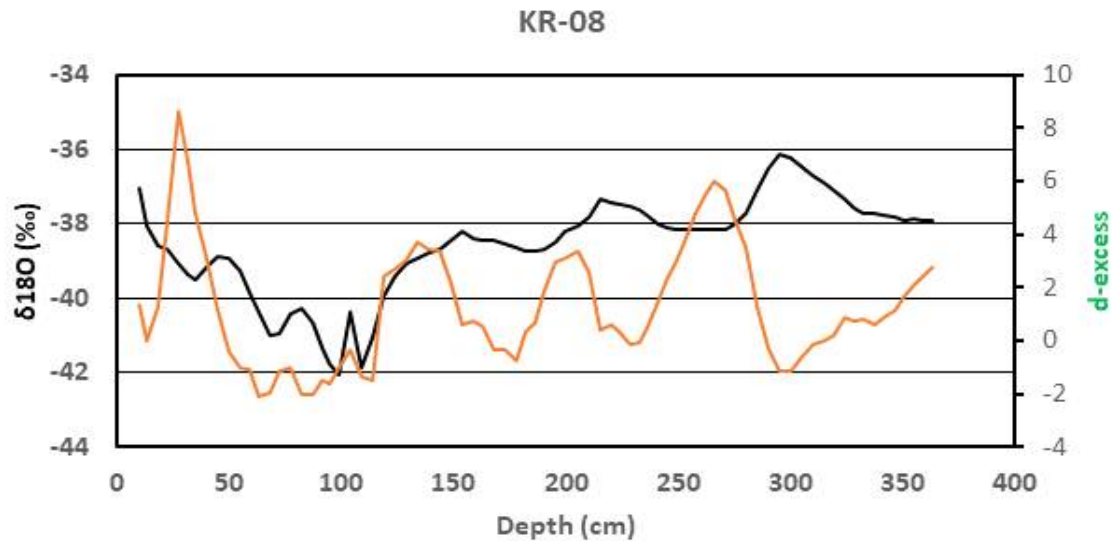
- 기존 남극내륙탐사 중 채집한 표층 눈 시료의 물 안정동위원소 비 분석을 통해 남극내륙 대기 중 수증기 거동 특성을 파악
 - 18/19시즌과 19/20시즌에 채집한 시료를 비교한 결과, 1년의 시기적인 차이에도 불구하고 물 안정동위원소 비의 차이가 보이지 않았으며, 이는 수증기 이동 경로의 변화가 미미함을 의미
 - 내륙으로 가면서 동위원소 비가 감소하는 양상을 보이는 것은 내륙의 고도증가에 따른 온도 감소 효과인 것으로 보임
 - $\delta^{18}\text{O}$ 과 d-excess ($=\delta\text{D}-8*\delta^{18}\text{O}$) 관계를 나타낸 자료를 통해 내륙으로 들어가면서 감소하는 것은 중산 기지(Zhongshan station)에서 Dome A까지의 중국 내륙횡단 중 채집한 시료와 유사한 특성을 보이나 Dome A에 가까워질수록 급격하게 증가하는 d-excess 값이 나타나지 않는 것은 해당 지역이 해양으로부터 가까워 연안지역의 특성을 강하게 보이는 것으로 파악
- 장보고기지 기점 733km 지점인 KR08 지점에서 시추한 367cm 깊이의 핸드오거 시료의 경우, 표층 100cm 깊이까지 물 안정동위원소 비의 연 변화를 보이지 않고 있어 해당 깊이의 주상 눈 시료가 강설이 아니라 적설의 이동에 따른 교란으로 파악
 - KR008 핸드오거 코어시료의 하부 자료 (100~367cm)를 보면 해당 지역의 연간 적설량이 70cm/yr 인 것으로 확인되었으며, $\delta^{18}\text{O}$ 와 d-excess 관계가 보스토크 기지, 콘코르디아 기지에서 측정된 것과 유사하게 음의 상관관계를 보여 남극내륙의 대기 특성을 보이는 것으로 확인



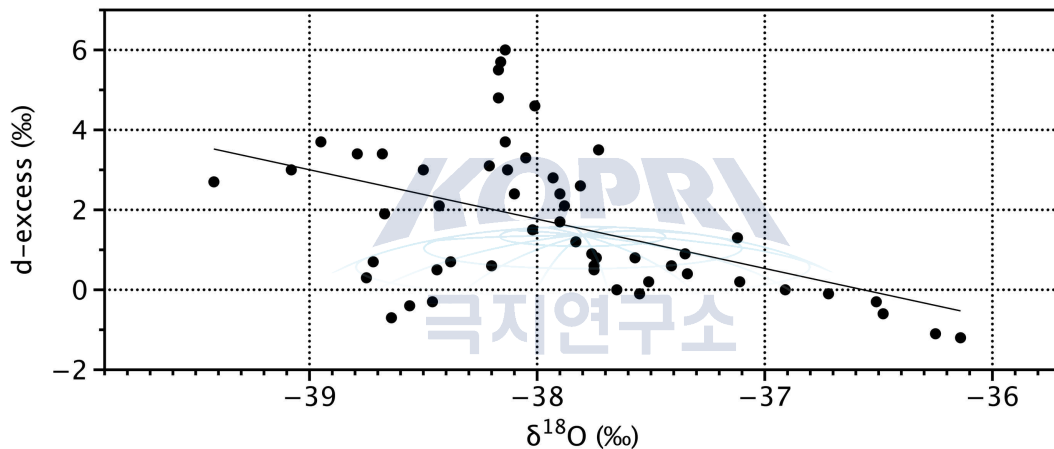
<그림 37. 표층 눈 시료의 산소 동위원소 비 공간적 비교>



<그림 38. 남극내륙 표층 눈시료의 $\delta^{18}\text{O}$ 과 d-excess 관계>



<그림 39. KR008 핸드오거 코어시료의 깊이별 $\delta^{18}\text{O}$ 과 d-excess>

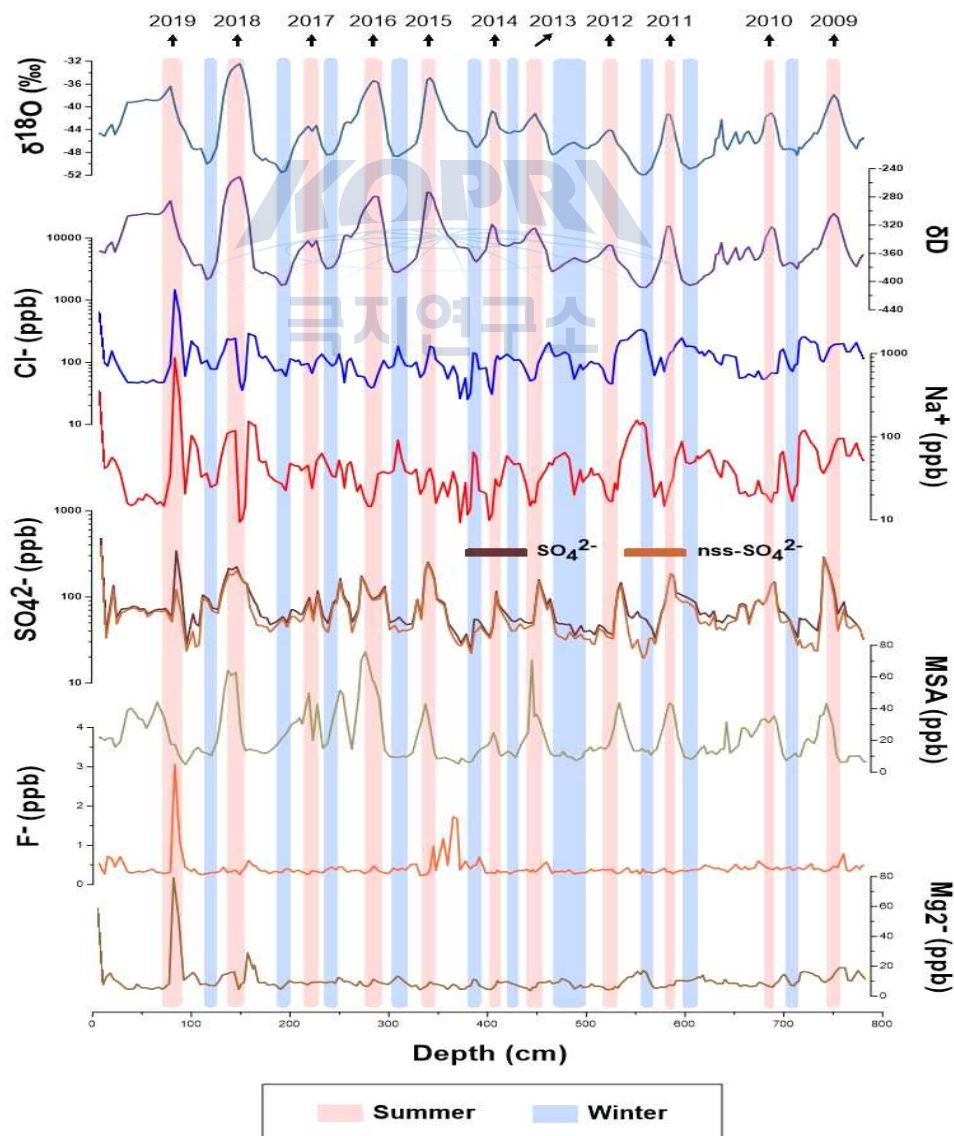


<그림 40. KR008 핸드오거 시료 하부 (100~367cm)의 $\delta^{18}\text{O}$ 과 d-excess 관계>

- 남극내륙 주요 연구활동 지역인 빙저호 연구캠프 지역에서 시추한 D2 핸드오거 시료의 자료를 보면 표층부터 최 하부인 783.5cm 깊이까지 물 안정동위원소 비의 계절변화가 뚜렷하게 나타남
- 여름철에 상대적으로 높은 값을 갖고 겨울철에 낮은 값을 보이는 빙설시료의 물 안정동위원소 비 특성을 고려할 때, 빙저호 연구캠프(D2)에서 시추한 8m 깊이의 핸드오거 시료는 과거 2008~2019년의 11년간 대기환경 변화기록을 보임
- 물 안정동위원소 비 자료를 통해 확인한 빙저호 연구캠프 지역의 연평균 적설량은 67.2cm/yr 이었으며, 이는 장보고기지 기점 733km 지점에서 확인된 70cm/yr 의 적설량과 유사한 반면, Dome C 콘코르디아 기지에서 보고된 9cm/yr의 적설량 ((Caiazzo *et al.*, 2021, *Atmosphere*, 12 (7))에 비해서는 7.5배 높은 양을 보임
- D2 핸드오거 코어시료의 이온분석 결과를 보면 Methylsulfonic acid (MSA)와 Sulfate (SO_4^{2-})의 농도는 주로 여름철에 높은 값을 보이는 반면, Sodium (Na^+)과 Chloride (Cl^-)의 농도는 대체로 겨울철에 증가하는 양상을 보임
- D2 핸드오거 코어시료의 MSA와 SO_4^{2-} 의 농도가 여름철에 높은 값을 보이는 것은 MSA의 전구물질인 Dimethyl sulfide (DMS)가 해양 플랑크톤에서 기원한다는 점을 고려할

때, 여름철에 해빙이 감소하면서 해양-대기 교환 작용이 활발해짐에 따라 해양에서 대기 중으로 방출된 DMS가 빙저호 연구캠프 지역으로 이동하면서 대기 중에서 화학반응을 통해 MSA 및 SO_4^{2-} 로 변화하기 때문인 것으로 추정

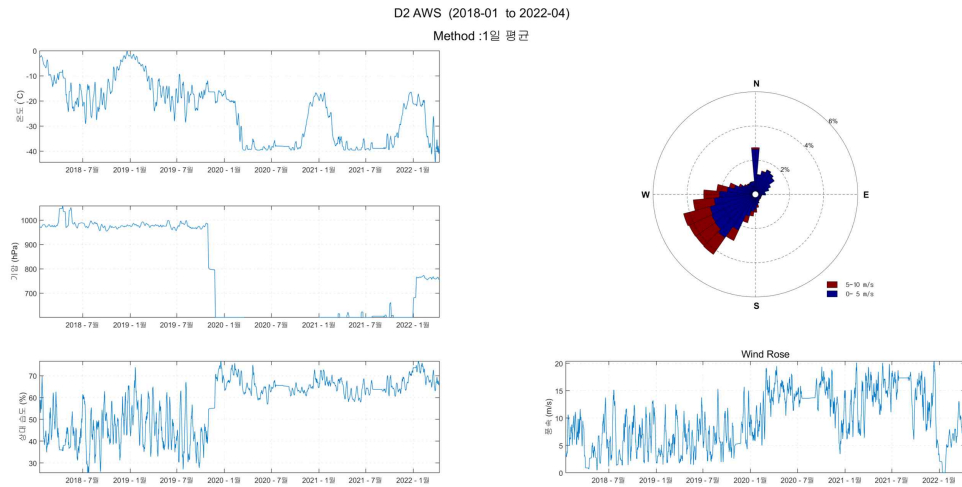
- 반면, Na^+ 과 Cl^- 는 해빙이 감소하는 여름철에 농도가 감소하고 해빙이 증가하는 겨울철에 농도가 증가하는 양상을 보였으며, 이는 이들 원소가 해수에서 직접 대기 중으로 방출되기 보다는 해빙이 형성될 때 해빙 표층에 Frost flower 형태로 방출된 후 바람에 의해 내륙으로 이동이 원인일 수 있음
- 극지 빙설시료에서 화산활동의 프록시로 활용되는 F의 농도변화를 보면 80cm와 360cm 전후에서 피크 형태의 농도 증가를 보였으며, 80cm 깊이의 시료에서 대부분의 이온화화종들이 유사하게 피크형태의 농도 증가를 보이는 것으로 미루어 볼 때, 해당 시기에 화산활동의 영향이 강하게 나타났을 것으로 사료되나 360cm 깊이의 시료에서는 다른 화학종의 농도 증가가 보이지 않아 화산활동 이외의 기원의 가능성을 시사함
- Mg^{2+} 의 경우, 화산활동의 영향이 있었던 80cm의 농도 피크를 제외하면 뚜렷한 계절변화 특성을 보이지 않는데 이는 Mg^{2+} 의 기원이 주로 지각 먼지라는 점을 고려할 때 해안가에 일부 노출된 토양에서 발원한 지각 먼지의 이동이 제한적임을 알 수 있음



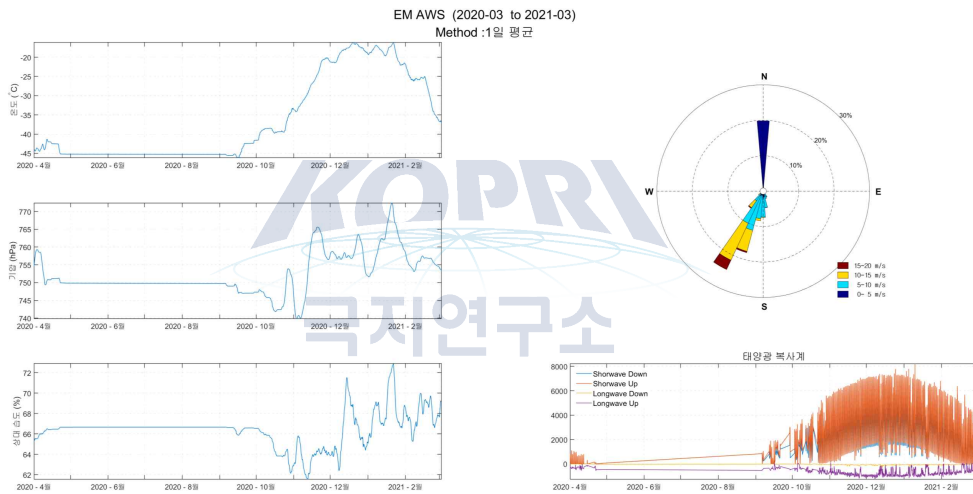
<그림 41. D2 핸드오거 코어시료의 물 안정동위원소 및 이온 화학종 변화기록>

(3) 3차년도 (2022)

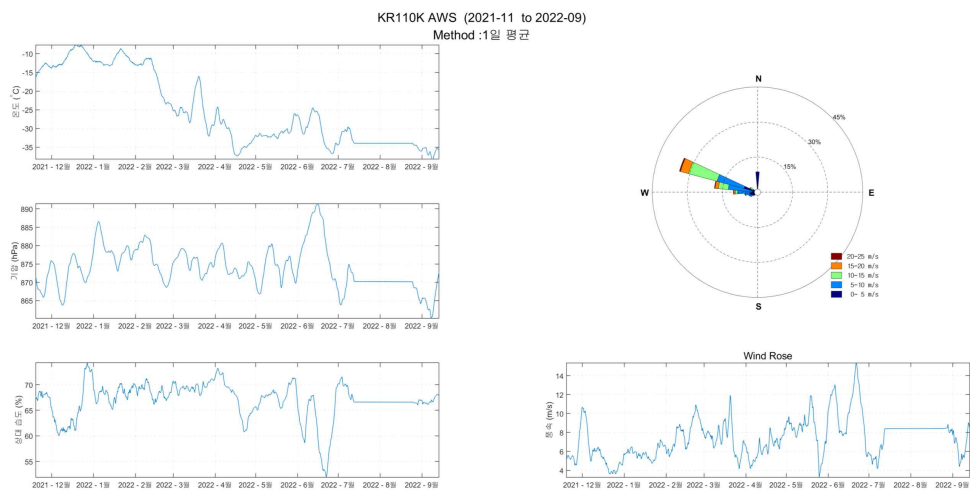
○ 빙저호 시추캠프, 블루아이스 지대, 베이스캠프 등 남극내륙 연구캠프 기상자료 모니터링



<그림 42. 빙저호 시추캠프 기상 자료>

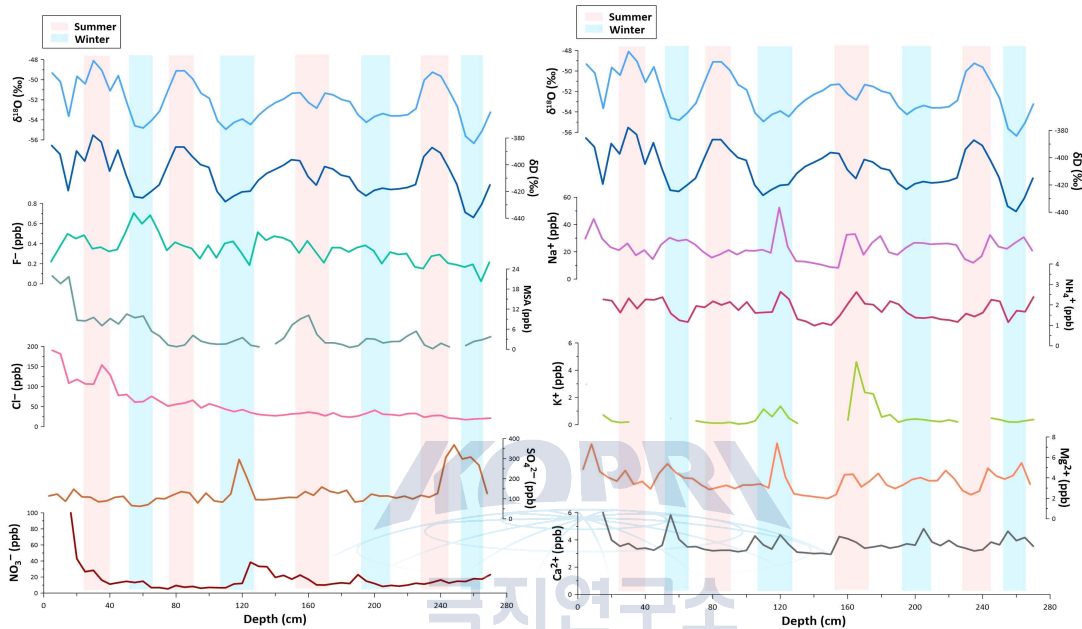


<그림 43. 블루아이스 시추거점 기상 자료>

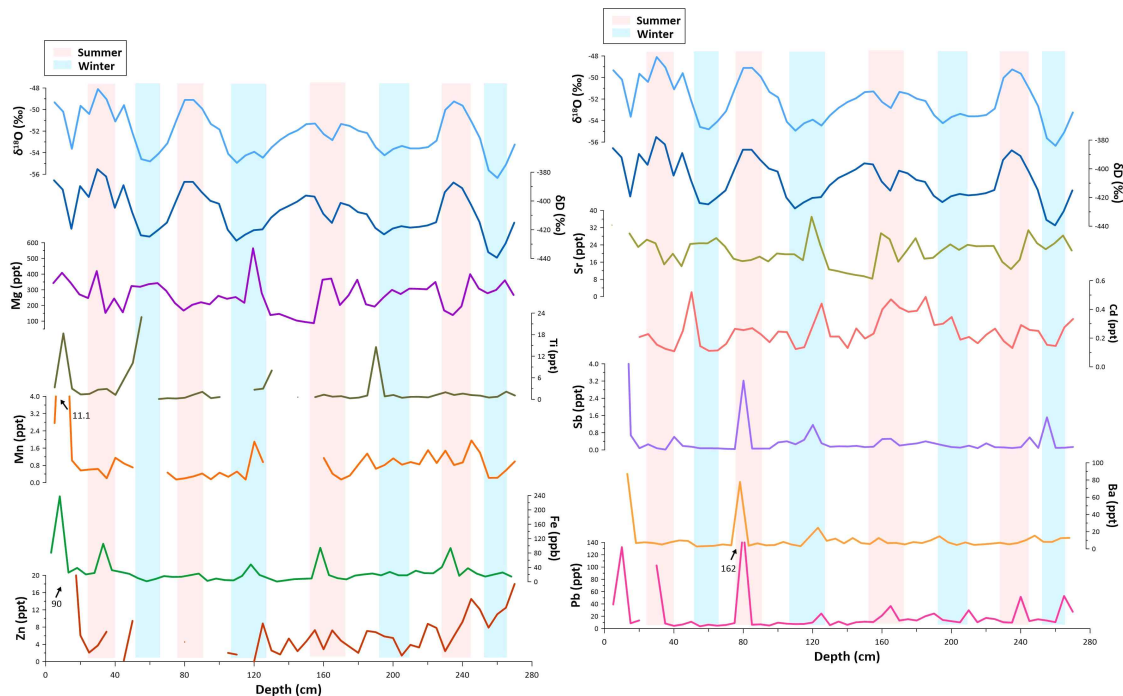


<그림 44. 남극내륙탐사 베이스캠프 기상 자료>

- 2차년도에 채집한 심부빙하 시추후보지 연구캠프 내 2.8m 깊이 주상 눈시료(snow pit) 분석
 - 연구캠프 지역 적설량 및 과거 6년간 대기 에어로졸 조성 변화기록 복원
 - 해당 지역의 적설량은 연평균 46cm인 것으로 확인
 - Na^+ , Cl^- 등 해양프록시 농도가 겨울철에 증가하는 양상을 보여 동계 기간 해빙이 형성될 때 해빙표면에 쌓인 해양염분이 남극내륙으로 이동하는 것으로 사료
 - 미량 중금속의 경우, 여름철에 농도가 증가하는 양상을 보이며, 이는 하계기간 남극내륙 연구활동 등의 인위적인 영향이 증가하는 것을 시사

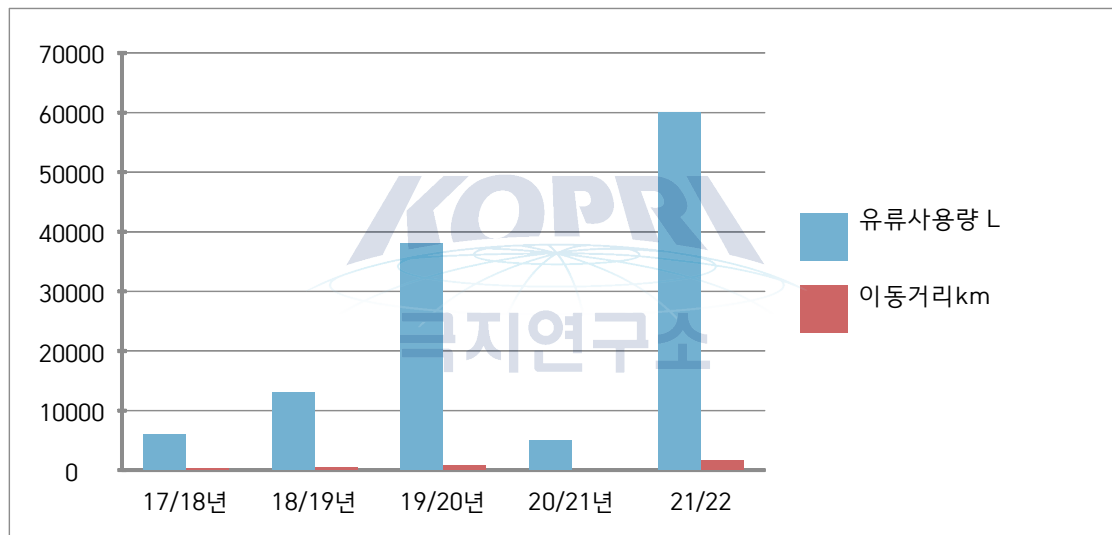


<그림 45. 심부빙하 시추후보지 연구캠프 snow pit 이온성분 분석결과>



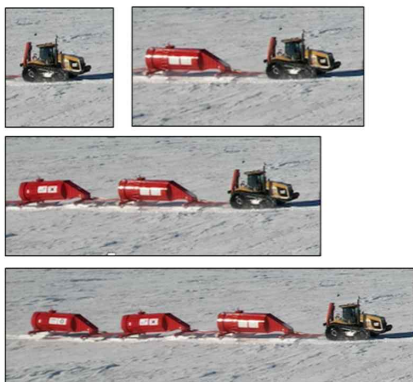
<그림 46. 심부빙하 시추후보지 연구캠프 snow pit 미량원소 분석결과>

- 기존 탐사 중 장비별 연료소모량, 연료 운송 및 관리방법, 대기오염물질 발생량, 폐기물의 종류 및 발생량, 외래종 유입가능 경로 등 항목별 영향요인 예측
 - 과거 5년간 내륙진출루트 거리 증가에 따라 유류사용량 순차적 증가
 - 초기 3년간(2017~2019) 디젤유를 사용하였으나 항공기 활용 효율 향상을 위해 2019년부터 JP-5 항공유 사용
 - 2차년도(21/22) 탐사 시, 1300km 왕복에 60,000리터 소요
 - 향후 연구캠프 운영을 위한 연료 비축분을 고려할 때 매 시즌 100,000리터 유류 확보 필요
 - 현재 연료수송을 위해 호주 엘핀스톤사의 쉘매 일체형 12,000리터 탱크를 활용 중이나 향후 연구캠프 내 연료비축은 ISO 탱크를 활용하는 것이 효율적일 것으로 사료됨
 - 다만, 남극내륙의 극한환경을 고려할 때, 미량의 수분도 연료질 저하를 야기할 수 있으므로 ISO 탱크 내 수분침투 방지 방안과 블리자드로 인한 눈 유입을 방지하기 위한 유입배관 봉인 시스템 필요
 - 현재 헬리콥터를 활용하여 장보고기지로부터 베이스캠프로 연료를 운송하고 있으나 환경 및 비용 부분을 고려할 때 보완책 필요



<그림 47. 남극내륙 진출루트 개척 연차별 연료 소모량 (20/21 년 코로나19로 탐사중지)>

Tractor : 100~240m/L



Snow vehicle : 300~450m/L



<그림 48. 차종 별 남극내륙탐사 운행 연비>

2. 연구지원 시스템 구축 (1단계)

가. 연구캠프 안전구역 설정

(1) 1차년도(2020)

- 장보고기지-남극내륙탐사 베이스캠프 간 크레바스 위험구간 조사
 - 장보고기지 기점 30km 지점 브라우닝 패스 위험구간 탐침 조사를 통한 크레바스 현황 파악 및 기문 작업을 통한 안전루트 설정
 - 장보고기지 기점 100km 지점 타른플랫 상부 크레바스 위험구간에 대한 사전 정찰 실시
 - 베이스캠프 주변 빙원-산악지형 접경지역 위험구간에 대해 정찰 및 크레바스 지점 기문 작업 수행



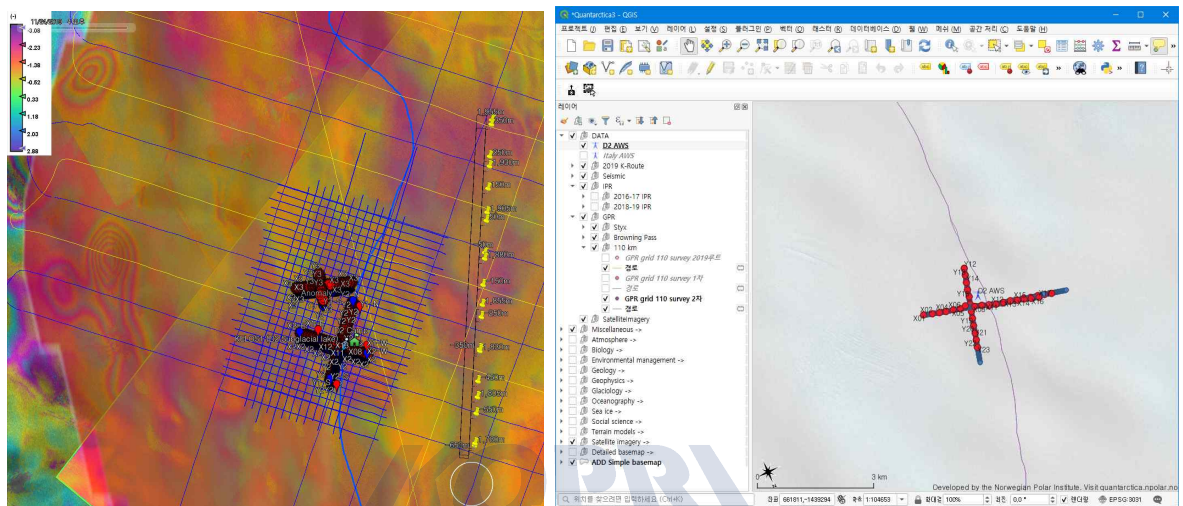
<그림 49. 1차년도 K루트 크레바스구간 및 베이스캠프 정찰>

(2) 2차년도(2021)

- 빙저호 연구캠프 안전구역 설정
 - 원격탐사 자료를 바탕으로 탐사 전 빙저호 연구캠프 주변 크레바스 분포 및 안전도 확인 및 안전구역 GIS DB 구축
 - 탐사차량의 최소 회전반경을 고려하여 각 탐사차량을 기준으로 반경 25~30m 연구캠프 주변 안전구역 설정 프로토콜 정립
 - 빙저호 연구캠프 운영 전 탄성과 탐사를 위한 열수시추 지점 및 탐사축선을 따라 안전대원의 빙원탐사 선행 후 연구 활동 개시
 - 열수시추 지점과 탐사축선에 각각 대나무와 스키폴대로 구분하여 기문을 설치한 후, 기문 기준 진행방향 좌측으로 차량 및 작업 인력 이동 유도



<그림 50. 빙저호 시추 후보지 연구캠프 안전구역 정찰>



<그림 51. 원격탐사자료를 통한 빙저호 연구캠프 안전구역 GIS DB 구축>

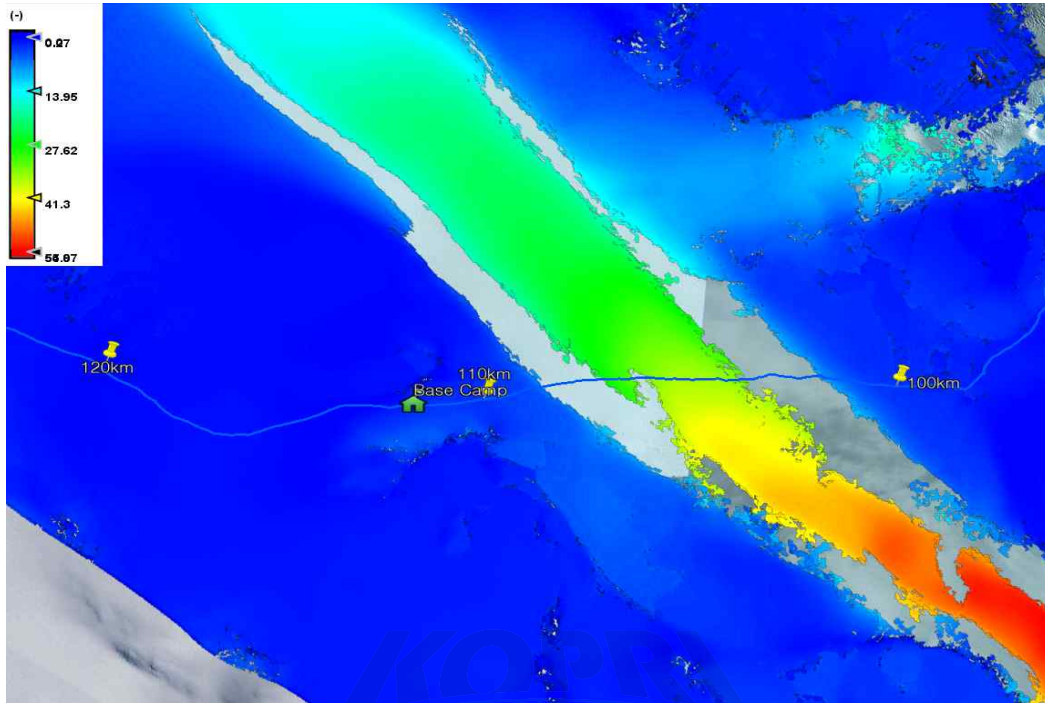


<그림 52. 남극내륙 탐사 중 숙영지 안전구역 설정 프로토콜>

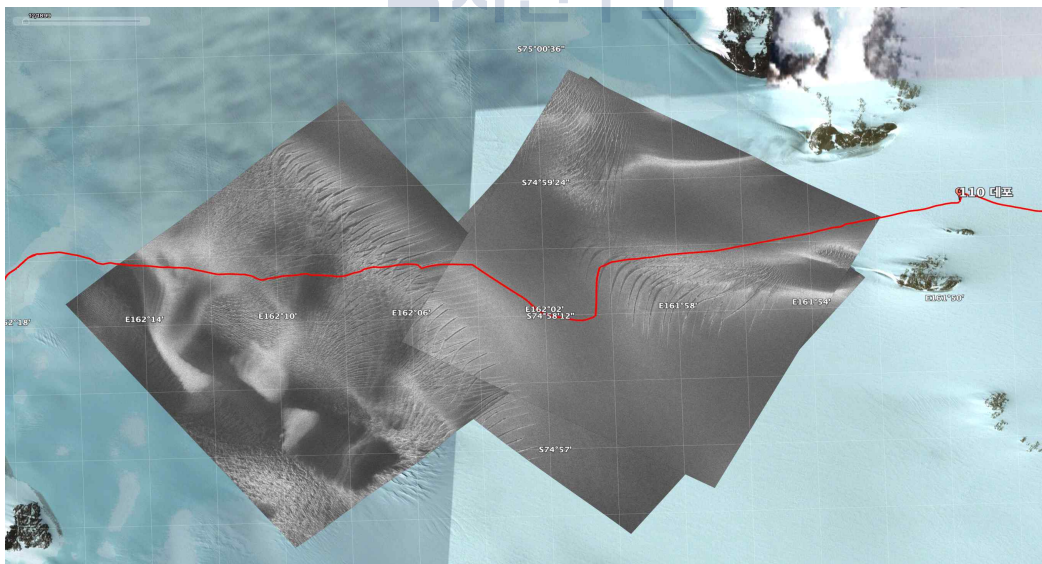
(3) 3차년도(2022)

○ 빙저호 연구캠프 안전구역 설정

- 원격탐사 자료를 기반으로 베이스캠프 지역 빙하 이동속도 분석
- 위성사진을 통한 크레바스 지역 파악



<그림 53. 베이스캠프 지역 빙하 이동 속도 분석>



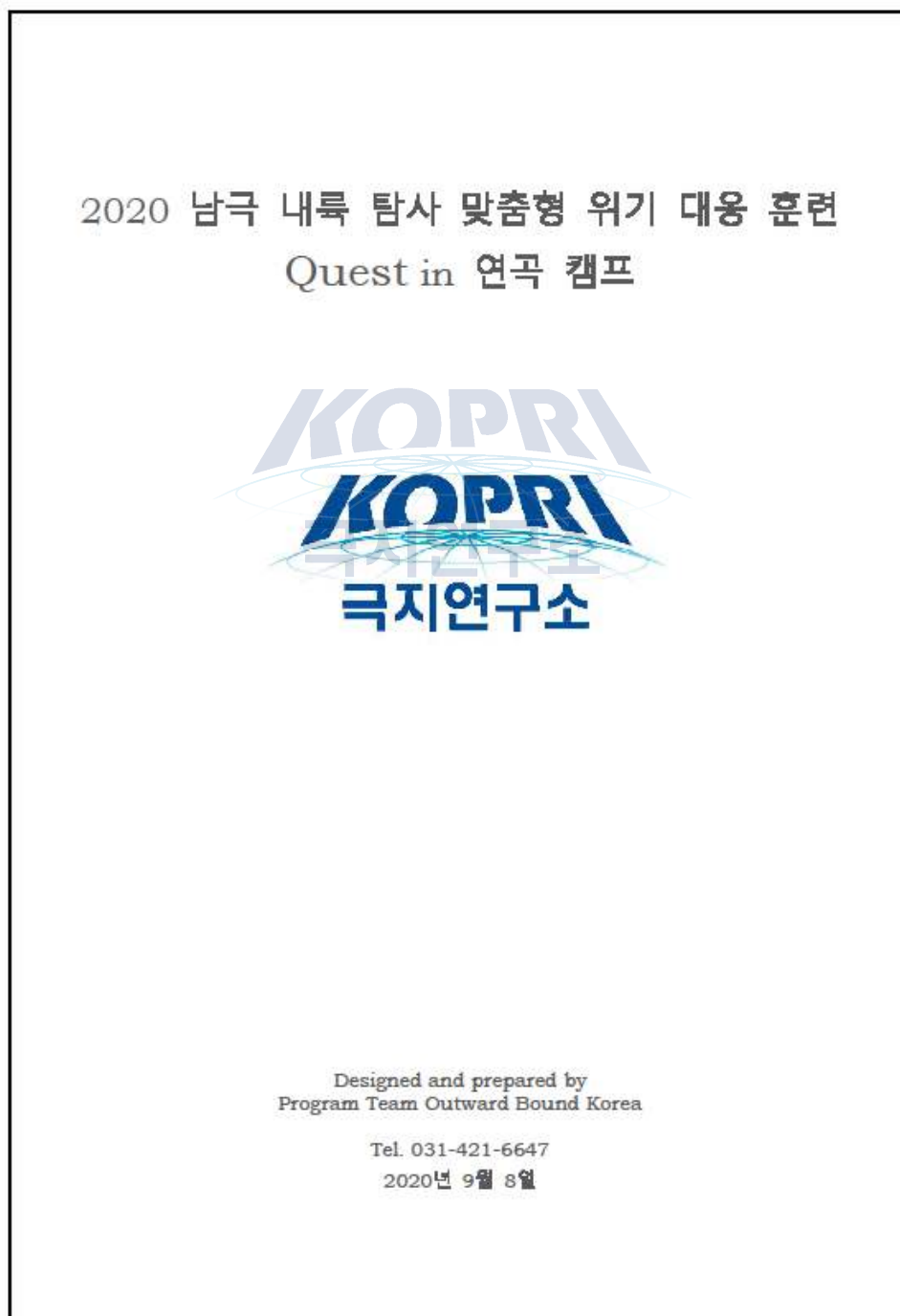
<그림 54. 100km 크레바스 위험구간 위성사진 자료, 2022년 3월 KOMPSAT-5 SAR>

나. 안전매뉴얼 작성

(1) 1차년도(2020)

○ 극지적응훈련 강화

- 2020 남극내륙탐사 맞춤형 위기대응훈련'의 경우 국내 및 남극 현장에서 실시 예정이었으나 코로나19 확산으로 인해 취소됨
- 남극내륙탐사 맞춤형 응급처치 교육과 실제 사용하는 현장 장비를 활용한 팀워크 훈련이 포함된 국내 훈련 프로그램을 개발
- 남극현장에서의 극지안전훈련 수행을 위한 훈련장소 현장 답사



<그림 55. 내 남극내륙 맞춤형 안전훈련 기획(안)>

남극 내륙 탐사 맞춤형 위기 대응 훈련 - Quest

참가자들은 여행, 탐험, 모험을 의미하는 Quest 과정을 통해 남극 내륙 탐사 활동에 필요한 소속감, 팀워크 그리고 남극 생존 기술을 습득하고 또 그 스스로가 자신에 대한 성찰을 통해 발전을 경험합니다.

이를 위해 팀 단위 활동을 기본으로 캠핑 및 취사, 응급처치, 남극 생존 로프 기술 훈련으로 구성되어 남극 내륙 탐사 중에 발생할 수 있는 크고 작은 위험 상황에서 본인 및 팀의 안전을 유지하고 탐사 목적을 달성하는데 필요한 훈련으로 의미 있는 효과를 얻을 수 있도록 기획되었습니다.

특히 현재의 COVID-19 재 확산 영향으로 질병관리본부의 강화된 사회적 거리 두기 대응 지침에 따라 훈련이 추구하는 목적 달성과 함께 철저한 사회적 거리 두기 대응 지침을 준수하도록 준비되었습니다.

개요

1. 일시: 2020년 9월 16~18일(2박3일)
2. 인원: 8명(K-루트 팀)
3. 장소: 강원도 일원
4. 훈련 내용

구분	Norming → Storming	Storming → Forming	Forming → Performing
일수	1일차	2일차	3일차
구성요소	Expedition (Backpacking) Camping	GPS, 응급상황 대응법 Communication Skill Camping	Rope Technique 캐러반 내 위성전화 설치 및 이용법/ Debriefing

목적 및 기대 효과

남극 내륙 탐사 활동에 필요한 남극 생존 기술 습득뿐만 아니라 팀워크를 강화하여 탐사 활동의 효율성과 안전성을 높이는 데 있다.

1. 팀의 목표를 명확하게 하며 이를 공유하여 강한 팀워크를 생성한다
2. 남극 내륙 탐사 활동에 있어 필요한 안전 기술을 습득하여 안전 사고 대응 능력을 향상시킨다.
3. 남극 내륙 탐사 활동에 자부심을 부여하며 극지연구소에 대한 소속감을 높인다.



Professional Polar Safety Program
Designed by Outward Bound Korea

일정

1일차	주요 내용	장소
08:30~	극지연구소 출발	
11:30~	중식(오삼 불고기)	강원도 용평
12:30~	이동 (식당 →교육장 or 백패킹 Start Point)	
13:00~	Start Point 도착 및 Opening 과정 일정 공지 및 주의 사항 전달, 강사 소개, 장비 및 식량 전달	강원도 강릉시 명주군왕릉
14:00~	백패킹 (8.5km, 명주군왕릉 → 용연동 캠프장, 난이도 하) 성공적인 남극 내륙 탐사는 “함께 안전하게” 목적 달성하는 것으로 팀원 상호 간의 협력이 중요합니다. 특히 이런 과정을 통해 팀의 목적 달성 의지와 팀워크를 강화합니다 특히 남극 대륙 내 탐사 환경과 유사하게 제한된 식량과 물, 장비, 자원을 활용하는 법에 대한 실질적인 체험의 기회가 제공됩니다.	강원도 강릉시 성산면 일원
17:00~	Camp1 도착 및 Camp craft, 석식 - 취사식	용연계곡 야영장
19:30	Review of day 1일차 산행에 대해 느낀 점과 2일차 계획에 대해 공유하며 마무리합니다.	
22:00	개인 정비 및 취침	
2일차	주요 내용	장소
07:00~	기상 및 조식-취사식, Camp craft	
09:00	이동→ 연곡 OBK 교육장 by 차량	
09:30	연곡 OBK 교육장 도착 및 Camp-craft .개인 정비	
10:30	Team work Activity : flying disk soccer	
12:00~	중식: 취사	연곡면 소재
13:30~	응급처치 교육: 남극 내륙 탐사 실정에 맞는 최적화된 모듈 적용 리스크 관리의 최우선 사항인 “사고 예방”에 필요한 남극 내륙에서의 위험 사례 및 기본 건강관리 지침, 골절에 따른 부목법, 심폐소생술 교육 실시 	연곡 OBK 교육 장 야외 잔디밭
17:00~	GPS 실습: 보급품을 찾아라 Camp craft 장비와 식량 등이 보관된 지점의 좌표를 참가자가 직접 입력해서 찾아가는 과정을 통해서 GPS 활용의 중요성을 인식하고 사용 능력을 배양한다. Camp craft & 석식(취사식)	연곡 OBK 교육장 일원



Professional Polar Safety Program
Designed by Outward Bound Korea

<그림 55. 계속>

20:00~	Communication Skill: Fear in the hat 이번 남극 내륙 탐사에서 걱정되는 점을 주제로 경험자와 비 경험자가 격 식없이 이야기하는 과정에서 상호 간의 공감대를 형성한다. .	연곡 OBK 교육 장 야외 잔디밭
22:00~	개인 정비 및 취침(1인 1텐트)	연곡 OBK 교육 장 캠프사이트
3일차	주요 내용	
07:00~	Morning stretch, 조식 (취사식)	
08:00~	Rope technique 남극내륙탐사 활동에 필요한 필수적이고 기본적인 로프 매듭법 및 자가 탈출에 필요한 장비 사용법에 대한 교육 	연곡 OBK 교육 장 야외 잔디밭
10:00~	통신 교육: 캐러반 내 위성 전화 설치 및 이용법 이리듬 사용 및 설치 교육	연곡 OBK 캠프 장 강의실
11:00	Camp site clean-up 및 final debriefing	연곡 OBK 캠프 장 일원
12:30	교육 종료 및 이동	
13:00	중식(매식)	연곡면 소재
14:00	해산	

* 상기 일정은 현지 사정으로 변동될 수 있습니다.

COVID-19 대응 지침에 따른 운영

COVID-19 재확산에 따라 질병관리본부의 대응 지침에 따라 운영 원칙을 아래와 같이 적용 합니다.

- 시작 전, 참가자 개인 별 과정등록신청서 작성 및 제출을 통해 참가자 건강 상태 파악합니다.
- 일정 중 마스크 착용은 필수이며 훈련 세부 요소 별 세부 규칙을 수립, 이를 적용합니다.
- 1 인당 최소 2 개 이상의 마스크를 준비합니다. (최소 1 일 1 개의 마스크)
- 훈련 기간 중(숙박 포함) 사람과 사람 사이, 두팔 간격 건강 거리두기를 반드시 지킵니다
- 모든 야외 활동 시 마스크 착용 여부를 포함한 COVID-19 에 따른 행동 수칙은 담당 강사의 지침을 따릅니다.
- 30 초 손 씻기 및 기침 예절(옷 소매)를 준수합니다.
- OBK 강사가 발열 체크합니다. 만약 구성원 중에서 37.5 도 이상 고열 또는 인후염 증상이 발생할 경우 (1339 또는 지역 번호+120)나 보건소에 문의 후 선별 진료소로 이동해서 검사를



Professional Polar Safety Program
Designed by Outward Bound Korea

<그림 55. 계속>

받습니다. 선별 진료소로 이동 시 OBK 지원 차량 또는 택시를 이용하여 지원 강사가 동행합니다.

- COVID-19 검사 결과에 따라 현지 자가 격리, 선별 진료센터 입소 할 수 있습니다.
- 개인 위생을 위해 마스크를 포함해 물티슈 또는 손수건, 손 세정제를 필수적으로 준비합니다.
- 확인되지 않은 정보가 아닌 믿음만한 정보를 신뢰하며 세부사항은 질병관리본부 기본 지침을 따릅니다.



Professional Polar Safety Program
Designed by Outward Bound Korea

<그림 55. 계속>

교육 과정

Expedition

구분	주요 내용	COVID-19 사회적 거리두기
목적	체력 증진 및 팀워크 강화	• 2m 간격 유지 • 마스크 착용 • 개인 별 손수건, 물티슈 활용
교육 내용	1. 아웃도어 기초 기술 습득 및 적용 능력 향상 2. 팀원 상호 간의 신뢰성 증진 및 소속감 부여 3. 팀 목표 공유 및 달성 의지 강화	
소요시간	5 hours	

응급처치교육

구분	주요 내용	COVID-19 사회적 거리두기
목적	응급 상황 발생 시 행동 요령 습득	• 야외 공간에서 실시 • 개인 별 애니 배당 • 개인위생 장갑 착용 • 2m 간격 유지 • 마스크 착용
교육 내용	1. 내륙 탐사 시 발생할 수 있는 건강악화 예방법 교육 2. 염좌, 골절, 타박상 등에 대응할 수 있는 봉대법 교육 3. 저체온증, 동상 등 남극 내륙 탐사 시 발생할 수 있는 상황에 대한 교육	
소요시간	3 hours	

GPS 교육

구분	주요 내용	COVID-19 사회적 거리두기
목적	중요 포인트 위치 파악 및 찾아갈 수 있는 능력 배양	• 실내외 공간 활용 - 실내: 사례 영상 - 실외: 실습 • 2m 간격 유지 • 마스크 착용
교육 내용	GPS 앱에 좌표를 입력해서 캠핑 장비와 식량이 보관된 위치를 직접 찾아가는 게임 형식으로 교육 효과를 증진시킴 1. 위도/경도 및 남극의 지리적 특이성 이해 2. GPS 이용 실습을 위한 어플리케이션 교육 (스탬프플레이어)	
소요시간	3 hours	

Camp craft: 야외 숙식

구분	주요 내용	COVID-19 사회적 거리두기
목적	추위를 제외한 야외 숙식 훈련	• 식사 시 2m 간격 유지 및 개인 접시 활용 • 마스크 착용 • 취사 시 비닐 장갑 착용 • 손 씻기 • 1인 1텐트 사용
교육 내용	남극 내륙 탐사 활동 시 수반되는 캠핑과, 취사 실습을 통해 적응력을 향상 1. 야외 생활에서의 역할 분담 2. 캠핑 및 취사 실습	
소요시간	3 hours	



Professional Polar Safety Program
Designed by Outward Bound Korea

<그림 55. 계속>

Communication skill: Fear in the hat

구분	주요 내용	COVID-19 사회적 거리두기
목적	참가자 상호간의 동질감 및 공감대 획득	• 야외 공간 활용 • 2m 간격 유지 • 마스크 착용
교육 내용	주어진 주제에 대해 경험자와 비경험자 간의 형식 없는 대화를 통해서 유대감 강화 1. 남극내륙탐사 활동 시 물리적/심리적 위험 요인 공유 2. 담당 역할 수행에 따른 심리적 부담 해소	
소요시간	2 hours	

Rope technique

구분	주요 내용	COVID-19 사회적 거리두기
목적	Rope 활용 기술 습득으로 남극 내륙 탐사 활동의 효율성 향상	• 실내외 공간 활용 - 실내: 사례 영상 - 실외: 실습 • 개인 별 실습 장비 지급 - 헬멧, 하네스 등 • 2m 간격 유지 • 마스크 착용
교육 내용	1. 장비 사용법 (올바른 헬멧 착용법, 하네스 착용법, 하강기, 카라비너 사용법 등) 2. 매듭법 (8자 매듭, 보올라인 매듭, 클로브히치 매듭, 하프 클로브히치 매듭, 푸르지크 매듭 등) 3. 자가 탈출 실습(등/하강)	
소요시간	2 hours	

통신 교육

구분	주요 내용	COVID-19 사회적 거리두기
목적	Rope 활용 기술 습득으로 남극 내륙 탐사 활동의 효율성 향상	• 실내 공간 활용 - 실내: 영상/이론 교육 • 2m 간격 유지 • 마스크 착용
교육 내용	1. 캐러밴 내 위성 전화 설치 법 2. 위성 전화 사용법	
소요시간	1 hours	

식사 계획

구분	내용
식사	현지 제공(매식) 1일차 중식(오삼불고기), 2일차 석식 (BBQ) 3일차 중식(삼계탕)
	취사 1일차 석식, 2일차 조/석식, 3일차 조식
	행동식 2일차 중식

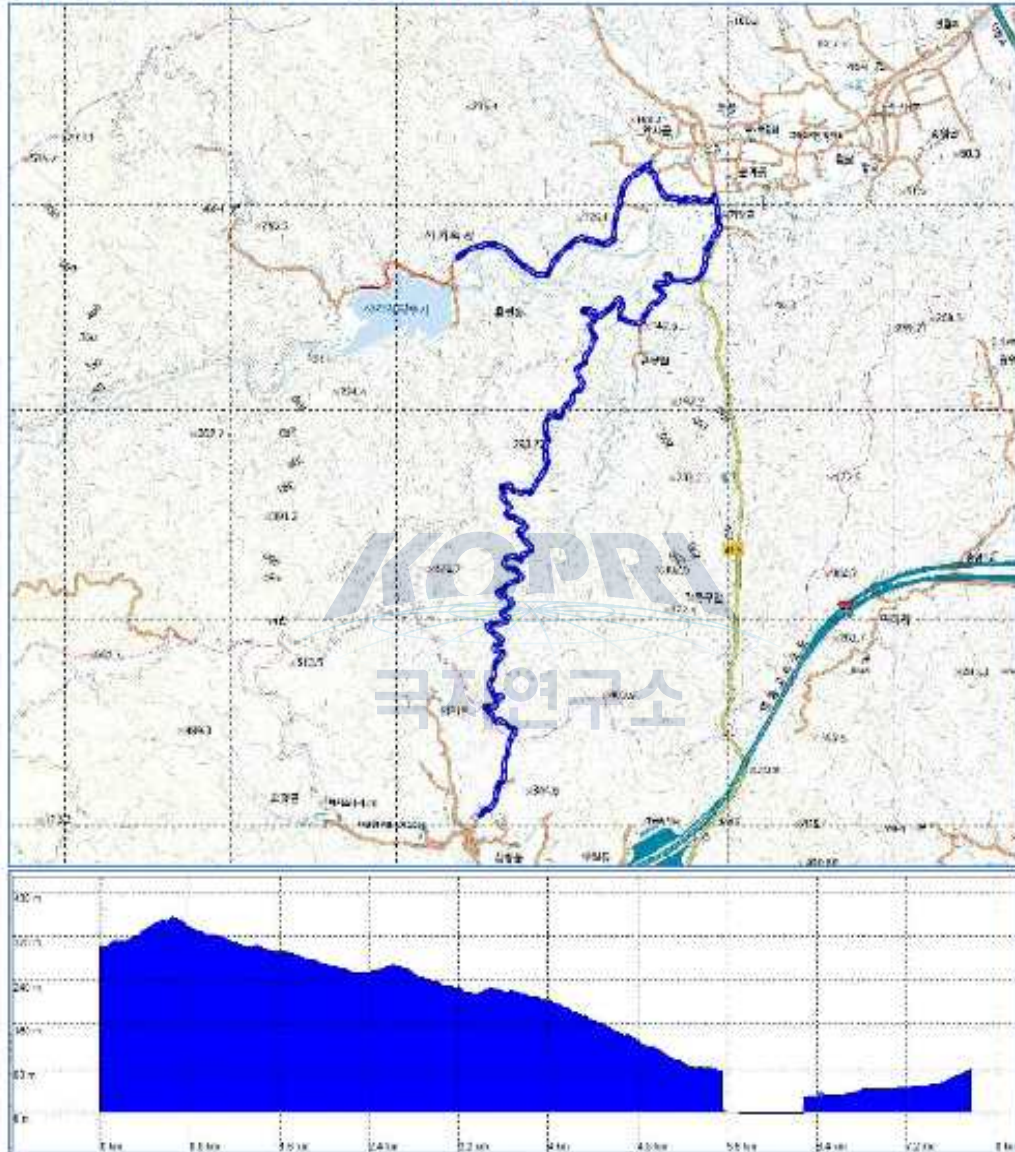


Professional Polar Safety Program
Designed by Outward Bound Korea

<그림 55. 계속>

백패킹 코스

강릉 바우길 4구간으로 백두대간의 줄기에서 푸른 동해바다까지 나아가는 길로서 참가자들은 식량 및 캠핑 장비 일체를 갖고 이동합니다. 약 8.5km로 임도 또는 도로로 이뤄진 코스로 전체적으로 내리막 경사로 난이도는 하(下)이며 소요 시간은 3시간입니다.



Professional Polar Safety Program
Designed by Outward Bound Korea

<그림 55. 계속>



<그림 56. 남극현장 극지안전훈련 실시를 위한 훈련장 현장답사>

○ 남극내륙탐사 중 연구캠프 내 카라반 활용을 위한 매뉴얼 작성

ANTARCTIC KOREAN ROUTE EXPEDITION

남극 내륙탐사 캠프 카라반 생활 매뉴얼

Volume 1



K루트 팀

- 1 -

<그림 57. 남극내륙탐사 캐러반 사용 매뉴얼>

목 차

1. DESCRIPTIONS	3
1.1 카라반 구조	
1.1.1 리빙 카라반	
1.1.1.1 침실	
1.1.1.2 주방 및 거실	
1.1.1.3 통신실	
1.1.2 발전 카라반	
1.1.2.1 침실	
1.1.2.2 발전실	
1.1.2.3 샤워실/화장실/세탁공간	
2. OPERATIONS & MAINTENANCE	5
2.1 GENERAL BUILDING OPERATIONS	
2.1.1 거실	
2.1.2 청창/환기	
2.1.3 창문/암막 롤 셔터	
2.1.4 Door (Interior/Exterior)	
2.1.5 계단/샤다리/침대난간	
2.2 MAINTENANCE SYSTEM	
2.2.1 발전기	
2.2.2 화장실	
2.2.3 통신/Signal Systems	
3. SPECIFICATIONS	7
3.1 Living Caravan Appliance	
3.1.1 Electric Upright Cooker	
3.1.2 Garbage Compactor	
3.1.3 Caravan Bedding	
3.2 Refueling equipment	
3.2.1 Fuel pump	
3.2.2 Electric power supply and Control	
3.2.3 Hose Reel *2	
3.2.4 Hose	
3.2.5 Dry Break Couplings	
3.2.6 Delivery Nozzle	
3.3 Electric Power Generation Equipment	
3.4 Living Caravan Module	
3.5 Utility Caravan Module	
3.6 Utility Caravan Mechanical Services	
4. APPENDICES	10
4.1 안전수칙	
4.1.1 카라반생활	
4.1.2 캠프주변활동	
4.1.3 고충/불편사항	

1. DESCRIPTIONS

1.1 카라반 구조

남극 내륙탐사 시 숙소로 사용되는 카라반은 그 목적에 따라 크게 리빙 카라반과 발전 카라반으로 나뉘고 이 두 개 카라반이 한 개 조이다. 현재 남극에는 두 개 조(1호, 2호)의 카라반을 보유하고 있다.

1.1.1 리빙 카라반

리빙 카라반은 두 개의 4인용 침실, 주방(거실) 및 통신실을 포함하고 있고 회의 및 기지 교신 등 탐사 시 베이스캠프 용도로 활용된다.

1.1.1.1 침실

리빙 카라반에는 총 두 개의 4인용 침실이 있고 대원들의 업무에 따라 입구 방향에는 안전요원이 통신실 방향에는 연구원이 배정된다.

1.1.1.2 주방 및 거실

주방에는 부식과 간식을 보관할 수 있는 캐비닛과 음식 조리에 필요한 인버터 4구, 오븐, 전자렌지, 전기 밥솥 및 조기도구가 비치되어 있다.
거실에는 최대 12명이 식사를 할 수 있는 의자와 테이블이 있고 이는 회의 공간으로도 활용된다.

1.1.1.3 통신실

통신실은 카라반 제일 안쪽에 위치하고 위성 와이파이 장비와 위성 이리듬 전화 무전기 충전용 박스가 있다.



1.1.2 발전 카라반

발전 카라반은 한 개의 4인용 침실, 발전실, 샤워실 및 화장실을 포함하고 있고 세탁기 및 건조기 등 세탁시설을 포함하고 있다.

1.1.2.1 침실

리빙 카라반에는 한 개의 4인용 침실이 있고 중장비 대원이 사용한다.

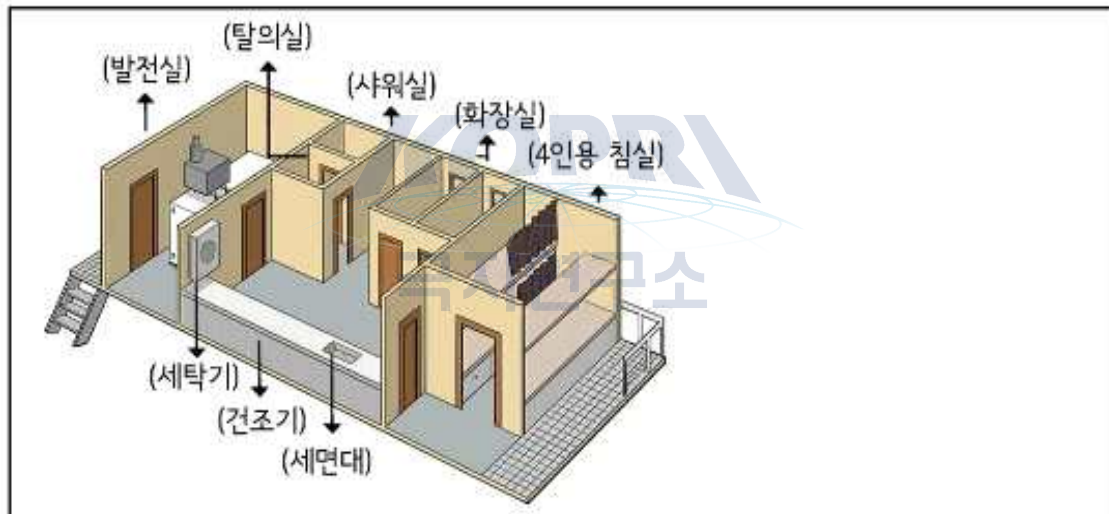
1.1.2.2 발전실

발전실에는 최대 50Kw의 전력을 생산 할 수 있는 발전기와 컨트롤 박스 및 공구박스 등이 있다.

1.1.2.3 샤워실/화장실/세탁공간

침실 방향 좌측으로 샤워실, 소변기, 화장실이 위치한다. 소변기는 관리 문제로 사용을 금지하며 화장실은 총 두 칸이다. 화장실 맞은편에 세면대가 있고 우측으로 건조기 및 세탁기가 있다.

※ 발전실, 세탁실 및 화장실 등의 사용법과 유의 사항 등은 다음 장 "2. OPERATIONS & MAINTENANCE"에서 다룬다.



2. OPERATIONS & MAINTENANCE

2.1 GENERAL BUILDING OPERATIONS

2.1.1 거실 & 침실

거실에는 최대 12명이 앉아서 식사나 회의를 할 수 있는 의자와 테이블이 있다. 의자는 고정식이며 창가 쪽 의자 쿠션 아래에는 별도의 수납공간이 있다. 거실 양쪽 벽면으로 큰 테이블이 고정되어 있고 테이블 사이 통로에 작은 거치 식 판을 놓아 일자형 테이블을 만들어 공간을 활용 할 수 있다.

취사기구는 외부에 기스가 나거나 녹이 슬지 않게 항상 깨끗하게 세척하고 건조시켜 보관하도록 한다. 특히 선단이 이동 시 마찰로 인해 외/내부에 손상이 없도록 라이닝 할 때 고무줄 등으로 고정에 신경을 쓴다.

지정받은 침구류는 개인이 철저히 관리한다. 주 1회 이상 햇볕에 건조시키고 이물질이 묻을 경우나 인원 교체 등으로 침구류가 타인에게 인계가 되어야 하는 경우를 대비해 항상 깨끗한 상태를 유지하도록 노력한다.

2.1.2 천장/환기

거실 천장 가운데 환기를 할 수 있는 창문이 있고 문 가운데 동그란 버튼을 누르고 당기며 환기를 시킨다. 창 아래쪽에는 좌우 손잡이가 있고 손잡이 Lock을 해제하면 문이 열려 외부공기의 직접 유입이 가능하다. 이외에 외부로 열리는 창문은 리빙 카라반에서 싱크대 앞쪽과 고정식 의자 뒤편, 발전카라반에서는 샤워부스와 화장실 사이에 있다.

2.1.3 창문/암막 롤 셔터

거실 천장 가운데 환기를 위한 창문 이외의 모든 창과 창문에는 암막 롤 셔터를 설치하여 내부 조도를 조절할 수 있다. 암막 롤 셔터는 원터치 형이고 내리면 고정되고 가운데 버튼을 누르면 올라가는 타입이다.

2.1.4 Doors (Interior/Exterior)

레버 형태의 손잡이를 12시 방향에서 밀어 넣고 3시 방향으로 돌리면 잠긴다. 외부 도어의 경우 항상 Close 상태를 유지하고 내부 도어는 고무줄 등으로 Open 상태로 고정한다. (단, 취침 시에는 내부 도어의 경우 닫아 놓을 수 있다.)

2.1.5 계단/사다리/침대난간

2.1.5.1 계단

계단은 리빙/발전 카라반 선미에 각각 위치해 있고 핀으로 고정되어 있으며 설치 시 핀을 뽑고 레일을 따라 계단 프레임을 길게 뽑아 낸 뒤 아래로 내려놓는다.

2.1.5.2 사다리

사다리는 2층 침상에 올라 갈 때 또는 작업 시 발판으로 사용하거나 식당에서 의자로 이용하고

선단 이동 시 접어서 보관한다.

2.1.5.3 침대난간

침대난간은 접어놓은 상태에서 손잡이를 위로 당겨 설치하고 손잡이 앞쪽 빨간색 버튼을 눌러 아래로 밀어 해체한다.

2.1.6 분리수거

카라반에서 쓰레기는 일반 쓰레기와 재활용 쓰레기로 나누고 일반쓰레기의 경우 검은색 봉투에 재활용 쓰레기의 경우 녹색 봉투에 담아 구별하여 기지로 보낸 후 기지에서 분리수거를 실시한다.

2.2 MECHANICAL SYSTEMS

비교적 취급이 간단한 생활용 가전기기(인덕션/렌지/세탁기/탈수기)에 대한 설명은 생략하고 현장에서 사용 시 교육한다.

2.2.1 발전기

- 1) 전원 레버 ON
- 2) 전원 스위치 ON
- 3) 컨트롤 패널 열고 메인 스위치 ON
- 4) 펌프 스위치 누르고 압력 20kPa 확인

※ 발전기 시동을 걸기 전 연료공급펌프를 이용하여 연료가 충분히 공급 된 다음 시동을 건다.

2.2.2 화장실

- 1) 변기 뒤에 비치되어 있는 라이너를 변기에 깔다.
- 2) 용변 후 페달을 밟아 똥을 아래로 떨어뜨린다.
- 3) 변기 덮개를 닫고 스타트 버튼을 눌러 똥을 태운다.
- 4) 재가 적당히 쌓이면 변기 앞에 비치되어 있는 청통에 재를 버린다.

용변 후 페달을 밟고 마개가 정확히 닫힌 것을 확인 한 후 버튼을 눌러 똥을 태운다. 마개가 정확히 닫히지 않을 경우 변기 밖으로 연기가 새어나온다.

※샤워실과 화장실 사이에 있는 남성용 소변기는 사용을 금지하며 소변은 실외에 장소를 지정한다.

2.2.3 통신/Signal Systems

무전기와 이리돔 전화기 사용 후 리빙 카라반에 위치한 통신실에 반납하고 통신병이 이를 관리한다. 기지와외 정기 교신은 1일 2회(08:00, 20:00)를 기본으로 하되 위험 지역 통과 및 위기 상황 발생 등 현장 상황에 따라 추가로 실시한다.

※ 추가: 위성 통신 연결방법/순서 등

2.2.3.1 휴대용 위성전화 (Hand-held Iridium-9575)



휴대용 위성전화는 Iridium 社の 9575 장비를 사용하며 사용방법 및 고장배제/응급처치는 아래와 같다.

1) 사용방법

- on/off 버튼을 3초간 누른 후 이리듐 로고가 뜨면서 "이리듐에 대한 검색 중..."이라는 문구가 디스플레이창에 나타나고 상태표시 LED는 붉은색으로 점멸된다(통신 불가능 상태).
- 통신장애가 발생하지 않는 개방된 지역에서 디스플레이창에 "등록됨"이라는 문구와 날짜 및 시간이 하단에 표시되고 상태표시 LED는 초록색으로 점멸된다(통신 가능 상태).
- 전화걸기를 시도할 경우 "00 or + (0번을 꼭누름)-국가번호-지역번호-전화번호-SEND"을 누른다.

※ 장보고기지 통신실 - "00 or + - 82 - 32 - 770 - 8585"

※ 이리듐 to 이리듐 - "00 or + - 8816 - 1234 - 5678 or 1234 - 5678"

이종 전화기간 전화걸기 안내

이종 전화걸기	일본전화	이동전화	글로벌스타	인텔샤프	이리듐	푸라아
일본전화	03-0309-6800	010-8953-9402	010-033-0112	002-870-776-123-456	002-8816-1234-5678	002-88216-1234-5678
이동전화	03-0309-6800	010-8953-9402	010-033-0112	002-870-776-123-456	002-8816-1234-5678	002-88216-1234-5678
글로벌스타	03-0309-6800	010-8953-9402	010-033-0112	002-870-776-123-456	002-8816-1234-5678	002-88216-1234-5678
인텔샤프	00-03-3-6309-6800	00-02-10-8953-9402	00-02-10-033-0112	00-870-776-123-456	00-8816-1234-5678	00-88216-1234-5678
이리듐	00-82-2-8309-6800	00-82-10-8953-9402	00-82-10-033-0112	00-870-776-123-456	00-8816-1234-5678 or 1234-5678	00-88216-1234-5678
푸라아	00-82-2-8309-6800	00-82-10-8953-9402	00-82-10-033-0112	00-870-776-123-456	00-8816-1234-5678	00-88216-1234-5678

2) 고장배제/응급처치

위성전화기 전원이 안켜짐	위성전화기 상단의 전원 On/Off 버튼을 3-5초 눌러본다. 위성전화기 배터리충전 상태를 확인한다.(자동충전확인) 예비 배터리를 결합하여, 배터리 불량 상태를 확인한다.
위성에 등록을 하지 못함 Searching for Network.만 나타남 (이리듐에 대한 검색중)	위성전화기 SIMCARD의 결합상태를 확인한다.(재접속 함) 위성전화기를 사용하고자 하는 지역에 주변 장애물을 확인한다. 위성통신의 장애가 없는지 서비스 공급사에 확인한다. 배터리를 분리하여, 재결합 후 재기동을 한다.
전화걸기가 안됨	안테나를 뽑고, 화면에 위성신호의 세기를 확인한다. 위성전화기를 사용하고자 하는 지역에 주변 장애물을 확인한다. 전화번호를 정확하게 입력하였는지 확인한다 (00-국가번호-전화번호) (예0082327708585) 위성전화기 화면창에 Registered 메시지가 나타나고, 사용자 준비상태 인 Iridium 마크가 나타나는지 확인한다. 위성전화기 SIMCARD가 개통된 상태인지 여부와, 사용잔량을 확인한다.
전화를 받지 못함	위성전화기 전원이 켜져 있는지 확인한다. 위성신호세기 및 위성체에 등록이 되어 화면창에 등록됨(Registered) 및 Iridium마크가 나타나는지 확인한다. 안테나를 뽑았는지 확인한다. 착신전환 및 사용중지여부 확인한다. 수신음을 무음이나, 소리를 최소로 하였는지 볼륨키로 확인한다.
화면창에 PIN(PIN2) BLOCK 나타남	위성전화기에 잠금비밀번호 설정을 하고, 해당 비밀번호를 분실 했을 경우 나타난다. SIMCARD를 교체해야 한다.
배터리가 충전이 되지 않음	AC/DC 충전 아답터를 교체하여 본다. 다른 위성체에 연결하여 불량 여부를 확인한다. 배터리의 금속부분에 이물질이나, 부식등으로 전기적인 동작을 못하 는지 확인한다. 예비배터리로 교체하여 배터리 불량을 확인한다. 배터리 정격 동작 온도를 확인한다.(충전온도 0-40°C)
배터리가 빨리 방전됨	결합된 SIMCARD의 금속 부위에 이물질이 있거나, 습기등의 이유로 부식되어 결합이 완벽하지 않을 경우 SIMCARD를 분리후 재결합 진행 SIMCARD에 물리적인 충격이 가해져 신규 SIMCARD로 교체할 경우

3. SPECIFICATIONS

3.1 Living Caravan Appliances

3.1.1 Electric Upright Cooker

SMEG Model C6CMXA Stainless Steel, Freestanding, Ceramic top 4 cook zone, 79 Litre Oven with triple glazed door. Integral Grill.

3.1.2 Garbage Compactor

BROAN 15 SS EXF

Broan Automatic Trash Compactor. 220 Volt

3.1.3 Caravan Bedding

Single Bed Mattress 200*90*24cm

Single sided, 3 zone pocket spring, Stretch knit fire retardant fabric.

3.2 Refueling equipment – Sled Mounted

3.2.1 Fuel pump – 200 litre per minute

EBSRAY Vane type with bypass valve set at 2 bar

3kW Electric motor 380 Volt 60Hz – Mining specification IP66

Mounted to fixed base. Paint –2 pack polyurethane.

3.2.2 Electric power supply and Control

Switchboard mounted circuit breaker

External mounted DOL motor starter and switch

Emergency stop switch

Low temperature wiring and conduit

3.2.3 Hose Reel * 2

REELTECH Series 149 hose reel with manual crank rewind

Suction hose – 38mm*10 metres

Delivery hose – 32mm*20 metres

3.2.4 Hose

Continental Extremerflex

Operation to -40°C

3.2.5 Dry Break Couplings

MannTec Dry BREAK Coupler 2"with low temperature Viton seal set

Composite dust cap – 2: for coupler protection

Mann Tec Dry Break adapter 2" Qty 1

3.2.6 Delivery Nozzle

OPW-190 32mm 90 degree delivery nozzle with Viton seal set
Fitted with ball valve for added security.

3.3 Electric Power Generation Equipment

Kohler Marine Generator 55 eKw 60Hz 3Phase

Fitted with acoustic sound enclosure for low noise level
Water cooled exhaust manifold and turbocharger
Permanent magnet excitation
Electronic speed control
24 Volt electrical system
Electronic control and protection system
Includes
Exhaust system to outside caravan complete with:
Flexible connection to engine
External residential standard silencer
Rain / snow trap to prevent ingress into exhaust outlet.
Stainless steel exhaust pipe & roof penetration parts
Silicone exhaust pipe lagging / insulation to pipes.
2x 12 Volt Optima starting batteries and wiring

3.4 Living Caravan module

STACO internal walls and doors
4x Double bunk beds complete with
Clothes drawers
Reading lights
Electrical outlet
Privacy curtains
Electrical wiring, light fittings and power outlets
Wiring for kitchen appliances
Floor coverings
Kitchen sink without water connection
Electric heating 4x 2kW convection heaters

3.5 Utility Caravan Module

STACO Internal walls and doors to bathroom and bedroom
Electrical wiring, light fittings and power outlets
2x Double bunk beds complete with
Clothes drawers
Reading lights
Electrical outlet
Privacy curtains
Floor coverings
Water connection for washing machine
2x Bathrooms sink with water connection

2x Electric incinerating toilets
1x 900 x 900mm shower
1x Wall mounted waterless urinal
2x Hydronic wall mounted heaters to bathroom area
1x Electric heating - 2 kW convection heater for bedroom

3.6 Utility Caravan mechanical services

500 litre insulated snow melter with stainless steel tank
Generator cooling system with roof mounted radiators.
Circulating and water delivery pumps
Auxiliary electric water heaters 2x 5 kW
Water temperature control valves
Electric snow melter controls.
All water lines - coolant and potable water.
External generator fuel tank 200 litres with lines
3 phase electrical switchboard with instruments
External power outlets for 8 vehicles



4. APPENDICES

4.1 안전 수칙

4.1.1 카라반 생활

캠프 관리자는 대원 방문 전 미리 숙소를 배정하여 대원이 도착하면 숙소를 안내한다. 기상과 취침 시간은 자유롭게 하되 식사 시간은 조식 07:00, 중식 12:00, 석식 18:00으로 정하고 탐사 상황에 따라 변동이 가능하다. 22:00 이전에는 모든 단체 활동을 종료하고 23:00부터는 이동 병력을 통제한다.

음주는 1일 소주 반병, 맥주 1캔으로 제한하고 22:00 이전에 종료한다.

흡연은 지정된 장소(카라반 외부)에서 만 가능하다.

위생사고 예방을 위해 개인 청결, 쾌적한 생활환경을 만들기 위해 노력한다.

4.1.2 캠프 주변 활동

캠프 주변 활동 시 반드시 방한복, 방한모, 방한화, 장갑 등 개인 보온에 신경을 쓴다. 캠프 지역 밖에서 작업 시에는 안전관리 담당자에게 승인을 득하고 개인 안전장비를 착용 후 안전요원과 동행하여 최소 2인 1조로 활동하며, 항상 카라반과 통신을 유지한다.

안전관리 담당자는 판단에 따라 전 대원의 캠프 주변 활동을 통제 할 수 있다. (기상악화, 크레바스 위험 등)

4.1.3 고충/불편사항

캠프 생활과 관련하여 고충/불편사항이 발생 시 캠프리더 또는 관리자에게 직접 이야기 한다. 의료와 관련된 경우 캠프 닥터에게 직접 이야기하고 캠프 닥터는 진료 후 캠프리더 또는 캠프 관리자와 상의하여 치료한다.



(2) 2차년도(2021)

- 의료지원 관련 매뉴얼 작성 및 연구 활동 안전관리 지원
 - 남극내륙 탐사 시, 응급상황대응 안전확보 및 의료처리 매뉴얼 제작

Korean Route Expedition 응급상황대응 매뉴얼

* 비상연락망

장보고과학기지		헬기	
통신 관제실	월동대장	A	B
+82-32-770-8585	+82-32-770-8580		
무선주파수(24시간)	VHF 채널 12 (156.6MHz), 채널 16 (156.8MHz)		

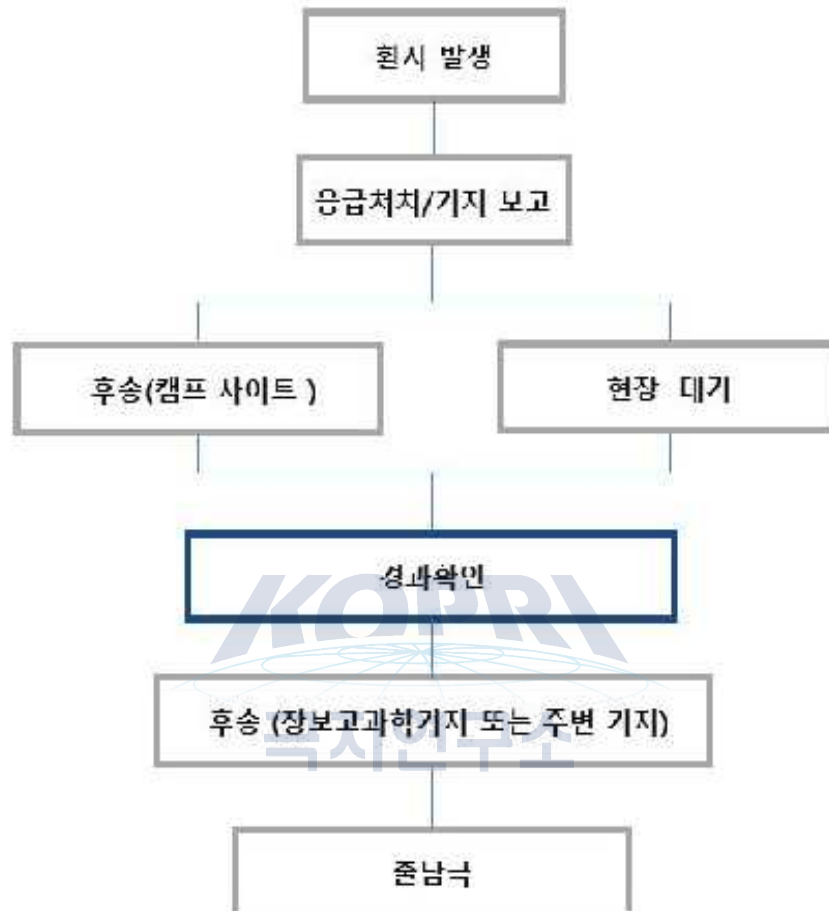
극지연구소 기지지원팀 : +82-770-8510~8515

* 비상 상황 시 장보고과학기지 통신실(24시간 근무)로 즉각 연락을 취한다.

K-루트 팀

<그림 58. 남극내륙탐사 응급상황 대응 매뉴얼>

1. 응급상황 대응체계



※ 남극과학기지 안전 관리 지침

제20조(기지영외에서의 안전관리) 5. 현장책임자는 기지 출발후 정기적으로 현재의 위치와 이상유무를 기지로 통보하여야 하며 사전 약속된 귀환시간내에 기지에 도착하여야 한다.

제22조(긴급조치) 사고를 당하였을 때에는 목격자 및 관계자는 지체없이 안전관리자에게 사고발생 사실을 보고하고 필요시 구조요청을 하며, 구조대가 도착할 때까지 인공호흡, 지압 등 필요한 응급조치를 취해야 하며, 연쇄사고 발생 등 급박한 위험이 우려될 때에는 즉시 업무를 중단하고 인원을 대피시키는 등 필요한 조치를 취해야 한다.

2. 위기 경보 별 상황 관리

구 분	판 단 기 준	행동
관심 (Blue)	○ 상시	○ 평상시 탐사 장비, 인원, 날씨 등 위험 요소에 대한 확인과 점검을 한다.
주의 (Yellow)	○ 위험이 예측되는 지역 탐사	○ 탐사 전 자료 수집과 정찰을 통하여 위험이 예측되는 요소들을 정확히 파악. ※ 안정성 분석 (날씨, 탐사 대상지 외부 상황, 잠재적인 위험요인)
경계 (Orange)	○ 위험요소가 발생되었을 때 (자연재해, 화재, 크레바스, 부상자 발생 등)	○ 정확한 현장 파악 ○ 인원통제 및 추가 위험요소에 대한 대비 ○ 이동 수단 확보 (헬기, 육상 등) ○ 기지 대 언론 통제 (기지대장) ○ 비상연락망 가동 (장보고 기지 통신실) ※ 리더의 역할 - 현장 장악, 연락망 일원화, 의사결정 - 대응 전략 수립 - 구조 및 처치를 진두지휘
심각 (Red)	○ 위험요소로 인해 사고 발생	○ 즉각 대응태세 돌입 ○ 사고 상황 파악 ○ 재난 상황 선포 ※ 재난 상황실: 장보고 기지 -> 극지연구소 ○ 응급 환자 이동수단 확보 ○ 최악의 경우를 대비한 생존전략 수립 ○ 구조대 편성

3. 초동 조치 방법

상황접수	구분	피해상황 등 파악	상황 보고.전파
○장보고기지 통신실(K-Route 탐사 현장)으로부터 사고 발생 정보 접수 -위성전화, 무전기, 트래커 등	24시간	○ 현장의 피해상황을 정확히 파악한 후 재난 상황을 선포하고 재난 상황실 가동 ⇒ 상황반 구성, 정기적인 상황 접수 ○ 대책 수립 ⇒ 수색과 구조, 응급처치 및 후송에 관한 대책 협의	○ K-Route 탐사대(Yellow) -> 장보고 과학기지(Orange) -> 극지연구소(Red) ○ 언론보도는 극지연 대변인을 통해서만 보도

4. 응급상황 시 행동 단계

1) 현장조사 (Check)

- 현장은 안전한가?
- 무슨 일이 일어났는가?
- 몇 명이나 다쳤는가?
- 도움을 받을 수 있는 사람이 있는가?
- 환자의 상태는 어떠한가?

(사고 현장 위치, 현재 날씨, 탈출로 확보, 추가적인 위험요소 파악, 응급환자 후송 경로 파악)

2) 구조 무선통신 (Call)

* 다음 페이지 긴급통신 매뉴얼 참조

3) 처치 및 도움 (Care)

- 환자를 안심 시킨다.
- 편안한 자세를 취하게 한다.
- 환자의 호흡과 의식을 확인한다.
- 2차 손상에 주의하며 필요한 처치를 시행한다.
- 구조를 기다리며 *Safety Report를 작성한다.

* 6. Safety Report sample 참고

5. 긴급통신 매뉴얼

응급상황 메시지 보내기

비상상황에서 안정을 유지하고 상황을 정확히 인지한 후 아래의 순서에 따라 도움을 요청한다.

1. 통신장비에 정확한 비상연락번호를 입력한다.
2. 침착함을 유지하고 여유 있게 분명히 말한다.
3. "MAYDAY, MAYDAY, MAYDAY"를 외친다.
4. 답변을 듣고 대답한다.
5. 여기는... (현장 탐사대 이름) 3회
6. 정확한 현재 위치를 설명한다. (GPS 좌표)
7. 응급상황의 내용을 설명한다.
8. 기타 구조 활동을 돕기 위한 정보를 제공한다.
9. 만약 답신이 없을 경우 :
 - 통신 장비를 점검한다.
 - 일정한 간격을 두어 재 통신한다.
 - 다른 기지로의 통신을 시도한다.

* 이태리 마리오 주켈리 기지에서 사용하는 무선 통신

	주파수	비고
VHF - AM	129.7 MHz	Mt.Melbourne에 리피터가 있어 커버리지가 우수
VHF - FM	Ch6(Base) Ch28과 66 (Mt.Melbourne리피터) Ch82(Mt.Abbott리피터)	
HF	5371(Primary) 8245(Secondary)	

6. Safety Report

작성일: 2017년 ____ 월 ____ 일

작성자: _____ (인)

● 사고자 일반사항

사고 일시		사고 장소	
소속		성명	
		연령	세
		성별	남 / 여

● 사고세부내용

1. 사고형태 (직접적 원인. 해당란에 체크하세요)

추락		길 잃음		낙하물		차량	
작업		추위		강풍		강설	
질병		과로		탈진		식품	
화재		원인불명		기타			

2. 부상 및 질병의 형태 (해당란에 체크하세요)

사망		뇌진탕		골절		염좌/탈구		근육손상	
찰과상		화상		동상		저체온증		일사/열사	
탈수		식중독		소화질환		정신질환		탈진	
인대손상		기타							

3. 사고경위 (일자, 시간, 장소, 가해, 피해 서술)

4. 사고 처리 (응급조치, 후송 및 결과)

5. 기타의견

○ 연구캠프 생활/안전수칙 제정

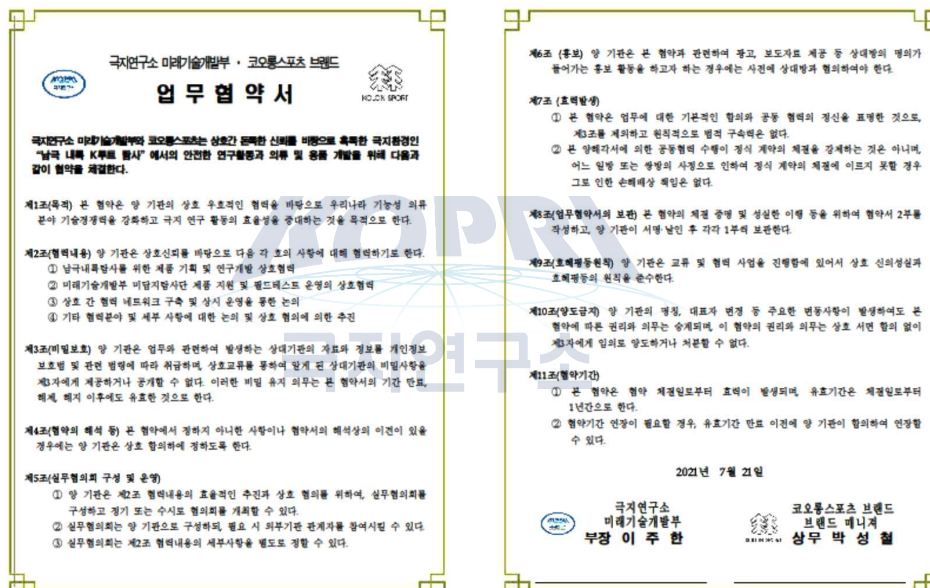
캠프 생활 수칙

1. 내륙탐사용 카라반은 공동생활공간으로 주변정리정돈을 생활화 한다.
2. 탐사 대원은 크게 안전/중장비/연구로 나누고 공동업무(식사당번/분리수거/청소/물 만들기 등)는 분담하여 수행한다.
3. 캠프 생활에 관한 전반적인 업무는 캠프 매니저의 지시에 따른다.
4. 음주 허용기준은 혈중 알코올 농도 0.05% 수준 이하로서, 극지현장 활동 음주허용 지침을 따른다. (주 2회 회별 1인당 소주(360ml) 1.5병 또는 맥주(355ml) 3캔 이하)
5. 소변은 캠프 내 지정된 장소를 활용하고 작업 및 이동 간에는 PEE BOTTLE를 사용한다.
6. 흡연은 카라반 외부에서만 가능하고 오염을 줄이기 위해 휴대용 재떨이를 활용한다.
7. 23:00까지 모든 활동을 마치고 이동 병력을 제한하여 취침한다.

캠프 안전 수칙

1. 안전요원은 캠프 구축 시 중장비 이동 동선과 연구 활동을 고려하여 캠프 주변으로 안전 구역을 설정한다.
2. 연구 및 탐사 활동이 필요한 지역은 반드시 안전요원이 안전 구역을 설정한 다음 인원 및 장비가 이동한다.
3. 안전구역 외 이동 시 캠프 매니저에게 보고하고 안전요원과 함께 이동한다.
(개인안전장비/무전기 지참, 최소 2인 이상 1조)
4. 작업 등 외부 활동 시 방한복/방한화/방한모/장갑/고글 등 개인 보온에 신경쓴다.
5. 카라반 내의 기계 및 장비에 대한 기능과 성능을 명확히 알고 조작한다.
6. 중장비 작동 전 주변을 확인하고 음주 상태에서는 절대 장비를 조작하지 않는다.
7. 크레바스 등 위험 정보를 알게 된 사람은 즉시 활동을 멈추고 주변에 알린다.

○ 극지연구소 미래기술개발부와 코오롱 스포츠 간 남극내륙 연구활동 수행을 위한 특수 극지 피복 개발 업무협약 체결



<그림 60. 미래기술개발부 - 코오롱 스포츠 간 MOU 체결>



<그림 61. 남극내륙 극한환경 연구활동 수행을 위한 특수 피복 개요>

○ 극지현장 안전훈련 프로그램 개발

- 현재 극지연구소에서 의무적으로 수행하고 있는 극지적응훈련은 주로 기지 및 아라온호를 기반으로 한 연구활동에 초점을 맞추어 수행되고 있어 남극내륙환경에 적용하기에 한계가 있음
- 남극내륙 연구활동 수행을 위한 극지현장 안전훈련 프로그램을 개발하여 차년도 장보고 과학기지 주변에서 실시 예정
- 하계 비행기 활주로 인근 지역 (후보지1)의 경우 이동 소요 시간이 2시간 이내로 짧고 로프 훈련에 적합한 장소이나 11월 하순 이후 빙하의 해동으로 육상이동이 제한되며 다른 훈련을 병행할 수 있는 공간이 제한적임
- 기지 남쪽에 위치한 브라우닝 산 (후보지2)의 경우, 이동 시간이 4시간 이상이 소요되나, 설산 사면과 브라우닝 패스 빙하 평원을 이용하여 비상캠프 구축, 개인 생존, 구조 등의 종합적인 훈련을 할 수 있음
- 훈련 프로그램은 미국 맥머도 기지의 McMurdo Happy Camp 프로그램을 참고하여 구성함



<그림 62. 남극내륙탐사를 위한 극지현장 안전훈련 프로그램 실시 후보지>

<표 12. 장보고 과학기지 극지현장 안전훈련 프로그램 기획(안)>

훈련 프로그램 모듈	훈련 프로그램 내용	장소	시간
오리엔테이션*	장보고 기지 운영/안전 규칙 소개 아이스 브레이킹 / 위험 요소 소개	Indoor or Outdoor	1
탐사 활동 원리*	PREPARE 이론 소개 및 실습	Indoor and Outdoor	2
Campcraft**	텐트 설치 및 해체, 스토브 활용, 음식 조리 무전기/GPS 사용법 실습, 헬기 탑승법 및 유도실습	Outdoor	3
서바이벌**	빙하 및 화이트 아웃 상황에서 이동 실습 서바이벌 키트 구성품 파악 및 활용 실습		3
구조**	크레바스 탈출 (로프 장비 및 시스템) 실습		6
종합 실습**	캠핑을 포함한 1박 2일 Mini Expedition 형식의 남극 내륙 탐사 활동을 위한 총체적인 실습	Outdoor	12
특수 장비 실습	탐사 활동 특성을 고려한 특수 목적 훈련 설상차, 스키두, 헬기 유도	Outdoor	



<그림 63. PREPARE 이론>

(3) 3차년도(2022)

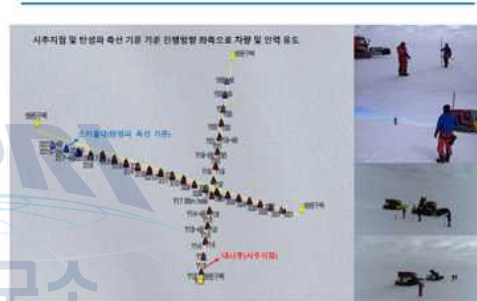
- 남극내륙탐사 현장연구 안전관리 프로토콜 수립 및 위기관리 매뉴얼 작성
 - 남극내륙 탐사 중 숙영지 구축 및 캠프활동 안전관리 프로토콜 수립
 - 안전장비 착용 및 사용방법과 조난상황 발생 시 대처방법 안내
 - 과거 남극내륙탐사 중 발생한 사고사례 소개를 통해 해당 위험요소에 대한 경계 강화



캠프 안전구역 설정-1



캠프 안전구역 설정-2

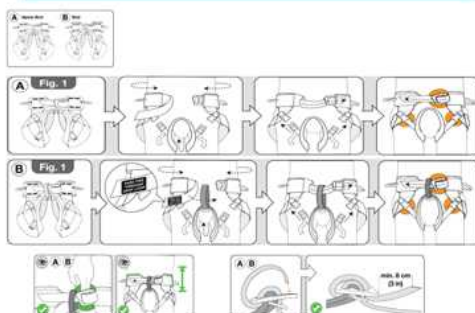


개인 안전 장비 지급

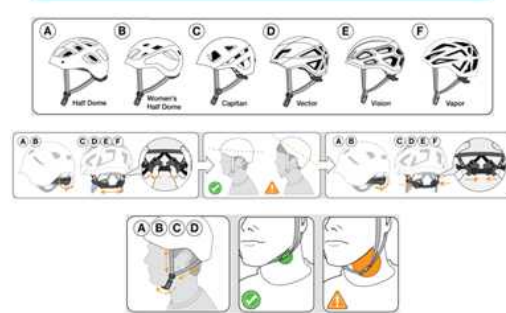
- 상시 : 하이바, 안전벨트(잠금, 확보줄, 하강기, 프루직), 슬상화, 아이젠
- 비상시 : 이중화, 주마, 크랩콘, 피켓 등



개인 안전 장비 착용법(하네스)



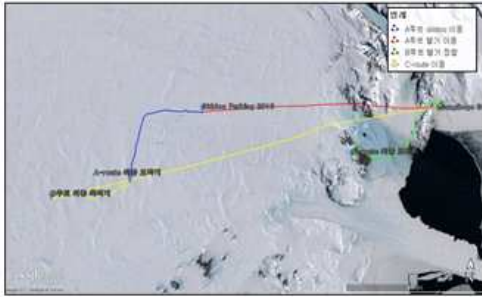
개인 안전 장비 착용법(하이바)



<그림 64. 남극내륙탐사 안전관리 프로토콜>

2016/17 시즌

육상 루트인 C-route 완료 (11/26, Tarn flat위 병원까지, 기지가침 70km)
 내륙 루트인 A-route 완료 (12/12, 빙저로 후보지 D1까지, 기지가침 213km)
 내륙 루트인 B-route 정찰 완료(12/12, 빙저로 후보지 D2까지, 기지가침 267km)



2016/17 시즌 (크레바스 추락구조)



2017/18 시즌



2017/18 시즌 (내리막 연료탱크 충돌)



2018/19 시즌



2019/20 시즌



2020/21 시즌



2021/22 시즌



<그림 65. 남극내륙탐사 사고사례 모음>

Korean Route Expedition

위기관리 매뉴얼

* 비상연락망

장보고과학기지		헬기	
통신 관제실	월동대장	A	B
+82-32-770-8585	+82-32-770-8580		
무선주파수(24시간)	VHF 채널 12 (156.6MHz), 채널 16 (156.8MHz)		

극지연구소 기지지원팀 : +82-770-8510~8515

*** 비상 상황 시 장보고과학기지 통신실(24시간 근무)로 즉각 연락을 취한다.**

미답지 연구단

목 차

1. 위기 경보 별 상황 관리	3
2. 초동 조치 방법	3
3. 응급상황 시 행동 단계	4
4. 긴급통신 매뉴얼	5
5. 차량 안전	6
6. 헬리콥터 안전	7
7. 필드 안전	8
- 심폐소생술 시행 방법	9
8. 발파작업 안전	10
- 화약류 취급 시 주의사항	11
- 천공 시 준수사항	11
9. 폐기물 처리	12
10. 생존 장비	13
11. Safety Report	14
12. 차량운행일지	15
13. 크레바스 구조 상황 시 행동절차	16
14. 체크리스트	17

1. 위기 경보 별 상황 관리

구 분	판 단 기 준	행동
관심 (Blue)	○ 상시	○ 평상시 탐사 장비, 인원, 날씨 등 위험 요소에 대한 확인과 점검을 한다.
주의 (Yellow)	○ 위험이 예측되는 지역 탐사	○ 탐사 전 자료 수집과 정찰을 통하여 위험이 예측되는 요소들을 정확히 파악. ※ 안정성 분석 (날씨, 탐사 대상지 외부 상황, 잠재적인 위험요인)
경계 (Orange)	○ 위험요소가 발생되었을 때 (자연재해, 화재, 크레바스, 부상자 발생 등)	○ 정확한 현장 파악 ○ 인원통제 및 추가 위험요소에 대한 대비 ○ 이동 수단 확보 (헬기, 육상 등) ○ 기지 대 언론 통제 (기지대장) ○ 비상연락망 가동 (장보고 기지 통신실) ※ 리더의 역할 - 현장 장악, 연락망 일원화, 의사결정 - 대응 전략 수립 - 구조 및 처치를 진두지휘
심각 (Red)	○ 위험요소로 인해 사고 발생	○ 즉각 대응태세 돌입 ○ 사고 상황 파악 ○ 재난 상황 선포 ※ 재난 상황실 : 장보고 기지 -> 극지연구소 ○ 응급 환자 이동수단 확보 ○ 최악의 경우를 대비한 생존전략 수립 ○ 구조대 편성

2. 초동 조치 방법

상황접수	구분	피해상황 등 파악	상황 보고.전파
○장보고기지 통신실(K-Route 탐사 현장)으로부터 사고 발생 정보 접수 -위성전화, 무전기, 트래커 등	24시간	○ 현장의 피해상황을 정확히 파악한 후 재난 상황을 선포하고 재난 상황실 가동 ⇒ 상황반 구성, 정기적인 상황 접수 ○ 대책 수립 ⇒ 수색과 구조, 응급처치 및 후송에 관한 대책 협의	○ K-Route 탐사대(Yellow) -> 장보고 과학기지(Orange) -> 극지연구소(Red) ○ 언론보도는 극지연 대변인을 통해서만 보도

3. 응급상황 시 행동 단계

1. 현장조사 (Check)

- 현장은 안전한가?
- 무슨 일이 일어났는가?
- 몇 명이나 다쳤는가?
- 도움을 받을 수 있는 사람이 있는가?
- 환자의 상태는 어떠한가?

(사고 현장 위치, 현재 날씨, 탈출로 확보, 추가적인 위험요소 파악, 응급환자 후송 경로 파악)

2. 구조 무선통신 (Call)

* 다음 페이지 긴급통신 매뉴얼 참조

3. 처치 및 도움 (Care)

- 환자를 안심 시킨다.
- 편안한 자세를 취하게 한다.
- 환자의 호흡과 의식을 확인한다.
- 2차 손상에 주의하며 필요한 처치를 시행한다.
- 구조를 기다리며 *Safety Report를 작성한다.

“ 300번의 징후와 29번의 경고는 1번의 실패로 나타난다.”

4. 긴급통신 매뉴얼

응급상황 메시지 보내기

비상상황에서 안정을 유지하고 상황을 정확히 인지한 후 아래의 순서에 따라 도움을 요청한다.

1. 통신장비에 정확한 비상연락번호를 입력한다.
2. 침착함을 유지하고 여유 있게 분명히 말한다.
3. "MAYDAY, MAYDAY, MAYDAY"를 외친다.
4. 답변을 듣고 대답한다.
5. 여기는... (현장 탐사대 이름) 3회
6. 정확한 현재 위치를 설명한다. (GPS 좌표)
7. 응급상황의 내용을 설명한다.
8. 기타 구조 활동을 돕기 위한 정보를 제공한다.
9. 만약 답신이 없을 경우 :
 - 통신 장비를 점검한다.
 - 일정한 간격을 두어 재 통신한다.
 - 다른 기지로의 통신을 시도한다.

* 이태리 마리오 쥬켈리 기지에서 사용하는 무선 통신

	주파수	비고
VHF - AM	129.7 MHz	Mt.Melbourne에 리피터가 있어 커버리지가 우수
VHF - FM	Ch6(Base) Ch28과 66 (Mt.Melbourne리피터) Ch82(Mt.Abbott리피터)	
HF	5371 (Primary) 8245(Secondary)	

5. 차량 안전

분류	구분	안전 관리 대책
운행 전	관심	● 평상시 충분한 교육과 실습 ● 음주운전 금지 ● 개인 장비 확인 (방한, 안전) ● 운행 전 연료 확인 및 일상 점검 ● 운송하는 물품의 고박 상태 확인 ● 개인장비 착용 (안전벨트, 삼중화, 고글 등) ● 서바이벌(생존) 키트 적재 확인
운행 중	주의	● 주변의 위험요소 육안으로 확인 (과속금지) ● 차량에서 하차 시 안전요원의 지시에 따름 (개인 장비 착용, 지면 상태에 따라 안자일렌 이동 등) ● 위험 구간 이동 시 헬멧 착용 ● 위험 구간 차량 간 견인 로프 확보 ● 중장비 작업 시 장비 주변 인원 통제
	경계	● 정확한 현장 파악 (자연재해/크레바스/화재 등) ● 도보 이동 시 안전요원 동행 ● 전 대원에게 위험요소 내용을 공유하고 2차 피해를 대비 ● 기지에 위험요소 발생 내용을 보고 ● 리더를 중심으로 대응 전략을 수립
	심각	● 정확한 현장 파악 (사고위치/부상자상태 등) ● 전 대원에게 사고발생을 공유하고 2차 피해를 대비 ● 기지에 사고 내용을 보고하고 상황이 긴급 할 경우 자체적으로 사고자 구조를 실시 ● 최악의 경우 조난에 대비한 생존 전략 수립 ● 환자 이송 시 의사의 정확한 진단을 위해 Safety Report를 작성 - 사고가 발생한 지역은 주변이 극도로 위험하므로 추가 피해가 발생하지 않게 개인 안전 확보를 철저히 하고 안전요원의 지시에 따라 행동한다.
운행 후	관심	● 연료 확인 및 보충 ● 차량의 이상 유/무(오일, 타이어, 중량의 하중이 받는 부분 등)를 확인하고 장비 담당자에게 보고 ● 차량 운행 일지 작성 (*P. 15 참조)

6. 헬리콥터 안전

분류	구분	안전 관리 대책
인원 수송	탑승 전	● 3대 위험요소 주의 (주 회전날개, 꼬리날개, 엔진배기구) ● 서바이벌(생존) 키트 적재 확인, 비상식량 / 보온병 확인 ● 분진 및 흩날리는 물체에 주의 (고글착용) ● 긴 물체는 눕혀서 이동 ● 지정된 장소에서 대기 (불필요한 행동 금지) ● 헬리콥터로 접근할 때는 파일럿과 신호교환 후 기체의 앞으로 접근 ● 파일럿은 헬리콥터 안과 주변의 모든 사람의 안전을 전적으로 책임지며 탑승자는 파일럿의 지시를 항상 준수 * 모든 탑사대원은 헬리콥터에 탑승하기 전 파일럿에게 안전교육을 반드시 받아야한다.
	탑승 시	● 주 회전 날개가 완전히 멈춰 있을 때나 완전한 회전을 할 때 접근이 가능 (엔진이 막 시동할 때와 정지할 때, 절대로 접근하지 않는다.) ● 뽕죽한 물건 탑승 시 반입 금지 ● 반드시 안전벨트와 헤드셋을 착용하고 특이사항을 파일럿과 소통 ● 안전요원은 헬리콥터로 인원이 탑승할 때 안전 수칙에 따라 대원들을 통제하고 장비를 확인한 다음 마지막으로 탑승
	내릴 때	● 주 회전 날개가 완전히 멈춘 다음 안전요원이 먼저 내려 주변이 안전한지를 확인 ● 이동 시에는 조종사가 확인 할 수 있게 기체의 앞쪽으로 이동 (기체 뒤쪽 이동 금지)
짐 수송	슬링	● 작업자는 복장이 바람에 날리지 않게 하고 헬멧을 반드시 착용하고 네트 옆에 앉아 대기 ● 중계자는 떨어져서 무전기를 이용하여 작업 상황을 파일럿과 교신 ● 작업자는 슬링 고리가 바닥에 완전히 닿으면 고리와 네트를 연결하고 중계자에게 확인 신호를 보냄 ● 네트에 짐을 적재 시 무게중심이 중앙에 오도록 함 ● 경우에 따라서 네트 뒤에 무게 추를 달아 이송 시 짐이 회전하는 것을 방지 ● 적재 하중은 400Kg을 초과하지 않도록 함
	하역	● 중계자는 흩날리는 물체가 없는 평평한 장소를 선정하여 파일럿이 네트를 안전하게 착지 시킬 수 있게 교신 ● 작업자는 헬리콥터 이동 후 네트와 슬링 고리가 바닥에 닿은 것을 확인하고 해체 작업을 실시

7. 필드 안전

분 류	구 분	안전 관리 대책
캠프	야전	● 캠프 구축 시간 (17:00) ● 지면상태, 바람방향을 고려한 장소 선택 ● 대원 간에 내/외부 업무분장 ● 기지와와의 정기적인 교신 (08:00 , 20:00)
	카라반	● 비상 대피소 구축 ● 일산화탄소(CO) 경보기 설치 -> 중독 예방 ● 소화기와 방화담요를 비치 -> 화재 예방 ● 개인 건강관리 철저 ● Leave No Trace
기상악화	블리자드/ 카타바틱	● 즉시 안전한 곳으로 대피 (비상대피소) ● 무전을 통해 현재 상태, 위치, 인원 등 을 보고 ● 현재 위치나 지형이 익숙하지 않은 경우 절대 임의로 이동하지 말 것 ● 차량 내에 있는 경우 운행을 멈추고 차량에 대기 ● 주기적인 환기를 통해 산소결핍에 주의 ● 기지와와의 정기적인 교신 ● 제설작업 (텐트, 썰매, 차량 등) ● 정기적으로 수분을 섭취하고 체온을 유지할 것
	화이트 아웃	● 비상대피소, 차량, 텐트, 화장실 등 이동하는 동선에 길을 잃지 않기 위한 안전로프를 설치 ● 안전한 곳으로 대피하고 가능한 외부활동을 자제 ● 기지와와의 정기적인 교신
응급처치	부상사고	● 침착하게 주변의 도움을 요청 ● 직접 조치가 가능할 경우에 응급조치를 시행 ● 상황이 심각할 경우 기지 통신실에 보고하고 현재위치에서 구조를 기다릴 것 ● 월동대 의료대원의 지시에 따라 환자에 대한 조치, 이송 등에 협조할 것
	저체온증	● 환자를 마른 피복으로 갈아입히고 똑바로 눕힐 것 ● 의식이 있다면, 따뜻한 음료를 마시게 할 것. (커피, 차, 술은 안 됨.) ● 심각한 저체온증이라고 의심이 되면 기지 통신실에 보고하고 현재 위치에서 구조를 기다릴 것 (체온이 32~30℃로 떨어지면 의식이 저하되어 매우 위험)
	심폐소생술	* 다음페이지 참조 (심폐소생술 시행방법)

*심폐소생술 시행방법

 심정지확인 대환심폐소생술	● 심정지 확인 환자의 어깨를 흔들거나 소리를 질러 의식여부를 확인. 환자의 반응을 확인하고 (심정지시 무반응), 동시에 숨을 쉬는지 또는 비정상 호흡을 보이는지 관찰. (심정지시 무호흡 또는 비정상 호흡) 반응이 없더라도 움직임이 있거나 호흡을 하는 경우는 심정지가 아니다.
 도움요청 대환심폐소생술	● 도움요청 환자의 반응이 없으면 주변 사람에게 도움을 요청 주변에 아무도 없을 시에는 직접 구조요청 만약 주위에 자동제세동기가 비치되어 있다면 (장보고 과학기지) 자동제세동기를 함께 요청
 가슴압박 대환심폐소생술	● 가슴압박 30회 시행 1. 환자의 가슴 중앙에 깍지 낀 두 손의 손바닥 뒤꿈치를 댄다.(손가락이 가슴에 닿지 않도록 주의) 2. 양팔을 쭉 편 상태에서 체중을 실어서 환자의 몸과 수직이 되도록 가슴을 압박한다. 가슴압박은 분당 100~120회(성인)의 속도와 가슴이 5~6cm 깊이로 눌릴 정도로 강하고, 빠르게 압박한다.
 인공호흡 대환심폐소생술	● 인공호흡 2회 시행 환자의 머리를 젖힘 -> 턱을 들어 올려서 환자의 기도를 개방시킨다. 머리를 젖혔던 손의 엄지와 검지로 환자를 코를 막고, 입을 크게 벌려 환자의 입을 완전히 막은 뒤에 가슴이 올라올 정도로 1초 동안 숨을 불어넣는다. 숨을 불어 넣을 때에는 환자의 가슴이 부풀어 오르는지 눈으로 확인하고 숨을 불어넣은 후에는 입을 떼고 코도 놓아주어서 공기가 배출되도록 한다.
 가슴압박과 인공호흡 반복 대환심폐소생술	● 가슴압박과 인공호흡 반복 30회의 가슴압박, 2회의 인공호흡을 의료대원이 현장에 도착할 때까지 반복 시행한다. 다른 구조자가 있는 경우에는 한 구조자는 가슴압박을 다른 구조자는 인공호흡을 시행하며, 심폐소생술 5주기 (30:2 가슴압박과 인공호흡 5회)를 시행한 뒤에 서로 역할을 교대한다.
 회복자세 대환심폐소생술	● 회복자세 가슴압박과 인공호흡을 계속 반복하던 중에 환자가 소리를 내거나 움직이면, 호흡도 회복되었는지 확인한다. 호흡이 회복되었으면, 환자를 옆으로 돌려 눕혀 기도(숨길)가 막히는 것을 예방한다. 그 후 계속 움직이고 호흡을 하는지 관찰한다. 환자의 반응과 정상적인 호흡이 없어지면 심정지가 재발한 것이므로 가슴압박과 인공호흡을 즉시 다시 시작한다.

8. 발파 작업 안전

작업 순서	잠재 위험	안전 관리대책
화약 수령 및 운반	- 운반 시 도난/파손	● 화약관리 관계 기관 허가 ● 화약 운반 : 지정차량 (화약 담당 동행) ● 지정된 운반 경로 이탈 금지
천공작업	- 설계 및 시방기준 미 준수 (천공 각, 깊이, 직경 등) - 장비 전도 및 충돌	● 발파작업 전 특별안전교육 실시 ● 설계 및 시방의 기준 교육 ● 빙하 절취면 평탄작업 철저 ● 장비 작업 반경 출입 금지 ● 소음/비산먼지 대책 강구
장약	- 설계 및 시방기준 미 준수 (화약 종류, 장약량) - 폭약 용해 방법 불량	● 발파 구간 관계자 외 출입통제 (발파 경고판, 발파 깃발, 신호수) ● 화약 취급 시 주변 화기 사용 금지 ● 작업장 내 흡연 금지 ● 천공작업과 동시 작업금지 ● 동결 폭약 : 고열물 접촉 금지
전색 및 결선	- 발파공의 충진 불량 - 장진구의 마찰, 충격, - 정전기에 의한 폭발 - 장진구로 인접 작업자 가격 및 실족	● 충진 재료 : 점토, 모래 (느슨-> 점차 단단히 입구까지) ● 장진구 : 절연체 사용 ● 개인보호구 착용 ● 뇌관 배열 확인 철저 (화약 담당)
발파모선 연결	- 누설전류 - 점화기 관리 미흡	● 자연재해 시 작업 중지 -> 대피 ● 미지 전류 확인(0.01A 미만 시 작업) ● 누설전류 확인 (도통시험기, 누전 측정기, 저항 측정기 활용) ● 점화 장소 사전 계획 ● 점화기 관리 철저-규정품사용 (점화 외 시건장치, 모선 분리, 발파 책임자) ● 재 점화 방지 철저-모선 분리, 절연
발파 대피소 이동	- 이동 중 전도	● 안전한 장소로 대피 ● 발파대피소(전면과 상부 방호)운영
발파	- 불발 - 비석(飛石), 비빙(飛氷) - 봉락	● 작업구역 통제 (신호수) ● 안전덮개 ● 불발 시 재 점화 방지 (모선 분리 및 전선단부 단락 후 5분 경과 후 접근) ● 발파로 인한 2차 붕괴 대비
상차 및 운반	- 붕괴 - 장비 전도 - 차량 협착 및 충돌	● 무리한 적재 금지 ● 불발 화약 적재 확인 ● 장비 작업자 특별안전교육 ● 차량 운반 안전

***화약류 취급 시 주의사항** (발파작업 표준 안전작업지침 : 고시 제2001-17호)

- ① 화약류는 충격을 주어서는 안 되며 두드리거나, 던지거나, 떨어뜨리지 않도록 항상 주의하여야 한다.
- ② 화약류는 화기부근, 그라인더를 사용하고 있는 부근에서는 취급하지 말아야 한다.
- ③ 화약류 주변에서는 흡연을 삼가야 한다.
- ④ 화약류가 들어있는 상자를 열 때는 철제기구 등으로 두드리거나 충격을 주어 억지로 열려고 하지 말아야 한다.
- ⑤ 전기뇌관은 전지, 전선, 모터, 기타 전기설비, 레일, 철제 류 등에 닿지 않도록 하여야 한다.
- ⑥ 방수처리를 하지 않은 화약류는 습기가 있는 곳에 두지 말아야 한다.
- ⑦ 화약류를 수납하는 용기는 나무나 기타 전기의 부도체로 만든 견고한 구조로 하고 내면에는 철 류가 드러나지 않도록 하여야 한다.
- ⑧ 화약, 폭약 또는 도폭선과 화공품(도폭선을 제외)은 각각 다른 용기에 수납하여야 한다.
- ⑨ 굳어진 폭약은 반드시 딱딱한 것을 부드럽게 풀고 나서 사용하여야 한다.
- ⑩ 발파현장에는 여분의 화약류를 들고 들어가지 말아야 한다.
- ⑪ 사용하고 남은 화약류는 발파현장에 남겨두지 말고 신속하게 화약류 취급 장소로 운반하여 보관하여야 한다.
- ⑫ 화약류 취급중에는 항상 도난에 주의하고 과부족이 발생하지 않도록 유의해야 한다.

***천공 시 준수사항** (발파작업 표준 안전작업지침 제 21조)

- ① 천공구멍의 크기는 사용할 화약류의 직경보다 커야 한다.
- ② 일차 발파된 지역에서의 천공은 전 지역에 폭파되지 않은 화약의 유무를 세밀히 조사하여 확인될 때까지 실시하여서는 안 된다.
- ③ 천공작업과 장전작업은 일반적으로 동일 지역에서 병행하여서는 안 된다.
- ④ 천공작업으로 발생하는 먼지는 습식으로 제거하여야 하고 필요 시 기타의 방법을 사용하여도 무방하다.
- ⑤ 천공 작업 중 작업원이 추락할 우려가 있을 때에는 작업발판을 비치하고 안전벨트를 착용하여야 한다.
- ⑥ 오가 및 천공기 작동 중 기타 종사원들은 안전한 거리에 위치하여야 한다.
- ⑦ 천공기를 다른 곳으로 이동할 때 드릴공구 등 장비는 안전하게 위치하여야 한다. 특히 송전선 아래나 그 주위로 이동할 때에는 각별한 주의를 하여야 한다.
- ⑧ 천공 작업 중에는 안전담당자를 두어야 한다.

9. 폐기물 처리

1) 고체 폐기물

모든 폐기물은 종류에 따라 아래와 같은 색상별 봉투에 담아 기지 또는 선박으로 가져와야 한다. 단, 수거작업에 위험이 따르거나 방지하는 것보다 오히려 환경에 유해할 수 있다고 판단되는 경우에는 폐기물을 회수하지 않아도 좋다.

색상	폐기물의 종류
녹색	재활용 폐기물 (종이, 마분지, 유리, 캔, 금속, 플라스틱 등)
흑색	매립용 일반폐기물
적색	지정폐기물
백색	생물 시료, 위생용품, 의료 폐기물

- 백색 봉투의 경우 봉인한 후 내용물을 표시한다. 항공기로 운송하는 경우 UN 승인표시가 있는 포장용기를 사용해야 한다.
- 적용 가능한 경우 폐기물은 재활용을 위해 최대한 분리하여 기지로 가져온다.
- 공 연료드럼은 부피를 줄이기 위해 상단을 절단하여 압축해도 좋다.
- 여분의 미 개봉 음식 상자, 폐목재 및 연료, 부동액 또는 윤활유 등 특정 품목은 향후 이용을 감안해 저장해 둘 필요가 있는 경우도 있다. 회수 전 현장책임자가 기지대장과 의논해 결정한다.

2) 하수, 오수 및 음식물 쓰레기

음식물 쓰레기와 배설물은 현장에서 전량 비닐로 밀봉 후 PE드럼에 보관하고 기지로 가지고 와서 처리한다.

3) 야외 폐기물 처리 시 주의사항

- 폐기물을 최소화한다. (폐기 전 모든 소모재를 사용하여 양을 감소)
- 일상적인 용도로 사용되는 용기를 재이용한다.
- 폐기물의 부피를 줄인다. (상자, 캔, 강통, 용기 압축, 박스 등)
- 폐기물을 종류별로 분리한다.
- 가득 찬 경우 압축하여 단단히 포장한 후 캠프 주변에 안전하게 저장한다. (내용물 유출 주의)
- 폐기물을 부득이 현장에 저장해야 하는 경우에는 그 위치, 양 및 종류를 기록하고 현장책임자와 기지대장에게 보고한다. 가능한 안전하고 접근성이 좋은 장소를 선택한다.
- 작업장 또는 캠프를 떠나기 전 주변을 다시 둘러보고 떨어진 쓰레기를 회수한다.

10. 생존 장비

1) 서바이벌 키트 (각 차량 배치)

품명	수량	품명	수량
텐트 (2~3인용)	1	눈톱	1
침낭	2	눈삽	1
Bothy Bag	1	MSR 버너	1
방수백	1	코펠	1
응급키트	1	수저	2
매트	2	화이트가솔린 (1L)	2
비상식량 (5~7일)	2	연료통 (1L)	1
섬광탄	2	물 (2L)	1

2) 크레바스 구조 장비 (Arizona Vortex)

* 사양

- Inside height clearance 9 ft (2.7 m)
- Horizontal clearance 8 ft 9 in (2.6 m)
- Height with additional legs 12 ft (3.7 m)
- System weight 72 lb (33 kg)
- Pin strength 18,000 lbf (80 kN) for the 3/8-inch leg pins
32,000 lbf (142 kN) for the 1/2-inch head pins

* 구성

- Head Set * 1
- Inner Legs * 3
- Outer Legs * 7
- Raptor Feet * 3
- Flat Feet * 3
- Head Set Pulley Wheel * 1
- Head Set Backpack * 1
- Leg Bags * 3
- Foot Sleeves * 2
- Pin Bag * 1
- Head Pins * 4
- Leg Pins * 11
- Pin Flags * 15
- AZ VORTEX Hobble Straps * 3
- 40 foot x 8 mm Cord * 1
(for tethering)



11. Safety Report

작성일: 2017년 ____ 월 ____ 일

작성자: _____ (인)

● 사고자 일반사항

사고 일시		사고 장소					
소속		성명		연령	세	성별	남 / 여

● 사고세부내용

1. 사고형태 (직접적 원인. 해당란에 체크하세요)

추락		길 잃음		낙하물		차량	
작업		추위		강풍		강설	
질병		과로		탈진		식품	
화재		원인불명		기타			

2. 부상 및 질병의 형태 (해당란에 체크하세요)

사망		뇌진탕		골절		염좌/탈구		근육손상	
찰과상		화상		동상		저체온증		일사/열사	
탈수		식중독		소화질환		정신질환		탈진	
인대손상		기타							

3. 사고경위 (일자, 시간, 장소, 가해, 피해 서술)

극지연구소

4. 사고 처리 (응급조치, 후송 및 결과)

5. 기타의견

12. 차량 운행 일지

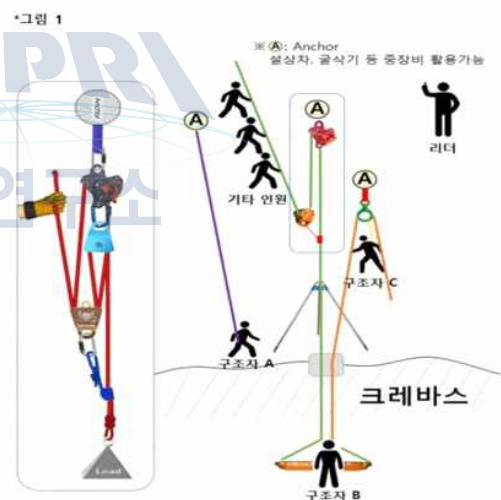
[illegible]

미답지 연구단 위기관리 매뉴얼

- 15 -

13. 크레바스 구조 상황 시 행동 절차

단계	구분	행동
1	Location (인지)	● 개인 장비 및 확보 상태 확인 ● 현장 확인 (2차 피해 예방) ● 통신 (사고 상황 공유) ● 안전지대 설정 (구조 차량 및 인원 유도) ● 구조 전력 수립 ● 구조 작업구역 설정 (구조 장비 준비)
2	Access (접근)	● 역할 분담 (*그림 1 참조) ● 구조자 A : 추락자와 대화 시도, 의식유무, 부상상태, 크레바스 방향, 너비, 깊이 확인 ● 구조자 B : 추락자 1차 응급처치 (보온, 지혈 등), 들것에 추락자 고정 후 인양 ● 구조자 C : 구조자 B Back up Belay ● 기타 인원 : 구조 장비 조립, 구조자 B가 내려간 후 Z-Pulley System 설치, 운영
3	Stabilization (안정)	추락자 인양 후 안전한 곳으로 이송 추락자 2차 응급처치 후 후송준비 Safety Report 작성
4	Transport (후송)	후송 간 추락자의 2차 손상 유의

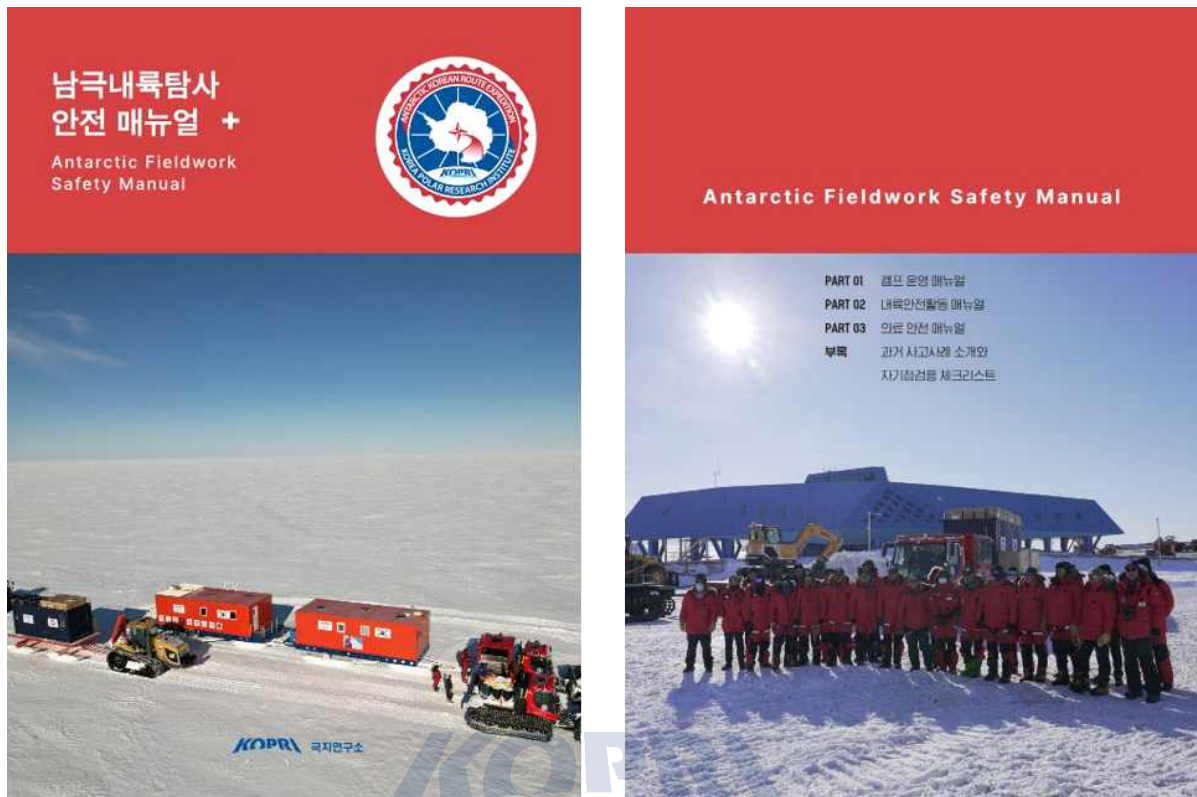


미답지 연구단 위기관리 매뉴얼

- 16 -

<그림 66. 계속>

- 캠프운영 매뉴얼, 의료관리 매뉴얼 및 위기관리 매뉴얼을 통합한 남극내륙탐사 안전관리 통합 매뉴얼 작성 및 내륙탐사 캐러반 내 비치



<그림 67. 남극내륙탐사 안전매뉴얼 (통합본) 제작>

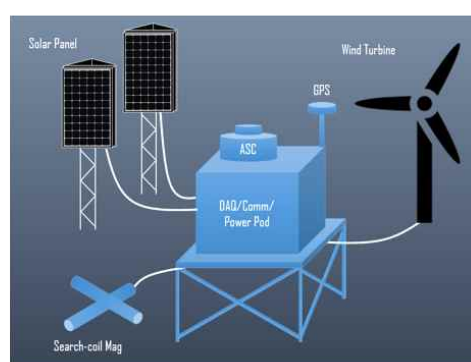
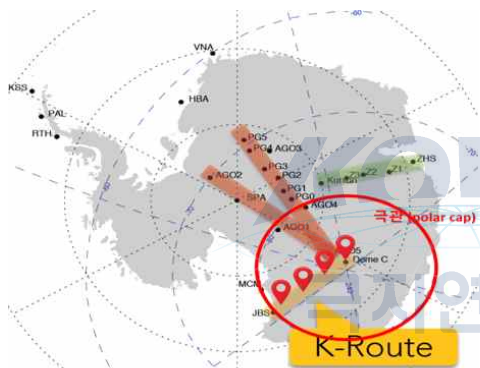
극지연구소

다. 무인천문관측장비 설치 및 운영지원

(1) 1차년도(2020)

○ 남극내륙 현장 무인관측장비 설치운영을 위한 국제 네트워크 구축

- 남극내륙 기획과제 및 K루트 사업 공동 워크숍을 통해 남극내륙 무인천문관측장비 설치 운영을 위한 소내외(극지기후과학연구부, 경희대, 뉴저지공과대학) 연구진과의 협조체계 구축 완료
- 극관 내부 고정 관측소 부재로 오로라 관측 공백 존재해 공동경도(Co-longitude) 기반 다중 관측망 구축 가능
- 기존 시제품(KAGO) 전력 문제로 겨울철 운용 실패, 20W 이하 저전력 무인 전력시스템 개발 추진: Raspberry Pi 제어컴퓨터 기반 소형 오로라 카메라 설계, 광학필터 장착 저조도 센서 및 야간 자동 촬영, 태양 위치 기반 Gain/Exposure 자동 조절, 영상·GPS·로그 자동 저장 및 압축, 시스템 상태 쉘스크립트로 자동 모니터링
- NJIT, 경희대와 플랫폼 연계(자기계, GPS 등 포함), K-루트팀과 물류 지원 및 진입 경로 공동조사, 장보고기지와 Dome C 기지를 중계기지로 활용하여 남극 내륙 연구거점 연계 내륙 배치 추진



<그림 68. 무인천문관측장비 설치계획 및 협력 방안 논의>

(2) 2차년도(2021)

○ 빙저호 연구캠프 내 무인천문관측장비 설치운영 지원

- 남극 내륙지역의 우주관측 자료 연중 수집용 무인 우주환경관측소 설치 및 현장 테스트를 위하여 2021.12.27. ~ 2022.01.04. 약 9일간 장비개발인력 2인의 현장체류 및 연구활동 지원
- 해당 장비는 남극 내륙지역 오로라 관측을 위한 오로라 카메라와 지구 자기장 변화 측정을 위한 자력계, 해당 관측기기의 무인 작동을 위한 태양광 및 풍력 발전설비, 그리고 배터리 박스로 구성
- 설치 장소의 경우 차량의 운행 진동에 의한 자력계의 간섭을 고려하여 인원 및 차량 비통행 구간으로 선정하였으며, 배터리를 포함한 중량의 물품으로 구성되어 있어 안전한 장비 운송과 현장 설치를 위해 안전팀 2인, 중장비팀 2인, 설상차 3대(크레인 포함) 활용 지원을 통해 당초 계획대로 무인 우주환경관측소 설치와 현장 테스트 수행 완료(현재 정상 운영 중)



<그림 69. 21/22 시즌 빙저호 연구캠프 내 무인천문관측장비 설치 현황>

(3) 3차년도(2022)

○ 남극 빙저호 연구캠프 내 무인관측장비 정비 및 재가동 지원

- 3차년도 남극하계현장연구 축소로 인해 남극내륙 심부빙하코어 시추후보지 연구캠프에 구축 예정이었던 무인 천문관측 장비 설치 및 시험 운영을 2단계 순연하고, 빙저호 연구캠프 내 무인관측장비의 정비 및 재가동 지원

라. 에너지 하베스팅 고단열 컨테이너 개발

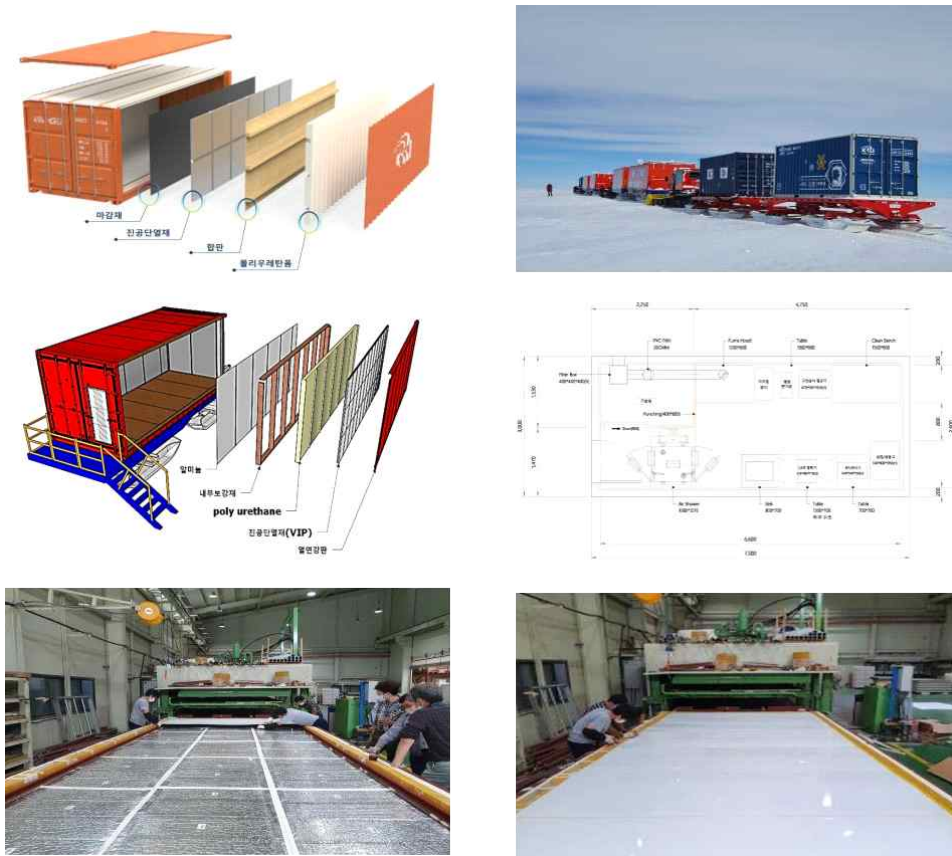
(1) 1차년도(2020)

○ 에너지 하베스팅 고단열 컨테이너 설계

- 선행과제 활용 결과를 고려하여 개선된 스마트 고단열 컨테이너 설계 제작 추진
- 남극 장보고과학기지 주변에서 단열 테스트를 완료한 1차 개발 스마트 고단열 컨테이너를 활용하여 주요 장비를 기지-빙저호 연구캠프 운송, 내륙캠프 구축 및 남극내륙극한지 환경에서의 단열 효율 검증 완료
- 스마트 고단열 컨테이너 개발 기술을 기반으로 단열재 부착식 시공법이 아닌 우레탄폼과 진공단열재를 결합한 새로운 형태의 고성능 단열패널 개발
- 압착식 고단열 컨테이너 패널을 적용한 2세대 에너지 하베스팅 고단열 컨테이너 설계
- 차년도 제작 완료된 에너지 하베스팅 고단열 컨테이너의 단열성과 혹독한 환경에서의 내구성 및 단열 효율 검증을 위한 국내 동절기 시험운행 예정
- 남극내륙 연구캠프 극한 환경에서 연구장비 및 물자를 최적의 상태로 보관, 유지하기 위해 전력 자체생산 설비를 추가하여 실내 환경 유지 기능을 추가한 함체로 업그레이드 예정

<표 13. 1세대/ 2세대 스마트 고단열 컨테이너 개발 개요>

	스마트 고단열 컨테이너	에너지 하베스팅 스마트 고단열 컨테이너
외규격	-20ft ISO 규격 (L×W×H: 6,058×2,438×2,591 mm)	-특수 규격 (L×W×H: 6,990×2,990×3,030 mm)
외부구조	-해운 적재용 요철구조	-비적재용 평면구조
단열구조	-강판+폴리우레탄+합판+진공단열재+마감재 구조 -컨테이너 내부 단열재 부착형	-강판+진공단열재+폴리우레탄+내부보강재+알루미늄판 구조 -우레탄폼 진공단열재 압착결합식
활용	-남극 장보고과학기지 주변 온도 모니터링을 통해 외기 온도 대비 약 10℃ 이상의 실내 온도가 유지되는 것으로 확인. 남극 내륙에서의 내부 온도 변화 자료 수집 중 -남극 내륙에서 K-루트 탐사용 장비의 내륙 운송 및 보관에 활용 중	-고도의 단열성능 및 내구성을 확보하여 남극 내륙에서 시료의 전처리 및 분석 수행 등 이동식 현장연구에 활용 -태양광 축전 등의 에너지 하베스팅 및 저장기술 등을 적용한 고도화 모델 개발을 위한 테스트베드로 활용



<그림 70. 1, 2세대 고단열 컨테이너 단열 구조 설계 및 패널 제작>

(2) 2차년도(2021)

○ 에너지 하베스팅 고단열 컨테이너 시작품 제작 및 시험운영

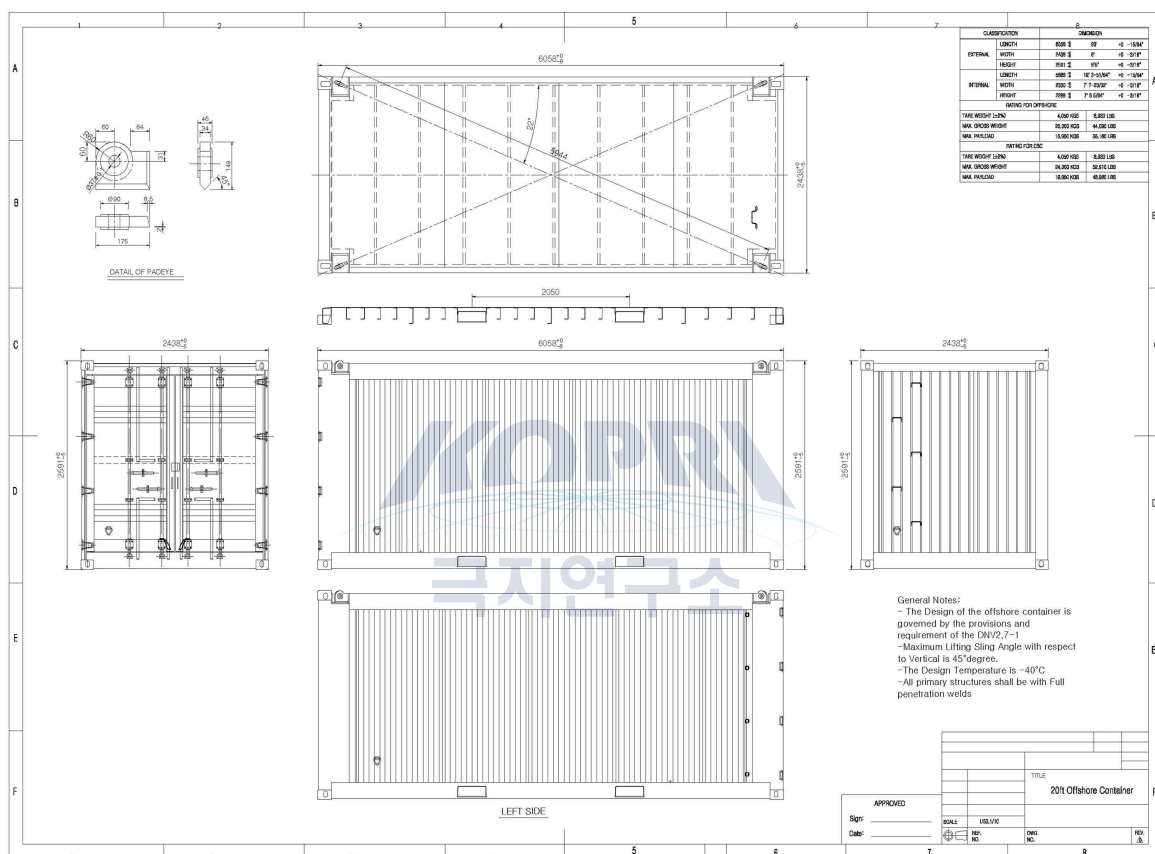
- 남극내륙 연구거점캠프의 극한 환경에서 연구에 필요한 장비와 물자를 최적의 상태로 보관하기 위해 기본적인 고단열 기능 이외에 자체적인 전력 공급원이 결합된 형태의 특수 컨테이너 개발
- 1차년도에 개발한 고단열 컨테이너에 친환경 자체 발전(태양광, 풍력) 설비를 추가하여 생산·저장되는 전력을 통해 연중 컨테이너 내부 환경을 안정적으로 유지하고 외부 환경 자료를 수집
- 20ft 해상용 컨테이너 골조에 진공단열재(VIP) 기반 복합단열소재를 적용한 고단열 합체 제작



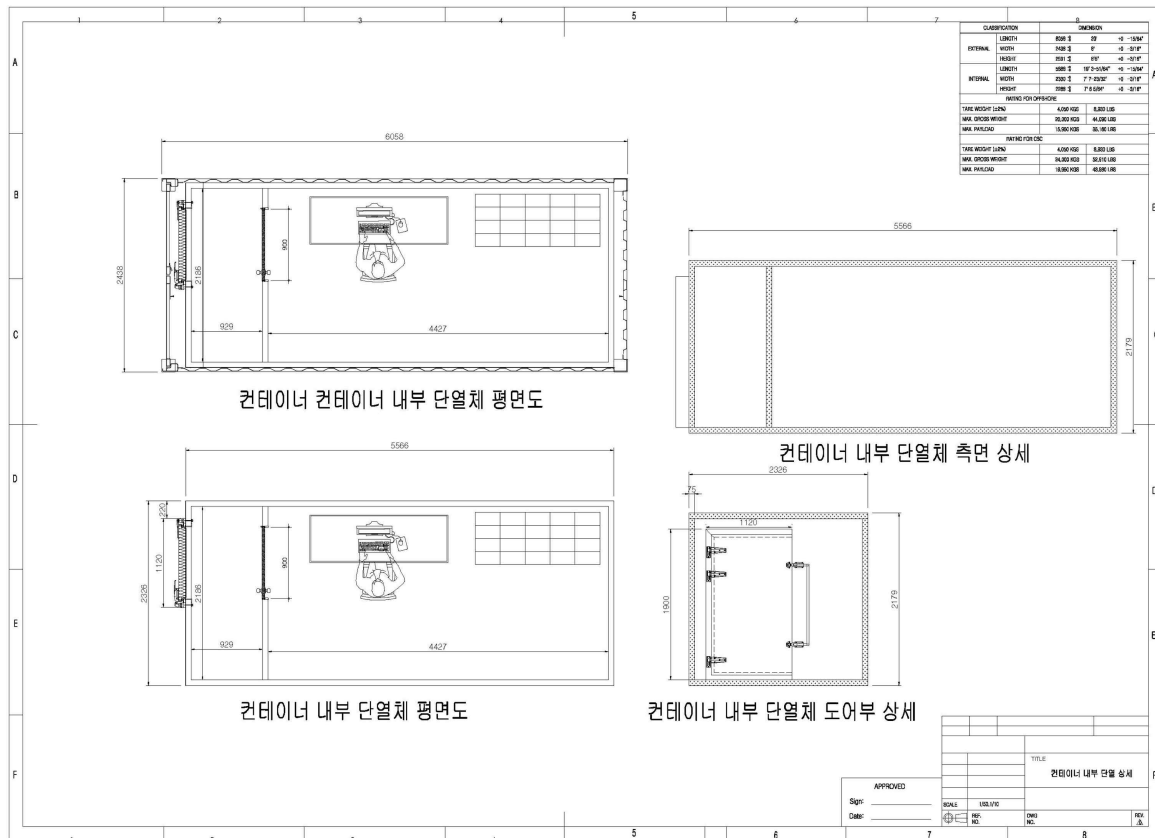
<그림 71. 에너지 하베스팅 컨테이너 외관>



<그림 72. 진공단열재(VIP) 기반 복합단열재 모식도>

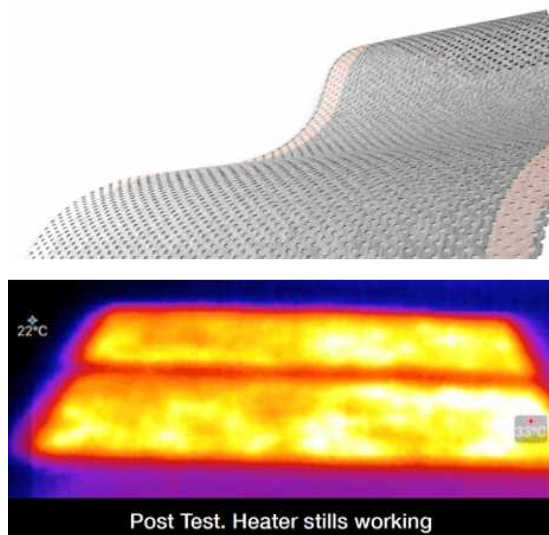


<그림 73. 에너지 하베스팅 컨테이너 함체 도면>



<그림 74. 고단열 기능을 위한 에너지 하베스팅 컨테이너 복합단열재(70T) 설치 도면>

- 컨테이너 내부 온도 유지를 위한 온도유지장치(센서 스위치 작동식 면상발열체) 및 인버터 설계



LaminaHeat Product ID		PB-S-225W
Wattage /m ²	W/m ²	440+/- 7,5%
Wattage / Board	W	225 +/- 7.5%
Total Length	mm	1200
Total Width	mm	600
Heating Width	mm	470
Amps per board	A	0,98 +/- 7,5%
AC Voltage	V	230
Resistance per Board	Ω	235
Weight	kg/m ²	6,6
Thicknes	mm	12,5
Max. No. of panels per 16A supply (one zone)	Pieces	13

<그림 75. 탄소섬유 기반의 면상발열체 이미지 및 제원(실내 천정 4장 설계)>

- 남극내륙 운영 시, 돌풍에 의한 파손 방지를 위하여 CIGS 방식의 플렉시블 태양광 패널 적용(컨테이너 외부 지붕 및 벽체, 125W/h/장×12장 설계)



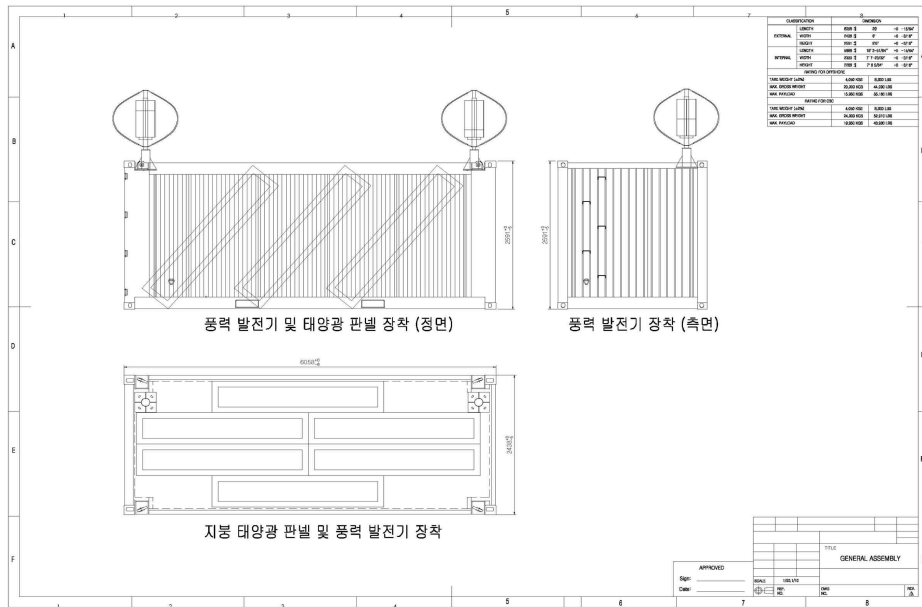
<그림 76. 에너지 하베스팅 컨테이너에 적용된 CIGS 방식의 플렉시블 태양광 패널>

- 로터, 블레이드, 제너레이터(영구자석 타입)로 구성된 다리우스 타입의 수직형 풍력발전기 설계
- 지역적인 풍속 수준에 따라 하드웨어에 걸리는 저항과 풍력 발전 효율 조정이 가능한 블레이드 탈부착식 풍력발전기 선정. 저속 환경에서는 외부 날개(다리우스 블레이드)를 부착하여 풍속 조항을 높이고, 고속 환경에서는 외부 날개 제거 후 내부 사보니우스 블레이드만 사용
- 컨테이너 지붕 모서리 양 끝단에 베이스 강판 부착 후 300W급 2기 설치

부품일반사항				
구분		제품사항		
회전자	직경	1300mm	정격 회전속도	850RPM
	무게	20kg	회전 속도범위	0RPM ~ 950RPM
	개수	3개	재질	알루미늄 및 기타 합금
발전기	정격출력	300W	상(phase)	3상
	정격속도	850RPM	정격전압	40V
	극수	16극	정격전류	12.5A
	형식	영구자석 3상 교류 발전	정격주파수	50~60Hz
	속도범위	0RPM ~ 950RPM	무게	10kg
	여자제어	영구자석형		
지지 구조물	형식	구조용 원형관	높이	6000mm (표준모델) - 최소 4000mm부터 가능
	재질	Steel 또는 SUS		
	무게	360kg(표준모델)	접합형식	볼트(락볼트)
	최소크기(직경)	Ø139.8mm X 3T	방식도장	용융아연도금 및 기타 도금
제어 장치	정격출력	300W	출력형식	직류
	정격입력	비정형 3상 40V 12.5A	정격출력	단상 DC 24V 12.5A (12V 25A)
	입력주파수	50~60Hz	출력주파수	50~60Hz
	과출력제어방식	자동 합선 제어	과전압제어방식	자동 합선 제어
	속전지속전압	24V(12V)	시스템제어방식	자동 합선 제어
제동 장치	자동	과속일 경우 합선 제동시스템		
	수동	-		

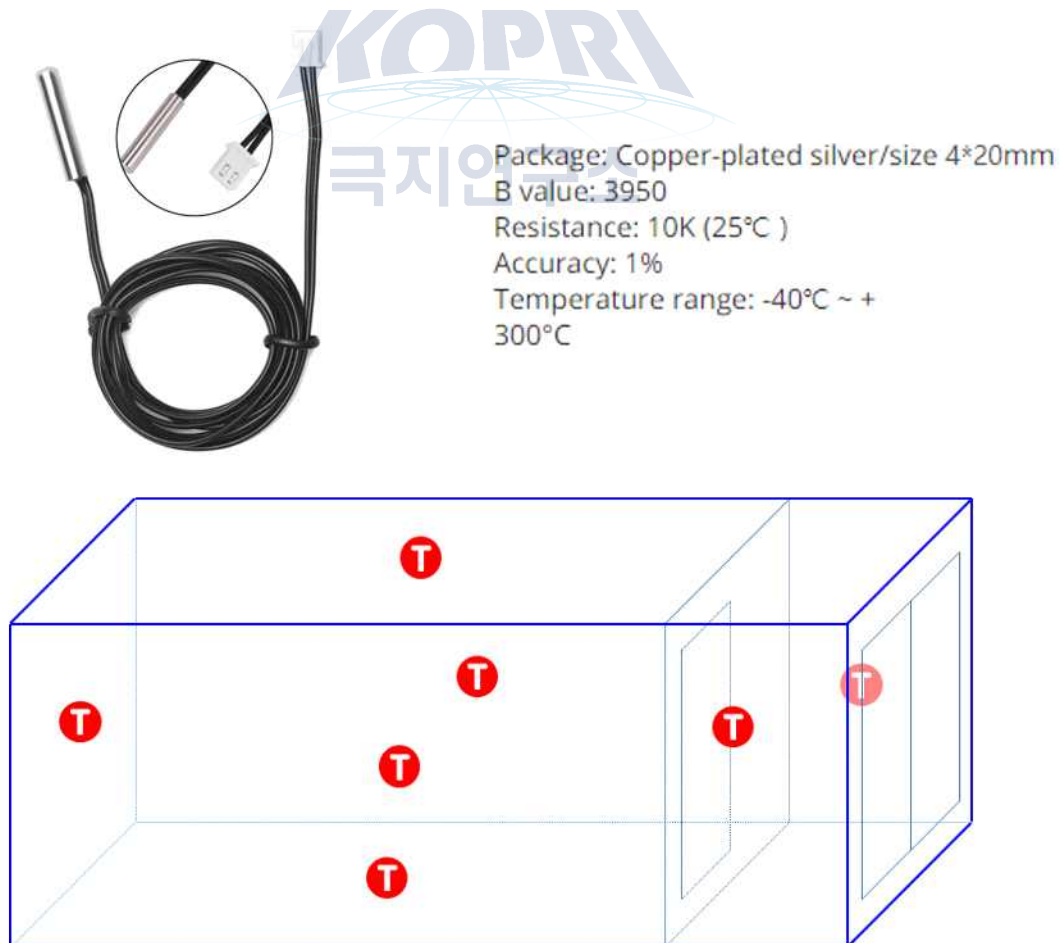
제품일반 형식	제품용도	축전지 축전용			
	제품형식	수직축 풍력발전기			
	구조물형식	원형관형, 트러스형, 콘크리트형, 기타 가능			
설계기준	한계풍속	60m/s (시뮬레이션 결과 값)			
	컨트롤러 정상 운전 온도범위	최고	40°C	최저	-10°C
	발전기 정상 운전 온도범위	최고	58°C	최저	-30°C
	※ ※ ※ 제품별 평균풍속 범위 30도인 상하각 90도 범위에서 테스트 되었습니다.				
	설계 공기밀도	1.225kg/m³			

<그림 77. 풍력 발전기(DS-300) 이미지 및 제원>



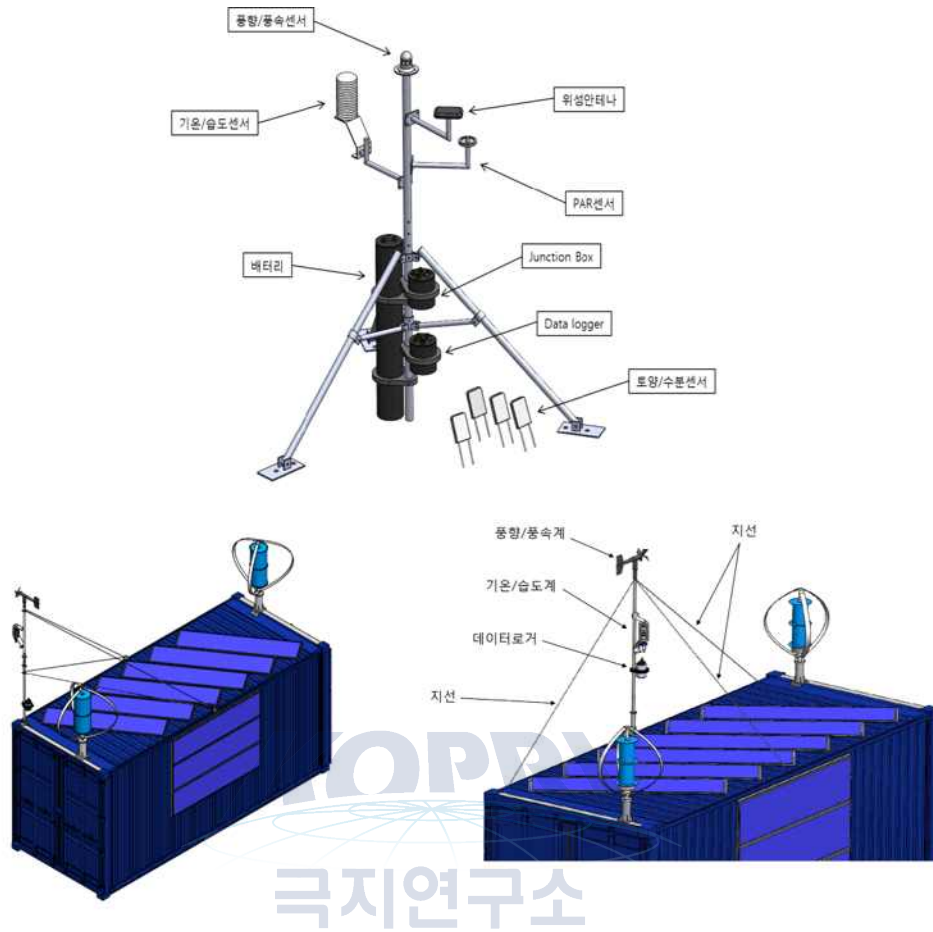
<그림 78. 컨테이너 외부 태양광 패널 및 풍력 터빈 설치 도면>

- 에너지 하베스팅 컨테이너 함체 내부 온도 모니터링을 위한 내부 온도 센서 7-Set 설계
- 설치 위치: 컨테이너 육면체 함체의 6개 벽면 중앙에 각 1개소, 전실 내부 1개소, 총 7개소



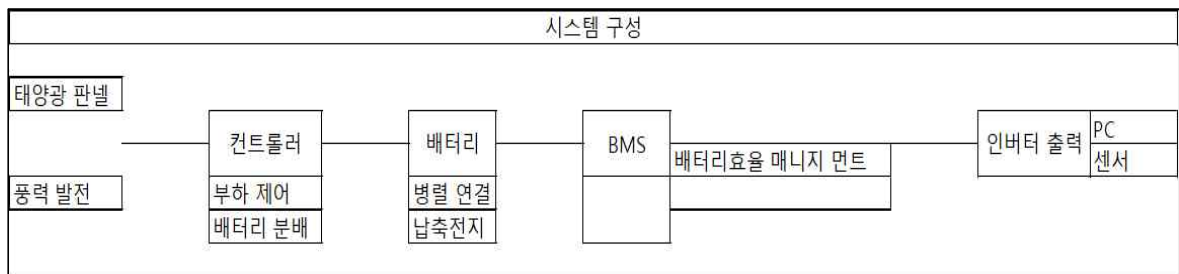
<그림 79. 에너지 하베스팅 컨테이너 온도센서 사양 및 설치위치>

- 에너지 하베스팅 컨테이너 설치지역의 기상자료 수집 및 실시간 모니터링을 위한 무인 환경관측시스템(EOS) 설계

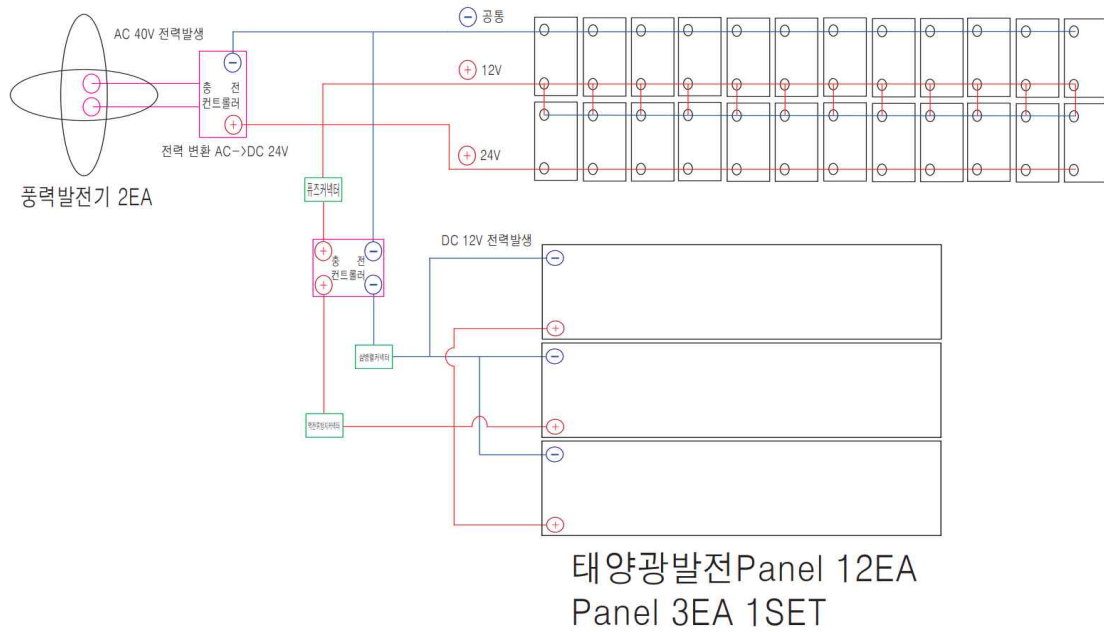


<그림 80. 환경관측시스템(EOS) 설치 이미지>

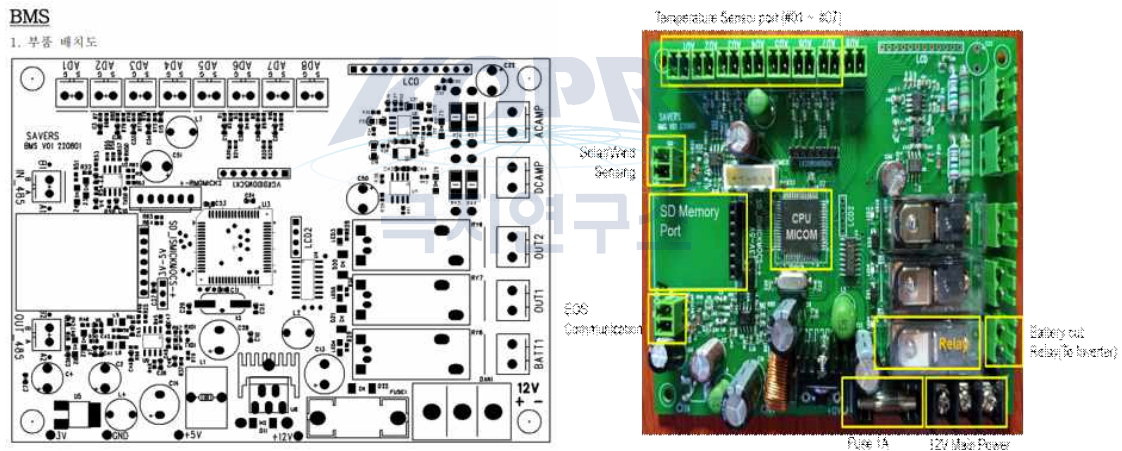
- 외부 발전 설비 및 환경 측정 장치, 내부 온도 유지장치 및 컨트롤러 등 컨테이너 전체 시스템을 유지하는데 필요한 자체 생산 전력 제어 및 각종 수집 데이터 통합 관리를 위한 배터리 제어 시스템(BMS) 설계



<그림 81. 에너지 하베스팅 컨테이너 전원 관리 시스템 구성도>



<그림 82. 에너지 하베스팅 컨테이너 내부 배선도>



<그림 83. 에너지 하베스팅 컨테이너 BMS 기판>

- 입력: AD1~7 온도센서, 태양광 및 풍력 콘트롤러 통신 IN_485, 데이터 저장 통신 OUT_485
- 출력: 인버터 ON/OFF용 릴레이 BATT1
- 입력 데이터: 태양광 및 풍력 전압, 태양광 및 풍력 전류, 태양광 및 풍력 전력, 배터리 전압
- 로깅 데이터 순서: 1번 태양광 전압, 2번 태양광 전압, 3번 태양광 전압, 4번 태양광 전압, 5번 풍력 전압, 6번 풍력 전압, 배터리전압, 1번 센서 온도, 2번 센서 온도, 3번 센서 온도, 4번 센서 온도, 5번 센서 온도, 6번 센서 온도, 7번 센서 온도
- 인버터 ON/OFF용 릴레이 동작: 배터리 전력 30%일때 릴레이 OFF(인버터 차단)(12.3V), 배터리 전력 70%일때 릴레이 ON(인버터 동작)(13.1V)
- 에너지 하베스팅 컨테이너 시작품 제작 및 극지 운송 현장 운영 시의 결함 및 시행착오 최소화를 위하여 기술 성능 검증을 위한 국내 동계 시험운영 실시

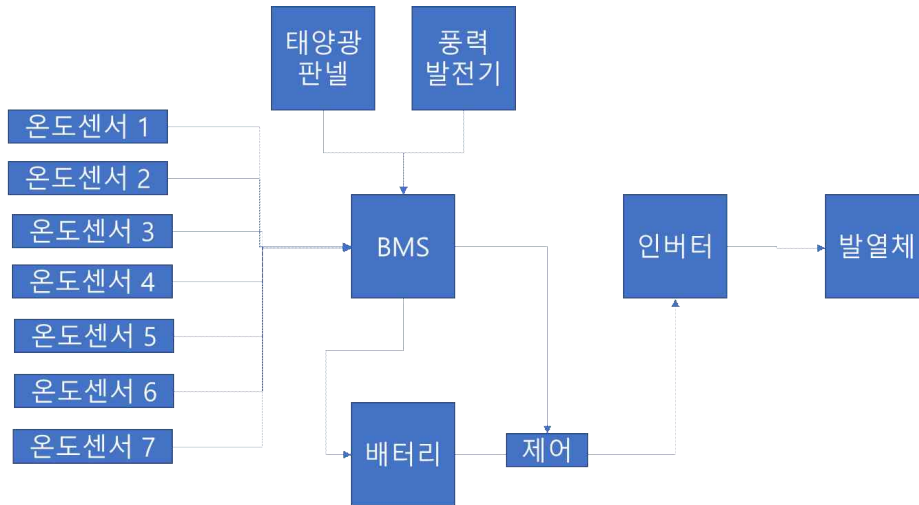
<표 14. 에너지 하베스팅 컨테이너 성능 검사 평가항목>

검사 항목	세부 검사 항목	비고
컨테이너 박스 검사	- 외관, 치수, 중량 검사 - 컨테이너 기밀, 수밀 검사 - 기타 컨테이너 내구성, 도어부 작동성 검사 등 - 단열 성능 검사(모델링 및 열유동 해석)	
에너지 하베스팅 설비 검사	- 태양광 패널/ 풍력 터빈 가동 검사 - 태양광/ 풍력 발전 성능 유지 검사 - 배터리 검사(용량, 충·방전 효율 등)	
시스템 제어 및 운영 자료 수집 검사	- 내부 온도인식 및 온도유지장치 제어 기능 검사 - 배터리 기능 유지 검사 - 내부 온도 기록, 저장 기능 검사 - 시스템 운영 자료 수집 검사(발전기 타입별, 영역별 발전·충전·방전량, 소비 전력량, 운행이력 등)	시스템 운영 자료는 항목별 최소 1개/시간 이상 측정·저장



<그림 84. 에너지 하베스팅 컨테이너 국내 실증 테스트>

- 에너지 하베스팅 컨테이너 설치된 태양광패널은 총 12장이며 좌우측 측면에 3장씩, 천장에 45도 기울기로 6장을 설치. 태양광패널 3장당 1개의 컨트롤러에 배정하여 총 4개의 컨트롤러로 태양광 발전을 컨트롤하여 배터리에 저장
- 풍력발전기는 컨테이너 지붕 상부에 설치하여 풍력 발전을 수행하고 터빈 1기당 컨테이너 내부의 컨트롤러 1기를 몰려 발전 컨트롤
- 태양광패널 및 풍력터빈에서 생성된 전력을 배터리에 충전하고 이 과정에서 배터리의 과충전과 방전 중단 시 배터리가 방전되지 않도록 제어하는 BMS 작동 테스트
- 에너지 하베스팅 컨테이너 성능 검사 평가항목별 테스트 완료



태양광 패널과 풍력발전기의 발전량을 매 5분마다 BMS로 전송
 BMS 는 온도센서 1번부터 7번까지의 온도센싱 데이터를 5분마다 송신
 BMS는 배터리의 충전량을 5분마다 점검하여 100%가 되면 태양광 발전과 풍력발전의 배터리 충전을 중지
 BMS는 배터리의 충전량을 5분마다 점검하여 30%가 되면 인버터로 나가는 출력을 정지
 BMS는 배터리의 충전량을 5분마다 점검하여 70%이상이 되면 인버터 출력을 진행
 BMS 는 매 5분마다 4개의 태양광 발전량, 2개의 풍력발전기 발전량, 7개의 온도 데이터, 배터리의 충전량을 내부 메모리에 저장

<그림 85. 에너지 하베스팅 컨테이너 BMS의 컨트롤 다이어그램>

시간	태양광1	태양광2	태양광3	태양광4	풍력1	풍력2	배터리	온도1	온도2	온도3	온도4	온도5	온도6	온도7
9:34:39	0.27	0.42	0.23	0.05	0	0	15.35	19	19	18.8	16.2	19	19.2	19.2
9:39:23	1.86	2.16	1.4	0.68	0	0	15.35	19	19	18.8	16.1	19	19.2	19
9:44:29	5.65	6.2	4.27	2.7	0	0	15.35	19	19	18.8	16.1	19	19.2	19
9:49:34	10.71	11.14	8.01	5.9	1.59	0	15.35	19	19	18.6	16.1	19	19.2	19.1
9:54:39	12.62	12.68	11.67	9.42	0	0	15.35	19	19	18.7	16.1	19	19.2	19
9:59:44	13.37	13.31	12.62	12.46	0	0	15.35	19	19	18.6	16	19	19.2	19
10:04:49	13.52	15.07	12.73	12.63	0	0	15.35	19	19	18.6	16.1	19	19.2	19
10:09:54	13.69	13.7	14.29	12.86	1.59	0	15.35	19	19	18.6	16	19	19.1	19
10:14:59	13.95	13.97	13.89	13.14	1.59	1.59	15.35	19	19	18.6	16	19	19	19
10:19:44	14	14.03	13.94	13.89	1.74	0	15.35	19	19	18.6	16	19	19	19
10:24:49	14.07	14.12	14.08	13.93	0	0	15.35	19	19	18.6	16.1	19	19	19
10:29:54	14.13	14.17	14.21	13.97	1.59	0	15.35	19	19	18.6	16	19	19	19
10:35:00	14.18	14.22	14.24	14.01	0	0	15.35	19	19	18.7	16	19	19	19
10:40:05	14.22	14.25	14.27	14.03	1.74	0	15.35	18.9	19	18.6	16.1	19	19	19
10:45:10	14.25	14.27	14.29	14.06	1.74	0	15.35	18.9	19	18.6	16	19	19	19
10:50:15	14.29	14.29	13.64	14.05	1.74	1.59	12.8	18.9	19	18.7	16	19	19	19
10:55:20	14.23	14.27	13.64	14.06	1.89	1.74	15.34	18.8	18.9	18.6	16	18.9	19	19
11:00:05	14.22	14.28	14.16	14.07	1.59	1.74	15.35	18.9	18.9	18.6	16	19	19	19
11:05:10	13.63	15.44	14.27	14.1	1.89	1.89	12.8	18.8	19	18.6	16	18.9	19	19
11:10:15	13.69	13.7	14.29	14.13	1.59	1.59	12.8	18.9	18.9	18.5	16	18.9	19	19
11:15:20	16.27	13.78	24.94	21.22	1.59	1.74	12.8	18.8	18.9	18.5	16	19	19	19
11:20:26	19.34	18.66	24.71	14.26	1.74	1.89	12.8	18.9	19	18.5	16	19	19	19
11:25:31	19.98	21.42	24.18	14.3	1.74	2.33	12.8	18.9	18.9	18.5	16	18.9	19	19
11:30:36	21.81	21.35	24.18	14.34	1.89	2.48	12.8	18.9	19	18.5	16	19	19	19
11:35:41	22.5	24.19	24.98	14.37	1.74	2.48	12.8	19	19	18.5	16	19	19	19
11:40:26	20.91	23.33	25.08	14.42	1.89	2.48	12.8	19	18.9	18.5	16.1	19	19	19

<그림 86. 에너지 하베스팅 컨테이너 BMS 저장 데이터 샘플>

(3) 3차년도(2022)

○ 에너지 하베스팅 고단열 컨테이너 극지 운송

- 3차년도 남극하계현장연구 축소로 인해 에너지 하베스팅 컨테이너의 극지 운송만을 완료
- 극지현장 실증 및 성능평가는 차년도 남극하계현장연구를 통해 완료 예정

3. 무인 VTOL 항공플랫폼 개발 (1단계)

가. 무인 VTOL 항공 플랫폼 개발

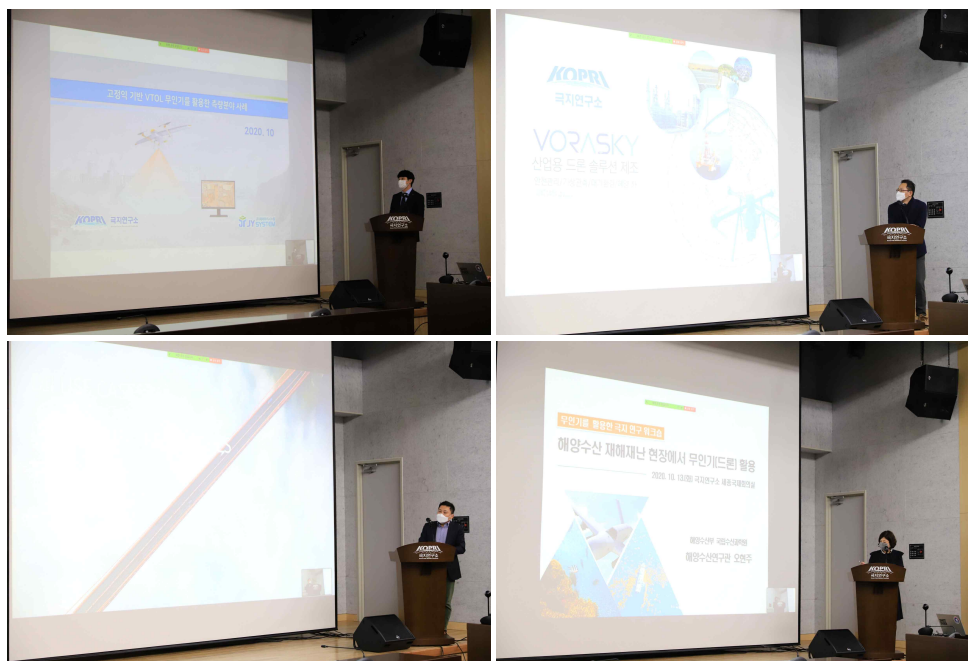
(1) 1차년도(2020)

○ VTOL 운용 요구도 도출

- 연구 분야별 무인기 활용 현황 파악을 위한 워크샵 개최

<표 15. 워크샵 일정>

• 워크샵주제 : 무인기를 활용한 극지연구 • 일시/장소 : 2020. 10. 13 / 극지연구소 세종 국제회의실		
- 발표내용 : 1부(국내사례)		
소속 및 성명	주제	주요내용
1. 제이와이시스템 정현호 대표	고정익 기반 VTOL 무인기를 활용한 측량분야 사례	- 장비소개 및 측량 케이스별 사례 소개
2. 보라스카이 성민 부대표	기상관측드론	- 업체 소개 및 보유 장비 소개 - 실시간 3D기상 흐름 표출 시스템 구축계획 소개 - 제주공항 Wind Shear 관측 사례 소개
3. DJI코리아 정경륜 Policy Head	DJI USE CASES IN SCIENTIFIC RESEARCHES	- DJI 드론 기체를 활용한 관측사례(고래, 화산관측, 그린란드 추락 전투기 탐색(GPR) 등)
4. 국립수산물연구원 오현주 해양수산연구관	해양수산 재해재난 현장에서 무인기(드론)활용	- 드론을 활용한 해양 수산분야 관측 사례 소개(괭 생이 모자반, 해파리 모니터링, 고래생태 연구 등) - 드론을 활용한 해양 재난/재해 대비 사례 소개
- 발표내용 : 2부(연구소 사례)		
소속 및 성명	주제	주요내용
1. 극지연구소 이원영 박사	무인기 활용 동물 생태 연구	- 드론 활용 동물 생태 연구 사례 소개(물범, 조류 외)
2. 극지연구소 주현태	드론을 활용한 지구물리탐사의 활용 사례	- 지구물리 탐사에서의 무인기 활용 사례 소개(DEM 구축, 싱크홀 조사, 자력계 조사)
3. 극지연구소 박상종 박사	극지 대기과학 분야 무인기 활용 동향	- UAV를 활용한 대기 관측 사례 소개 - 벌룬을 활용한 구름 관측 사례 소개
4. 극지연구소 현창욱 박사	무인기활용 극지 원격탐사 : 북극 해빙, 그린란드, 남극 과학기지 사례	- 무인기를 활용한 북극 해빙연구 사례 소개 - 남극 세종과학기지 연안 빙하 후퇴 분석 사례 소개 - 남극 세종과학기지 육상 식생 분포 분석 사례 소개 - 그린란드 Kangerlussuaq 인근 빙하 연구 계획 소개
5. 극지연구소 지준화 박사	무인관측 극지 연구를 위한 다중센서 통합 탐재체개발	- 무인기용 다중센서 통합 탑재체 개발 소개 - RGB, Hyperspectral Image, Thermal Image 통합 및 센서데이터 동기화 - 데이터 후처리 결과 소개



<그림 87. 1부 발표>



<그림 88. 2부 발표>

- 워크샵 결과를 토대로 생물, 지구물리, 해빙연구 분야의 활용 시나리오에 따른 무인기 요구도 확립 및 보고서 작성

<표 16. 무인기 요구사항>

○ 연구분야별 비행성능 관련 무인기 요구사항

요구사항 구분	생물(펭귄)	지구물리(자력탐사)	해빙연구
운용범위/면적	5km / 2km ²	100km / 2000km²*	20km / 20km ²
운용거리(비행거리)	80km 이상	180km 이상	170km 이상
운항고도	AGL 120m 이상	AGL 150m 내외	AGL 500m 이상
임무고도	AGL 120m 이상	AGL 80m 이하	AGL 500m 이상

*10회 비행 기준

○ 연구분야별 임무장비 관련 무인기 요구사항

요구사항 구분	생물(펭귄)	지구물리(자력탐사)	해빙연구
탑재중량	최대 1.5kg	최대 2kg	최대 5.5kg
전원	5 - 9 VDC	4.8 - 24 VDC	9 - 12 VDC

○ 기타 무인기 요구사항

- 헬기 운송이 가능하도록 패키징 될 것
- 쇄빙연구선(아라온)의 헬리덱에서의 이착륙이 가능할 것 : 면적 (15×15m)
- 항공기가 위도 ±70°이상의 지역에서 운용되므로 편각이 큰 지역에서의 무인항법이 이상없을 것.

○ VTOL 운용 요구도에 바탕한 시스템 개발사양 정의

- VTOL 개발사양서 작성 : 비행조종시스템, 지상통제장비, 데이터링크, 운용지원장비 등의 세부 개발 사양서 작성

3. 주요제원

본 수직이착륙 무인기 플랫폼은 극지방 또는 극지방과 유사한 환경에서의 비행 안전성이 확보할 수 있도록 설계·제작하여야 하며 주요제원은 본 사양서에 따른다.

- 가) 임무장비 탑재 중량(Payload) : 5 kg 이상
- 나) 운용 반경(Operating Range) : 100 km 이상
- 다) 운용 시간(Flight Endurance) : 3 hour 이상
- 라) 경제속도/최대속도(Cruise/Max. Speed) : 90 / 110 km/h 이상
- 마) 최대이륙고도/최대운항고도(Max. Takeoff Altitude/Ceiling) : 4,000 / 5,500 m 이상
- 바) 최대이륙중량(MTOW) : 30 kg 이상
- 사) 날개길이(Wingspan) : 3 m 이상
- 아) 내풍성(Wind Resistance) : 10 m/s 이상
- 자) 내우성(Rain-Proof) : 8 mm/24 hour 이내
- 차) 운용온도(Operating Temperature) : -20 ~ +50 deg 이상
- 카) 데이터 통신 거리(Data Link Range) : 30 km 이상
- 타) 기타사항
 - 1) 항공 및 해상 운송을 위하여 손쉬운 분해/조립 가능//기체
 - 2) dual frequency-based heading 획득 가능한 GNSS 탑재//비행조종
 - 3) 선상 자동이착륙 기능을 위한 센서 탑재//비행조정//지상통제
 - 4) 데이터 통신 거리 밖에서 사전에 설정된 경로를 따라 비행 가능//비행조정
 - 5) 데이터 통신 두절 상태 시 위치추적을 위한 이리듐 모델 탑재//데이터링크

<그림 89. VTOL 개발 사양>

○ 기초연구 VTOL 시제개발

- 극지방 편각 환경에 강인하며, 함상 등에서의 자동이착륙 기능을 갖춘 VTOL 기초시제 1기 제작 완료

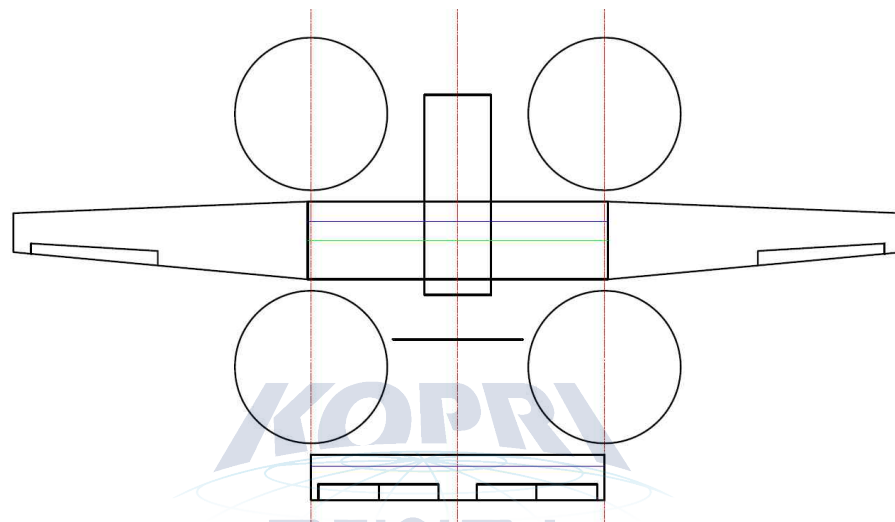


<그림 90. 기초연구 VTOL 시제>

(2) 2차년도(2021)

○ 항공 탐사 플랫폼 완성기체 상세 설계 및 제작

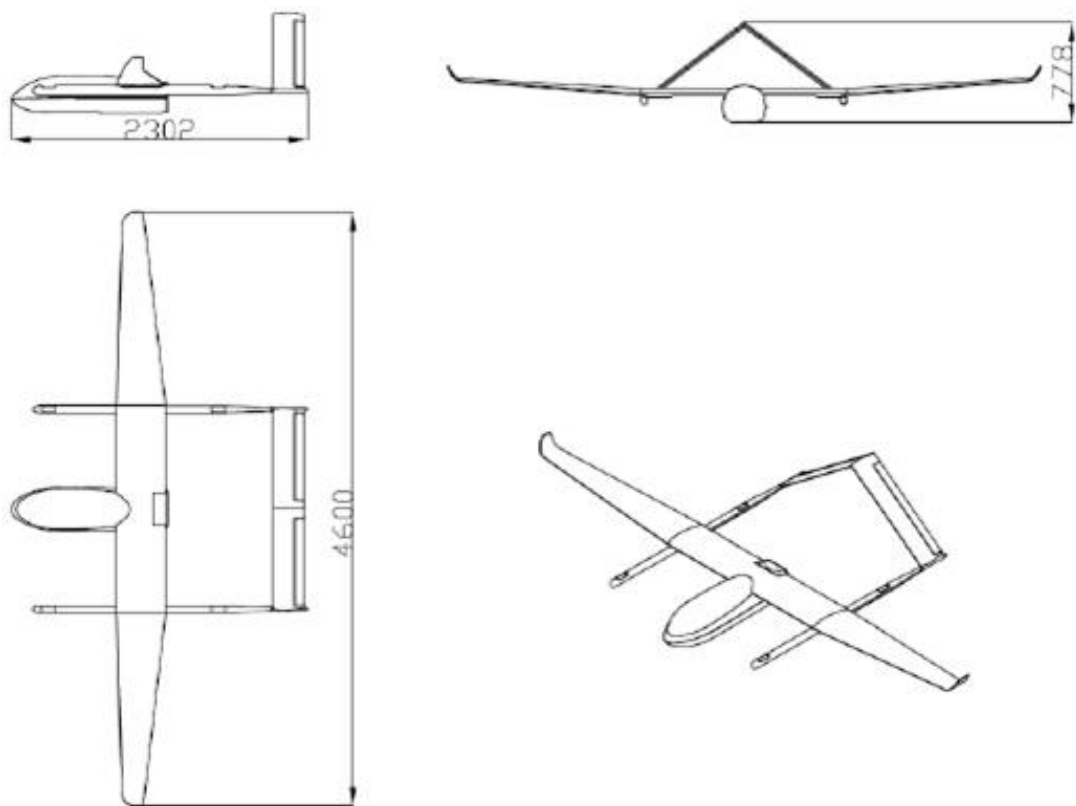
- 극지 환경에서 운용하기 위한 수직이착륙(VTOL) 플랫폼 시스템 주요사양 도출 및 탐사 장비 장착 검토
- VTOL 기초시제 시험 운용 결과를 반영하여 남극 현장 및 아라온 호에서 운용 가능한 VTOL 완성기체 규격서 작성
- 탑재 임무장비, 극한지 환경, 아라온 호 환경을 고려한 세부 사양 마련
- VTOL 완성기체 제작구매를 위한 국가연구시설·장비심의 위원회 상시심의 신청
- 구매절차 진행 중이며 22년 6월 도입완료 예정



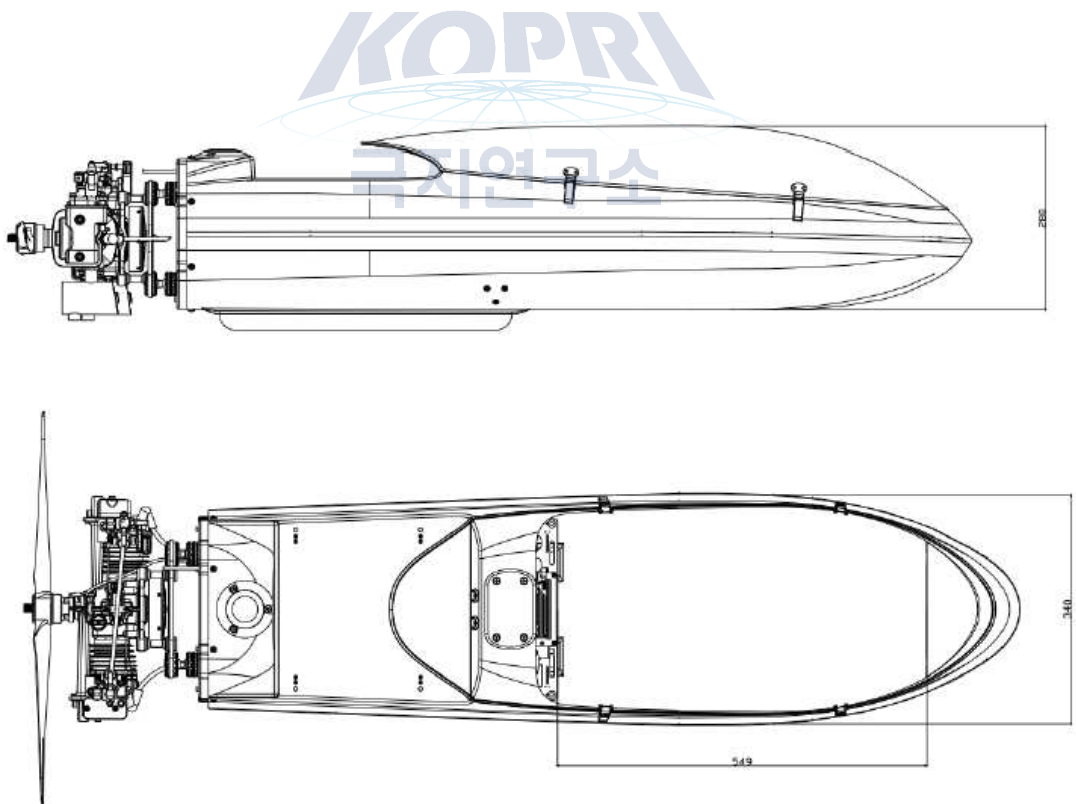
<그림 91. VTOL 완성기체 레이아웃>

<표 19. VTOL 엔진 기본 사양>

Name	FJT120-EFI
Form	Air - cooled 4 - stroke horizontally opposed twin - cylinder engine
Displacement	120 cc
Maximum power	4.0kW
Operation speed	1200~6500 rpm.
Fuel type	92#/95# gasoline
EFI	ECU electronically controlled fuel injection unit (closed loop control)
Lubrication way	Forced lubrication
Start/power mode	Integrated starter generator/24V
Life	400h



<그림 92. VTOL 완성기체 이미지>



<그림 93. VTOL완성기체 장비 탑재부>

<표 20. VTOL 완성기체 주요 규격>

구분	항목	규격	비고
고정익 수직이착륙 무인기 (VTOL)	기체 종류	하이브리드 수직이착륙 고정익 비행기 (Hybrid VTOL)	
	기체 구조재	카본복합수지 구조재	
	파워시스템	가솔린 엔진-전기 하이브리드 추진 시스템 - 가솔린 EFI 엔진형식의 120cc 이상 - 연료 타입 : Gasoline - ECU electronically controlled fuel injection unit	EFI 엔진
	연료탱크 용량	12L 이상	
	최대이륙중량 (MTOW)	44kg 이상	
	이착륙 방식	전자동 수직이착륙 방식(Full autonomous flight)	전자동
	착륙오차	2m 이내	
	GNSS	DGPS기반의 DUAL RTK GPS GNSS 시스템	
	Airspeed Tube	높은고도, 다습, 저온에 대응 가능한 가열 및 배수 속도 조절이 가능한 Airspeed Tube 부품 장착	
	항법 방향 탐지 기능	두 개 이상의 GPS 안테나를 이용한 항법용 비행 방향 탐색기능 및 자동 GPS 장애시, 예비 시스템 복구 시스템 ※ 전자식컴파스 없이 GNSS시스템만으로 운용 가능해야함	
	항공 탐색 표지등	비행 이륙후 자동 켜기, 착륙후 자동 끄기 기능	
	자동착륙유도장치	10Knot이내 속도로 이동하는 함정 자동유도 착륙	전자동
	임무장비중량 (Payload)	최대 10kg	
	최대 비행시간(크루즈)	5시간 이상	
	항속 거리	실시간통신 30km / 임무형비행 100km	
	최대 비행속도	100 km/h 이상	
	최대 비행반경	100 km 이상	
	최대 비행가능고도	5km 이상	해발고도 기준
	최대 이륙가능고도	3km 이상	해발고도 기준
	최대 이착륙 풍속	Level 6(10.8-13.8 m/s)	
	최대 비행중 풍속	Level 7(13.9-17.1 m/s)	
	운용 방수	Rainfall capacity≤10mm/24h 이상	
	운용 온도	영하 20℃ ~ 영상 50℃	
	기체 운반	분해된 상태로 캐리어에 수납해서 이동 가능한 구조	



<그림 94. 탑재임무장비 : VUX-240(RIEGL)>



국 지 연 구 소



수신자 수신자 참조
(경유)

제목 2021년도 국가연구시설·장비심의위원회 제2차 상시심의 최종결과 안내

1. 관련

가. 총무자재실-66(제20-07회 기술지원위원회 개최 결과 통보/2020.11.05.)

나. 총무자재실-257(제20-09회 기술지원위원회 개최 결과 통보/2020.12.03.)

2. 상기와 관련하여 2021년도 국가연구시설·장비심의위원회 제2차 상시심의 최종결과를 다음과 같이 안내합니다.

가. 개요

1) 심의기구 : 국가연구시설·장비심의위원회 (과학기술정보통신부 주관)

2) 심의대상 : 1억원 이상 연구장비 2종 / 2021년도 구축예정

3) 심의일정 : [심의] 2.4.(온라인 심의), [1차결과] 2.10.~2.19. [최종결과] 2.26.

나. 심의결과

심의번호	과제명/책임자	신청 장비명	신청금액 (백만원)	1차 심의 결과	최종 결과
상21-072	남극권 맨홀활동과 지체구조진화 연구	전자후방산란회절장치	180	구인 인정	구인 인정
상21-084	남극내륙연구를 위한 진출루트 개척 및 탐사기술 개발	수직이착륙 무인기 플랫폼	462	구인 인정	구인 인정

붙임 1. 총무자재실-66(2020.11.05.)
2. 총무자재실-257(2020.12.03.)
3. 심의결과_상21-072
4. 심의결과_상21-084. 끝.

<그림 95. 국가연구시설장비·심의위원회 결과>

○ 항공탐사 플랫폼 기초연구 시제를 이용한 연구

- 항공 안전법 시행령 개정('21.1.1.) 및 항공 안전법 시행규칙 개정('21.3.1.)에 따라 초경량 비행장치 무인 멀티콥터 2종 국가자격증 취득
- 극지에서 오류가 잦은 전자 컴파스 사용을 배제하고 듀얼 GPS를 사용한 기체 heading 각 제어 테스트 수행



<그림 96. VTOL 개발 기체>

<표 21. VTOL 시험비행 결과 >

1. 시험장소 : 어섬비행장(경기도 화성시)	
2. 시험수행일 : 2021.04.18., 2021.09.09.	
3. 시험기체 : VTOL기초시제(C3NM0007348)	
4. 주요제원	
- 자체중량 : 5.5 kg	
- 최대이륙중량 : 12 kg	
- 길이x폭x높이 : 2500x1500x600 mm	
- 최고속도 : 35 m/s	
5. GNSS : Trimble MB-TWO	
6. heading 각도 오차 측정 결과	
- 성과지표 : VTOL heading 각도 오차	
- 목표치 : ± 5 deg 미만	
- 분석데이터 : 직선 비행 5회와 Survey 비행 5회	
- 분석결과 : Dual Antenna를 이용하여 heading 각도를 계산하는 GNSS를 사용하여 기존 Flight Controller의 AHRS(Magnetic Compass 포함)를 사용했을 때 보다 heading 각도 오차가 향상 되었으며, 목표치를 충족함. 또한, 지자기 편각의 영향이 큰 장보고 과학기지 주변에서 더욱 효과가 클것으로 기대	
※ 분석결과는 데이터 획득을 위한 비행 당시의 기상환경으로 인한 영향이 있을 수 있음.	

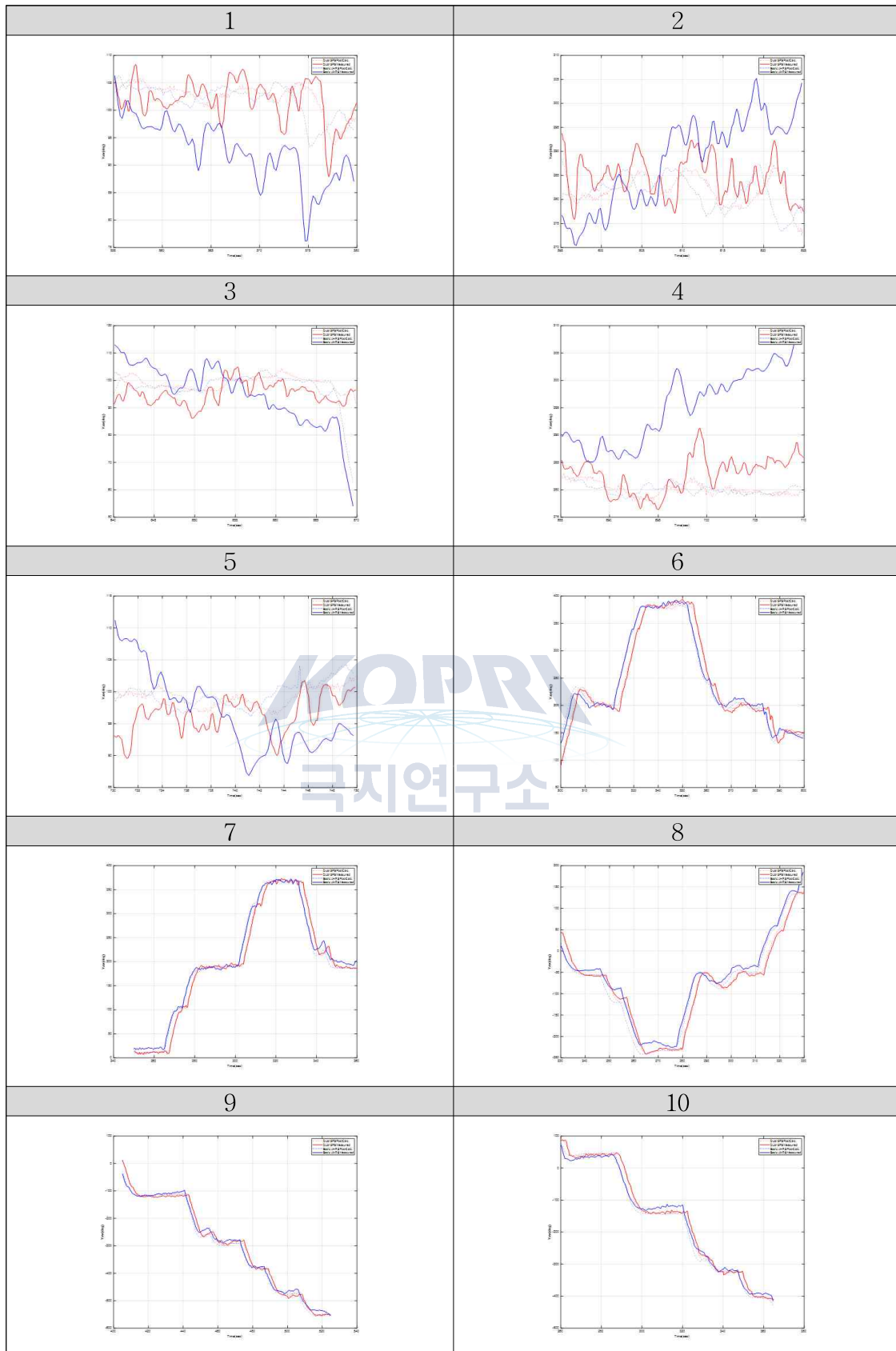
<표 22. 헤딩각도 RMS Error(deg)>

Flight #	Dual GPS Difference	Basic AHRS Difference	Flight #	Dual GPS Difference	Basic AHRS Difference
1	3.018	10.015	6	5.345	6.374
2	4.220	12.280	7	3.421	7.212
3	4.828	9.017	8	5.632	15.600
4	4.077	16.673	9	5.392	10.560
5	3.602	7.078	10	5.481	14.924

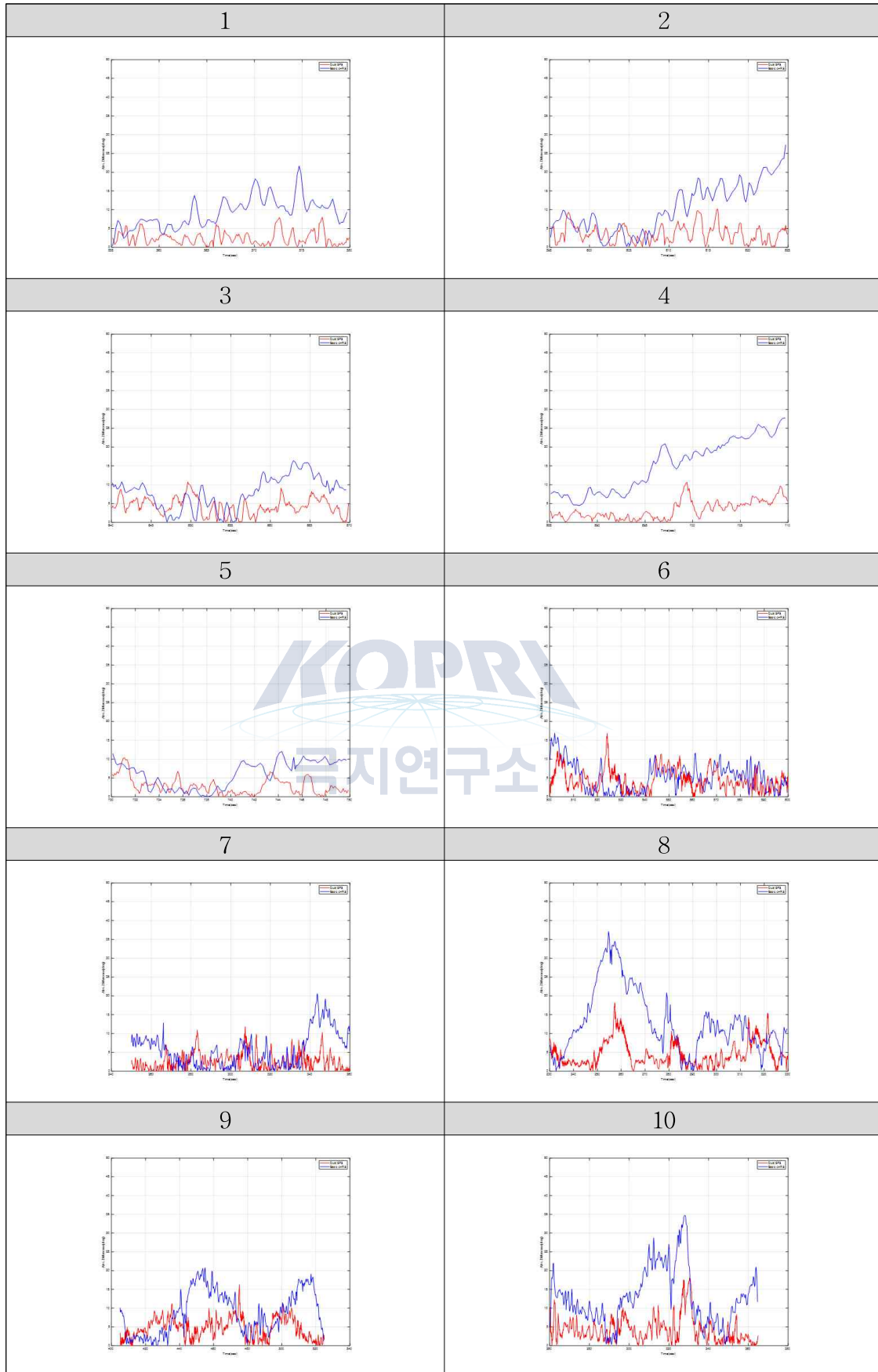
	Dual GPS Difference	Basic AHRS Difference
Average	4.502	10.973



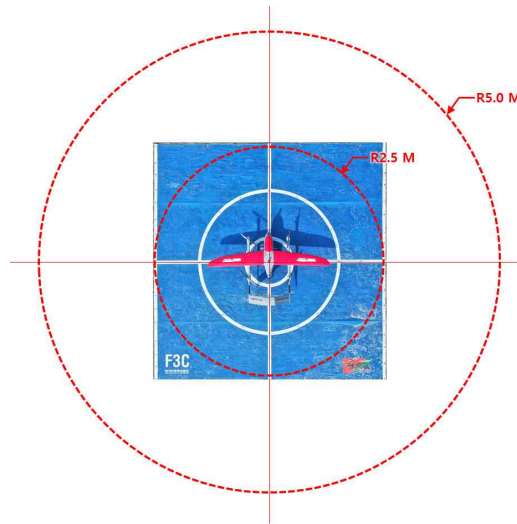
< 표 23. Yaw Angle(deg)[Dual GPS = RED, Basic AHRS = BLUE]>



<표 24. Absolute Difference(deg)[Dual GPS = RED, Basic AHRS = BLUE]>



- 아라온 호 선상 자동이착륙을 고려한 자동착륙 위치 오차 테스트 수행



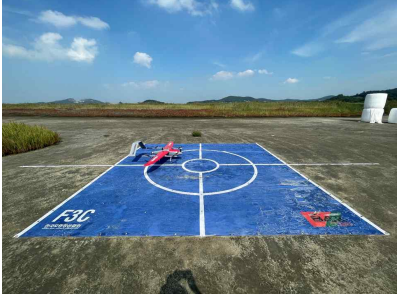
<그림 97. 착륙장 규격>

<표 25. 자동착륙 위치테스트>

1. 시험장소 : 어섬비행장(경기도 화성시)
 2. 시험수행일 : 2021.04.18., 2021.09.09.
 3. 시험기체 : VTOL기초시제(C3NM0007348)
 4. 주요제원
 - 자체중량 : 5.5 kg
 - 최대이륙중량 : 12 kg
 - 길이x폭x높이 : 2500x1500x600 mm
 - 최고속도 : 35 m/s
 5. GNSS : Trimble MB-TWO
 6. 헤딩각도 오차 측정 결과
 - 성과지표 : VTOL 자동착륙위치 오차
 - 목표치 : 5 m 미만
 - 분석데이터 : 동일한 장소에서 10회의 Survey 비행 데이터
 - 분석결과 : 자동착륙위치 오차 목표치를 충족함. Dual Antenna를 이용하여 헤딩각도를 계산하는 GNSS를 사용하여 기존 Flight Controller의 AHRS(Magnetic Compass 포함)를 선박에서 운용 시 발생할 수 있는 Magnetic Interference의 영향을 상쇄할 수 있을 것으로 기대
- ※ 분석결과는 데이터 획득을 위한 비행 당시의 기상환경으로 인한 영향이 있을 수 있음.

Flight #	distance from GPS (m)	Flight #	distance from GPS (m)
1	1.3962	6	2.1662
2	0.8332	7	1.1613
3	2.8224	8	1.2376
4	2.3032	9	2.0695
5	3.2741	10	1.8123
Average		1.9076	

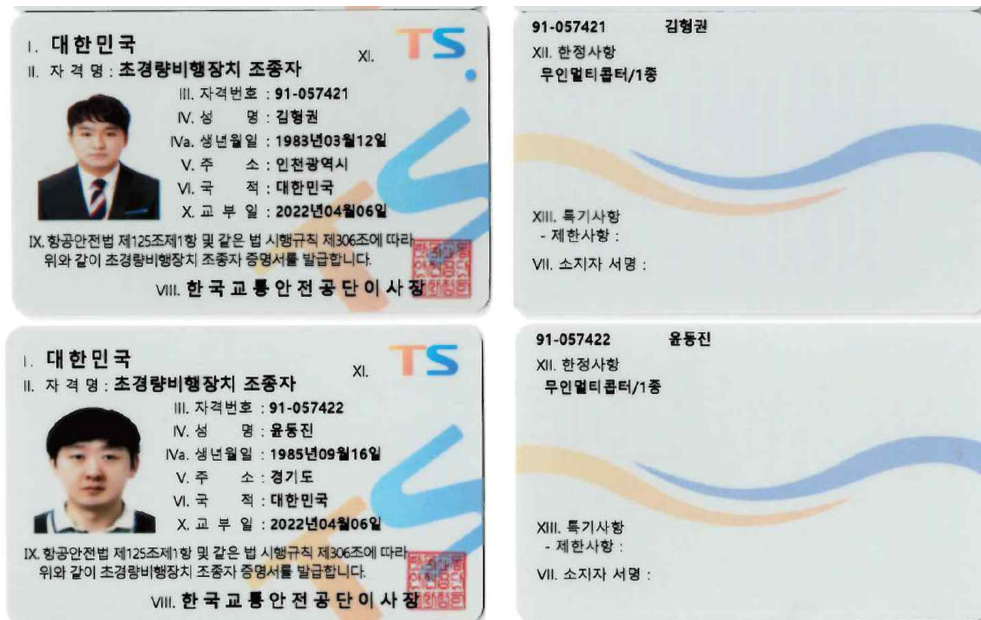
<표 26. 자동착륙 현장테스트 결과>

Flight #1	Flight #2
	
Flight #3	Flight #4
	
Flight #5	Flight #6
	
Flight #7	Flight #8
	
Flight #9	Flight #10
	

(3) 3차년도(2022)

○ 항공 탐사 플랫폼 완성기체 통합 시험

- 극지연구소 자체 운용을 위한 초경량 비행장치 조종자 1종 자격증 취득(2인)



<그림 108. 초경량 비행장치 조종자 1종 자격증 취득>

- 국내 지상 시험비행 완료 및 LiDAR장착 및 연동시험 수행
- 국내 지상시험은 인천 청라에 위치한 무인항공기 비행 공역에서 진행되었으며, 이착륙 및 임무 비행을 원활하게 수행 함.

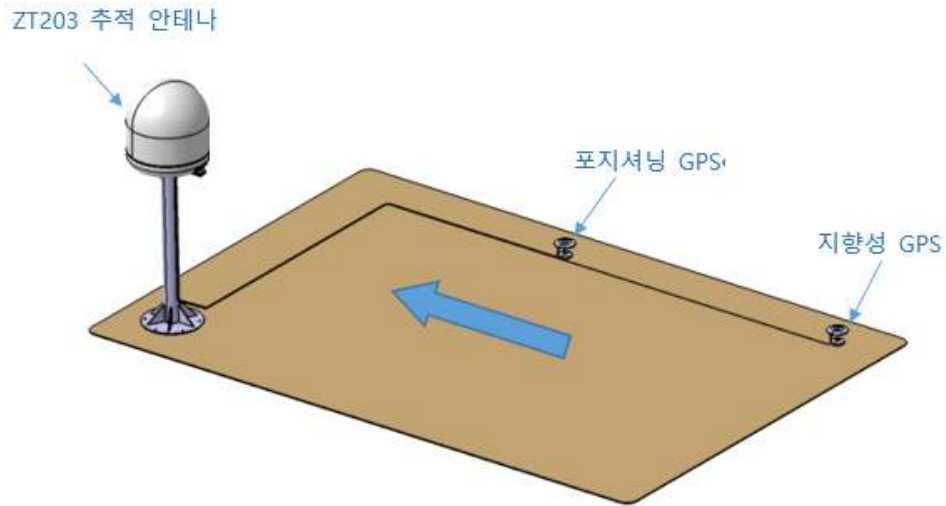


<그림 109. VTOL 완성기체에 장착중인 LiDAR>

- VTOL 완성기체 플랫폼 운용 교육 이수(점검 절차, 비행시물레이션, 비행계획 수립 외)
- 남극 장보고기지 인근에서 남극 실환경 운항 시험(11월 예정)

○ 수직이착륙(VTOL) 플랫폼 자동이착륙 기술 개발

- 아라온 호 선상 자동이착륙 유도를 위한 지향성 자동 추적 안테나 및 GPS 설치



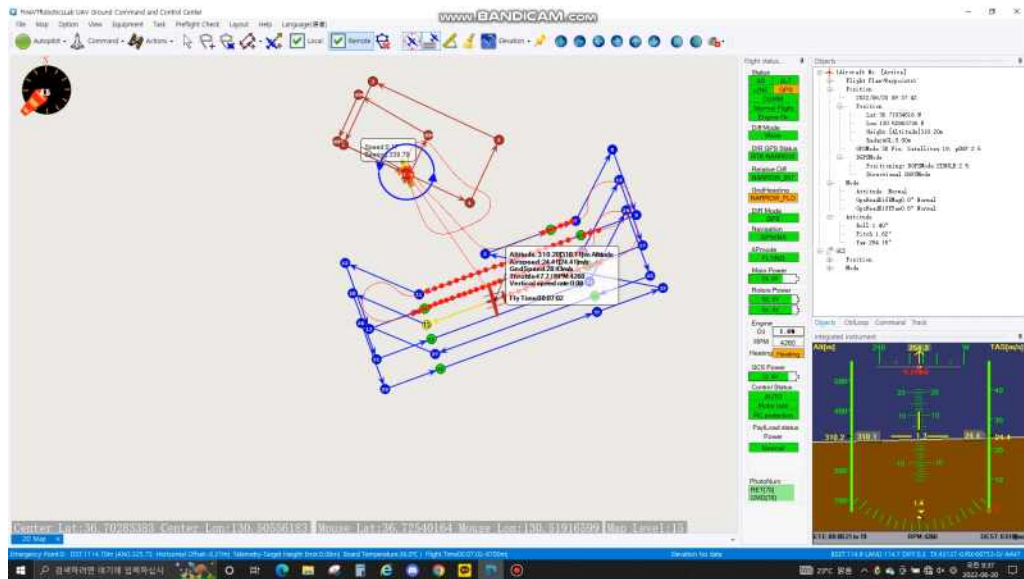
<그림 110. 자동이착륙 유도를 위한 지향성 자동추적 안테나 구성>



<그림 111. 아라온호에 설치 완료된 자동추적 안테나>



<그림 112. 아라온호에서 이륙중인 VTOL 완성기체>



<그림 113. VTOL 완성기체 아라온 선상 비행시험 비행데이터>

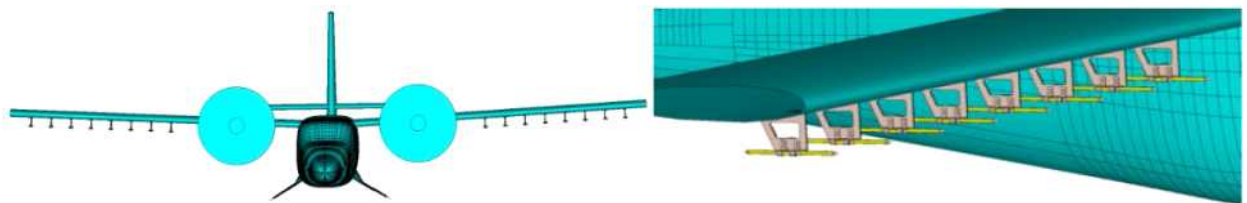


나. 다중 주파수 빙하레이더 제작 및 운영 기술 개발

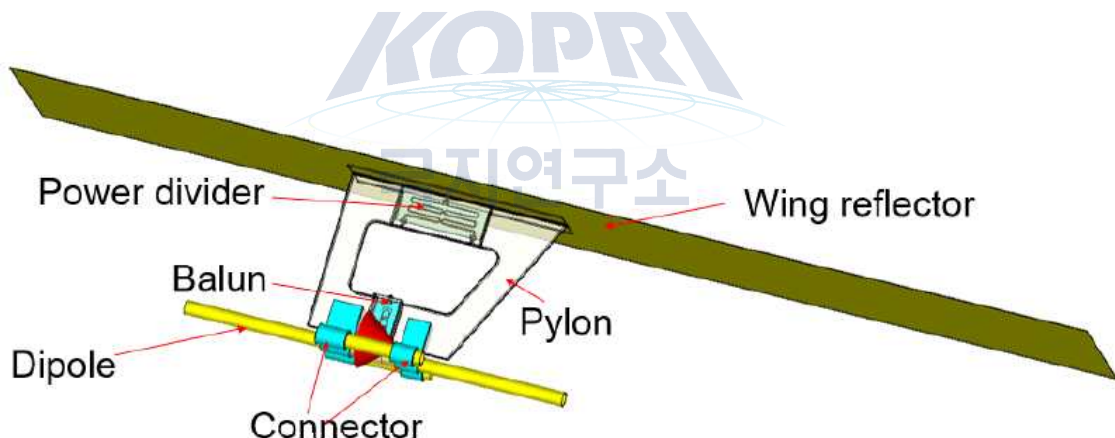
(1) 1차년도(2020)

○ 안테나 및 파일런 설계

- 안테나 어레이를 Twin Otter 항공기 날개 당 8개씩 장착 기준으로 설계 완료
- 한쪽 날개 아래에는 8개의 송수신 어레이, 다른 날개 아래에는 8개의 수신 전용 어레이 설치 기준
- 항공 우주 엔지니어링 팀과 협력하여 안테나 구조를 가볍고 컴팩트할 뿐만 아니라 공기 역학적인 성능 요구 사항을 충족하도록 최적화 설계
- 설계된 파일런과 안테나 구조의 레이아웃은 Kenn Borek Air 기술팀과 지정된 담당자에게 제출하여 평가 및 검토 진행하였으며 초기 평가 긍정적으로 회신 받았으며 3차년도 비행 테스트가 가능할 것으로 예상



<그림 114. 항공기의 각 날개에 8개의 안테나 어레이가 설치된 이미지>

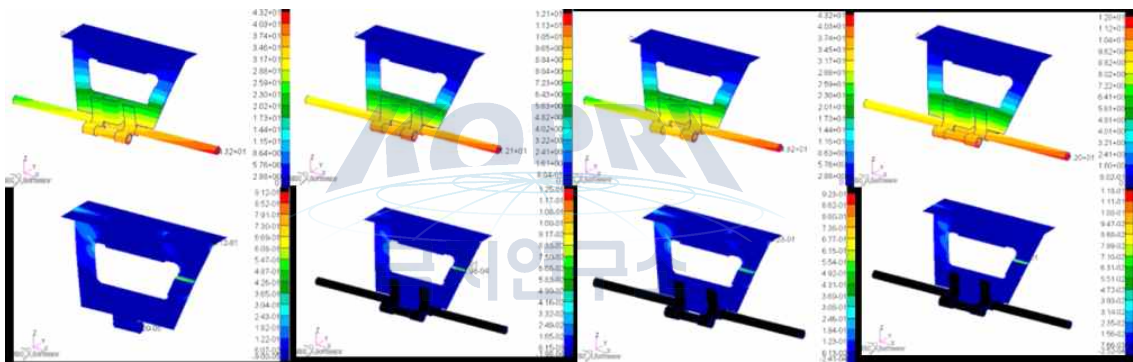


<그림 115. 안테나의 전체적인 구조>

- 안테나 element를 Twin Otter의 날개 아래에 장착하기 적합하도록 파일런 설계
- 공기 역학적 구조 및 전기적 성능이 요구 사항을 충족하도록 구조 설계, 시뮬레이션, 최적화 과정 수행
- 파일런은 코어에 Nomex 벌집구조가 있는 유리섬유 복합체로 구성
- 안테나 element를 장착하는 커넥터는 고밀도 폴리에틸렌(HDPE)으로 제작되며, 높이를 20mm 줄여 소형화, 경량화 달성
- 복합체의 겹 수를 16개에서 12개로 줄여서 파일런 전체 무게를 350g으로 감소
- 이전에 제안했던 대각선 연결 부재를 제거함으로써 공기 역학적 간섭 감소

○ 안테나 어레이 시뮬레이션 및 개발

- Twin Otter는 대기속도 120(저고도)~130노트(고고도) 범위에서 운용범위를 최대화할 수 있을 것으로 예상
- Twin Otter의 운항 중에 발생하는 동적 압력에 의한 파일런의 최대 변위 및 파손 지수를 결정하기 위하여 시뮬레이션 수행
- Load Case 1: 가속도 $a_z=4g$, Roll acceleration $-3.4rad/s^2$, Roll rate $90degree/s$
- Case 1은 파일런에 가장 심한 조합 하중이 작용하는 경우이며 폴업 및 롤 기동과 동시에 측면 압력이 작용하는 것을 가정
- Load Case 1A: +ve y축을 따라 모든 수직 표면에 1 PSI 차압 적용
- Load Case 1B: -ve y축을 따라 모든 수직 표면에 1 PSI 차압 적용
- Load Case 2: Case 1과 동일한 조건에서 가속도 $a_z=-2g$ 로 변경(폴 다운 기동)
- 최악의 하중 조건에서 시뮬레이션된 파일런의 구조는 정상 회전이나 수평 비행과 같은 다른 기동에서도 안전함을 입증
- 정상 상태 비행의 경우 가속도 $a_z=1g$ 이며 최대 속도에서는 Load Case 1과 2보다 안전한 0.95 psi의 동적 압력이 발생

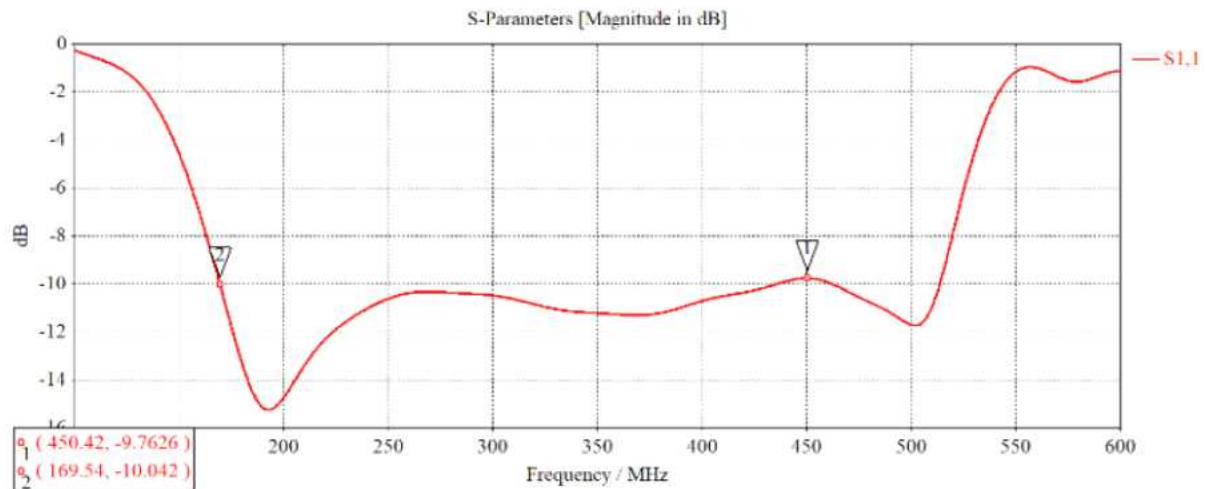


<그림 116. 안테나 및 파일런의 변위(윗줄)와 파괴(아랫줄) 시뮬레이션, Load Case 1A(첫 번째 열), 1B(두 번째 열), 2A(세번째 열), 2B(네 번째 열)>

<표 27. Linear static FEA 시뮬레이션 결과 요약>

		Load Case 1		Load Case 2	
		A	B	A	B
Pylon with jury member	Displacement (mm)	25.80	14.40	26.20	14.80
	Failure index	0.277	0.136	0.340	0.137
Pylon without jury member	Displacement (mm)	43.20	12.10	43.20	12.00
	Failure index	0.912	0.125	0.923	0.118

- 다이폴 안테나에 고전력 발룬(balun, balanced-to-unbalanced transformer)을 사용하여 전원을 공급하고 T/R스위치의 50Ω출력 임피던스를 안테나에 필요한 100Ω 차동 임피던스로 변환
- 빠른 결과를 얻기 위하여 무한 어레이로 가정하여 시뮬레이션 수행
- 시뮬레이션 결과는 반사 손실이 170~470MHz에서 10dB에 가까우며 설계 요구사항을 충족함



<그림 117. 무한 어레이 시뮬레이션 결과>

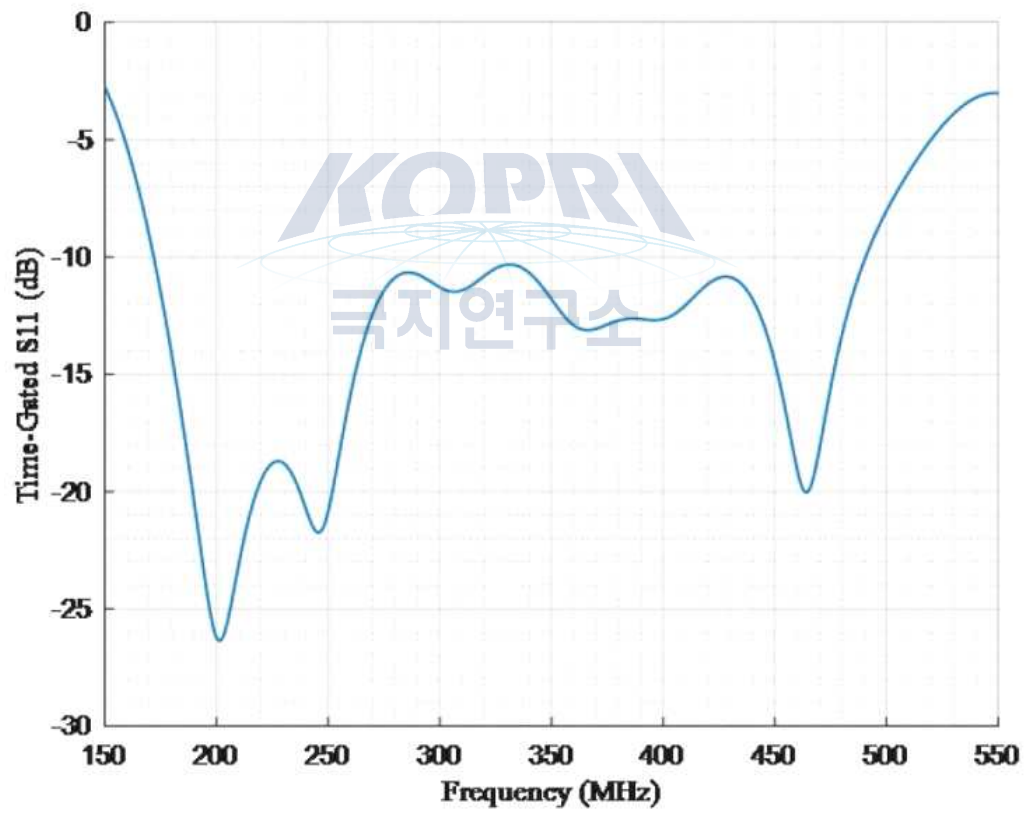


<그림 118. 안테나 어레이의 단일 element에서 측정된 반사 계수>

- 무반향실(anechoic chamber)에서 측정하기 위한 4 element의 서브 어레이 제작
- 비행기의 날개를 대신하는 지면에 파일런 구조가 부착된 4 element로 구성
- 측정된 반사 손실은 관심 주파수 대역에서 10dB 미만임을 확인



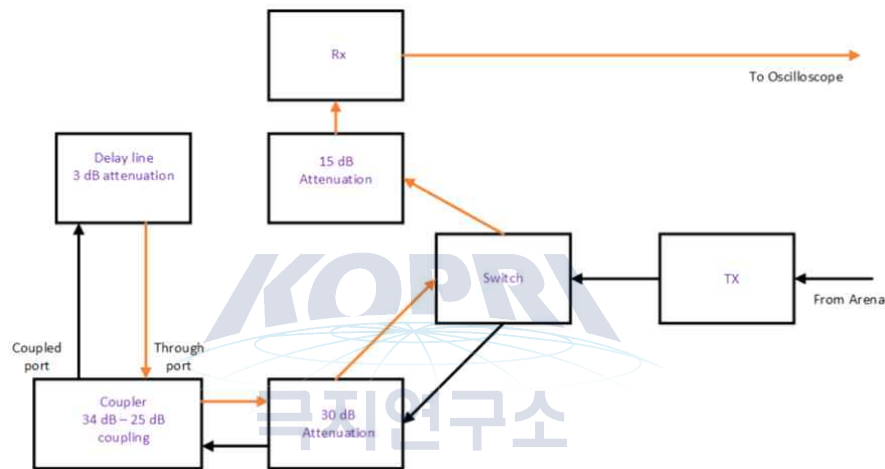
<그림 119. 4 element 안테나 어레이 프로토타입>



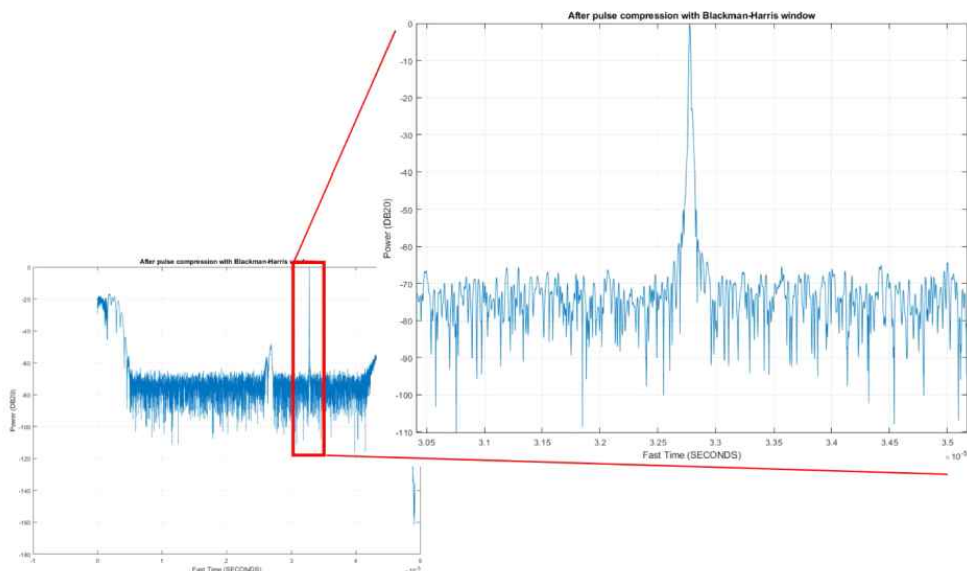
<그림 120. 4 element 서브 어레이의 측정된 반사 계수>

○ 통합 시스템 실험실 테스트: UWB 레이더 단일 채널 프로토타입 개발 및 테스트

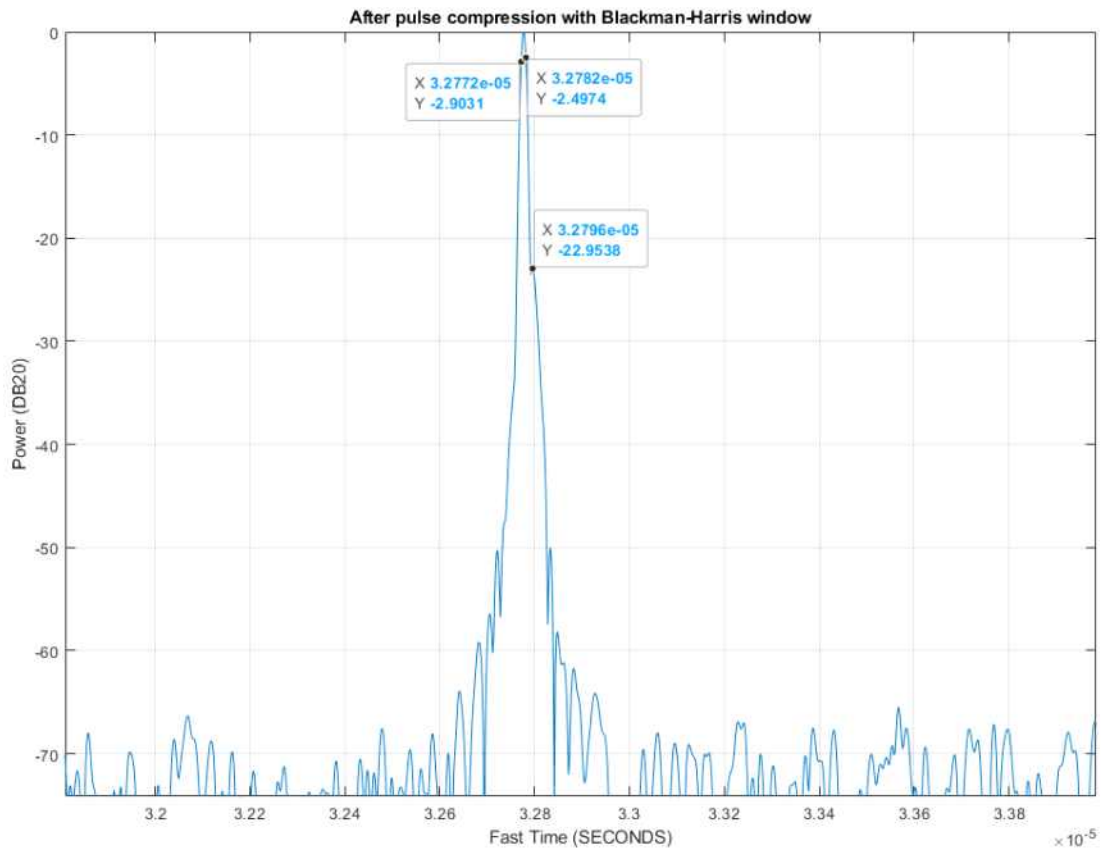
- 디지털 서브시스템, 전송 서브시스템, 고전력 T/R 스위치 서브시스템, 수신기 서브시스템 통합
- 실험실에서 3.5km 두께의 얼음을 시뮬레이션하기 위해 7km 길이의 (단방향)광학 지연선 사용
- 측정된 레이더 임펄스 응답은 S/N 비율(평균 잡음 대비 피크 신호)은 약 75dB로 측정
- 감지가능한 최소 신호에 대한 피크 송신 전력 비율인 레이더 루프 감도가 안테나 이득을 제외하고 208dB 이상임을 나타내며 이는 남극에서 5km 두께의 얼음의 표면부터 바닥까지 내부 층을 매핑 하는데 충분한 감도
- 메인피크 주변의 확대된 타겟응답을 통해 측정된 분해능은 1.5m이며 이론적인 분해능과 일치
- 코로나 19 유행으로 인하여 예정된 시연과 회의는 직접 시연이 아닌 비디오 시연으로 대체



<그림 121. 루프백 테스트 블록다이어그램>



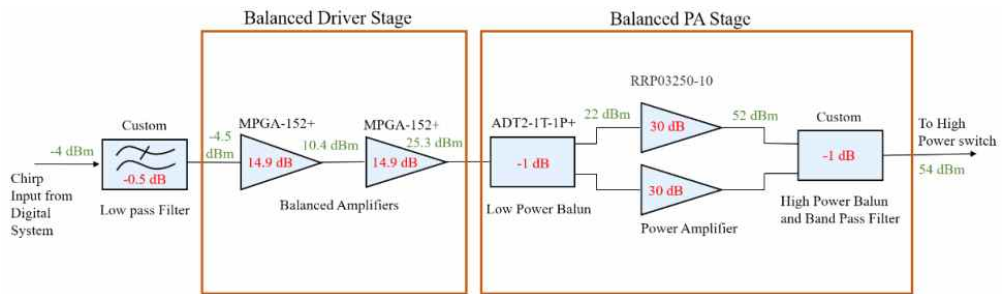
<그림 122. 실험실에서 UWB 레이더의 단일 채널에서 얻은 임펄스 응답의 지연 라인루프백 테스트 결과. 붉은색 영역의 응답은 지연선을 통과한 후 수신된 신호>



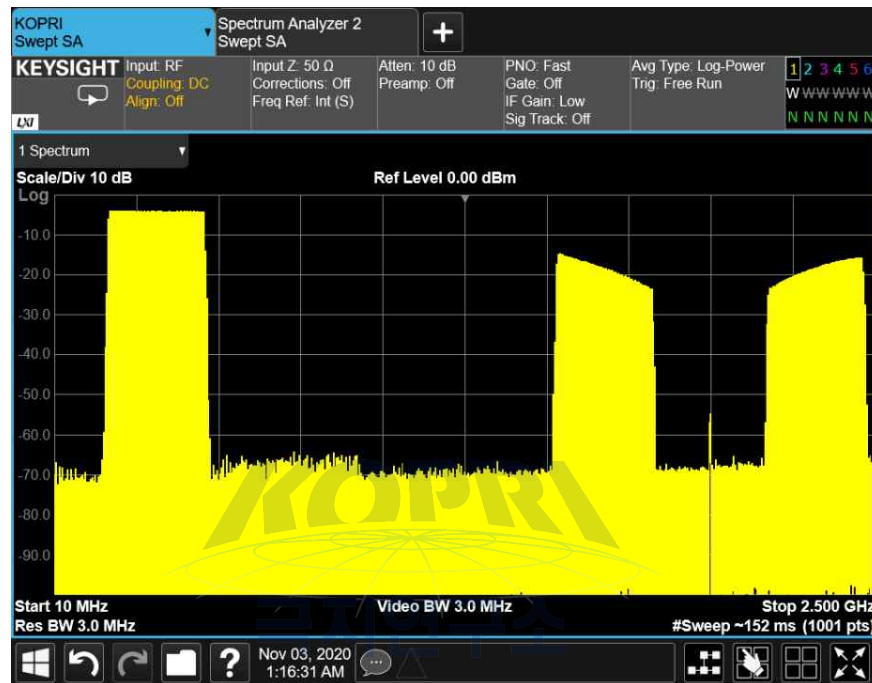
<그림 123. 임펄스 응답 확대 그래프>

○ RF 프로토 타입 개발: 송신기 서브시스템

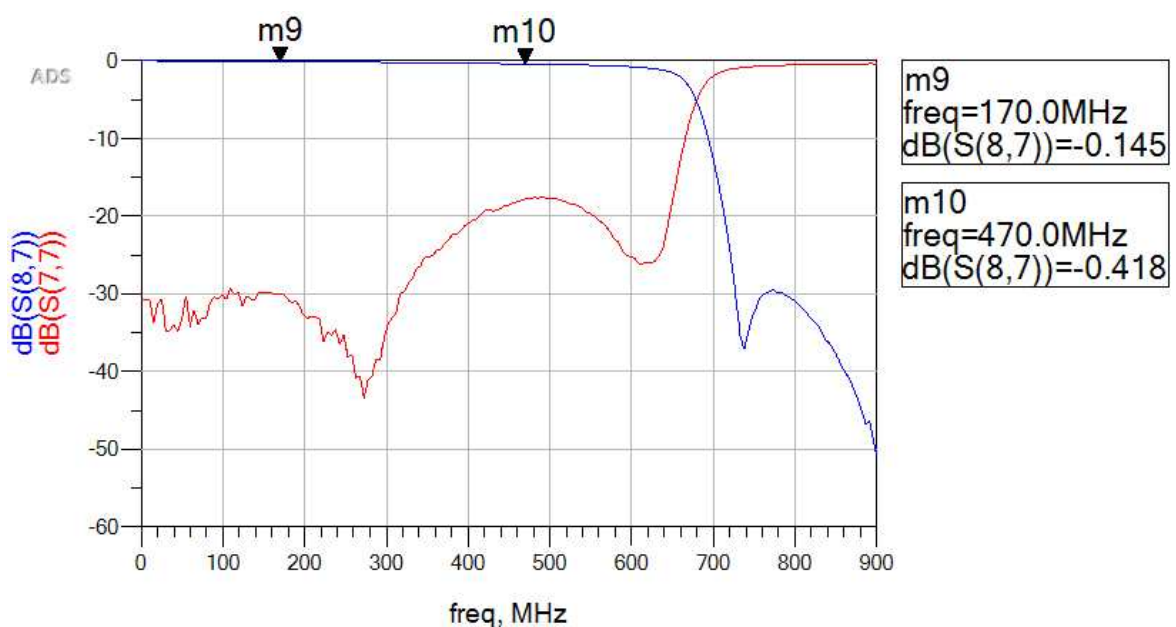
- 송신기 서브섹션은 로우패스 필터, 밸런스 드라이버 증폭기 및 밸런스 전력 증폭기로 구성
- 로우패스 필터는 디지털 처프 생성의 결과로 나오는 메인 처프 신호 이미지를 줄임
- 170~470MHz의 주파수 범위에 걸친 처프 신호와 이미지가 로우패스 필터를 거쳐 주파수가 30dB 이상 줄어든 것을 확인할 수 있음
- 밸런스 드라이버 증폭기를 사용하여 170~470MHz 대역에 속하는 2차 고조파 왜곡을 40dB 이상 감소
- GaN 증폭기를 사용하여 레이더 시스템의 하우징 최소화
- GaN 증폭기를 사용할 경우 고조파 억제 성능이 상대적으로 떨어지기 때문에 2차 고조파를 제거하고 약 200W의 피크 전력을 얻기 위해 밸런스 전력 증폭기를 설계 및 개발
- 두 증폭기의 출력은 고출력 발룬(Balun, balanced-to-unbalanced transformer)을 사용하여 결합되며 이에 필요한 발룬을 설계 및 개발
- 발룬의 필터는 대역 외 고조파 및 기타 불필요한 신호를 줄이는 역할을 수행
- 고출력 발룬의 성능 측정을 통하여 고조파가 주 처프 보다 약 30dB 낮아진 고출력 전송 신호를 확인할 수 있으며 이는 이후 디지털 pre-distortion으로 더욱 감소됨



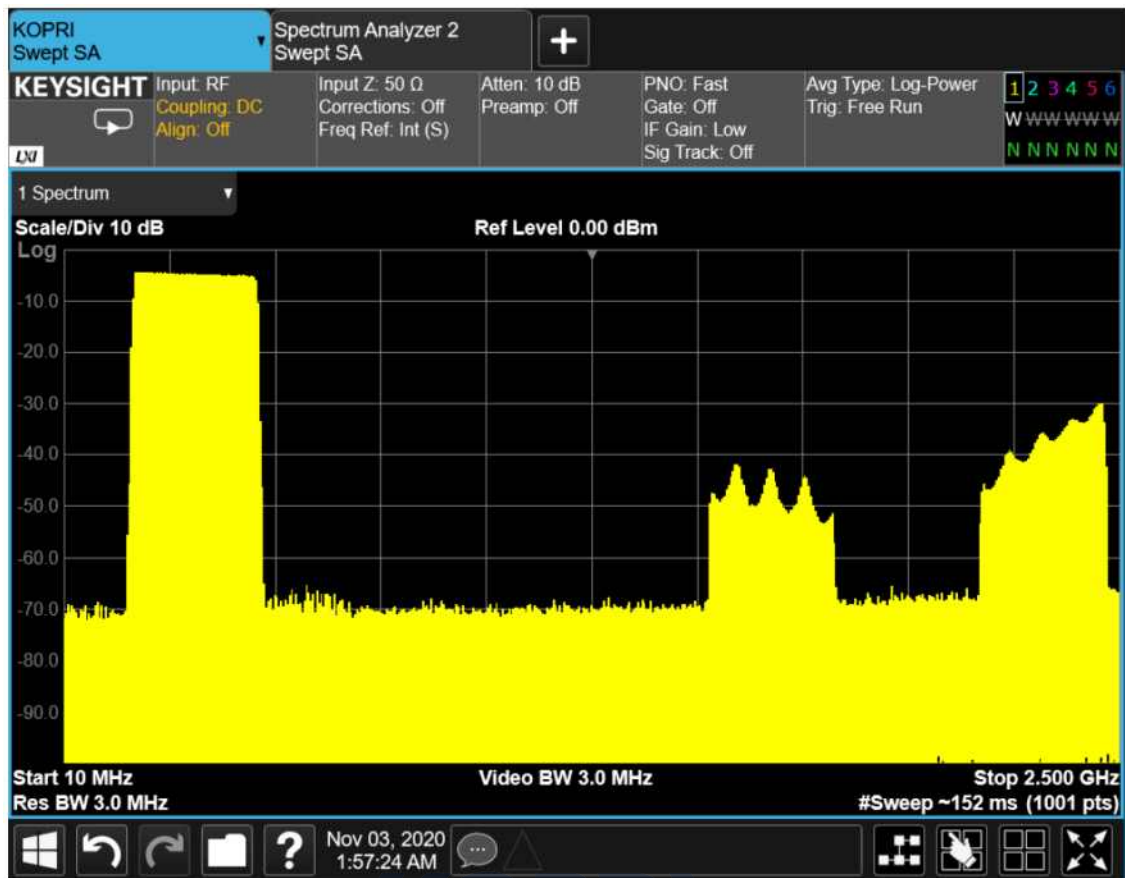
<그림 124. 송신기 서브시스템 블록다이어그램>



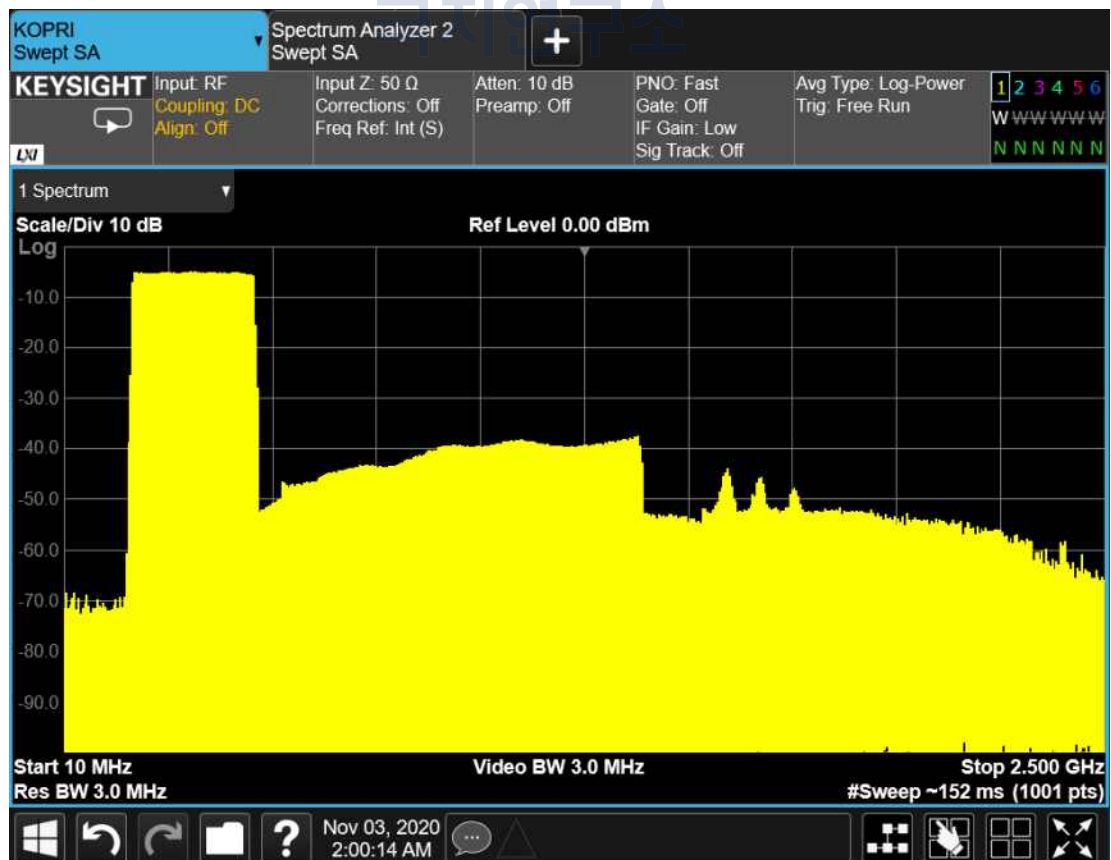
<그림 125. AWG 파워스펙트럼 출력>



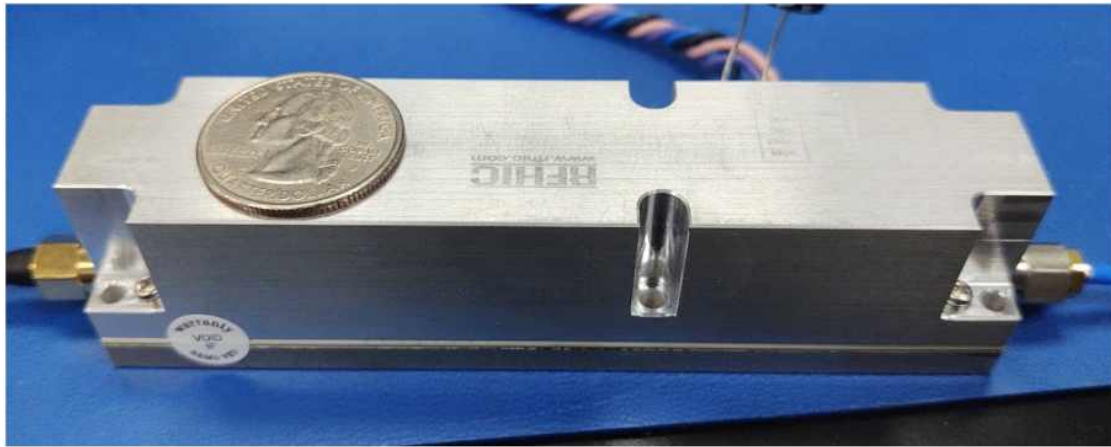
<그림 126. 송신기 서브시스템에서 사용자 지정 로우패스 필터 측정 결과>



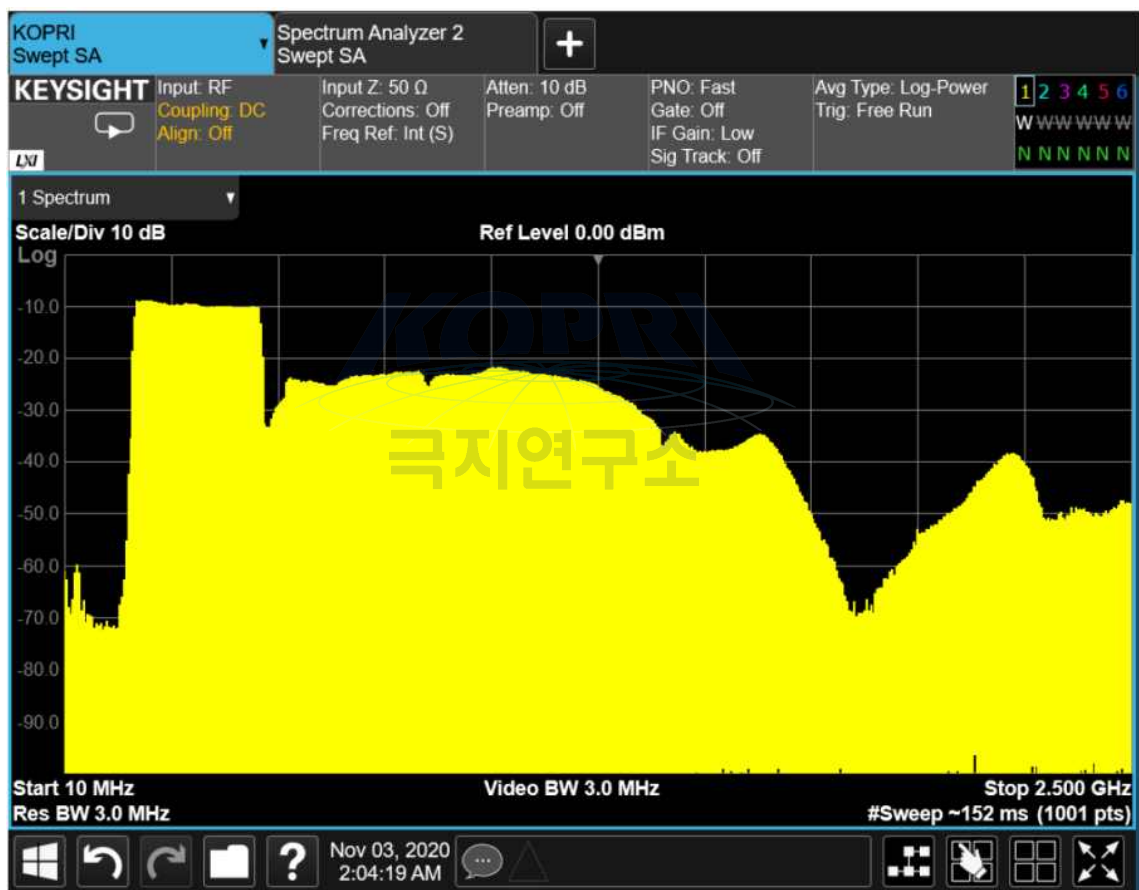
<그림 127. 초기 로우패스 필터 이후 파워스펙트럼 출력>



<그림 128. 드라이버 증폭기 이후 파워스펙트럼 출력>



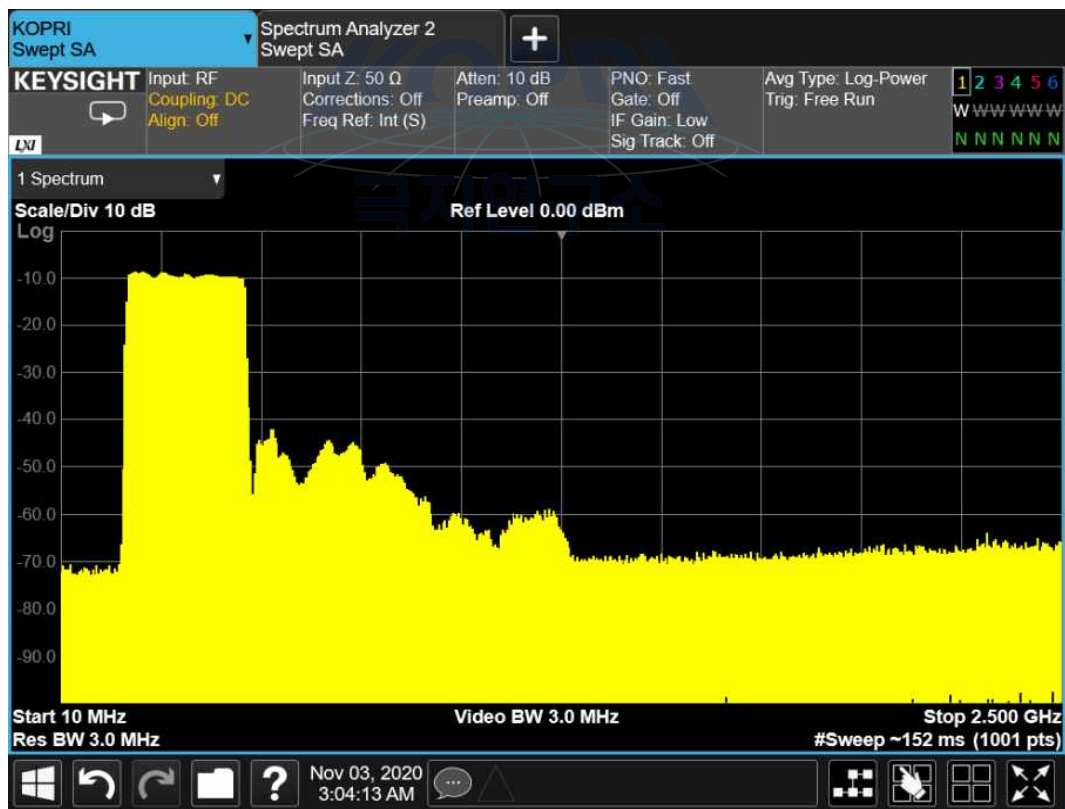
<그림 129. RFHIC사의 GaN 소형 전력 증폭기>



<그림 130. 단일 전력 증폭기 사용시 파워스펙트럼 출력>



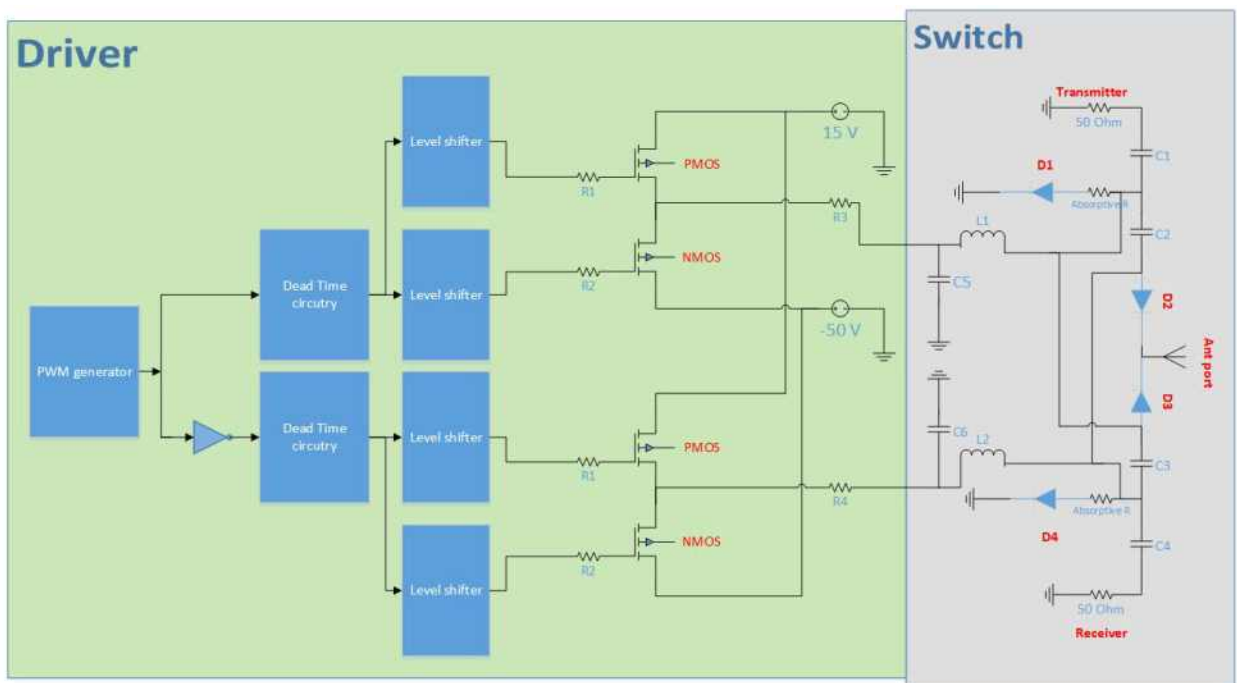
<그림 131. 고출력 발룬 시제품품 측정 결과>



<그림 132. 고출력 발룬과 밸런스 전력 증폭기 사용시 파워스펙트럼 출력>

○ RF 프로토 타입 개발: 고출력 송수신(T/R) 스위치 서브시스템

- 송신 및 수신 서브시스템 외에 100~500MHz의 주파수 범위에서 작동하는 고전력 고속 스위칭 SPDT (Single-pole double-throw) 스위치 개발하여 송신기에서 수신기로 잡음이 결합되는 것을 방지
- 송신 기간 동안 다이오드 D1은 꺼져있어 높은 선트 임피던스를 유지하고 D2는 켜져있어 송신기 출력과 안테나 입력 사이에 매우 낮은 임피던스 유지
- 수신 기간 동안 D1은 켜지고 D2는 꺼지며 D1이 켜져 있으면 접지에 낮은 임피던스를 유지하고 송신기 출력은 50Ω 부하에서 종료. 마찬가지로 다이오드 D4가 켜져 있으면 수신기 입력이 50Ω 부하에서 종료. 다이오드 D3를 켜고 D4를 끄면 수신기가 안테나에 연결됨
- 200ns 미만의 빠른 스위치 켜기 및 끄기 시간을 달성하기 위해 고속 PIN 다이오드 드라이버를 설계하고 개발
- 스위치 및 드라이버 성능 테스트 및 최적화하기 위해 프로토타입 회로 기판 제작
- 송신기와 안테나 포트 사이에서 측정된 삽입 손실은 0.5dB 미만이고 반사 손실은 전체 레이더 주파수 작동 범위에서 20dB 이상으로 측정됨
- 고출력 T/R 과 저출력 수신기 스위치의 결합된 절연은 85dB 이상으로 수신기 손상 및 포화를 방지하기에 충분함
- 스위치 켜기 및 끄기 시간을 측정하였으며 측정된 결과는 60ns의 켜기 시간과 20ns의 끄기 시간을 확인
- 단일 입력에 필요한 모든 전압을 제공하고 전류 요구 사항을 충족할 수 있는 초 저잡음 전원 공급 장치를 개발
- 단일 48V 입력 공급 장치에서 스위치를 작동하는데 필요한 -50V, 15V 및 5V를 제공하고 켜기 및 끄기 시간 동안 500mA 이상의 피크 전류를 공급
- 개발된 전원 공급 장치는 T/R 스위치와 동일한 폼 팩터에 통합되며 PCB 뒷면에 패키징 예정

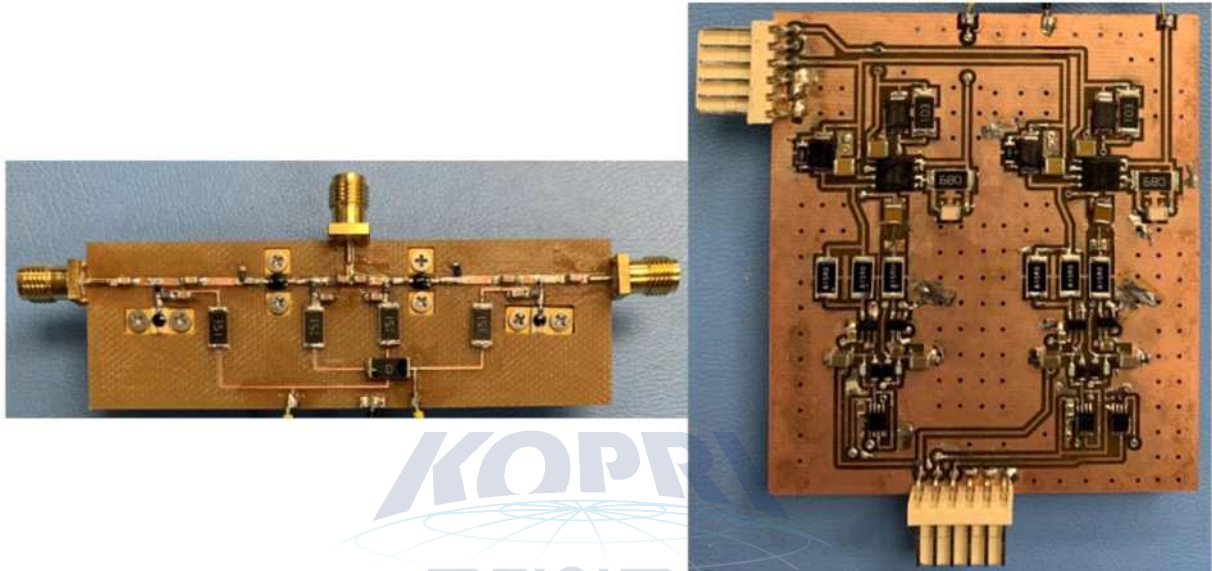


<그림 133. SPDT 스위치와 고속 스위칭 드라이버의 블록다이아그램>

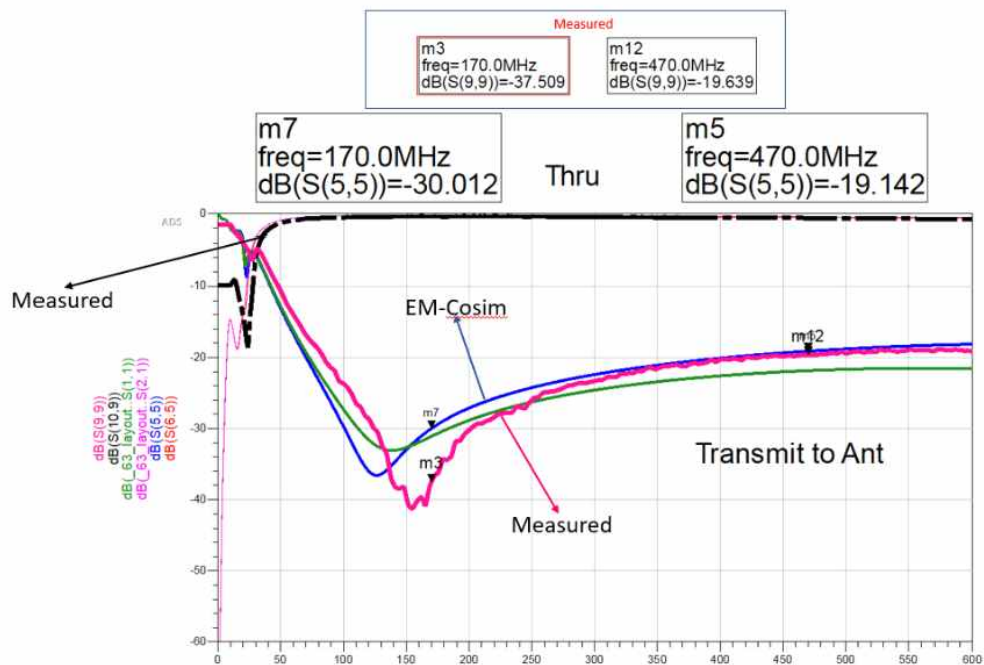
<표 28. SPDT T/R 스위치 제어 로직>

PIN DIODES

STATE	D1	D2	D3	D4
TX-ANT	Off	On	Off	On
RX-ANT	On	Off	On	Off

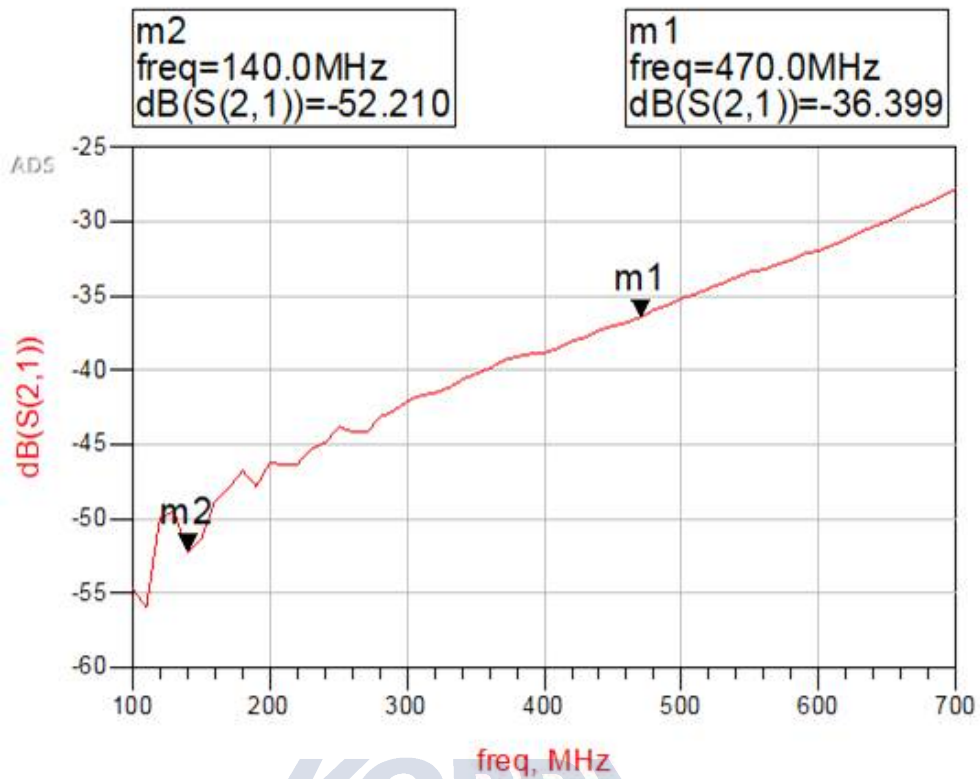


<그림 134. 제작 및 조립된 고출력 T/R스위치(왼쪽)과 드라이버(오른쪽) 시제품품>

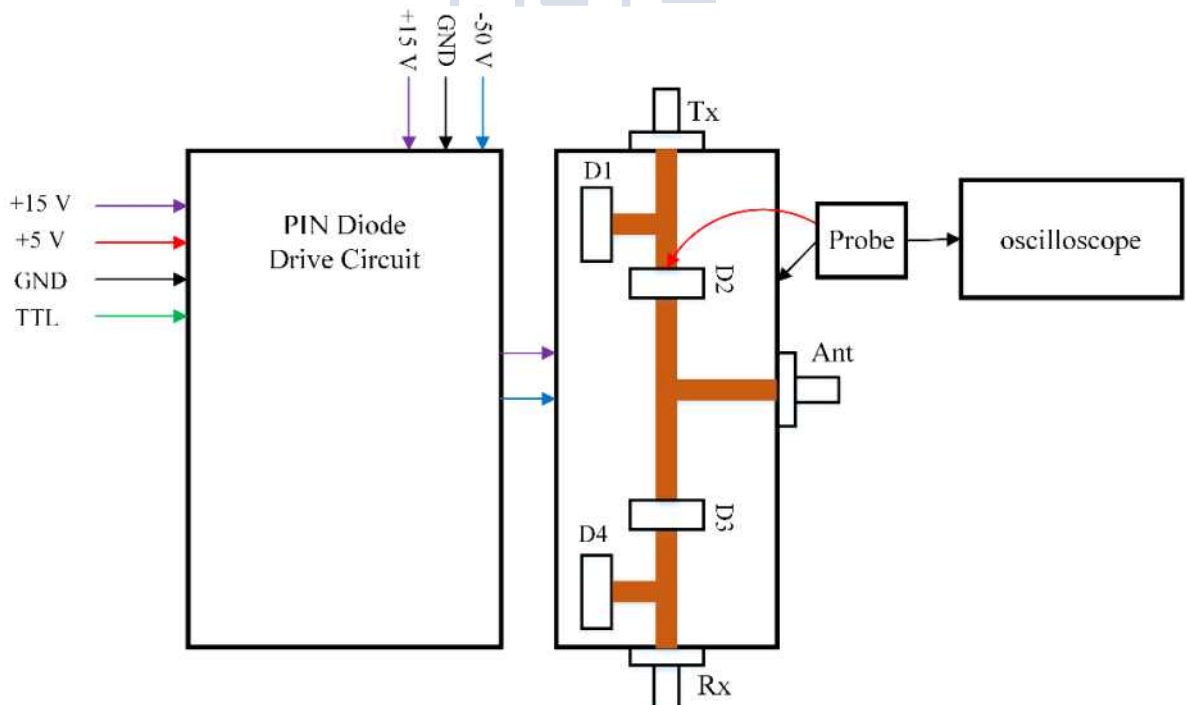


<그림 135. 삽입 손실과 반사 계수 비교(시뮬레이션과 측정)>

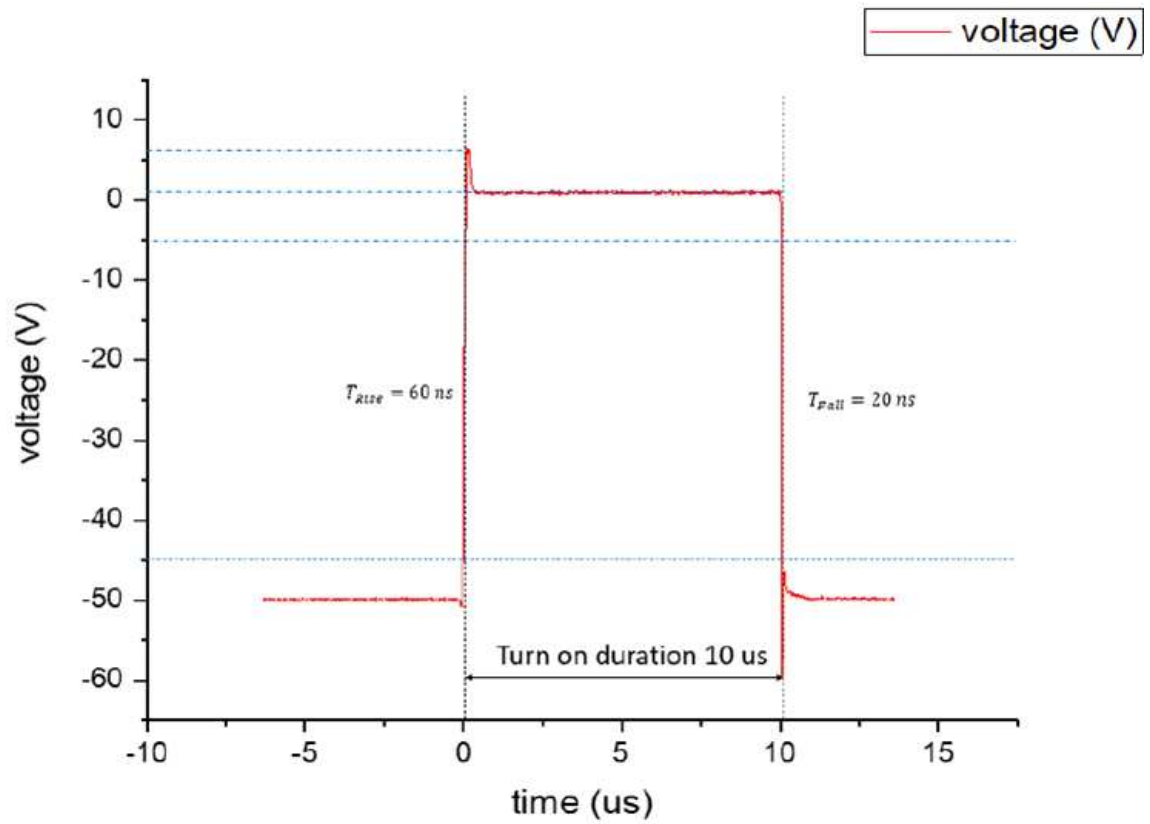
ISOLATION B/W transmit and receive



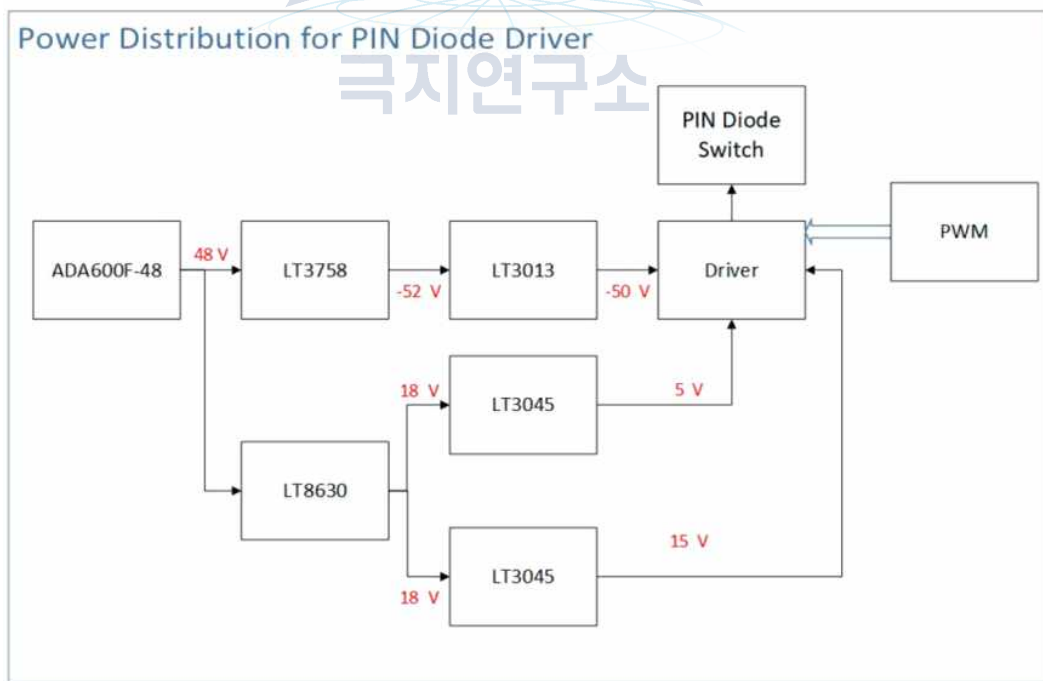
<그림 136. 송신기와 수신기 사이의 절연 측정>



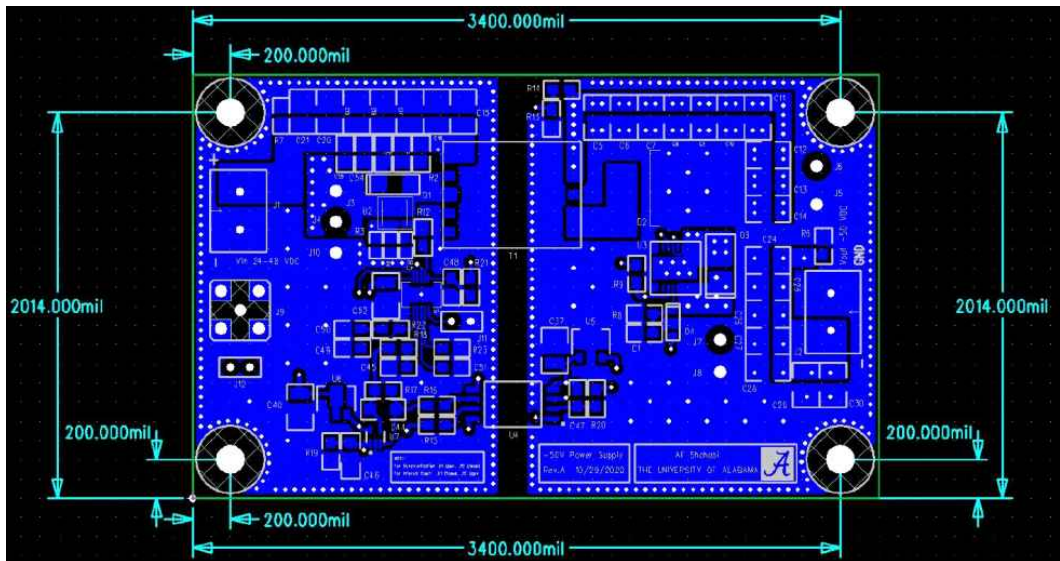
<그림 137. 고출력 T/R 스위치의 스위칭 시간을 측정하기 위한 테스트 벤치 설정 블록다이어그램>



<그림 138. 고출력 T/R 스위치 서브시스템 전환시간>



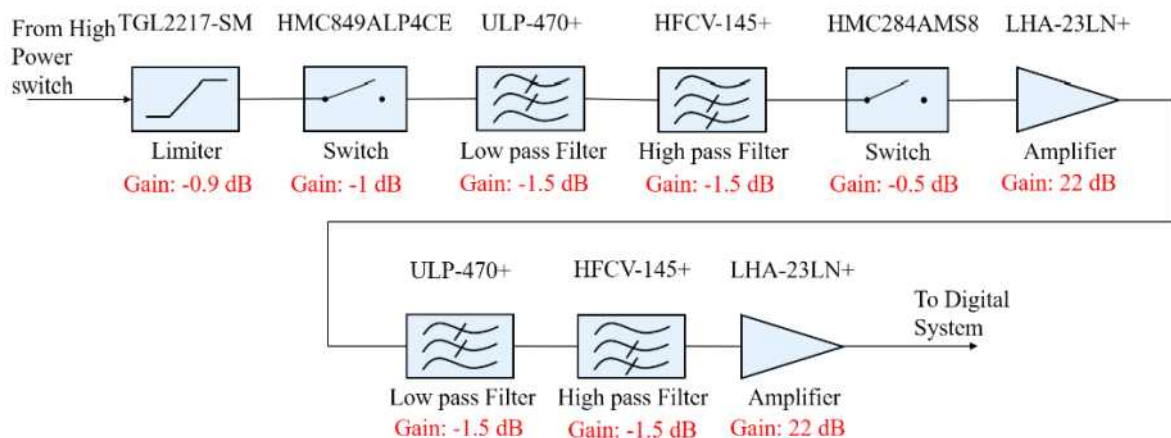
<그림 139. PIN 다이오드 드라이버 보드 전력 분배>



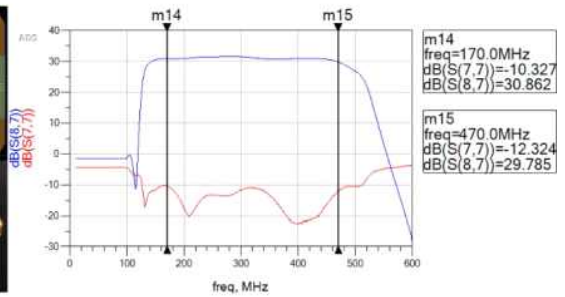
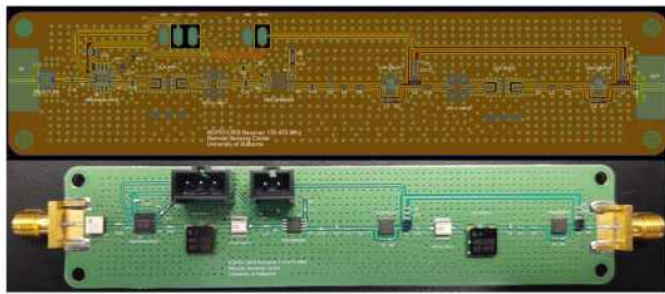
<그림 140. 통합 T/R 스위치 전원 공급 장치 레이아웃>

○ RF 프로토 타입 개발: 수신기 서브시스템

- 각 수신기는 리미터, 스위치 2개, 대역통과필터(계단식 로우패스 및 하이패스 필터로 구현됨) 및 증폭기 2개로 구성되며 단일 인쇄 회로 기판으로 설계 및 제작
- 필터의 대역 외 불필요 신호를 줄이는데 사용
- 리미터와 스위치는 레이더 펄스를 전송하는 동안 고전력 누설 신호로 인한 손상으로부터 수신기를 보호하기 위함
- 수신기 서브시스템 레이아웃 및 프로토타입 제작 완료
- 10dB 감쇠기를 사용하는 수신기 서브시스템의 측정 결과 수신기 응답은 1dB 이내에서 평탄하고 반사 손실은 관심 주파수 대역에서 -10dB 미만으로 나타남



<그림 141. UWB 레이더 수신기 서브시스템 블록다이어그램>



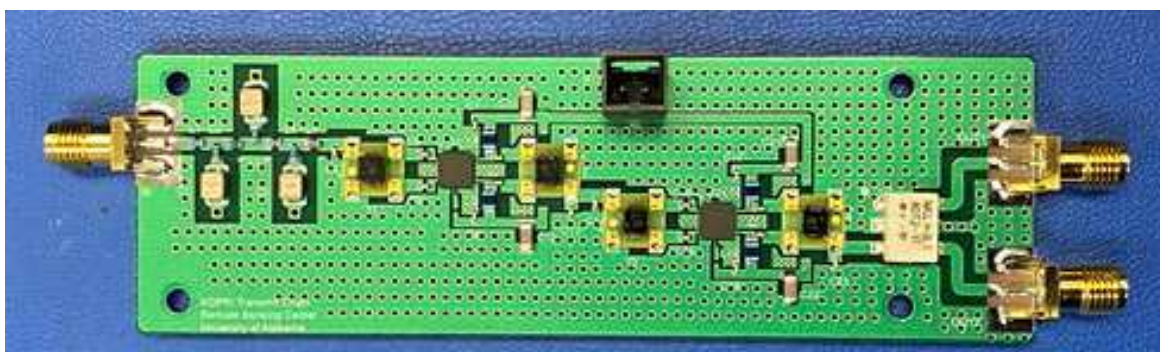
<그림 142 .수신기 설계 레이아웃(왼쪽 상단), 제작 및 조립된 UWB 수신기(왼쪽 하단), 제작된 UWB 수신기 보드 측정 결과(오른쪽)>

○ 디지털 시스템 프로토타입 개발: 디지털 서브시스템

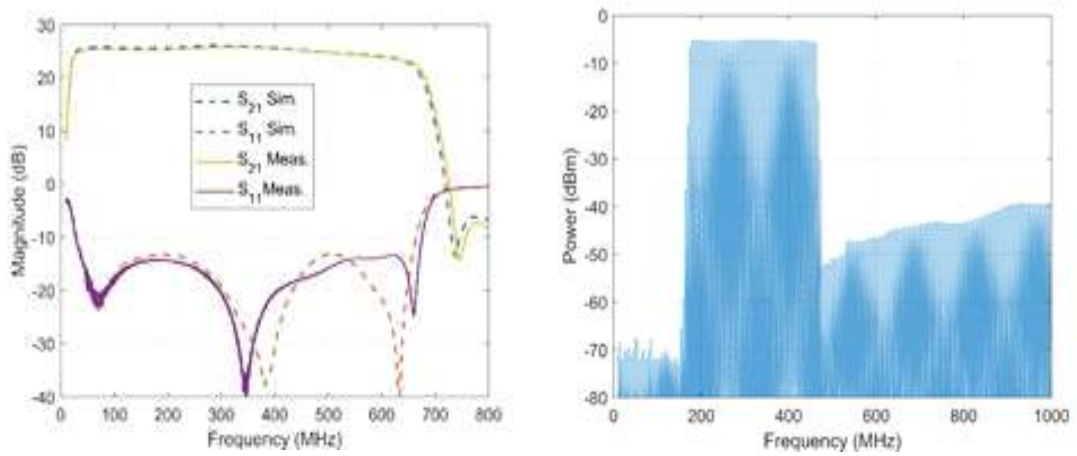
- 전송 처프를 합성하는 8개의 임의파형발생기(AWG)와 16개의 수신 신호를 디지털화하는 16개의 A/D 변환기를 포함하는 디지털 서브시스템 구성
- AWG를 이용하여 진폭 및 위상 변조를 통해 전송 파형을 사전 왜곡하여 고조파 왜곡을 줄이고 처프 및 위상 비선형성을 포함한 시스템 응답 수정 가능
- 레이더 펄스폭, 펄스 반복 주파수 설정, 송수신 창을 셋팅할 수 있는 제어 장치와 명령 포함
- 위치 정보를 레이더 데이터에 태그할 수 있도록 GPS 수신기 포함

(2) 2차년도(2021)

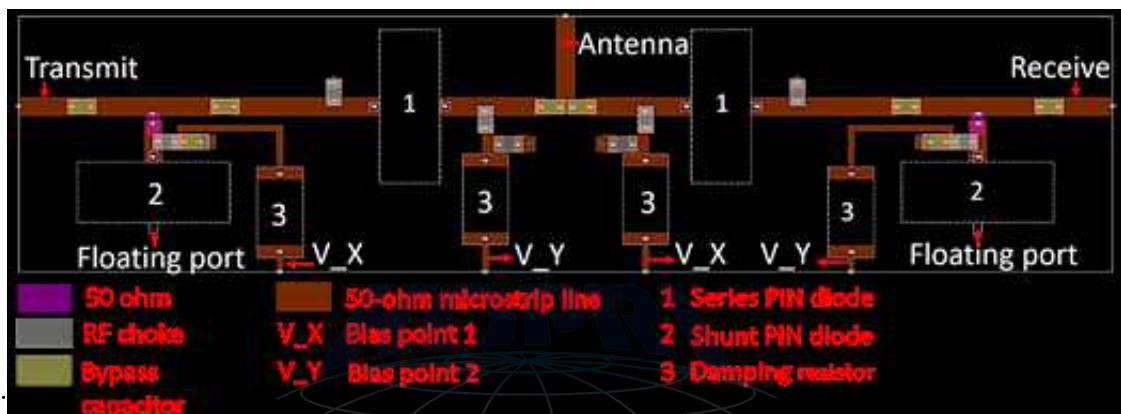
- 다중 주파수 빙하레이더 제작 및 운영 기술 개발: 레이더 시스템 수정 및 개선
- 송신기 하위 시스템 최적화
 - 고출력 전송-수신 스위치 하위 시스템 최적화
 - 수신기 하위 시스템 최적화



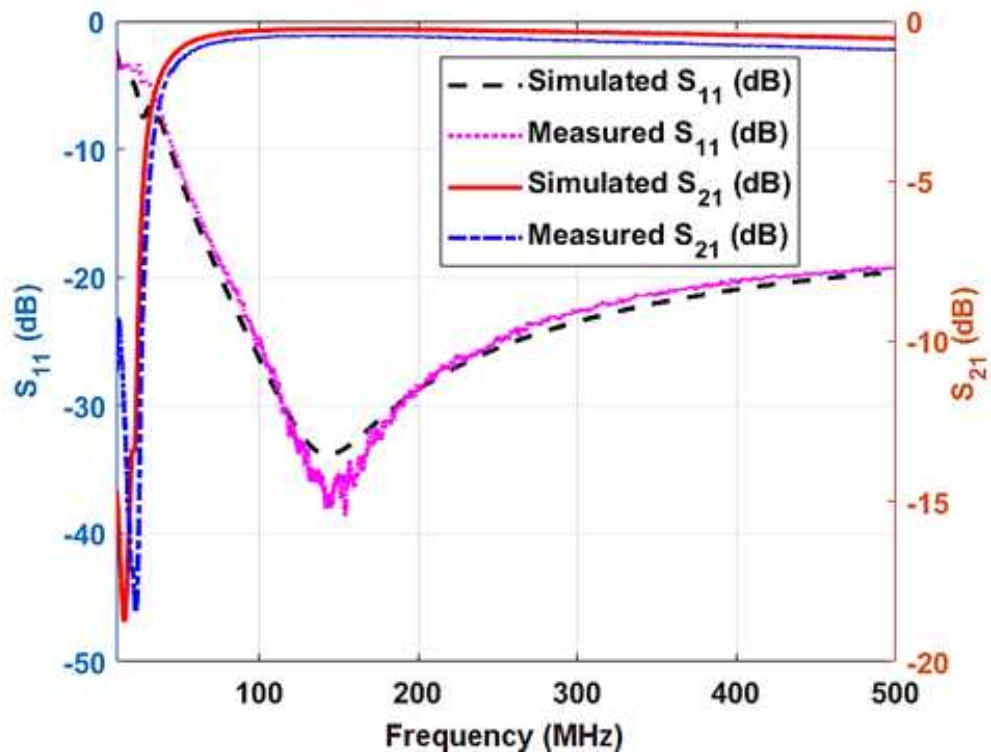
<그림 143. 프로토타입 제작>



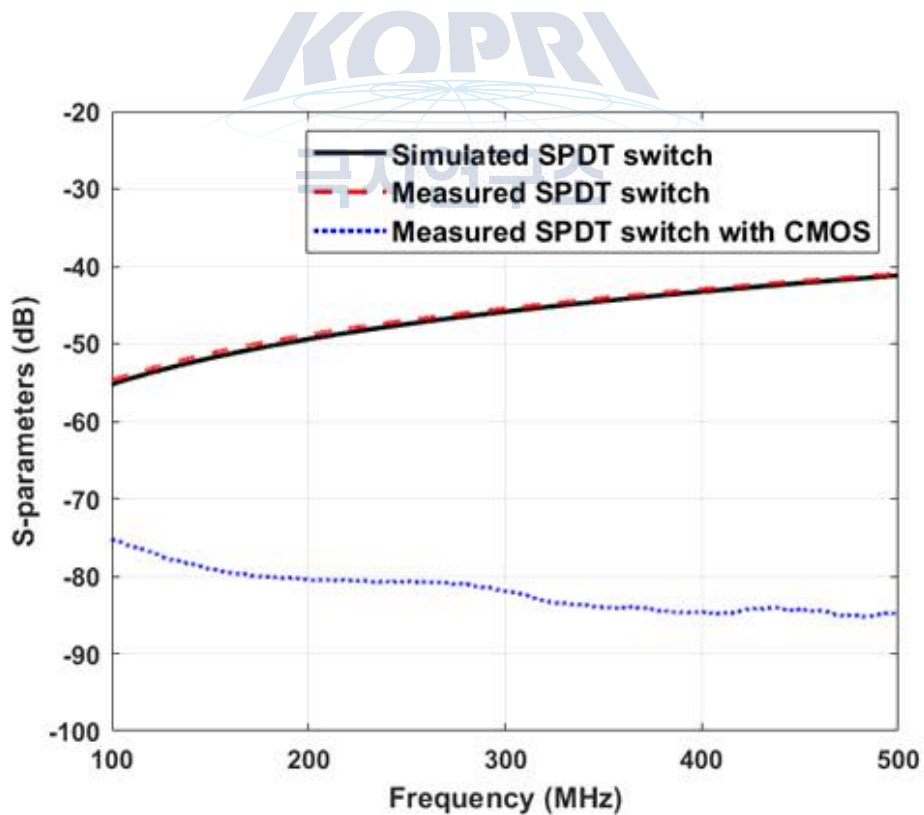
<그림 144. 프로토타입 시뮬레이션 및 측정 결과: (좌) S-parameters (우) 출력 파워 스펙트럼>



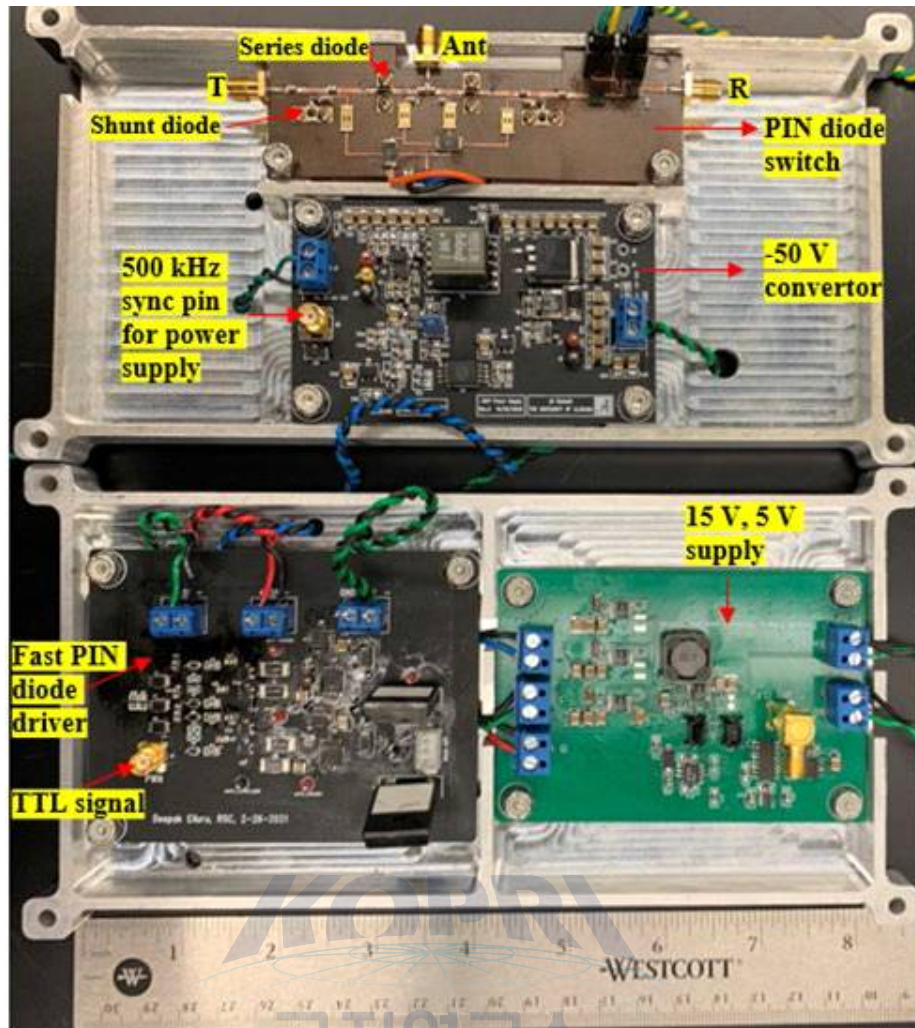
<그림 145. T/R스위치 레이아웃>



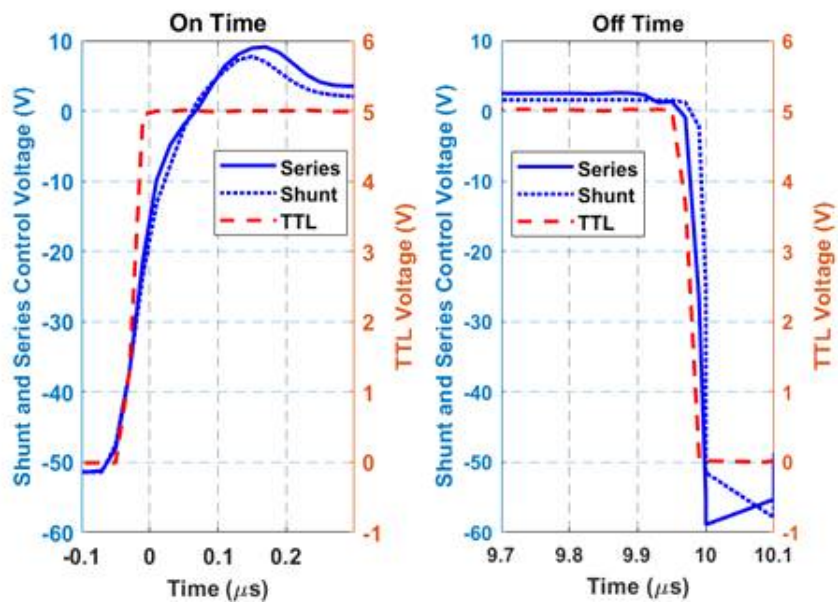
<그림 146. T/R 스위치의 전달 특성 그래프>



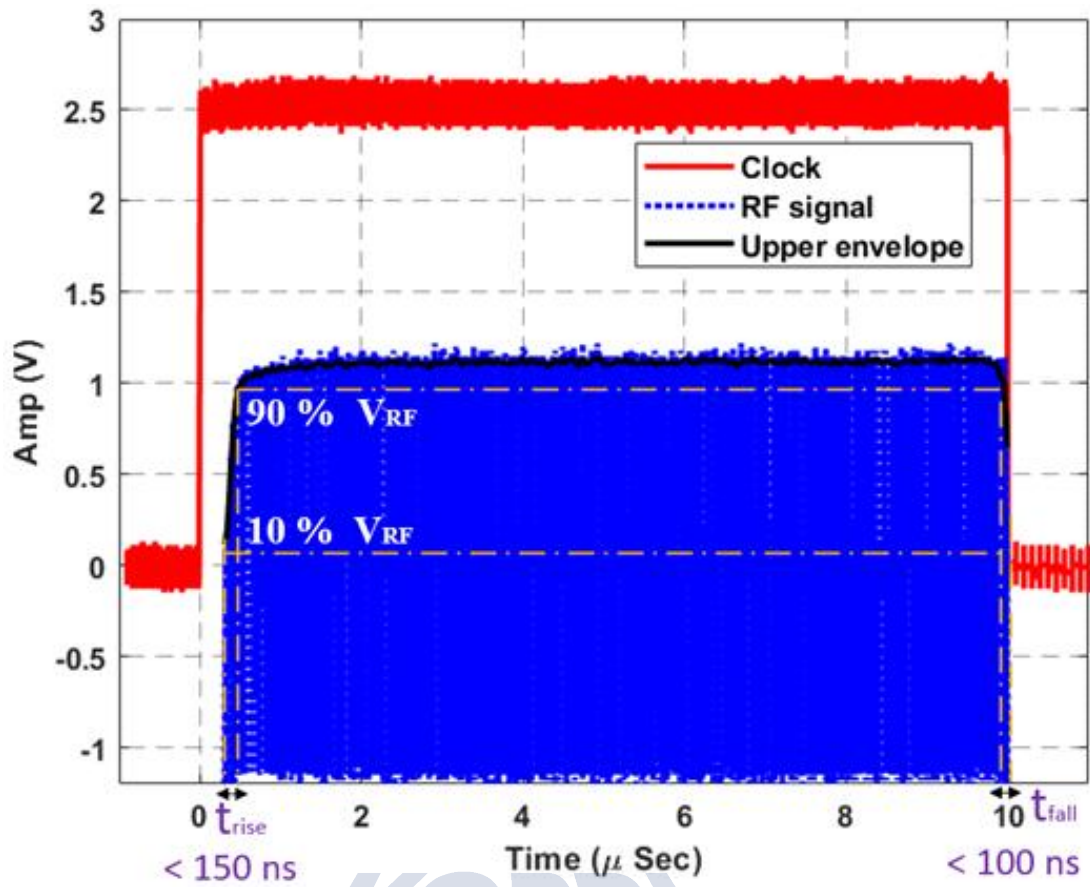
<그림 147. T/R 스위치의 시뮬레이션과 측정된 isolation plot>



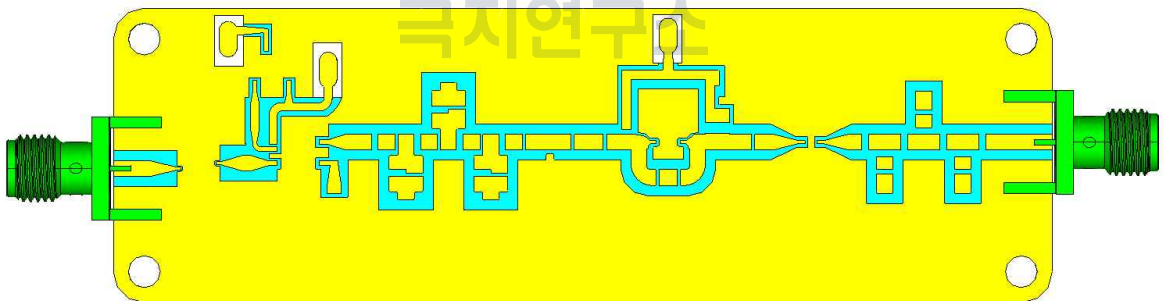
<그림 148. 제작된 스위치와 드라이버 프로토타입>



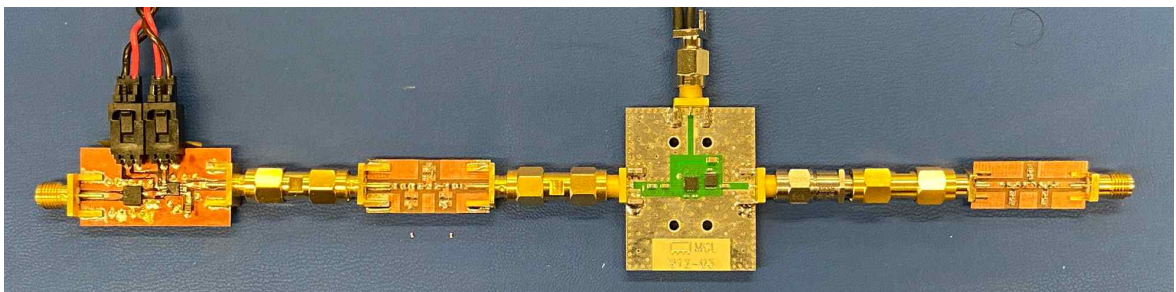
<그림 149. 측정된 On/Off 시간>



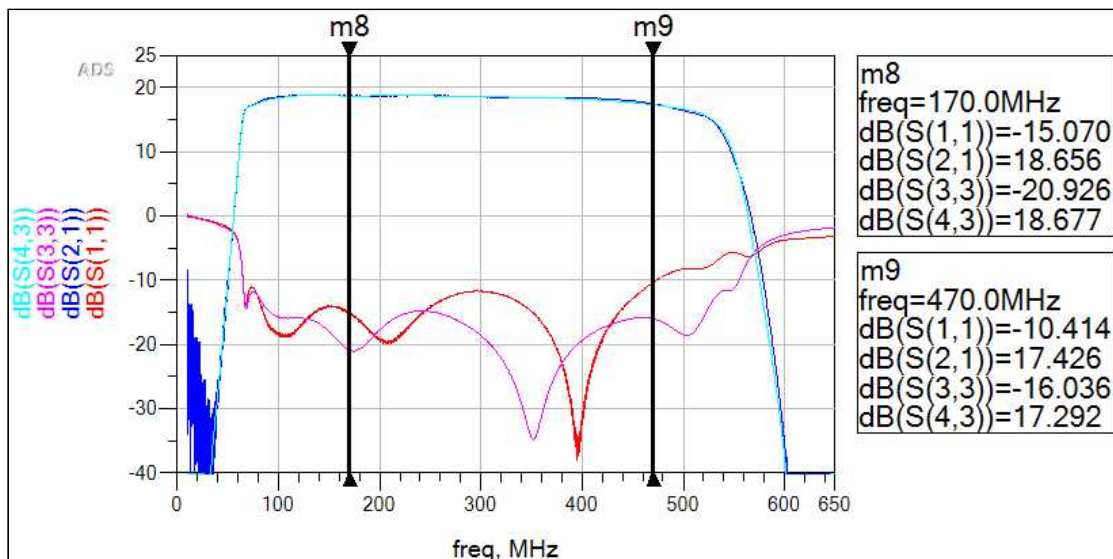
<그림 150. 측정된 스위치 rise time과 fall time>



<그림 151. 업데이트된 수신기 레이아웃 디자인>

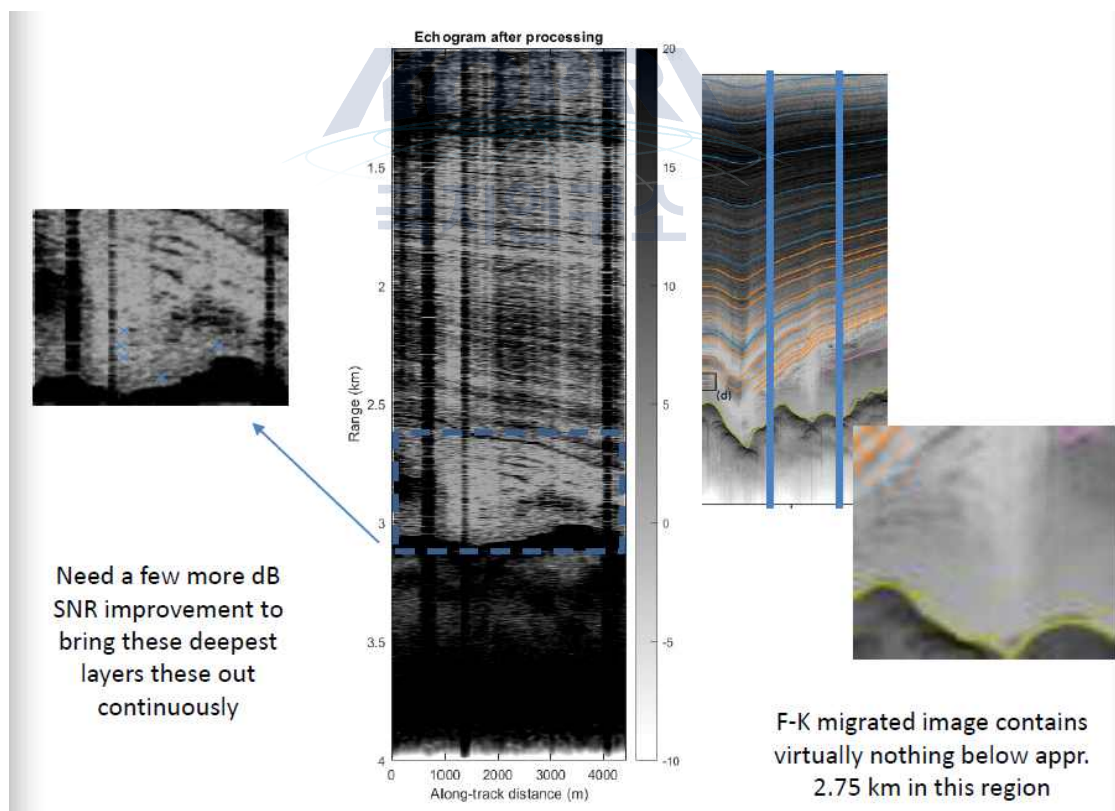


<그림 152. 이산 부품 수신기 하위 섹션 프로토타입>



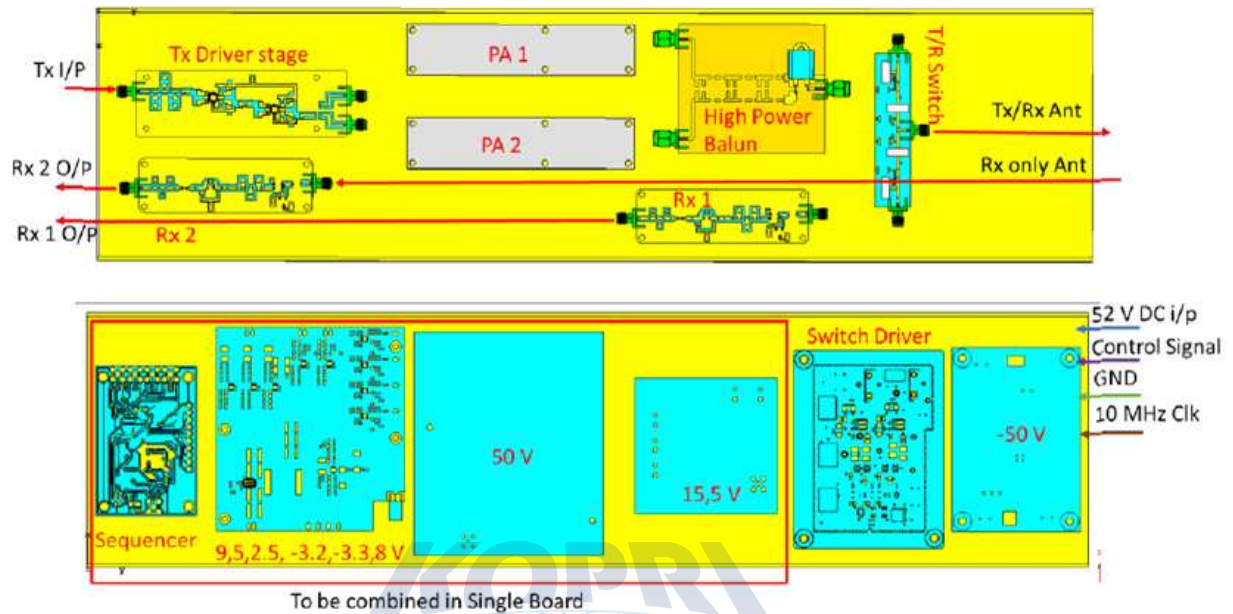
<그림 153. 수신기의 S-parameter 측정값과 시뮬레이션값>

- 다중 주파수 빙하레이더 제작 및 운영 기술 개발: 실험실 데이터 처리 및 분석
 - 지연선 데이터를 처리하기 위한 신호 처리 패키지 설계



<그림 154. 필터링 후 데이터>

- 다중 주파수 빙하레이더 제작 및 운영 기술 개발: RF 및 디지털 서브시스템 통합
 - 단일 채널 루프백 테스트
 - 제어시스템 통합
 - DC 전원 공급 장치 하위 시스템의 설계
 - 전체 시스템 인클로저 설계



<그림 155. 단일 채널 모듈>

<표 29. 전원 요구사항>

Component	Measured power	Quantity	Total power
Single-channel	121.42 W	8	972 W
Digital system	300 W	1	300 W
Server	200 W	1	200 W
Network switch	25 W	1	25 W
KVM	50 W	1	50 W
Subtotal			1.55 kW
Safety factor			0.25
Total required from platform			1.94 kW

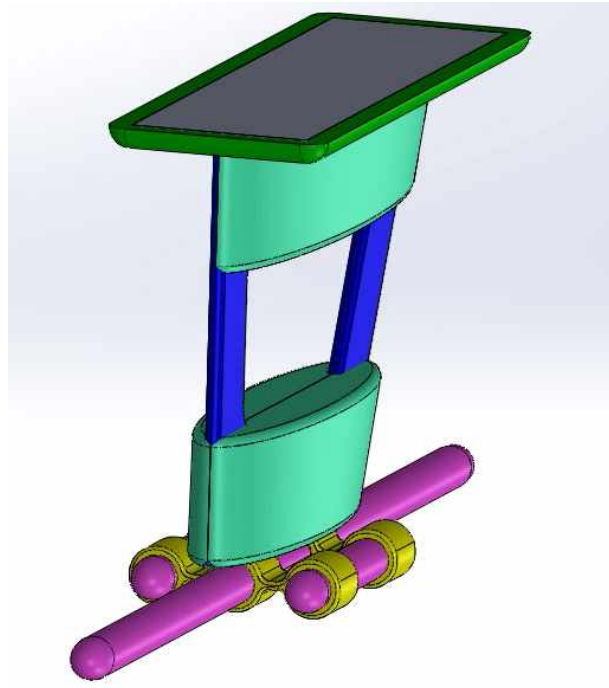


<그림 156. 표준랙에 설치된 디지털 서브시스템>

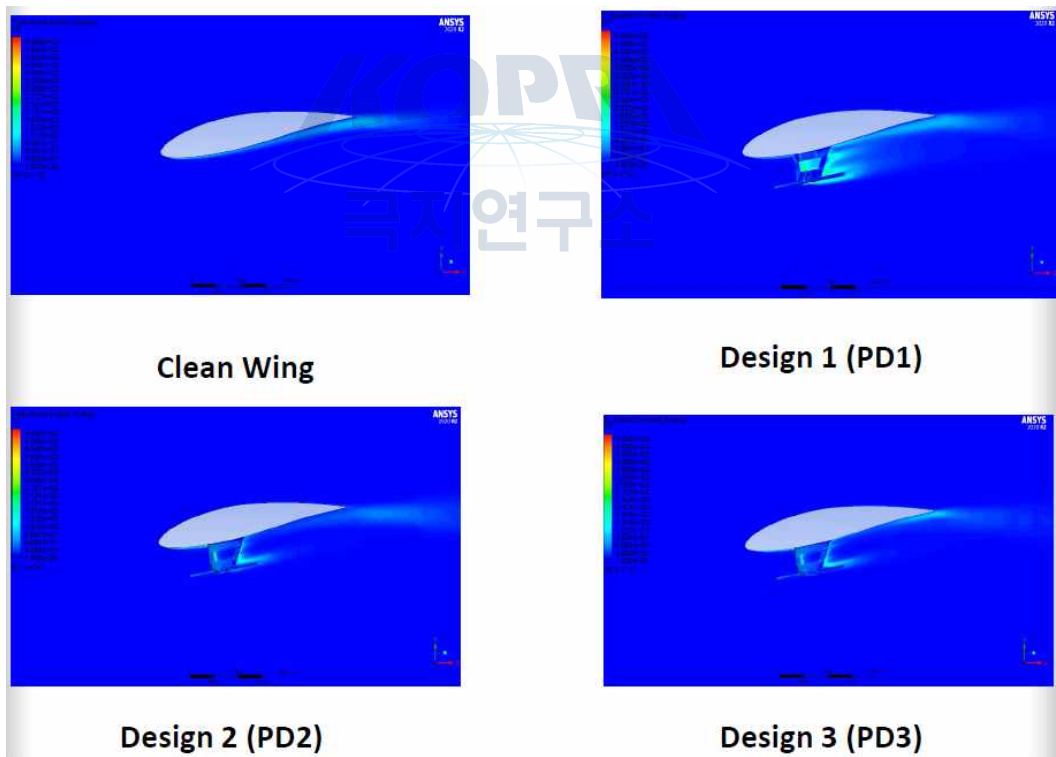
- 다중 주파수 빙하레이더 제작 및 운영 기술 개발: MIMO 실험실 테스트
 - 어레이 설계 및 제작
 - 파일런 설계 및 항공역학 시뮬레이션 수행
 - 무반향실에서 MIMO 실험을 위하여 안테나 어레이 축소 모델 제작 진행 중이며 실험은 올해 말까지 완료 예정



<그림 157. 안테나 어레이 배치>



<그림 158. 파일런 디자인>



<그림 159. 안테나 항공역학 시뮬레이션>

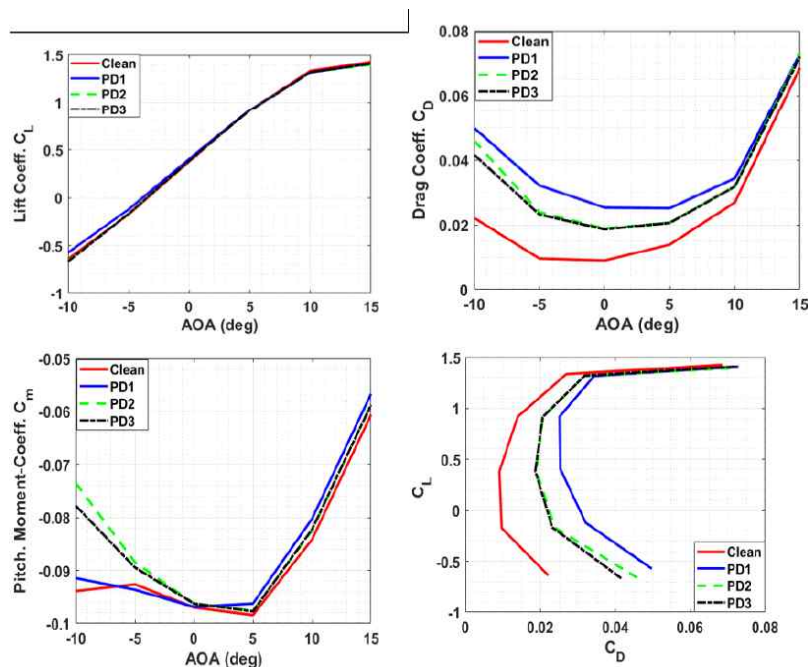
(3) 3차년도(2022)

- 다채널 레이더 시스템을 표준 네트워크 랙에 설치 가능하도록 인클로저에 통합
 - 전력 증폭기 교정 및 PA제어 서브시스템 개발
 - 최적의 출력전력을 위해 전력 증폭기를 보정하고 향후 시스템 튜닝을 위해 인텍싱 작업 수행
 - 레이더의 전원을 켜고 끄는 동안 전력 증폭기 손상을 방지하기 위하여 Bias sequencing 제어기를 개발하여 전력 증폭기와 통합
 - 통합 보드는 각종 테스트를 마치고 레이더의 각 채널에 통합 설치
 - 소형 스위치 및 드라이버 최적화, 제작 및 통합
 - 레이더의 각 채널을 송수신(T/R) 모듈로 만들기 위해 새로운 고출력 T/R스위치 개발
 - 스위치를 +전압으로만 작동하도록 개발하여 고전압 - 전압 제거
 - 개발 스위치 성능 테스트 및 검증 위해 별도의 PCB 기판을 제작하였으며, 개발 완료 이후 RF와 드라이버가 모두 통합된 PCB 설계 완료
 - Quad-polarization 측정을 위한 전송 스위치 및 드라이버 개발
 - 본 개발 레이더를 지상 기반 플랫폼에서도 사용할 수 있도록 4중 편파 측정이 가능한 전송 스위치와 드라이버 설계 및 개발 완료
 - 전송 스위치 서브시스템은 고전력 테스트를 수행 중이며 레이더의 다른 부품과 마찬가지로 표준 네트워크 랙에 추가 가능
 - 인클로저의 고전력 EMI로부터 수신기 모듈 보호를 위한 차폐
 - 각 단일 채널 모듈에는 소형 알루미늄 새시에 두 개의 수신기 서브시스템을 장착할 수 있도록 제작
 - 이를 통하여 레이더 감도를 저하시키는 고전력 송신기 서브시스템의 EMI를 줄일 수 있음
 - 일반 전원 공급 장치 서브시스템의 개발 및 통합
 - 각 모듈의 주 전원 컨트롤러 및 스위칭 레귤레이터 역할을 할 전원 공급 장치 보드를 설계, 개발 및 제작
 - 모듈식으로 제작하여 여러 애플리케이션에 적용 가능
 - 10.3VDC@4A, 16.3VDC@4A 및 50VDC@3+A 의 조정된 3층 출력 포함
 - 공급 장치의 시퀀싱과 제어를 위해 마이크로컨트롤러가 통합
 - 전원 서브시스템은 입력 52-55V이며 모든 스위치 공급 장치의 클럭은 시스템 기준 클럭과 동기화
 - 보드는 부하에서 몇 시간 동안 고온 테스트를 거쳤으며 단일채널모듈에 통합

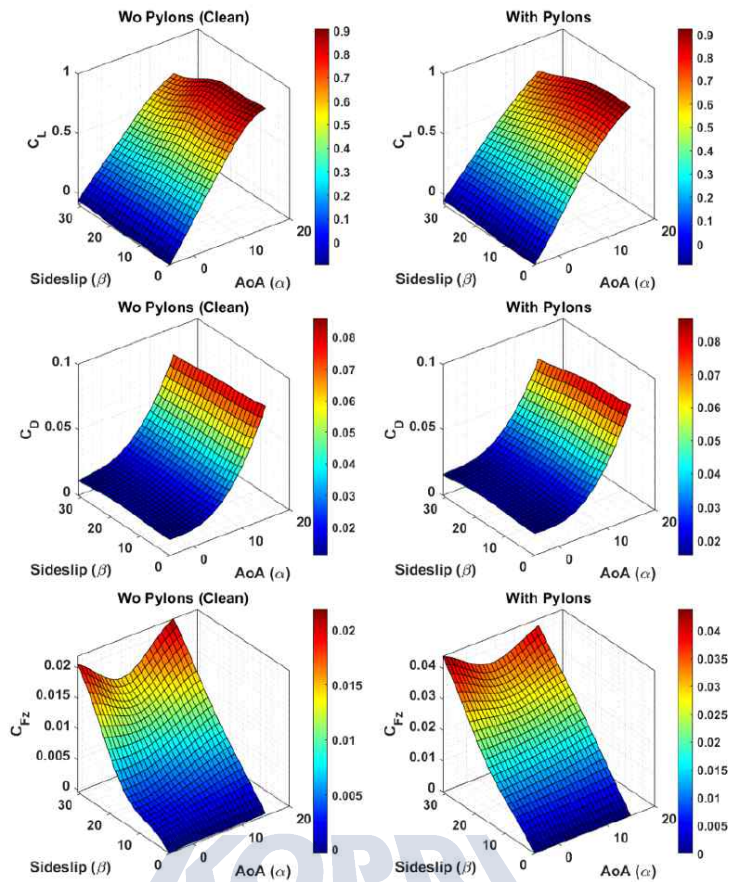


<그림 160. 고전력 송수신 스위치 서브시스템용 50V 전원 공급 장치>

- 냉각 기능이 통합된 단일 채널 모듈 인클로저 및 모듈형 RF 시스템 인클로저 개발
 - RF 서브시스템 단일 채널들은 각각 모듈식 인클로저에 배치
 - 인클로저들은 현장에서 손쉽게 설치 및 제거할 수 있도록 시스템 인클로저의 후면판에 연결되도록 제작
 - 현장에서 T/R 모듈 교체시 필요한 추가 모듈 포함
- 레이더 시스템을 항공기 플랫폼에 통합하기 위한 분석
- Twin Otter 항공기의 주익에 안테나 어레이를 설치하기 위한 CFD 해석 수행
 - 다양한 비행 조건에 대해 Twin Otter 플랫폼 파일런과 안테나 조립 구조 분석 수행
 - 사용된 부품 재료에 가해지는 응력이 허용 응력에 비해 상당히 낮기 때문에 비행 중에도 충분한 강성을 유지할 수 있음을 확인
 - Tsai-Wu 고장 기준에 기반한 안전 계수는 2.375로 일반적으로 사용되는 안전계수 1.2-1.5보다 큼
 - 좌굴 분석에 따르면 안테나 파일런은 임계 하중의 최소 32배를 견딜 수 있으며 고유진동수는 58.708Hz로 일반 요트나 수송기보다 큰 것을 확인하였음
 - 파일런의 구조는 단방향 유체-구조 상호작용과 다중 비행 사례에서 FEA를 사용하여 얻은 구조 해석 분석을 통하여 안전한 것으로 판단
- Twin Otter 항공기의 조종성에 대한 안테나 어레이 파일런의 영향 분석
 - 안테나 어레이 설치로 인하여 Twin Otter 플랫폼의 플랩과 에일러론의 조작에 미치는 영향을 시뮬레이션으로 예측
 - 안테나 파일런의 추가로 인하여 상류, 하류 및 날개 표면의 압력 및 속도 분포에 미세한 차이가 있는 것으로 나타났으나 이는 작은 영역에 국한됨
 - 유동 거동의 유사성, 피치/롤 모멘트 계수의 유사한 경향, 제어 조작의 미세한 차이는 Twin Otter 플랫폼의 제어에 파일런 추가로 인한 영향이 무시할 만한 수준으로 판단

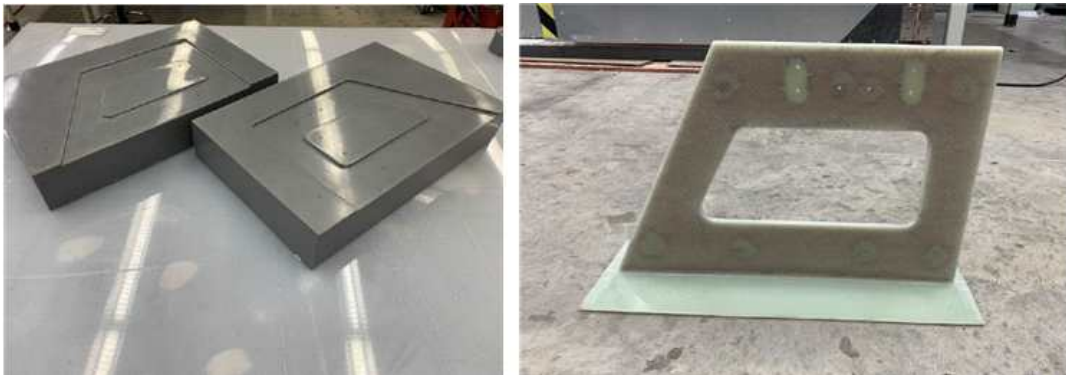


<그림 161. 부착물이 없는 날개와 3종의 파일런 디자인에 따른 부분적 항공역학 분석>

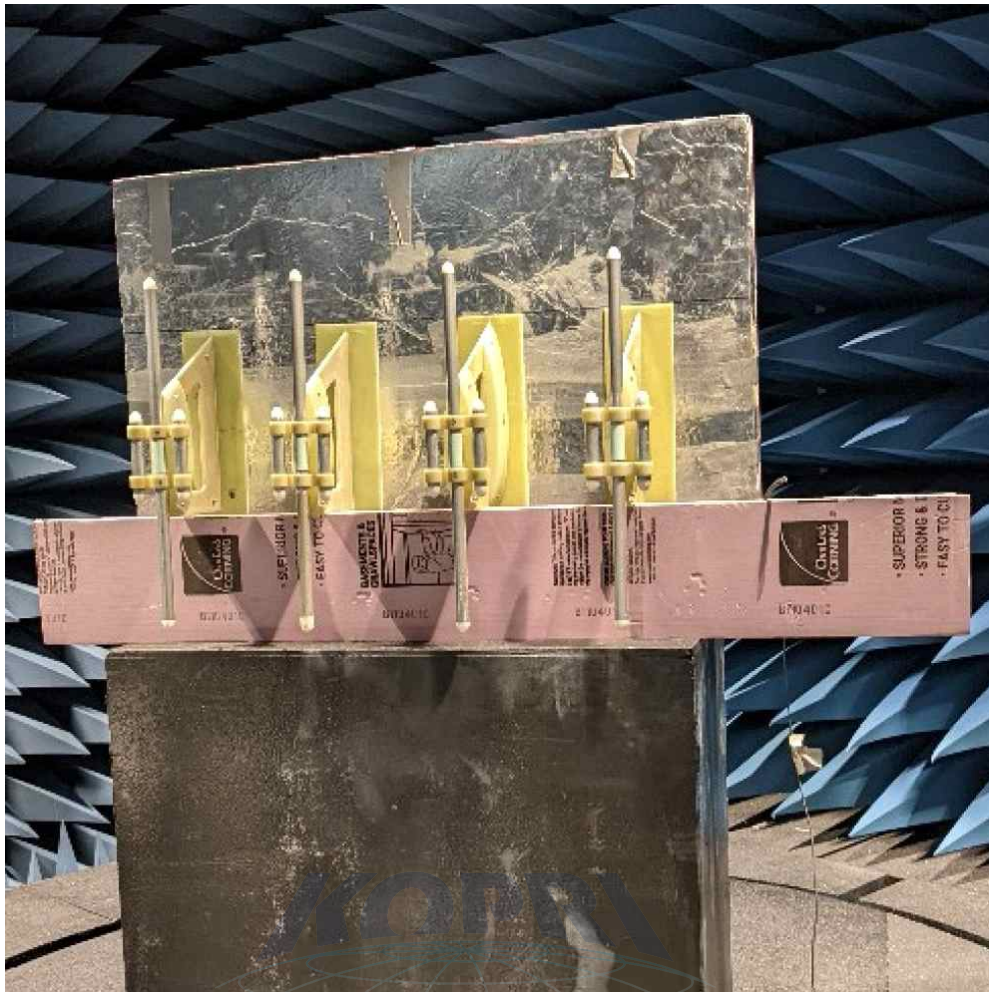


<그림 162. 날개당 16개의 파일런이 있는 날개와 없는 날개의 힘 계수 비교: 양력계수(상), 항력계수(중), 측면 힘 계수(하)>

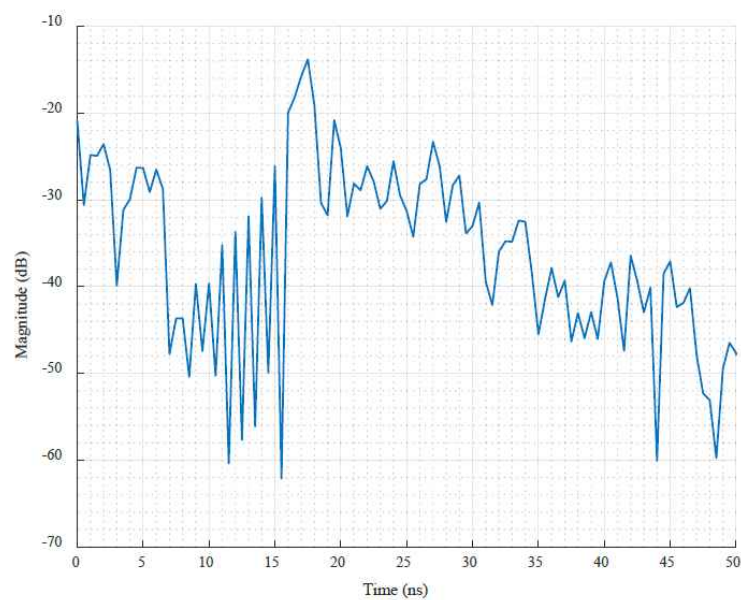
- Twin Otter 항공기에 안테나 어레이 설치를 위한 복합 파일런 제작
- 2차년도에서 유리섬유 복합재를 이용하여 파일런 시제품을 제작하였으며, 플러그 생성, 금형 개발, 유리 섬유 플라이 레이업, 진공 압력 및 오븐 경화를 적용한 최종 파일런을 제작
- 표준 절차서를 개발하여 제조 결함 없는 총 40개의 파일런 제작 완료 (항공기 날개당 16개 총 32개의 파일런이 사용되며, 8개는 백업용)
- 제작된 파일런 4개를 사용하여 제작된 안테나 어레이는 무반사실에서 성공적으로 테스트 완료



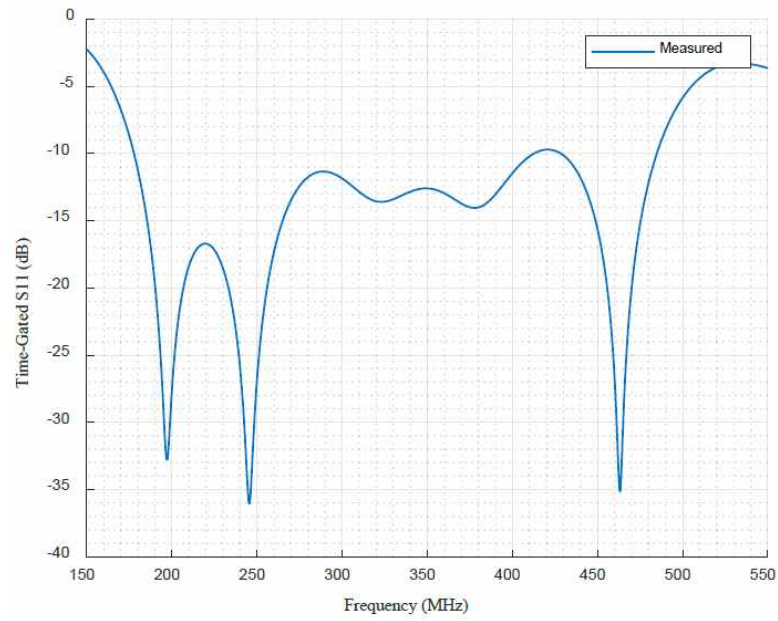
<그림 163. 파일런 제작>



<그림 164. 4개 요소로 구성된 안테나 어레이 무반사실 테스트>

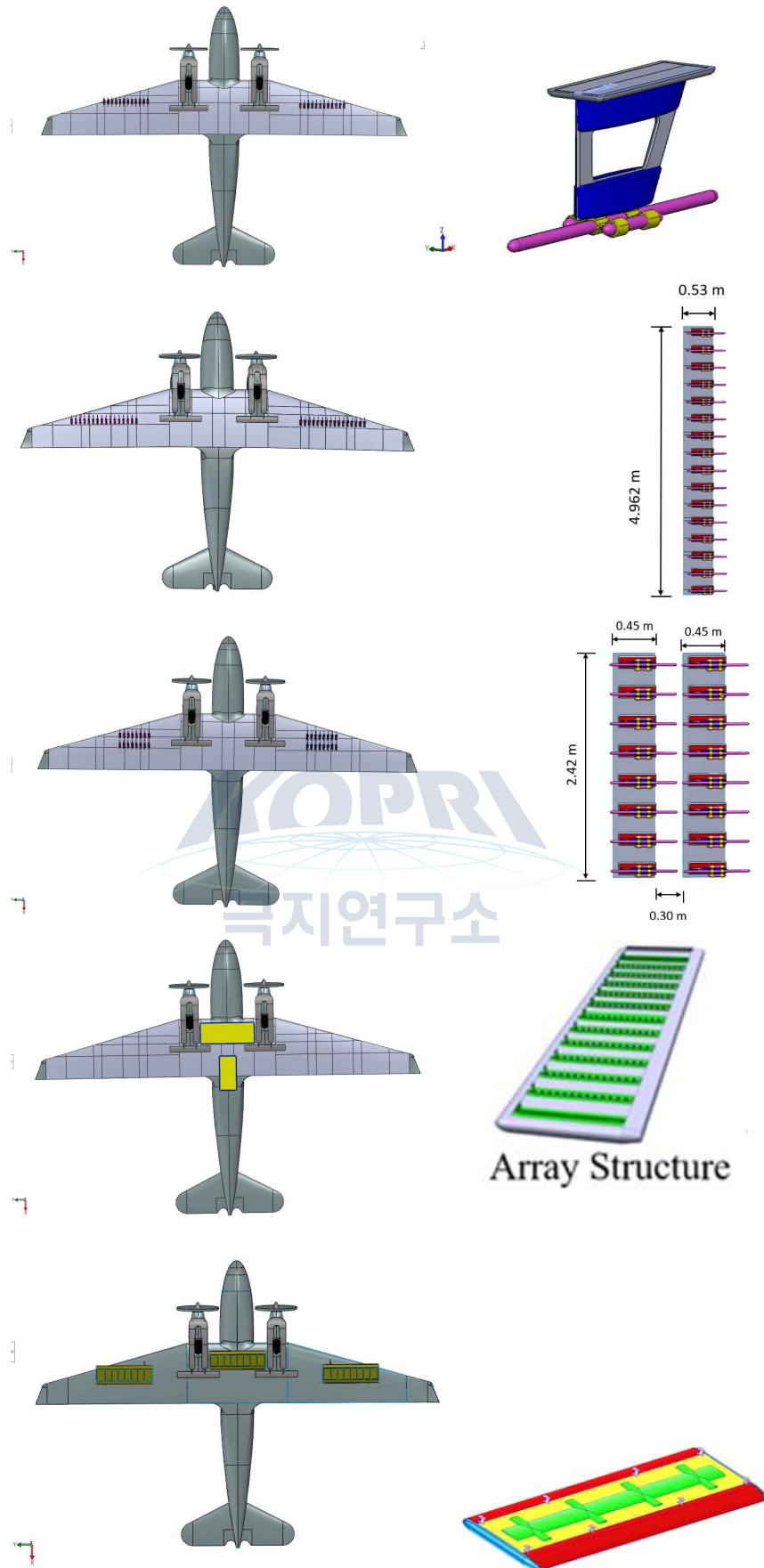


<그림 165. 무반사실에서 측정된 4개 요소 안테나 어레이의 시간 영역 반사 손실>



<그림 166. 무반사실에서 측정된 4개 요소 안테나 어레이의 주파수 영역 반사 손실>

- 항공기 공동 운항 협의 중 항공기 플랫폼 변경(Twin Otter → Basler)에 따른 안테나 어레이 재설계
- 운용 항공기 플랫폼이 Twin Otter에서 Basler로 변경됨에 따라 안테나 어레이를 통합하는 추가 개념 설계 진행
- 안테나 어레이 설치 및 인증을 위한 예비 비용 견적 책정을 위해 Kenn Brek Air에 설계 자료 전달



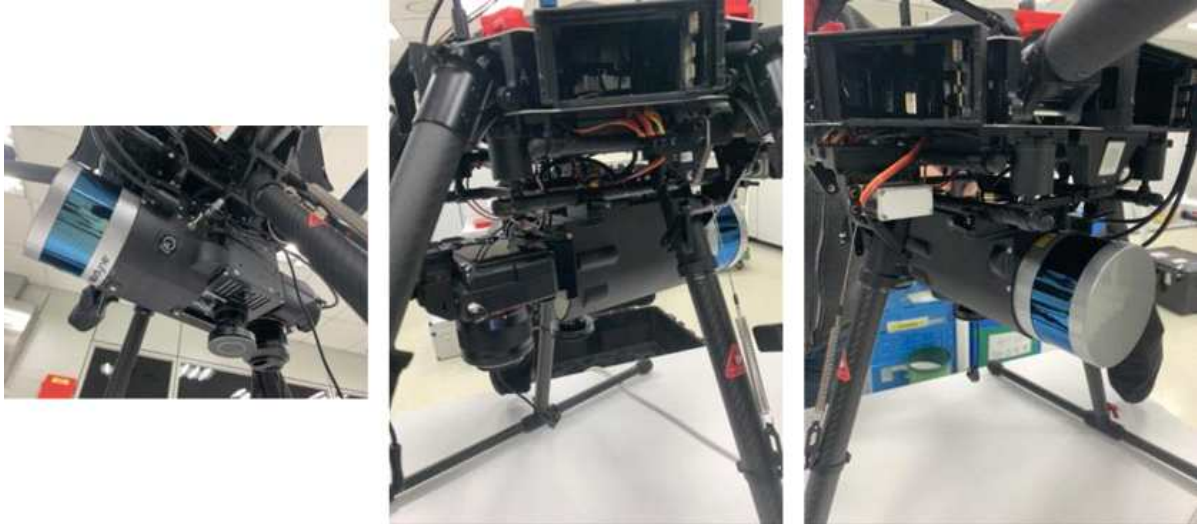
<그림 167. Basler 플랫폼 안테나 장착 컨셉 설계>

다. LiDAR 초분광 센서 통합 및 운영기술 개발

(1) 1차년도(2020)

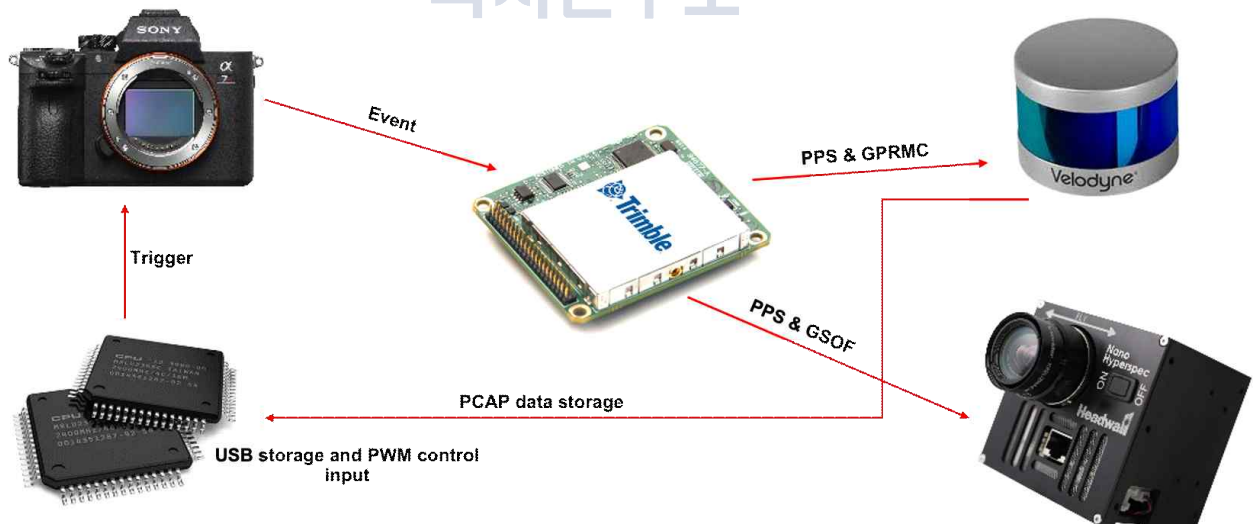
○ LiDAR·초분광·RGB 다중센서 통합 수행 (GRYFN사 협력)

- 연구지역 및 목적에 맞는 다중플랫폼-다중센서 간 유연한 활용을 위한 마운트 시스템 개발



<그림 168. LiDAR·초분광·RGB와 GNSS/IMU가 통합된 센서 시스템>

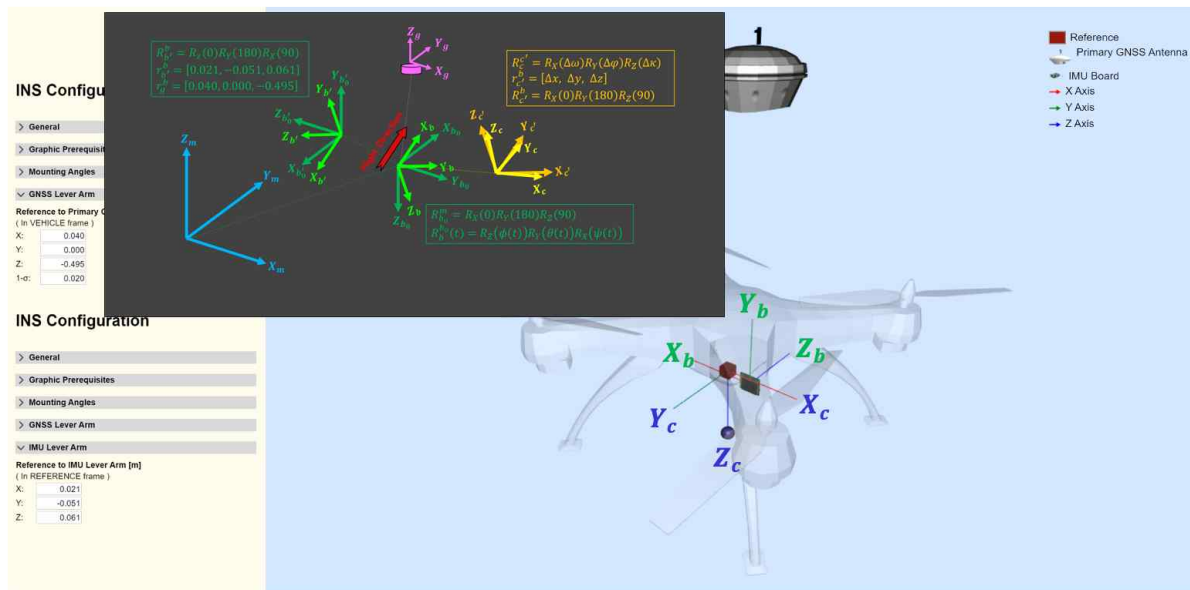
- 정밀 자료 처리를 위한 LiDAR·초분광·RGB와 GPS신호간 정밀 동기화 수행. 고용량 영상 자료 저장 시간 지연 방지를 위한 보정 신호 처리



<그림 169. 센서들간 GPS신호 동기화 및 지연시간 기록 체계>

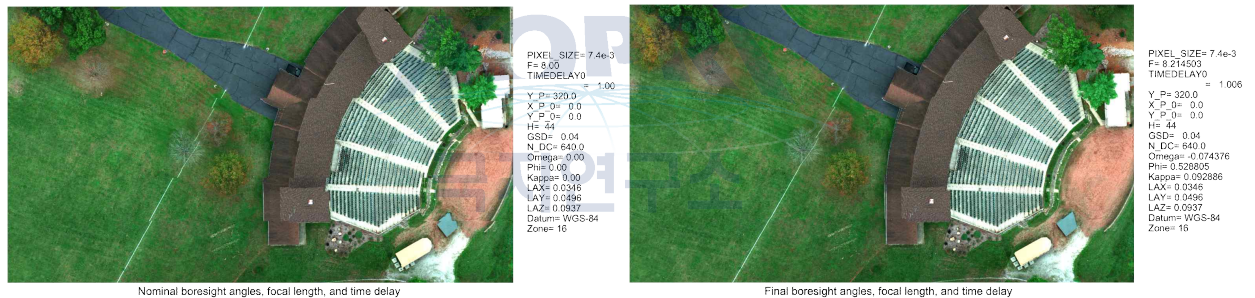
○ 통합 센서 시스템과 GPS/IMU간 위치 오차 보정 연구

- 각 이미징 센서와 GPS/IMU, GPS 안테나 사이에는 물리적인 위치 및 자세 오차가 존재. 그 오차는 고도가 높아질수록 최종 결과물인 정사영상에서 위치 정확도 저감을 더 크게 유발함으로 반드시 계산/보정되어야함

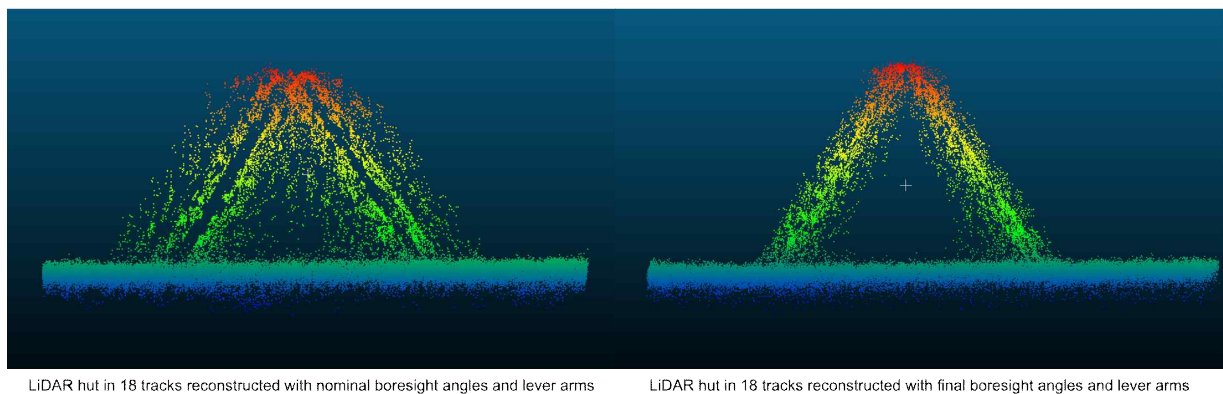


<그림 170. 이미징센서와 GPS/IMU간 좌표체계의 차이점>

- 새로 개발된 LiDAR·초분광·RGB 다중센서 통합 시스템의 위치 오차 보정 수행(퍼듀대학교 협력)



<그림 171. LiDAR · 초분광 · RGB 다중센서 통합 시스템 중 초분광센서의 위치정확도 보정 전 (좌측)과 후 (우측) 결과 비교>



<그림 172. LiDAR·초분광·RGB 다중센서 통합 시스템 중 LiDAR센서의 위치정확도 보정 전 (좌측)과 후 (우측) 결과 비교>

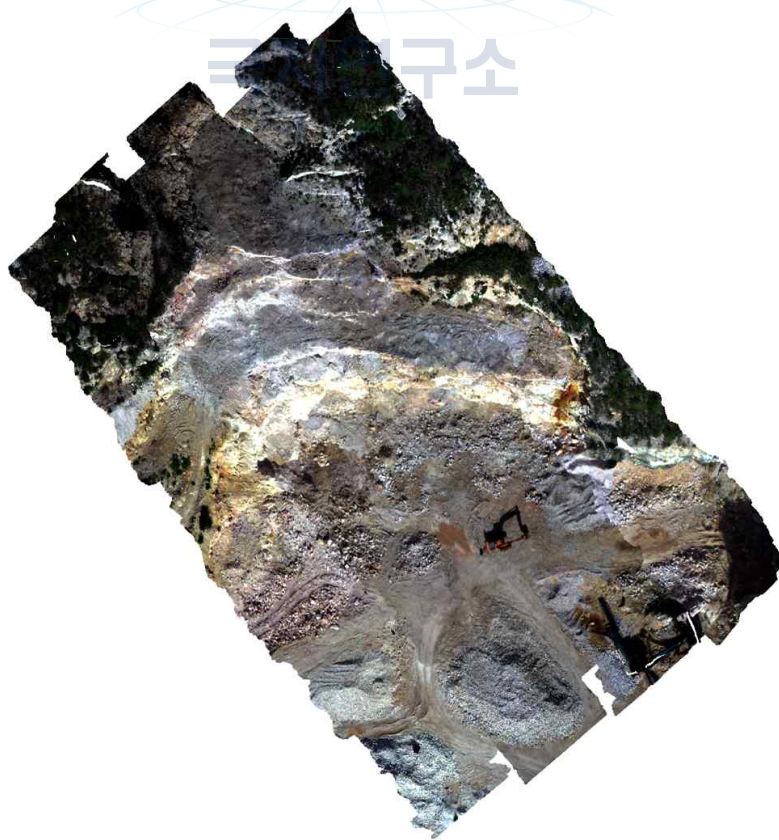
- 위치 오차 보정 수행시 초분광 영상 스트립간 경계와 LiDAR 포인트 클라우드들 간의 경계가 잘 맞는 것을 확인
- 기존 구축된 VNIR-SWIR 초분광센서의 검보정을 국내에서 재수행. 이전 검보정 계수들을 재조정함으로써 위치정확도를 12cm에서 10cm로 향상



<그림 173. VNIR-SWIR 초분광 통합 시스템의 위치정확도 재보정 수행 전 (좌측)과 후 (우측) 결과 비교>

○ LiDAR·초분광 융합 자료를 이용한 연구 협력

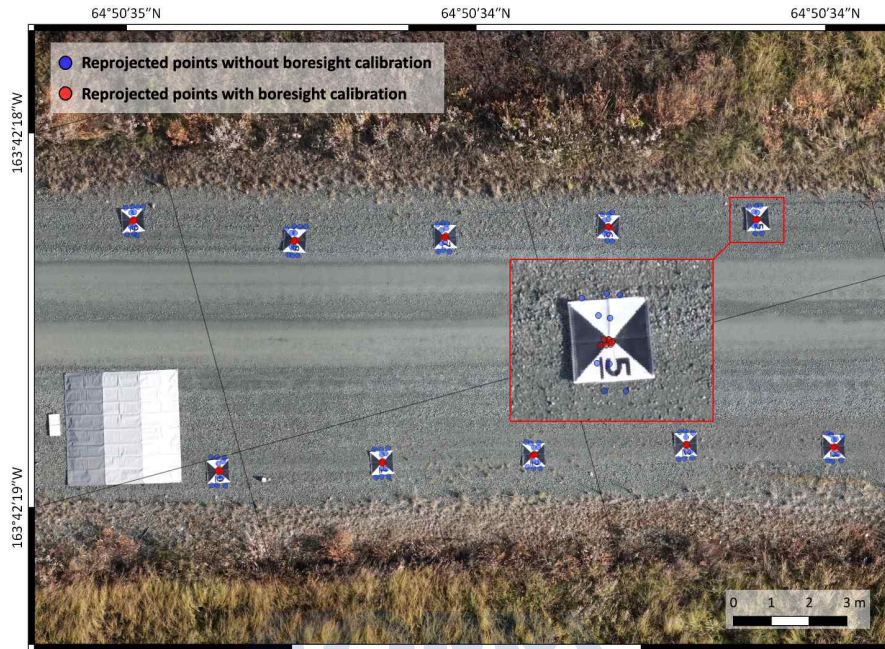
- 본 연구에서 개발된 LiDAR·초분광 센서에서 획득된 자료를 극지연구소 내 연구과제에 시범 활용해보고자 했으나, 코로나19로 인한 현장조사 취소로 인해 활용이 불가능했음
- 향후 극지에서 활용될 초분광센서의 암석 맵핑 성능 분석을 위해 국내 타 기관 (한국지질자원연구원)과 협력을 통해 광산지대 노출 암석에 대한 초분광 영상을 시범적으로 획득



<그림 174. 전라남도 해남 지역 광산 노출 암석 초분광 맵핑 테스트>

(2) 2차년도(2021)

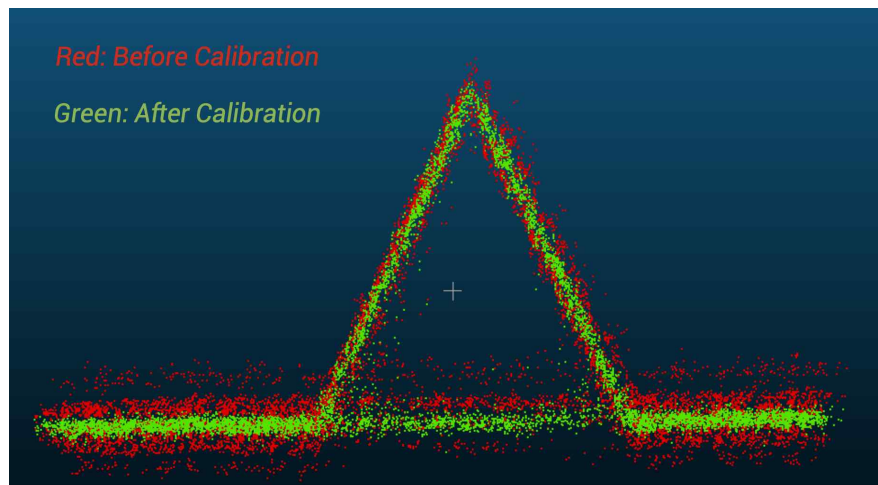
- 항공 플랫폼에 적합한 위치 오차 보정 연구
 - 다중 초분광센서 획득 영상의 위치 정확도 보정 수행
 - 위치 오차 보정 전과 보정 후 정확도 비교
 - A형 타겟을 이용한 라이다 센서 획득 포인트 클라우드 정합



<그림 175. 위치 오차 보정전(파란색)과 후(붉은색) 비교>

<표 30. 초분광센서별 위치 보정 전/후에 대한 X/Y 방향 오차 (m)>

센서	위치 보정	RMSE	
		X	Y
VNIR	전	0.2951	0.1667
	후	0.0338	0.0941
SWIR	전	0.1036	0.1256
	후	0.0425	0.0925

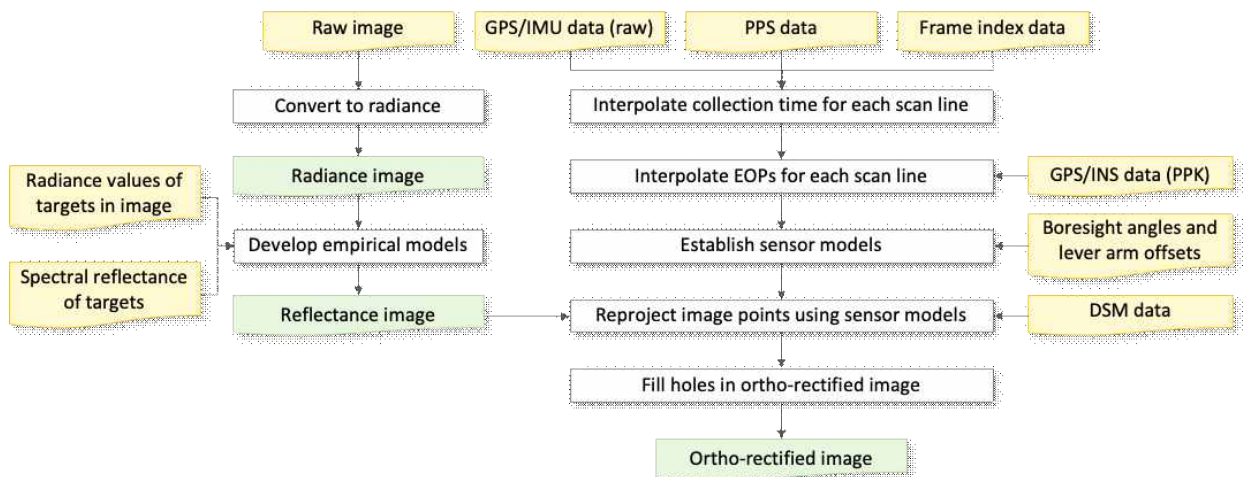


<그림 176. 라이다 포인트 클라우드 정합>

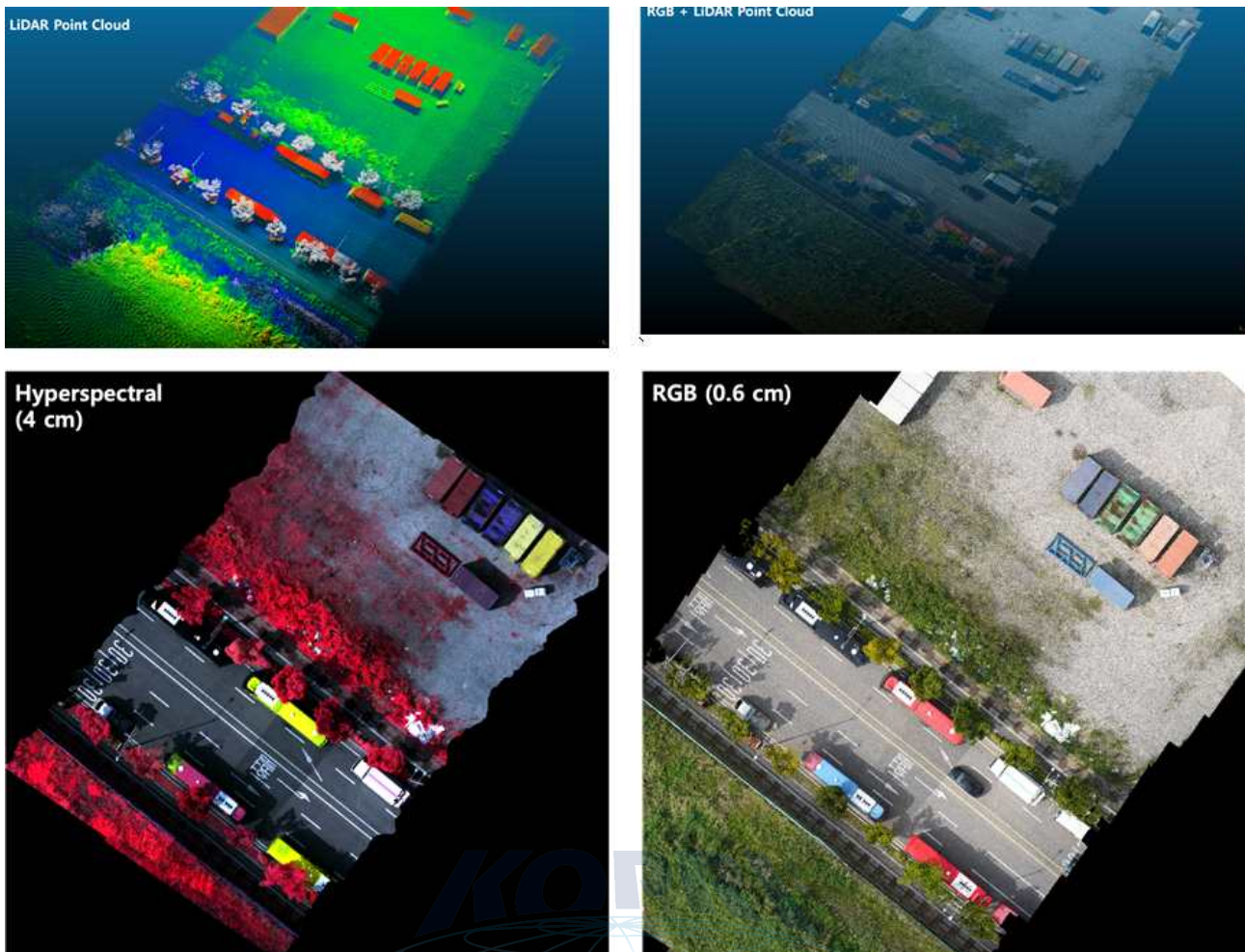
- 다중센서의 무인기-항공 플랫폼 간 유연한 운영을 위한 운영기술 개발
 - 초분광센서-라이다-RGB 센서 최적의 자료 획득을 위한 비행조건 및 센서설정(고도, 속도, 중복도, 노출 등) 최적화 계산 프로그램 개발
 - GPS상시 관측소를 이용한 비행 위치 및 자세 정보 후처리를 통한 효율적인 초분광 자료 처리를 위한 파이프라인 설계
 - 동시 획득 초분광, 라이다, RGB 및 포인트클라우드 컬러 합성 자료 생성 테스트

Flight Characteristics			Blue Cells are User-Defined
M600	Flying Height (m)	44	
	Flying Speed (m/s)	5	
	Distance Between Passes (m)	5	
	Aproximate Distance Between Passes (lat decimal)	0.000046	
	Aproximate Distance Between Passes (lon decimal)	0.000061	
Data Characteristics			Good Review Bad
RGB	Overlap	42%	
	Sidelap	74%	
	GSD (cm)	0.32	
	Horizontal FoV (m)	19.30	
	Vertical FoV (m)	12.89	
Hyper	Sidelap (%)	81%	
	GSD (cm)	4.02	
	Frame Period (ms)	8.04	
	Frame Rate (FPS)	124.39	
	Horizontal FoV (m)	25.73	
LIDAR	Laser Spot Width (cm)	2.48	
	Laser Spot Height (cm)	1.61	
	Scan Line Vertical Separation (cm)	153.65	
	Laser Spot Horizontal Separation (cm)	15.29	
	Sidelap	90%	
	Horizontal FoV (m)	50.81	
	Approximate Single Pass Point Density (points/m ²)	190	

<그림 177. 초분광-라이다-RGB 센서 및 비행조건 설정 최적화 프로그램>



<그림 178. 초분광영상 자료 처리 파이프라인>

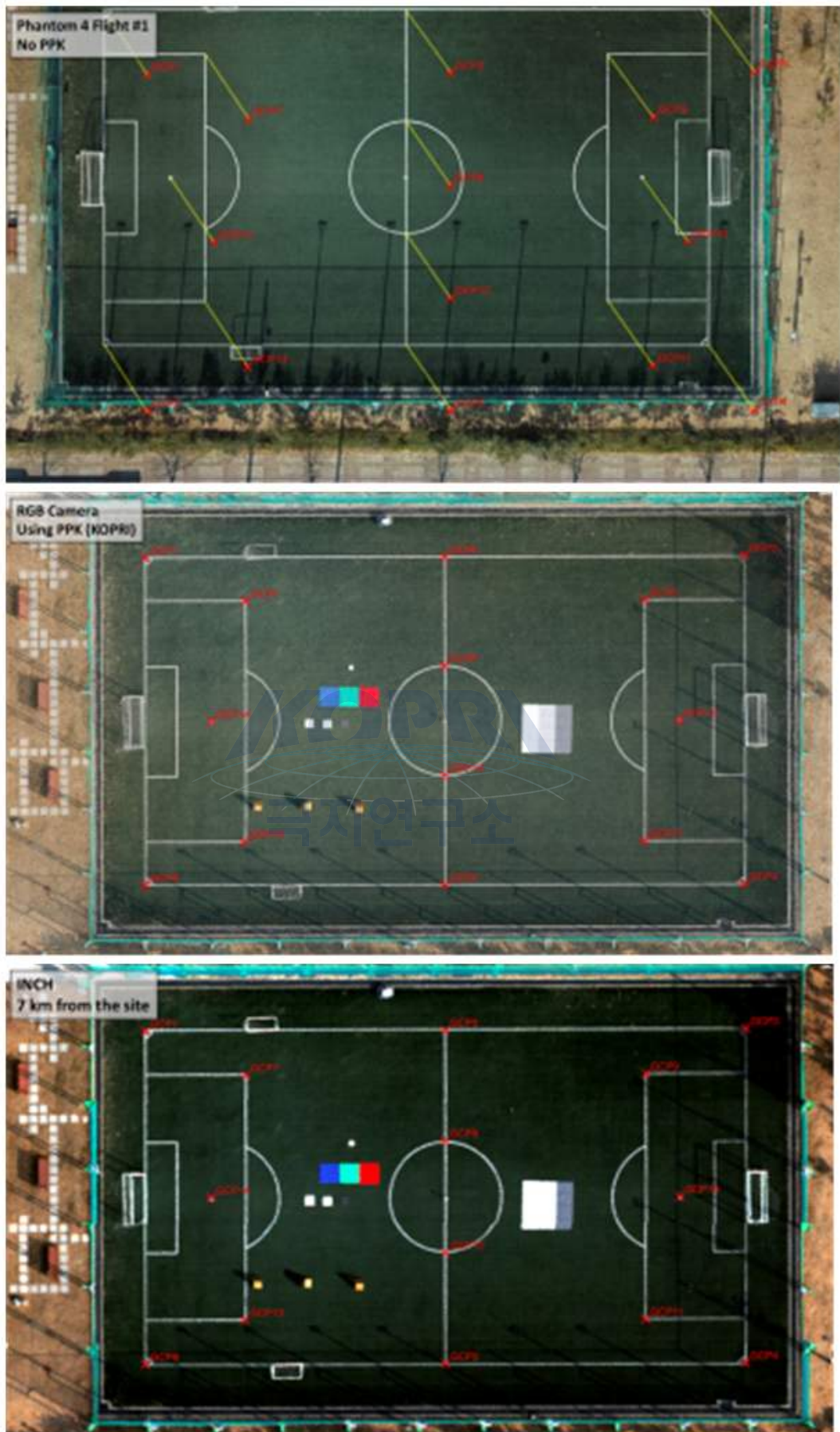


<그림 179. 동시 획득 다중센서 데이터 영상 결과>

(3) 3차년도(2022)

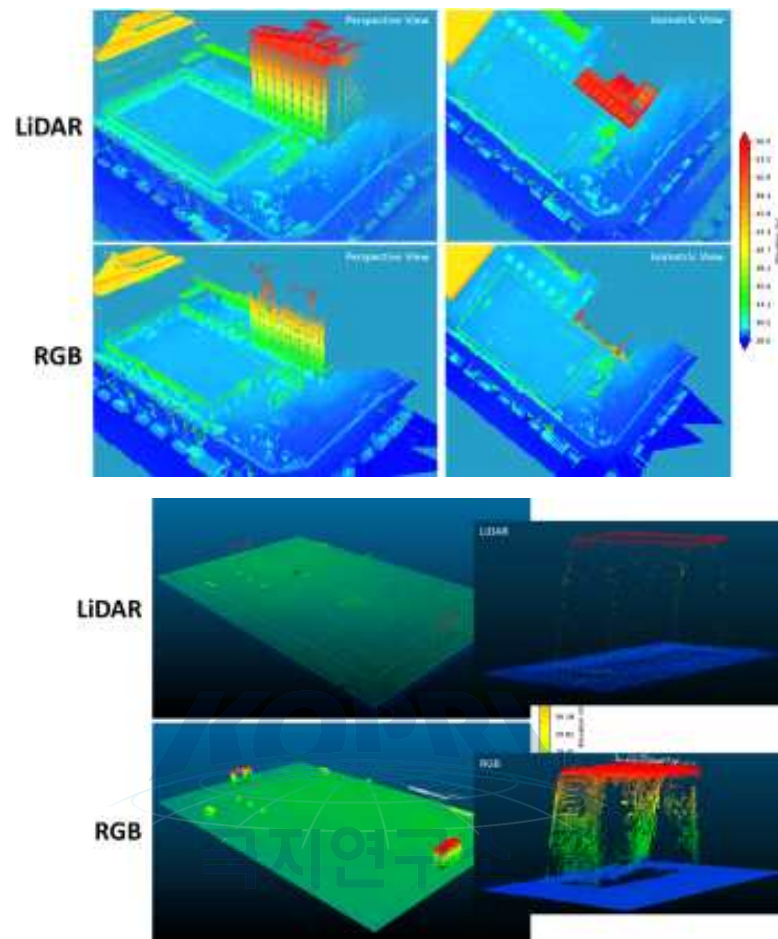
○ 다중센서시스템 위치 및 분광 오차 보정 및 정확도 검증 연구

- GCP 설치 및 측량이 불가능한 극지역 특성에 맞는 GNSS/IMU 자료 후처리 기술을 통한 무기준점 무인기 영상 정합 기술 개발. 국내에서 실제 측량을 통한 위치 정보와 비교를 통해 그 성능을 점검함.
- 후처리 기술 적용이 불가능한 일반 무인기 자료의 위치정확도의 경우 RGB 자료의 경우 3-4 m의 위치 오차를 가진데 반해 본 연구에서 개발된 후처리 GNSS/IMU 자료와 센서 간 정밀 각도 조절 기술을 이용한 경우 RGB의 경우 2 cm 내외, 초분광영상의 경우 6 cm 내외를 달성 하였음



<그림 180. PPK 적용 전 상용 드론 영상 위치 정확도(상), PPK 적용 후 영상 RGB (중), 초분광 (하) 위치정확도 비교>

- 3차원 포인트클라우드를 일반적으로 LiDAR 센서를 통해 정밀하게 관측이 가능하다고 알려져있지만, 중첩 촬영된 RGB 영상으로도 생성이 가능함. 따라서 지상에 실측한 인공 지표물을 이용하여 RGB와 LiDAR 포인트클라우드의 정성적, 정량적 품질을 비교함.



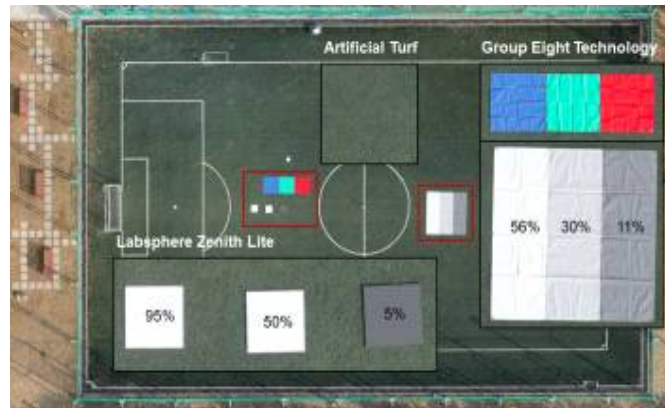
<그림 181. LiDAR와 RGB 포인트클라우드 결과 비교>

- 위 그림에서 보듯이 RGB영상으로도 LiDAR와 유사한 포인트클라우드 생성이 가능하였으나, 포인트클라우드 자체에 노이즈가 상당히 많고 사물의 세밀한 특징 등을 제대로 잡아낼 수 가 없었음. 특히 평평한 운동장 위의 그림자 등이 특정 고도값을 보이는 것처럼 처리된 치명적인 오류가 있었음. 이에 반해 LiDAR 포인트클라우드의 경우 대부분의 지상 구조물들의 특징이 깔끔하게 기록이 되었음.
- 이러한 오류값들을 무시하고 LiDAR 센서 본연의 목적인 높이값 측정 결과를 비교한 결과 아래 표에서 보는 것처럼 두 센서 모두 절대적 높이가 측정에는 큰 차이가 없이 2-5 cm 내외의 차이를 보여줌. 이는 측정 및 센서자체 오차 등을 고려했을 때 무시가능한 수준임

<표 31. LiDAR와 RGB 포인트클라우드 높이 정확도 비교>

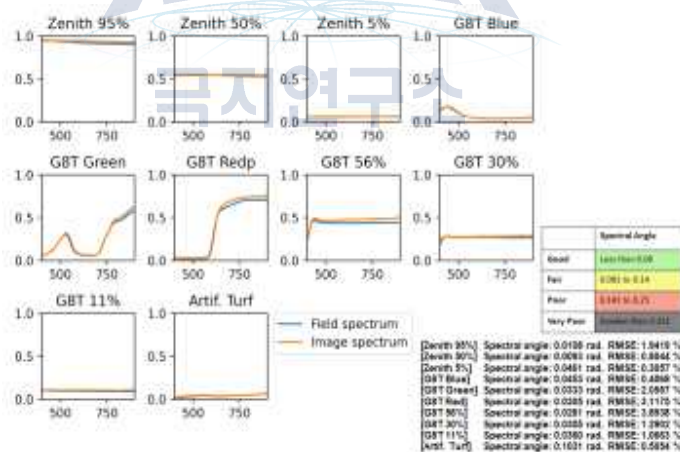
	축구골대	풋살골대	입간판
실측	210 cm	120 cm	85 cm
LiDAR	211 cm	122 cm	86 cm
RGB	205 cm	118 cm	87 cm

- 초분광영상 품질의 가장 중요한 지표인 분광학적 품질 보정 및 성능 검증을 위해 다음 그림과 같이 분광보정용 타겟을 이용하여, 실제 휴대용분광측정기에 측정된 분광반사율과 무인기 초분광영상의 분광반사율 비교를 통해 분광학적 정확도를 비교함.



<그림 182. 분광보정 및 정확도 검증을 위한 분광타겟>

- 현장 및 영상추출 분광정보를 비교한 결과 매우 높은 분광학적 유사도를 보여줌. 천 재질의 Group Eight Technology 타겟의 경우 분광학적 유사도가 다소 낮게 나온 경향이 있는데 이는 천의 주름 등이 영향을 미친 것으로 판단되며, 분광학적 유사도 평가 지표 측면에서는 매우 높은 유사성을 보여줌



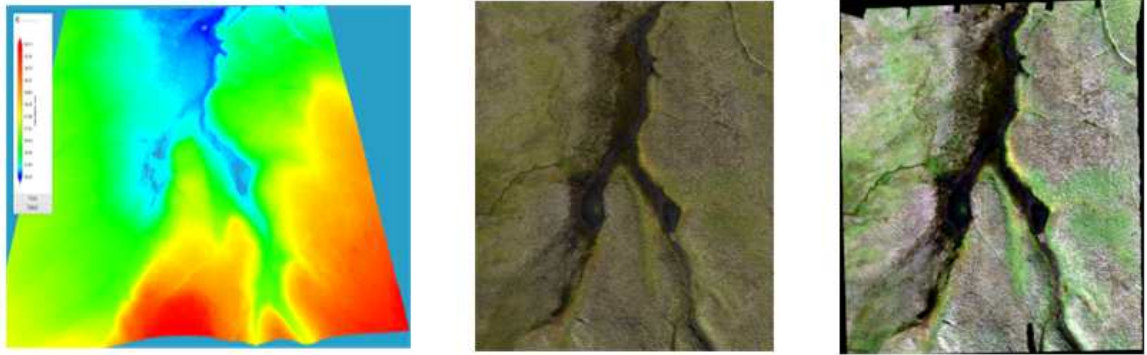
<그림 183. 현장측정 분광정보와 초분광영상 추출 분광정보의 비교>

- 본 성능 검증 연구를 통해 후처리 GNSS/IMU정보를 이용하면 측량이 불가능한 극지역에서 GCP 설치 및 측량등의 번거로움 없이 도화 가능 수준의 위치정확도 무인기 자료 획득이 가능한 것을 확인. LiDAR의 포인트클라우드 높이 정확도는 실측을 대체할 수준의 높은 정확도를 보여주며, RGB 대비 노이즈가 매우 적고 사물의 특징을 매우 잘 확인할 수 있음. 초분광영상 역시 휴대용 분광측정기를 대체할 수 있는 품질의 분광학적 정보를 광역에서 획득 가능함.

○ 타 연구과제 연계를 통한 공동 연구 수행

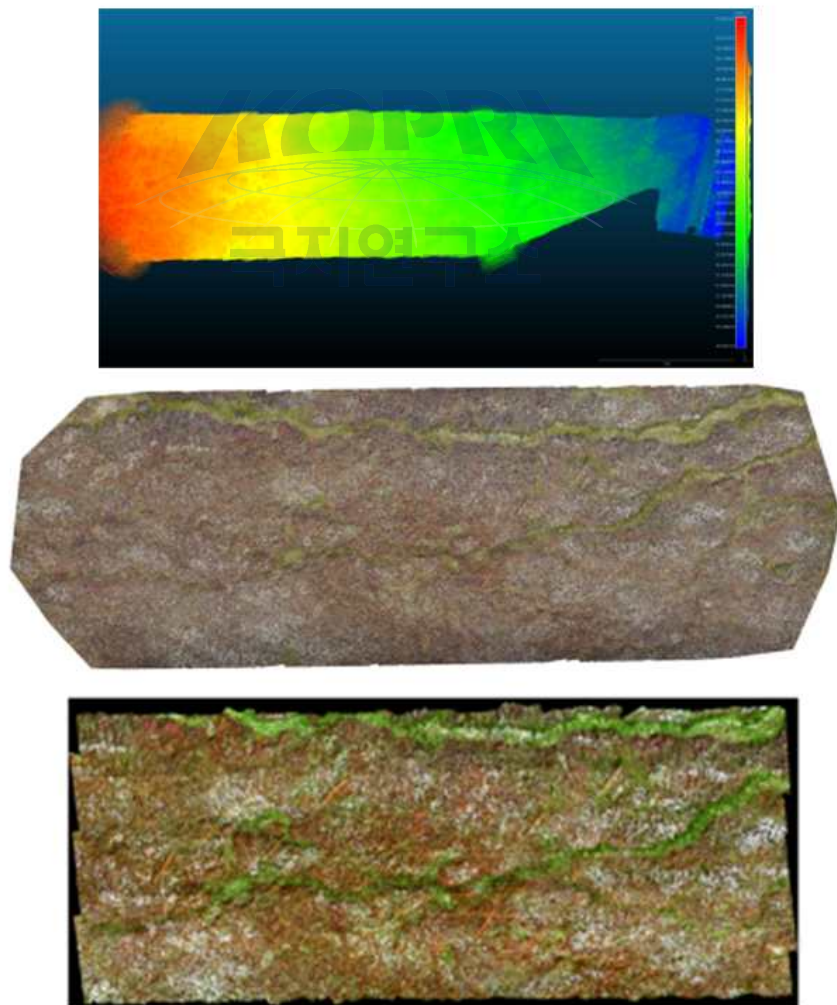
- 초분광센서-라이다-RGB 다중센서 시스템의 스발바르, 알래스카에서 극지 현장 테스트 수행을 통한 운용 성능 점검

- 7월 스발바르 Adventdalen 지역에서 식생분류 맵핑 연구를 위한 다중센서 데이터 획득 (PE22450: 기후변화에 따른 스발바르 식물의 대응 이해를 위한 다중분광 영상분석 및 고용량 분자 마커와 대사체 분석 기법 개발)



<그림 184. 스발바르 현장조사에서 획득된 다중센서 데이터 예시. (좌) LiDAR, (중) RGB, (우) 초분광>

- 8월 미국 알래스카 Council 지역에서 식생 및 지형변화 모니터링 기술 개발 연구를 위한 다중센서 데이터 획득 (PE22040: 북극 빙권변화 정량 분석을 위한 원격탐사 연구)



<그림 185. 알래스카 현장조사에서 획득된 다중센서 데이터 예시. (상) LiDAR, (중) RGB, (하) 초분광>

3.2절 남극내륙 연구거점 구축과 기지후보지 선정을 위한 빙원 탐사

1. 남극내륙 연구거점 구축

가. 남극내륙 진출루트 개척 및 빙하시추거점 구축

(1) 1차년도(2023)

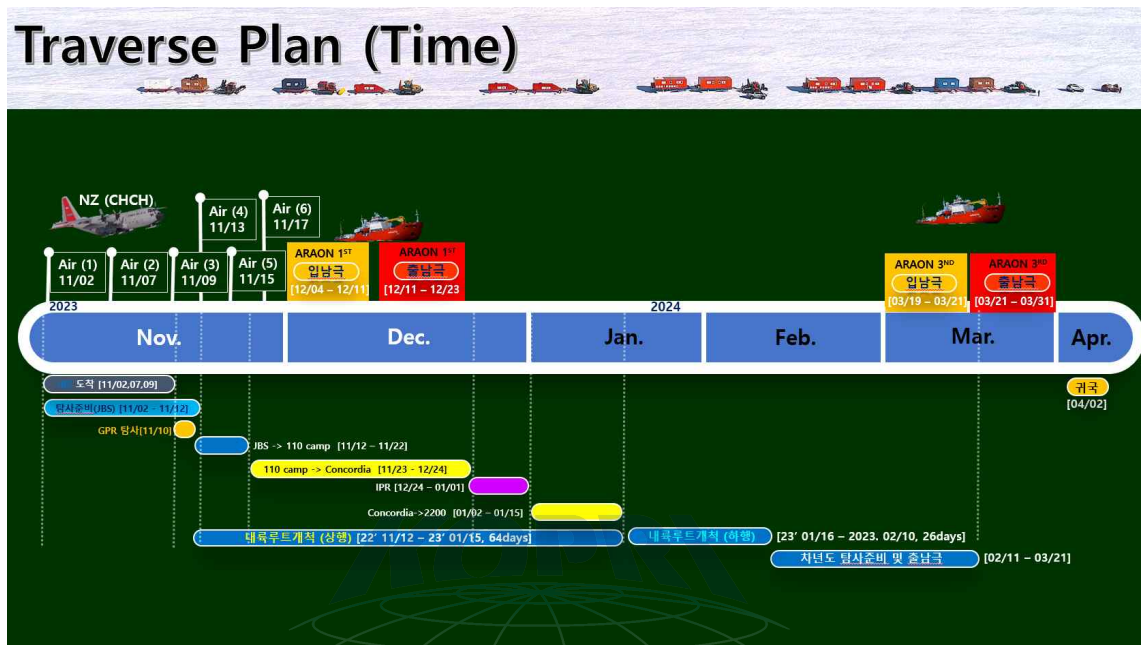
- 장보고기지-남극내륙기지 후보지 간 총 2,230km 남극 내륙진출루트 개척 완료
- 탐사 목표
 - 장보고기지-남극내륙 연구거점 간 2,200km 신규 내륙진출루트(K루트) 개척
 - 내륙연구거점 구축을 위한 프랑스-이탈리아 공동 운영 Concordia 기지 활주로 기반 항공 레이더 탐사 및 현장 캠프 운영
 - 내륙기지(천문관측) 후보지 AWS 장비 설치 및 빙설시료 채집
 - 110km 베이스캠프 지역 탐사장비 운송 및 캠프운영 연료 비축
 - 2024/25 시즌 대비 탐사 준비(탐사장비 월동 작업 및 유류탱크 저유 등)
- 탐사대 구성
 - 총괄 1명, 연구팀 3명, 중장비팀 3명, 안전팀 3명 등 남극내륙 진출루트 개척팀 10명과 남극내륙 항공 레이더 탐사팀 6명(연구팀3명, 항공기운항 3명) 등 총 16명으로 구성

<표 32. 2023/24시즌 남극내륙탐사대 인원 구성>

구분	이름	업무분장	입출남극	
			입남극	출남극
1	전성준	남극내륙탐사 총괄	2023.11.06	2024.03.21
2	김홍귀	남극내륙탐사 선단 운영 및 유지보수 총괄	2023.11.02	2024.03.21
3	한상우	남극내륙탐사 안전관리 총괄	2023.11.02	2024.03.21
4	김영진	남극내륙탐사 선단 운영 및 유지보수	2023.11.02	2024.03.21
5	정명혁	남극내륙탐사 선단 운영 및 유지보수	2023.11.02	2024.03.21
6	전재민	남극내륙탐사 안전관리	2023.11.02	2024.03.21
7	이영호	남극내륙탐사 안전관리	2023.11.02	2024.03.21
8	류리나	남극내륙탐사대 의료 관리	2023.11.09	2024.03.21
9	곽호제	남극내륙탐사 연구캠프 운영관리	2023.11.09	2024.03.21
10	주현태	항공레이더 탐사	2023.11.09	2024.03.21
11	김강수	남극내륙탐사 영상기록 관리 및 연구지원	2023.11.09	2024.03.21
12	Allain	항공레이더 탐사	2023.11.13	2024.03.21
13	Brett	항공레이더 탐사	2023.11.13	2024.03.21
14	Pilot(1)	항공레이더 탐사(항공기 운항)	-	-
15	Pilot(2)	항공레이더 탐사(항공기 운항)	-	-
16	Pilot(3)	항공레이더 탐사(항공기 운항)	-	-

○ 탐사일정

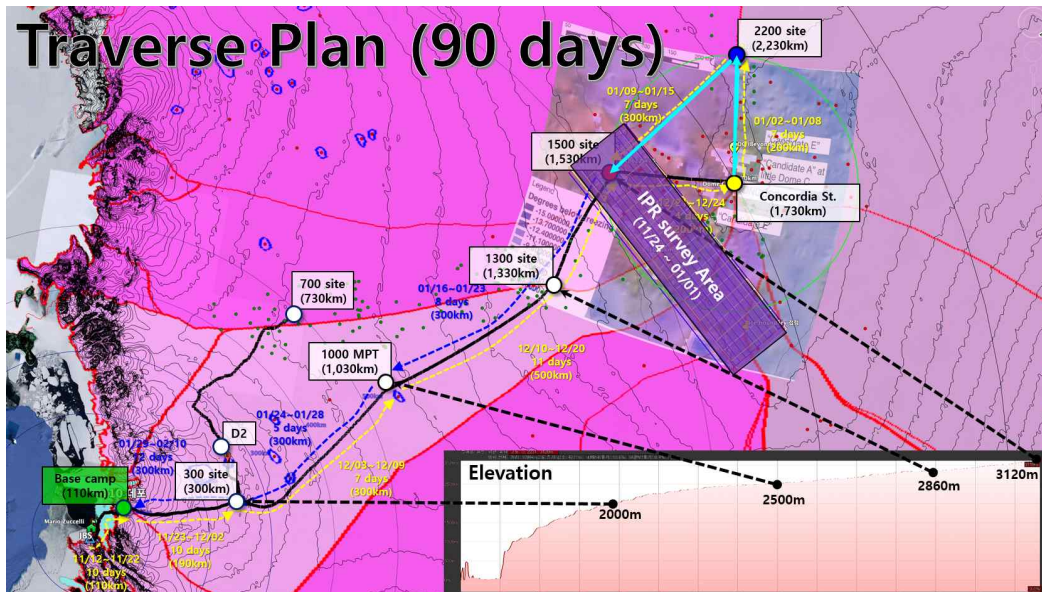
- 입남극: 2023.11.03. ~ 2023.11.09. (7일, 투입일정별(1차:11.03., 2차:11.07., 3차:11.09.))
- 남극 내륙탐사 준비: 2023.11.04. ~ 2023.11.15. (12일)
- 남극 내륙탐사 수행 및 차년도 탐사 준비: 2023.11.16. ~ 2024.01.23. (114일)
- 콘코르디아 기지 내 남극내륙 항공레이더 탐사 연구캠프 운영: 2023.12.15.~2023.12.29. (15일)
- 아라온호 출남극 및 귀국: 2024.03.16. ~ 2022.04.04. (20일)



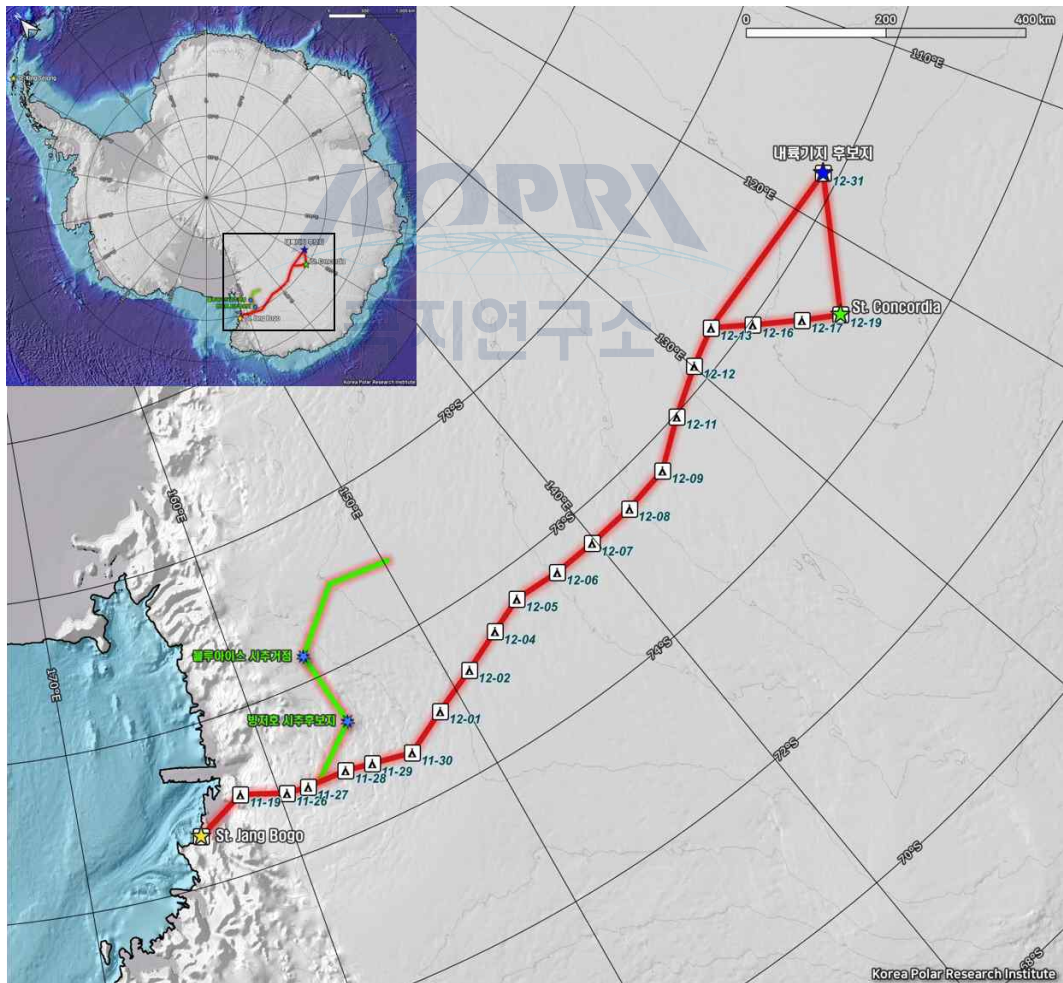
<그림 186. 1차년도 (23/24) 입출남극 및 빙원탐사 일정>

○ 탐사 주 활동 지역

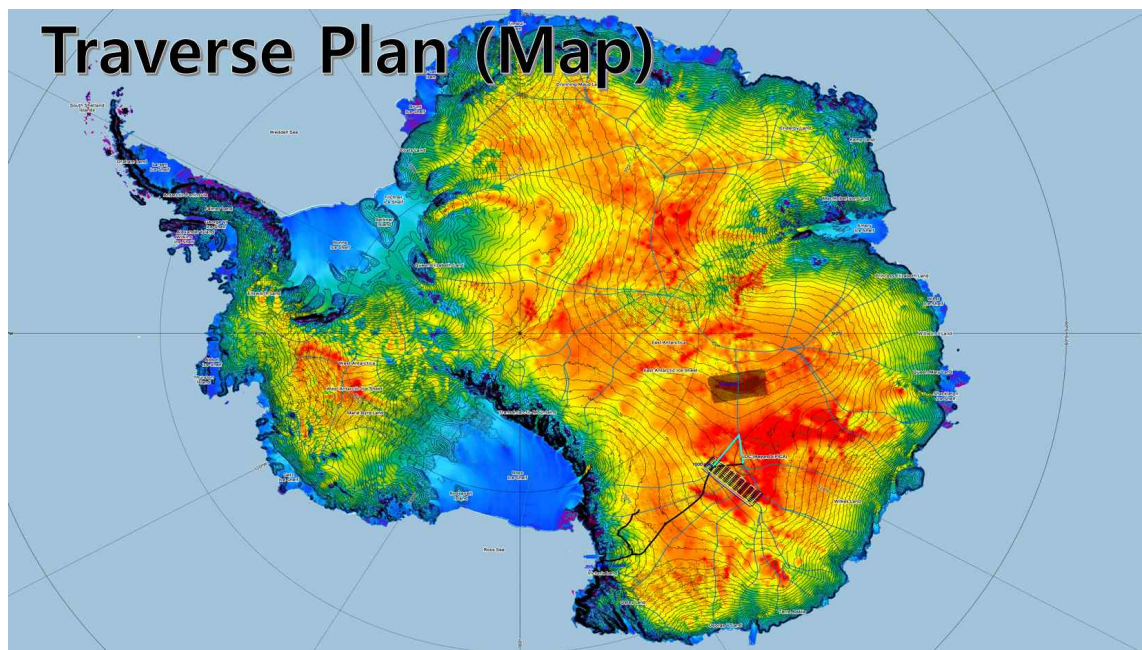
- 장보고과학기지 (JBS / 0km) : S 74° 37' 26.58", E 164° 13' 43.64"
- 빙원 베이스캠프 (110데포 / 110km) : S 74° 59' 08.02", E 161° 9' 27.66"
- 정선 포인트 (J3 / 300km) : S 74° 47' 06.68", E 155° 52' 39.63"
- 미드 포인트 (MPT / 610km) : S 75° 32' 27.94", E 145° 49' 18.02"
- 남극 내륙연구거점 (심부빙하 / 1,100km) : S 76° 21' 38.97", E 127° 47' 03.35"
- 프랑스-이태리 기지 (Dome C / 1,300km) : S 75° 05' 59", E 123° 19' 56"
- 남극 내륙기지 후보지(천문관측 / 1,800km) : S 77° 06' 30.20", E 109° 16' 21.46"
- 항공레이더 탐사구역 (격자무늬)
 - 경로1(시작) : S 76°49' 27.40", E 123°14' 51.64"
 - 경로1(끝) : S 73°01' 58.80", E 133°44' 16.63"
 - 경로2(시작) : S 76°41' 11.48", E 123°05' 13.40"
 - 경로2(끝) : S 72°57' 20.20", E 128°59' 22.80"



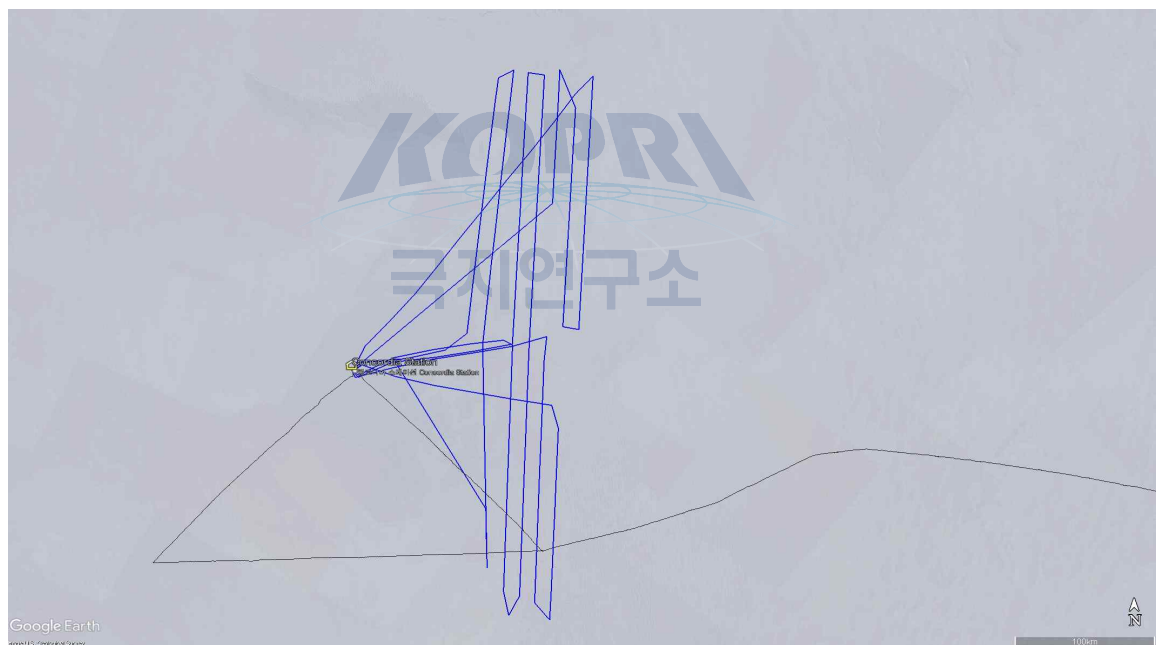
<그림 187. 1차년도(23/24) 남극내륙 진출루트 개척 계획>



<그림 188. 1차년도(23/24) 남극내륙 진출루트 개척 달성 현황>



<그림 189. 1차년도(23/24) 남극내륙 항공레이더 탐사 계획 (검은 격자)>



<그림 190. 1차년도(23/24) 남극내륙 항공레이더 탐사 현황>

○ 구간별 탐사선단 구성 및 이동

- 장보고과학기지-베이스캠프 간 이동: 설상차 6대, 연료탱크 썰매 4대, 화물썰매 2대, 연료보관용 ISO 탱크 2대 등

<표 33. 2023/24 시즌 장보고기지-베이스캠프 간 탐사선단 구성 현황>

순번	동력장비	건인화물1	건인화물2	건인화물3
	내용	내용		
1			-	-
	설상차-2호	연료 1만리터	-	-
2			-	-
	설상차-4호	연료 1만리터	-	-
3			-	-
	설상차-6호	연료 1만리터	-	-
4			-	-
	설상차-7호	연료 1만리터	-	-
5			-	-
	설상차-8호	연료 1만리터 (iso tank + sled)	-	-
6			-	-
	설상차-9호	연료 1만리터 (iso tank + sled)	-	-

- 베이스캠프-내륙기지 후보지 간 이동: 설상차 4대, 첼린저 2대, 연료탱크 썰매 5대, 화물썰매 4대, 연료보관용 ISO 탱크 2대, 카라반 2세트

<표 34. 베이스캠프-남극내륙기지 후보지 간 탐사선단 구성 현황>

순번	동력장비	견인화물1	견인화물2	견인화물3
	내용	내용		
1			-	-
	설상차	연구 컨테이너	-	-
2				-
	설상차	리빙 카라반	발전 카라반	-
3				-
	설상차	리빙 카라반	발전 카라반	-
4				-
	설상차	연료 1만리터	식자제 컨테이너	-
5				
	첼린저-1호	연료 1만리터	연료 1만리터	연료 2만리터 (iso tank + sled)
6				
	첼린저-2호	연료 1만리터	연료 1만리터	연료 2만리터 (iso tank + sled)

○ 남극내륙탐사를 위한 탐사물자 운송

<표 35. 대륙간 항공기를 활용한 탐사물자 운송>

Parking Mark	Description of Content	Quantity	Unit	Unit (kg)	Total (kg)
LKH 23 #01	안전용품및공구류 (Safety Equipments and Tools)	1	BOX	66.0	66.0
LKH 23 #02	안전용품및공구류 (Safety Equipments and Tools)	1	BOX	50.0	50.0
LKH 23 #03	안전용품및공구류 (Safety Equipments and Tools)	1	BOX	80.0	80.0
LKH 23 #04	안전용품및공구류 (Safety Equipments and Tools)	1	BOX	67.0	67.0
LKH 23 #05	통신용품 (communication equipments)	1	BOX	55.0	55.0
LKH 23 #06	탐사용품(exploration supplies)	1	BOX	30.0	30.0
LKH 23 #14	GPR 장비1 (GPR Equipments)	1	BOX	51.0	51.0
LKH 23 #15	GPR 장비2 (GPR Equipments)	1	BOX	13.0	13.0

<36. 아라온호를 이용한 탐사물자 해상운송>

Parking Mark	Description of Content	Quantity	Unit	Unit (kg)	Total (kg)
-	피스텐블리 (Pisten Bully)	1	EA	8,000	8,000
-	피스텐블리 트랙 (Pisten Bully Track)	2	EA	2,000	4,000
-	퀵 마운트 (Quick mount)	1	EA	500	500
-	블레이드 (Blade)	1	EA	1,000	1,000
-	스노우블로어 (Snow blower)	1	EA	1,000	1,000
-	ISO 컨테이너(ISO Container)	2	EA	20,000	40,000

<표 37. 항공레이더 탐사를 위한 탐사물자 해상운송>

Parking Mark	Description of Content	Quantity	Unit	Unit (kg)	Total (kg)
DREW-ARAON-#1	Radar Rack #1	1	BOX	133	133
	Navigation chassis	1			
	UPS	1			
	Delay Line	1			
	Dell network switch	1			
	Gimli Server	1			
	Gandalf Server	1			
DREW-ARAON-#2	Radar Rack #2	1	BOX	167.9	167.9
	UPS	1			
	Radar chassis	1			
	KVM module	1			
	Arena	1			
	Power module	1			

DREW-ARAON-#3	Antennas	20	BOX	90	90
	Cables	20			
	Baseplates	20			
DREW-ARAON-#4	Antennas	20	BOX	90	90
	Cabling	20			
	Baseplates	20			
DREW-ARAON-#5	Zarges Box #1	1	BOX	280.3	280.3
	Zarges Box #2	1			
	Zarges Box #3	1			
	Zarges Box #4	1			
	Zarges Box #5	1			
	Zarges Box #6	1			

(2) 2차년도(2024)

- 국가 R&D 예산 감축으로 인한 2차년도(24/25) 남극내륙탐사 축소로 심부빙하 시추거점 구축 및 심부 빙저호 시추캠프 운영은 차년도에 순연 달성 예정
- 심부빙하 시추거점 구축과 연계하여 일본의 돗후지 심부빙하 시추캠프에 국내 연구인력 파견을 통한 심부빙하 시추 및 시추캠프 운영에 대한 노하우 습득 추진
 - 2023년 7월 일본 남극연구소 (NIPR, National Institute Polar Research)과 한-일 남극 연구 협력 네트워크 구축의 일환으로 남극 제3 돗후지(3rd Dome Fuji)캠프에 심부빙하 시추 기술을 습득하기 위하여 한국 기술진의 남극 내륙 현장탐사(JARE-66) 파견을 위한 1차 오프라인 미팅을 진행
 - 일본의 제3 돗후지 심부빙하 시추는 2023년에 시작하여 2027년에 종료될 예정 (2023년 캠프셋업 및 Casing), 2024년 (1,000m 시추), 2025년 (2,000m 시추), 2026년 (기저면 도달), 2027년 (캠프 종료 및 철수)로 파악됨
 - 한국 기술진은 1명 또는 최대 2명 정도 참여가 가능할 수도 있다는 내용과 함께 NIPR측 내부 회의를 통해 최종적으로 참여가 결정되면 9월에 재논의를 확인
 - 2023년 9월 제3 돗후지 심부빙하시추 캠프 참여를 위하여 2차 회의 결과(이메일) 한국 기술진 1명의 인원이 참여가 가능한 것으로 양측 협의 완료
 - 2024년 1월 파견인력(전성준) 확정을 위한 KOPRI과 NIPR양측 간 참여자의 이력서 및 파견 서신 교환
 - 2024년 4월 참여인원에 대한 건강검진 스케닝 문서 우편발송 완료
 - 2024년 7월 일본의 심부빙하시추기 제작업체인 올림피아 산업회사에서 진행되는 운영교육 코스에 참여하여 전기 시스템을 포함한 연결 교육, 로깅장비 교육과 함께 매뉴얼 기반 역할을 나누어 실제 빙하시추 시뮬레이션 훈련을 수행
 - 2024년 10월 탐사 관련 최종 온라인 미팅 참석 및 탐사 참여 서약서 발송



<그림 222. KOPRI-NIPR 간 남극내륙 심부빙하 시추 협력 논의 및 한국의 남극내륙연구 프로그램 소개>

南極地域観測隊同行者
履 歴 書
Curriculum vitae

令和 年 月 日現在

ふりがな (none)		性別 (male)	
氏名 SEONG JOON JUN		印 signature	
西暦 1983 年 04 月 20 日生 (満 40 歳)			
本籍 Republic of Korea		出生地 Republic of Korea	
ふりがな (none)			
現住所 〒 (21990) Korea Polar Research Institute, 26 songdo mirae-ro, Yeonsu-gu, Incheon, Korea		Tel 携帯電話 +82-10-8812-2529	
E-mail sjjun@kopri.re.kr		FAX	
勤 務 先	名称 所属 職名 所在地等	Korea Polar Research Institute 〒 (21990) Korea Polar Research Institute, 26 songdo mirae-ro, Yeonsu-gu, Incheon, Korea E-mail : sjjun@kopri.re.kr	Tel +82-32-760-5485 携帯電話 FAX
等	代表者の職・氏名 上司の職・氏名	Hyoung Chul Shin Khanghyun, Lee	
年 月 日		最 終 学 歴	
2009/03/02 - 2011/02/24		Graduated from Inha University, Department of Oceanography	
2011/08/29 - 2014/08/22		Graduated from Inha University with MS degree, Department of Oceanography	
2015/03/02 - 2021/08/20		Completed Ph.D. Inha University, Department of Oceanography	
年 月 日		職 歴	
2014/02/01 - 2016/12/31		Technician, Department of Polar paleoenvironmental research	
2017/01/01 - present		Senior Research Specialist, Research Unit of K-Route Expedition	
年 月 日		賞 罰	
2015/12/30		Exemplary Polar Person Award (KOPRI)	

年 月 日	免 許 ・ 資 格
2007/12/17	Information processing industry technician certification
2016/07/26	Driver' s license
2022/08/05	Folklift driver' s license
2021/08/18	Drone (ultralight aircraft) flight license
2022/06/17	Medical manager (for marine)

寒冷地及び積雪地の経験 (場所・期間)
see below

南極圏

- 2014/15 season Styx Glacier shallow ice core drilling project (with Miyahara-san)
- 2015/16 season Hercules Neve Glacier shallow ice core drilling project
- 2017/18 season K-route Traverse Expedition (300km, technician)
- 2018/19 season K-route Traverse Expedition (733km, technician)
- 2019/20 season K-route Traverse Expedition (936km, technician)
- 2021/22 season K-route Traverse Expedition (1,740km / traverse reader)
- 2023/24 season K-route Traverse Expedition (2,200km / traverse reader)

同行中の国内連絡先 (Person to contact when in expedition)	住所 Address	〒 (22406)	
	TEL 携帯電話	FAX E-mail	
氏名 name		本人との続柄	Wife

<그림 223. 제3 돔후지 심부빙하시추캠프 참여 기술진의 CV>

承諾書
approval

2024/01/22

国立極地研究所 殿
(To: Director, National Institute of Polar Research)

所長職名
Director, Korea Polar Research Institute
氏 名
Hyoung Chul Shin (Signature)


I hereby consent to the following person accompanying to the JARE66th Expedition.

職・氏名 :
Senior Research Specialist - Seong Joon, Jun

同行課題 : 最古級のアイスコア取得を目指す第3期ドームふじ探層掘削

様式3
극지연구소

極 研 南 第 8 8 号
令和 6 年 1 月 3 1 日

川村 賢二 殿

大学共同利用機関法人
情報・システム研究機構
国立極地研究所長
野 木 義 史
(公 印 省 略)

第 6 次南極地域観測隊同行者候補者の決定について (通知)

第 6 次南極地域観測隊同行者の候補者として貴殿より推薦をいただいた下記の方を候補者として決定した旨通知いたします。

今後、南極地域観測隊合推進本部総会での同行者決定に向けて、候補者には健康診断を受けていただき、別添の健康診断書、身体検査記録 (歯科検査用)、健康調査を候補者ご本人から担当までお送りくださいますようお願いいたします。

また、同行者として決定した際には顔写真、パスポートの写し、同行に関する誓約書等、新たに提出していただく書類がありますので、あらかじめご承知ください。

記

Seong Joon Jun : Korea Polar Research Institute

以上

<그림 224. 제3 돔후지 심부빙하시추캠프 참여를 위한 KOPRI, NIPR측 공식파견 서한>

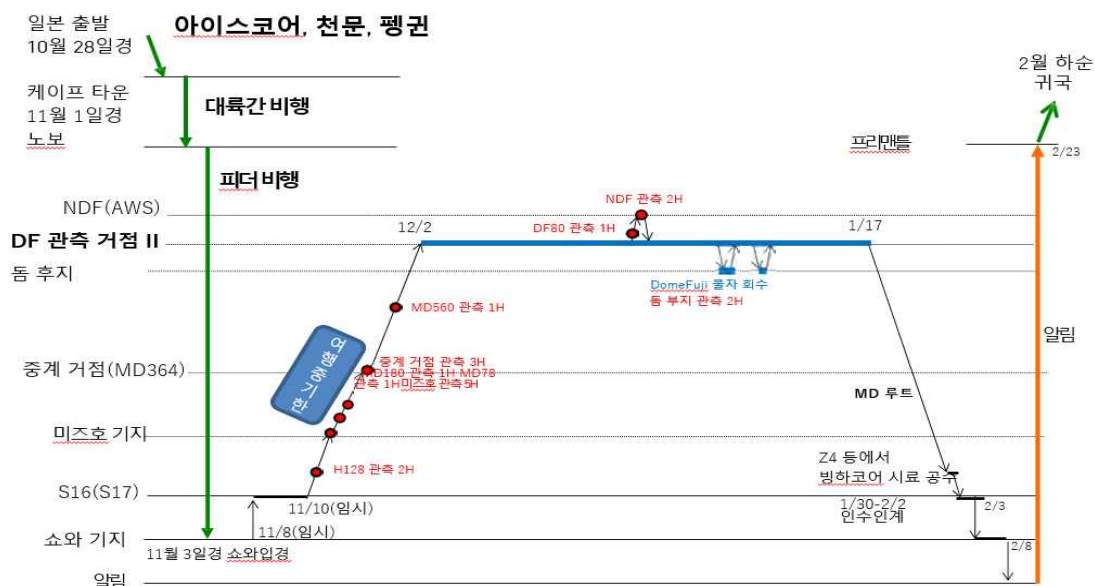
<표 38. 일본 심부빙하시추기 제작업체의 시추기 운영교육코스 참여>

<1일차>
- 전기 시스템을 포함한 연결 교육(제어반과 드릴 본체, 원치와 케이블, 내압 챔버 등의 전기적 또는 기계적 연결) - 로깅 장비 설명 : 각 센서의 위치 확인(액체온도, 액압, 지압, 경사도, 방위각(경사도), 시추공 직경(2개소)) - 매뉴얼에 따라 주역할과 지원역할로 나누어(마지막 매뉴얼 참고) 마스트 건립 가정 및 운용훈련

<2일차>
- 매뉴얼에 따라 주역할과 지원역할로 나누어 마스트 건립 가정, 드릴을 들어올리는 등의 운용훈련 계속 - 각 장치/구성요소의 역할과 표시되는 값의 의미에 대한 이해 【제어장치】 - 드릴 컨트롤러 및 원치 컨트롤러의 작동방법 【드릴장치】 - 부품 교체 교육(모터, 기어(하모닉 드라이브), 슬립링, 씰, 액추에이터 트랜스포머, 케이블 엔드 처리 등), 드릴 안티 토크 설치 및 제거, 내압챔버의 설치, 제거 및 밀봉, 전기부품 설치 및 케이블 연결, 내압챔버 내 전기부품 설치 및 제거, 그라운드 프레셔 조절 훈련, 스프링 교체 - 슬립링 교체, 방위각, 기울기, 액압계 등 센서 확인, 내압챔버 상부 센서의 동작 확인, 드릴 케이블을 안티 토크부에 연결



66차 선발대 : 돔 여행 일정안



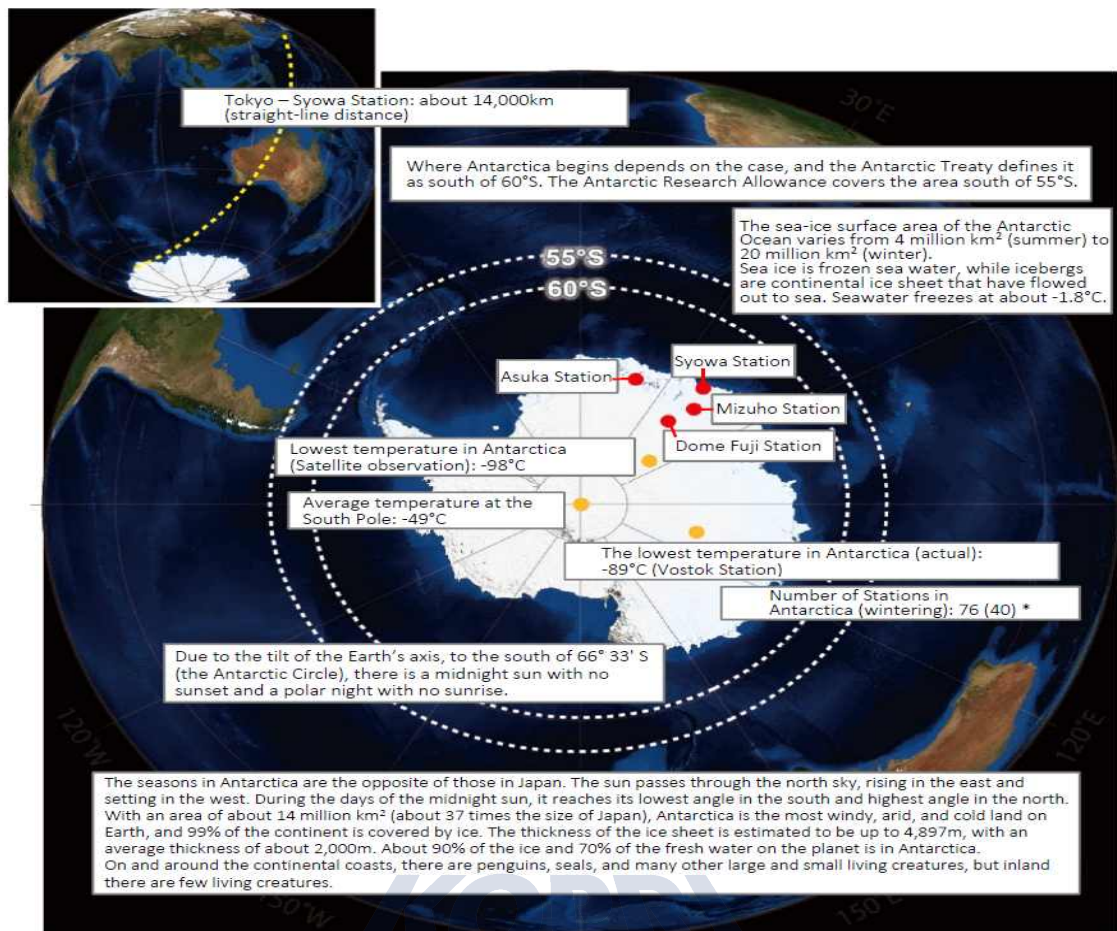
<그림 231. 66차 JARE 일정>



<그림 232. 2차년도(24/25) 일본 남극내륙 돔후지 심부빙하 시추캠프 방문 일정 및 방문지역. 좌로부터 쇼와 기지 (Showa Station / S 69°00' 25", E 39°35' 01", 29m); 미즈호 기지 (Mizhuo Station / 70°41' 58", E 44°16' 52", 2244m); 돔후지 빙하시추 캠프 (Dome Fuji Camp / 77°19' 01", E 39°42' 12", 3810m)>



<그림 233. 일본의 남극내륙탐사 설상차(SM-111)와 일본 쇄빙선 시라세호>



<그림 234. 일본 남극내륙탐사(JARE 66) 활동지역>

극지연구소

○ 일본남극탐사 파견 전 화상회의 결과

- 코로나, 독감(조류독감 포함)등 감염병의 남극기지 전파를 방지하기 위해 10월 20일부터 개인별 건강 모니터링 차트 작성(체온, 통증, 코로나 PCR 결과 등 기재)
- 입남극까지 모든 일정은 남아공 케이프타운 ULTIMA OFFICE에서 수행함
- 남아공 치안이 불안정하여 가급적 개인행동 자제 및 참가 서약서 제출과 함께 호주 ETA 발급요청

Schedule

期 日	行 動	泊	備 考
14 Oct			
15 Oct			
16 Oct			
17 Oct			
18 Oct			
19 Oct			
20 Oct	Time differences Novo Runway: UTC Cape Town: UTC+2h Syowa Station: UTC+3h Dubai: UTC+4h Seoul: UTC+9h Tokyo: UTC+9h		After 20 Oct + Stay away high-risk + Start filling out the self-diagnostics sheet + Report when you become unwell
21 Oct			
22 Oct			
23 Oct			
24 Oct			
25 Oct			
26 Oct			
27 Oct	Tokyo/Seoul>Dubai		After arriving in Cape Town + Self-test when showing any symptoms of COVID or Flu
28 Oct	09:10 Dubai 16:45 Cape Town (EK770)	CPT	
29 Oct		CPT	
20 Oct		CPT	Pre-flight briefing
31 Oct		CPT	P/U of cargo luggage
1 Nov	Cape Town > Novo Novo > Syowa St.	SYO	On the day of arriving in Syowa St. and the following three days + Stay in the summer accommodation (group isolation) + Avoid close contact with JARE65 winter member
2 Nov		SYO	
3 Nov		SYO	
4 Nov		SYO	
5 Nov		SYO	
6 Nov		SYO	
7 Nov		SYO	
8 Nov		SYO	
9 Nov		SYO	
10 Nov		SYO	

Crime

There is a high crime rate in South Africa, with incidents including:

- violent muggings
- snatching jewellery and valuables
- carjacking
- 'smash and grab' attacks on vehicles
- house robbery
- rape and sexual assault
- Murder

Cape Town airport road attacks

There have been recent attacks and violent crime on secondary roads to and from Cape Town airport.

You should:

- stay on the M3 and N2
- avoid the R300
- stay on 'airport approach road' (exit 16 on the N2) and avoid Borchard's Quarry Road leading to Nyanga
- make a journey plan in advance and discuss it with a trusted local contact
- avoid following GPS navigation routes that take you away from main roads

<그림 235. 입남극 전 일정 및 경유지(남아프리카 공화국) 주의사항>

Written Oath		To: The Director of the Headquarters of the Japanese Antarctic Research Expedition
As an accompanying member of the Japanese Antarctic Research Project, I hereby pledge to cooperate in the development of the research expedition and the promotion of public understanding for the research expedition, and to comply with the following matters. (Matters of Compliance) 1. To abide by the rules prescribed by the Headquarters of the Japanese Antarctic Research Expedition, the respective regulations of the Research Expedition and the boarded vessel, and to cooperate in the execution of a safe and smooth research project. 2. To agree to come under the command of the leader of the research expedition and other persons in charge of the research expedition while on the research expedition, and to follow the instructions of such persons. 3. To take necessary measures on my own responsibility to prepare for coverage for injuries and compensation of damage in cases of accidents occurring during the research expedition. 4. The expenses required for accompanying the research expedition shall, in principle, be borne by the accompanying member of the research expedition or the organization to which the accompanying member belongs.		08, October, 2024 Name: Seong Joon, Jun  Organization: Korea Polar Research Institute

<그림 236. 일본 남극탐사프로젝트 참여를 위한 서약서>



<그림 237. 일본 돔후지-3 심부 빙하시추 프로젝트 발표자료>

- 제66차 일본 남극탐사 (JARE-66) 및 일본 돔후지-3 (DF-III) 심부빙하시추 현장연구 개요
 - 일본의 남극연구탐사인 JARE (Japanese Antarctic Research Expedition)는 월동대, 하계대 및 채빙선 연구항차 등 전반적인 일본의 남극 활동을 통합하여 운영되는 프로그램으로, 일본 극지연구소(NIPR) 주관하고 관련 산업체와 대학 및 연구기관이 공동으로 수행되고 있음
 - JARE의 일환으로 수행되는 일본 돔후지-3 심부 빙하시추 프로젝트는 2021년 제63차 일본 남극탐사 (JARE-63)부터 시작되었으며, 1차 년도에는 시추지점을 선정하기 위한 레이더탐사 그리고 2차 년도에는 빙하시추를 위한 시설들(트렌치, 저장고 등)을 건설
 - 3차 년도에는 천부 빙하를 시추(약 100m)하였으며, 시추공 유지 및 보존을 위하여 시추공에 케이싱 파이프를 설치하고 보존액을 넣음
 - 당해연도에는 시추깊이 약 800m를 목표로 빙하시추를 수행하였지만, 현장 대원의 응급의료 이슈가 발생하여 약 540m 깊이까지 도달하고 빙하시추 캠프를 종료
- JARE-66 탐사대는 대장 1명, 연구팀 10명(시추 5명, 프로세스 4명, 천문연구 1명), 지원팀 7명(의료 1명, 중장비 2명, 캠프운영 1명, 요리 1명, 목수 1명, 발전 1명 등 총 18명으로 구성

<표 39. JARE-66 탐사대 구성>

구분	이름	활동지역	비고	
			소속	역할
1	KAWAMURA KENJI	쇼와기지, 빙원 Dome Fuji-3, 시라세 이동항로	NIPR (하계대)	탐사대장
2	INOUE RYO	쇼와기지, 빙원 Dome Fuji-3, 시라세 이동항로	NIPR (하계대)	연구총무
3	OBARA NORIAKI	쇼와기지, 빙원 Dome Fuji-3, 시라세 이동항로	NIPR (하계대)	시추
4	FURUSAKI ATSUSHI	쇼와기지, 빙원 Dome Fuji-3, 시라세 이동항로	NIPR (하계대)	시추
5	KURAMOTO TAKAYUKI	쇼와기지, 빙원 Dome Fuji-3, 시라세 이동항로	NIPR (하계대)	시추

6	KUSANO -	쇼와기지, 빙원 Dome Fuji-3, 시라세 이동항로	NIPR (월동대*)	시추
7	Seong Joon Jun	쇼와기지, 빙원 Dome Fuji-3, 시라세 이동항로	KOPRI (하계대)	시추
8	OHNO HIROSHI	쇼와기지, 빙원 Dome Fuji-3, 시라세 이동항로	NIPR (하계대)	프로세스
9	MATSUMOTO MAI	쇼와기지, 빙원 Dome Fuji-3, 시라세 이동항로	NIPR (하계대)	프로세스
10	INOUE HAYATO	쇼와기지, 빙원 Dome Fuji-3, 시라세 이동항로	NIPR (하계대)	프로세스
11	HONDA SHUNSUKE	쇼와기지, 빙원 Dome Fuji-3, 시라세 이동항로	NIPR (하계대)	천문 연구
12	ODA -	쇼와기지, 빙원 Dome Fuji-3, 시라세 이동항로	NIPR (월동대*)	의료
13	THERUNO -	쇼와기지, 빙원 Dome Fuji-3, 시라세 이동항로	NIPR (월동대*)	중장비
14	OKUDE YUJI	쇼와기지, 빙원 Dome Fuji-3, 시라세 이동항로	NIPR (하계대)	중장비
15	MIZUTANI TAKEO	쇼와기지, 빙원 Dome Fuji-3, 시라세 이동항로	NIPR (하계대)	캠프운영
16	SUZUKI FUMIHARU	쇼와기지, 빙원 Dome Fuji-3, 시라세 이동항로	NIPR (하계대)	요리
17	SAKURAI YOSHIKUNI	쇼와기지, 빙원 Dome Fuji-3, 시라세 이동항로	NIPR (하계대)	목수
18	HAYASHI ATSUSHI	쇼와기지, 빙원 Dome Fuji-3, 시라세 이동항로	NIPR (하계대)	발전



<그림 238. JARE 66 남극내륙 탐사대(일본 돔후지-3 심부 빙하시추 캠프 도착 기념촬영)>

○ 주 활동 지역

- 쇼와 기지 (Showa Station / S 69°00' 25", E 39°35' 01", 29m)
- 미즈호 기지 (Mizhou Station / 70°41' 58", E 44°16' 52", 2244m)
- 돔후지 빙하시추 캠프 (Dome Fuji / 77°19' 01", E 39°42' 12", 3810m)



<그림 239. 일본 돔후지-3 심부 빙하시추 프로젝트 내륙탐사 경로(날짜별 캠프지)>

○ JARE-66 남극내륙 돔후지 심부빙하시추 현장연구

<표 40. 2차년도 일본 돔후지 심부빙하 시추캠프 방문 일정>

일 정	활 동 내 용
2024-10-27 ~ 2024-10-28	대한민국 인천 출발 ->아랍에미레이트 두바이 경유지 도착
2024-10-28 ~ 2024-10-28	아랍에미레이트 두바이 출발 -> 남아프리카공화국 케이프타운 도착
2024-10-29 ~ 2024-10-31	남아프리카공화국 케이프타운 탐사준비 및 입남극 대기
2024-11-01 ~ 2024-11-01	남아프리카공화국 케이프타운 출발 -> 러시아(노볼라자레프스카야) 남극기지 도착
2024-11-02 ~ 2024-11-02	일본(쇼와) 남극기지 항공 이동을 위한 러시아(노볼라자레프스카야) 기지 대기
2024-11-03 ~ 2024-11-03	러시아(노볼라자레프스카야) 남극기지 출발 -> 일본(쇼와) 남극기지 도착
2024-11-04 ~ 2024-12-31	남극내륙탐사 수행 및 돔후지2 심부빙하시추캠프 탐사 수행

- 관문도시 입국(남아공 케이프타운) 및 남극 현장활동 항공화물 점검, 관문도시 입남극 이전 대륙간 항공기 탑승교육(ULTIMA) 및 입남극을 위한 항공기 탑승



<케이프타운 국제공항 도착 및 인원점검>



<현지 대행사(ULTIMA) 항공기 탑승교육>



<관문도시 집결지 항공화물 확인>



<남극 대륙간 항공기 탑승 (IL-76TD)>

<그림 240. 관문도시(케이프타운, 남아공) 활동 내역>

- 러시아 노볼라자레프스카야 남극 중간거점(Airway) 도착 및 일본 남극 쇼와기지 이동을 위한 경비행기 탑승 및 화물 점검



<쇼와기지 이동을 위한 경비행기 탑승>



<쇼와기지 이동을 위한 설상차 탑승>

<그림 241. 중간거점-쇼와기지 경비행기 이동 >

- 일본 남극내륙탐사(JARE-66) 수행을 위한 사전 준비 업무 (별도 시설 격리, 안전교육, 설상차 운행교육 등)



<일본 남극내륙탐사용 설상차 (SM-117)>



<설상차 운용 및 유지관리 교육>



<코로나 확산방지를 위한 PCR 검사>



<쇼와기지 명판앞 기념사진>

<그림 242. 남극내륙탐사 전 사전업무 수행>

- 일본의 남극내륙탐사 참여 (Showa 기지 - Mizuho 기지 - Dome Fuji II 캠프까지, 약 1,000km) 및 빙원에서 장비 (모듈, 중장비 등) 운영방법 및 노하우 습득



<내륙탐사를 위해 이동중인 탐사선단>



<탐사선단 차량에 중간 급유중인 모습>

<그림 243. 쇼와기지-돔후지 기지 이동 >

- 돔후지 심부빙하시추 캠프 사전 준비



<심부빙하시추 트렌치 내부 시설 정리>



<심부빙하시추기 운용 및 빙하시추>



<심부빙하시추 후 첫 번째 빙하코어>



<빙하코어 전처리 구역>

<그림 244. 돔 후지 심부빙하코어 시추캠프 사전 준비>

- 돔 후지 남극내륙 심부빙하코어 시추



<그림 245. 시추 컨트롤러 연결 및 셋팅>



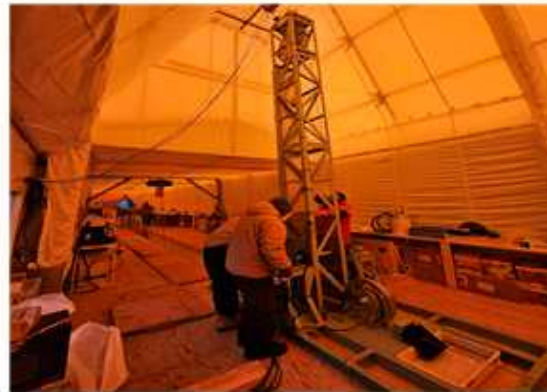
<심부빙하 시추기 조립 및 유지관리>



<시추기 드릴PC 라인 커넥팅>



<시추기 커터, 캐치, 슈 조립 및 확인>



<시추기 마스트 상승 및 드릴 서스펜션>

<그림 246. 심부빙하코어 시추기 조립 및 타워 설치>



<시추피트 내부 시추홀 카메라 설치>



<시추기 마스트 LED 조명 설치>



<심부빙하시추기 하강을 위한 정렬>



<심부빙하 시추 트렌치 컨트롤룸>

<그림 247. 시추기 설치완료>



<시추피트 홈에 진입중인 심부빙하시추기>



<첫번째 빙하코어 샘플 회수>

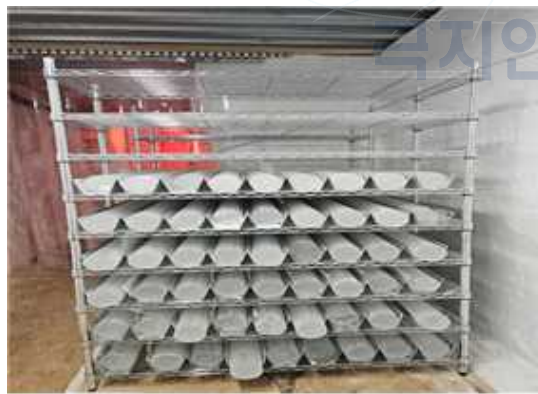


<빙하코어 시료 정보기록>



<빙하코어 시료 절삭>

<그림 248. 심부빙하코어 시추 및 로깅>



<빙하코어 시료 임시 저장장소>



<컨트롤룸 PC 드릴 화면>



<드릴 하부에 걸린 빙하코어 샘플>



<시추공 하부 금속물질 제거 작업>

<그림 249. 심부빙하코어 회수, 보관 및 시추기 정비>



<시추기 이너 배럴 회수용 받침대>



<칩-리퀴드 분리용 원심분리기>



<리퀴드(부틸 아세테이트) 임시보관 드럼>



<드릴 마스트 상승 하강용 호이스트>

<그림 250. 심부빙하코어 시추 보조장비>



<빙하코어 정보입력 Trough CARD>



<빙하코어 정보입력 Core CARD>

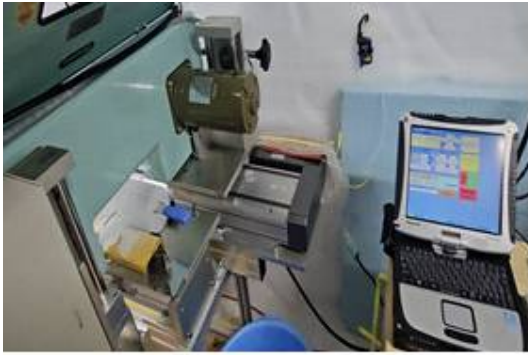


<컨트롤룸에 설치된 CRDS 분석장비>



<24/25시즌 마지막 빙하코어(540m)>

<그림 251. 심부빙하코어 로깅 및 현장 분석 >



<DEP 측정을 위한 빙하코어 1차 절삭>



<1차 절삭된 빙하코어 시료>



<빙하코어 시료 DEP 측정>



<빙하코어 전처리 작업공간>

<그림 252. 심부빙하코어 현장 전처리 >

- 주상 눈시료 채집



<snow pit sampling>



<acid bottle samples>



<snow pit sampling 좌표정보>



<snow pit sample 박스포장>

<그림 253. 주상 눈 시료 채집>



<일본 자체 제작 설상차 (SM)>



<일본 설상차 내부 및 조종페달>



<시료 헬기 공수를 위한 준비작업>



<빙원 캠프 최종철수를 위한 헬기 인원수송>

<그림 254. 심부빙하코어 시추캠프 철수 준비>

- 일본 쇠빙선 시라세호 탑승 및 출납극



<쇼와기지 앞바다에 정박중인 시라세호>



<연구장비 헬기 수송>



<시라세호 탑승인원 환영행사>



<해빙 두께를 측정하는 장비>

<그림 255. 시라세호 전경 및 탑승 장면 >

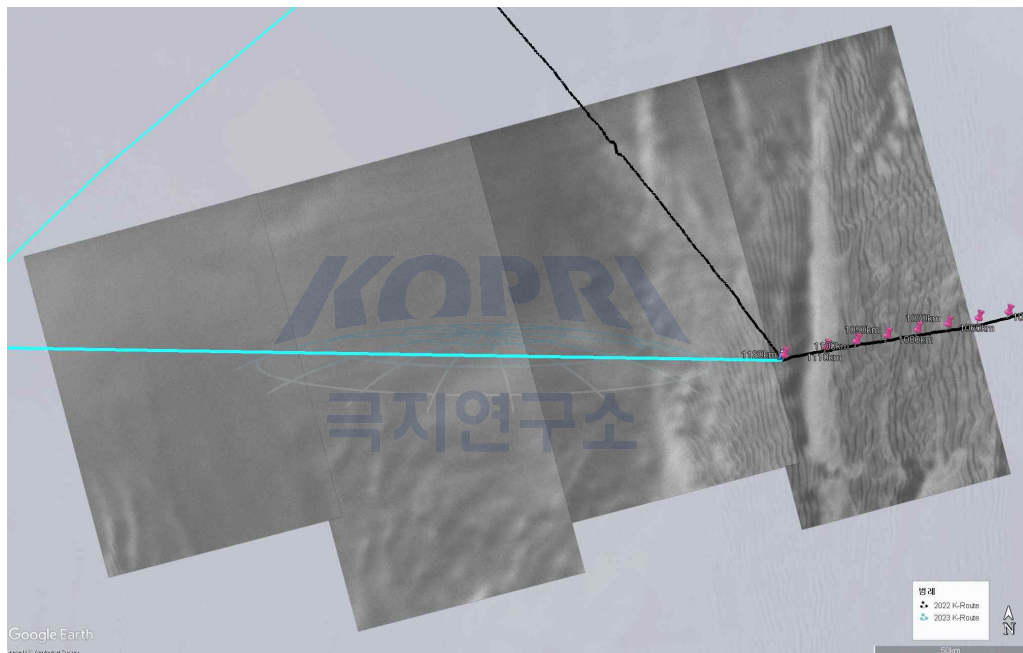
(3) 3차년도(2025)

- 국가 R&D 예산 감축 및 기관고유사업 종료로 인한 3차년도(25/26) 남극내륙탐사 축소
 - 남극내륙탐사 베이스캠프 정비 및 탐사물자 보급
 - 장보고기지 내 심부빙저호 시추장비 정리 및 테스트 지원
 - 후속과제를 통해 심부 빙저호 시추캠프 운영 예정

나. 천문우주 관측거점 구축

(1) 1차년도(2023)

- 장보고기지-천문우주 관측거점 간 남극내륙 진출루트 개척 완료
- 천문우주 관측거점 주변 크레바스 탐사 및 안전구역 설정
 - 천문관측거점(76° 20.906'S / 119° 9.174'E) 주변 고해상도 (3×3m) 위성영상자료를 통한 안전구역 설정



<그림 256. 천문우주 관측거점 반경 500m 지역 위성사진 자료, ALOS2 SAR
2019.02 촬영>

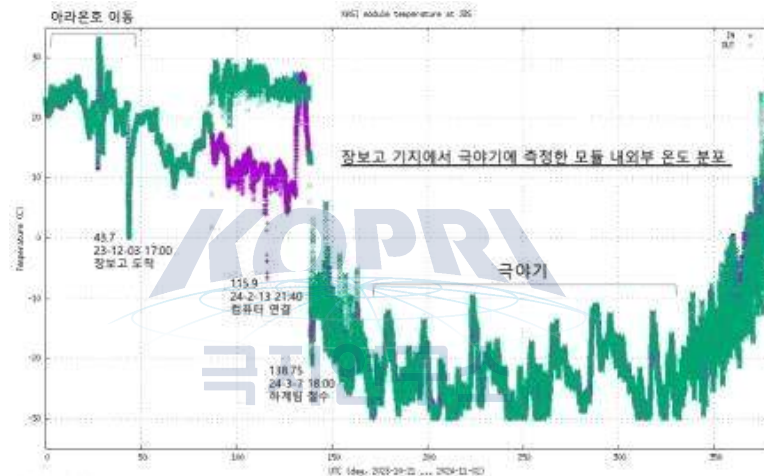
- 천문우주 관측거점 내 환경조사를 위한 연구캠프 운영
 - 캐러반 1.5세트, 장비 보관용 컨테이너 1동, 안전/식자재 보관용 컨테이너 1동, AWS(자동기상관측시스템) 1기, 피스텐볼리 설상차 6대, 연료탱크 5대, ISO 탱크 2대 등 연구캠프 구성
 - 환경영향평가를 위한 빙설시료 채집 및 기타 연구활동 중 오염이 최소화 할 수 있는 지역으로 선정
 - 고해상도 위성사진, GPR 자료 확보 및 전문 안전대원 탐침작업을 통해 활동지역의 크레바스 유무, 상태 등의 조건을 사전 파악한 결과 위험구간 부재 확인
 - 천문우주 관측거점 도달 후 안전대원의 정찰을 통해 빙원상태 추가 확인 후 기문설치를 통한 안전구역 확보
 - 연구 활동 수행 시, 안전대원이 동행하여 인력 및 차량 통행에 대한 인솔 의무화

○ 무인천문관측모듈 개발

- 한국천문연구원과의 공동연구를 통해 천문우주 관측거점 내 설치하기 위한 무인 천문관측모듈 설계 및 제작
- 남극 장보고기지 이송 및 기지 내 설치 후 성능평가 실시



<그림 257. 무인천문관측모듈 장보고기지 내 설치 및 시험운영>



<그림 258. 무인천문관측모듈 내외부 온도 변화>

(2) 2차년도(2024)

○ 무인천문관측모듈 남극내륙탐사 베이스캠프 이동 설치 및 빙원 시험운영

- 차년도 남극내륙 천문우주 관측거점 구축을 위해 무인천문관측모듈을 남극내륙탐사 베이스캠프로 이동설치
- 태양관측 등 모듈 내 천문관측장비의 빙원 시험운영



<그림 259. 천문관측모듈 빙원 이동>



<그림 260. 베이스캠프 내 천문관측 모듈 설치 및 장비 테스트>

(3) 3차년도(2025)

- 남극내륙탐사 축소로 베이스캠프에서 무인천문관측모듈의 필드 테스트 연장 수행

다. 빙저호 시추캠프 운영

(1) 1차년도(2023)

- 1차년도(23/24) 남극하계 현장연구 인원조정 결과에 따라 시추캠프 운영이 취소되어 시추장비 점검 지원으로 연구캠프 운영 대체
- 빙저호 시추장비 점검 및 시험가동 지원
 - 빙저호 시추캠프 및 시추시스템의 주전력 공급원인 100kW급 이동식 발전컨테이너 모듈의 전력생산 및 공급 성능 점검 지원
 - 빙저호 시료 전처리 및 빙저호 시추 프로토콜 오염 모니터링용 이동식 청정실험실의 가동 시험 지원
 - 두 모듈간의 연결 및 발전기 부하 테스트 수행을 위해 중장비를 활용한 장비 운반과 배치, 시험 운영 지원함



<컨테이너 모듈 운반>



<컨테이너 모듈 운반>



<이동식 발전컨테이너 모듈 전원 출력 확인>



<이동식 청정실험실 메인 전원 인가 확인>

<그림 261. 심부빙저호 시추장비 시험가동 지원>

- 이동식 청정실험실의 주요 전력 부하원인 바닥 온돌, 향온기(히터) 등 내부 전열 설비 가동 및 동 시간대의 발전기 부하 점검. 발전기 최대 부하 시 최대 출력의 50% 미만 전력 사용 확인



<그림 262. 이동식 청정실험실 가동 후 발전기 부하량 확인>

- 이동식 청정실험실 시험 가동 중 향온향습기의 “난방기 이상” 알람 지속적으로 발생하여 원인 파악. 향온기용 급기팬 모터 문제(과전류로 인한 과부하 계전기 자동 전류 차단) 확인하여 팬모터 분해. 팬모터 코일 파손 확인하여 차년도 교체를 위한 사전 준비 작업 수행



<향온기 난방기 이상 알람>

<송풍기 제어용 과전류과전계 발생 스파크>

<향온기 팬모터 코일 손상 확인>

<팬모터 분리 및 차년도 교체를 위한 정리 작업>

<그림 263. 이동식 청정실 난방기 이상 문제 정비>

- 남극 장보고기지로 보급한 2700m급 메인 시추호스 핸들링용 호스릴, 캡스텐타워 세트의 구성품 점검 및 외관상태 육안 점검



<그림 264. 호스릴 및 캡스턴 타워 전용 컨테이너>

○ 빙저호 시추장비 운송 준비

- 점검 및 시험가동을 마친 이동식 발전컨테이너 모듈 1기, 이동식 청정실험실 모듈 1기, 호스릴 컨테이너 1기, 캡스턴타워 컨테이너 1기 등 빙저호 시추장비용 컨테이너 총 4기 빙저호 캠프 운송 준비를 위해 화물셀매에 적재 후 중장비 보관동 인근 야적 완료



<100kW급 이동식 발전컨테이너 모듈>



<이동식 청정 실험실 모듈>



<호스릴 컨테이너>



<캡스턴타워 및 제어판 컨테이너>

<그림 265. 빙저호 시추장비 야적현황>

(2) 2차년도(2024)

- 2차년도(24/25) 남극하계 빙저호 현장연구 인력 장보고기지 입출 남극편 취소에 따라 장보고기지 보급 빙저호 시추장비 하역 및 연구캠프 운송 준비로 연구캠프 운영 대체
- 빙저호 시추장비 하역 및 연구캠프 운송 준비
 - 아라온호를 통해 장보고기지 보급한 빙저호 시추용 2,700m 시추호스와 빙저호 연구장비가동 및 연구캠프 운영 연료 운송·보관용 20ft ISO 탱크컨테이너 하역 및 장보고기지 인근 야적 지원



<그림 266. 빙저호 시추호스 패키지>

- 20ft ISO 탱크컨테이너 하역 및 내부에 충전되어 있는 빙저호 시추탐사용 항공유(JET A-1) 20,000L를 차년도 빙저호 시추캠프까지 안전하게 운송할 수 있도록 연료탱크 썰매에 10,000L씩 중량 분배 후 장보고기지 옥외 야적 작업 지원
- 기 보급 완료하여 장보고기지 옥외 야적 중인 빙저호 시추장비 주변으로 적설이 발생하여 차년도 빙저호 시추장비의 원활한 테스트 준비를 위해 중장비를 활용하여 제설 작업 지원



<그림 267. 야적보관 장비 제설작업 실시>

(3) 3차년도(2025

○ 심부 빙저호 시추장비 극지 시험가동 현장연구 지원

- 장보고기지 옥외 부지 또는 브라우닝 패스 지역에서 심부빙저호 시추장비 시험가동 지원
- 장보고기지에서부터 테스트 지역까지 빙저호 시추장비를 운반하고 현장에 적절히 배치될 수 있도록 K-루트 탐사 장비(설상차, 연료탱크, 화물썰매 등)와 운영 인력, 안전 인력 지원

<표 41. 극지 시험가동에 활용예정인 심부빙저호 시추시스템의 주요 하위모듈>

주요 컨테이너 장비			
			
이동식 청정실험실	이동식 발전컨테이너*2	이동식 멸균시스템	호스릴 컨테이너
			
캡스턴타워 컨테이너	20ft ISO 탱크컨테이너*2		
주요 벌크 모듈			
			
열교환 모듈	저압순환펌프 모듈	고압펌프 모듈	분배 및 제어장치

- D2 빙저호 시추캠프는 악기상에 대비, 오염물의 비산 방지, 청정시료 처리공간 확보를 위해 텐트유닛 기반의 고정식 시추캠프로 설치될 예정으로, 현장에서 활용 예정인 Weatherhaven 사의 S4 프레임 아치 텐트 유닛의 설치 테스트 지원



<그림 278. 빙저호 시추캠프 레이아웃 및 활용 예시>



<그림 279. 웨더하벤 시추용 텐트 시험설치>

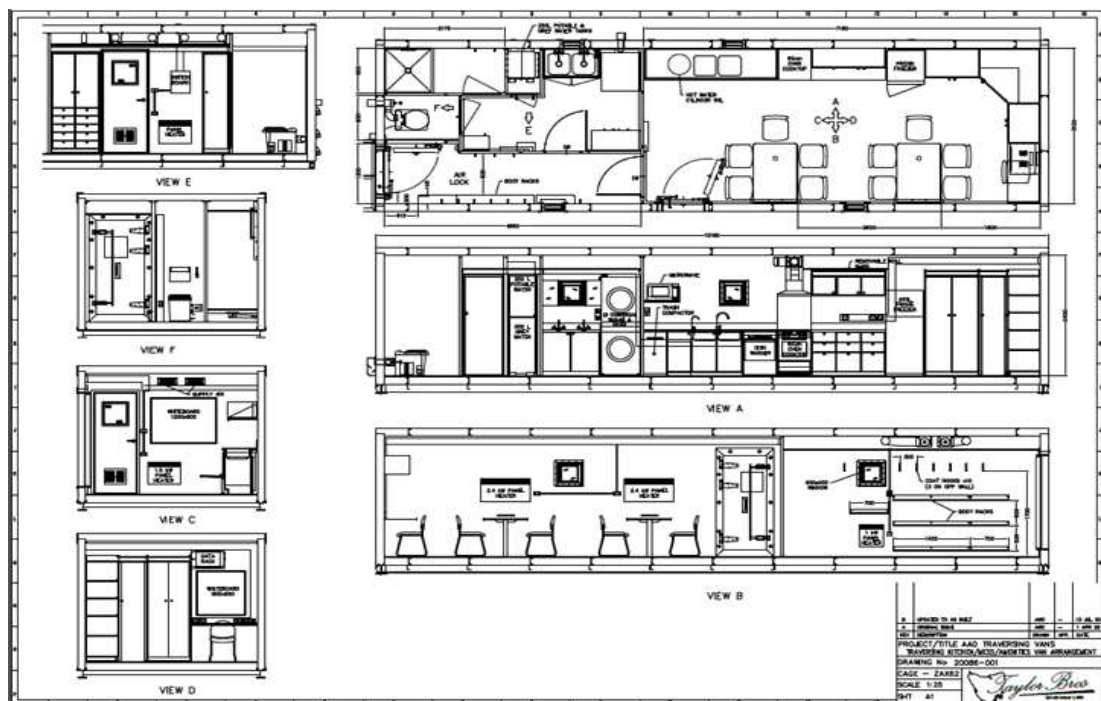
- 심부 빙저호 시추장비 극지 시험가동 완료 후 향후 D2 심부 빙저호 시추후보지 육상운송을 위한 적재 정리

2. 연구지원 시스템 강화

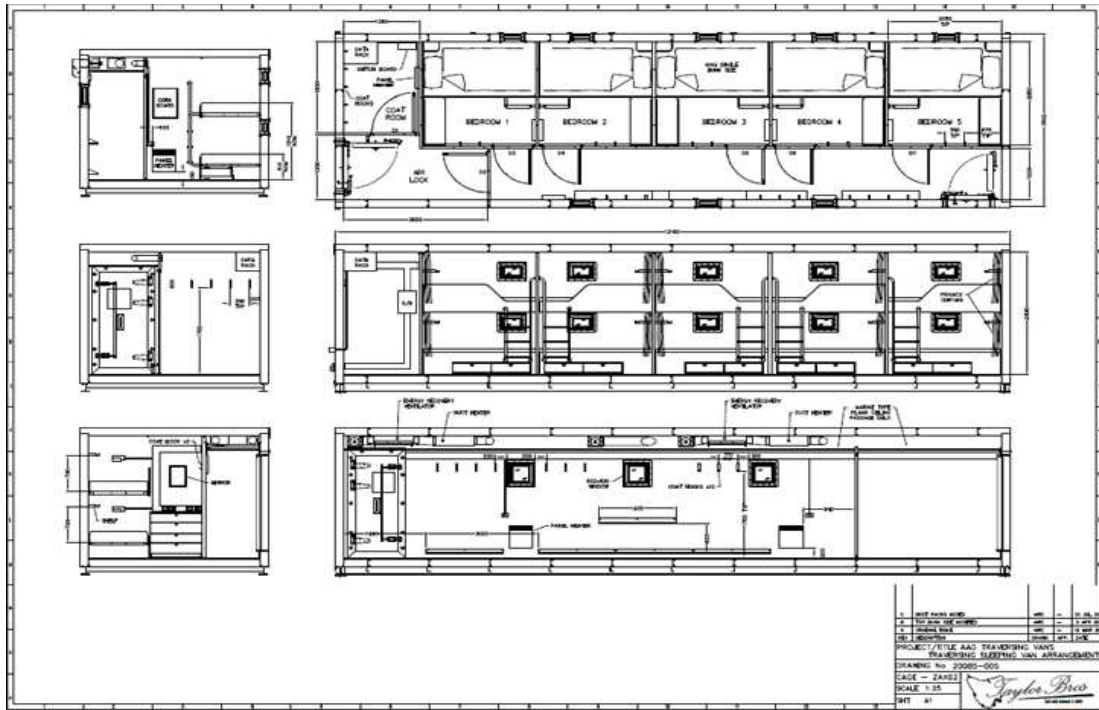
가. 이동식 연구모듈 설계

(1) 1차년도(2023)

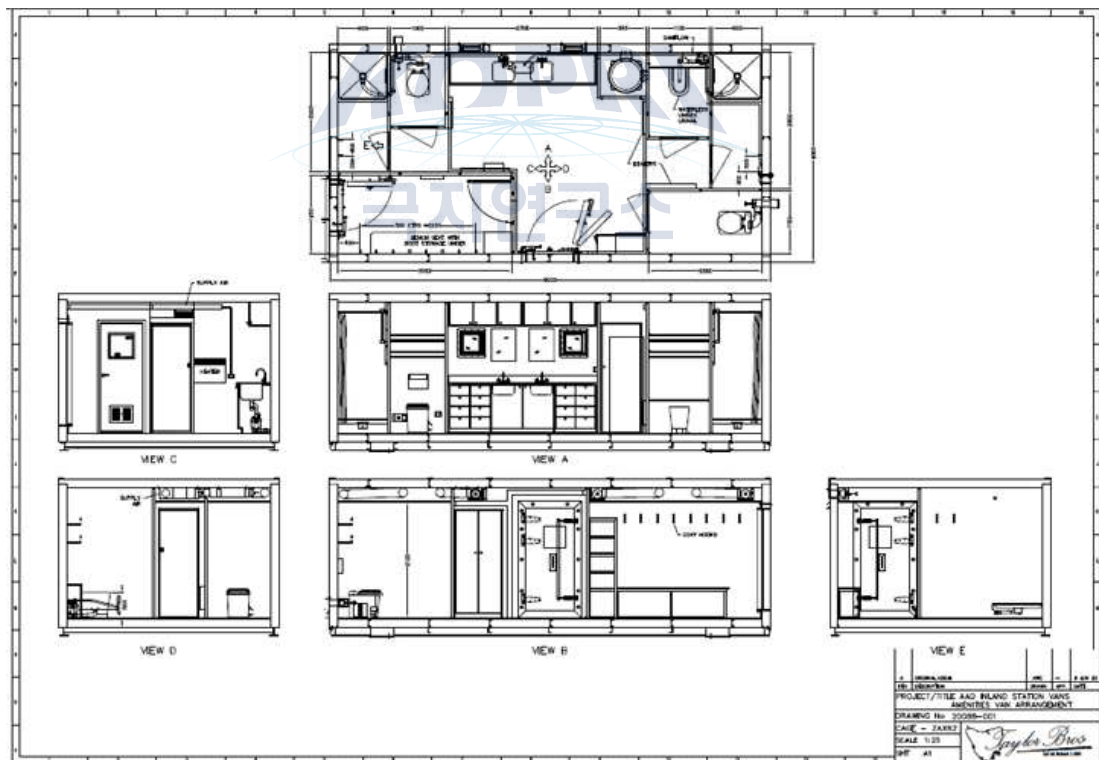
- 호주 남극 트래버스용 카라반 시찰 및 설계자료 확보
 - 호주의 MYIC(Millenia Year Ice Core) 심부빙하시추 프로젝트를 수행을 위한 카라반 설계업체 방문 및 설계자료 확보
 - 호주는 트래버스용 카라반 2종과 내륙 연구캠프용 카라반 2종, 의료 카라반 1종 등 총 5종의 카라반 제작



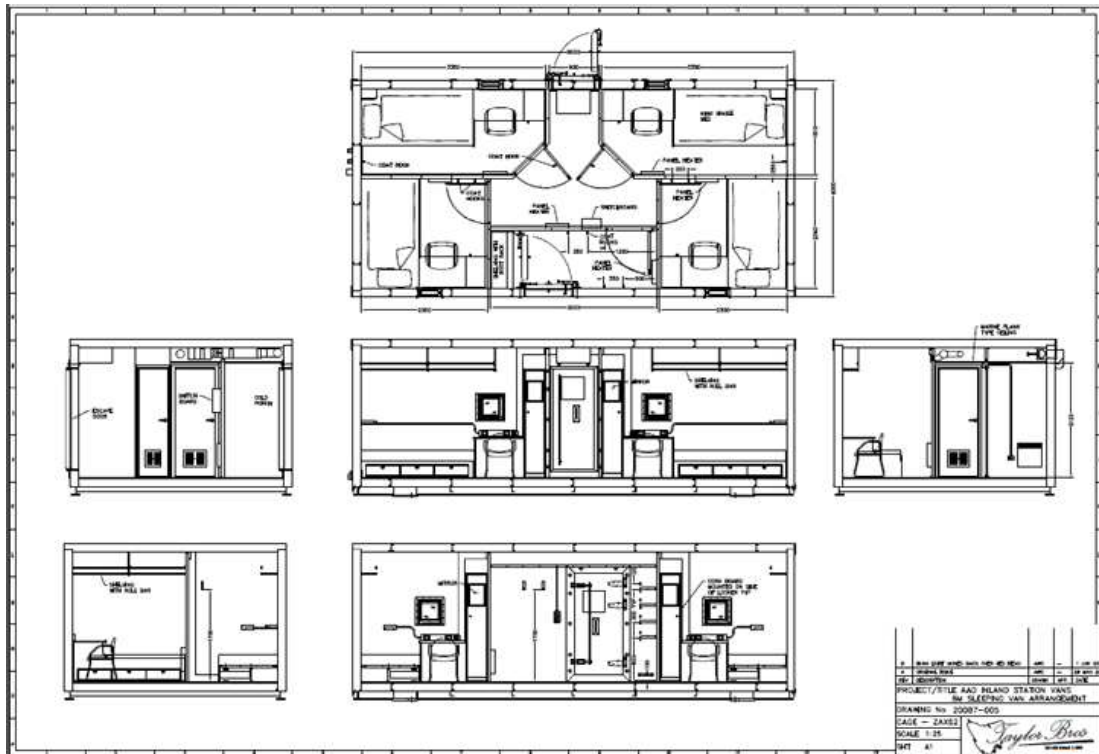
<그림 280. 호주 트래버스용 유틸리티 카라반 도면>



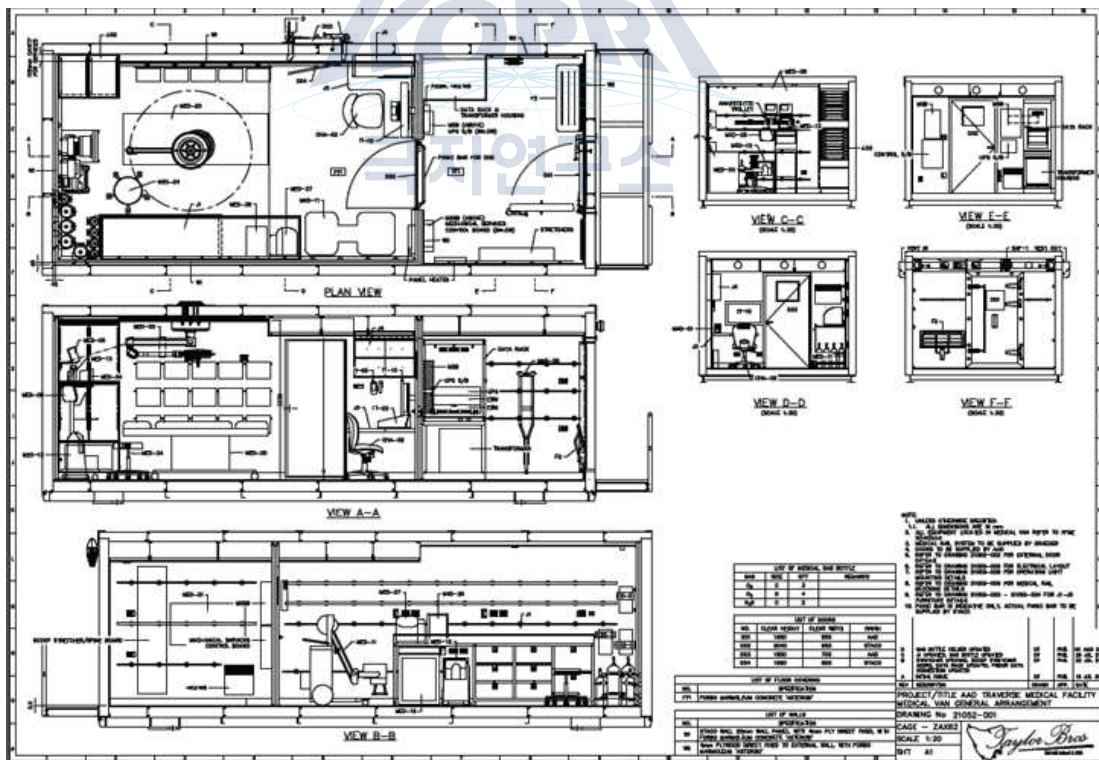
<그림 281. 호주 트래버스용 숙소 카라반 도면>



<그림 282. 호주 남극내륙캠프 유틸리티 카라반 도면>



<그림 283. 호주 남극내륙캠프 숙소 카라반 도면>



<그림 284. 호주 의료 카라반 도면>

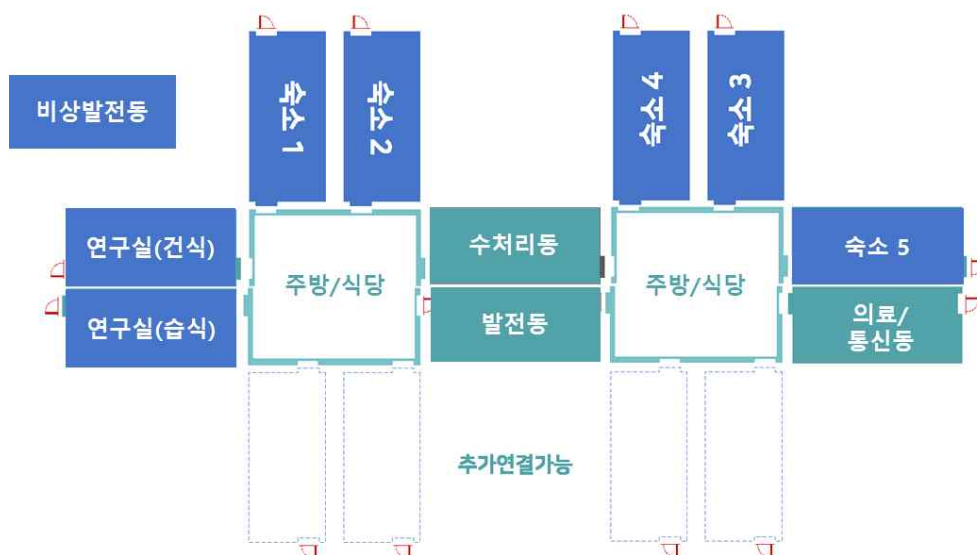
- Beyond EPICA 심부빙하시추캠프에서 운영 중인 이탈리아의 이동식 연구모듈 방문 및 시설 견학
- 프랑스와 이탈리아 주도하에 EU 공동 프로젝트로 Beyond EPICA 심부빙하시추 프로젝트 진행 중
- 해당 프로젝트의 심부빙하 시추캠프에서 활용 중인 이탈리아의 카라반 시설 방문 및 시설 견학



<그림 285. Beyond EPICA 프로젝트 심부빙하 시추캠프 내 카라반 시설>

(2) 2차년도(2024)

- 국가 R&D 예산 감축에 따른 이동식 연구모듈 제작 연기
 - 사업비 30% 감축으로 인해 이동식 연구모듈 제작 예산 부족
 - 차년도 혹은 후속 사업을 통해 연구모듈 제작 추진
- 이동식 모듈형 남극내륙기지 개념설계
 - 이동식 모듈형 남극내륙기지 건설 기획과 연계하여 국내 전문기관과 내륙기지 모듈 개념 설계
 - 남극내륙기지는 총 7개의 정주형 모듈과 8개의 이동식 모듈로 구성
 - 남극내륙기지 모듈 중 이동식 모듈을 남극내륙 연구거점 내 연구캠프에 활용하는 방식으로 남극내륙 연구거점 구축 예정
 - 이동식 모듈 중 숙소모듈은 2인실 4개로 구성되며 총 5개의 숙소모듈을 제작하여 최대 40명까지 남극내륙 연구캠프 체류가 가능하며, 이외에 건식 연구동 1동, 습식 연구동 1동 및 발전 모듈 등 제작 예정



<그림 286. 남극내륙기지 모듈 구성. 7개의 정주식 모듈(화색)과 8개의 이동식 모듈(파란색) 구성>



<그림 287. 숙소모듈 내부 구성>

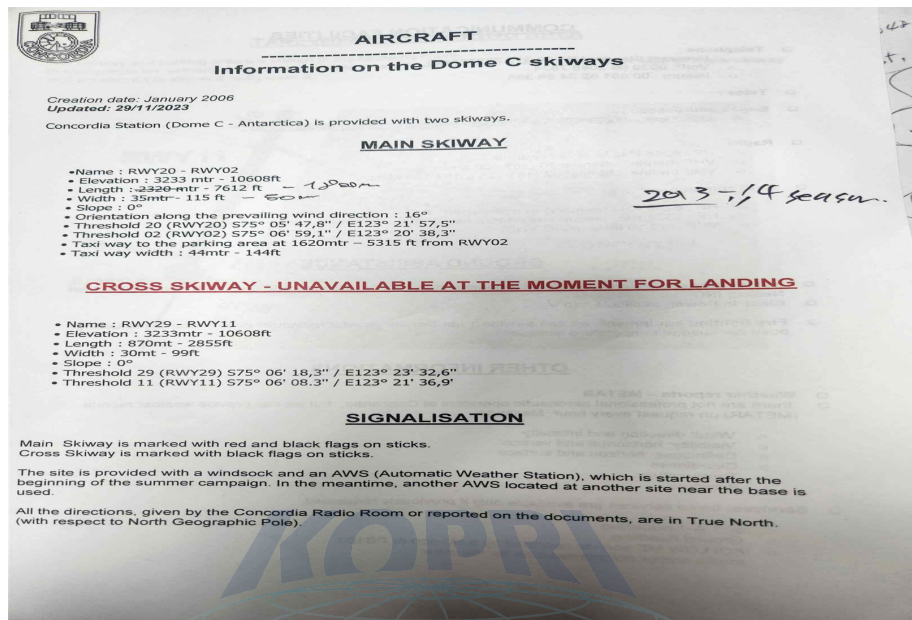
(3) 3차년도(2025)

- 에너지 하베스팅 컨테이너를 활용한 이동식 연구모듈 운영 및 신규모듈 제작을 위한 후속 사업 개발 추진
 - 2차년도에 감축된 사업비의 환원 부재로 본 사업에서 이동식 연구모듈 제작 불가
 - 1단계 사업을 통해 제작한 에너지 하베스팅 컨테이너를 활용한 이동식 연구모듈 운영으로 대체
 - 향후 남극내륙기지 건설과 연계하여 이동식 연구모듈 제작을 위한 국가 R&D 사업 개발 추진

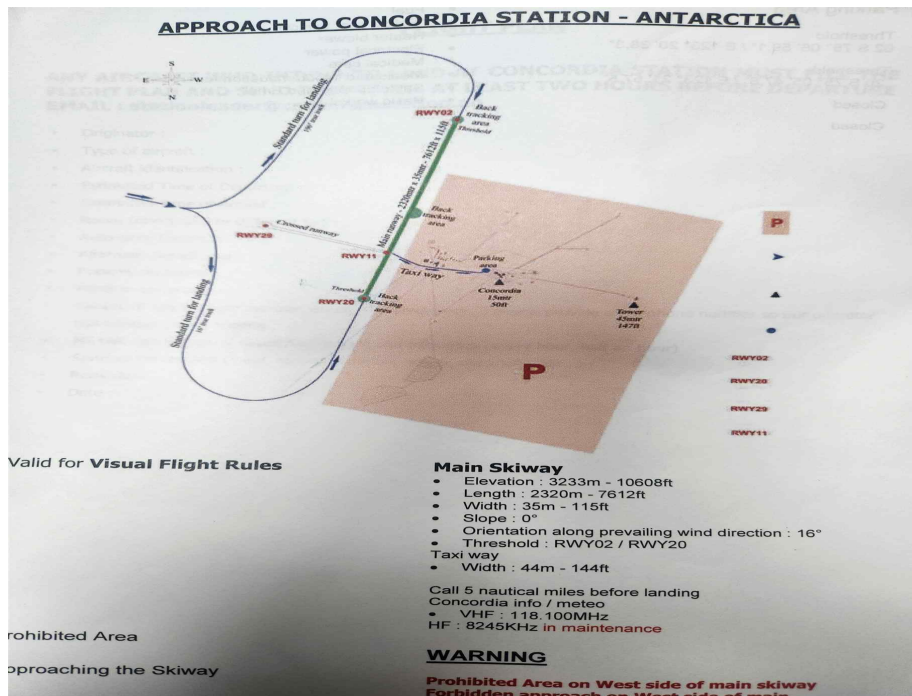
나. 항공망 활용 지원시스템 구축

(1) 1차년도(2023)

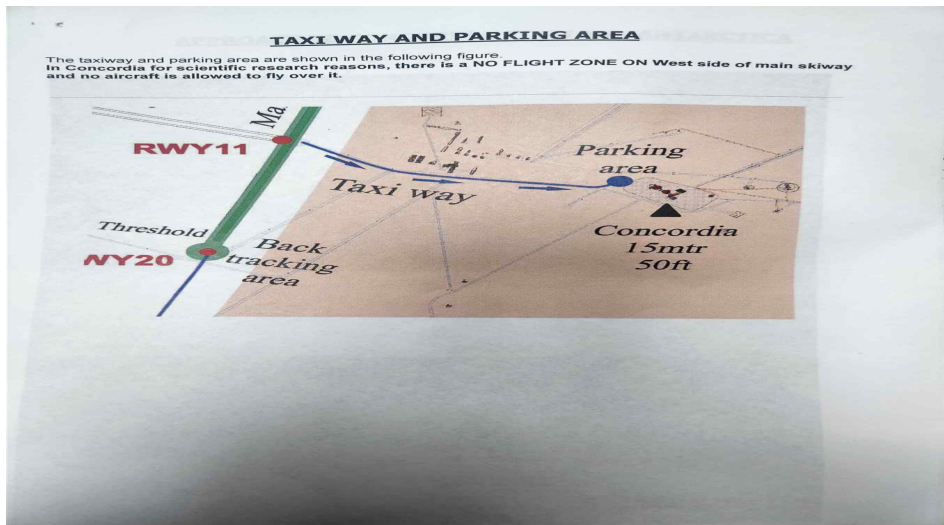
- 1차년도(23/24) 남극내륙탐사 중 콘코르디아 기지 인근 연구캠프 운영 및 항공 레이더 탐사 지원을 위한 해당기지 빙원 활주로 활용
- 콘코르디아 기지의 빙원 활주로 운영 및 유지관리 노하우 습득
- 킬러 등 빙원 활주로 운영에 필요한 장비 확보



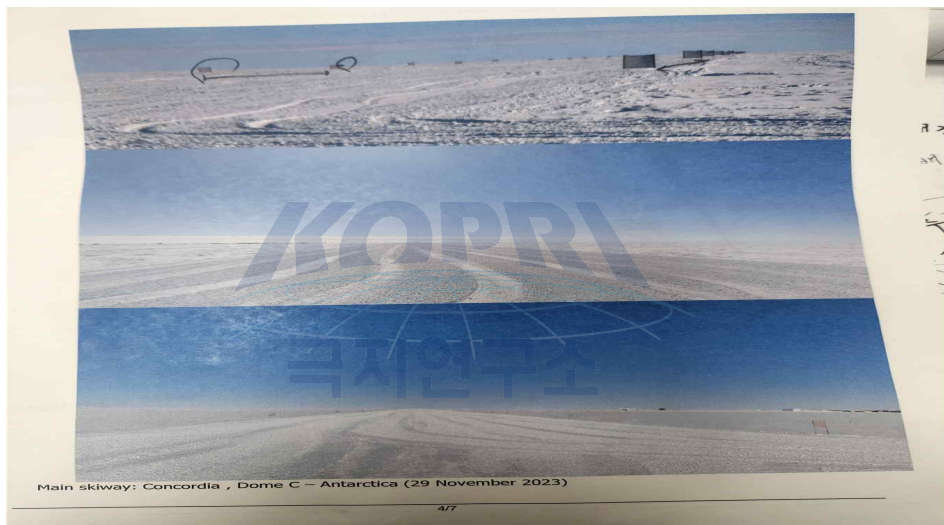
<그림 288. 콘코르디아 기지 빙원 활주로 규격 정보>



<그림 289. 콘코르디아 기지 빙원 활주로 배치도>



<그림 290. 콘코르디아 기지-빙원 활주로 간 이동루트>



<그림 291. 콘코르디아 기지 빙원 활주로 운영 자료 확보>

(2) 2차년도(2024) 및 3차년도(2025)

- 사업비 축소 및 장보고기지 증축에 따른 인원제한으로 남극내륙 연구캠프 빙원활주로 시험운영 차년도 순연
- 남극내륙탐사 축소로 인해 당초 계획되었던 빙하시추 연구거점 내 빙원 활주로 시험운영 차년도 순연
- 차년도 남극내륙 항공기 운영을 위한 유류 10,000리터 콘코르디아 기지 내 야적 보관 및 동계기간 상태 모니터링
- 2025년도에는 장보고과학기지 인근에 대한 광역 항공탐사로 대체 수행

다. 탐사선단 강화

(1) 1차년도(2023)

- 설상차 (Pistenbully) 1대 신규 확보를 통해 화물운송동력 700t 규모로 확대
- 전면부 블로워 장비 장착이 가능하여 심부빙하코어 시추 시 시추트렌치 구축용으로 활용
- 신규 장비의 제작업체 현지 장비 검수 및 정비 교육 진행



<그림 292. 설상차 제작업체 현지 장비 정비교육>

연구시설장비 예산심의 결과

심의일자 : 2022-05-24

심의번호 : 심22-446

순번	1	심의시설장비번호	심22-446	신청 장비명	설상차(픽스볼러)	담당부처	배당수관부	
제부사업	국지연구소운영지원(주요사업)		내역사업	장비·시스템구입비		과제명	남극내륙연구를 위한 내륙진출루트 개척 및 지점시스템 구축	
유형	본심의		단가	634	수량	1	총금액 634	
요청내용 (백만원)				최종결과 (백만원)				
년도	정부예산 요구액	지액 부담금	합계	심의결과	정부예산 인정액	지액 부담금	합계	정부예산 삭감액
2023	634	0	634	인정	634	0	634	0
합계 :	634	0	634	합계 :	634	0	634	0

- 남극 내륙 내륙 연구 지원을 위한 미설치 장비에 필수적인 장비로 판단됨.
- 또한 향후 남극 내륙까지 갈 것 보강에도 반드시 필요한 장비임.
- 남극 내륙까지 갈 경우 필수적인 장비로 남극 내륙까지 갈 경우 필수적인 장비임.
- 장비고 기지배 운영 비용 2000만원 정도에 비해 1000만원 정도의 장비의 활용도가 높아 추가구매가 필요한 경우 인정됨.
- 남극 내륙까지 갈 경우 필수적인 장비로 남극 내륙까지 갈 경우 필수적인 장비임.
- 수송용 본 차량의 활용도가 높고, 것으로서 사후에, 배면 구배와 가격 상승분을 한층, 원자재가격 상승 등으로 설명되어 가격의 적정성은 확보됨.
- 본 사업의 지원이 필요함.
- 장비 운영을 위해 운영 인원은 3명의 정규직, 3명의 계약직이 있으며, 6명 계약직의 채용이 계획되고 있음.
- 위의 같은 이유로 구입을 인정함.

<그림 293 '23년 설상차 신규 확보를 위한 NFEC 사전심사 결과>

ING-22008R1

2022년 04월 20일

Korea Polar Research Institute



주식회사 아이엔지코퍼레이션
서울 강남구 남부순환로 365길 5, 518호
135-862
TEL : 02-576-0693 (TEL)
FAX : 02-576-0696
Mail : info@ingcorp.kr

견 적 서

제작사		Kässbohrer Geländefahrzeug AG.	유효기간	2022년 12월 31일	
원산지		독일	납기	주문 후 36주 이내 출고	
무상 하자 보증		1년 또는 1000시간 주요 부분 2년 또는 2000시간	견적 조건	FCA Laupheim 제작사공장,독일	
대금 지불 조건		취소불능확약신용장 또는 납품 전 T/T 송금	견적 화폐	유로화(EUR)	
품번	구 분	품 명	수 량	단 가	총 계
3.	장비	PistenBully 300 Polar Antarctica	1대	471,300	471,300
	부착장비	Close profile steel tracks Front quick mount system Front all way blade Front high pressure installation Front Snow Blower			

기타 사항

상기 가격은 독일 제조사 공장에서 출고하는 공장도 가격이므로 기타 최종 목적지까지의 운송비용 및 제세비용 등이 제외되어 있음을 주지하여 주시기 바랍니다.

상기 조건 및 금액과 같이 견적합니다. (주)아이엔지코퍼레이션 대표이사 김 영 훈



<그림 294. 신규 탐사장비 견적서>

Front all way blade 1 set



working width 4600 ~ 5600 mm, 12 hydraulic controlled movements
with cold resistant hydraulic hoses
with modified valve block and cold resistant hydraulic cylinder seals

Front high pressure installation (for drive front snow blower) 1 set



Front Snow Blower 1 set



suitable on PistenBully 300 Polar Antarctic with front hydraulic high pressure
suitable for front quick mount system
Auger diameter 650 mm
Clearing width 4,300 mm

Unit No. 3 Total Ex-factory price + packing cost

EUR 471,300.--

<그림 295. 신규 구매장비 사양서>

○ 에너지 하베스팅 고단열 컨테이너 극지 현장 실증 및 성능평가

- 남극내륙에서의 친환경(풍력, 태양광) 에너지 발전 효율 자료 수집과 극저온에서의 안정적인 연구물자 보관용으로 개발한 에너지 하베스팅 컨테이너의 장보고기지 옥외 야적 후 성능평가 수행
- 에너지 하베스팅 컨테이너 시스템의 내외부 하드웨어(태양광패널, 풍력터빈, 컨트롤러, 배터리관리시스템, 인버터, 배터리 등) 조립 후 데이터 수집, 통신 테스트 수행

<표 42. 장보고기지 현장 테스트 리스트 >

구분	항목	비고
작동전 점검	- 해상운송 과정에서의 컨테이너 함체 및 장비 손상 여부 확인 - 구성 장치 재결합 후 작동성 점검	
시스템 현장 테스트 및 자료 수집	- 발전 및 송전 장치 작동 테스트(외부 태양광 패널과 풍력 터빈, 내부 컨트롤러, 배터리관리시스템, 인버터 정상 작동 여부) - 면상발열체 제어를 통한 내부온도 조절 기능 테스트 - 내부 온도 모니터링용 센서 작동 테스트 - 외부 EOS 센서 작동 및 위성 통신 테스트 - BMS 통합 시스템 운영 자료 로깅 테스트 - 현장 자료 수집 및 시스템 원격 모니터링(발전기 타입별, 설치 위치별 발전량, 시스템 소비 전력량, 배터리 성능 자료 등)	



<그림 296. 장보고기지 인근 에너지 하베스팅 컨테이너 조립 및 테스트>

- 테스트 기간 중 돌풍(장보고기지 AWS 측정 풍속 23m/s)으로 인해 풍력터빈 1기의 하드웨어(본체 지붕 고정브라켓, 외부날개 고정 브라켓) 파손되어 분리 수행



<그림 297. 풍력터빈 지붕 고정 브라켓 파손>

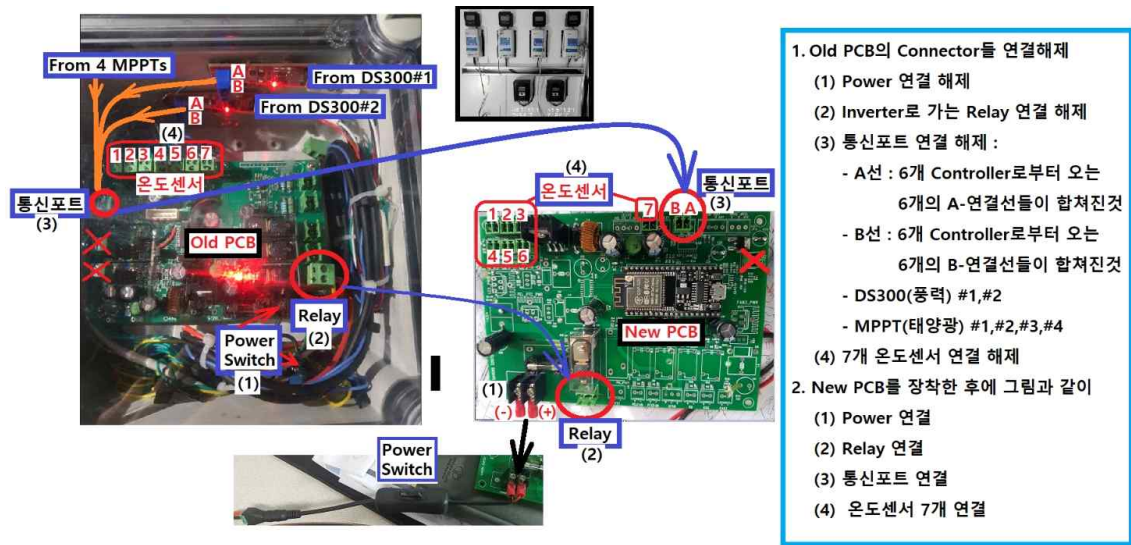


<그림 298. 중심축 전도로 인한 외부날개 및 고정 브라켓 파손>

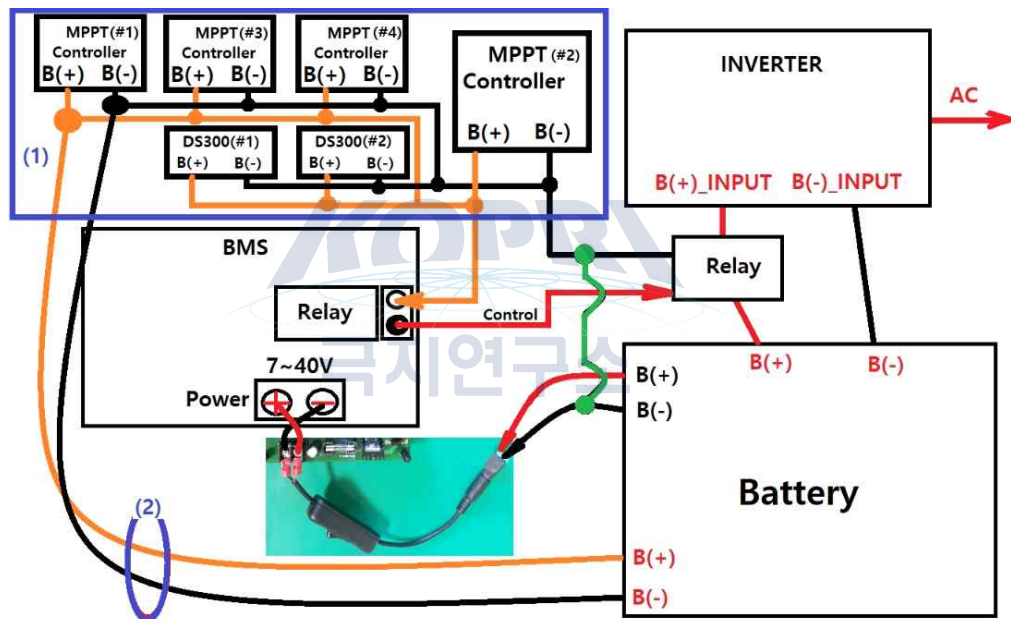
- 태양광 발전기 컨트롤러-풍력 발전기 컨트롤러-환경관측시스템(EOS)-배터리관리시스템(BMS) 간 데이터 통신 프로그램 디버깅 작업을 통한 시스템 제어 프로그램 보완
- 최종 데이터 게더링 항목 수정: 시간, 태양광#1_총발전량[KWH], 태양광#1_PV전압[V], 태양광#2_총발전량[KWH], 태양광#2_PV전압[V], 태양광#3_총발전량[KWH], 태양광#3_PV전압[V], 태양광#4_총발전량[KWH], 태양광#4_PV전압[V], 풍력#1_총발전량[KWH], 풍력#1_전압[V], 풍력#2_총발전량[KWH], 풍력#2_전압[V], 배터리 전압[V], 배터리 SOC[%], 온도#1[°C], 온도#2[°C], 온도#3[°C], 온도#4[°C], 온도#5[°C], 온도#6[°C], 온도#7[°C]
- 배터리관리시스템(BMS)에서 각 발전기 컨트롤러, 배터리의 상태 데이터와 EOS의 환경 측정 데이터를 통합 수집·저장 후, EOS 이리듐 모듈을 통해 데이터 위성 송신 및 실시간 원격 모니터링 테스트 수행
- 측정 데이터 로깅과 통신 장애로 인한 스틱PC 저장타입 BMS to 메모리카드 저장타입 BMS 교체, 결선 변경 등 현장 개선작업 수행

시간	태양광#1_총발전량[KWH]	태양광#1_PV전압[V]	태양광#2_총발전량[KWH]	태양광#2_PV전압[V]	태양광#3_총발전량[KWH]	태양광#3_PV전압[V]	태양광#4_총발전량[KWH]	태양광#4_PV전압[V]	풍력#1_총발전량[KWH]	풍력#1_전압[V]	풍력#2_총발전량[KWH]	풍력#2_전압[V]	배터리 전압[V]	배터리 SOC[%]	온도#1[°C]	온도#2[°C]	온도#3[°C]	온도#4[°C]	온도#5[°C]	온도#6[°C]	온도#7[°C]					
200-0-0	0-0-0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-9.26	-8.58	-8.22	-7.90	-9.87	-6.57	-9.13
200-0-0	0-0-0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-8.35	-7.93	-8.12	-7.95	-9.18	-6.69	-8.41
200-0-0	0-0-0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-8.13	-7.92	-8.13	-7.99	-8.41	-6.69	-7.89
200-0-0	0-0-0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-7.77	-7.67	-8.15	-7.50	-8.11	-7.00	-7.93
200-0-0	0-0-0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-7.68	-7.69	-7.53	-7.57	-7.77	-6.39	-7.68
200-0-0	0-0-0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-7.45	-7.30	-7.57	-7.71	-7.40	-6.58	-7.40
200-0-0	0-0-0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-7.46	-7.18	-7.34	-7.45	-7.30	-6.31	-6.93
200-0-0	0-0-0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-7.15	-7.02	-7.33	-7.21	-7.22	-6.27	-7.00
200-0-0	0-0-0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-6.87	-6.77	-7.33	-7.11	-7.09	-6.22	-6.71
200-0-0	0-0-0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-6.69	-6.82	-6.76	-7.41	-6.87	-6.06	-6.68
200-0-0	0-0-0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-6.59	-6.74	-6.73	-6.78	-6.83	-6.02	-6.47
200-0-0	0-0-0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-6.40	-6.47	-6.53	-6.36	-6.49	-6.00	-6.17
200-0-0	0-0-0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-6.55	-6.53	-6.52	-6.59	-6.63	-5.91	-6.29
200-0-0	0-0-0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-6.48	-6.31	-6.36	-6.45	-6.41	-5.57	-6.14
200-0-0	0-0-0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-6.19	-6.05	-6.23	-6.34	-6.34	-5.66	-6.08
200-0-0	0-0-0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-6.17	-6.02	-6.34	-6.11	-6.19	-5.77	-5.83
200-0-0	0-0-0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-6.02	-6.08	-6.09	-5.90	-5.75	-5.50	-5.49
200-0-0	0-0-0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-5.89	-5.80	-5.80	-5.92	-5.68	-5.37	-5.51
200-0-0	0-0-0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-5.92	-6.07	-5.77	-5.75	-5.72	-5.32	-5.55
200-0-0	0-0-0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-5.80	-5.75	-5.73	-5.44	-5.74	-5.11	-5.64
200-0-0	0-0-0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-5.70	-5.31	-5.52	-5.63	-5.45	-5.10	-5.22
200-0-0	0-0-0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-5.55	-5.34	-5.41	-5.77	-5.36	-5.09	-5.16
200-0-0	0-0-0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-5.46	-5.25	-5.35	-5.43	-5.56	-4.75	-5.18

<그림 299. 측정 데이터의 기록 오류>



<그림 300. 스틱PC 저장타입 BMS to 메모리카드 저장타입 BMS 교체>



<그림 301. 결선 변경 후의 최종 결선도>

- 현장 테스트 및 개선작업 후 데이터 로깅 기능 정상작동 확인. 장보고과학기지 인근 야적지에서의 연중 가동 및 데이터 로깅을 위한 정리 작업 완료

시간	태양광#1_총발전량[KWH]	태양광#1_PV전압[V]	태양광#2_총발전량[KWH]	태양광#2_PV전압[V]	태양광#3_총발전량[KWH]	태양광#3_PV전압[V]	태양광#4_총발전량[KWH]	태양광#4_PV전압[V]	풍력#1_총발전량[KWH]	풍력#1_전압[V]	풍력#2_총발전량[KWH]	풍력#2_전압[V]	배터리 전압[V]	배터리 SOC[%]	온도#1[°C]	온도#2[°C]	온도#3[°C]	온도#4[°C]	온도#5[°C]	온도#6[°C]	온도#7[°C]	
2013-4-6	23-42-55	2158100.50	34.67	2040135.62	35.64	1684930.50	34.02	906362.88	36.62	0.50	0.00	0.60	9.92	14.20	100.00	-6.05	-5.41	-5.36	-5.30	-5.85	-4.78	-5.44
2013-4-6	23-47-58	2158100.50	34.52	2040135.62	35.68	1684930.50	33.97	906362.88	36.79	0.50	0.00	0.60	13.04	14.14	98.00	-5.21	-6.11	-5.25	-5.22	-5.36	-5.04	-5.09
2013-4-6	23-53-1	2158100.50	34.51	2040135.62	35.75	1684930.50	33.99	906362.88	36.99	0.50	0.00	0.60	13.34	14.14	98.00	-6.01	-5.59	-2.94	-2.81	-5.81	-4.75	-4.98
2013-4-6	23-57-56	2158100.50	34.14	2040135.62	35.82	1685585.87	33.99	906362.88	37.02	0.50	0.00	0.60	10.07	14.24	100.00	-5.97	-5.92	-5.24	-5.46	-5.70	-5.04	-5.00
2013-4-7	0-2-59	2158100.50	34.17	2040135.62	35.75	1685585.87	33.94	906362.88	36.86	0.50	0.00	0.60	10.81	14.27	100.00	-5.37	-5.71	-5.61	-5.21	-5.70	-4.84	-5.06
2013-4-7	0-8-2	2158100.50	34.10	2040135.62	35.56	1685585.87	33.88	906362.88	36.53	0.50	0.00	0.60	6.50	14.26	100.00	-5.27	-6.81	-5.45	-6.23	-5.56	-5.03	-5.40
2013-4-7	0-12-57	2158100.50	34.09	2040135.62	35.62	1685585.87	33.93	906362.88	36.66	0.50	0.00	0.60	12.15	14.25	100.00	-5.13	-5.42	-5.61	-6.05	-5.27	-5.13	-5.22
2013-4-7	0-18-0	2158755.75	34.62	2040135.62	35.95	1685585.87	34.17	906362.88	37.11	0.50	0.00	0.60	12.30	14.27	100.00	-5.33	-5.41	-5.81	-6.18	-5.37	-5.25	-5.23
2013-4-7	0-23-3	2158755.75	34.70	2040135.62	35.91	1685585.87	34.19	906362.88	36.93	0.50	0.00	0.60	14.53	14.28	100.00	-5.24	-5.40	-5.49	-6.00	-5.17	-4.95	-5.35
2013-4-7	0-27-58	2158755.75	34.61	2040135.62	35.83	1685585.87	34.13	906362.88	36.67	0.50	0.00	0.60	12.60	14.22	100.00	-5.12	-4.67	-5.57	-6.10	-5.11	-5.29	-5.29
2013-4-7	0-33-1	2158755.75	34.58	2040135.62	35.77	1685585.87	34.11	906362.88	36.65	0.50	0.00	0.60	9.18	14.20	100.00	-4.98	-5.21	-5.20	-6.00	-5.21	-5.09	-5.28
2013-4-7	0-37-55	2158755.75	34.53	2040135.62	35.69	1685585.87	34.05	906362.88	36.44	0.50	0.00	0.60	11.56	14.21	99.00	-5.27	-5.38	-5.34	-6.18	-5.24	-5.06	-5.07
2013-4-7	0-42-58	2158755.75	34.44	2040135.62	35.60	1685585.87	33.99	906362.88	36.45	0.50	0.00	0.60	9.03	14.16	99.00	-5.17	-5.37	-5.59	-6.27	-5.10	-5.06	-4.85
2013-4-7	0-48-1	2158755.75	34.41	2040135.62	35.59	1685585.87	33.96	906362.88	36.40	0.50	0.00	0.60	8.88	14.17	99.00	-5.11	-5.49	-5.65	-6.09	-5.12	-5.19	-4.88
2013-4-7	0-52-56	2158755.75	34.35	2040135.62	35.50	1685585.87	33.91	906362.88	36.08	0.50	0.00	0.60	5.31	14.16	98.00	-5.17	-5.18	-5.78	-6.08	-5.16	-4.83	-5.15
2013-4-7	0-57-59	2158755.75	33.74	2040135.62	35.26	1685585.87	33.70	906362.88	35.62	0.50	0.00	0.60	3.52	14.16	98.00	-5.16	-5.34	-5.56	-5.91	-5.12	-5.06	-5.09
2013-4-7	1-3-2	2159411.25	33.33	2040135.62	35.28	1685585.87	33.75	906362.88	35.90	0.50	0.00	0.60	3.67	14.22	100.00	-5.07	-5.24	-5.31	-6.02	-5.04	-4.95	-5.16
2013-4-7	1-7-57	2159411.25	33.36	2040135.62	35.20	1685585.87	33.64	906362.88	35.72	0.50	0.00	0.60	2.78	14.26	100.00	-5.13	-5.25	-5.47	-5.83	-5.09	-4.99	-4.72
2013-4-7	1-13-0	2159411.25	33.21	2040135.62	35.00	1685585.87	33.45	906362.88	35.00	0.50	0.00	0.60	1.74	14.24	100.00	-5.02	-5.31	-5.48	-5.95	-4.76	-4.81	-4.88
2013-4-7	1-18-3	2159411.25	33.11	2040135.62	34.79	1685585.87	33.19	906362.88	34.55	0.50	0.00	0.60	0.00	14.19	100.00	-4.95	-5.35	-5.45	-5.82	-5.05	-5.02	-4.98
2013-4-7	1-22-58	2159411.25	33.33	2040135.62	34.64	1685585.87	32.98	906362.88	34.31	0.50	0.00	0.60	0.00	14.15	98.00	-4.86	-5.15	-5.22	-5.68	-5.19	-4.78	-5.00
2013-4-7	1-28-1	2159411.25	31.73	2040135.62	34.34	1685585.87	32.63	906362.88	34.33	0.50	0.00	0.60	0.00	14.15	98.00	-5.00	-5.07	-5.35	-5.53	-4.82	-5.02	-4.85
2013-4-7	1-32-56	2159411.25	30.38	2040135.62	34.38	1685585.87	32.42	906362.88	34.64	0.50	0.00	0.60	0.00	14.18	99.00	-4.96	-5.36	-5.25	-5.38	-4.86	-4.83	-5.23
2013-4-7	1-37-59	2159411.25	30.47	2040135.62	34.56	1685585.87	32.46	906362.88	34.99	0.50	0.00	0.60	0.00	14.21	100.00	-4.88	-5.17	-5.16	-5.38	-5.00	-4.54	-4.95
2013-4-7	1-43-2	2160066.50	30.61	2040135.62	34.70	1685585.87	32.55	906362.88	34.98	0.50	0.00	0.60	0.00	14.26	100.00	-5.09	-4.96	-5.15	-5.24	-5.08	-4.76	-4.66
2013-4-7	1-47-56	2160066.50	32.15	2040135.62	34.87	1685585.87	32.76	906362.88	35.05	0.50	0.00	0.60	0.00	14.26	100.00	-4.96	-4.69	-5.35	-5.31	-4.86	-4.79	-4.69
2013-4-7	1-52-59	2160066.50	32.14	2040135.62	34.85	1685585.87	32.73	906362.88	34.99	0.50	0.00	0.60	0.00	14.28	100.00	-4.96	-4.95	-5.17	-5.46	-4.83	-4.61	-4.86
2013-4-7	1-58-2	2160066.50	32.42	2040135.62	34.91	1685585.87	32.76	906362.88	34.97	0.50	0.00	0.60	0.00	14.25	100.00	-4.89	-4.73	-5.46	-5.06	-4.82	-4.45	-4.68
2013-4-7	2-2-57	2160066.50	32.76	2040135.62	35.03	1686241.25	32.91	906362.88	35.11	0.50	0.00	0.60	0.00	14.25	100.00	-4.61	-4.98	-5.33	-5.00	-4.80	-4.79	-4.80
2013-4-7	2-8-0	2160066.50	33.04	2040135.62	35.08	1686241.25	33.03	906362.88	35.05	0.50	0.00	0.60	0.00	14.27	100.00	-4.90	-5.10	-5.31	-5.08	-4.58	-4.85	-4.33
2013-4-7	2-12-55	2160722.00	33.02	2040135.62	35.07	1686241.25	33.06	906362.88	34.91	0.50	0.00	0.60	0.00	14.25	100.00	-4.60	-5.00	-4.97	-4.81	-4.61	-4.72	-4.65
2013-4-7	2-17-58	2160722.00	32.96	2040135.62	35.06	1686241.25	33.12	906362.88	34.86	0.50	0.00	0.60	0.00	14.24	100.00	-4.66	-5.07	-5.01	-4.90	-4.67	-4.56	-4.56
2013-4-7	2-23-1	2160722.00	32.91	2040135.62	34.99	1686241.25	33.05	906362.88	34.79	0.50	0.00	0.60	0.00	14.22	100.00	-4.67	-5.19	-5.11	-5.15	-4.73	-4.49	-4.48
2013-4-7	2-27-56	2160722.00	32.76	2040135.62	34.86	1686241.25	33.02	906362.88	34.73	0.50	0.00	0.60	0.00	14.21	99.00	-4.84	-4.92	-5.14	-4.74	-4.70	-4.72	-4.62
2013-4-7	2-32-59	2160722.00	32.72	2040135.62	34.75	1686241.25	32.94	906362.88	34.69	0.50	0.00	0.60	0.00	14.18	98.00	-4.62	-4.88	-5.09	-5.07	-4.66	-4.45	-4.68

<그림 302. 정상적인 데이터 게더링 및 로깅 확인>

- 11월 한 달 측정 데이터 기준 태양광 및 풍력 발전량 자료는 재검토가 필요하며, 온도의 경우 같은 기간 장보고기지 측정 범위 -19.2 ~ -1℃, 면상발열체 미가동 조건에서의 고단열 에너지하베스팅 측정 범위 -7.6 ~ 4.7℃ 를 기록하여 에너지 하베스팅 컨테이너의 내부 온도가 최저온도 기준 외기 대비 10℃ 이상 높게 유지됨을 확인
- 추가 테스트를 통해 태양광과 풍력 등 자연적인 에너지원으로부터 수확할 수 있는 에너지의 기초 데이터 검증 후 내륙으로 운송하며 공간적인 자료 추가 수집, 향후 무인관측 모듈, 내륙기지 모듈 등 남극 연구 인프라에 적용할 수 있는 에너지 하베스팅 기술 고도화 예정

(2) 2차년도(2024)

○ 일반 화물של매 2대 신규 확보를 통해 화물 수송능력 향상

- 남극내륙 탐사거리 증가 및 연구거점 구축을 위한 연구장비 확대 등으로 탐사선단 화물 수송 능력의 지속적인 강화 진행

<표 43. 남극내륙 탐사장비 보관 장소 및 상태점검>

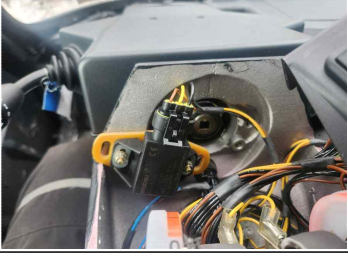
보유 위치	보유장비명	수량	기타
장보고기지	- 화물운송של매	5 대	- 빙저호 2대, 발전기 1대, 클린랩컨테이너1대. 블로워 1대 등 상차
	- 클린랩 컨테이너	1 대	- 김민철, 담당
	- 100kw 발전기 컨테이너	2 대	- 1호발전기 클린랩 콘센트
	- 피스텐블리	1 대	- 10 호 (블로어 장착 가능)
	- 악티트릭 (히어로) 신타페	1 대	- 컨테이너 보관
	- 고단열컨테이너/열수시추	1	- 22년도 11월 기지이동
	- 폐기물 보관 컨테이너	1	- 22년도 11월 기지이동

	- 폭약컨테이너	1	- 22년도 11월 기지이동
K루트 베이스캠프 (JBS 기점 110 km)	- 연료탱크셀매	11 대	- 재고 없음(유류jet a-1)
	- ISO 연료탱크	1 대	- 3000 리터
	- 캐라반 1호	1 세트	- 발전동 + 리빙룸
	- 캐라반 2호	1 세트	- 발전동 + 리빙룸(발전기고장)
	- 식자재컨테이너	1 대	-
	- 공구보관컨테이너	1 대	-
	- 안전장구류 보관 컨테이너	1 대	-
	- 식자재.. 공구류 컨테이너	1 대	-
	- 악틱트럭컨테이너	1 대	- 하이룩스 (미션고장) - 21/22 시즌 부품 입고
	- 악틱트럭 컨테이너	1 대	- 실버
	- 악틱트럭 컨테이너	1 대	- 레드
	- 챌린저 1호	1 대	-
	- 챌린저 2호	1 대	-
	- 피스텐블리	6 대	-
중간보급기지 (JBS 기점 90 km)	- 피스텐블리 (1.3.7)	3 대	- 1호: 견인고리 불량 - 3호: 펜클러치 교환 필요 - 7호: 펜클러치, 워터펌프 고장
콘코르디아 기지	- ISO 연료탱크	1 대	- 15000리터 차년도 항공레이다 탐 사 시 사용예정(JET A-1)

- 남극내륙의 극한환경에서 지속적인 탐사진행으로 기 보유 장비의 급격한 노후화 진행
- 지속적인 남극내륙탐사 수행을 위해서는 탐사차량의 대대적인 정비작업 불가피
- 차년도 탐사차량 정비계획 수립

<표 44. 남극내륙 탐사장비 이상상태 및 차년도 정비계획>

정비부 사진	차량명/정비부품	비고
	하이룩스 아틱트럭 - 2륜 4륜 구동전달이 원활하 지않음 -차량 미션 케이스 파손	부품은 구매완료 상태이며 교 환후 정상 운행가능

	설상차 3호 - 차량운행시 엔진과열 - 팬클러치 파손	부품은 구매완료 상태이며 교환후 정상 운행가능
	설상차 7호 - 냉각수 누수와 엔진과열 - 팬클러치, 워터펌프 고장	부품은 구매완료 상태이며 교환후 정상 운행가능
	설상차 7호 - 조수석 주행모터 유압호스 누유 - 유압호스 파손	부품은 구매완료 상태이며 교환후 정상 운행가능
	설상차 2호 - 틸러실린더 작동 불가 - 적재함 포지션센서 불량	부품은 구매완료 상태이며 교환후 정상 운행가능
	설상차 10호 - 차량운행중 방향 전환이 잘 안됨 - 방향조절 센서 불량	부품은 구매완료 상태이며 교환후 정상 운행가능

연구시설장비 예산심의 결과

심의일자 : 2023-05-22

심의번호 : 본23-252

순번	1	심의시설장비번호	본23-252	시설 장비명	화물선회		담당부처	해양수산부	
세부사업	극지연구소운영지원(주요사업 비)		내역사업	장비시스템구입비		과제명	남극내륙 연구거점 구축과 기지 후보지 선 정을 위한 병원탐사		
유형	본심의		단가	241		수량	1	총금액	241
요청내용 (백만원)				최종결과 (백만원)					
년도	정부예산 요구액	자체 부담금	합계	심의결과	정부예산 인정액	자체 부담금	합계	정부예산 삭감액	
2024	241	0	241	인정	241	0	241	0	
합계 :	241	0	241	합계 :	241	0	241	0	
① 사업(연구)의 부합성 : 인정 - 신청 장비인 화물선회는 극지연구소운영지원사업의 남극내륙 연구거점 구축과 기지 후보지 선정을 위한 병원탐사를 위한 장비로 사업 취지에 부합함 ② 연구시설·장비의 활용성 : 인정 - 기구축된 장비는 탐사장비 운송과 시추장비 운영, 동계기간 탐사결과 실시간 보관의 용도로 해당 운영 중에 있고, 신청 장비는 연속시추 펌프시스템과 발전모터를 장착하여 사용될 예정이므로 용도가 다르며, 기구축 장비의 가동시간을 감안할 때 활용이 어려우므로 신청 장비의 별도 구축의 필요성이 인정됨 ③ 연구시설·장비의 적정성 : 인정 - 기구축 장비 중 국산 장비를 존재하나, 제출된 보완자료 내 국산 장비의 공차중량, 연료 소모량 및 운영 시 발생하는 소음, 경사면 미끄러짐 등 국산 장비 운영 시 발생된 문제점들로 인하여 외산 장비의 도입이 필요함에 따라 외산 장비에 대한 단일전력시 제출 사유가 인정됨 ⇒ (총합) 도입 인정 - 위의 내용을 종합하여, 본 장비의 도입을 인정함									

<그림 309. 2차년도 화물선회 신규확보를 위한 NFEC 사전심의 결과>



<그림 310. 신규확보된 화물선회 2점의 남극 운송 및 장보고 기지 인근 야적>

(3) 3차년도(2025)

- 화물선회 신규 탐사장비 구매 취소 및 빙저호 시추 연구장비 대체 확보
 - 3차년도 구매 예정이었던 화물선회의 주 활용목적이던 빙저호 시추장비가 소내 심의를 통해 취소된 바, 연구장비 확보 우선순위에 따라 화물선회 구매를 취소하고 빙저호 시추장비 대체 구매
- 차기 후속사업을 통해 지속적으로 남극내륙 탐사선단 강화 및 기 보유 장비 유지 보수 추진

심의완료 연구시설장비 구축 포기 사유서

(화물셀매 / 김홍귀)

□ 심의당시 연구시설장비 기본 정보

과제명 (과제번호)	남극내륙 연구거점 구축과 기지후보지 선정을 위한 빙원탐사 (PE25080)	과제 기간	2025.01.01.~ 2025.12.31	과제 책임자	이강현
장비명	화물셀매 (2대)	장비 가액 (백만 원)	252	기술지원 위원회 회차	제24-02

□ 구축 포기 사유

- ◆ 현재 남극내륙연구사업단에서는 화물셀매 17대를 확보하여 「남극내륙 연구거점 구축과 기지 후보지 선정을 위한 빙원탐사(책임자: 이강현)」, 「남극 David 빙하 빙저호 지구물리 탐사기술 및 얼수시추 기술개발(책임자: 이종익)」 기관고유사업에 활용하고 있음.
- ◆ 상기한 남극내륙 연구사업 수행을 위해 ‘25년도 연구 장비 운송을 위한 화물셀매 2대 신규 구매에 대한 국가연구시설장비진흥센터 (NFEC) 심의를 득하였음.
- ◆ 그러나 ‘25년도 소내 연구장비 구매예산 심의 시, 신규 구매한 화물셀매를 이용하여 운송하고자 한 빙저호 시추장비 구매가 부결됨.
- ◆ 국가연구장비 활용효율을 최대화하기 위해서는 화물셀매에 앞서 연구장비 구매가 선행되어야 하는 바, 빙저호 시추장비 확보에 필요한 예산 확보를 위해서 ‘25년도에 구축하고자 하였던 화물셀매 2대 구매를 포기함

<그림 311. 3차년도 구매 예정장비의 구축 포기>

<표 45. 3차년도 남극내륙 탐사장비 보유현황>

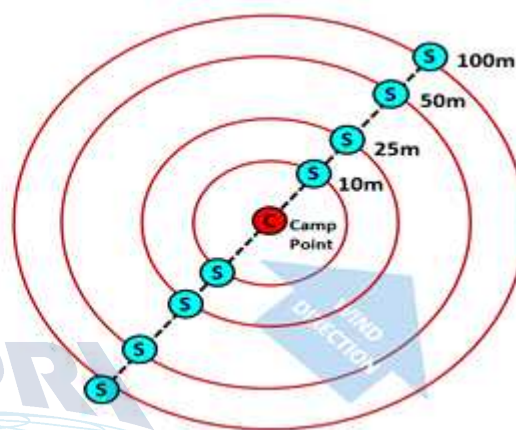
보유 위치	보유장비명	수량	장비 상태
장보고기지	- 화물운송썰매	7 대	- ISO탱크, 폐기물 컨테이너, 블로워 컨테이너, 발전기 컨테이너, 클린랩 컨테이너, 호스릴 컨테이너 캡스턴 컨테이너등 7대 상차 사용 중
	- 설상차	8 대	- 1~6, 9, 10호
	- 연료탱크	6 대	- 2, 3, 5, 6, 9, 10호 (총 1만리터 보유)
	- ISO 탱크	2 대	- 24/25시즌 보급 ISO 탱크 내 1만리터 보유 - 23/24시즌 보급 ISO 탱크 내 2만리터 보유
	- 극지 전용 SUV	1 대	- 컨테이너 보관
	- 발전기 컨테이너(빙저호)	2 대	- 1호발전기 클린랩 콘센트장착
	- 고단열 컨테이너(빙저호)	1 대	
	- 클린랩 컨테이너 (빙저호)	1 대	
	- 호스릴 컨테이너 (빙저호)	1 대	
	- 캡스턴 컨테이너 (빙저호)	1 대	
베이스캠프	- 폐기물 보관 컨테이너	1 대	
	- 탐성파탐사 컨테이너	1 대	- 탄성파 탐사용 폭약 적재 중
	- 연료탱크썰매	5 대	- 연료 재고없음
	- ISO 연료탱크	1 대	- 연료 재고없음
	- 캐라반 1호	1 세트	- 발전동 + 리빙룸
	- 캐라반 2호	1 세트	- 발전동 + 리빙룸(발전기고장)
	- 식자재컨테이너	1 대	-
	- 공구보관컨테이너	1 대	-
	- 안전장구류 보관 컨테이너	1 대	-
	- 극지 전용 SUV	3 대	- 1대(하이룩스) 미션 고장
	- 트랙터 1호	1 대	
	- 트랙터 2호	1 대	- 엔진 미션 연결부 불량
90km	- 설상차	1 대	- 8호, 크레인 유압호스 불량
	- 설상차	1 대	- 7호, 펜클러치, 워터펌프 고장
심부빙하 시추거점	- ISO 연료탱크	1 대	- 15,000리터 보유
빙원입구 모레인	- 화물썰매 및 굴삭기	1 대	- 국내제작 화물썰매 / 굴삭기(03)

라. 환경영향평가

(1) 1차년도(2023)

○ 110km 베이스캠프 환경시료 채집 및 분석

- 남극내륙탐사 수행 시, 탐사 준비 및 연구장비 정비를 위해 110km 베이스캠프 지역 장기간 체류
- 해당 지역에서 탐사 활동으로 기인한 인위적인 환경영향을 평가하기 위하여 내륙탐사 캠프 주 활동지점에서 풍향을 고려하여 캠프지로부터 10m, 25m, 50m 그리고 100m 간격으로 표층 눈시료를 획득
- 표층 눈시료의 미량 무기원소 분석을 위하여 극지연구소 청정실험실 운영 중인 산세척 방법(Acid cleaning method)로 세척된 LDPE 재질의 실험용 플라스틱 용기(NALGENE)를 사용



<그림 312. 110km 베이스캠프 표층눈시료 채집모습과 샘플링 지점 다이어그램>

- 시료는 산세척 방법으로 세척된 1L 시료병에 총 8개를 채집하였으며, 수송과정까지 냉동(-20도) 상태로 유지

<표 46. 베이스캠프 환경시료 채집>

no.	name	Location		Elevation(m)	date	bottle acid
1	10미터 지점	74° 58.932'	161° 48.655'	915.1	2023.11.22	1018
2	25미터 지점	74° 58.931'	161° 48.621'	914.3	2023.11.22	1019
3	50미터 지점	74° 58.928'	161° 48.568'	914.8	2023.11.22	1020
4	100미터 지점	74° 58.924'	161° 48.462'	914.6	2023.11.22	1021
5	10미터 지점	74° 59.259'	161° 49.137'	923.7	2024.1.22	1014
6	25미터 지점	74° 59.26'	161° 49.183'	923.7	2024.1.22	1015
7	50미터 지점	74° 59.261'	161° 49.225'	923.7	2024.1.22	1016
8	100미터 지점	74° 59.262'	161° 49.328'	923.7	2024.1.22	1017

○ 천문우주관측거점 초기 환경평가를 위한 주상 눈 시료 채집

- 1차년도 남극내륙탐사 중 천문우주 관측거점에서 풍향, 풍속, 적설량, 대기 에어로졸 화학 조성 등 환경영향평가를 위한 2.3m 깊이의 주상 눈 시료 채집
- 주상 눈 시료 채집 과정에서 인위적인 오염을 최소화하기 위하여 청정실험복을 착용하였으며, 미량 무기원소 분석을 위해 극지연구소 청정실험실 운영 중인 산세척 방법(Acid cleaning method)로 세척된 LDPE 재질의 실험용 플라스틱 용기(NALGENE)와 플라스틱

샘플 백(Wheel Pak)을 사용하여 시료 채집

- 시료는 산세척 방법으로 세척된 1L 시료 용기에 48개, 그리고 멸균 전처리된 플라스틱 백(에 91개가 채집하였으며, 냉동(-20도) 상태를 유지하여 국내로 운송함



<그림 313. 천문우주관측거점 주상눈시료(snow-pit) 채집>

<표 47. 천문우주 관측거점 내 주상 눈 시료 중금속 분석시료 채집 현황>

no.	depth (cm)		acid bottle		depth (cm)		acid bottle	
	top	bottom	no.	no.	top	bottom	no.	no.
1	5	10	1126	25	125	130	1151	
2	10	15	1127	26	130	135	1152	
3	15	20	1128	27	135	140	1153	
4	20	25	1129	28	140	145	1154	
5	25	30	1130	29	145	150	1155	
6	30	35	1131	30	150	155	1156	
7	35	40	1132	31	155	160	1157	
8	40	45	1133	32	160	165	1158	
9	45	50	1134	33	165	170	1159	
10	50	55	1135	34	170	175	1160	
11	55	60	1136	35	175	180	1172	
12	60	65	1137	36	180	185	1173	
13	65	70	1138	37	185	190	1174	
14	70	75	1139	38	190	195	1175	
15	75	80	1140	39	195	200	1176	
16	80	85	1141	40	200	205	1177	
17	85	90	1142	41	205	210	1178	
18	90	95	1143	42	210	215	1179	
19	95	100	1144	43	215	220	1180	
20	100	105	1145	44	220	225	1181	
21	105	110	1146	45	225	230	1182	
22	110	115	1147	46	230	235	1183	
23	115	120	1149	47	blk-1		1184	
24	120	125	1150	48	blk-2		1185	

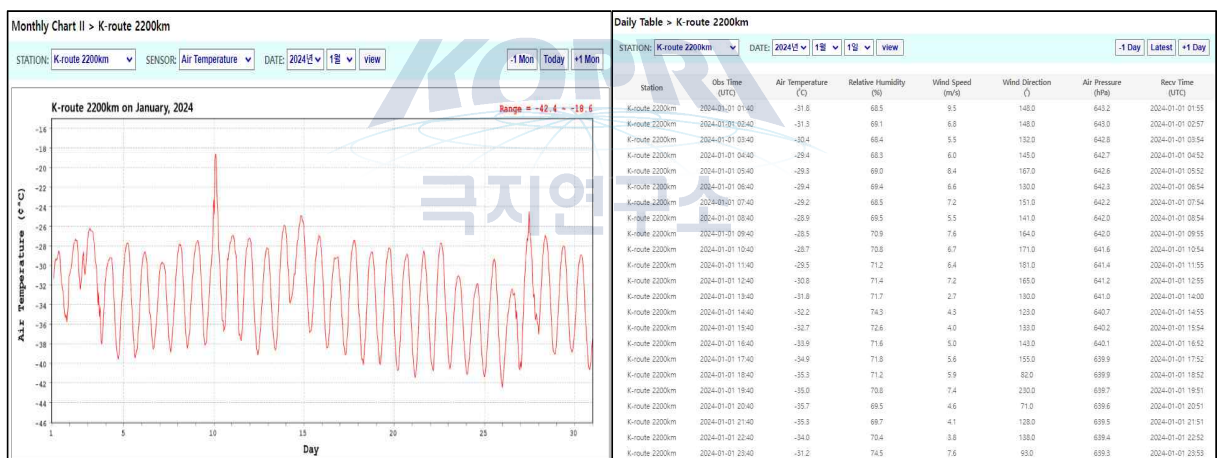
<표 48. 천문우주 관측거점 내 주상 눈시료의 물 동위원소 비 및 이온 분석시료 채집 현황>

depth (cm)			Wheal Pak	depth (cm)			Wheal Pak
no.	top	bottom	KR23/24 #2200	no.	top	bottom	KR23/24 #2200
1	5	7.5	1	45	115	117.5	45
2	7.5	10	2	46	117.5	120	46
3	10	12.5	3	47	120	122.5	47
4	12.5	15	4	48	122.5	125	48
5	15	17.5	5	49	125	127.5	49
6	17.5	20	6	50	127.5	130	50
7	20	22.5	7	51	130	132.5	51
8	22.5	25	8	52	132.5	135	52
9	25	27.5	9	53	135	137.5	53
10	27.5	30	10	54	137.5	140	54
11	30	32.5	11	55	140	142.5	55
12	32.5	35	12	56	142.5	145	56
13	35	37.5	13	57	145	147.5	57
14	37.5	40	14	58	147.5	150	58
15	40	42.5	15	59	150	152.5	59
16	42.5	45	16	60	152.5	155	60
17	45	47.5	17	61	155	157.5	61
18	47.5	50	18	62	157.5	160	62
19	50	52.5	19	63	160	162.5	63
20	52.5	55	20	64	162.5	165	64
21	55	57.5	21	65	165	167.5	65
22	57.5	60	22	66	167.5	170	66
23	60	62.5	23	67	170	172.5	67
24	62.5	65	24	68	172.5	175	68
25	65	67.5	25	69	175	177.5	69
26	67.5	70	26	70	177.5	180	70
27	70	72.5	27	71	180	182.5	71
28	72.5	75	28	72	182.5	185	72
29	75	77.5	29	73	185	187.5	73
30	77.5	80	30	74	187.5	190	74
31	80	82.5	31	75	190	192.5	75
32	82.5	85	32	76	192.5	195	76
33	85	87.5	33	77	195	197.5	77
34	87.5	90	34	78	197.5	200	78
35	90	92.5	35	79	200	202.5	79
36	92.5	95	36	80	202.5	205	80
37	95	97.5	37	81	205	207.5	81
38	97.5	100	38	82	207.5	210	82
39	100	102.5	39	83	210	212.5	83
40	102.5	105	40	84	212.5	215	84
41	105	107.5	41	85	215	217.5	85
42	107.5	110	42	86	217.5	220	86
43	110	112.5	43	87	220	222.5	87
44	112.5	115	44	88	222.5	225	88

- 천문우주 관측거점 환경영향평가를 위한 자동기상관측장비 설치 및 데이터 수집
 - 천문우주 관측거점의 기상조건 및 대기환경 기초자료를 수집하기 위하여 자동기상관측장비 (AWS: Auto Weather System)를 설치하고 실시간 기상자료를 수집
 - 이리듐 통신시스템을 활용하여 10분~1시간 간격으로 극지연구소 내부 서버에(KELOS) 실시간 자료 전송



<그림 314. 천문우주 관측거점에 설치한 AWS와 강설량 확인을 위한 10cm 단위표기>



<그림 315. 천문우주 관측거점 AWS의 실시간 자료 수집 현황 (2024-1월 자료)>

- 심부빙하 시추거점 적설량 조사
 - 심부빙하 시추거점의 연간 적설량을 확인하기 위해 '21년에 20cm 단위로 표시한 대나무 막대 5개를 설치
 - 설치 후 2년이 지난 '23년에 확인한 결과 적설량이 20cm 미만인 것으로 확인
 - 향후 주상 눈 시료의 물 안정동위원소 비 분석결과를 통해 연평균 적설량 파악 예정



<그림 316. 심부빙하 시추거점 내 대나무 막대를 활용한 적설량 조사 현황 (좌:2021년 12월 22일 / 우: 2023년 12월 13일)>

○ 남극내륙 연구거점 구축을 위한 환경영향평가 시료 전처리 및 분석

- 이전 탐사에서 확보한 15개 지점의 핸드오거 시료 중 8개 지점 시료에 대한 전처리 및 분석시료 준비 완료
- 1차 절삭 전처리 작업은 원형의 빙하코어에서 2cm 넓이로 빙하를 절삭하여 물 안정동위원소 비 분석시료 준비

<표 49. 남극내륙탐사 환경영향평가 빙설시료 채집 정보>

No.	Sampling info.				Bottle info.			notes (장보고기지 기점 거리)
	Time	Point			Acid	Ions (KR)	Core	
	(2021yr) /mm/dd	Latitude (N)	Longitude (E)	Elevation (m)	1L	250ml	depth(m) Run	
1	11-21	74° 50.093'	160° 26.780'	1352.4	896	1,2	3.6 (1-8)	156 km
2	11-24	74° 47.384'	158° 30.287'	1632.1	897	3,4	3.7 (1-8)	212 km
3	11-26	74° 46.880'	157° 35.008'	1827.2	898	5,6	3.5 (1-7)	240 km
4	11-28	74° 47.043'	155° 50.987'	1978.2	899	7,8	4.3 (1-11)	290 km
5	11-29	74° 36.608'	154° 11.620'	2169.7	900	9,10	4 (1-9)	345 km
6	11-30	74° 48.503'	152° 02.775'	2308.5	901	11,12	4.3 (1-10)	415 km
7	12-03	74° 59.969'	150° 28.652'	2374.7	902	13,14	3.8 (1-8)	465 km
8	12-04	75° 16.354'	148° 09.303'	2470.3	903	15,16	3.4 (1-8)	537 km
9	12-05	75° 32.636'	145° 46.552'	2517.4	904	17,18	3.7 (1-11)	611 km

No.	Sampling info.				Bottle info.			notes (장보고기지 기점 거리)
	Time	Point			Acid	lons (KR)	Core	
	(2021yr) /mm/dd	Latitude (N)	Longitude (E)	Elevation (m)	1L	250ml	depth(m) Run	
10	12-08	75° 34.318'	139° 49.087'	2696.3	905	19,20	3.5 (1-10)	777 km
11	12-09	75° 35.061'	137° 21.634'	2809.3	906	21,22	3.5 (1-10)	843 km
12	12-10	75° 38.034'	135° 03.354'	2862.3	907	23,24	3.4 (1-10)	908 km
13	12-11	75° 56.728'	132° 43.018'	2923.5	908	25,26	3.2 (1-9)	981 km
14	12-12	76° 13.185'	130° 02.015'	3025.9	909	27,28	3.2 (1-9)	1060 km
15	12-15	76° 21.620'	127° 47.115'	3125.5	910	29,30	7.9 (1-17)	1121 km

<표 50. 남극내륙탐사 환경시료 전처리 결과>

Site	Run or Bag	Wheal pak counting	Total counting
KR21/22 #15	1	8	152
	2	8	
	3	9	
	4	10	
	5	9	
	6	9	
	7	7	
	8	10	
	9	10	
	10	10	
	11	10	
	12	8	
	13	10	
	14	8	
	15	10	
	16	7	
	17	9	
KR21/22 #14	1	8	87
	2	8	
	3	11	
	4	10	
	5	9	
	6	12	
	7	10	
	8	10	
	9	9	
KR21/22 #13	1	9	86
	2	10	
	3	10	
	4	7	
	5	11	
	6	5	

	7	11	
	8	11	
	9	12	
KR21/22 #12	1	8	77
	2	10	
	3	8	
	4	10	
	5	7	
	6	8	
	7	8	
	8	8	
	9	10	
KR21/22 #11	1	9	95
	2	10	
	3	11	
	4	10	
	5	9	
	6	10	
	7	10	
	8	10	
	9	11	
	10	5	
KR21/22 #10	1	9	92
	2	9	
	3	10	
	4	11	
	5	10	
	6	8	
	7	10	
	8	10	
	9	10	
	10	5	
KR21/22 #9	1	8	91
	2	9	
	3	7	
	4	9	
	5	7	
	6	7	
	7	10	
	8	9	
	9	10	
	10	10	
	11	5	
KR21/22 #8	1	8	75
	2	9	
	3	10	
	4	10	
	5	11	
	6	11	
	7	9	
	8	7	

- 1차 절삭 작업이 종료되고 물 안정동위원소 비 조성을 파악하기 위한 cutting resolution 설정을 위하여 동일한 지점에서 수행한 snow-pit 시료의 물 안정동위원소 비 분석결과를 참고하여 5cm resolution으로 시료 절삭

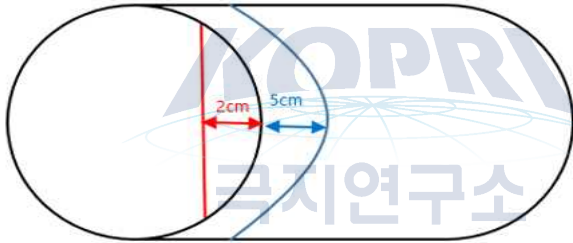
Work Name: KR21/22 hand auger sample(#15) cutting for stable water isotope analysis

1. Description

- Site name: #15 (1500site, 2021/22 season)
- Run no: #15-1 ~ #15-17
- depth: 7.9m (790cm)
- storage place: R0-1층 냉동실험실
- participants: 전성준, 이승주(이아형), 김동우, 이은호 4명
- working date: 2-3 day

2. Procedure

- prepare plastic sample bag(WHIRL-PAK, 160ea, marking tag KR21/22 #15 wi(1) ~ wi(160))
- Measurement Density (cylindrical sample) and logging
- 1st cutting: 2cm in diameter
- 2nd cutting: 5cm each resolution



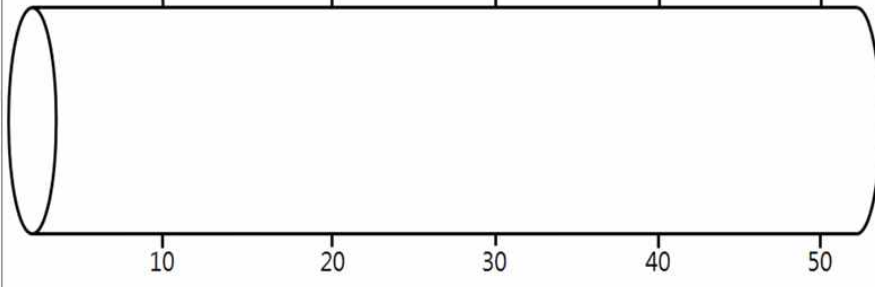
<그림 317. #15번 연구거점의 빙하코어 시료절삭 계획>

KR21/22 firn core (1500site) **#15**

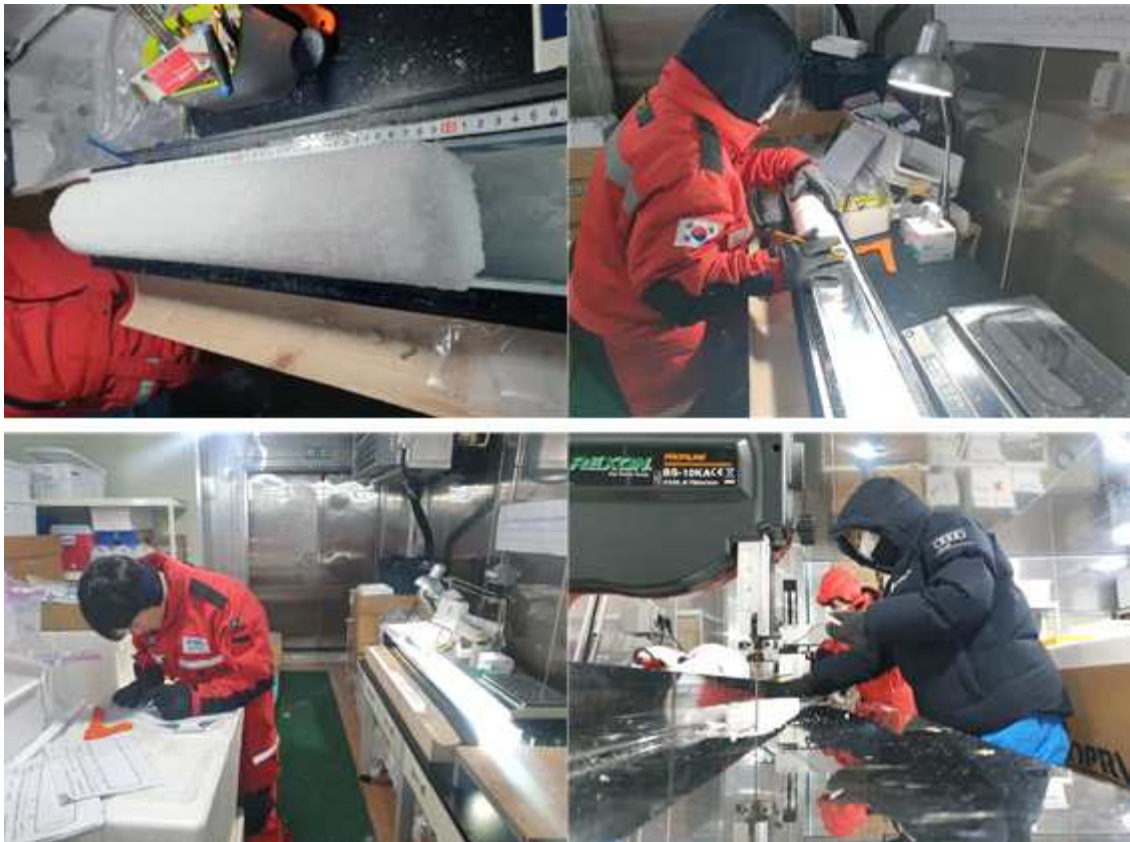
Decontamination Date : Run : Length :

Observation – Fractures, insoluble (dust, particle, volcanic) layers, ice lenses, etc.

← TOP Bottom →



<그림 318. 빙하코어 1차 시료 절삭을 위한 logging form>



<그림 319. 이전 탐사를 통해 획득한 연구거점별 빙하코어 시료 절삭>



<그림 320. 냉동실험실에 보관중인 빙하코어와 절삭이 완료된 분석시료>

○ 남극내륙 환경시료 분석을 위한 청정실 운영

- 남극 빙설 시료 내 극미량으로 존재하는 빙설 프록시 개발 연구는 분석 과정에서 시료의 오염을 최소화하기 위하여 Class 1000 청정도의 청정실험실 내 Class 10 클린부스에서 수행됨
- 공기 중 부유입자로부터의 오염 방지와 실험조건 유지를 위해 클린룸 내부의 공기는 “외부 공기 → 프리필터 → FFU (Fan Filter Unit) → 클린룸 → 향온향습기 → 리턴 +외부 추가 급기” 순서의 기류 형성을 통해 청정도와 향온향습을 관리하고 있음
- 이러한 기류의 경로상에 있는 모든 사람과 사물은 분석실험의 잠재적 오염원이 될 수 있기 때문에 클린룸의 품질 유지를 위해서는 각 요소에 대한 지속적인 관리가 필수적임
- 당해에는 석회질 스케일 침착 및 전극봉의 전체적인 부식에 의한 오염원 발생을 예방하기 위하여 사용기한이 도래한 향온향습기 가습모듈 점검 후 유지보수 작업을 실시함
- 가습모듈의 분해 점검 후 부식이 진행 중인 전극봉 컨트롤러, 노즐, 실린더, 바디, 급배수전자변, 물받이통, 호스의 교체 및 청소를 완료함



<그림 321. 향온향습기 가습모듈 유지보수 작업>

○ 실험수 관리를 위한 수도 설비 증설 및 초순수 제조시스템 구축

- 남극 빙설 시료 내 극미량으로 존재하는 빙설 프록시 개발 연구는 실험에 사용하는 실험수 내의 분석 목표물질 농도가 빙하시료에 존재하는 농도보다 높으면 신뢰할 수 있는 분석결과를 도

출할 수 없음

- 따라서 시료용기 세척, 분석 표준물질 제조 등에 사용되는 실험수의 생산과 관리는 빙설 프록시 개발 연구에 매우 중요한 요소임
- 당초 자체 수도시설 부재로 인하여 실험수가 필요한 실험과정이 경우 인근의 다른 청정실험실에서 진행하여 왔으나, 이동 과정에서 발생 가능한 시료의 오염 가능성을 최소화하고 실험수의 체계적인 품질관리를 위하여 수도 설비를 증설하고 초순수 제조시스템을 구축
- 신규 도입한 초순수 제조장치는 수돗물을 25℃에서 저항도 18.2 MΩ·cm 및 TOC ≤5ppb로 정제시키고, 정제 과정을 거친 물을 Q-POD 채수장치로 보내 최종 정제(Application POD-Pak)하여 특정 오염물을 제거하는 과정을 통해 생산한 초순수를 배출
- 초순수 제조시스템은 청정실험실 내 Class 10 클린부스에 설치하여 운영 중이며 3차 및 1차 증류수의 상시 채수가 가능하여 청정실험을 위한 실험용기 및 실험기구 세척과정에 활용 중



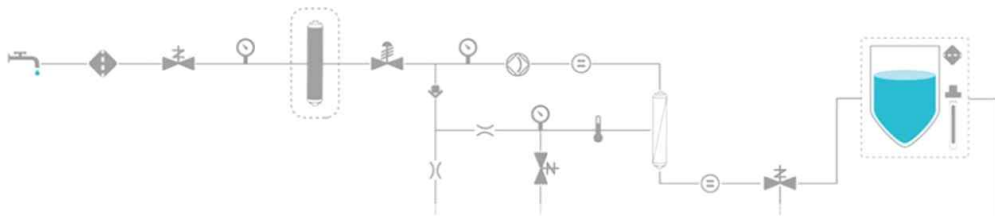
<수도 설비 증설 전>



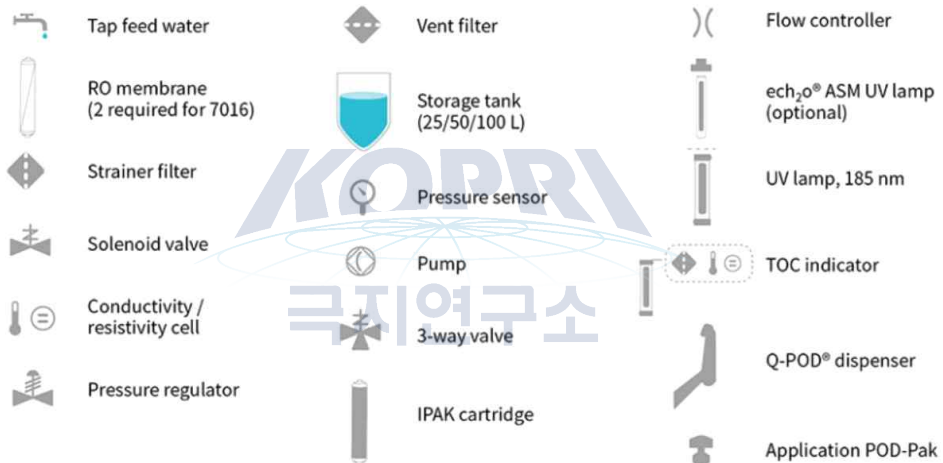
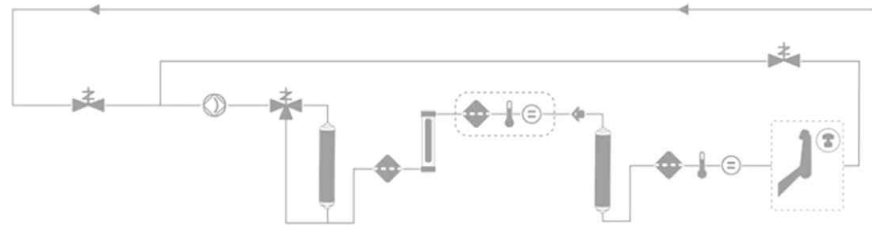
<수도 설비 증설 후>

<그림 322. 수도설비 증설 전과 후>

Purification flow schematic



Distribution flow schematic



<그림 323. 초순수 제조시스템의 정제 및 채수 흐름도>



<그림 324. 초순수 제조시스템(좌) 설치 사진 및 클린부스 헤파필터 유닛(우)>

○ 청정도 관리를 위한 모니터링 시스템 운영

- 내외부 오염입자 발생(유입) 확인과 실험조건 유지를 위하여 클린룸 내부 공기 배출구(필리프 댐퍼)에 센서모듈을 설치하여 내부 공기의 온도, 습도, 부유입자수(입자직경 < $0.3\mu\text{m}$ 기준), 양압을 실시간으로 모니터링할 수 있는 시스템 운영
- 분석연구 전후 해당 모니터링 데이터를 점검하여 향온향습기 및 FFU 점검, 필터 교체, 클린룸 청소 등의 관리작업 필요여부를 판단·수행하여 클린룸의 청정도를 유지관리 중



<그림 325. 클린룸 내기 모니터링 시스템>



<그림 326. 클린룸 내기 모니터링 시스템을 통한 실시간 수집 데이터>

○ 클린룸 관리 전문인력 양성

- 클린룸의 실내 환경은 빙설 프록시 분석연구에 절대적인 영향을 끼치는 중요 요소로써 안정적이고 신뢰할 수 있는 분석결과를 확보를 위해서는 클린룸에 대한 이해를 바탕으로 오염요소에 대한 특별한 관리가 요구됨
- 일반적으로 클린룸의 청정도는 외부로부터의 오염물질 유입, 내부의 사람과 사물에 의한 발생, 유입·발생된 오염물질의 실내 집적, 실내 오염물질의 배제 효율 감소 등의 오염요소와 이러한 오염요소의 부적절한 관리로 인해 저해됨
- 클린룸의 유지관리는 클린룸 입·출 절차, 필터 뉴설 유무, 무진장비(에어샤워 등), 청소, 온·습도, 차압, 기류, 정전기, 공조설비 관리 등 클린룸의 초기상태의 청정조건을 유지하기 위한 일체의 행위로서 여러 관리 항목에 대한 철저한 유지관리를 통해 청정도를 유지할 수 있음
- 빙설 프록시 분석시스템의 적절한 유지관리를 위하여 클린룸의 기초, 운영 이론을 바탕으로 클린룸의 설비관리, 오염제어, 유지보수 등의 업무를 전문적으로 수행할 수 있도록 연구인력의 교육 및 자격 취득 지원을 통해 클린룸 관리를 위한 전문인력을 양성함



<그림 327. 클린룸 실무전문가 집체교육 사진(좌) 및 취득 국제자격증(우)>

○ 클린룸 관리 전문인력 양성

- 빙설 프록시 개발연구 수행 과정에서 필수적으로 취급해야하는 고압가스, 화학물질, 첨단장비 등 특정 연구장비와 재료는 연구자와 연구실의 안전을 위협할 수 있는 잠재적 위험요인으로써 안전한 연구환경 조성을 위해 주의관리가 필요함
- 이와 같은 분석연구 과정상의 유해·위험요인의 파악하여 관리함으로써 연구자와 연구실의 부상(질병) 및 손해의 발생을 예방하고, 안전한 연구환경 조성을 통해 프록시 개발연구 효율을 향상시키고자 과기부 주관의 “안전관리 우수연구실 인증” 추진함
- 연구실의 안전환경을 지속적으로 개선하고 유지할 수 있도록 연구실 안전환경활동 목표와 목표달성을 위한 추진계획을 설정하고 적용 범위 목록, 안전매뉴얼 및 지침, 보호구 및 화학물질 관리대장, 안전교육일지 등의 여러 안전관리 항목을 문서화하여 체계적인 안전관리의 틀을 마련함
- 일상점검 및 정기 안전점검, 위험성평가 등 자체 안전점검을 통해 연구실의 유해인자를 정기적으로 측정하여 그 결과에 따른 개선조치와 모니터링(성과측정)을 지속하였으며, 외부전문가의 컨설팅, 내부심사, 인증심사를 통해 자체 안전관리시스템의 실효성과 적정성을 검증함
- 신규 빙설 프록시 개발을 위한 분석시스템의 안전한 운영을 위하여 안전관리 우수연구실 재인증을 주기적으로 추진하여 자율적 안전관리 역량을 강화할 예정

2023년 안전환경활동 목표 및 추진계획



연구실명		MC-KP-MIS 정명분석실		2023년도 안전보건활동 세부목표 추진계획표						
작성일자		라 호재								
작성일자		2023.1.6.								
구 분	세부 추진 사항	목표	분기별 추진일정				주관부서	담당자	예산	비고
			1/4	2/4	3/4	4/4				
안전관리 체계화	안전활동 목표 및 계획 수립	15/1년	계획					연구실 책임자	연구실 책임자	
		15/1년	실시					연구실 책임자	연구실 책임자	
	안전환경시스템 실행문서 작성	15/1년	계획					연구실 책임자	연구실 책임자	
		15/1년	실시					연구실 책임자	연구실 책임자	
유해인자 위험분석	연구실 환경 개선 및 시정조치(배출배관, 신소방도출구, 안전활동 물자 시설 조차 등)	15/1년	계획					연구실 책임자	연구실 책임자	
		15/1년	실시					연구실 책임자	연구실 책임자	
	사전유해인자 위험분석	15/1년	계획					연구실 책임자	연구실 책임자	
		15/1년	실시					연구실 책임자	연구실 책임자	
안전보건교육	중요인자분석	15/1년	계획					연구실 책임자	연구실 책임자	
		15/1년	실시					연구실 책임자	연구실 책임자	
	평가(위험성평가 실시, 중요도 평가 등)	15/1년	계획					연구실 책임자	연구실 책임자	
		15/1년	실시					연구실 책임자	연구실 책임자	
안전보건교육	교육·훈련 계획 수립	15/1년	계획					연구실 책임자	연구실 책임자	
		15/1년	실시					연구실 책임자	연구실 책임자	
	안전보건교육(실시, 목표 달성)	15/1년	계획					연구실 책임자	연구실 책임자	
		15/1년	실시					연구실 책임자	연구실 책임자	
안전보건교육	비밀자료 관리	25/1년	계획					연구실 책임자	연구실 책임자	
		25/1년	실시					연구실 책임자	연구실 책임자	
	위생관리 및 실험환경	15/1년	계획					연구실 책임자	연구실 책임자	
		15/1년	실시					연구실 책임자	연구실 책임자	
안전보건교육	연구실 운영 법규 및 요령 검토	25/1년	계획					연구실 책임자	연구실 책임자	
		25/1년	실시					연구실 책임자	연구실 책임자	
	성과측정	25/1년	계획					연구실 책임자	연구실 책임자	
		25/1년	실시					연구실 책임자	연구실 책임자	
안전보건교육	내부심사	15/1년	계획					연구실 책임자	연구실 책임자	
		15/1년	실시					연구실 책임자	연구실 책임자	
	연구실의 안전 환경	15/1년	계획					연구실 책임자	연구실 책임자	
		15/1년	실시					연구실 책임자	연구실 책임자	
안전보건교육	안전관리 우수연구실 인증	15/1년	계획					연구실 책임자	연구실 책임자	
		15/1년	실시					연구실 책임자	연구실 책임자	
	안전관리 우수연구실 인증	15/1년	계획					연구실 책임자	연구실 책임자	
		15/1년	실시					연구실 책임자	연구실 책임자	

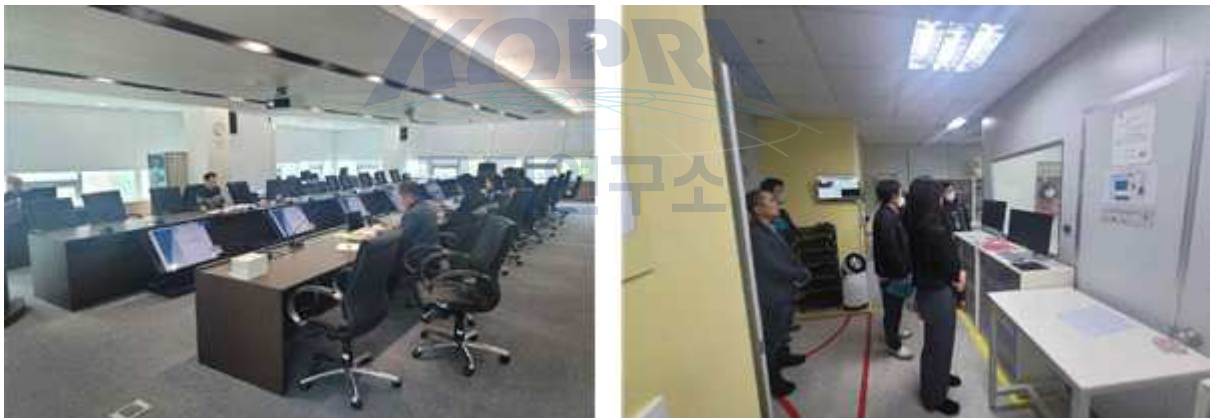
<그림 328. 연구실 안전환경 활동목표 및 추진계획>



<그림 329. 안전환경활동을 위한 문서화 목록>



<그림 330. 자체점검을 통한 안전환경 개선조치 사례>



<그림 331. 안전관리분야 외부전문가의 지도 및 검증>

(2) 2차년도(2024)

○ 남극내륙탐사 환경영향평가를 위한 환경시료 전처리 및 분석

- 이전 탐사에서 채집한 15개 지점 핸드오거 시료 중 1차년도에 전처리한 8개 지점 시료를 제외한 7개 지점 시료의 절삭 전처리 작업 시행
- 절삭 전처리 작업은 원통형의 편 코어의 세로축을 따라 측면 2cm 부분을 1차로 분리한 후, 분리된 절삭시료를 5cm 단위로 가로로 절삭하였으며, 향후 물 안정동위원소 비 분석 예정

<표 51. 2차년도 남극내륙탐사 환경시료 전처리 현황>

No	Sampling info.				Bottle info.			notes
	Time	Point			Acid	Ions (KR)	Core	
	(2021yr)	Latitude	Longitude	Elevation	1L	250ml	depth(m)	

	/mm/dd	(N)	(E)	(m)			Run	
#1	11-21	74° 50.093'	160° 26.780'	1352.4	896	1,2	3.6 (1-8)	156 km
#2	11-24	74° 47.384'	158° 30.287'	1632.1	897	3,4	3.7 (1-8)	212 km
#3	11-26	74° 46.880'	157° 35.008'	1827.2	898	5,6	3.5 (1-7)	240 km
#4	11-28	74° 47.043'	155° 50.987'	1978.2	899	7,8	4.3 (1-11)	290 km
#5	11-29	74° 36.608'	154° 11.620'	2169.7	900	9,10	4 (1-9)	345 km
#6	11-30	74° 48.503'	152° 02.775'	2308.5	901	11,12	4.3 (1-10)	415 km
#7	12-03	74° 59.969'	150° 28.652'	2374.7	902	13,14	3.8 (1-8)	465 km

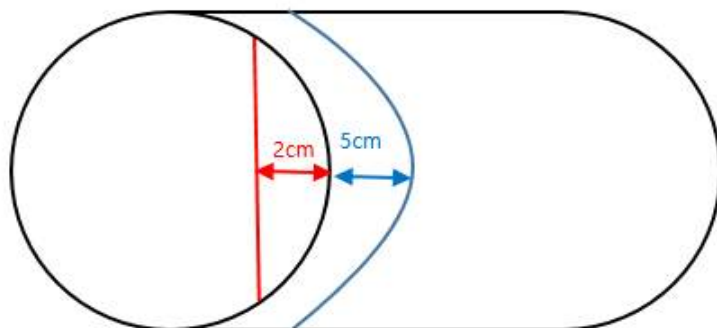
Work Name: KR21/22 (#7-5 ~ #1-1) and KR23/24 (#1500(2)) hand auger samples cutting for stable water isotope analysis and Achieve

1. Description

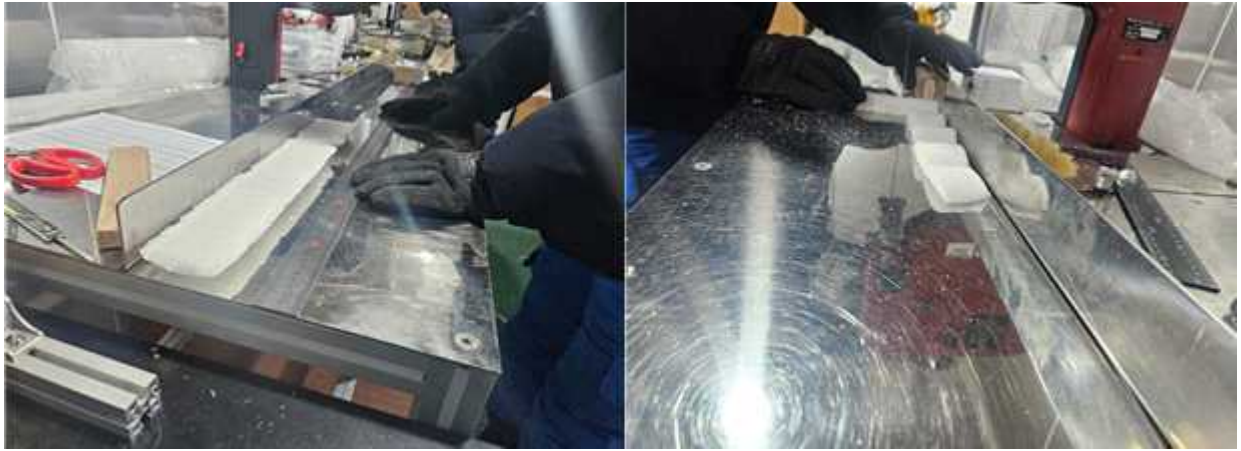
- Site name: #15 (1500site, 2021/22 season) and #1500(2)
- Run no: #7-5 ~ #1-1 / #1500(2)-1 ~ 14
- Length: max 4.3m ~ min 3.5m
- Storage place: R0-1층 냉동실험실
- Participants: 전성준, 이아형, 강경제 3명

2. Procedure

- prepare plastic sample bag(WHIRL-PAK, 530ea, marking tag KR21/22 #15 wi(800) ~ wi(1330))
- Measurement Density (cylindrical sample) and logging
- 1st cutting: 2cm in diameter
- 2nd cutting: 5cm each resolution



<그림 332. 편 코어 시료 절삭 전처리 개요>

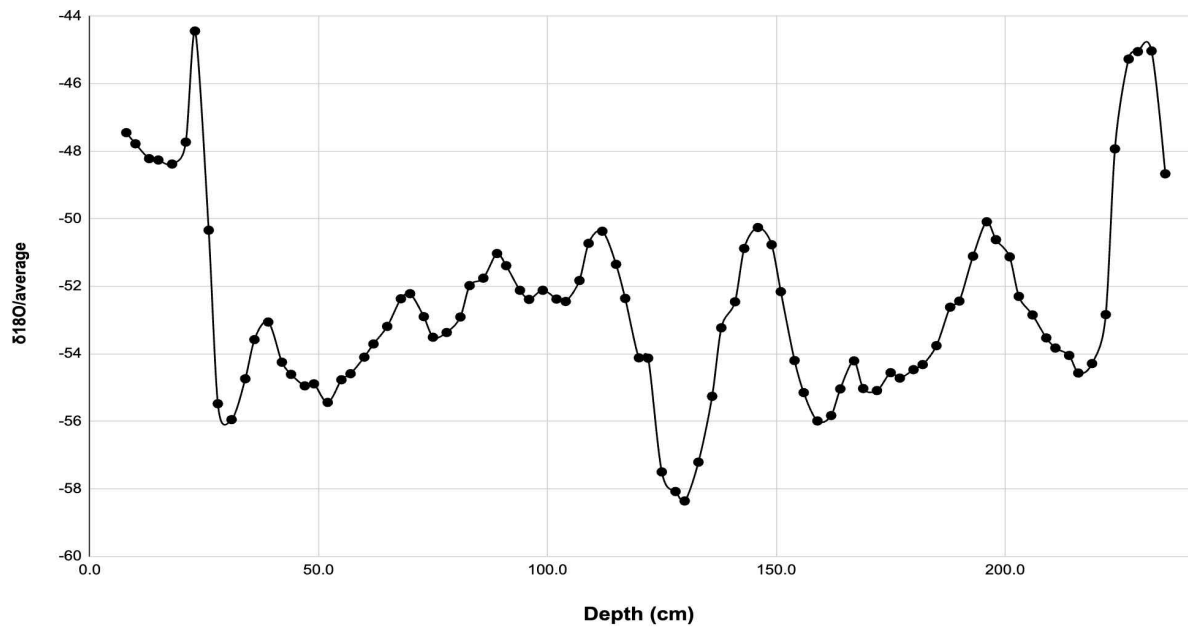


<그림 333. 냉동실험실 편 코어 시료 절삭 전처리 과정>

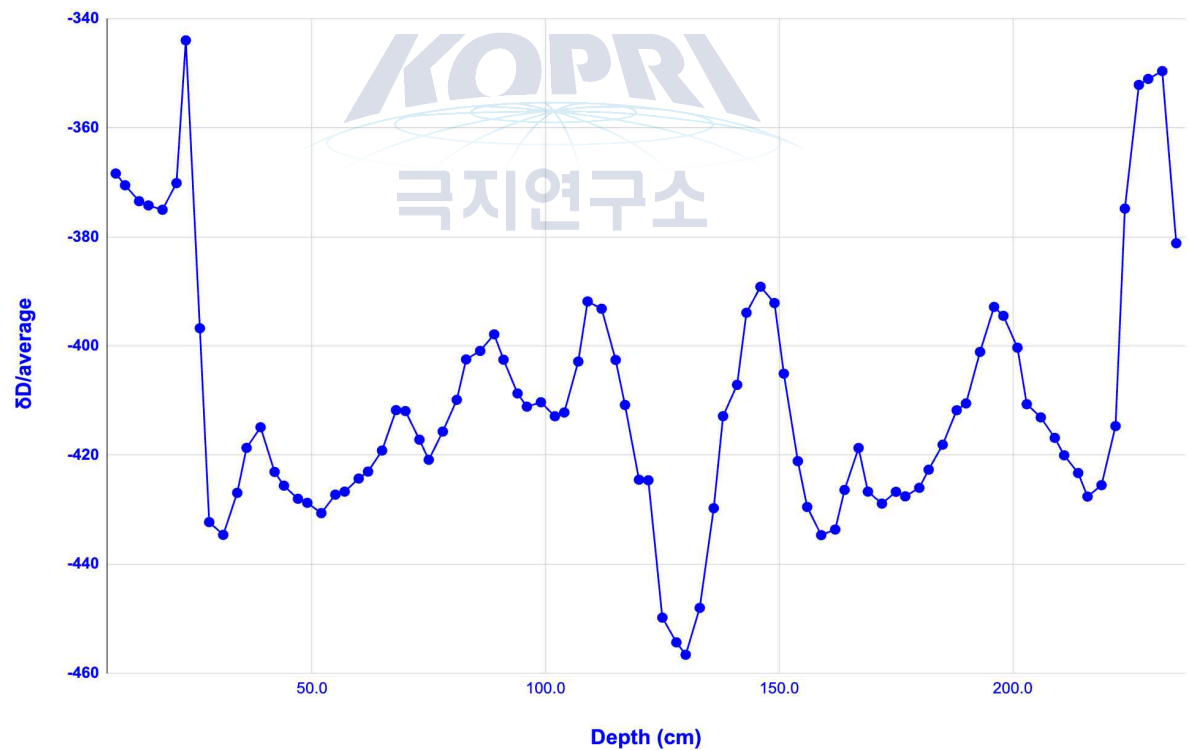


<그림 334. 남극내륙탐사 중 획득한 빙하코어 시료를 냉동실험실에서 1차 절삭하는 장면>

- 천문우주관측거점 주상 눈 시료의 물 안정동위원소 비 분석
 - 천문우주관측거점에서 획득한 총 88개 눈 시료를 상온에서 녹인 후, $0.45\ \mu\text{m}$ 여과지를 이용하여 여과한 후 레이저 분광기기(CRDS)를 이용하여 물 안정동위원소 비 분석
 - 물 안정동위원소 비 분석 결과, 전체적으로 해안지역에 비해 낮은 값을 보여 남극내륙의 극저온환경을 잘 반영하고 있음
 - 하계기간에 물 안정동위원소 비가 상대적으로 낮은 음의 값을 갖고 동계기간에 높은 음의 값을 보이는 남극 빙설시료의 특성을 고려할 때, 총 2.35m 깊이의 주상 눈 시료가 9~10년의 기간에 해당하는 것으로 판단됨
 - 분석결과를 기반으로 천문우주 관측거점의 적설량을 계산한 결과 대략 23.5cm/yr의 적설량을 보여 쿱코르디아 기지에서 확인된 7.5~9.2cm/yr (Genthon *et al.*, 2015, *Int. J. Climat*)보다 2.5~3배 높은 적설량을 보이는 것으로 나타남
 - 이러한 적설량의 차이는 쿱코르디아 기지와 200km 떨어져 있어 지역적 차이에 기인하는 것으로 사료됨



<그림 335. 천문우주 관측거점 주상 눈 시료의 산소 동위원소 비 변화>



<그림 336. 천문우주 관측거점 주상 눈 시료의 수소 동위원소 비 변화>

○ 환경시료 분석을 위한 청정실험실 관리

- 청정실험실 내 다중검출기 유도결합플라즈마 질량분석기(MC-ICP-MS), 이온크로마토그래피, 레이저 삭마장치 등의 정밀 분석 장비의 안정적인 전원 공급을 위해 무정전 전원공급장치(UPS) 점검 및 유지보수 작업 실시



<그림 337. 무정전 전원공급장치 배터리 교체(좌) 및 전압 측정(우)>

- 청정실험실 내 오염제어를 위해 팬필터유닛(FFU, Fan Filter Unit) 상태 점검 및 교체주기가 도래한 필터의 교체 실시



<그림 338. 청정실험실 내 공기정화 필터유닛 교체 및 상태 점검>

- 환경시료 분석 실험실 일일점검 중 클린룸 양압을 확인할 수 있는 모니터링 시스템(필리프램퍼 유량센서) 수치이상(정상시 9~12 Pa -> 20 Pa)을 발견하여 배기팬 모터 문제(과전류로 인한 과부하 계전기 자동 전류 차단)를 파악하고 배기팬 교체 작업 실시



<그림 339. 청정실험실 공조시설 이상 확인 및 배기팬 교체>

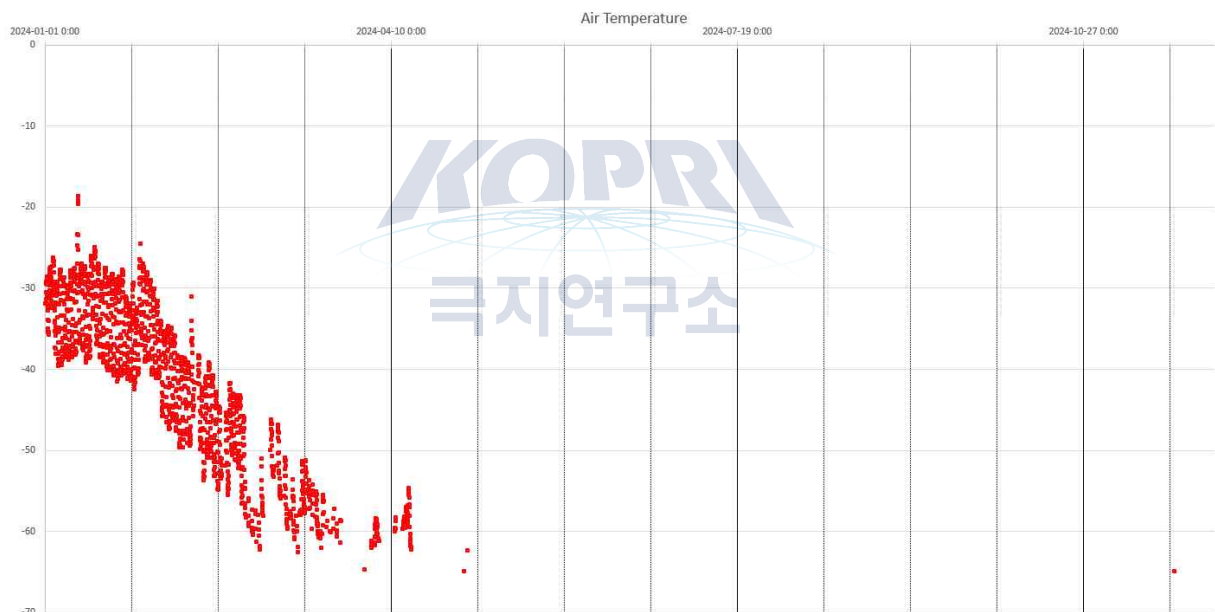
- 환경시료 분석을 위한 다중검출기 유도결합플라즈마 질량분석기(MC-ICP-MS) 상태 점검 중 ESA (electrostatic analyzer) 모듈 앞쪽에 위치한 진공펌프의 캡톤호일에서 아킹 현상 발생 및 HV (high voltage) 꺼짐, Triton 모듈의 SEM power supply, Quad board 등 HV electronics와 관련된 전원이 공급되지 않는 증상 발견
- 아킹현상이 육안으로 확인되는 캡톤호일(Kapton foil)과 의심부인 인터락리시버(Interlock receiver: 220V의 전원 입력을 받아 필요한 전압으로 변환하여 각 보드류 등 시스템에 적정 전력을 배분) 교체 후 문제 증상 제거 및 분석 시그널(238U, 200 ppb ~ 10V) 정상 검출 확인



<그림 340. 교체 부품 - 캡톤호일(좌) 및 PCB 인터락리시버(우) >

(3) 3차년도(2025)

- 천문우주 관측거점 초기 환경영향평가를 위한 환경 파라메타 자료수집
 - 천문우주 관측거점에 설치한 자동기상관측장비(AWS) 데이터 회수



<그림 341. 2차년도 천문우주 관측거점 내 AWS의 기상관측자료 (2024.01.~2024.12)>

- 2차년도 기상관측자료가 2024년 5월 이후 수집되지 않았으며 이는 설치 지점의 극저온의 기온(-60도 이하) 환경으로 인해 배터리 시스템이 시스템을 가동하기 위해 충분히 충전되지 않았을 가능성이 높음
- 3차년도 남극내륙탐사를 통해 배터리 교체 및 극저온 환경조건에서 배터리 보호 시스템 설치
- 주상 눈 시료의 수용성 주요 이온성분 분석
 - 이온크로마토그래피(Thermo Scientific, ICS-5000)를 이용하여 천문우주 관측거점에서 채집한 2.3m 깊이의 주상 눈시료(Snowpit)의 F^- , $CH_3SO_3^-$, Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} 등 이온화화종 분석
 - 물 안정동위원소 비 분석자료와 연계하여 남극내륙 천문우주 관측거점 대기환경의 계절 변화 및 최근 기후변화에 따른 영향 파악

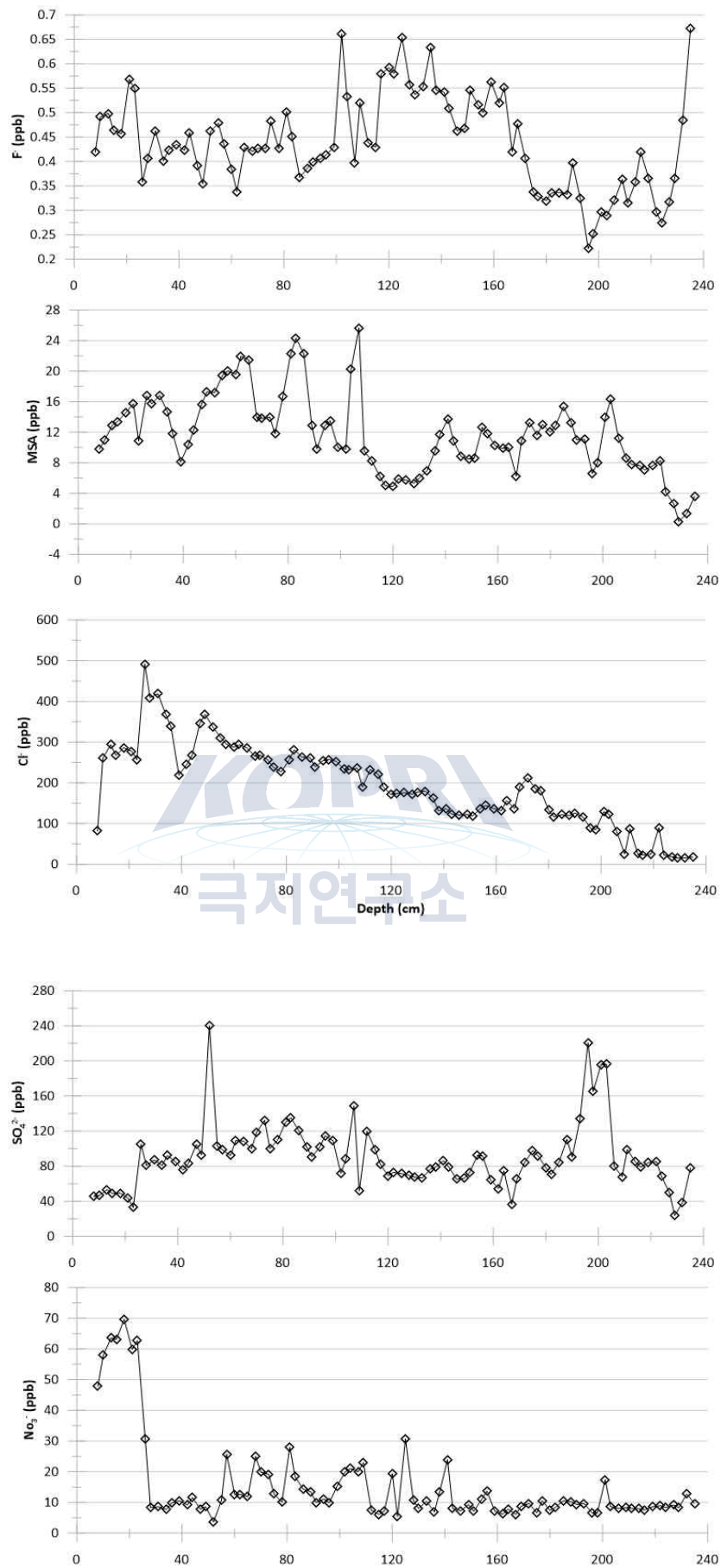
Instrumental Condition	Cation	Model	ICS-5000 System, AS
		Column	IonPac CS12A (2*250 mm), IonPac CG 12A (2*50 mm)
		Flow rate	0.5 ml/min
		Eluent delivery	13 mM MSA, Isocratic
		Injection Vol.	500 μ l
		Detector	Suppressed Conductivity Detector, Recycle mode
	Anion	Model	ICS-5000 System, AS
		Column	IonPac AS15 Column (2*250 mm), IonPac AG 15 (2*50 mm)
		Flow rate	0.5 ml/min
		Eluent	6-55 mM KOH (eluent gradient)
		Injection Vol.	500 μ l
		Detector	Suppressed Conductivity Detector, Recycle mode

<그림 342. 이온크로마토그래피 시스템 분석조건>

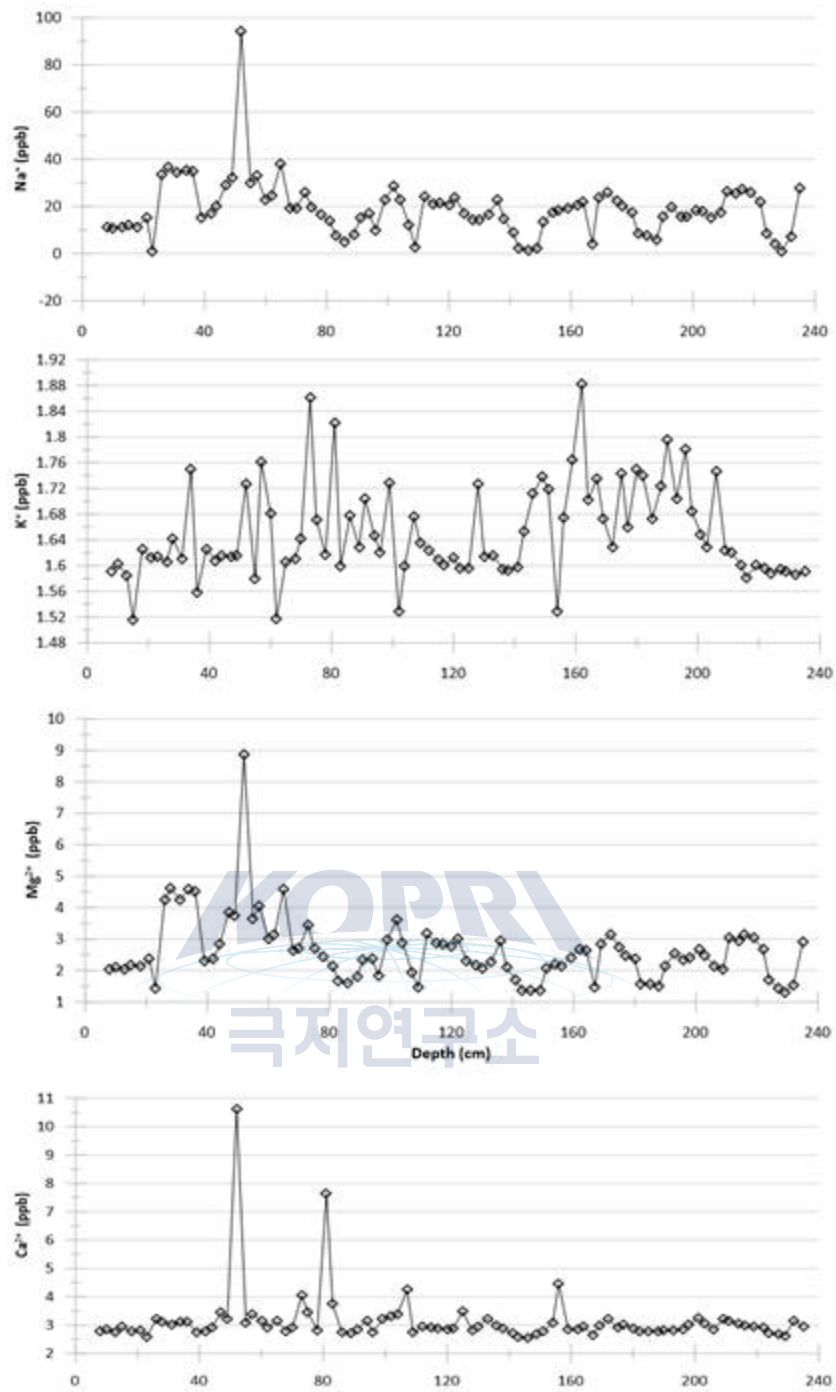
- snow pit 시료의 이온 화학종 분석결과 천문우주 관측거점과 200여km 떨어진 콘코르디아 기지 Dome C에서 분석된 연구결과(Laura et al., 2021)와 유사한 농도범위를 보임

<표 52. 천문우주 관측거점과 콘코르디아 기지 Dome C 빙설시료의 이온 화학종 분석결과>

	(ppb)	F ⁻	CH ₃ SO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺
This site	Mean	0.44	11.78	193.73	90.52	15.63	18.79	1.65	2.62	3.14
	Med	0.43	11.41	187.49	84.73	9.91	17.71	1.62	2.41	2.92
	Min	0.22	0.31	15.24	23.79	3.66	1.04	1.52	1.30	2.54
	Max	0.67	25.67	491.97	240.04	69.63	94.13	1.88	8.88	10.63
	(ppb)	F ⁻	CH ₃ SO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺
Dome C	Mean	-	9.39	66.24	86.38	25.70	20.73	1.50	2.61	3.43
	Med	-	8.26	60.21	83.28	12.58	19.91	1.09	2.61	2.86
	Min	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Max	-	-	-	-	-	-	-	-	-



<그림 343. 천문우주 관측거점의 snow pit 음이온 성분 분석 결과>



<그림 344. 천문우주 관측거점의 snow pit 양이온 성분 분석 결과>

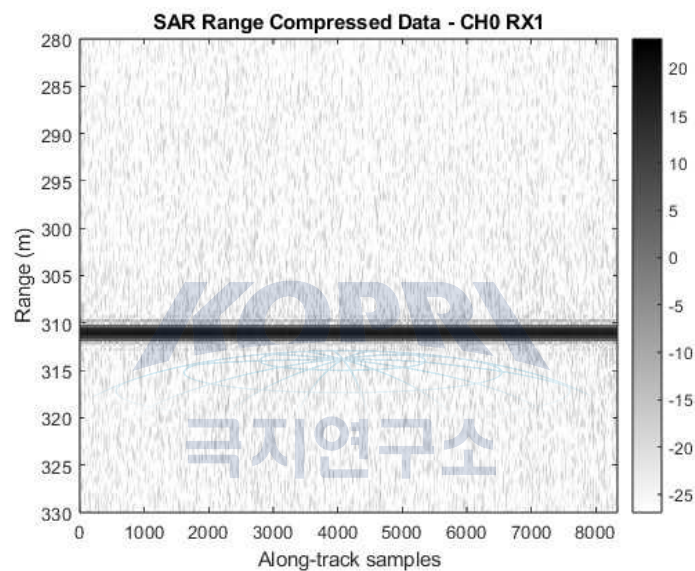
3. 광역 항공탐사 기술개발 및 데이터 수집

가. 다중 주파수 빙하레이더 항공기 통합설치 및 운영

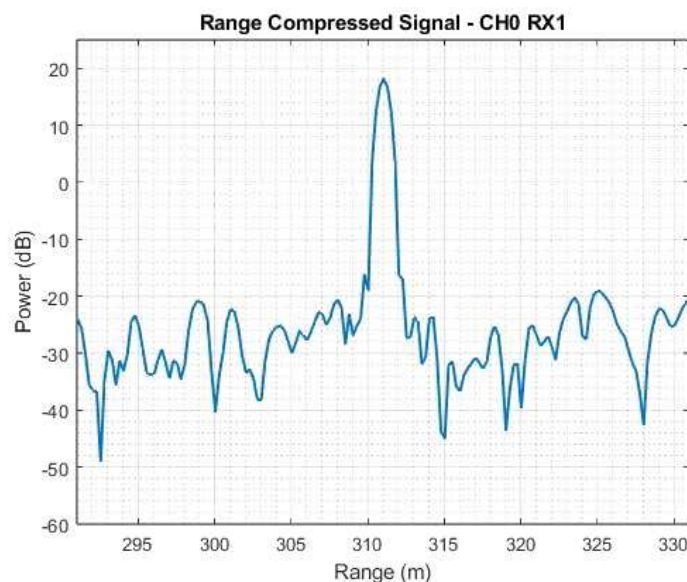
(1) 1차년도(2023)

○ 극지 현장 배치 전 레이더 시스템 추가 테스트

- 모든 서브 시스템, 채널 및 제어 시스템을 포함한 전체 레이더 시스템을 실험실 환경에서 통합 및 테스트 수행
- 신규 T/R 스위치가 레이더 시스템에 통합되었으며, 신규 발룬을 개발 및 테스트하여 안테나 구조에 통합 설치
- 지연 라인 시스템을 이용해 실험실에서 테스트된 레이더 시스템의 응답은 설계된 루프 감도와 일치하며 이는 시스템이 빙상의 바닥 경계면과 프로파일의 약한 층을 매핑할 수 있음을 확인

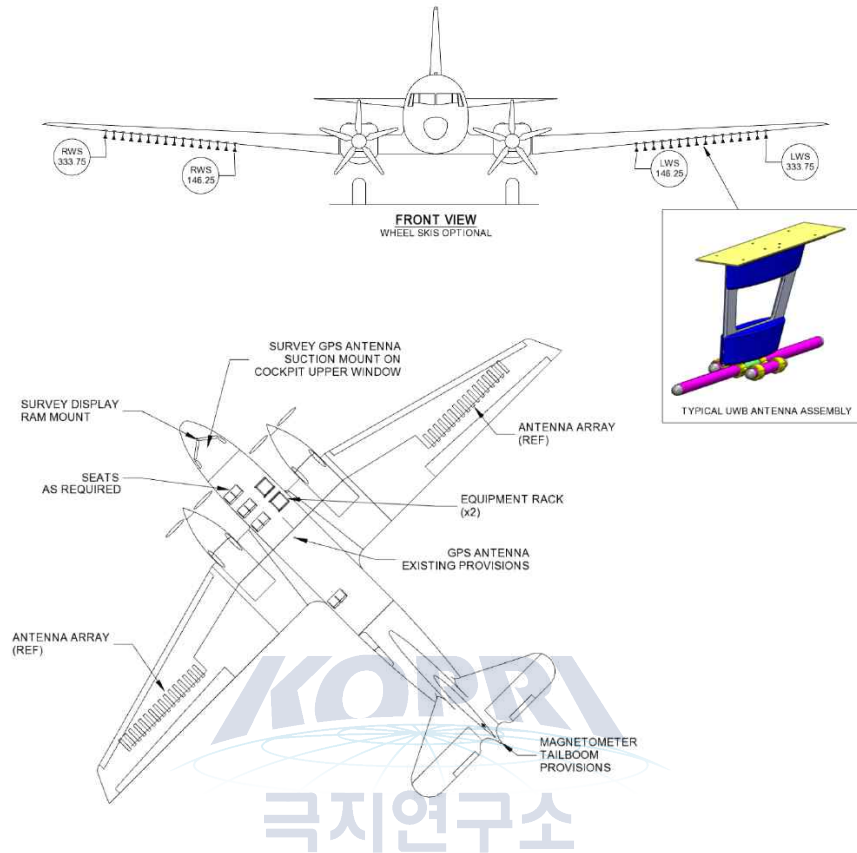


<그림 345. 실험실에서 수행된 테스트 결과: 루프백 데이터의 에코그램 이미지>



<그림 346. 루프백 데이터에서 생성된 펄스 압축 A-scope>

- 바슬러 BT-67항공기에 레이더 설치 및 주변 호수를 대상으로 레이더 시스템 확인
- 시뮬레이션 결과값과 실제 측정값이 잘 일치하는 것을 확인
- 바슬러 BT-67항공기에 레이더 장착에 따른 운항 인증을 캐나다 교통국으로부터 취득



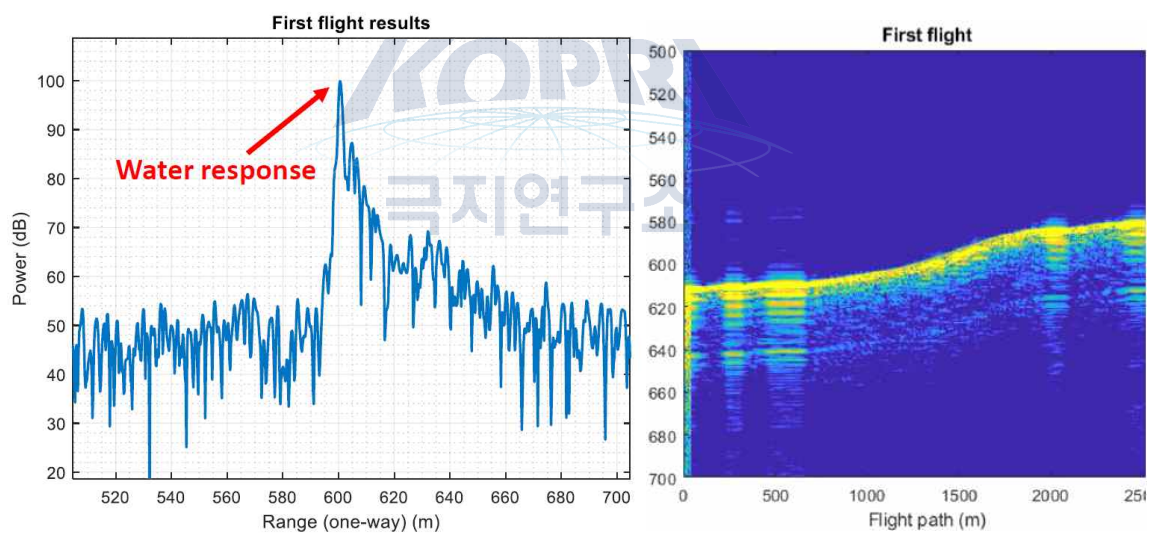
<그림 347. 바슬러 BT-67항공기에 장착된 레이더 시스템의 안테나 어레이와 본체 이미지>



<그림 348. 항공기 날개에 장착된 안테나 어레이 점검(좌) 및 인증 비행시험 중 촬영된 안테나 레이(우)>



<그림 349, 바슬러BT-67 캐빈에 설치된 레이더 본체 시스템의 랙 설치 사진>



<그림 350. 시험 장소인 캐나다 캘거리 근처에서 물 반응을 보여주는 레이더 테스트 결과>

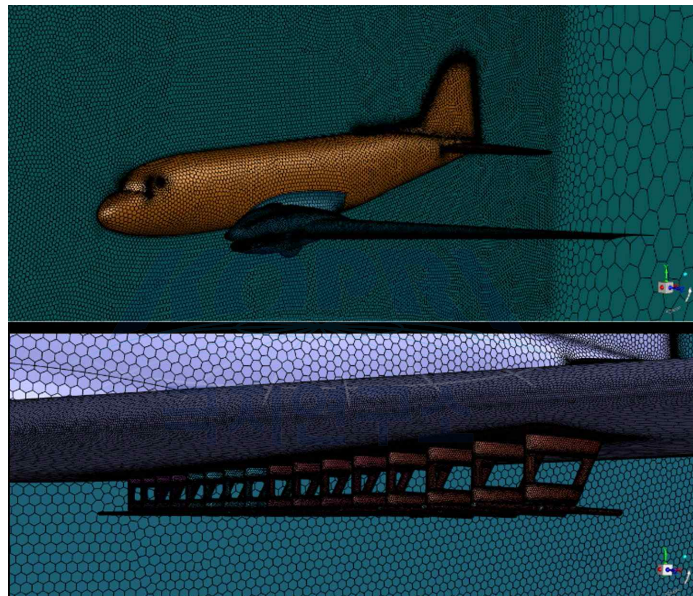
 Transport Canada Transports Canada		Department of Transport	
Supplemental Type Certificate			
This approval is issued to: Kern Borek Air Ltd. 290 McTavish Road North East Calgary, Alberta Canada T2E 7G5		Number: O-LSA23-120 Issue No.: 1 Approval Date: October 25, 2023 Issue Date: October 25, 2023	
Responsible Office: Ontario		Aircraft/Engine Type or Model: Boeing DC3C	
Serial No.: 13439		Canadian Type Certificate or Equivalent: A-669 (Boeing DC3C)	
Description of Type Design Change:		UofA UWB Radar Installation	
Installation/Operating Data, Required Equipment and Limitations:			
Installation must be in accordance with Othman Aviation Master Drawing List MDL23-01, Rev. -, dated 06 September 2023, or later Transport Canada approved revision.			
Operation must be in accordance with Othman Aviation Flight Manual Supplement AFMS2301, Rev. -, dated 19 October 2023, or later Transport Canada approved revision.			
Maintenance must be in accordance with Othman Aviation Instructions for Continued Airworthiness ICA23-01, Rev. -, dated 15 September 2023, or later Transport Canada accepted revision.			
(See Continuation Sheet)			
Conditions: This approval is only applicable to the type/model of aeronautical product specified therein. Prior to incorporating this modification, the installer shall establish that the interrelationship between this change and any other modification(s) incorporated will not adversely affect the airworthiness of the modified product.			
		DocuSigned by:  0CEE57AD7CA848C Sorin Camer For Minister of Transport	
			

<그림 351. 레이더 장착에 따른 변경 사항에 대하여 캐나다
 교통국으로부터 취득한 운항 인증서>

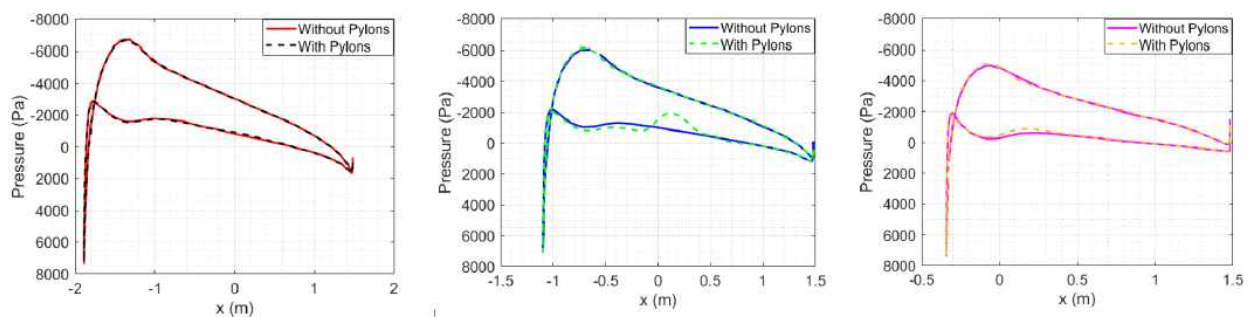
- 레이더 안테나 어레이 항공역학 시뮬레이션 연구
 - 고사양 컴퓨터 클러스터를 사용하여 여러 비행 조건에서 Basler 플랫폼에 장착된 안테나 어레이의 공기역학적 시뮬레이션 세트 수행
 - 유사한 압력 분포, 속도, 난류 운동 에너지 및 유선형 플롯에 따라 안테나 어레이가 장착된 Basler 항공기와 장착되지 않은 항공기 사이의 차이 도출
 - 항공기 에일러론 편향을 고려하여 안테나 어레이 장착이 항공기 조종성에 영향을 미치는지 분석 수행
 - 안테나 어레이 장착에 따라 항력과 양력에 미세한 차이가 발생하고 측면으로부터 받는 힘이 커지는 것을 확인하였지만, 전반적으로 Basler 항공기에 안테나 어레이를 추가해도 항공기의 공기역학적 성능과 안정성에는 큰 영향을 미치지 않는 것을 확인

<표 53. 공기역학적 성능 비교를 위한 비행조건>

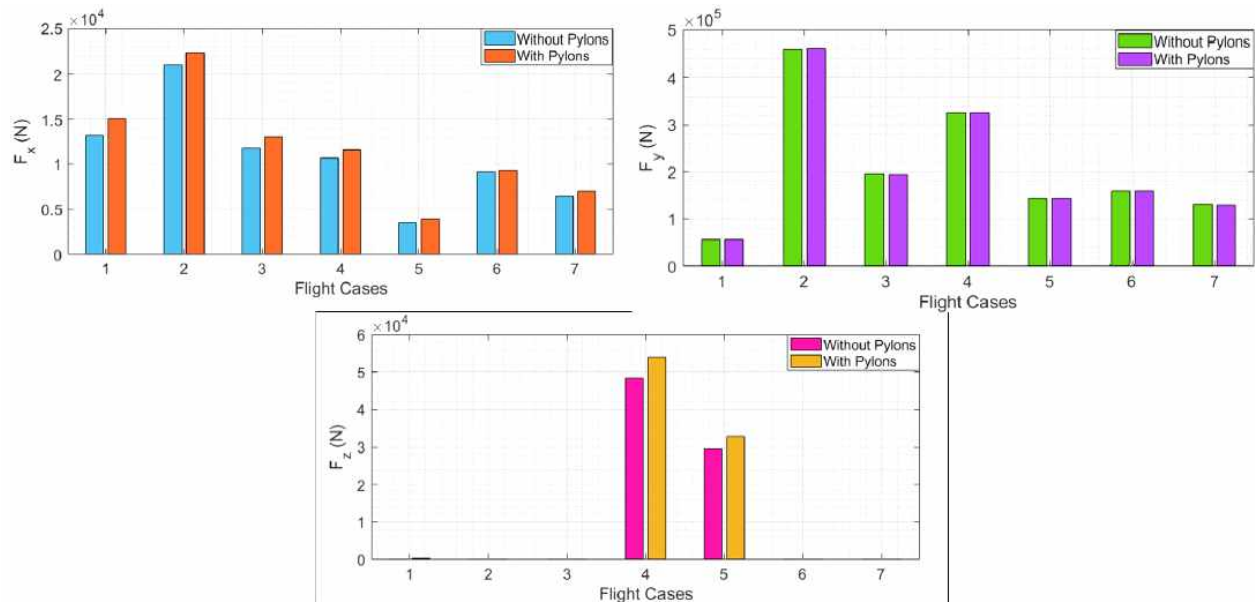
Flight Case	Flight Description	Altitude (ft)	Temp (F)	Speed (Knots)	Qbar (psf)	AOA α	Sideslip β
1	Dive with an upward inertial load	0	59	239.1	193.6	-5	0
2	Dive with a downward load	0	59	239.1	193.6	1	0
3	Cruise with an upward load	12500	-65	192.1	102.4	-1.56	0
4	Sideslip at max. operating speed	12500	14.4	210	101.5	0	-15
5	Sideslip at max. flight test angle	12500	14.4	140	45.4	0	-20
6	High-Temperature Take-off/Climb	0	122	107	34.6	7	0
7	Snap Roll Maneuver	12500	-65	128	41.6	0	0



<그림 352. Basler항공기에 레이더 안테나 파일론이 장착된 CFD 메쉬>



<그림 353. 파일론이 있는 Basler 항공기와 파일론이 없는 Basler 항공기의 압력 프로파일 비교 (z=7, z=9.8, z=12.5)>



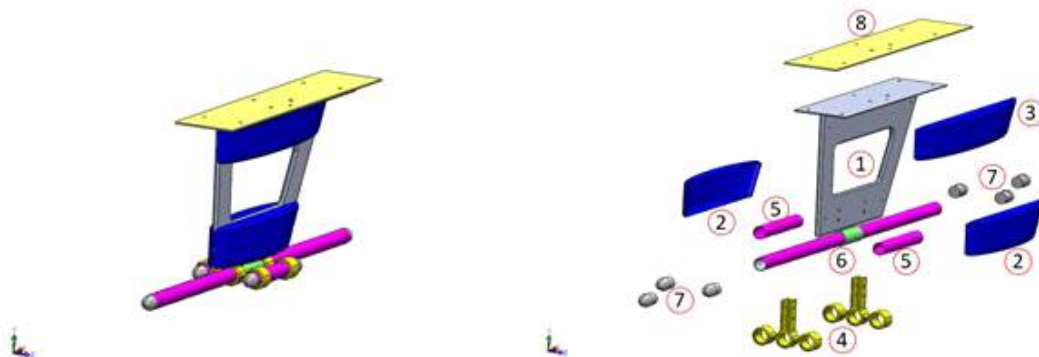
<그림 354. 레이더 안테나 파일런이 있거나 없는 Basler 항공기의 힘 구성 요소 비교
(왼쪽 상단 - 항력, 오른쪽 상단 - 양력, 하단 - 측면 힘)>

<표 54. 파일런이 있는 Basler 항공기와 없는 Basler 항공기의 모멘트 파생 비교>

	Without pylons	With pylons	Absolute pct. difference
Pitching moment derivatives ($C_{m,\delta_{ail}}$)	-0.00064475	-0.00065434	1.48%
Roll moment derivatives ($C_{l,\delta_{ail}}$)	-0.038097	-0.037628	1.23 %

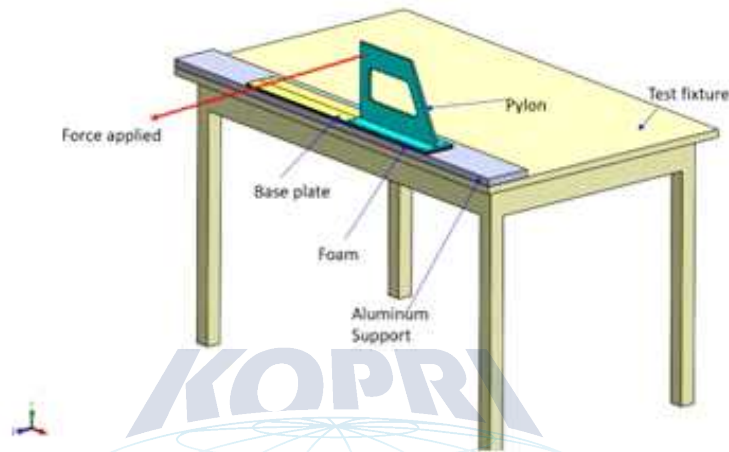
○ 레이더 안테나 어레이 구조 설계 및 제작 방법 연구

- 항공 플랫폼이 Twin-Otter에서 Basler로 변경되면서 안테나 어레이 구조 설계 변경 수행
- Kenn Borek Air와 Canadian DAR 협력하여 각 안테나 파일런의 위치에 적합한 마운트 플랫폼(베이스플레이트) 설계 및 제작하였으며 향후 다른 레이더를 설치하는 데도 활용 가능
- 개발된 플레이트는 운항 인증시에도 활용되었으며 남극 현장에서도 정비사가 안테나를 설치, 분해하는데 사용 가능

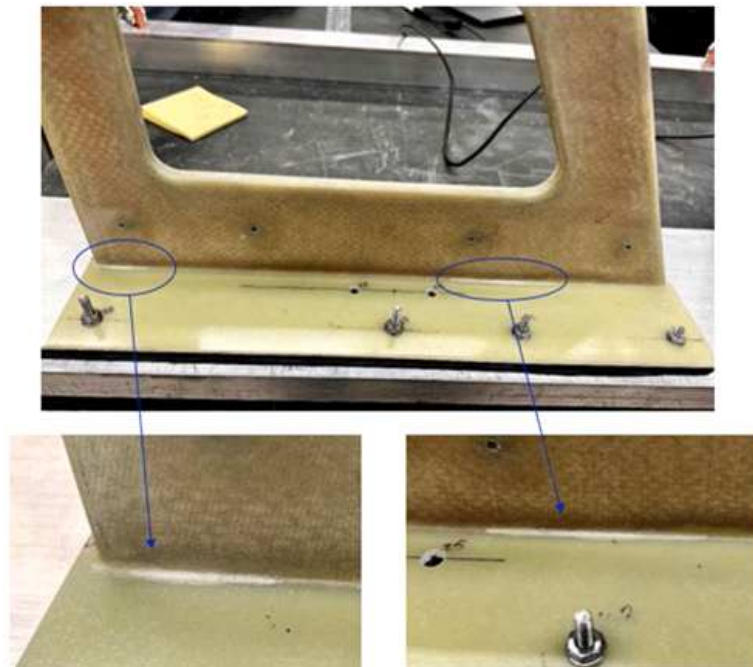


<그림 355. 적용된 안테나 파일런 형상 및 구조>

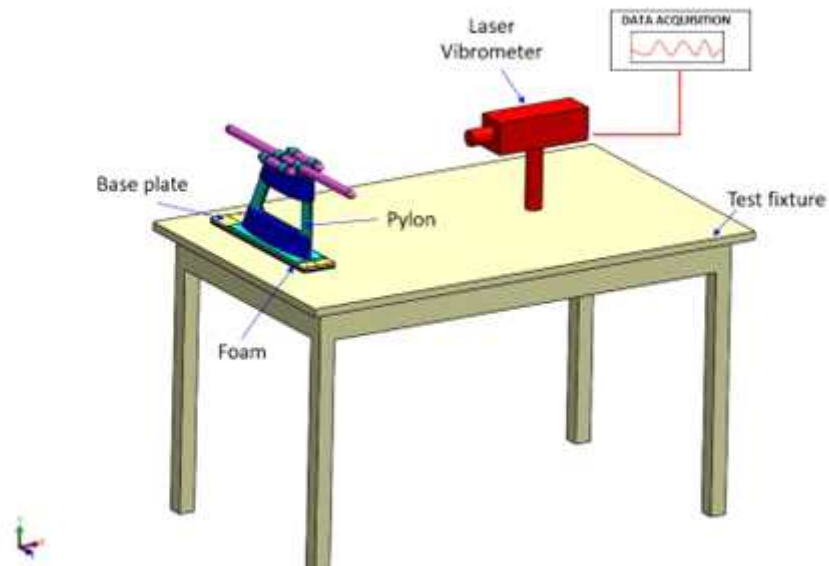
- 유한요소해석(FEA)과 정적 강도 실험 해석을 통하여 안테나 파일런의 구조적 안전성을 입증
- 극한 하중을 가하여 파일런의 강도를 실험적으로 테스트한 결과 구조적인 견고함을 유지하면서 하중을 견딜 수 있음을 확인
- 파일런의 1차 고유진동수를 확인하여 위하여 진동 분석을 수행하였으며 첫 번째 고유 주파수가 약 20Hz임을 확인하였으며 이는 목표로 하는 10Hz보다 높으며 프로펠러 동작 범위인 1650~1700rpm(27.5~28.3Hz)에서 벗어나 있어 공진에 의한 문제점은 없을 것으로 판단
- 추가적으로 Basler항공기 캐빈에 설치되는 Rack에 대해서도 FEA를 수행하였으며 랙은 전방 9.0g 관성 하중에 대해 1.18의 안전 계수로 구조적으로 견고함을 확인
- 레이더 시스템을 설치하는데 사용되는 AN4와 AN6 볼트 역시 안전계수 5.85로 안전한 것으로 판단



<그림 356. 안테나 파일런의 정적 하중 시험을 위한 셋업>



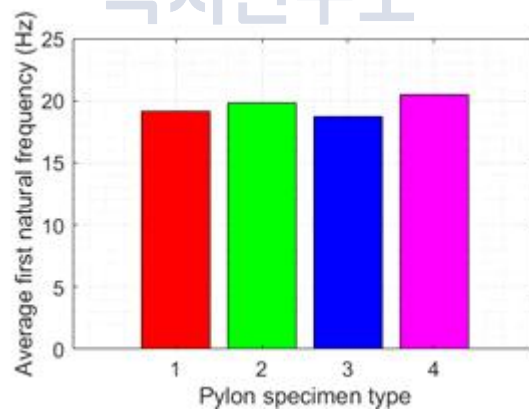
<그림 357. 극한 하중 시험에서 관찰된 경미한 손상>



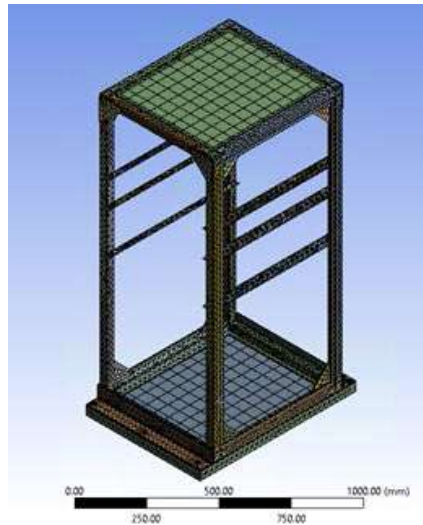
<그림 358. 안테나 파일런 진동 시험 셋업>

<표 55. 진동 테스트를 통해 얻은 레이더 안테나 파일런의 첫 번째 고유 주파수>

S.N.	Pylon Type	First Natural Frequency (Hz)			
		Test 1	Test 2	Test 3	Average
1	Shortest baseplate without electronics	19.25	18.75	19.38	19.13
2	Shortest baseplate with electronics	20.13	19.75	19.63	19.83
3	Longest baseplate without electronics	18.63	18.50	19.13	18.75
4	Longest baseplate with electronics	20.63	20.63	20.25	20.50



<그림 359. 레이더 안테나 파일런의 첫 번째 고유 주파수 요약>



<그림 360. NSROC 서버 랙의 FEA
매쉬>

<표 56. NSROC 랙의 Al 6061-T6 구성 요소에 대한 최대 von Mises 응력>

S.N.	Cases	Max von-Mises stress (MPa)	Yield Strength (MPa)	Ultimate Strength (MPa)	Safety factor
1	Forward 9g	203.11	243.32	262.001	1.18
2	Sideward 1.5g	32.69			7.38
3	Downard 4.5g	3.45			69.94

<표 57. NSROC 랙의 AN4, AN6 볼트의 강성>

Bolt type	Ultimate tensile strength (MPa)	Yield tensile strength (MPa)	Shear (MPa)
AN4	573.05	439.64	516.89
AN6	630.5	483.18	516.89

<표 58. 임계 하중 케이스(-9g 전방)에 대한 NSROC 랙의 AN4 및 AN6 볼트에 대한 응력>

Bolt type	Tensile stress (MPa)	Shear stress (MPa)	Safety factor (Tensile)	Safety factor (Shear)
AN4	75.11	3.054	5.85	169.25
AN6	67.43	7.93	7.16	65.18

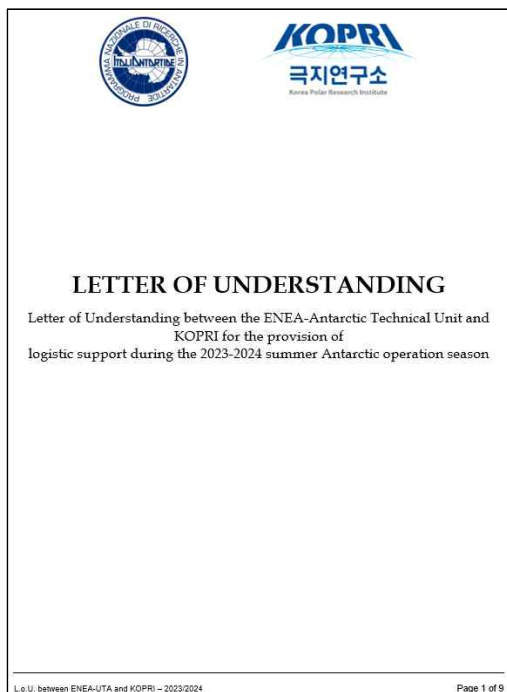
○ 레이더 안테나 어레이 구조 설계 및 제작 방법 연구

- E-mail과 화상 회의를 통하여 레이더 설치에 필요한 Basler 항공기 공동 활용 논의
- 호주 호바트에서 열린 20th COMNAP Symposium(2023)에 참석하여 Kenn Borek Air와 ENEA 담당자들과 Basler 항공기 공동 활용 관련 회의 진행(2023. 6. 24. ~ 6. 29.)
- 2023-24 남극하계시즌 Balser 공동 운항 관련 세부 내용 협의를 위하여 ENEA의 초청을 받아 ENEA 방문하여 회의 진행(2023. 9. 11. ~ 9. 15.)
- 다음과 같은 일정 계획 협의

- 23년 11월 15일 - 레이더 운용팀 항공기를 이용한 입남극
- 23년 12월 4일~9일 - 레이더 화물 장보고 기지 하역
- 23년 12월 17일~24일 - 바슬러 항공기에 레이더 장착 및 시험 비행
- 23년 12월 24일 - 바슬러 이동(마리오 주켈리 기지 -> 콘코르디아 기지)
- 23년 12월 25일~31일 - 탐사 계획 지역 레이더 탐사
- 24년 1월 1일 - 바슬러 이동(콘코르디아 기지 -> 마리오 주켈리 기지)
- 24년 1월 2일~3일 - 바슬러 장착 레이더 탈착
- ENEA와 매년 작성하는 Letter of Understanding에 2023-24 남극하계시즌 Basler 공동 운영에 관한 기간과 비용 정산 계획 내용 반영
- ENEA에서 임차하는 Basler 항공기를 보유하고 유지보수하는 캐나다 Kenn Borek Air와 레이더 설치 및 항공기 개조에 따른 운항 인증 취득을 위한 비행 시험 용역 계약 체결 (2023. 10.)



<그림 361. 이태리 ENEA에 방문하여 진행한 회의 모습(좌)과 방문 기념 사진(우)>



8.2. ENEA-UTA agrees to provide the Basler support in the period between mid-December 2023 and early January 2024 for the radar survey on the plateau.

구분	항목
1	KOPRI Pax Transportation southbound
2	KOPRI Pax Transportation northbound
3	KOPRI Cargo Transportation southbound
4	KOPRI MZS ops room support heli-ops for the whole season
5	KOPRI Support for basler ops on the plateau estimated in (3x12)=36 hours of flight
6	KOPRI's Helicopter fuel test by ENEA
7	KOPRI Pax Transportation from/to Sea-ice runway to/from IBS by ENEA
8	ENEA Personnel Transportation northbound
9	ENEA Cargo Containers southbound
10	Total Sum (EURO)

<그림 362. 2023-24 남극하계시즌 ENEA와 체결한 LoU표지와 바슬러 운영 관련 추가 항목>

KOREA POLAR RESEARCH INSTITUTE

SERVICE CONTRACT # KOPRI 2023-00827

Korea Polar Research Institute(KOPRI), 26 Songdomirea-ro, Yeonsu-gu, Incheon, The Republic of Korea and The below contractor hereby agree with the service of the below-stated in compliance with Scope of Work issued by the contractor.

SERVICE : Basler BT-67 Aircraft Radar Installation, Modification, and Flight Testing Services for Aviation Certification

1. **PERIOD : 30 days after contract**
2. **VALUE : USD 254,719.00**
3. **PAYMENT TERMS : 100% payment after the completion of service and receipt of the report**
4. **LIQUIDATED DAMAGE RATE : 0.125% of contract value for each day of delay**

5. REMARK

The person in charge of the tasks should do his/her best effort to fulfill the required task.
The person in charge of the tasks should discuss with KOPRI scientist in case of important issues regarding site operation.

October 6, 2023

**On behalf of Buyer
(Korea Polar Research Institute)**

**On behalf of Contractor
(Kenn Borek Air)**

Sung-Ho Kang

BRUN CROCKER

President
Sung-Ho Kang

PRESIDENT

BRUN CROCKER

<그림 363. Kenn Borek Air와 체결한 바슬러 비행 시험 용역 계약서>

(2) 2차년도(2024)

○ 23/24 시즌 항공레이더탐사를 통한 개선점 및 문제점 파악

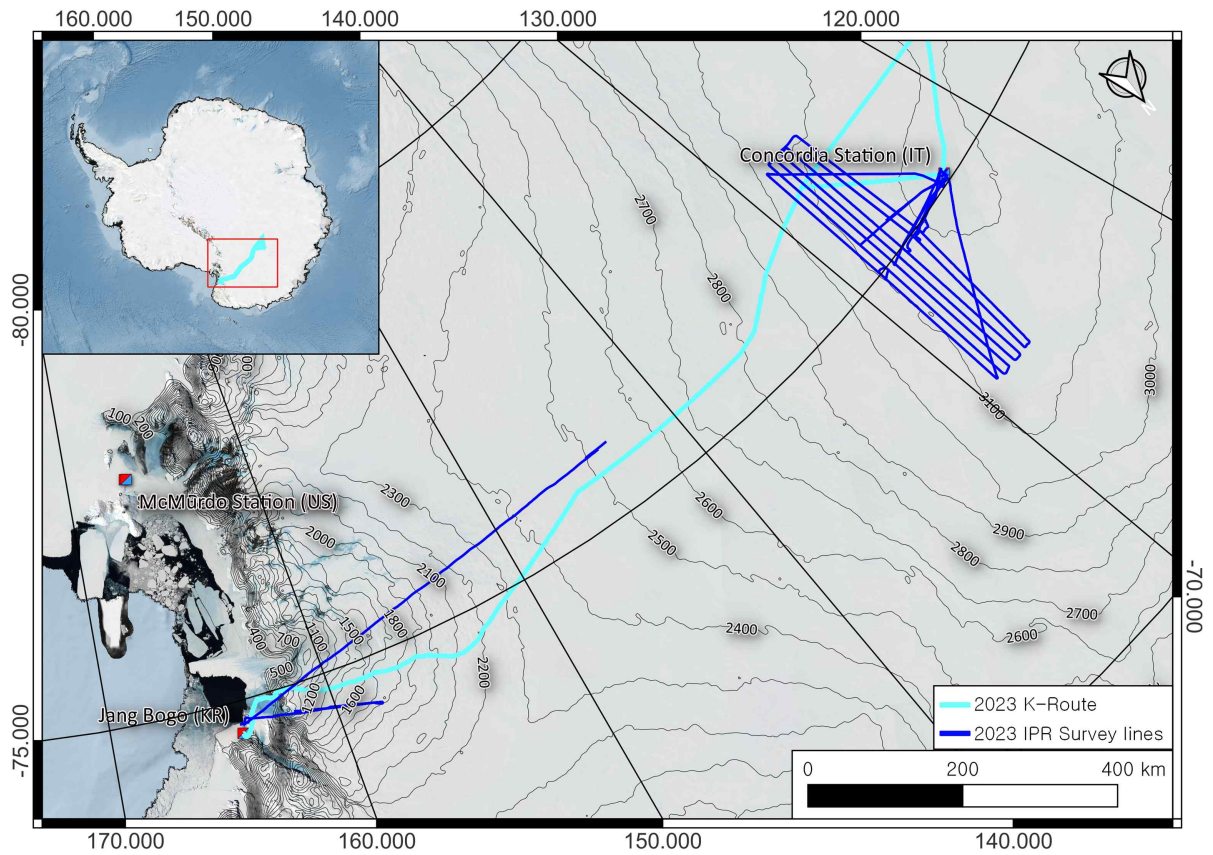
- 23/24 시즌 5,730km 측선, 극지 현장 25.5 시간 탐사 실적 달성
- 조종사 1일 비행시간 기준 (4h/1d) 및 기상에 따른 운영시간 부족
- 항공기 속도(200km/h) 고려하여 측선 계획을 탄력적으로 운영 가능하도록 기존 400km 단위 측선을 세분화하여 200km 단위 측선으로 설계



<그림 364. 바슬러 항공기 날개에 장착된 레이더 안테나 어레이, Mario Zucchelli 기지 인근>

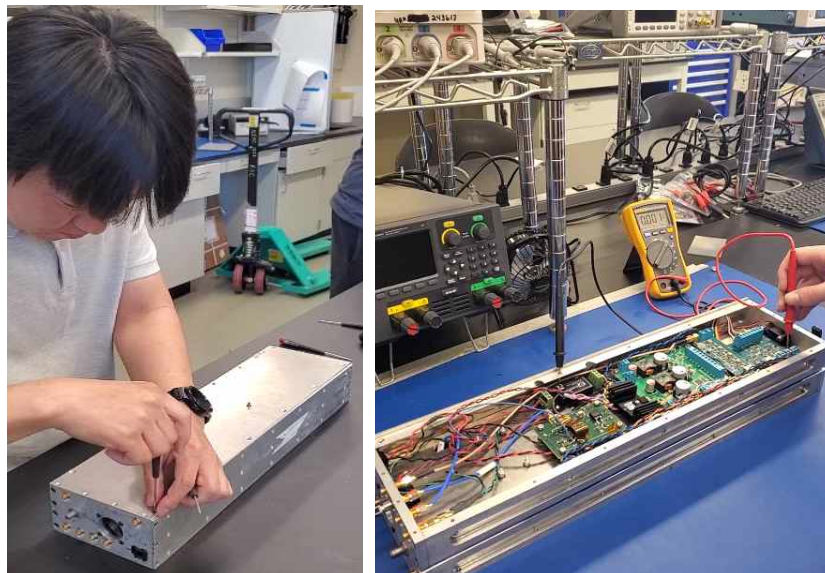
<표 59. 항공레이더탐사 탐사 결과>

일자	운영 내용	조사 측선(km)	운영 시간 (h)
2023-12-18	1차 테스트 비행	200	1
2023-12-19	2차 테스트 비행	300	1.5
2023-12-20	3차 테스트 비행	670	3
2023-12-21	1차 조사	910	4
2023-12-25	2차 조사	1,070	4
2023-12-25	3차 조사	660	3
2023-12-26	4차 조사	900	4
2023-12-27	5차 조사	1,020	5
합계		5,730	25.5

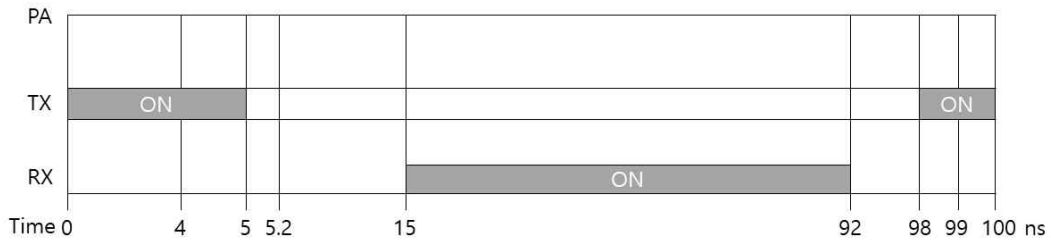


<그림 365. 23/24 시즌 항공레이더 극지 현장 탐사 조사선>

- 모든 sub 시스템, 채널 및 제어 시스템을 포함한 전체 레이더 시스템을 실험실 환경에서 제조 및 테스트 수행



<그림 366. sub 시스템 및 채널 제어 시스템 테스트 수행>



<그림 367. PA(power amplifier), TX, RX 운영 시간 조절 테스트 수행>

(3) 3차년도(2025)

- 2024/2025 바슬러 항공기 독자활용을 위한 임차계약 체결
 - 레이더 장착을 위해 개조된 바슬러 항공기를 운영하는 Polar Services사와 임차계약 체결

<표 60. 바슬러 항공기 운항 예상비용>

항목	이태리와 공동활용 (23/24 시즌)	항공사와 독자적 계약 (25/26 시즌)
시간당 운항비	5,100 euro (5,654 USD)	5,627 USD
Mobilization /Demobilization	총 260,086 euro 중 49,503 euro 분담 (54,906 USD)	199,282 USD
합계 (약 40시간 기준)	260,089 euro (288,477 USD)	424,362 USD

- 바슬러 이착륙 시설 이용 협조를 위한 ENEA 협력 요청 필요(마리오주켈리 기지, 콘코르디아 기지)

○ 하드웨어 업그레이드(~2025년 6월)

- 디지털 서브시스템
 - 멀티 웨이브폼 구성으로 데이터율 절반 수준으로 감소
 - 채널 성능 회복 및 데이터 손실 방지
- 전원 개선
 - 인버터 불량 및 발열로 인한 시스템 손상->3kW 인버터 및 팬 환기 장치 추가



<그림 368. 팬 환기 장치가 추가된 3kW급 인버터>

- DC 제어회로
- 복잡한 배선 문제 해결을 위해 회로를 단일 보드로 통합하여 유지보수 용이성 제고



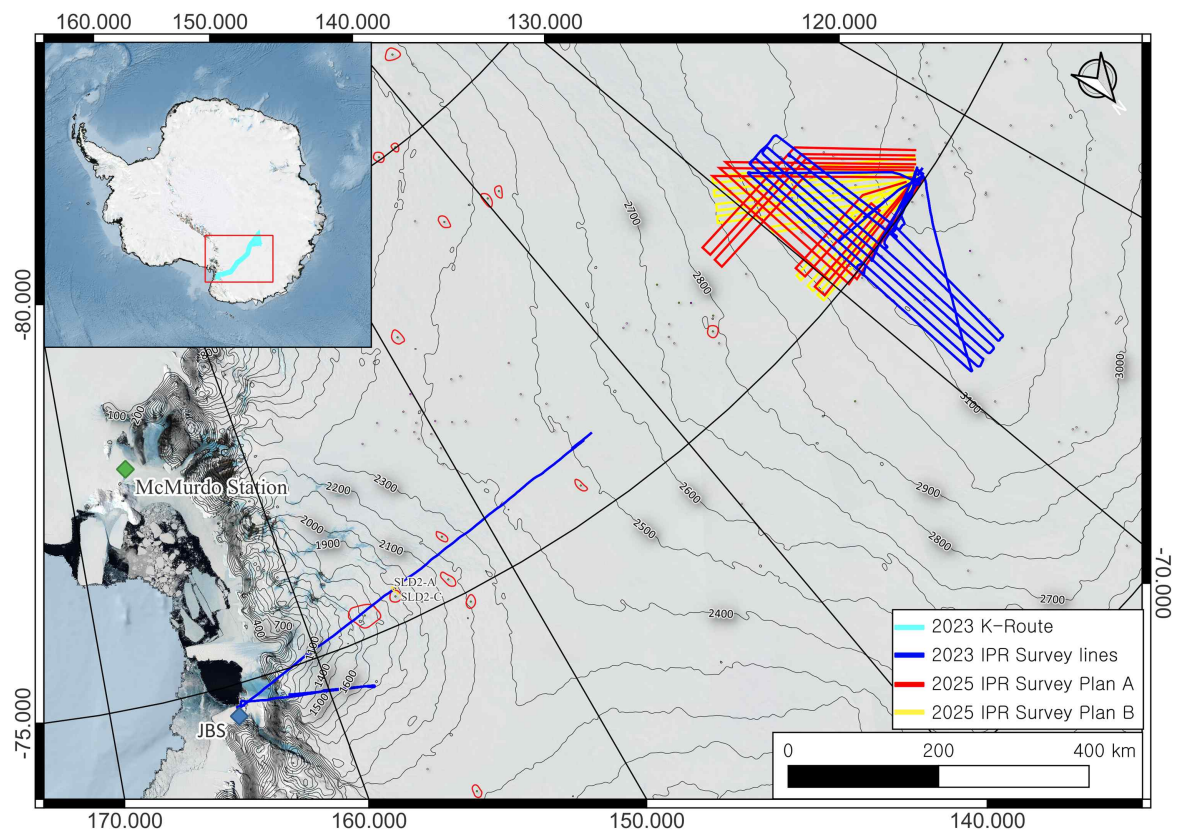
<그림 369. 기존 DC 제어회로(左) 및 개선된 DC 제어회로(右)>

- 안테나 모델링
- 방사패턴 맵 작성 및 임피던스 최적화
- 1:8 축소 모델을 이용하여 실험적 검증 예정

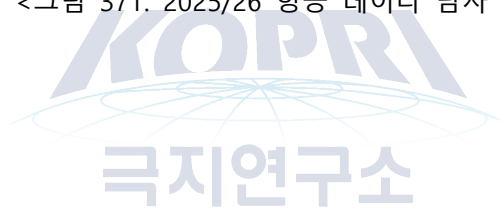


<그림 370. 1:8로 축소 제작한 안테나 어레이>

- 2025/2026년 남극하계시즌 남극 내륙 레이더 탐사 계획 수립
 - 6~9월 : 현장 훈련 및 모의 배치 훈련
 - 10월 : 장비 선적
 - 12월 중순(2주) : 레이더 탐사 수행
 - 기상 여건에 따른 측선 우선 순위 세분화 작업 완료
 - Plan A (20시간, 4000km, 42,000km²) + Plan B (20시간, 4000km, 30,000km²)



<그림 371. 2025/26 항공 레이더 탐사 계획>



나. 극지현장 빙하레이더 운용 및 자료처리 기술개발

(1) 1차년도(2023)

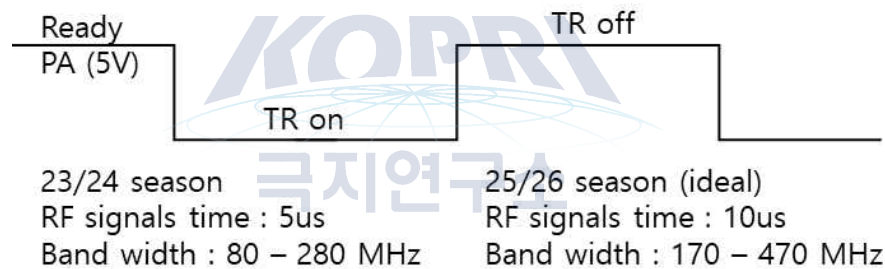
○ 극지 현장 빙하 레이더 운용 시험 및 개선점 도출

- 2023-24 남극하계시즌 중 2023년 12월 17일부터 2024년 1월 3일까지 바슬러 공동 활용을 통하여 레이더 운용 예정
- 2023년 12월 17일~12월 24일까지 바슬러에 레이더 장착 및 레이더 운용 시험 예정
- 2023년 12월 25일~12월 31일까지 Concordia 기지 주변 탐사 예정
- 레이더 운용시 도출되는 문제점 및 개선점은 보고서로 정리 예정

(2) 2차년도(2024)

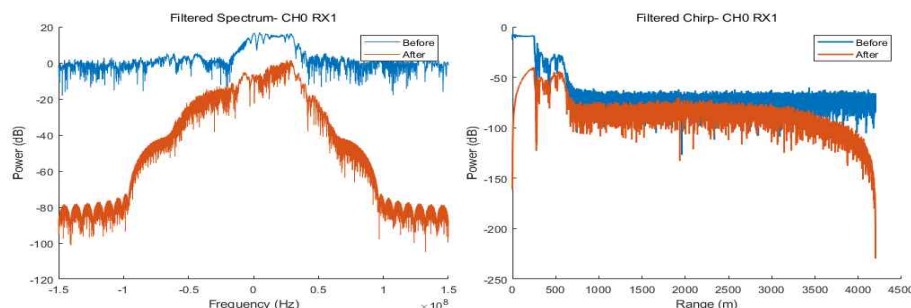
○ 극지 현장 빙하 레이더 운용 시험 및 개선점 도출

- 23/24 시즌 항공레이더탐사 자료 처리 개선
- 23/24 시즌 항공기내 인버터 1대 고장으로 전력 공급 차질 문제로 송신기 작동 시간 (5us) 및 대역폭 (80-280 MHz) 축소 운영
- 고용량 인버터 구입 및 레이더 시스템 내부에 설치하여 향후 탐사에는 송신기 작동 시간 (10us) 및 대역폭 (170-470 MHz) 확대 운영 예정

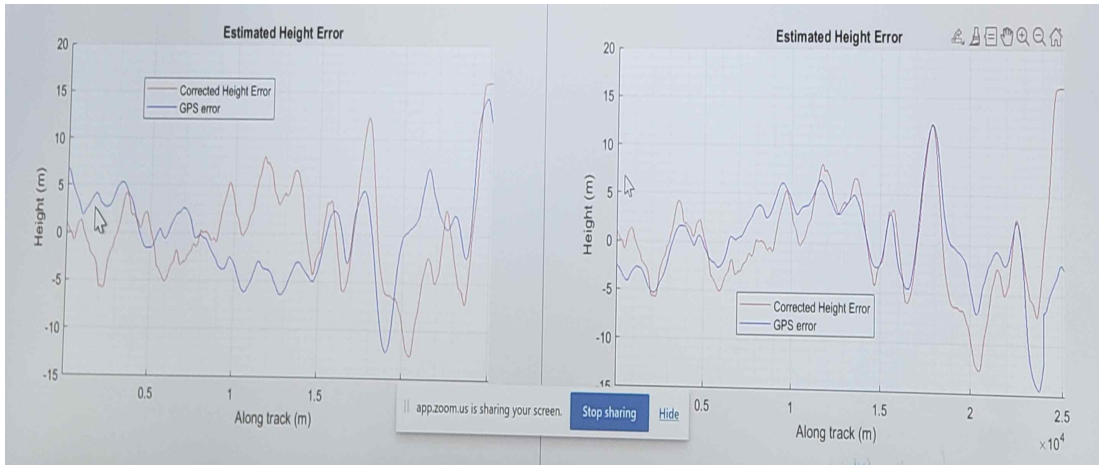


<그림 372. 인버터 고장으로 TR(transmitter) 시간 및 대역폭 축소 운영. 향후 정상적으로 운영 예정>

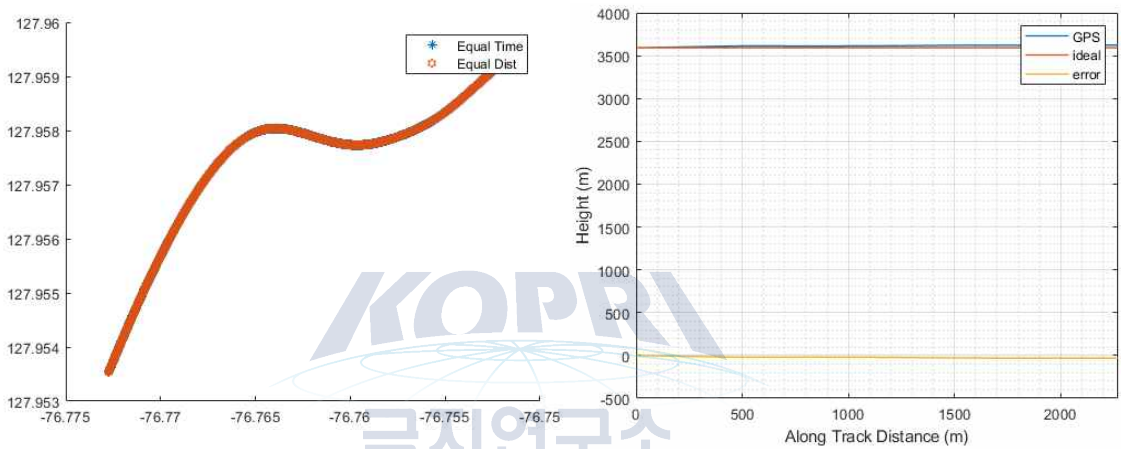
- 쌍곡선 대상의 신호대 잡음비(SNR) 향상을 위한 자료처리 정교화 수행
- GPS자료를 이용한 움직임 보상(motion compensation) 자료처리를 통한 SNR 최대 20dB 향상
- FK 구조보정과 범위 도플러(range doppler; RD)를 이용한 다중 속도 처리 수행. 기존 RD 공식보다 다중 속도 RD 알고리즘이 SNR 향상됨



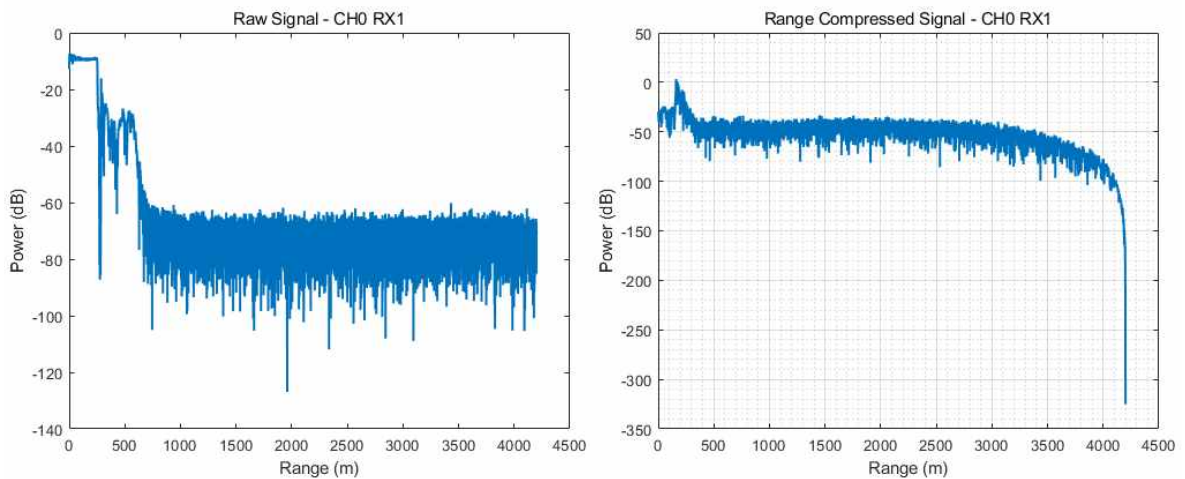
<그림 373. Filter 전/후 비교>



<그림 374. 움직임 보상 적용 전(좌) 적용 후(우) 비교>



<그림 375. GPS 움직임 보정 결과. GPS data와 ideal data와의 오차(노란선) 최소화>

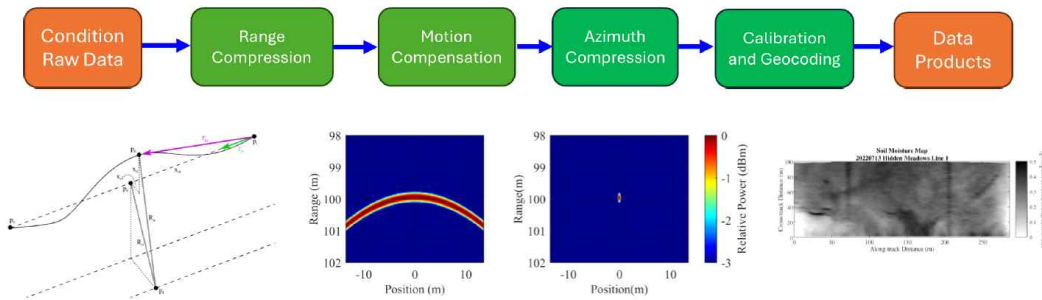


<그림 376. A-scope의 자료 전처리 전(좌) 후(우) 비교>

(3) 3차년도(2025)

○ SAR 데이터 처리 기술 고도화

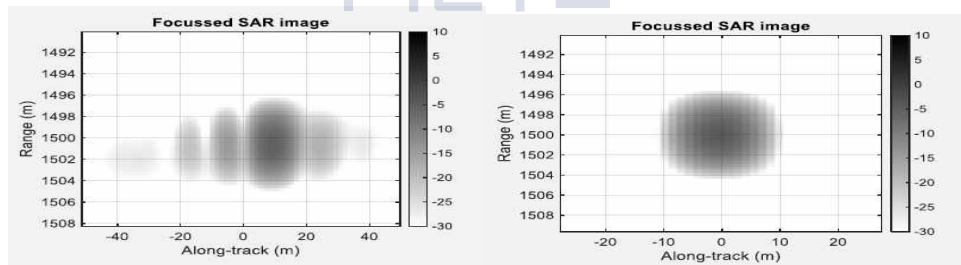
- 다양한 알고리즘(언포커스트 SAR, Range-Doppler, F-k Migration 등) 적용
- MATLAB 기반 SAR 프로세서 통합
- 스펙클 제거, 다중룩 처리 등 후처리 기능 강화



<그림 377. SAR 데이터 처리 순서도>

○ 모션 보정(MOCO) 기술

- 기본 방식: DGPS 기반 고도 오차 추정 및 위상 보정
- 보조 방식: Pulse-Pair 알고리즘 활용한 표면 반환 위상차 기반 보정
- 추가 방식: Phase Gradient Autofocus(PGA)를 통한 데이터 중심 위상 보정
- 시뮬레이션을 통해 SAR 처리 후 최대 SNR 67.4dB까지 향상 확인



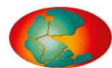
<그림 378. 모션 보정 전(좌) : 타겟 포커싱 불량, 이미지 품질 저하, 모션 보정 후(우) : 타겟 포커싱 향상, 이미지 품질 향상>

○ 극지 현장에서 레이더 탐사 데이터 확인을 위한 모바일 클러스터 개발

- 극지 현장에서 탐사 직후 3~4시간 이내에 탐사 데이터 확인 가능
- 주간 탐사 이후 야간 데이터 처리를 통하여 다음날 탐사 전 데이터 확인을 통해 데이터 품질 확인 및 탐사 계획 수립에 도움

○ 내륙연구 후보지 지형 분석을 통한 층서해석결과 보고서

- Dome C 지역에서 진행된 심부빙하 시추 코어의 산소 동위원소 추정 연대자료와 비교
- 심부 빙하 시추 지역 층서 해석 작업



Citation:

Davtian, Nina; Bard, Edouard (2023): Antarctic $\delta^{18}\text{O}_{\text{ice}}$ and atmospheric temperature stacks of the WD, EDC, and EDML ice cores [dataset]. PANGAEA, <https://doi.org/10.1594/PANGAEA.957368>,

In: Davtian, N; Bard, E (2023): Biomarker indices and concentrations and biomarker-based temperature estimates from the Iberian Margin core MD95-2042, composite Greenland atmospheric temperature record, and Antarctic stacks [dataset bundled publication]. PANGAEA, <https://doi.org/10.1594/PANGAEA.957377>

Always quote citation above when using data! You can download the citation in several formats below.

Published: 2023-04-26 · DOI registered: 2023-05-25

RIS Citation BibTeX Citation Copy Citation Share Show Map Google Earth 133 44 32



Abstract:

This dataset consists in two stacks of three Antarctic records (EDC, EDML, and WD), one for $\delta^{18}\text{O}_{\text{ice}}$ and the other for atmospheric temperature: both stacks are provided with their stacking uncertainties. To build the Antarctic $\delta^{18}\text{O}_{\text{ice}}$ stack, the Antarctic $\delta^{18}\text{O}_{\text{ice}}$ records were resampled every 10 years before centering to zero means and normalization to unit standard deviations over the 140–0 ka BP period (68–0 ka BP for WD). To optimize the continuity between the portions with and without the WD ice core, the Antarctic $\delta^{18}\text{O}_{\text{ice}}$ records were centered to zero means over the 68–67 ka BP period. The resulting Antarctic $\delta^{18}\text{O}_{\text{ice}}$ records were then averaged and stacking uncertainties were calculated as the pooled standard deviation of the stacked Antarctic $\delta^{18}\text{O}_{\text{ice}}$ records divided by the square root of the number of stacked Antarctic $\delta^{18}\text{O}_{\text{ice}}$ records. The final Antarctic $\delta^{18}\text{O}_{\text{ice}}$ stack, expressed in ‰, has the same standard deviation as the $\delta^{18}\text{O}_{\text{ice}}$ record from EDML over the 140–0 ka BP period, and has a zero mean over the 1–0 ka BP. The Antarctic atmospheric temperature stack was built like the Antarctic $\delta^{18}\text{O}_{\text{ice}}$ stack, except that the Antarctic $\delta^{18}\text{O}_{\text{ice}}$ records were corrected for seawater $\delta^{18}\text{O}_{\text{ice}}$ variations before conversion into atmospheric temperature. The employed age model is the one of Davtian and Bard (2023) for Greenland and Antarctic ice-core records.

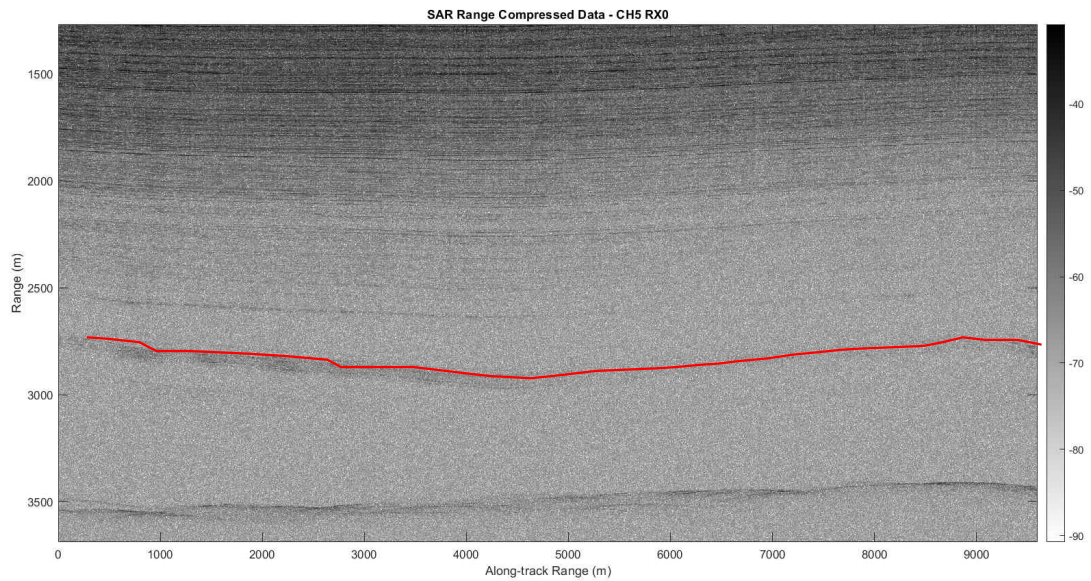
<그림 379. PANGAEA 극지 자료 공유 – Dome C 층서 연대 자료>

Data

Download dataset as tab-delimited text — use the following character encoding: UTF-8: Unicode (PANGAEA default)

1 Core	2 Age [ka BP]	3 $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ [‰ SMOW]	4 $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ std dev [‰]	5 TTT [°C]	6 TTT std dev [‰]
WDC-06A, EDML, and EDC	0.040	0.43	0.29	0.57	0.39
WDC-06A, EDML, and EDC	0.050	0.50	0.29	0.68	0.39
WDC-06A, EDML, and EDC	0.060	-0.42	0.29	-0.56	0.39
WDC-06A, EDML, and EDC	0.070	-0.01	0.29	-0.01	0.39
WDC-06A, EDML, and EDC	0.080	-0.43	0.29	-0.57	0.39
WDC-06A, EDML, and EDC	0.090	-0.38	0.29	-0.50	0.39
WDC-06A, EDML, and EDC	0.100	-0.12	0.29	-0.17	0.39
WDC-06A, EDML, and EDC	0.110	0.03	0.29	0.04	0.39
WDC-06A, EDML, and EDC	0.120	0.25	0.29	0.34	0.39
WDC-06A, EDML, and EDC	0.130	-0.36	0.29	-0.49	0.39
WDC-06A, EDML, and EDC	0.140	0.39	0.29	0.51	0.39
WDC-06A, EDML, and EDC	0.150	0.62	0.29	0.82	0.39
WDC-06A, EDML, and EDC	0.160	0.20	0.29	0.27	0.39
WDC-06A, EDML, and EDC	0.170	-0.01	0.29	-0.02	0.39
WDC-06A, EDML, and EDC	0.180	-0.16	0.29	-0.21	0.39
WDC-06A, EDML, and EDC	0.190	-0.27	0.29	-0.36	0.39
WDC-06A, EDML, and EDC	0.200	-0.15	0.29	-0.21	0.39
WDC-06A, EDML, and EDC	0.210	-0.63	0.29	-0.83	0.39
WDC-06A, EDML, and EDC	0.220	0.34	0.29	0.45	0.39
WDC-06A, EDML, and EDC	0.230	0.25	0.29	0.33	0.39
WDC-06A, EDML, and EDC	0.240	0.08	0.29	0.10	0.39
WDC-06A, EDML, and EDC	0.250	0.08	0.29	0.11	0.39
WDC-06A, EDML, and EDC	0.260	0.27	0.29	0.37	0.39
WDC-06A, EDML, and EDC	0.270	-0.41	0.29	-0.55	0.39
WDC-06A, EDML, and EDC	0.280	-0.36	0.29	-0.48	0.39
WDC-06A, EDML, and EDC	0.290	-0.22	0.29	-0.29	0.39
WDC-06A, EDML, and EDC	0.300	-0.04	0.29	-0.05	0.39

<그림 380. PANGAEA 극지 자료 공유 – Dome C 층서 연대 자료>



<그림 381. 층서 연대 측정을 위한 층서 해석. Dome C 시추 지점과 층서 연계를 통해 빙하 연대 계산 추정>

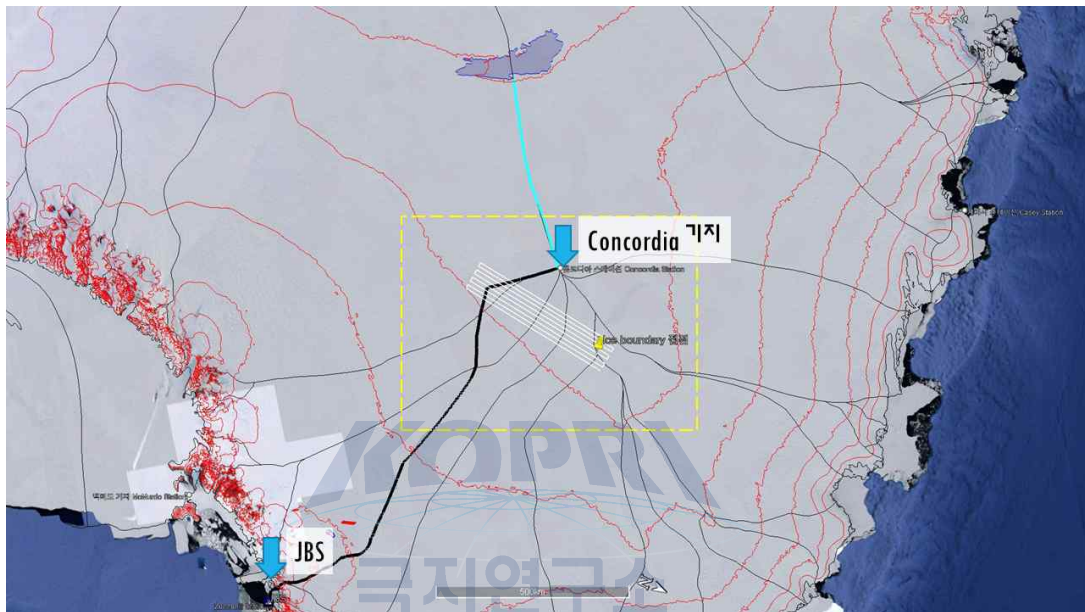


다. 연구 후보지 병상 및 빙저 3차원 지형도 제작

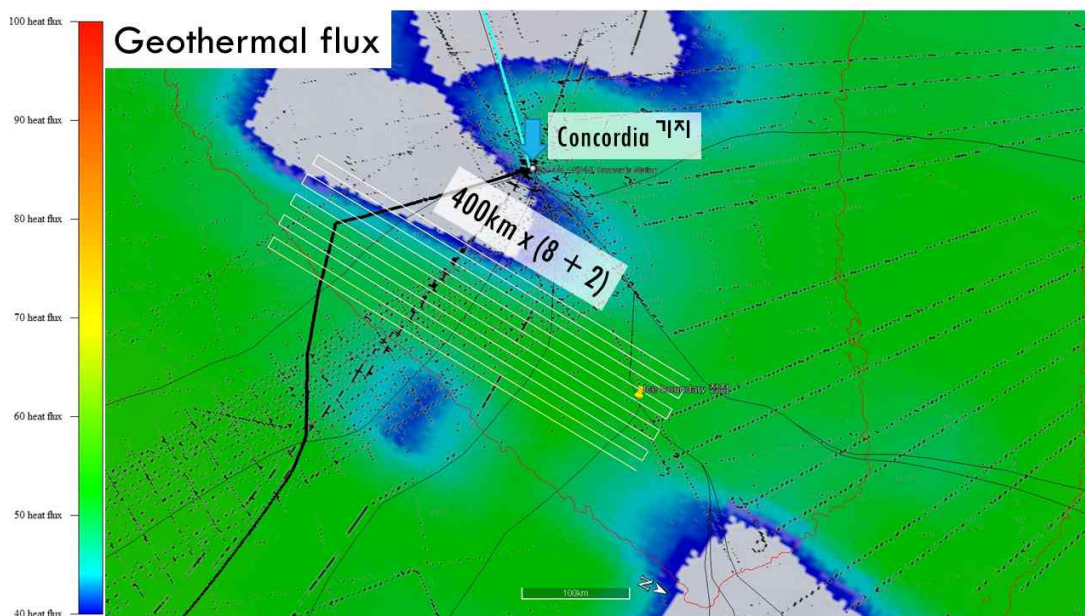
(1) 1차년도(2023)

○ 탐사 후보지 선정 및 탐사 계획 수립

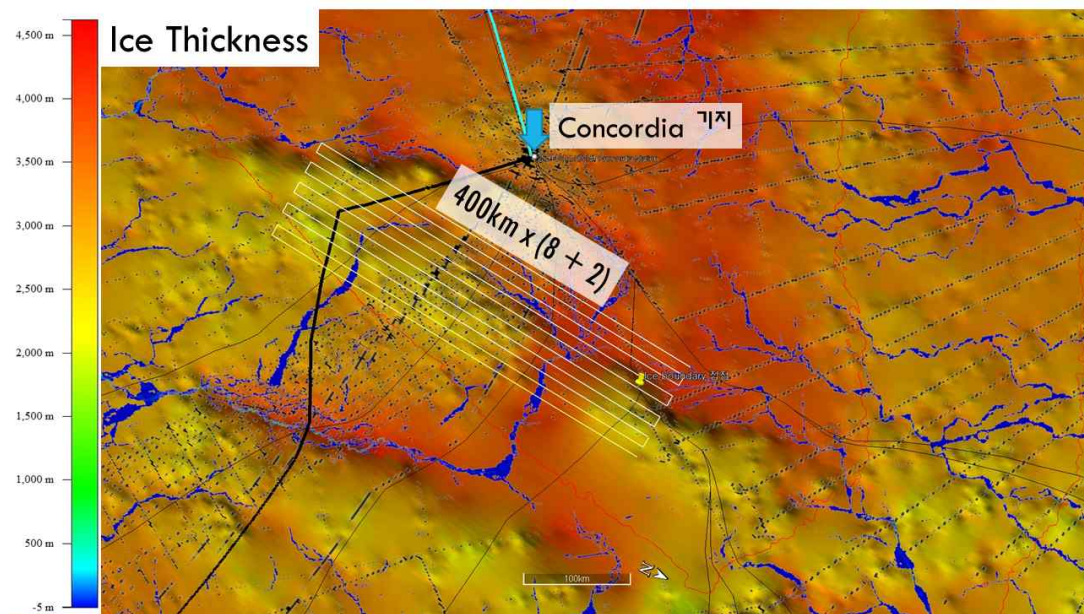
- Concordia 기지(Dome C) 주변 지열(geothermal flux) 분포와 BEDMAP-2 빙하 높이(Ice thickness)를 고려하여 탐사 후보지 선정
- 탐사 후보지 탐사 측선 계획 수립
- 비행속도 (최대 216km/h)를 고려하여 하루 800 ~ 1200 km 측선 조사 설계
- 날씨 및 현장 상황을 고려하여 탄력적으로 운영 가능하도록 측선 설계



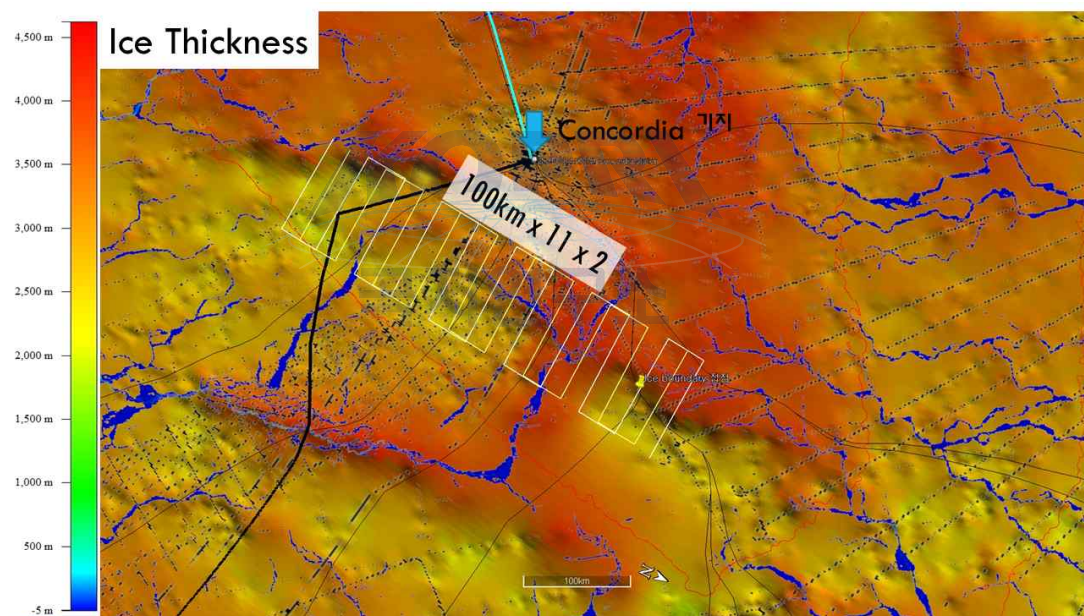
<그림 382. 항공 레이더 탐사 후보지 선정 및 탐사 계획 수립. 연구 지역 지도>



<그림 383. 항공 레이더 탐사 후보지 선정 및 탐사 계획 수립. 연구 지역 지열 분포>



<그림 384. 항공 레이더 탐사 측선 설계. BEDMAP2 빙하 두께 지도. 수평 측선 계획도>

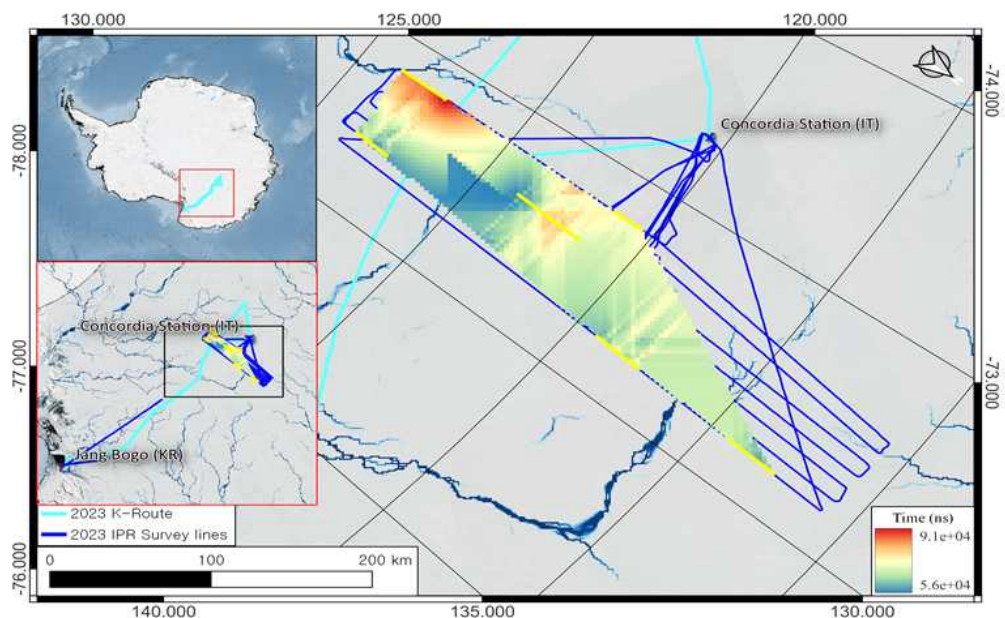
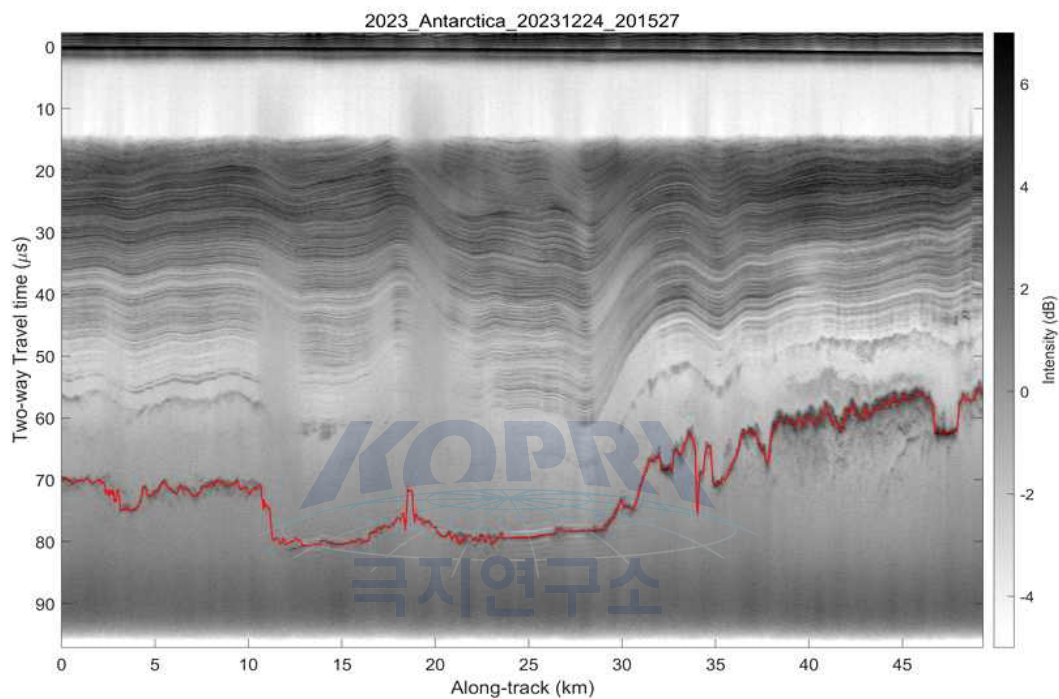


<그림 385. 항공 레이더 탐사 측선 설계. BEDMAP2 빙하 두께 지도. 수직 측선 계획도>

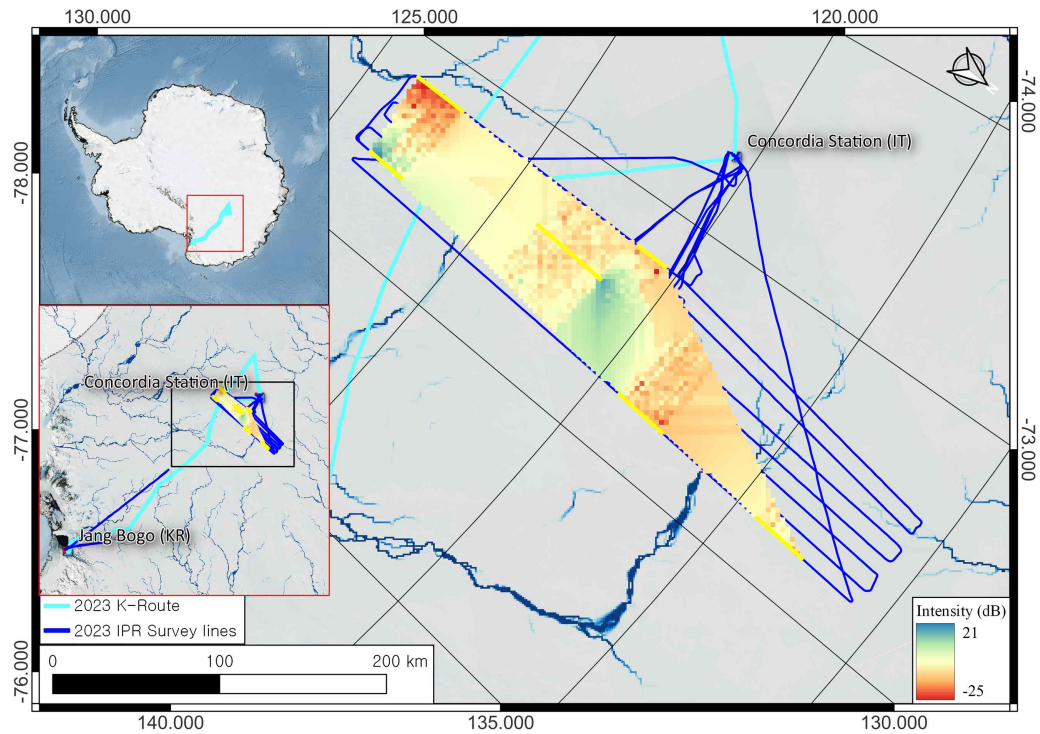
(2) 2차년도(2024)

○ 23/24 시즌 항공레이더탐사 결과 및 향후 탐사 계획

- 일부 조사 측선 단일 채널 자료처리 완료
- Auto-picking 알고리즘으로 수행된 ice-bed 경계면 해석 수행
- Travel time이 클수록 빙하 두께가 두꺼움. 초동 시간 분석이 이뤄지지 않아 빙하 두께 (meter)를 반사 시간(time)으로 표시
- 반사 강도가 낮을수록 빙하 하부에 물이 존재 하지 않으므로, 오래된 빙하가 존재할 가능성이 높음

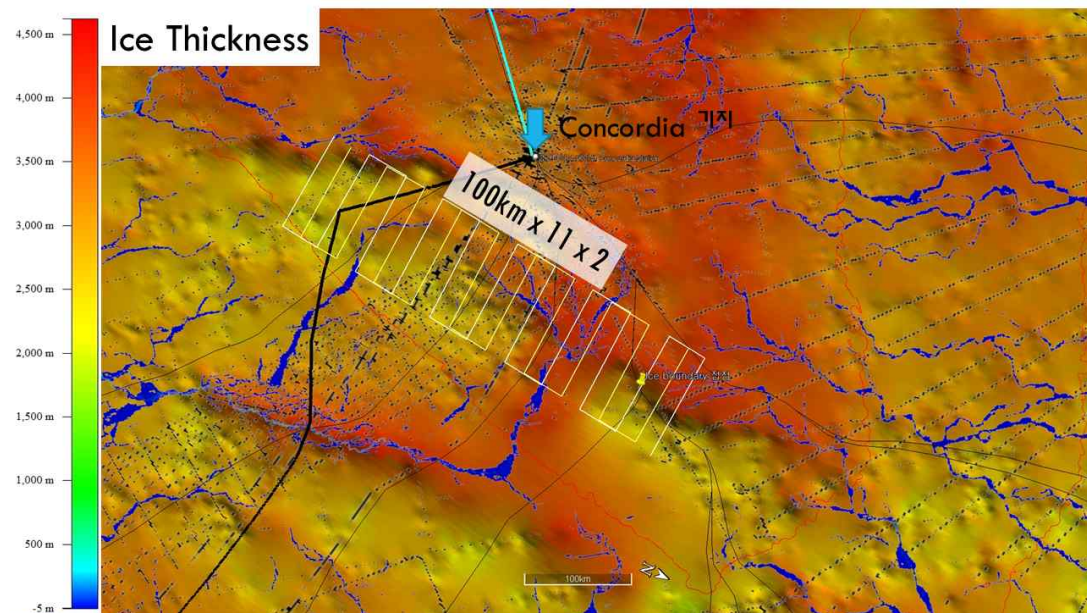


<그림 386. 일부 측선 단일 채널의 자료처리된 결과로부터 해석된 빙하 두께.
시간이 클수록 빙하가 두꺼움>



<그림 387. 일부 측선 단일 채널의 자료처리된 결과로부터 해석된 빙하 하부 반사 강도. 강도가 낮을수록 오래된 빙하 존재 가능성이 높음>

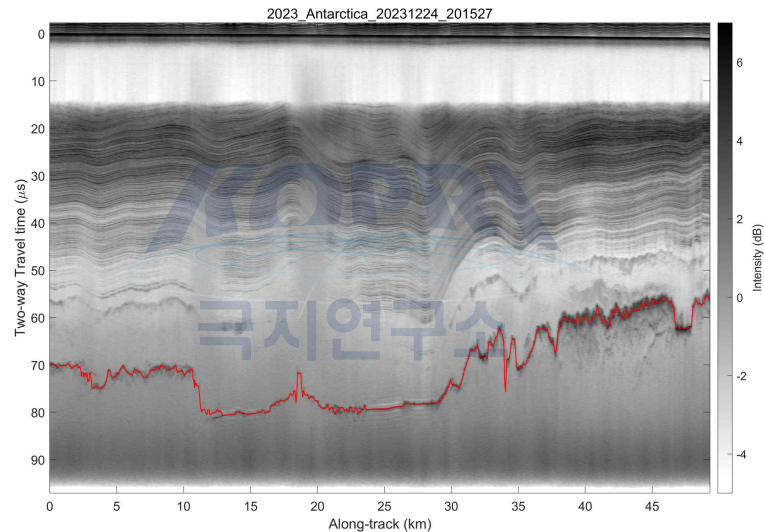
- 향후 항공 레이더 탐사시 기존 획득된 측선과 교차 될 수 있도록 설정
- 항공기 운영시간 제한(4h/1d) 및 기상 상황에 따른 탄력적인 측선 운영이 가능하도록 100km 단위의 짧은 측선 운영 예정



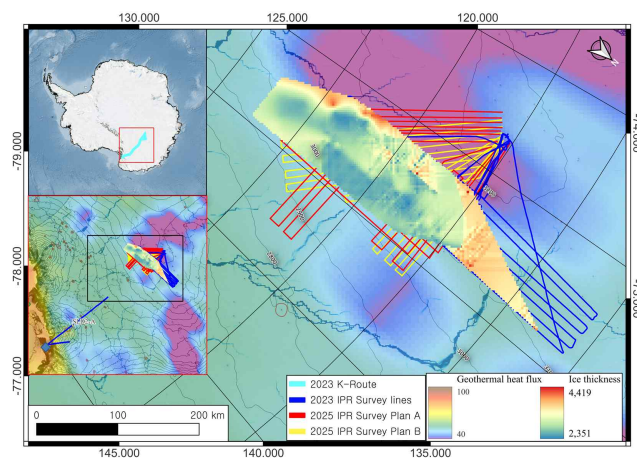
<그림 388. 향후 항공 레이더 탐사 측선 설계. BEDMAP2 빙하 두께 지도. 수직 측선 계획도>

(3) 3차년도(2025)

- Dome C 분석 프레임워크 수립
 - Dome Fuji 및 남극 연안 지역용으로 개발된 분석 알고리즘을 Dome C 지역에 맞게 수정 및 테스트
- 2023/2024 남극 내륙 레이더 탐사 데이터 2차 품질 검토
 - 현재까지 분석된 단채널과 다채널 자료 분석
- 지역기반 Variogram 개발
 - 다양한 클러스터를 고려한 Variogram 알고리즘 및 워크플로우 개발
- Ensemble 기반 기반지형 분석
 - 탐사 데이터를 이용하여 Bed topography, 지하수류, 열유속 분석 진행 예정
- 내륙연구 후보지 지형도 제작
 - 2023/24 자료 기반 내륙연구 후보지 지형도 제작 완료
 - 주변 Geothermal heat flux와 빙하 두께 비교로 내륙 연구 후보지 지역 선정 예정



<그림 389. 심부 빙하 시추 후보지 선정을 위한 빙하 두께 및 기저 특성 분석>



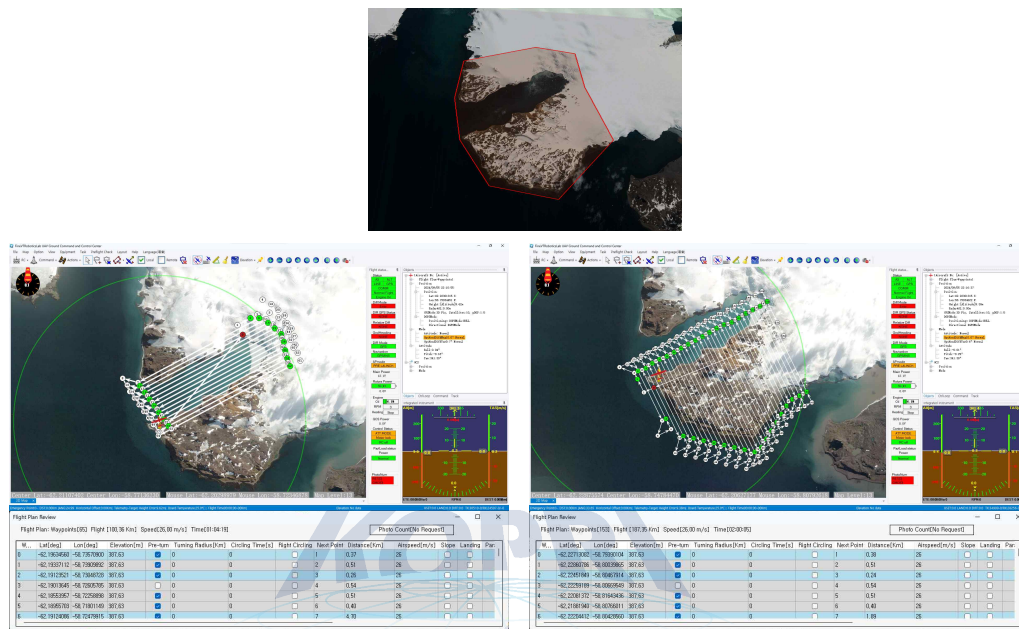
<그림 390. 2023/24 항공 레이더 결과>

4. 무인 항공탐사 기술개발 및 데이터 수집

가. 무인수직이착륙기(VTOL) 극지현장 운용

(1) 1차년도(2023)

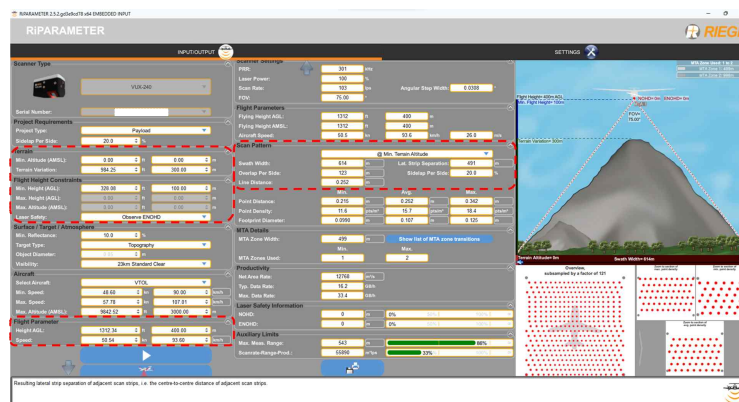
- 무인 수직이착륙(VTOL) 플랫폼 극지현장 실증 및 개선 설계
 - 무인 수직이착륙(VTOL) 플랫폼 극지현장 실증을 통한 개선점 도출
 - 23-24 시즌 세종과학기지에서 극지현장 실증 및 개선 사항 도출 예정(24.2.2. ~ 24.2.28.)



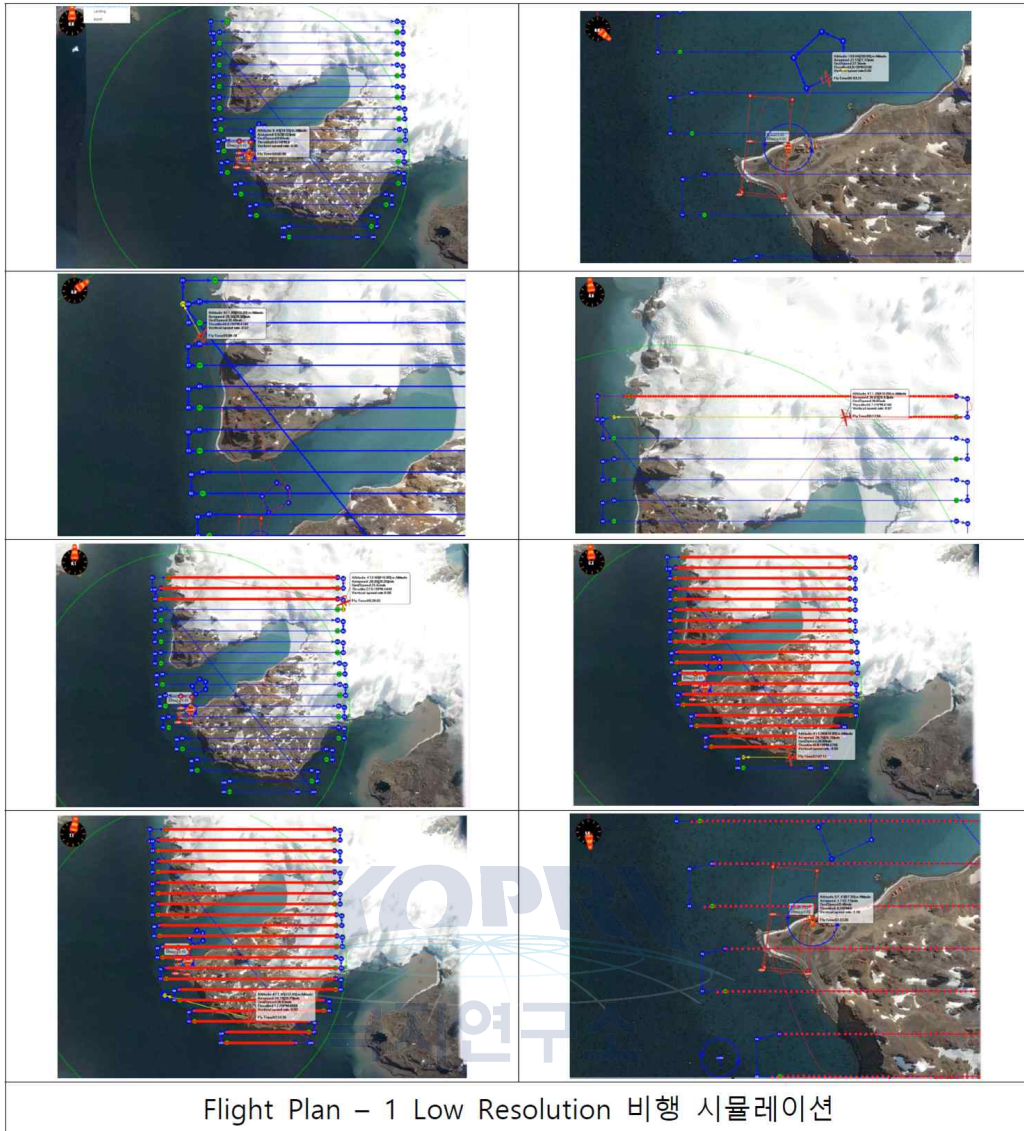
<그림 391. 무인 수직이착륙(VTOL) 플랫폼 극지현장 실증 비행 구역 및 비행계획>

(2) 2차년도(2024)

- 무인 수직이착륙(VTOL) 플랫폼 극지현장 실증 결과 및 향후 계획
 - 23-24시즌 세종과학기지에서 무인 수직이착륙 플랫폼 시험비행 수행 및 항공라이다 데이터 취득 완료
 - 지형조건을 고려하여 탐사 및 비행 계획 수립, 비행 시뮬레이션 수행

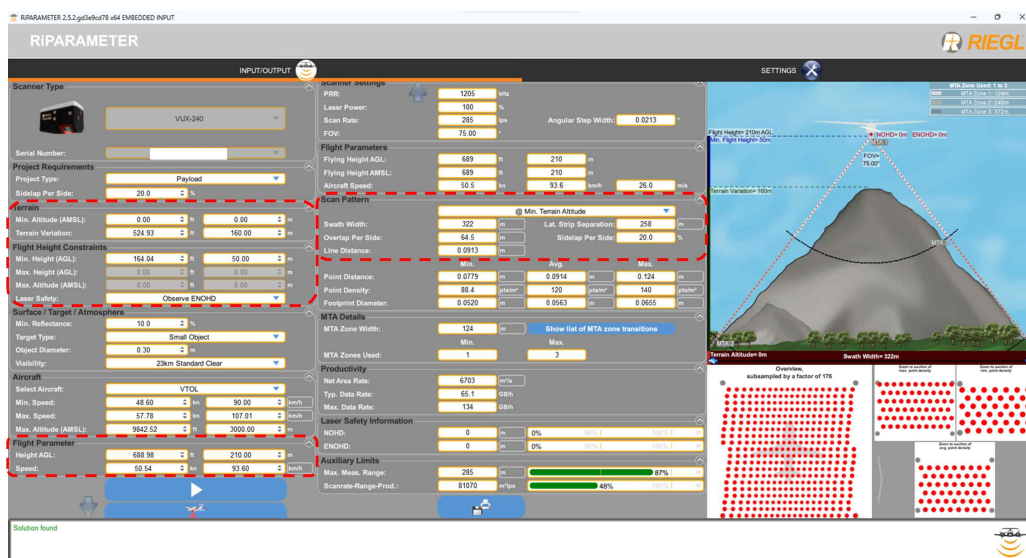


<그림 392. LIDAR Parameter - Low Resolution>

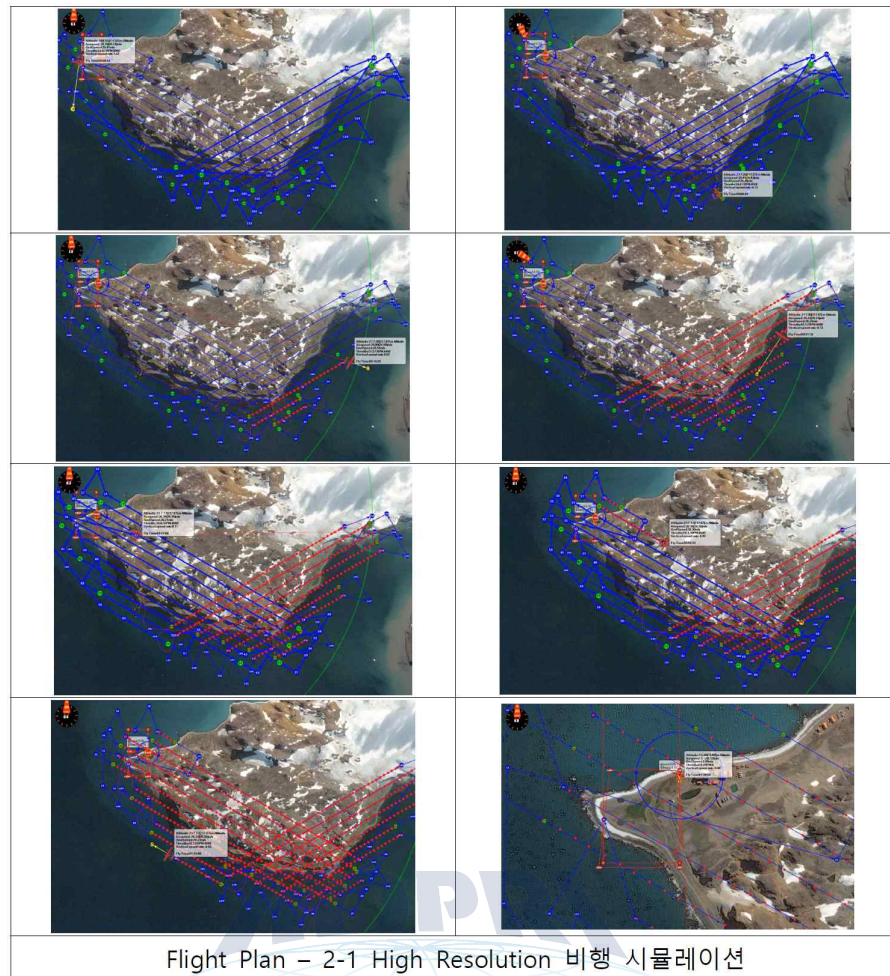


Flight Plan – 1 Low Resolution 비행 시뮬레이션

<그림 393. 비행시뮬레이션 결과 – 총 비행시간 약 2시간 30분>



<그림 394. LiDAR Parameter – High Resolution>

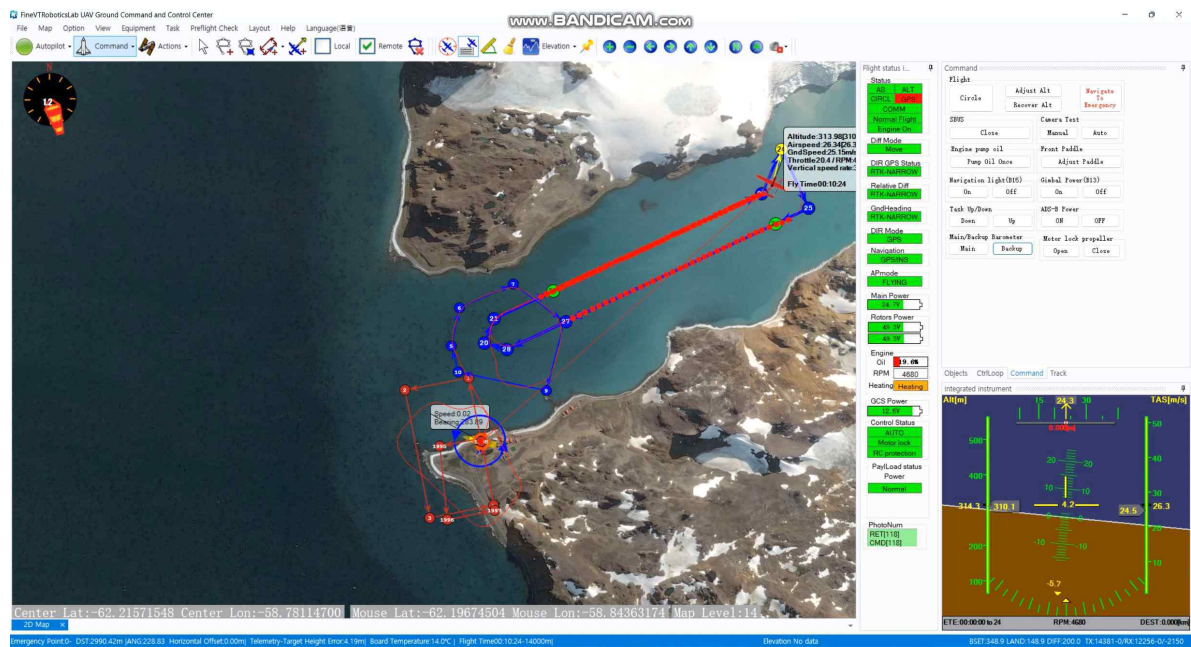


<그림 395. 비행시뮬레이션 결과 - 총 비행시간 약 1시간 40분>

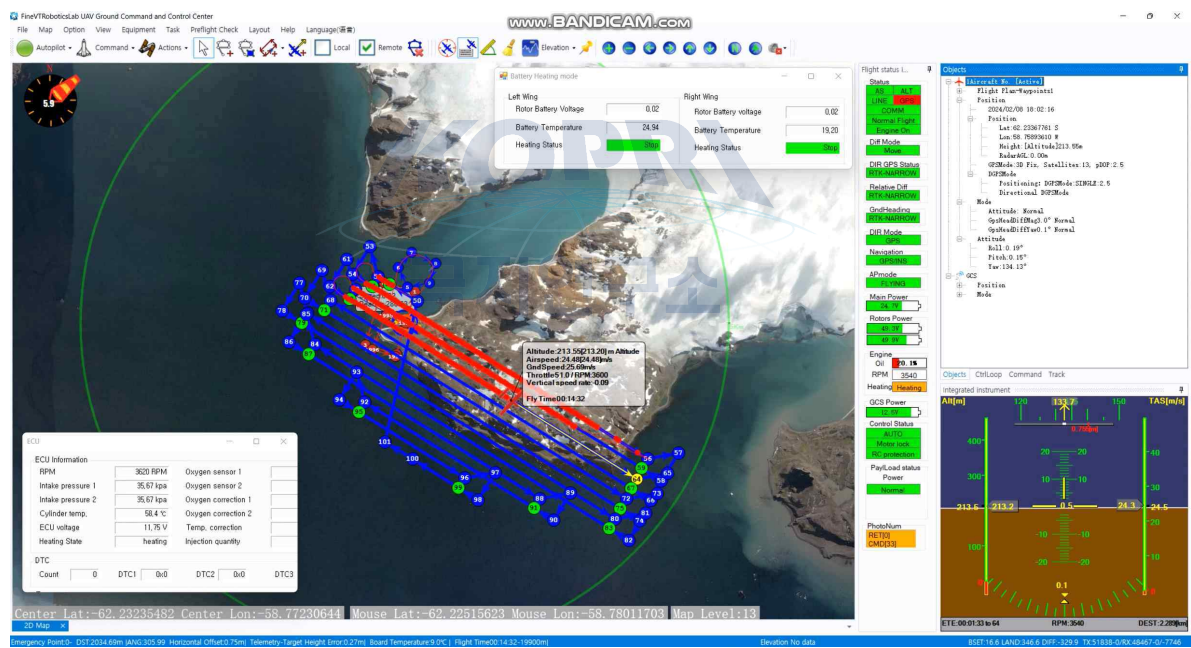
- 기상조건 및 주변 항공인프라와의 간섭으로 총 2회의 비행 수행
- 1차비행(테스트비행)을 통해 플랫폼의 정상 비행여부를 확인함
- 2차비행(항공라이다탐사)을 통해 관심지역의 항공라이다 데이터 취득



<그림 396. 센서 세부 구성 및 기체 장착>



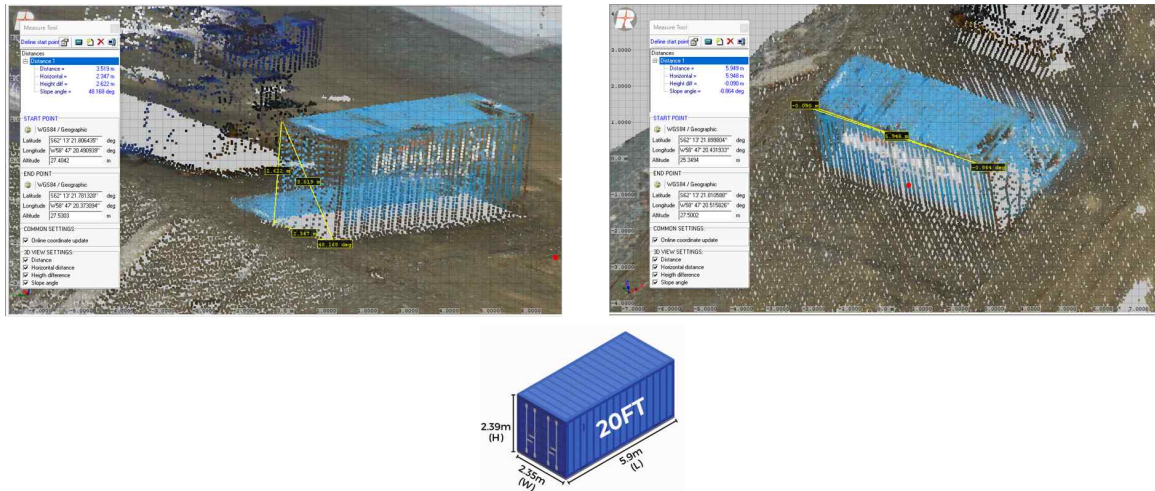
<그림 397. 비행 1. 테스트비행 경로>



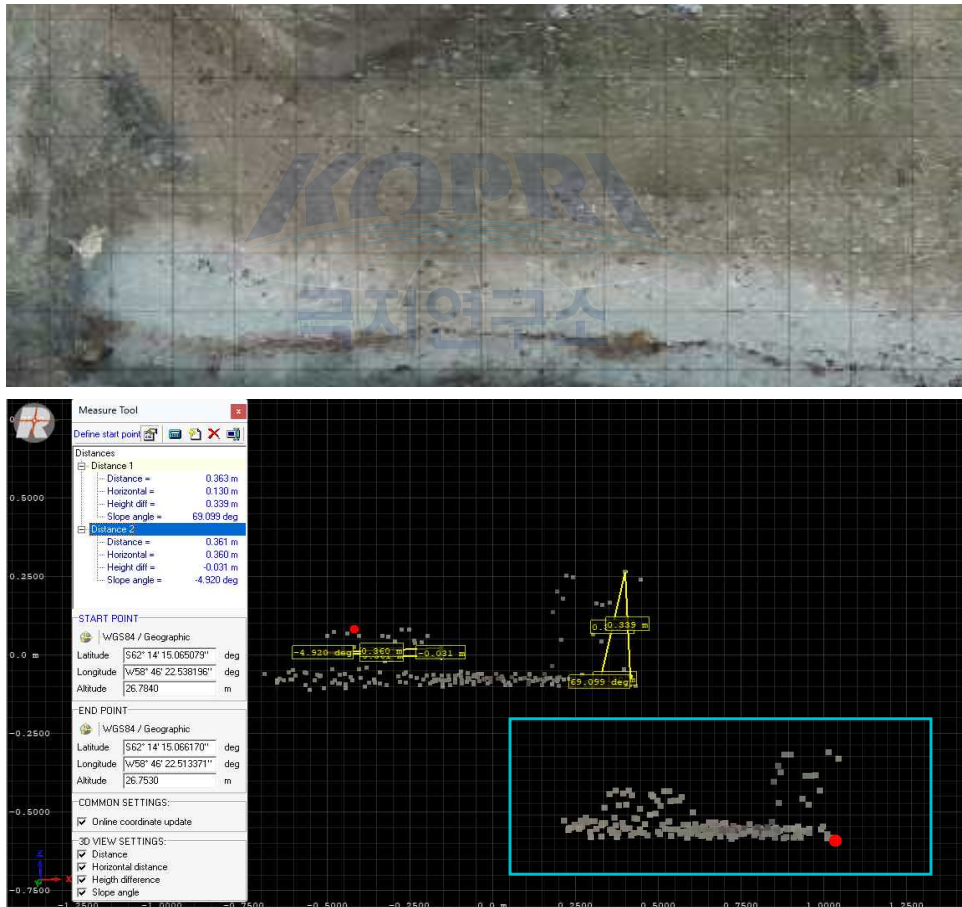
<그림 398. 비행 2. 항공 라이다 탐사 비행>

- 약 4.3km2면적에 대한 LiDAR, RGB, 열화상 데이터 취득 완료
- 높은 고도에서의 LiDAR 스캔 폭 감소로 일부 음영지역 발생

- 스캔 데이터 분석결과



<그림 399. 취득 데이터 및 ISO컨테이너 치수간의 비교>



<그림 400. 펭귄마을 항공 LiDAR 데이터 분석>

- 극지환경에서의 중형급 무인비행체는 유인항공기의 간섭, 급변하는 기상조건으로 인해 활용에 어려움이 있음
- 지속적인 비행을 통한 숙련도 향상 및 데이터 품질향상을 위해 정밀한 비행계획 수립 필요

(3) 3차년도(2025)

- 전년도에 세종과학기지에서 항공탐사를 수행하였으며 기체는 세종과학기지에 보관중
- 신규 개발된 기상센서 페이로드를 운송하여 세종과학기지에서 시험비행 수행 및 데이터 수집 예정
- 전년도 항공탐사 수행지역인 바톤반도 외 추가 지역에 대한 항공라이다 탐사 수행



<그림 401. 세종기지 보관중인 VTOL 기체>

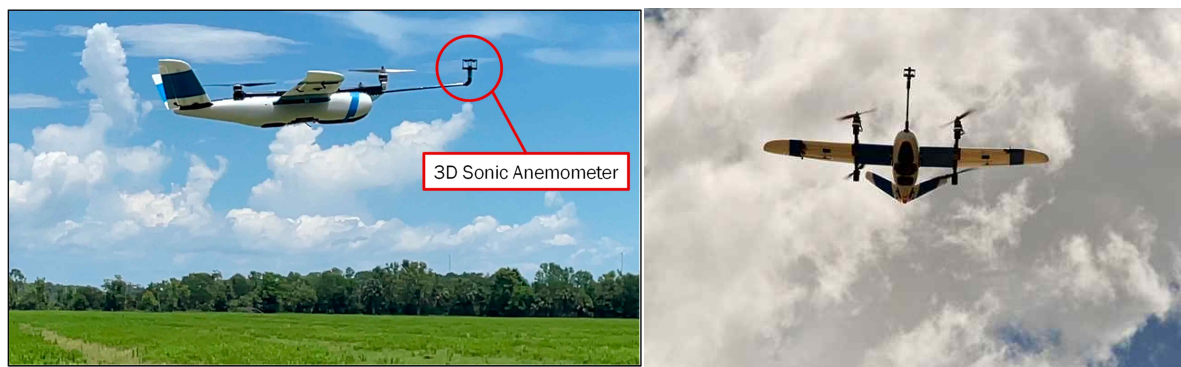


<그림 402. 위버반도 비행계획>

나. 무인수직이착륙기(VTOL)용 탐사장비 개발

(1) 1차년도(2023)

- 기상변수(스칼라 변수) 관측을 위한 무인 항공 플랫폼용 관측장비 선정
 - 국내외 연구 동향을 조사하여 기상변수(스칼라 변수) 관측에 적합하며, 무인 항공 플랫폼에 탑재 가능한 소형, 경량, 저전력 관측장비(TriSonica Mini(LI-COR))를 선정



<그림 403. 해외 탑재 사례(Embry-Riddle Aeronautical University)>

	SIZE 9.1cm x 9.1cm x 5.2cm	WEIGHT 50 grams	POWER 5-32 VDC @ 30mA 400 mV (max.), 320 mV (typ.)
	DIGITAL OUTPUT RS-232 (TSM-FB) RS-232, RS-422, UART-3V (TSM-PM)	DATA OUTPUT RATE 1Hz, 2Hz, 5Hz, 10Hz, 20Hz, 40Hz	ULTRASONIC OPERATING FREQUENCY 60 kHz
	WIND SPEED Range: 0-50 m/s Resolution: 0.1 m/s Accuracy (0-10 m/s): ±0.2 m/s Accuracy (11-30 m/s): ±2% Accuracy (31-50 m/s): ±4%	WIND DIRECTION Range (x/y): 0-360° Range (z): ±30° Resolution: 1.0° Accuracy: ±1.0°	TEMPERATURE Range: -40° C to 85° C Resolution: 0.1° C Accuracy: ±2.0° C Derived from Speed of Sound and Humidity
	HUMIDITY SENSOR Range: 0-100% RH Resolution: 0.1% Accuracy: ±3%	PRESSURE SENSOR Range: 50-115 kPa Resolution: 0.1 kPa Accuracy: ±1.0 kPa	3D ACCELEROMETER Range (x, y, z): ±2g Tilt (Pitch, Roll): ±90°
	MAGNETOMETER Range (x, y, z): ±16 Gauss Heading Accuracy: ±5.0°	DEW POINT CALCULATION Derived from Temperature and Humidity Values	AIR DENSITY CALCULATION Derived from Speed of Sound and Pressure

<그림 404. 기상변수(스칼라 변수) 관측장비 형상 및 사양(TriSonica Mini(LI-COR))>

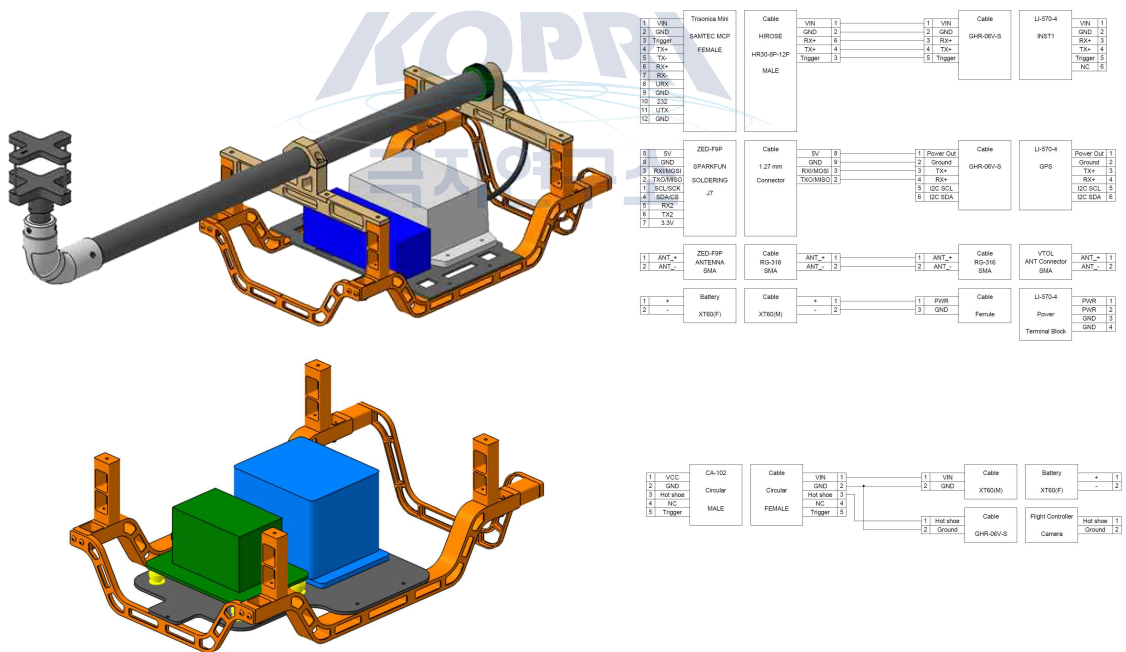
- 무인 수직이착륙(VTOL) 플랫폼용 기상관측 시스템 설계 및 구축(스칼라 변수)
 - 기상관측 시스템 설계 변수(동체와 이격거리) 도출을 위한 기초 실험 수행



<그림 405. 기상관측 시스템 설계 변수(동체와 이격거리) 도출 실험 및 결과>

 VTOL 탑재체 설계 보고서 과제명: 남극내륙 연구거점 구축과 기저 후보지 선정을 위한 빙원탐사 세부2: 항공탐사 시스템 개발을 통한 남극 빙저지형 (BEDMAP) 연구		 목 차	
PART I. 개요	2	PART II. 기상 탑재체 인터페이스 설계	3
1. 목표	2	1. 기상 탑재체	3
2. VTOL	2	2. 기상 탑재체 주요구성품	4
3. 활용방안	2	3. 전자 인터페이스 설계	9
		4. 기계 인터페이스 설계	11
PART III. 광학 탑재체 인터페이스 설계	15		
1. 광학 탑재체	15		
2. 광학 탑재체 주요구성품	16		
3. 전자 인터페이스 설계	17		
4. 기계 인터페이스 설계	18		

<그림 406. VTOL 탑재체 설계 보고서 표지 및 목차>



<그림 407. VTOL 탑재체 2종 설계 형상 및 연결도>

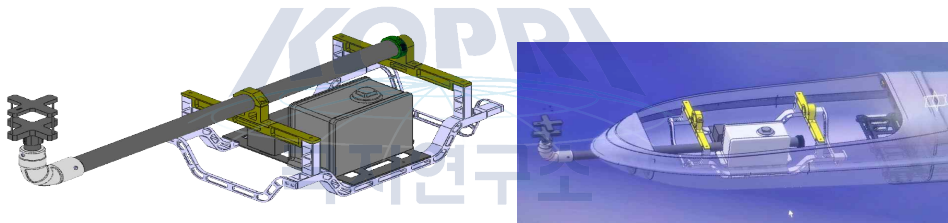
(2) 2차년도(2024)

- 무인 수직이착륙플랫폼을 활용한 기상데이터 획득 장비 개발
 - 센서 및 데이터 로거 선정



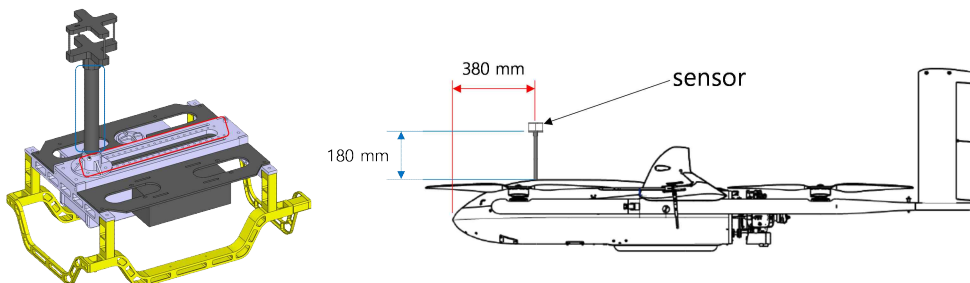
<그림 408. 센서 : Trisonica Mini, 데이터로거 : DL-422>

- 설계안 1.
 - 기체 전방으로 파이프를 연장하여 동체 노즈 부분에 장착
 - 상부로 장착시 GPS안테나 간섭되어 하부로 위치하게 되면 동체에 추가가공을 해야 하므로 기체의 구조 안정성 저해 우려



<그림 409. 설계안 1. 동체 전방 장착>

- 설계안 2.
 - 기체 상부로 파이프를 연장하여 동체 상단에 장착
 - 상단의 커버만 추가가공하면 되므로 기체의 구조 안정성에 영향이 없음. 단, 비행저항이 다소 증가
 - 상단 장착시 GPS안테나와 간섭이 없는 위치로의 치수 조정 완료하여 설계안 확정



<그림 410. 설계안 2. 동체 상부 장착>

- 데이터 로거 하우징 개선

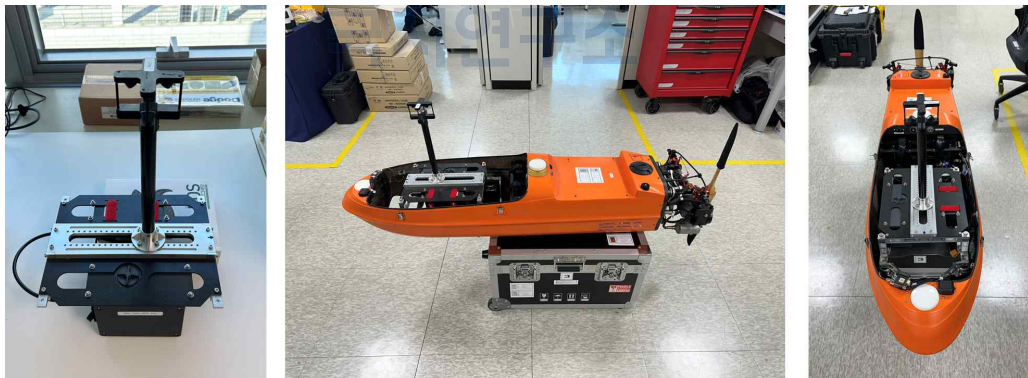
- 기존의 데이터로거는 데이터 백업을 위해 SD카드 탈착시 하우징 전체를 분리하는 구조
- SD카드 접근성을 개선하기 위해 신규 하우징을 설계하고 3D프린터를 활용하여 출력하여 적용



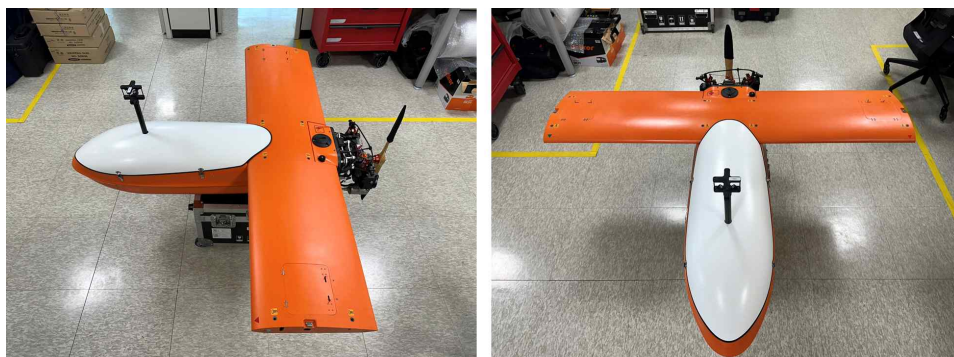
<그림 411. 데이터로거 개선 설계-SD탈착용 도어캡 적용>

(3) 3차년도(2025)

- 2024년도 개발한 멀티 기상 센서 페이로드를 장착하고 국내 시험 비행을 통해 개선점 도출 및 운영 안정성 평가 수행
- VTOL 완성기체에 멀티 기상 센서를 장착하고 국내 및 극지 현장에서 복수의 기상 데이터 수집 시험



<그림 412. 개발 완료된 멀티센서 기상 페이로드 및 동체 조립 형상>



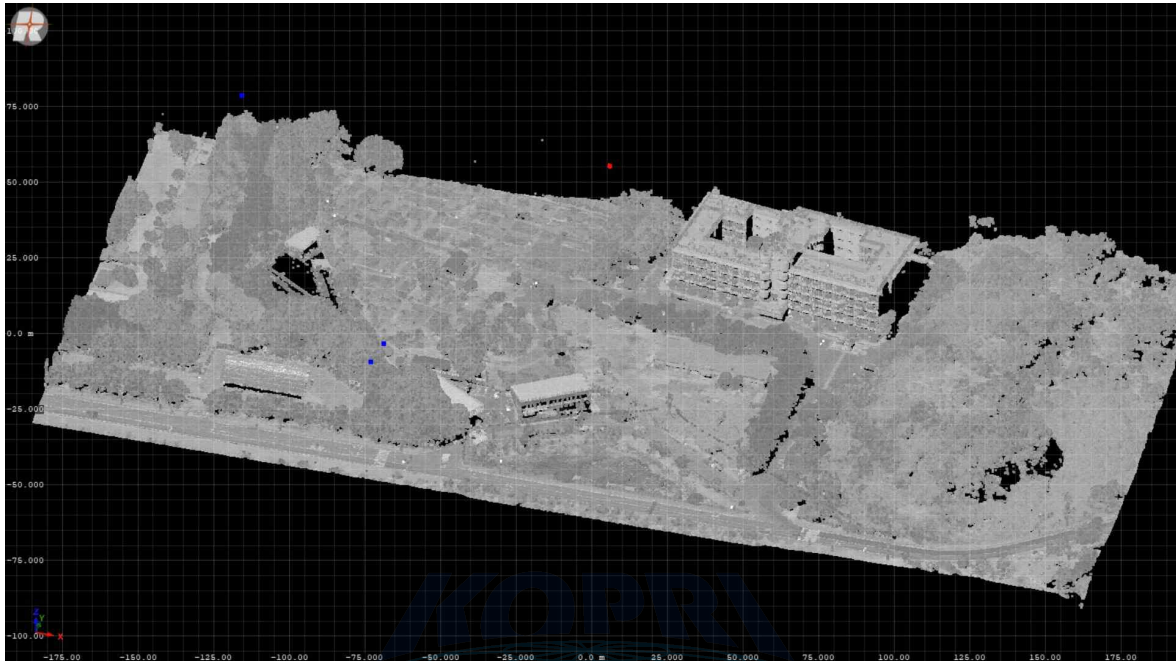
<그림 413. 최종 조립된 기상페이로드 형상>

다. 무인 항공탐사 자료 수집

(1) 1차년도(2023)

○ 라이다 및 RGB 카메라를 이용한 기지주변 연구지역 맵핑

- 23-24 시즌 세종과학기지에서 라이다 및 RGB 카메라를 이용한 기지주변 연구지역 맵핑 예정 (24.2.2. ~ 24.2.28.)



<그림 414. 무인항공 탐사 예상 연구결과>

○ 무인 항공 수집 데이터 활용 수요 소내·외 연구 그룹 컨택 및 공동연구 계획 수립

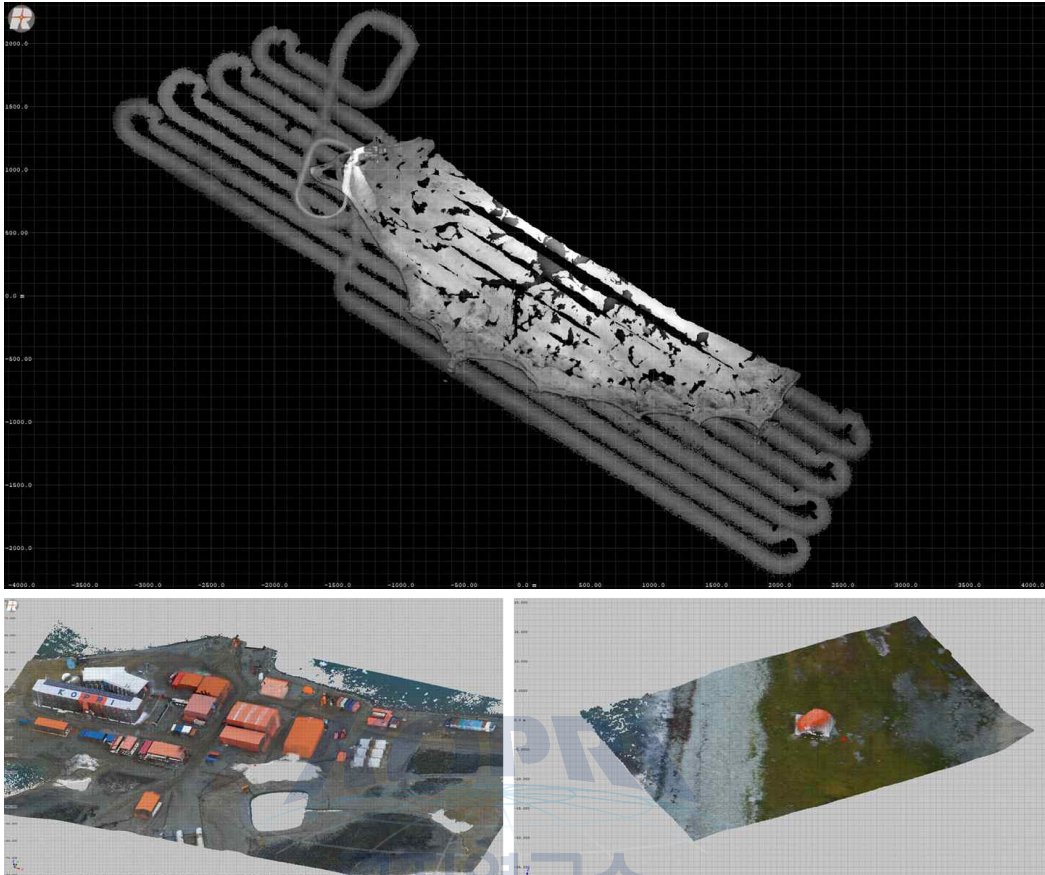
- 선정된 기상변수(스칼라 변수) 관측 장비의 성능 검증을 위하여 소내 대기연구본부에 VTOL에 탑재 예정인 기상변수(스칼라 변수) 관측 장비를 제공. 아라온 북극항차 기간 중 레퍼런스 삼차원 초음파풍속계(CSAT3B)와 함께 설치하여 데이터를 수집하였으며, 데이터 분석을 위해 추가 시험 진행 중



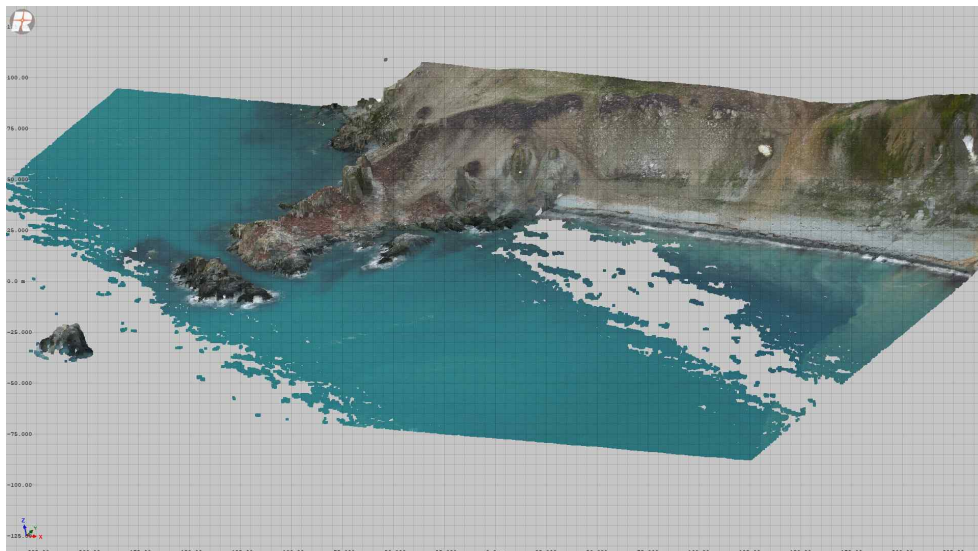
<그림 415. VTOL 탑재 기상변수(스칼라 변수) 관측 장비 검증 실험>

(2) 2차년도(2024)

○ 라이다 및 RGB 카메라를 이용한 기지주변 연구지역 맵핑결과 및 향후 계획 작성



<그림 416. 항공 LiDAR 데이터 취득 결과>

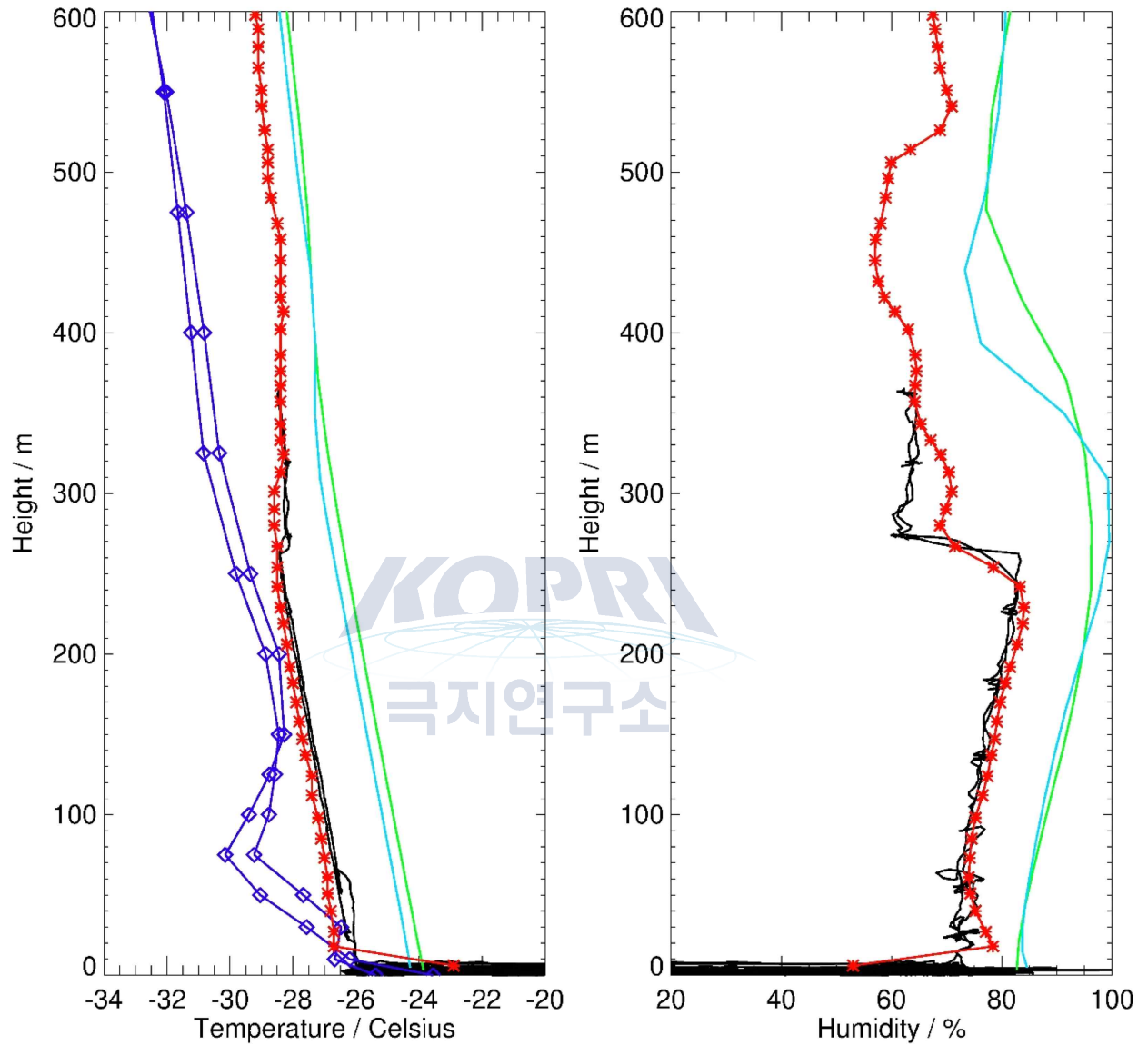


<그림 417. 세종기지 인근 펭귄마을 항공라이다 스캔 데이터>

- 국내에서 기상 페이로드를 장착하고 테스트 비행을 수행하고 데이터를 취득하여 분석
- 테스트 결과를 바탕으로 보완사항을 확인하고 반영하여 남극 운영 준비

(3) 3차년도(2025)

- 기존 설계된 광학 페이로드들을 활용하여 극지역 식생 맵핑 자료 획득
- 기상변수(스칼라 변수)를 측정할 수 있는 멀티 기상 센서용 페이로드 제작 및 운항 시험
- 남극 현장에서 기상변수(스칼라 및 벡터 변수) 데이터 수집



<그림 418. 수집데이터 예시>

제 4 장

연구개발목표 달성도 및 대외기여도

극지연구소



제 4 장 연구개발목표 달성도 및 대외기여도

총 연구기간 내 연차별 목표 대비 달성율(%)					
구분	연차별 달성내용				연차별 계획대비 연구실적 달성율(B) (%)
	세부연구 목표	연구내용	가중치 (A)	달성실적	
1단계 1년차 (2020)	신규내륙 진출루트 개척	○ 남극내륙 진출루트 위성탐사	0.3	위성탐사자료 확보	100
		○ K루트 베이스캠프 정비		베이스캠프 정비 완료	
		○ 탐사선단 강화		설상차 1대, 연료탱크 2대 신규 확보	
		○ 환경영향평가 기초자료 수집		기상자료 및 환경시료 수집	
	연구지원 시스템 구축	○ 연구캠프 안전구역 탐사자료 정확도 향상	0.2	정밀 GPS 시스템 확보	75
		○ 캠프운영 매뉴얼 작성		매뉴얼 작성 완료	
		○ 무인천문관측장비 운송		차년도 순연	
		○ 저전력 고단열 컨테이너 개발		저전력 컨테이너 설계완료	
	빙권탐사 용 항공탐사 플랫폼 개발	○ 무인 VTOL 항공플랫폼 개발	0.5	무인기 시제품 제작완료	100
		○ 다중주파수 빙하레이더 제작 및 운영기술 개발		안테나 개념설계 및 시물레이션	
		○ LiDAR, 초분광센서 통합 및 운영기술 개발		프로토타입 개발 및 성능테스트	
	계		1.0		95

총 연구기간 내 연차별 목표 대비 달성율(%)					
구분	연차별 달성내용				연차별 계획대비 연구실적 달성율(B) (%)
	세부연구 목표	연구내용	가중치 (A)	달성실적	
1단계 2년차 (2021)	신규내륙 진출루트 개척	○ 남극내륙 진출루트 개척	0.3	1,740km 탐사완료	80
		○ 연구캠프 구축		연구캠프 구축 및 운영 완료	
		○ 환경영향평가서 작성		환경시료 분석	
	연구지원 시스템 구축	○ 연구캠프 안전구역 설정	0.2	빙저호 연구캠프 안전구역 설정 완료	100
		○ 안전 매뉴얼 작성		의료지원 매뉴얼 작성 완료	
		○ 무인천문관측장비 운영지원		장비 수송 및 설치지원 완료	
		○ 에너지하베스팅 컨테이너 제작		컨테이너 제작 및 국내 시 험운영	
	빙권탐사 용 항공탐사 플랫폼 개발	○ 무인 VTOL 항공플랫폼 개발	0.5	무인기 시제품 시험운영	100
		○ 다중주파수 빙하레이더 제작 및 운영기술 개발		빙하레이더 실험실 테스트	
		○ LiDAR, 초분광센서 통합 및 운영기술 개발		다중센서 운영기술 개발	
	계		1.0		94

총 연구기간 내 연차별 목표 대비 달성율(%)					
구분	연차별 달성내용				연차별 계획대비 연구실적 달성율(B) (%)
	세부연구 목표	연구내용	가중치 (A)	달성실적	
1단계 3년차 (2022)	신규내륙 진출루트 개척	○ 남극내륙 진출루트 개척	0.3	차년도 순연(해빙상황 이상)	50
		○ 연구캠프 구축		차년도 순연(해빙상황 이상)	
		○ 환경영향평가서 작성		환경시료 분석	
	연구지원 시스템 구축	○ 연구캠프 안전구역 설정	0.2	베이스캠프 안전구역 설정	50
		○ 안전 매뉴얼 작성		내륙탐사 안전활동 매뉴얼 작성	
		○ 무인천문관측장비 운영지원		차년도 순연(해빙상황 이상)	
		○ 에너지하베스팅 컨테이너 제작		장보고기지 운송	
	빙권탐사 용 항공탐사 플랫폼 개발	○ 무인 VTOL 항공플랫폼 개발	0.475	무인기 제작	100
		○ 다중주파수 빙하레이더 제작 및 운영기술 개발		항공레이더 탐사자료 분석	
		○ LiDAR, 초분광센서 통합 및 운영기술 개발		LiDAR, 초분광센서 이미지 획득	
	3차원 빙저지형 도 작성	○ 빙하레이더 자료처리 기술 개발	0.025	레이더 자료처리 소프트웨어 개발	100
	계		1.0		75

총 연구기간 내 연차별 목표 대비 달성율(%)					
구분	연차별 달성내용				연차별 계획대비 연구실적 달성율(B) (%)
	세부연구 목표	연구내용	가중치 (A)	달성실적	
2단계 1년차 (2023)	남극내륙 연구거점 구축	○ 남극내륙 진출루트 개척	0.3	2,240km 루트개척 완료	100
		○ 빙하시추거점 구축		빙하시추거점 내 연료 비축 및 AWS 시스템 구축	
		○ 천문관측거점 구축		천문관측거점 환경조사	
		○ 빙저호 시추캠프 운영		청정컨테이너 및 발전컨 테이너 운송	
	연구지원 시스템 강화	○ 이동식 연구모듈 설계	0.2	연구모듈 설계 완료	100
		○ 항공망 활용 지원시스템 구축		국제공동 항공망 운영	
		○ 탐사선단 강화		설상차 1대 신규확보	
		○ 환경영향평가		천문관측거점 내 빙설 환 경시료 채집	
	광역항공 탐사기술 개발 및 데이터 수집	○ 다중주파수 빙하레이더 항 공기 통합설치 및 운영	0.24	빙하레이더 항공기 통합 설치 및 운영 완료	100
		○ 극지현장 빙하레이더 운용 및 자료처리 기술개발		극지현장 레이더 운영 완료	
		○ 연구후보지 빙상 및 빙저 3 차원 지형도 제작		3차원 지형도 활용 탐사 후보지 선정계획 수립	
	무인항공 탐사기술 개발 및 데이터 수집	○ VTOL 극지현장 운영	0.26	극지현장 테스트 완료	100
		○ VTOL 탐사장비 개발		탐재체 설계 2종	
		○ 무인항공탐사 자료수집		10km ² 이상 영역 데이터 수집 완료	
	계		1.0		100

총 연구기간 내 연차별 목표 대비 달성율(%)					
구분	연차별 달성내용				연차별 계획대비 연구실적 달성율(B) (%)
	세부연구 목표	연구내용	가중치 (A)	달성실적	
2단계 2년차 (2024)	남극내륙 연구거점 구축	○ 빙하시추거점 구축	0.3	차년도 순연 (예산감축으로 탐사축소)	50
		○ 천문관측거점 구축		천문관측모듈 시험운영	
		○ 빙저호 시추캠프 운영		장보고기지 내 시추장비 정리	
	연구지원 시스템 강화	○ 이동식 연구모듈 설계	0.2	차년도 순연 (예산감축으로 탐사축소)	50
		○ 항공망 활용 지원시스템 구축		차년도 순연 (예산감축으로 탐사축소)	
		○ 탐사선단 강화		화물썰매 2대 신규확보	
		○ 환경영향평가		환경시료 분석 (500개 데이터 확보)	
	광역항공 탐사기술 개발 및 데이터 수집	○ 다중주파수 빙하레이더 항 공기 통합설치 및 운영	0.24	차년도 순연 (예산감축으로 탐사축소)	100
		○ 극지현장 빙하레이더 운용 및 자료처리 기술개발		내륙연구 후보지 층서 해석	
		○ 연구후보지 빙상 및 빙저 3 차원 지형도 제작		내륙연구 후보지 지형도 제작	
	무인항공 탐사기술 개발 및 데이터 수집	○ VTOL 극지현장 운영	0.26	차년도 순연 (예산감축으로 탐사축소)	0
		○ VTOL 탐사장비 개발		차년도 순연 (예산감축으로 탐사축소)	
		○ 무인항공탐사 자료수집		차년도 순연 (예산감축으로 탐사축소)	
	계		1.0		49

총 연구기간 내 연차별 목표 대비 달성율(%)					
구분	연차별 달성내용				연차별 계획대비 연구실적 달성율(B) (%)
	세부연구 목표	연구내용	가중치 (A)	달성실적	
2단계 3년차 (2025)	남극내륙 연구거점 구축	○ 빙하시추거점 구축	0.3	차년도 순연 (예산감축으로 탐사축소)	50
		○ 천문관측거점 구축		차년도 순연 (예산감축으로 탐사축소)	
		○ 빙저호 시추캠프 운영		시추장비 정비	
	연구지원 시스템 강화	○ 이동식 연구모듈 설계	0.2	차년도 순연 (예산감축으로 탐사축소)	75
		○ 항공망 활용 지원시스템 구축		독자적 항공망 운영	
		○ 탐사선단 강화		후속과제로 이연	
		○ 환경영향평가		환경시료 분석 (200개 데이터 확보)	
	광역항공 탐사기술 개발 및 데이터 수집	○ 다중주파수 빙하레이더 항 공기 통합설치 및 운영	0.24	30시간 이상 빙하레이더 탐사	100
		○ 극지현장 빙하레이더 운용 및 자료처리 기술개발		레이더 탐사결과 분석	
		○ 연구후보지 빙상 및 빙저 3 차원 지형도 제작		10,000km 레이더 탐사자료 획득 및 영상특성 규명	
	무인항공 탐사기술 개발 및 데이터 수집	○ VTOL 극지현장 운영	0.26	10시간 이상 국내 및 극 지 현장 운영	100
		○ VTOL 탐사장비 개발		대기변수 측정장비 설계	
		○ 무인항공탐사 자료수집		대기변수 자료 수집	
	계		1.0		80

제 5 장

연구개발결과의 활용계획

극지연구소



제 5 장 연구개발결과의 활용계획

구분	주요 내용
향후 연구 방향	○ 본 사업에서 구축한 인프라를 기반으로 향후 심부빙하시추, 심부빙저호 시추, 남극내륙 천문연구 등 남극내륙이라는 미답지로 연구영역을 확대하기 위한 신규 R&D 사업과 남극내륙기지 건설이라는 대형 인프라 구축사업 추진 ○ 본 사업에서 수집된 UWB 항공레이더 데이터를 BEDMAP3 프로젝트, RINGS COLLABORATION 프로젝트 등 국제협력 프로그램에 제공하여 글로벌 네트워크 내 대한민국 주도적 참여 확대 및 극지과학 리더십 제고에 활용
성과 활용 계획	○ 남극내륙탐사 중 획득한 환경시료의 분석자료는 향후 남극내륙 연구거점 구축 및 남극내륙기지 건설 등의 신규 사업 추진 시 국제사회 환경영향평가 대응을 위한 자료로 활용 ○ 본 사업을 통해 획득한 테라노바만-남극내륙 연구거점 간 항공망 운영 노하우는 향후 남극내륙 연구거점 및 남극내륙기지 운영에 필요한 인력 및 장비 항공수송에 활용 ○ 일본 돗 후지 스미부빙하 시추캠프 참여경험은 향후 대한민국 주도의 국제공동 심부빙하코어 시추 프로젝트 개발 시 필수 인프라 구축을 위한 노하우 제공 가능 ○ 본 사업에서는 한-미, 한-일, 한-호주 등 남극내륙 심부빙하시추를 위한 국제적인 협력 네트워크를 확보하여 향후 다양한 국제공동 심부빙하코어 시추 프로젝트 참여 및 대한민국 주도 심부빙하코어 시추를 위한 인력양성의 기회 제공 ○ 본 사업을 통해 개척을 완료한 남극내륙 진출루트와 남극내륙 탐사선단은 향후 심부빙하코어 시추, 심부빙저호 시추, 천문우주 관측연구 등 다수의 남극내륙 연구거점에서 수행될 현장연구를 위한 장비, 연료 및 인력의 육상수송에 활용 예정 ○ 본 사업을 통해 개발된 무인천문관측모듈은 향후 남극내륙 천문우주 관측거점의 관측환경 조사를 위한 기초자료 생산에 활용 예정 ○ 본 사업을 통해 제작된 에너지 하베스팅 컨테이너는 심부빙하 시추거점 내 연구장비 보관시설로 활용함과 동시에 향후 남극내륙기지 모듈개발을 위한 기초자료로 활용 예정



제 6 장

참고문헌





제 6 장 참고문헌

- Barrett, B. E., et al., 2009, Rapid recent warming on Rutford Ice Stream, West Antarctica, from borehole thermometry, *Geophysical Research Letters*, 36.2.
- Carter, Sasha P., et al., 2007, Radar-based subglacial lake classification in Antarctica, *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 8.3.
- Gunnigle, Eoin, et al., 2015, Draft genomic DNA sequence of the multi-resistant *Sphingomonas* sp. strain Anth11 isolated from an Antarctic hypolith, *FEMS microbiology letters*, 362.8.
- Kusakabe, Minoru, and Yukihiro Matsuhisa, 2008, Oxygen three-isotope ratios of silicate reference materials determined by direct comparison with VSMOW-oxygen, *Geochemical Journal* 42.4, 309-317.
- Lee, C.K., Lee, W.S., Yoo, H.J., Park, Y.C., Kim, B.H., Park, N.W., 2016, Potential subglacial lakes derived from a new DEM from Cryosat-2 and satellite optical image in the David Glacier, Antarctica, SCAR Open Science Conference 2016.
- Masson-Delmotte, Valerie, et al., 2008, A review of Antarctic surface snow isotopic composition: Observations, atmospheric circulation, and isotopic modeling, *Journal of Climate*, 21.13, 3359-3387.
- Osawa, T., Yamamoto, Y., Noguchi, T., Iose, A., and Nagao, K., 2010, Interior textures, chemical compositions, and noble gas signatures of Antarctic cosmic spherules: Possible sources of spherules with long exposure ages, *Meteoritics and Planetary Science* 45, 1320-1339.
- Peters, M.E., Blankenship, D.D., Carter, S.P., et al., 2007, Along-track focusing of airborne radar sounding data from West Antarctica for improving basal reflection analysis and layer detection, *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, 45, 2725 - 2736.
- Rignot, E., J. Mouginot, and B. Scheuchl, 2011, MEaSUREs InSAR-Based Antarctica Velocity Map, Boulder, Colorado USA: NASA EOSDIS Distributed Active Archive Center at NSIDC, Accessed on 4. 9. 2012.
- Schultz, L. and Franke, L., 2004, Helium, neon, and argon in meteorites: A data collection, *Meteoritics and Planetary Science* 39, 1889-1890.
- Siegert, M.J., 2018 A 60-year international history of Antarctic subglacial lake exploration. In, Siegert, M.J. Jamieson, S.S.R. & White, D.A. (eds). *Exploration of Subsurface Antarctica: Uncovering Past Changes and Modern Processes*, Geological Society, London, Special Publications, 461, 7-22. <https://doi.org/10.1144/SP461.5> (2018).
- Smith, B.E., Fricker, H.A., Joughin, I.R., Tulaczyk, S., 2009, An inventory of active subglacial lakes in Antarctica detected by ICESat (2003-2008), *Journal of Glaciology*, 55, 573-595.
- Starkey, N. A., et al., 2016, Triple oxygen isotopic composition of the high- $^3\text{He}/^4\text{He}$

mantle, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 176, 227–238.

Wright, A., & Siegert, M., 2012, A fourth inventory of Antarctic subglacial lakes, *Antarctic Science*, 24(6), 659–664. doi:10.1017/S095410201200048X



뒷 면

(국내 과제용)

주 의

1. 이 보고서는 극지연구소에서 수행한 기본연구사업의 연구결과보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 극지연구소에서 수행한 기본연구사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.