

CCAMLR 생태계모니터링 수행을 위한
장기 연구기반 구축

Construction of Research Base for CCAMLR Ecosystem
Monitoring Program (CEMP)



한국해양과학기술원
부설 극지연구소

제 출 문

극지연구소장 귀하

본 보고서를 “CCAMLR 생태계모니터링 수행을 위한 장기 연구기반 구축” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2017. 11. 08

연구 책임자 : 극지연구소 김 정 훈

참 여 연 구 원 : 극지연구소 김 상 희, 김 지 형
김 지 훈, 김 지 희
김 현 철, 나 형 술
노 두 리, 박 경 민
박 민 철, 박 성 섭
박 태 윤, 서 원 상
신 형 철, 이 영 주
이 원 영, 이 주 한
정 진 우, 정 호 성
최 누 리, 최 태 진
하 선 용, 현 창 욱
홍 순 규, 황 청 연

외부 참여기관 : DMZ Wild 임 완 호
전남대학교 이 지 용

보고서 초록

과제관리번호	PE15450	해당단계 연구기간	2015.12.30.-2017.03.29	단계 구분	단일과제
연구사업명	중 사업명	연구정책·지원과제			
	세부사업명				
연구과제명	중 과제명				
	세부(단위)과제명	CCAMLR 생태계모니터링 수행을 위한 장기 연구기반 구축			
연구책임자	김 정 훈	해당단계 참여연구원수	총 : 27명 내부 : 25명 외부 : 2명	해당단계 연구비	정부: 520,000 천원 기업: - 천원 계: 520,000 천원
연구기관명 및 소속부서명	한국해양과학기술원 부설 극지연구 소 극지생명과학연구부		참여기업명		
국제공동연구	상대국명 :	상대국연구기관명 :			
위탁연구	연구기관명 :	연구책임자 :			
요약				보고서면수	165(부록포함)
<p>본 연구는 CCAMLR 생태계 모니터링 수행을 위한 연구거점 확보 및 남극 해양생물자원 모니터링 수행을 위한 장기 체류 조사캠프 운용기술 축적을 목적으로 수행되었다. 로스해의 생태계 보존 및 해양보호구역 지정 관련 동향을 분석하기 위해 생태계모니터링관리 작업반(WG-EMM: Working Group on Ecosystem Monitoring and Management) 및 연례회의 내의 과학위원회에 참석하고, 우리나라의 장기모니터링에 계획에 대한 정보를 제공하였다. CEMP site 지정을 위한 후보지로 북빅토리아랜드의 Cape Hallett (ASPA No. 106) 및 Inexpressible Island를 선정하였으며 이 지역을 방문하여 시범적인 캠프 운용 및 펭귄 모니터링을 실시하였다. 기존 이탈리아에서 지정한 CEMP site 인 Edmonson Point의 캠프운용 현황을 확인하였으며, 캠프지 이동을 위한 항공유 중간 보급지역을 확보하였다. 캠프 구축을 위한 인력 및 물품 운송계획을 수립하였으며, 현장 캠프를 운용하여 장기체류 조사용 베이스캠프를 구축에 필요한 기초자료를 마련하였다. 캠프운용을 위한 장비, 식량 준비 방법, 캠프구성 방법, 폐기물 처리방법 등에 대한 노하우를 축적하였다. 캠프시설은 장기조사를 고려하여 조립식 냉동판넬형으로 선정되었다. 펭귄 모니터링 수행을 목적으로 자동모니터링 시스템을 도입하여 시범운용하였으며, 자동기상측정장비를 설치하여 캠프지의 기상상황을 기록하고 있다. Cape Hallett 지역에서 번식하는 아델리펭귄의 취식행동 모니터링을 위해 펭귄 부착형 바이오로거를 운용하였다. 이러한 사전 답사 결과를 토대로 장기 생태계 모니터링 수행지역으로서 타당성을 검토하였으며, 2017-18년도 현장조사를 위한 초기환경영향평가서를 작성하였다.</p>					
색인어 (각 5개 이상)	한 글	남극해양생물자원보존위원회 생태계모니터링프로그램, 로스해, 케이프 할렛, 조사캠프, 초기환경영향평가서			
	영 어	CEMP(CCAMP Ecosystem Monitoring Program), Ross Sea, Cape Hallett, Research Camp, IEE (Initial Environmental Evaluation)			

요 약 문

I. 제 목

- CCAMLR 생태계모니터링 수행을 위한 장기 연구기반 구축

II. 연구개발의 목적 및 필요성

- CCAMLR 총회 및 과학위원회에서 대한민국의 위상 제고를 위한 과학연구 기여
- 베이스캠프 구축으로 로스해 연안에서의 연구영역 확장 및 주도권 확보
- 현 정부의 140대과제 중 하나인 '기후·생태변화 모니터링 시스템 구축·운영 및 생물자원 조사 발굴, 위해외래종 등 관리 강화(No. 199)' 취지에 부합하는 연구사업 개발
- CCAMLR 생태계 모니터링 수행을 위한 연구거점 확보 및 장기 체류 조사캠프 운용기술 축적
- 해양생물자원(먹이생물)-상위포식자 모니터링 프로그램 현장 관측 계획 입안

III. 연구개발의 내용

- CCAMLR WG-EMM 동향분석
- CEMP site 지정을 위한 후보지 사전답사
- Camp 구축을 위한 인력 및 물품 운송계획
- 장기체류 조사용 Base Camp 구축
- 자동모니터링 시스템 구축
- 장기 생태계 모니터링 수행지역으로서 타당성 검토

IV. 연구개발결과의 활용계획

- 아라온에 구축된 해양생물자원조사 인프라와 연계하여 '로스해 해양생물자원 보전 연구'를 국가연구개발사업(R&D)으로 발전
- CCAMLR 대응 객관적인 연구자료를 생산함으로써 정부대표단의 훈령제정 및 발언에 필요한 기초자료 제공
- CEMP site 기반 연안 및 육상연구 아이템 개발
- 아라온을 활용한 해양생물자원 분포 조사시 상위포식자와 연관된 연구지역 범위 설정에 반영
- 장보고기지와 더불어 장기체류 조사용 베이스 캠프를 북빅토리아랜드 연구영역 확장의 전진기지로 활용
- 베이스 캠프는 장보고기지 기반으로 원거리 조사 수행중 기상악화시 대피소 및 중간보급소로 활용 가능

※ 본 연구결과를 토대로 “남극 로스해 해양보호구역의 생태계 구조 연구와 북빅토리아랜드 팽귄군서지 생태모니터링을 위한 초기환경영향평가서”를 외교부에 제출하였음(부록-2)

S U M M A R Y

I. Title

- Construction of research base for CCAMLR Ecosystem Monitoring Program(CEMP)

II. Purpose and necessity of research

- Scientific contribution to enhance Korea's status in the CCAMLR annual meeting and scientific Committee
- Expansion of research area and securing of the initiative in Ross sea through the establishment of base camp
- Development of research project in accordance with the purpose of national affairs(No. 199; System construction and operation of climate · ecology change, Survey and discovery of living resources, Management strengthening of exotic species)
- Research base security to perform CCAMLR ecosystem monitoring / Accumulation of operation skills for long-term survey camp
- Planning of field survey plan on marine living resources(food)-top predator monitoring programs

III. Contents

- Trend analysis of CCAMLR WG-EMM
- Exploring candidate sites for CEMP site
- Manpower and goods transportation plan for camp construction
- Construction of Automatic monitoring system
- Feasibility study as an site for long-term ecosystem monitoring

IV. Application plan

- Advancement as a National R & D project(Ross sea marine living resources conservation research) linked to the marine living resources survey infrastructure installed on the ARAON
- Providing base data needed for the government delegation's instruction enactment and statement by producing objective research data for CCAMLR response
- Development of marine and land research items based on CEMP site
- Reflection in research area setting associated with top predators when conducting a marine living resources distribution survey using the ARAON
- Utilizing the long-term survey base camp for expansion of the Northern Victoria Land research area
- The base camp can be used as a shelter and agency during deteriorating weather.

※ Based on the results of this research, we submitted to the Ministry of Foreign Affairs an "Initial Environmental Evaluation for the study of ecosystem structure of the Antarctic Ross sea and monitoring of penguin colony of the Northern Victoria Land" (Appendix 2).

C O N T E N T S

Summary (Korean)	5
Summary (English)	6
Chapter 1. Introduction	12
Chapter 2. Status of technology development	13
Chapter 3. Research content and results	15
Section 1. Trend analysis of CCAMLR WG-EMM	15
Section 2. Exploring of candidate sites for CEMP site designation	18
Section 3. Manpower and goods transportation plan for camp construction	29
Section 4. Establishment of Base Camp for long-term research	34
Section 5. Automatic monitoring system construction	49
Section 6. Operation of Bio-logger(Penguin)	57
Section 7. Feasibility study as a site for long-term ecosystem monitoring	61
Section 8. Application plan for new research project(“Ecosystem Structure and Function of Marine Protected Area (MPA) in Antarctica”)	64
References	67
Appendix.	68
1. Deployment CRAGS Manual	68
2. Initial Environmental Evaluation for the study of ecosystem structure of the Antarctic Ross sea and monitoring of penguin colony of the Northern Victoria Land	98

목 차

요 약 문	5
Summary	6
제 1 장 서 론	12
제 2 장 국내외 기술개발 현황	13
제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과	15
제 1 절 CCAMLR WG-EMM 동향 분석	15
제 2 절 CEMP site 지정을 위한 후보지 사전답사	18
제 3 절 Camp 구축을 위한 인력 및 물품 운송계획	29
제 4 절 장기체류 조사용 Base Camp 구축	34
제 5 절 자동모니터링 시스템 구축	49
제 6 절 펭귄 바이오로거 운용	57
제 7 절 장기 생태계 모니터링 수행지역으로서 타당성 검토	61
제 8 절 신규 해수부 사업인 ‘남극해 해양보호구역의 생태계 구조 및 기능 연구’에 활용방안	64
참고문헌	67
부 록	68
1. 자동모니터링 카메라시스템 매뉴얼(CRAGS)	68
2. 남극 로스해 해양보호구역의 생태계 구조 연구와 북빅토리아랜드 펭귄군서지 생태 모니터링을 위한 초기환경영향평가서(안)	98

표 목차

표 3-2-1. CEMP 지정종 리스트	19
표 3-4-1. 장기 조사캠프 설치위치의 대안 비교	47
표 3-4-2. 장기 조사캠프 모듈의 재질 및 고정방식의 대안 비교	48
표 3-5-1. Inexpressible Island 기상데이터 (2016.11.15.~12.20.)	54
표 3-6-1. 각 개체별 등지회귀 시간, 최대 이동거리, 취식 영역	58
표 3-8-1. 로스해 해양보호구역의 화학적 연구와 모니터링을 위한 우선적인 조사항목	65



그림 목차

그림 3-1-1.	WG-EMM에서 우리나라의 로스해 장기모니터링 계획수립 공지 및 킹조지섬 나레브스키 포인트의 조사결과 발표	15
그림 3-1-2.	과학위원회 최종보고서에 로스해에서 우리나라의 예비 생태조사 계획 명시 ..	17
그림 3-2-1.	남극 로스해 주요활동지역과 장보고기지의 위치	19
그림 3-2-2.	Cape Hallett (남극특별보호구역 No. 106) 위치도	21
그림 3-2-3.	Cape Hallett 항공사진 (2016.11.23. 촬영)	21
그림 3-2-4.	할렛기지 운영(1956~1973) 잔해(2016.11.20. 촬영)	22
그림 3-2-5.	Inexpressible Island 전경사진	24
그림 3-2-6.	에드몬슨 포인트 항공사진 (2014.11.06. 촬영)	26
그림 3-2-7.	Edmonson Poing 사진	27
그림 3-2-8.	북빅토리아랜드 항공유 데포 위치	28
그림 3-3-1.	Cape Hallett 물품운송에 활용된 뉴질랜드 경비행기(배슬러, 좌) 및 뉴질랜드 헬기(우)	30
그림 3-3-2.	헬리콥터를 활용한 연구장비 수송(슬링)	30
그림 3-4-1.	인듀어런스 텐트 설치연습(장보고기지, 2016년 11월 12일)	34
그림 3-4-2.	Cape Hallett 캠프에 구축된 Polar Pyramid Vestibule 텐트	35
그림 3-4-3.	화장실용 소형 삼각텐트	35
그림 3-4-4.	캠프식량 (완전 조리상태로 냉동 밀폐포장)	36
그림 3-4-5.	Cape Hallett 남극특별보호구역 (ASPA No. 106) 경계 지도	37
그림 3-4-6.	Cape Hallett 내 캠프위치	37
그림 3-4-7.	2016년 Cape Hallett 간이 캠프구성	39
그림 3-4-8.	메인건물 눈 벽 설치	39
그림 3-4-9.	캠프 식사 준비 및 정리	41
그림 3-4-10.	Cape Hallett의 지정된 캠프사이트와 펭귄 군서지까지의 거리	44
그림 3-4-11.	냉동 우레탄 판넬을 적용한 조립식 장기조사 캠프 설치계획(생활동)	45
그림 3-4-12.	지반 고정을 위한 천공 및 철판 설치과정	45
그림 3-4-13.	생활동 모듈의 기저 프레임 설치 방법	46

그림 3-4-14. Cape Hallett에 설치될 장기캠프의 배치도	46
그림 3-4-15. 장기조사 캠프 설치위치의 대안들	47
그림 3-4-16. 캠프 모듈의 재질 및 고정방식 비교	48
그림 3-5-1. 타스매니아 지역신문에 소개된 한-호주 공동연구	49
그림 3-5-2. 자동모니터링카메라 운용 교육	50
그림 3-5-3. 젠투펭귄과 턱끈펭귄 번식소집단에 설치된 기가판 모니터링 카메라 ...	50
그림 3-5-4. 펭귄번식지에 설치된 자동 모니터링카메라(기가판) 위치도	51
그림 3-5-5. 젠투펭귄 번식소집단에 설치된 CRAGS 카메라시스템 및 분석과정 ..	51
그림 3-5-6. 턱끈펭귄 번식소집단에 설치된 CRAGS 카메라시스템 및 분석과정 ..	52
그림 3-5-7. CRAGS 시스템을 활용한 젠투펭귄과 턱끈펭귄 등지 생존률 결과	52
그림 3-5-8. 장보고기지 기가판 모니터링 시범운용(통신실 설치)	53
그림 3-5-9. 기가판으로 촬영한 해빙사진 (2016.11.28.)	53
그림 3-5-10. 자동기상측정장치 (AWS, Inexpressible Island)	55
그림 3-5-11. Inexpressible Island 기상데이터 그래프	56
그림 3-5-12. Inexpressible Island의 풍향 풍속 그래프	56
그림 3-6-1. 펭귄의 등 부위 깃털에 부착한 아르고스위성추적장치	58
그림 3-6-2. 2016년 11월 22일부터 2017년 2월 3일까지 아르고스 위성추적장치를 활용한 아델리펭귄 8개체의 이동경로 추적 지도	60
그림 3-7-1. Cape Hallett 아델리펭귄 DGPS 맵 및 무인드론으로 촬영한 항공사진	62
그림 3-7-2. 직접 계수한 등지수와 항공촬영을 활용한 등지수의 차이	62
그림 3-7-3. 확대한 무인 항공사진의 아델리펭귄 번식소집단	63
그림 3-7-4. 아델리펭귄 번식소집단 조사사진	63
그림 3-7-5. 무인 드론을 활용한 항공촬영 사진	63
그림 3-8-1. CCAMLR의 구조 및 과학적 연구 기여 경로	64

제 1 장 서 론

남극 로스해 일대는 다양한 해양포식자들이 서식하는 생태적으로 중요한 지역 중 하나이다. 전 세계 범고래(type C)의 약 50%와 웨델물범의 45%가 이 지역에서 서식하며, 아델리펭귄의 38% 및 황제펭귄의 26%가 로스해 해안에서 번식하는 것으로 알려져 있다. 이는 로스해의 생태계가 건강하게 유지되고 있으며 상위포식자의 먹이생물이 풍부하게 분포하고 있기 때문인 것으로 보인다. 이러한 생태적 중요성을 고려하여 남극해양생물자원보존위원회(CCAMLR: Commission for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources)는 2016년 제35차 연례총회에서 만장일치로 로스해 일대의 해양보호구역으로 지정을 승인하였다(CCAMLR 2016).

남극해양생물자원보존위원회는 남극해의 해양생물자원의 보존을 위해 해양생태계의 주요 구성원들의 변화상을 모니터링 하고 있다. 특히 생물자원으로 이용되는 크릴의 분포 및 생물량 변화에 관심을 가져왔으나, 넓은 대양에서 연구선 및 어선을 활용한 연구만으로는 이러한 변화를 파악하기 어렵기 때문에 크릴 의존성 상위포식자 연구를 통한 간접적인 조사 방법을 도입하였다. 이것을 체계화 한 것이 남극해양생물자원보존위원회 생태계 모니터링 프로그램(CEMP: CCAMLR Ecosystem Monitoring Program)이다. CEMP에서는 크릴의존성 상위포식자인 펭귄류(아델리펭귄, 턱끈펭귄, 젠투펭귄, 마카로니펭귄), 검은눈썹알바트로스, 풀마갈매기류(남극풀마갈매기, 알락풀마갈매기), 남극물개 등 8종의 생태적 변화가 환경변화에서 기인된 것인지 상업적 조업에 의한 것인지 판별하기 위한 장기 생태자료를 수집하고 분석한다. 특히 펭귄은 개체수가 많고 매년 동일한 지역에서 집단으로 번식하기 때문에 이들을 대상으로 연중 균질한 모니터링 자료 습득이 용이하고 무인관측시스템을 활용한 모니터링 효율성이 높을 것으로 예상된다.

로스해의 빅토리아랜드 연안에는 약 20여개소의 아델리펭귄 번식지가 분포하고 있다(Lyver et al. 2014). 이 중 Edmonson Point(이태리)와 Ross Island(뉴질랜드)는 CEMP-site로 지정되어 장기모니터링이 수행되고 있으나, 북빅토리아랜드에서는 CEMP가 수행되는 지역이 전무하다. 북빅토리아랜드에는 인간이 상주하는 과학기지가 부재하기 때문에 기지에서 멀리 떨어진 곳까지의 연구영역을 확장시키는데 한계가 있었다. 하지만 장보고기지가 테라노바만에 자리를 잡게 되면서 우리나라는 기지를 거점으로 북빅토리아랜드까지 연구영역을 확장할 수 있는 주도권을 획득하게 되었다.

우리나라는 CCAMLR의 책임 있는 회원국으로서 장보고 기지와 쇄빙연구선 아라온을 활용한 연구성과 제공을 통해 로스해의 해양생태계와 생물자원 보전에 기여하고자 연구사업을 기획중이다. 또한 이 지역이 남극해 해양보호구역으로 지정됨에 따라 선제적인 연구계획수립은 향후 로스해에서 우리나라의 연구주도권 확립에 중요한 역할을 할 것으로 기대된다. 따라서 본 사업은 남극해양생물자원보존위원회 생태계 모니터링 프로그램에 참여하여 CCAMLR의 생태계보존 노력에 기여하고자, 아델리펭귄 번식지의 일부를 CEMP-site로 지정하여 장기모니터링 수행을 위한 연구기반 구축을 목표로 하고 있다.

제 2 장 국내·외 기술개발 현황

1. 지금까지의 연구개발 실적

- 남극 로스해의 생물자원 센서스 및 생태계변화 모니터링을 위한 기획연구 수행
- 지질·운석·빙하 연구수행을 위한 이동식 하계 조사캠프 운영기술 축적
- 호주 CSIRO 연구소와 정밀 광역모니터링 카메라 활용 및 개선방안 논의
- 로스해 연안에서 뉴질랜드와 공동연구 수행을 위한 연구아이템 개발 중
- 남극의 여러 지역에서 원격 및 무인탐사기법을 활용한 환경 & 생태계모니터링 기법 축적
- 세종기지 거점 남극특별보호구역에서 상위포식자 연구 관련 방법론적 경험 축적
- 일본 NIPR과 공동연수 수행을 통해 Biologging 기술 축적
- 연구 후보지역인 Cape Hallett 및 Cape Adare 단기 사전답사(2015년 10월)
- 극지연구소의 주도하에 2014년부터 킹조지섬 남극세종기지 인근 젠투펭귄과 턱끈펭귄의 번식지에서 취식영역 및 잠수 깊이에 대한 모니터링을 매년 진행 중
- 환경부 산하 국립생물자원관과 국립공원관리공단에서 국내 해양조류인 갈매기류를 대상으로 한 위치추적연구가 진행 중
- ‘남극특별보호구역 관리’를 위한 펭귄 기초생태 및 서식지 조사(환경부 주관)
 - 2010년 이래로 킹조지섬 남극세종과학기지 인근에 위치한 남극특별보호구역인 Narepski Point (ASPA No. 171)에서 젠투펭귄/턱끈펭귄의 개체수 변동 및 서식지 환경변화 모니터링 수행 중

2. 외국의 사례

- CCAMLR는 남극대륙주변 해양의 환경과 생태계 보호의 중요성을 인식하여 남극 조약협약 당사국의 주된 책임 상기시키고 남극해양생물의 보존을 위한 필요한 조치와 과학적인 연구 권고
- CCAMLR는 생태계 모니터링 프로그램(CEMP: CCAMLR Ecosystem Monitoring System Program)을 운용하여 크릴 의존성 상위포식자(펭귄 등)의 번식지표 연구 결과를 축적하고 분석 (CEMP Standard Methods 2014)
- 이태리는 장보고기지 인근에 위치한 아델리펭귄 집단서식지인 Admonson Point를 CEMP site로 지정하여 반영구적인 조사 베이스캠프를 구축하고 자동펭귄모니터링시스템 및 자동기상측정기기를 운용하여 중장기 모니터링을 수행 중

- 남극과학기지 및 확보된 연구거점에서 모니터링카메라, Biologging 기법을 활용하여 조류 & 해양포유류와 먹이생물(어족자원)간의 상호작용 연구(미국 & 뉴질랜드는 로스해 남부해안을 중심으로 연구 수행)
- 맥머도기지(미국)와 스콧기지(뉴질랜드) 인근에 위치한 Cape Birds, Cape Royds, Cape Crozier 및 Beaufort Island에서 1980년대 초반부터 정기적인 연중 아델리펭귄 개체수 변동 모니터링 수행
- 로스해 주변의 아델리펭귄 연구는 주로 미국, 뉴질랜드, 이탈리아 등에서 수행된 바 있으나, 주로 Cape Royds, Cape Birds, Cape Crozier, Edmonson Point 등 로스해 남쪽에서 수행되었으며 (Ainley & DeMaster 1980, Ainley et al., 2004, Ballard et al., 2001, Giese 1996, Pezzo et al., 2007, Taylor et al., 1990, Wilson et al., 2001), Cape Hallett 등 로스해 북쪽 서식지에서는 지리적인 접근성의 어려움으로 소수의 연구만 수행된 바 있음 (Lyver et al., 2011)



제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제 1 절. CCAMLR WG-EMM동향분석

CCAMLR에서 로스해의 생태계 보존 및 해양보호구역 지정 관련 동향을 분석하기 위해 생태계모니터링관리 작업반(WG-EMM: Working Group on Ecosystem Monitoring and Management) 및 연례회의 내의 과학위원회에 참석하고, 우리나라의 장기 모니터링에 계획에 대한 정보를 제공하였다.

1. WG-EMM

가. 일정 및 장소

- 회의기간 : 2016년 7월 4일 ~ 15일
- 개최장소 : 이태리 볼로냐
- 본 사업 관련 참가자: 선임연구원 김 정 훈(자문위원)

**Report of the Working Group on Ecosystem
Monitoring and Management
(Bologna, Italy, 4 to 15 July 2016)**

2.137 In addition to the ongoing data submissions, the Working Group welcomed submission of new CEMP data from the Republic of Korea. Since 2006/07, Korea has maintained a monitoring program on gentoo and chinstrap penguin (*P. antarctica*) abundance and breeding success in Antarctic Specially Protected Area (ASPA) No. 171 on the Barton Peninsula of King George Island. Korea also indicated plans to monitor Adélie penguins at Cape Hallett in the Ross Sea beginning in 2016/17. Dr J.-H. Kim (Republic of Korea) thanked the Secretariat for its assistance in completing the CEMP data submission forms and he noted that this had made the process much easier.

2.138 The Working Group welcomed the commitment of Korea to initiate a long-term monitoring program in the Ross Sea, including data from Adélie penguins at Cape Hallett that would be submitted to CEMP. The Working Group noted that such data may be useful to support the MPA process being considered there.

그림 3-1-1. WG-EMM에서 우리나라의 로스해 장기모니터링 계획 수립 공지 및
킹조지섬 나레브스키 포인트의 조사결과 발표

나. 사업관련 주요 의제

- 2.3.3. 생태계상호작용 : 상위포식자
 - 크릴의 분포, 생물량 및 어업활동이 크릴의존성 상위포식자에게 미치는 영향 연구결과 논의
- 2.4.1. CEMP 자료
 - 조업수역에서 상위포식자의 개체군 변동 및 생태계에 미치는 영향 연구결과 논의
 - 킹조지섬 나레브스키 포인트에서 조사된 펭귄의 기초생태 연구자료 발표(문건 WG-EMM-16/62)
 - 로스해에서 한국의 장기모니터링 계획 수립 공지 (CCAMLR WG-EMM, 2016)
- 3.1.5. 로스해 크릴 조사지역(KRZ)
 - 로스해 해양보호구역 지정에 관한 과학적 근거 타당성 논의
 - 중국 측이 로스해 외곽에 크릴 조사지역 설정 요청

다. CEMP 참여 논의

- CCAMLR 사무국의 요청으로 남극 킹조지섬의 나레브스키 포인트의 장기 모니터링 자료 제공
- 킹조지섬 나레브스키 포인트를 신규 CEMP-site로 지정 (site code NTP)
- 향후 로스해의 빅토리아 연안에 위치한 아델리펭귄 번식지에서 장기생태연구 수행 및 자료 제공시 신규 CEMP-site 지정 합의

2. 과학위원회

가. 일정 및 장소

- 회의기간 : 2016년 10월 17일- 21일
- 개최장소 : 호주 호바트, CCAMLR 사무국
- 본 사업 관련 참가자: 선임연구원 김 정 훈(자문위원)

나. 사업관련 주요 의제

- 5.2. 해양보호구역
 - Domain 1 및 웨델해를 해양보호구역으로 지정하기 위한 논의 절차 진행상황 보고
- 5.2.1. 해양보호구역 지정 제안을 위한 과학적 분석
 - 웨델해를 해양보호구역으로 지정하기 위한 독일의 조사결과 발표 및 논의

다. 로스해에서 우리나라의 예비조사계획 발표 (SC-CAMLR, 2016)

- 바이로 로깅을 활용한 아델리펭귄의 취식행동 및 영역 조사
- 아라온을 활용한 크릴의 공간분포 조사
- Cape Hallett에서의 펭귄생태 예비조사

**Report of the Thirty-fifth meeting
of the Scientific Committee**
(Hobart, Australia, 17 to 21 October 2016)



3.40 The Scientific Committee welcomed information from the Republic of Korea, which has conducted GPS tracking to measure the foraging range, activity, and diving depth of chinstrap and gentoo penguins (*P. papua*) on King George Island since 2013/14. It also welcomed reports that Korean scientists will deploy GPS-depth loggers on 10 Adélie penguins at Cape Hallett in the Ross Sea as part of a preliminary study in 2016/17; this will link with studies to investigate the spatial distribution of krill in the vicinity of Adélie breeding sites along the Northern Victoria Land coast using the Korean research vessel *Araon* in January and February 2018.

그림 3-1-2. 과학위원회 최종보고서에 로스해에서 우리나라의 예비 생태조사 계획 명시

제 2 절. CEMP site 지정을 위한 후보지 사전답사

1. 활동 대상지역

CEMP site 지정 후보지로 북빅토리아랜드의 펭귄군서지 중 Cape Hallett, Inexpressible Island 및 기타지역(Coulman Island) 등을 선정하였고, 현장조사를 실시하여 최종 CEMP site를 선정하고자 하였다.

장보고기지가 위치하는 빅토리아랜드 주변에는 황제펭귄 및 다수의 아델리펭귄의 번식지가 위치하는데, 아델리펭귄의 경우 CEMP의 지표종으로 지정되어 있어 지속적인 모니터링이 필요한 종이다. 따라서 CEMP site의 후보지로서 아델리펭귄의 번식지를 우선적으로 고려하였다.

북빅토리아랜드에서 아델리펭귄의 번식지는 장보고기지가 위치한 테라노바베이 주변으로 Inexpressible Island, Edmonson Point 등이 위치하며, Edmonson Point에서부터 북동쪽으로 Coulman Island까지는 번식지가 발견되지 않았다. Coulman Island 북쪽으로 규모가 큰 많은 번식지가 위치하는데, 이러한 아델리펭귄 번식지의 위치는 로스해의 폴리냐의 생성과 연관성이 있는 것으로 보인다. Edmonson Point에서부터 Coulman Island까지는 폴리냐가 늦게 열리는 지역으로 육상에서 번식하는 아델리펭귄이 바다에서 접근하기 어렵기 때문이다. 따라서, 우리는 생태적인 차이를 기반으로 테라노바베이에 위치하는 Inexpressible island와 북빅토리아랜드의 북쪽에 위치하는 Cape Hallett를 CEMP site 후보지로 우선 고려하였다.

가. 장보고과학기지

- 장보고기지 : 남위74°37'26.58", 동경164°13'43.64" (그림 3-2-1)

나. 로스해 해양보호구역에서 CEMP site 후보지로서 아델리펭귄 및 황제펭귄 군서지(그림 3-2-1)

- Cape Hallett: 남위72°19'11", 동경170°13'25" (ASPA No. 106, 아델리펭귄)
- Inexpressible Island: 남위74°54'2.47", 동경163°43'45.87"(아델리펭귄)
- Coulman Island: 남위73°30'56.55", 동경169°43'34.17"(아델리펭귄, 황제펭귄)

표 3-2-1. CEMP 지정종 리스트

Species Code	Species Name	English Name	Korean Name
PYD	<i>Pygoscelis adeliae</i>	Adélie penguin	아델리펭귄
PYN	<i>Pygoscelis antarctica</i>	Chinstrap penguin	턱끈펭귄
PYP	<i>Pygoscelis papua</i>	Gentoo penguin	첸투펭귄
EUC	<i>Eudyptes chrysolophus</i>	Macaroni penguin	마카로니펭귄
SEA	<i>Arctocephalus gazella</i>	Antarctic fur Seal	남극물개
SET	<i>Lobodon carcinophagus</i>	Crabeater seal	게잡이물범
DIM	<i>Diomedea melanophrys</i> (<i>Thalassarche melanophrys</i>)	Black-browed albatross	검은눈썹알바트로스
TAA	<i>Thalassoica antarctica</i>	Antarctic petrel	남극풀마갈매기
DAC	<i>Daption capense</i>	Cape petrel	알락풀마갈매기

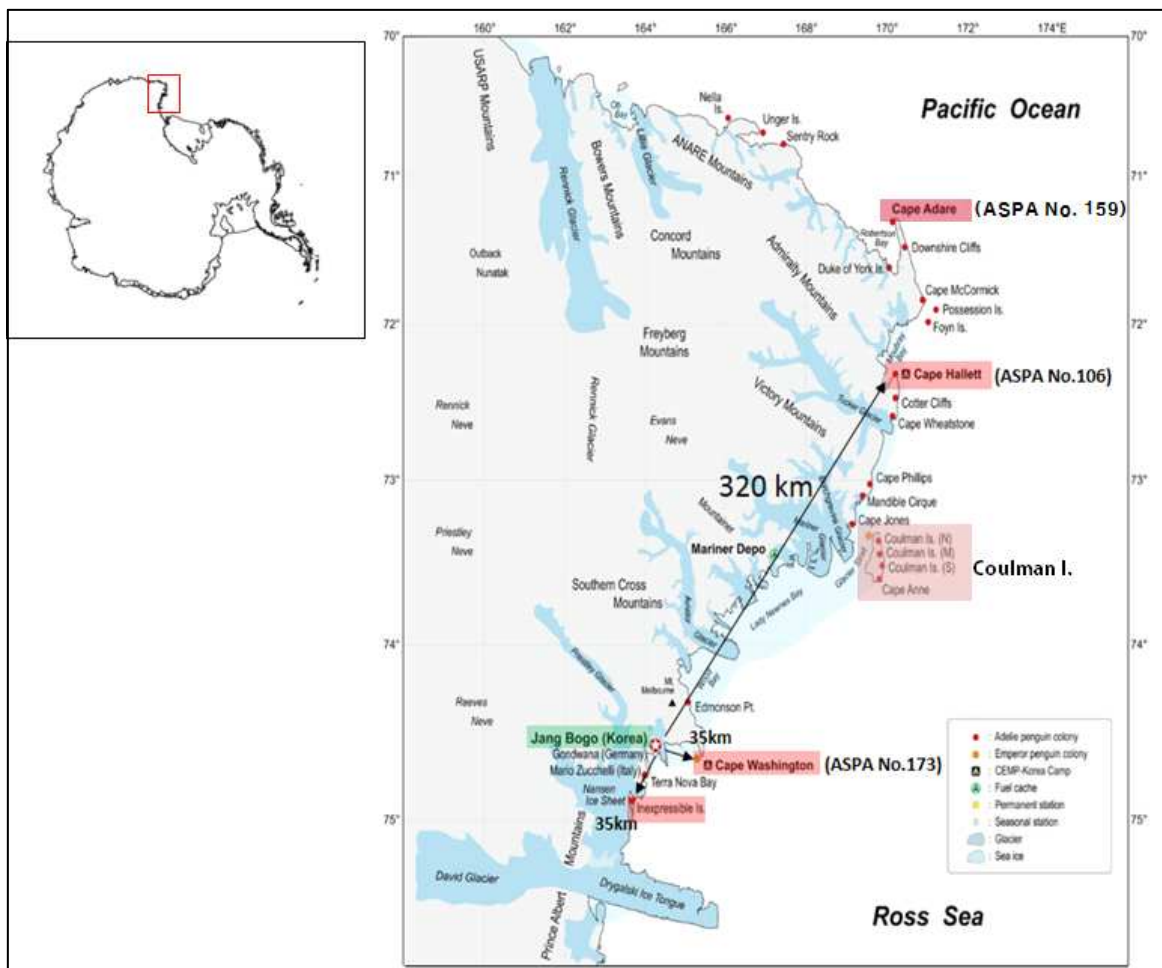


그림 3-2-1. 남극 로스해 주요활동지역(붉은색 음영)과 장보고기지의 위치(녹색)

2. CEMP site 후보지 사전답사

가. 케이프할렛 (Cape Hallett, ASPA No.106)

- 지역현황 : 케이프 할렛은 북빅토리아랜드에서도 북쪽의 할렛반도(Hallett Peninsula)의 끝에 위치한다(그림 3-2-2; 170°13'25"E,72°19'11"S). 별집모양의 사구에 펭귄의 번식지가 위치해 있어 시비 훅(Seebee Hook)이라는 별칭이 있다. 미국에 의해 1966년 보호구역으로 제안되었으며, 2002년 현재의 ASPA No.106으로 확정되었다. 보호구역의 면적은 0.53km²이다. 이 지역은 과거에 미국과 뉴질랜드가 공동으로 운영했던 할렛기지(1956~1973)가 위치하기도 하였으며, 기지운영기간 펭귄의 번식지 일부가 훼손되었으나 기지운영종료 후 개체군이 다시 확장하고 있는 상황이다. 기지운영으로 인한 시설물 잔해, 각종 표지석, 쓰레기 등이 현재도 상당수 남아있다(그림 3-2-4).
- 이동여건 : 장보고기지에서 북쪽으로 약 320km 떨어져 있다. 도보로는 이동이 불가하며, 항공기 또는 선박을 이용해야 한다. 헬기로는 약 2시간 반이 소요되며, 경비행기(베슬러 등)로는 약 1시간이 소요된다. 11월까지의 할렛만의 해빙이 유지되기 때문에 경비행기의 착륙이 가능하나, 12월 이후에는 항공기를 통한 이동이 어려우며, 헬기 또는 쇄빙선을 이용한 출입이 가능하다.
- 기상 등 환경 : 케이프할렛에 설치된 자동기상측정장치(2003/04년 설치)의 데이터에 의하면 (<http://amrc.ssec.wisc.edu/aws/index.php?region=Ocean%20Islands&station=Cape%20Hallett>), 케이프할렛에서 기록된 최고기온은 3.3°C(2012년 1월 16일)이고, 최저기온은 -41.6°C(2013년 8월 28일)이다. 최고풍속은 36.1m/s(2012년 1월 16일)이다. 케이프할렛은 Bornmann 빙하와 할렛 만이 흐르는 끝부분에 위치하고 있어 대륙에서 불어나가는 대륙풍의 영향을 많이 받는 지역이다. 때문에 많은 눈이 쌓이지 않고, 겨울동안에도 노출된 지표면이 유지되고 있어 펭귄이 번식지로 이용하기 좋은 지역이다. 또한, 폴리냐가 늦게 열려 해빙이 오랜 기간 동안 유지되기 때문에 해양생산성 또는 높은 지역으로 보인다. 케이프할렛 주변으로 켈먼아일랜드부터 케이프아테어까지 구간에 많은 펭귄의 번식지가 위치하는 이유는 이러한 해양의 생산성과 연관이 클 것으로 생각된다.

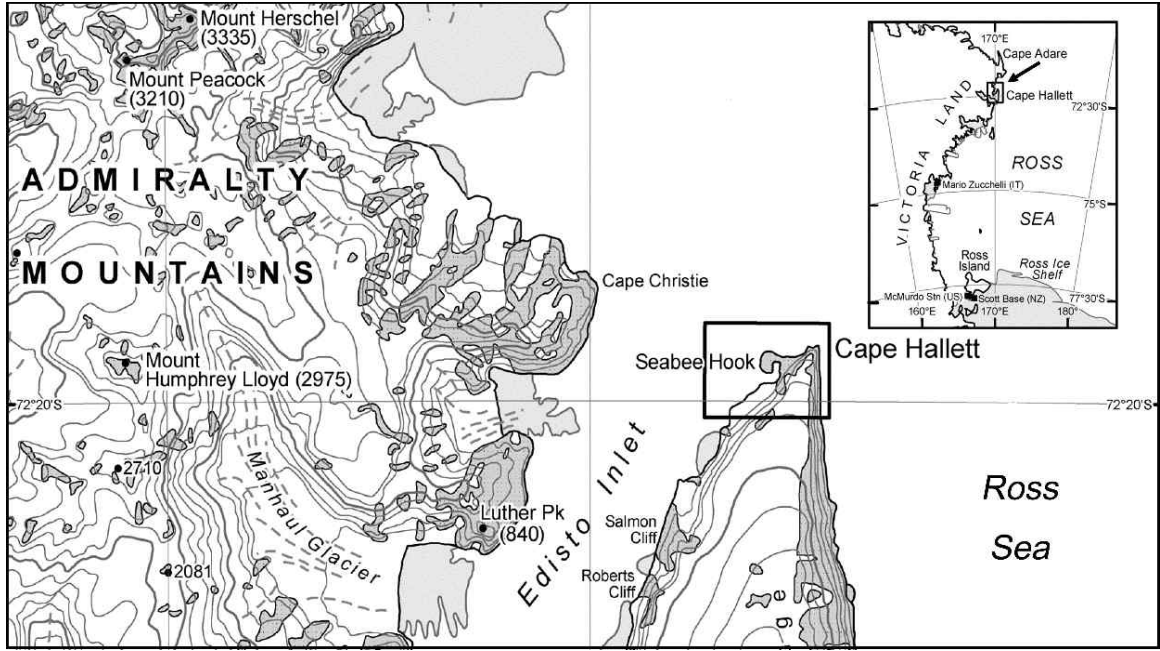


그림 3-2-2. Cape Hallett (남극특별보호구역 No.106) 위치도



그림 3-2-3. Cape Hallett 항공사진 (2016.11.23. 촬영)



그림 3-2-4. 할렛기지 운영(1956~1973) 잔해(2016.11.20. 촬영)

- 아델리펭귄 및 기타조류 번식현황 : 이 지역에서 아델리펭귄은 1981년부터 2012년까지 14년 이상 조사된바 있으며, 2009/10년에 63,971쌍이 번식한 것으로 기록되었다(MP of Cape Hallett, 2015). 남극도독갈매기 또한 케이프할렛 지역에서 번식이 확인되었는데, 1960/61년에는 181쌍이 번식하는 것으로 기록되었으며, 2009/10년에는 37번식쌍이 기록된 바 있다(MP of Cape Hallett, 2015). 기타 동물로는 황제펭귄, 턱끈펭귄, 윌슨바다제비, 흰풀마갈매기, 남방큰풀마갈매기, 웨델물범, 표범물범, 밍크고래 등이 관찰된 기록이 있다.

나. 인익스프레서블 아일랜드 (Inexpressible Island)

- 지역현황 : 장보고기지가 위치한 테라노바베이에서 남서쪽에 위치한다. 대륙풍이 불어나가는 끝부분에 위치하고 있어 지리적으로 연중 강한 바람이 부는 지역이다. 또한, 대륙풍의 영향으로 북빅토리아랜드에서도 폴리냐가 빠르게 형성되는 지역이다.
- 이동여건 : 장보고기지에서 약 35km 떨어져있다. 육상으로의 이동은 불가능하며, 헬리콥터나 쇄빙선으로 이동이 가능하다. 헬리콥터로는 약 20분 소요된다. 이동시 바람이 많은 지역이기 때문에 기상상황의 영향을 많이 받는다. 바람의 영향으로 섬 전체에 눈은 없으며, 평지가 넓게 분포한다.
- 아델리펭귄 및 기타조류 번식현황 : 아델리펭귄의 번식지는 섬의 동쪽 해안에 위치하고 있다. 2012년에 조사된 바에 의하면 이 지역에서 아델리펭귄은 24,450쌍이 번식하는 것으로 기록되었다(Lyver et al. 2014; 그림 3-2-5). 또한 남극도독갈매기, 표범물범 등이 관찰되었다.
- 기상 등 환경 : 인익스프레서블아일랜드의 남쪽 끝에 설치된 자동기상측정장치의 데이터에 의하면(<http://amrc.ssec.wisc.edu/aws/index.php?region=Reeves%20Glacier&station=Manuela>) 이 지역에서 기록된 최고기온은 8.5℃(1987년 1월 17일), 최저기온은 -42.4℃(1992년 9월 1일)이다. 최고풍속은 1987년 1월 17일에 46.9m/s가 기록되었다. 연중 강한 바람이 부는 것으로 알려진 지역으로 바람의 영향으로 섬 내에 눈이 쌓이지 않으며, 바다의 폴리냐가 일찍 열리는 지역이다.

	
<p>펭귄서식지 전경사진</p>	<p>항공 촬영</p>
	
<p>눈이 쌓이지 않은 지표면</p>	<p>미라화된 물범</p>
	
<p>펭귄 군서지 전경</p>	<p>폴리냐에 뛰어드는 펭귄</p>

그림 3-2-5. Inexpressible Island 전경사진

다. 기타지역 (Coulman Island 등)

- 쿨먼아일랜드 (Coulman island) : 장보고기지에서 북동쪽으로 약 215km 떨어진 지역이다. 섬 주변으로 많은 아델리펭귄의 번식지가 분포하며, 황제펭귄의 번식지도 위치한다. CEMP 사이트 후보지로 방문하고자 하였으나, 기상여건의 영향으로 방문하지 못하였다. 아델리펭귄의 개체군은 1,694쌍부터 17,991쌍까지 여러 개가 분포하는데, 케이프할렛 지역에 비해 펭귄번식지에 접근하기 어렵고, 캠핑을 위한 공간 부족 등 장기모니터링 사이트로서는 불리한 것으로 판단된다. 다만, 다양한 크기의 아델리펭귄의 번식지가 분포하고, 황제펭귄의 번식지가 위치해 있기 때문에 생태적으로는 중요한 지역으로 볼 수 있다. 항공모니터링 등 장기적으로 CEMP 사이트 지정을 위해 모니터링을 수행할 필요가 있다고 판단된다.

3. 장보고 기지 인근의 CEMP site인 Edmonson Point 연구캠프 현황

가. 지역현황

- 로스해 빅토리아랜드의 우드베이(Wood Bay)에 위치하며, Mount Melbourne 의 동부 경사면의 끝인 해안부근에 위치한다. 빅토리아랜드의 거의 중앙부에 위치하기 때문에 케이프 아데어, 케이프 할렛과 같은 북쪽 생태계와 로스섬 등 남쪽 생태계의 중간에서 상호 보완적인 역할을 하는 지역으로 보고되어 있다.
- 이 지역은 이탈리아에 의해 2006년 남극특별보호구역(ASPA) No.165로 지정되어 보호되고 있다. 보호지역의 면적은 5.49km² 이며, 생태적으로 우수한 지역으로 알려져 있다. 이탈리아 하계기지인 마리오주켈리 기지에서는 북서쪽으로 직선거리 약 50km 떨어져있으며, 장보고기지에서는 북서쪽으로 약 42km 떨어져있다.
- 약 2,000쌍의 아델리펭귄이 번식하며, 120쌍의 남극도둑갈매기가 번식한다. 아델리펭귄의 번식지는 CEMP site 로 지정되어 있다.
- 에드몬슨포인트 주변으로 여러 개의 담수호수가 위치하며, 눈이 쌓이지 않은 노출된 나지가 넓게 분포한다.

나. 캠프시설

- 이탈리아에 의해 운영되는 캠프시설이 위치하고 있다. 연구동 및 숙소동 각 1동씩이 위치해 있고, 기상측정을 위한 자동기상측정장비(AWS)가 태양열 전지 시스템과 함께 설치되어 있다(그림 3-2-6, 그림3-2-7).
- 특이한 사항은 펭귄 번식소집단 1개를 울타리로 막아 펭귄이 지나다니는 길에 펭귄자동모니터링시스템을 설치해 놓은 것이다. 이 시스템은 펭귄이 지나갈 경우 개체인식과 무게를 자동으로 측정하여 기록한다(그림 3-2-7).



그림 3-2-6. Edmonson Point 항공사진 (2014.11.06. 촬영)

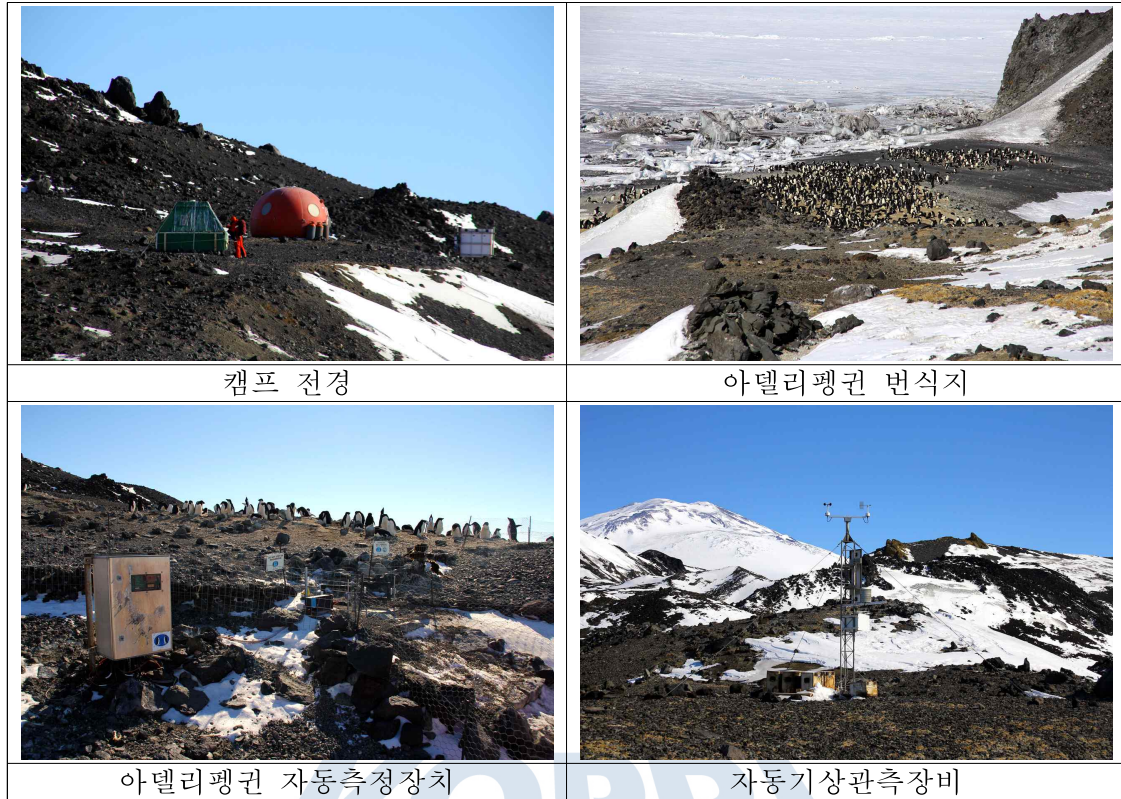


그림 3-2-7. Edmonson Point 사진

4. 항공유 중간 보급지역 확보

- 마리나데포 : 마리나데포는 장보고기지와 케이프할렛 사이에 위치하는 유류 데포 지역으로 Cape Hallett 및 빅토리아랜드 주변으로 이동하기 위해서는 매우 중요한 유류데포지역이다. 2016년 조사 시에는 뉴질랜드 항공기와 헬기를 이용하였기 때문에 데포를 이용하지 않았으나, 향후 빅토리아랜드 항공모니터링 수행을 위해 조사가 끝난 이후 유류데포를 실시하였다. 다만, Cape Hallett에 장기캠프가 구축되고, 캠프에 유류데포가 가능해지면 마리나데포의 이용 빈도는 낮아질 것으로 예상된다.
- 레드케슬릿지 : Cape Hallett에서 가장 가까운 유류데포지역으로 뉴질랜드의 지질캠프가 위치한다. 2016년에는 뉴질랜드 항공기를 통해 수송한 항공유를 레드케슬릿지에 데포하여 연구기간동안 활용하였다.

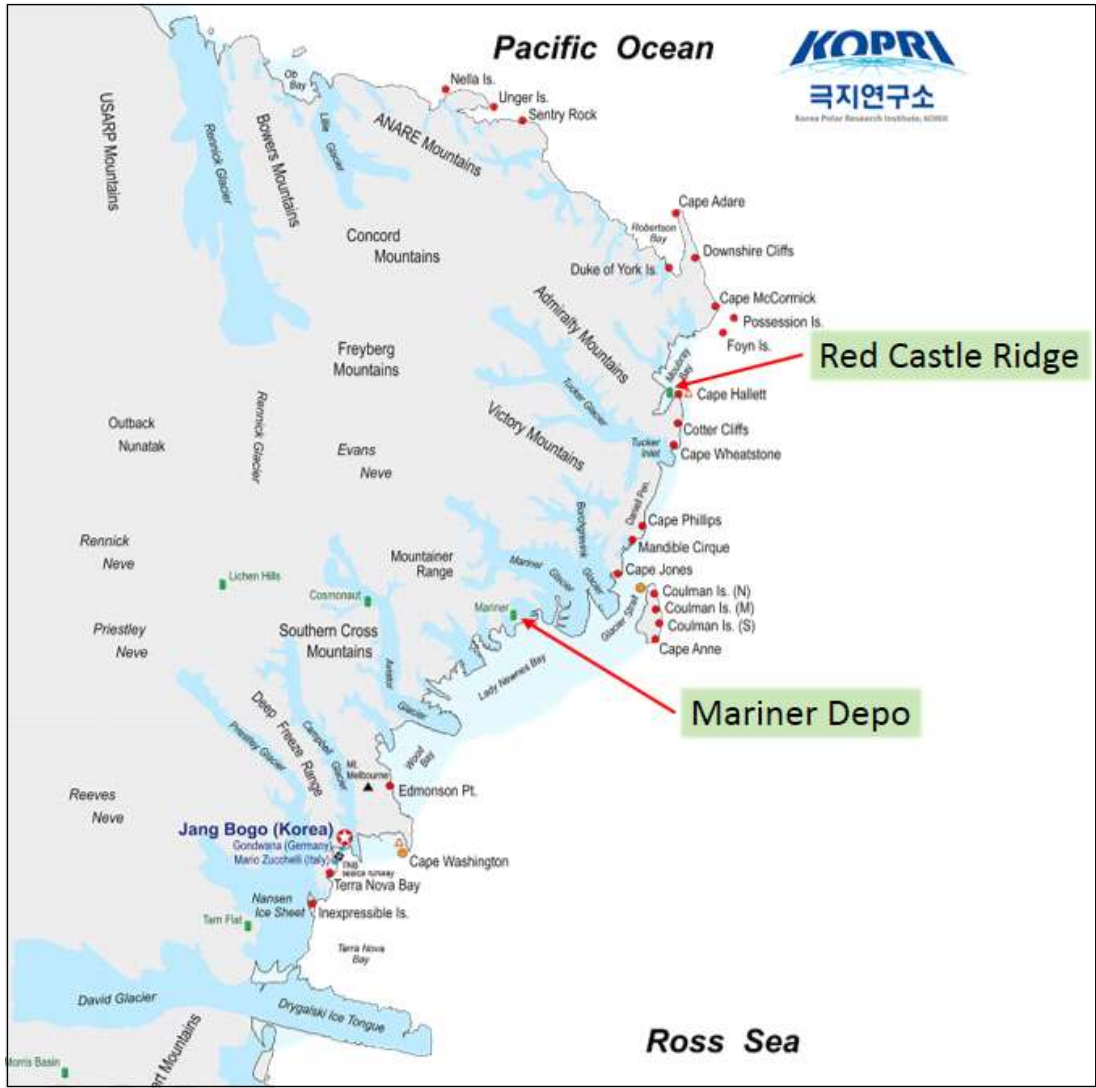


그림 3-2-8. 북빅토리아랜드 항공유 데포 위치

제 3 절. Camp 구축을 위한 인력 및 물품 운송계획

1. 2016년 인력 및 물품 운송

가. 남극 입출

- 입남극 : 뉴질랜드 연구소에서 임차한 항공기(C-130, L100)로 입남극
- 출남극 :
 - 장보고기지에서 뉴질랜드 스콧기지로 이동 (한국 헬기) 이후, 뉴질랜드 항공기 (L100)을 이용하여 뉴질랜드로 출남극
 - 뉴질랜드와의 공동연구를 통해 출남극 항공비용은 뉴질랜드에서 처리

나. 조사지 입출

(1) Cape Hallett

- Cape Hallett 입출은 뉴질랜드에서 임차한 경비행기(배슬러)를 공동 활용하였다. 헬기 운항을 위한 항공료, 캠프장비, 인력 등의 운송을 위해 배슬러가 3회 이상 운항하였다. 경비행기의 출발은 이태리기지 앞 해빙활주로를 이용하였고, Cape Hallett에서의 착륙은 Edisto Inlet의 해빙활주로를 이용하였다. 해빙활주로는 뉴질랜드의 헬기가 스콧기지에서도 사전 도착하여 활주로를 확보하였다. 장보고기지에서 Cape Hallett까지의 이동시간은 (약 320km) 경비행기로 약 1시간이 소요되었다. Cape Hallett에서 캠프지까지는 뉴질랜드 헬기를 활용하여 장비 및 인력을 운송하였다.
- Edisto Inlet 의 해빙활주로 뿐 만 아니라 이태리기지 해빙활주로 또한 12월 이후에는 해빙의 안전도를 고려해 운행이 어렵다. 이번 사전조사 시에는 11월 중에 캠프가 종료되었기 때문에 경비행기를 통한 운송이 가능하였으나, 추후 펭귄 번식이 종료되는 시기의 캠프(12월~1월)시에는 헬기를 통한 운송만 가능하다.

(2) Inexpressible Island

- 장보고기지에서 Inexpressible Island까지는 약 35km 떨어져 있으며, 헬기로 왕복 약 1시간이 소요된다. 인력과 장비운송은 헬기를 이용하였다. Inexpressible Island는 섬 전체가 눈이 쌓이지 않는 지역으로 헬기 착륙 가능한 지점이 많아, 착륙에는 용이하였다. 다만, 섬이 난센빙봉의 끝 골짜기 부분에 위치하기 때문에 지형적으로 바람이 많이 부는 지역이어서, 헬기 운항 시 날씨의 영향을 많이 받는 지역이다.



그림 3-3-1. Cape Hallett 물품 운송에 활용된 뉴질랜드 경비행기(배슬러, 좌) 및 뉴질랜드 헬기(우)



그림 3-3-2. 헬리콥터를 활용한 연구장비 수송(슬링)

2. 차기년도 운송계획 (2017년 이후)

가. 남극 입출 계획

- 장보고기지까지의 이동은 뉴질랜드에서 임차비행기(C-130 또는 L100) 또는 아라온을 이용할 계획이다. 항공입출의 경우 이태리가 운영하고 있는 마리 오슈켈리 기지의 해빙활주로를 통해 이동할 계획이며, 임차항공기의 항공스케줄에 따라 인력을 나누어 입남극 예정이다. 아라온을 통한 입남극의 경우 11월 말경에 일부 연구원이 장보고기지에 도착할 계획이다.
- 출남극의 경우 뉴질랜드의 항공기를 이용하거나 아라온 3항차를 이용할 계획이나, 뉴질랜드 항공기의 경우 운항이 매우 유동적이므로, 대부분의 활동 인원은 아라온호 3항차로 출남극을 계획하였다.

나. 조사 캠프 지역 인원 및 물자 수송 계획

(1) 인원수송

- 장보고기지 주변의 조사지역(Inexpressible Island)과 Cape Hallett 및 Coulman Island 등의 조사를 위한 인원은 헬리콥터 2대를 활용하여 수송할 계획이다. 장보고기지에서 Cape Hallett까지의 직선거리는 약 320 km로 2017/18 시즌에 활용예정인 헬리콥터(AS350)으로 왕복 5시간의 거리이다. Inexpressible Island 와 Cape Washington은 약 35 km 거리로 왕복 1시간 정도 소요된다.

(2) 물자수송

- 캠프 장비와 연구장비의 수송은 뉴질랜드 프로그램에서 Cape Adare 지역 캠프 구축과 활동을 위해 임차한 소형비행기(Basler 또는 Twin Otter)를 공동 활용하여 Cape Hallett 지역에 운송할 계획이다. Inexpressible Island 의 경우는 기지에서 비교적 근거리에 위치하므로 헬리콥터를 이용하여 운송할 계획이다.
- 캠프지 구축을 위해서는 많은 장비의 운송이 필요하기 때문에, 차기년도에는 아라온 3항차를 이용하여 Cape Hallett 지역을 1회 방문할 계획이다.

다. 주요 조사지역인 Cape Hallett 운송계획별 특징

(1) 운송계획 A - 아라온을 활용한 화물 운송

- 운송 가능시기 : 아라온 항차 고려 (1항차-11월말, 2항차-12월, 3항차-2월)
- 아라온이 Cape Hallett 앞 바다까지 이동 후, 헬기를 활용하여 Cape Hallett 까지 물자 수송
- 인력철수는 연구항차를 마치는 시점에 실시
- 문제점
 - 12월 중순까지 해빙으로 인해 아라온 접근이 어려움
 - 펭귄 조사의 최적기인 포란 및 산란시기(11월 중)에 조사 불가(CEMP 관련 제출자료 습득이 어려움)
 - 기존 연구과제와 연구항차 및 항로 조정 문제 발생
- 해결방안
 - 11월초(펭귄 조사시기)에 소형 텐트만 운송하여 캠프 구축지역의 사전조사 수행
 - 12월 중순경의 연구항차 활용: 아라온을 활용(헬기 탑재)하여 캠프 구축용 물품 및 인원 수송. 연구항차 기간 동안 캠프 구축 및 연구항차 종료 시 인력 철수

(2) 운송계획 B - 아라온과 장보고기지에서 헬기를 이용한 수송

- 운송시기 : 11월 초(사전답사 인력), 12월 또는 1월(캠프 구축 인력 및 물품)
- 중간 급유지로 항공유 운송 ('장보고기지 주변 빙권변화 진단, 원인규명 및 예측'사업에서 구축한 인프라 공동 활용)
- 화물을 헬기 적재 가능한 무게로 여러 번 운송
- 문제점
 - 기상조건이 양호해야 헬기를 활용한 수송 가능. 바람의 영향으로 부피가 큰 화물 운송이 어려움
- 해결방안
 - 운송계획 A와 같음

(3) 운송계획 C - 뉴질랜드의 항공기 Basler를 이용한 수송

- 운송시기 : 10월 중순~11월 말(뉴질랜드 연구자들의 Cape Adare 출발시기와 조율, 12월 이후에는 해빙안정성 감소로 운항 불가)
- 출발, 도착지 : Scott기지, 이탈리아기지 앞 해빙활주로 경유, Edisto Inlet 해빙활주로 도착
- 문제점
 - 뉴질랜드의 연구시기와의 조율 필요 및 Basler 사용료 미정
 - 해빙 활주로까지만 물자 운송 가능하며 캠프지역까지 이동위해 헬기의 운항이 병행되어야 함
- 해결방안
 - AntNZ와 실제적인 국제협력 활성화 : 뉴질랜드 연구캠프인 Red Castle Ridge 및 Cape Adare 방문 시 항공기의 공동 활용 조율
 - 뉴질랜드에서 경비행기 제공시 한국에서 헬기를 제공하여 현지에서 공동 활용하는 방안 고려

극지연구소

제 4 절. 장기체류 조사용 Base Camp 구축

1. 캠프준비

가. 캠프 물품 준비

- 인듀어런스 텐트 : 극 지역에서 주로 사용하는 텐트로 길쭉한 이소포드 형태의 텐트이다. 바람의 저항을 줄이는 형태로, 장단기 캠핑에 이용가능하다. 본 연구를 위해 2동을 구축하였다. 현장에서 사용하기 전 설치연습 및 고정 브라켓 설치를 위해 장보고기지에서 사전 설치를 하였다. 모든 고정 고리에 로프를 연결하여 바닥에 고정할 수 있도록 조치하였다.



그림 3-4-1. 인듀어런스 텐트 설치연습(장보고기지, 2016년 11월 12일)

- 폴라 텐트(Polar Pyramid-PP, Polar Pyramid Vestibule-PPV) : 극지에서 가장 많이 사용하는 일반적인 텐트형태이다. 삼각형 모양으로 바람에 강한 구조이다. 다만 삼각형태의 특성 상 내부공간이 상단부로 갈수록 좁아지는 형태여서, 연구공간으로 이용하기는 어려우며, 주로 숙소로 사용된다. 장기 캠프 시에 개인 간의 프라이버시를 고려하여 1인 1텐트 사용을 계획하였으며, 창고 및 공간활용을 위해 PPV 도 함께 구매하였다. 구축수량은 PP텐트 7동과 PPV텐트 3동이다.



그림 3-4-2. Cape Hallett 캠프에 구축된 Polar Pyramid Vestibule 텐트

- 소형 삼각텐트(화장실) : 남극지역에서 캠프 시 화장실 사용을 위해 소형 삼각텐트 1동을 구축하였다.



그림 3-4-3. 화장실용 소형 삼각텐트

나. 캠프 식량

- 캠프식량은 대부분 완전 조리된 식품을 밀폐하여 냉동상태로 준비하였다. 메뉴는 모두 한식으로 준비하였고, 추운환경에서 체력고갈을 고려하여 육류 등 단백질이 풍부한 메뉴를 주로 준비하였다. 식량은 하루 세끼와 야식을 포함하여 하루 4끼로 구성하였다. 반찬은 해동 후 바로 먹을 수 있도록 하였고, 국과 찌개 종류는 물을 부어 가열하여 바로 먹을 수 있는 형태로 하였다. 쌀은 씻어 나온 쌀을 준비하여 물의 소모가 없도록 하였다.



그림 3-4-4. 캠프식량 (완전 조리 상태로 냉동 밀폐포장)

2. Cape hallett 캠프구성

가. 캠프지 위치

- 본 연구를 위한 장기캠프지역은 남극 북빅토리아랜드의 케이프할렛(Cape Hallett ASPA No. 106)으로 선정하였다. 이 지역은 과거 미국과 뉴질랜드의 할렛기지(Hallet Station)가 위치한 지역으로, 할렛기지는 1956년부터 1973년까지 운영되었다. 이후 현재까지 이 지역에서의 생태연구는 간헐적으로 수행되고 있는 상황이다.
- 이 지역은 1966년 미국의 제안으로 보호지역으로 채택되었으며, 1985년 경계가 확장되었다. 이후 2002년 보호지역의 명칭과 번호가 현재의 ASPA No.106으로 확정되었다. 보호구역의 위치는 좌표상으로는 170°13' 25" E, 72°19' 11" S이며, 면적은 약 0.53 km²이다. 보호지역으로 지정된 가장 큰 이유는 생물학적으로 다양한 종의 서식지이기 때문이며, 특히 풍부하고 다양한 육상 생태계를 형성하고 있다. 아델리펭귄은 약 64,000쌍(2009/10년)이 번식하는 것으로 기록되어있다.

- 캠프는 케이프할렛 시비훅(Seabee Hook)이라 불리는 아델리펭귄 번식지로부터 남쪽으로 약 500m 이격된 해빙위에 구성하였다. 캠프는 2016년 11월 18일부터 11월 28일까지 수행되었는데, 이 기간에는 해빙이 안정적으로 유지되는 기간이기 때문에 캠프설치의 용이성을 위해 해빙위에 구성하였다. 캠프 후방에는 Bornmann Glacier의 빙설이 위치해있어 대륙풍을 막아줄 수 있는 장소를 선정하였다.

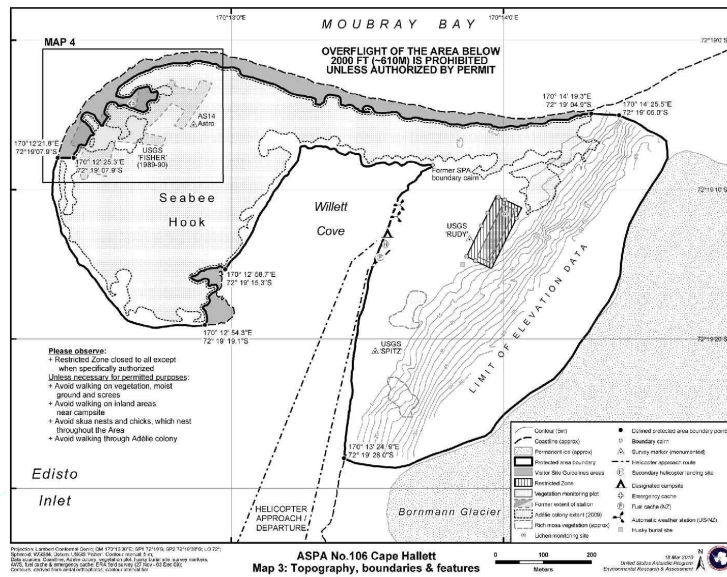


그림 3-4-5. Cape Hallett 남극특별보호구역 (ASPA No.106) 경계 지도 (지정 캠프장소, 헬기착륙 장소 포함)

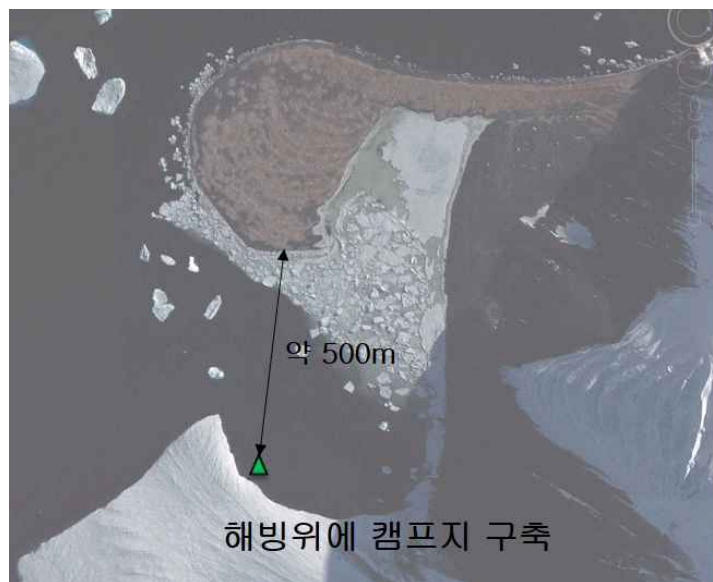


그림 3-4-6. Cape Hallett 내 캠프위치

나. 캠프 구성

- 지반 : 캠프는 해빙 위에 설치하였다. 지반에 설치하는 것에 비해 바닥이 고르고 바닥정비가 필요 없기 때문에 간이 캠핑의 효율성을 위해 해빙에 캠프를 구성하였다. 그러나 해빙에서는 장기로 체류할 경우 안정성이 우려되며, 캠프가 진행될수록 바닥이 녹기 때문에 10일 이상의 장기캠핑을 수행할 시 캠프지를 이동할 필요성이 발생할 수 있다. 텐트 내부의 열로 인해 바닥이 녹는 것을 방지하기 위해 텐트바닥에는 발포매트와 에어매트리스를 설치하였다.
- 해빙 위 텐트 장점 : 해빙 위에 텐트를 구성할 시 일반적으로 캠프 구성에서 가장 시간이 많이 걸리는 지반 정리 작업이 필요 없거나, 빠른 시간 내 가능하다. 또한, 드릴을 이용한 고정팩 설치가 용이하고, 해빙위의 눈을 식수나 용수 등 물 확보가 용이하다.
- 텐트 구성 : 텐트는 숙소동, 식당, 창고 등 대형 3개와 화장실용 (소형) 1개로 구성하였다. 텐트와 숙소동 텐트는 남극과 같이 바람이 강한 곳에서 주로 사용하는 인듀어런스텐트(폴라하벤)를 이용하였으며, 식당은 대형 돔텐트를 이용하였다. 대형 돔 텐트의 경우 내부 공간이 넓어 휴식과 식당으로 적합하나, 높이가 높아 바람에 취약한 단점이 있다. 이것을 보완하기 위해 텐트 뒤 바람방향에 눈 벽을 설치하였다. 화장실은 간이 삼각텐트를 사용하였다.
- 보완사항 : 향후 장기캠핑이 11월 이후 12월 또는 1월에 실시될 경우 해빙위의 캠프는 안전문제로 불가할 가능성이 높다. 따라서, 지면에서의 캠프를 고려하여, 캠프 지반 정리에 필요한 장비를 추가로 준비하여야 하며, 물을 확보할 수 있는 방법을 고려하여야 한다. 특히, 많은 눈이 녹는 1월 이후에는 지표면의 물을 이용해야 하기 때문에 간이 정수기 등 물을 정화할 수 있는 장비가 필요하다. 이번 캠프에서는 11일로 단기캠핑에 속하기 때문에 5인이 캠프하기에 1개 숙소로 충분하였으나, 더 장기적인 캠프를 위해서는 개인 프라이버시 등을 고려하여 개인텐트를 지급할 필요가 있다. 본 캠프중에서도 캠프도중 극지텐트를 추가로 설치하여, 캠프후반기에 돌아가며 이용하여 개인공간 및 시간을 이용할 수 있도록 하였다. 남극 캠프 시에는 씻기 어려운 환경이기 때문에 용수확보와 더불어 샤워 등 씻을 수 있는 방안도 마련할 필요가 있다. 간이 샤워기, 샤워부스 등을 추가로 구성할 필요가 있다.



그림 3-4-7. 2016년 Cape Hallett 간이 캠프구성



그림 3-4-8. 메인건물 눈 벽 설치

다. 캠프지 기후(Cape Hallett)

- 케이프할렛은 연중 약 8개월간 해빙에 둘러싸여 있다. 해빙은 12월 말부터 1월초 사이에 녹기 시작해 3월 초에 다시 형성된다. 연평균 온도는 -15.3℃이며, 여름에는 -8℃에서 4℃사이이고, 바람은 주로 남풍이다. 여름에는 눈을 중심으로 한 강우가 일반적이며, 연간 강수량은 약 18.3 cm이다 (ASPA No.106 관리계획서).
- 캠프기간인 2016년 11월 18일부터 11월 28일까지 11일간 평균기온은 -6.1℃, 최고기온은 0.3℃(11월 28일), 최저기온은 -12.8℃(11월 22일)로 기록되었다. 평균풍속은 8.6m/s, 최고풍속은 21.6m/s(11월 27일)로 기록되었다. 최고기압은 988.1mb(11월 28일), 평균기압은 981mb로 기록되었다. 평균습도는 67.8%, 최고습도는 94.3%(11월 21일)로 기록되었다(Cape Hallett AWS data, <http://amrc.ssec.wisc.edu/aws/index.php?region=Ocean%20Islands&station=Cape%20Hallett>). 기온은 캠프후반으로 갈수록 점차 상승하는 추세로 나타났다. 풍향은 대부분 남서풍으로 기록되었다.

3. 캠프 생활

가. 식사 및 용수 확보

- 식사는 완전 조리된 냉동식품을 준비하였다. 가스버너를 활용하여 밥은 압력밥솥으로 지었고, 반찬류는 해동하여 바로 먹거나, 간단히 조리하여 먹을 수 있는 식품을 준비하였다. 대부분 한식으로 준비하였으며, 추운 곳에서의 많은 체력소모를 고려해 야식포함 하루 4끼로 구성하였다. 식기류의 설거지는 물이 부족한 상황에 어렵기 때문에 키친타올을 활용하여 닦아내는 방식으로 하였다. 물을 이용한 설거지의 경우 설거지 후 오염된 물처리가 곤란하기 때문에 실시하지 않았다.
- 음용수는 캠프주변의 눈을 녹여서 이용하였다. 눈은 비교적 깨끗한 신설위주로 채집하여 큰 가열통을 활용하여 녹인 후 음용할 때는 간이 필터로 걸렀다. 11월에는 캠프지에 많은 눈이 남아있기 때문에 깨끗한 눈을 활용할 수 있었으나, 추후 12월~1월의 캠프 시에는 깨끗한 눈을 확보하기 어려울 수도 있기 때문에, 물을 정수할 수 있는 장비의 구비가 필요할 것으로 보인다. 한

변 녹인 물은 야간에 다시 얼 수 있기 때문에 따뜻한 상태에서 1L 물병에 나누어 담아 각 인원의 침낭에 넣어서 보온역할과 얼지 않도록 하였다.

		
즉석조리	반찬류	반찬류-크린랩이용
		
조리방법	야외 식사	설거지

그림 3-4-9. 캠프 식사 준비 및 정리

나. 캠프 생활

- 일과시간 : 남극 하계기간 동안 연구지역은 백야기간이기 때문에 어두워지지 않는다. 그러나 밤 시간에는 기온이 급격히 떨어지기 때문에 일과시간을 정하여 생활하였다. 기상은 오전 7시, 식사는 8시까지 마쳤으며, 9시부터 오후 6시까지 연구 활동을 수행하였다. 오후 6시 이후에는 휴식텐트에서 정비, 배터리충전, 휴식 등을 하였다.
- 발전기 사용 : 각종 전기장비, 노트북, 무전기, 이리뚝 위성전화 등의 충전을 위하여 하루 1~2시간 정도 발전기로 전력을 생산하여 충전하였다. 전기사용이 많은 경우(무인드론 배터리 충전 등) 일시적으로 3시간 이상 발전기를 활용하기도 하였다.
- 화장실 사용 : 용변은 간이화장실에서 1회용 검정비닐을 활용하여 밀폐 보관하였다. 1회당 1개의 비닐봉지를 이용할 경우 폐기물의 부피가 커지기 때문에 보통 1일 1회 정도 비닐봉투를 교환하였다. 배설물은 야외에서 모두 밀폐상태로 보관하다가 캠프철수 시에 기지로 가져와 처리하였다. 화장지는 가능한 사용하지 않았으며, 소형 물티슈를 활용하여 1인당 2~3개씩 항상 휴대하여 물티슈가 얼지 않도록 하였다.

- 개인 위생 : 짧은 캠프생활로 물을 이용하여 씻기 어려운 환경이기 때문에 각자 보관하는 물티슈로 얼굴, 각 관절부위를 닦아내는 정도로만 가능하였다. 펭귄 서식지에서 활동하기 때문에 현장조사 이후에는 냄새가 심한데, 향후 장기캠프 시에는 최소한의 물을 사용하여 씻을 수 있는 시설은 필요할 것으로 보인다.
- 기지통신 : 기지연락은 오전, 오후 등 하루 최소 2회 이상 이리듬 무선전화를 활용하여 기지와 통신하였다. 연락 시에 캠프 인원의 상태를 보고하고, 향후 기상정보를 기지로부터 회신하여, 조사계획에 반영하였다.
- 특이상황 : 바람이 15m/s 이상 불거나, 눈이 많이 내려 조사가 불가능한 시간에는 캠프지에서 텐트 등의 상황을 정비하며, 캠프유지활동을 주로 수행하였다. 야외활동이 필요한 시에는 2인 1조 이상으로 활동하였으며, 이동시에는 다른 사람에게 행선지를 알리고, 항상 무전기를 휴대하여 비상시를 대비하였다.
- 캠프 안전 : 화재예방을 위하여 취사 시에는 2인 이상이 함께 수행하였으며, 각 텐트에는 소화기를 비치하였다. 화기의 사용은 취사텐트에서만 수행하였으며, 숙소텐트에서는 화기사용을 하지 않았다.

다. 피복

- 야외조사 : 야외조사 시에는 작업복과 설상화를 착용하여 오염에 대비하고, 펭귄을 포획하는 등 오염이 많은 날에는 1회용 방진복을 활용하여 생활복의 오염을 가능한 방지하였다. 펭귄을 포획하는 경우 많은 배설물이 피복에 붙어 냄새가 심하기 때문에 캠프에서와 같이 세탁 및 씻기 어려움 상황에서는 어려움이 발생하기 때문이다. 바람과 자외선이 강하기 때문에 선블록 크림을 노출 피부에 항상 조사 시작 전에 바르고, 가능한 모자와 바나클라바, 멀티스카프 등을 활용하여 피부가 외부에 노출되지 않도록 하였다. 장갑은 얇은 장갑, 중간크기, 고어텍스 등 여러 개로 구성하여 각 작업에 맞는 형태로 활용하였다.
- 캠프지 피복 : 캠프지에서는 야외 활동 시 가볍고 두꺼운 피복을 입어 추위에 대비하였으며, 실내에서도 가능한 내피는 벗지 않도록 하였다. 침낭 안에서도 맨살이 드러날 경우 보온을 위한 핫팩이나 물병사용 시 저온화상을 입을 수 있기 때문에 내피는 항상 착용하였다.

4. 폐기물 처리

가. 생활 폐기물

- 모든 폐기물은 기지로 회수하는 것을 기본으로 하였다. 배설물, 일반쓰레기, 재활용 쓰레기 등으로 분류하였으며, 기지에서 분리하여 처리하였다.

나. 유류 폐기물

- 캠프에서 유류는 발전기의 경우 휘발유를, 취사 및 난방에는 가스를 이용하였다. 가스의 경우 폐기물이 발생하지 않으나, 휘발유의 경우 배기구를 통해 소량의 불완전연소 물질이 분출되었다. 오염을 방지하기 위해 발전기 후방에는 유류흡착포를 여러 겹 배치하여 유류오염물질이 바로 흡착되도록 하였다. 이렇게 모아진 유류 흡착포는 밀폐하여 기지로 복귀 후 처리하였다.

5. Cape Hallett 장기캠프를 위한 캠프 구성 방안

가. 장기 조사 캠프 설치 계획

- Cape Hallett은 기지에서 약 320 km 거리에 위치하고 있으며, 연구과제가 진행되는 5년 동안 매년 조사캠프가 운영될 계획이다. 따라서 보다 안정적인 연구를 위해 견고하고 활용성이 높은 캠프를 설치하여 연구기간 동안(2017~2022년) 장기 운영할 계획이다. 장기 조사 캠프의 위치와 설치 규모에 대해서는 ASPA No.106 제안국인 미국 및 뉴질랜드와 협의하여 관리계획서에 지정된 캠프사이트로 결정하였다(그림 3-4-10). 캠프 사이트와 펭귄군서지와는 약 150~200 m 이격되어 있으며, 미국이 설치한 자동기상관측장비(AWS)와는 약 20 m 거리를 두어 기상 관측에 대한 간섭을 피하였다.



그림 3-4-10. Cape Hallett의 지정된 캠프 사이트와 펭귄군서지까지의 거리

- 연구기간 동안 유지할 캠프 시설은 생활동(mass)과 창고(storage), 헬리콥터 운항을 위한 항공유 보관소(Fuel cache)로 구성되며 그 규모는 아래와 같다.
 - 생활동(mass) : (7 m x 3 m) + (3.6 m x 2.2 m)
 - 창고(storage) : 4 m x 3 m
 - 항공유 보관소(Fuel cache) : 3m x 9 m (205ℓ 드럼 48개)

- 생활모듈(Mass)과 창고 모듈(Storage)은 조립식으로 제작하여 현장에서 설치와 철거가 용이하게 계획하였으며, 텐트재질에 비해 저온과 자외선에 내구성이 큰 냉동 우레탄 판넬(NHPF)을 사용할 예정이다(그림 3-4-11). NHPF 판넬은 고밀도 경질 우레탄 폼 보온재를 사용하여 단열효과 및 내수성이 뛰어나다. 캠프 모듈의 지반 고정은 강풍에 대한 안전성과 지반에 대한 영향을 고려하여 그림 3-4-12, 13와 같이 계획하였다. 캠프의 운영에 필요한 전력은 약 2 kW 용량의 태양전지판을 모듈에 설치하여 공급할 계획이다. 장기 캠프 운영에 필요한 면적은 연구자의 이동로, 헬리포트, 캠핑존, 태양전지판 설치구역 등을 포함하여 약 500 m²로 예상된다(그림 3-4-14). 캠프 모듈에는 ASPA No. 106의 관리계획에 따라 설치 국가명, 연구책임자(전자메일 등의 연락처), 설치 일자, 운영기간 및 철거예정일 등을 표기할 예정이다.

- 장기 조사 캠프 구축에 필요한 물자는 아라온호로 운송할 계획이며 4차 캠프 운영기간에 아라온호를 인근 해안에 정박시키고 헬리콥터를 사용하여 운반할 계획이다. 캠프 구축을 위해 필요한 화물량은 약 7,700 kg, 항공유 205ℓ 드럼 48개로 예상된다.
- 설치된 캠프는 2018/19년 하계 시즌부터 활용할 계획이며, 숙소용 Polar tent는 매년 캠핑기간에만 설치하여 사용할 계획이다.

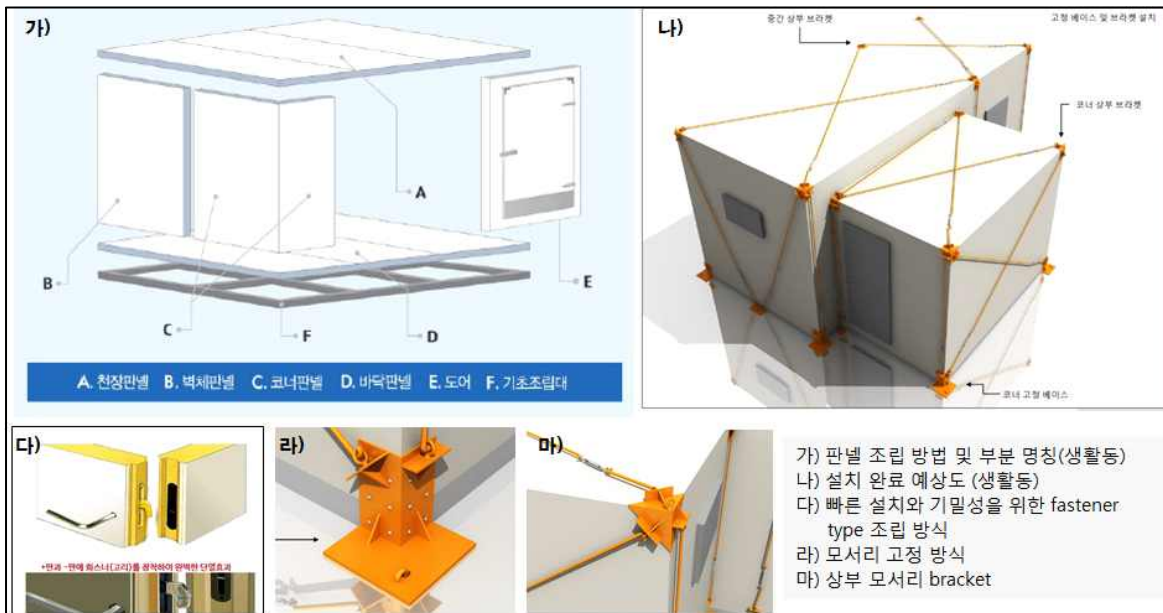


그림 3-4-11. 냉동 우레탄 판넬(NHPF)을 적용한 조립식 장기 조사 캠프 설치 계획(생활동)

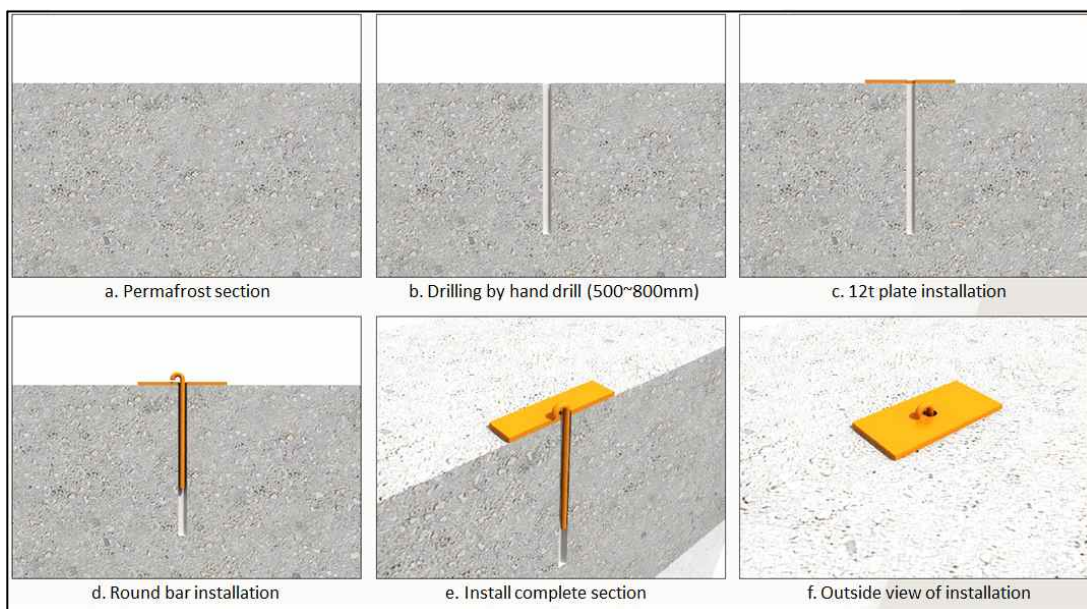


그림 3-4-12. 지반 고정을 위한 천공 및 철판(12t) 설치 과정

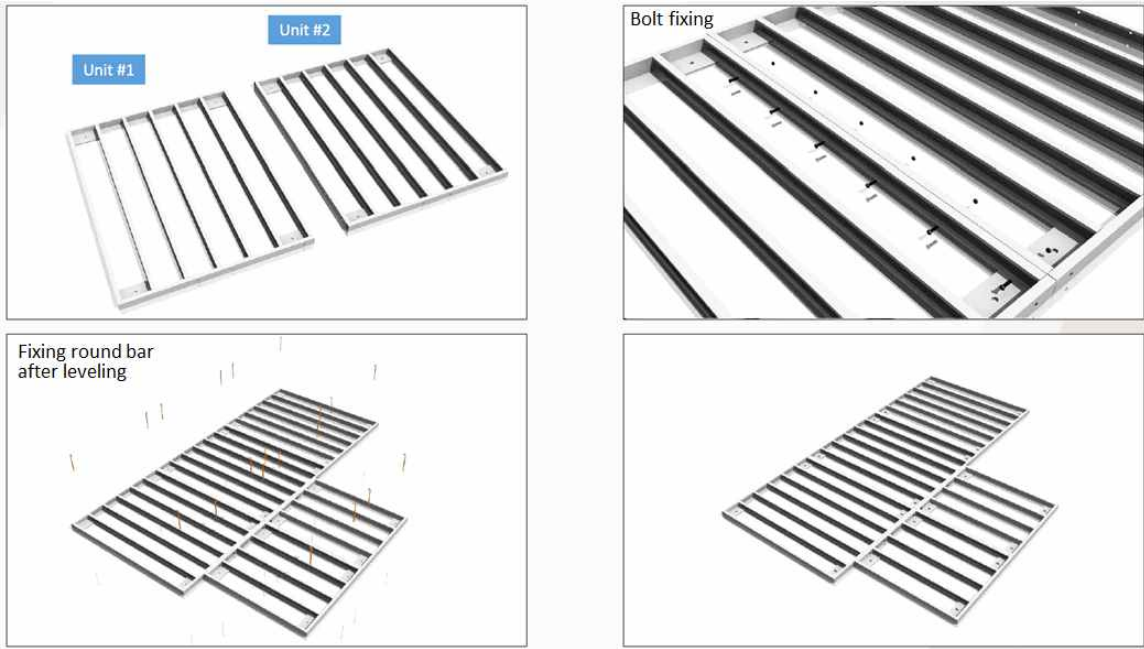


그림 3-4-13. 생활동 모듈의 기저 프레임 설치 방법



그림 3-4-14. Cape Hallett에 설치될 장기 캠프의 배치도

나. 장기 캠프 설치 위치의 대안

- Cape Hallett 아델리펭귄 군서지 주변에 장기 조사 캠프 설치가 가능한 곳을 3곳으로 선정하여 그 장단점을 평가하였다(표 3-4-1, 그림 3-4-15). 캠프 대안지 B의 경우 펭귄군서지에 가까워 조사를 편리하게 진행할 수 있으나 펭귄에 대한 교란이 있을 수 있다. 캠프 대안지 C의 경우 펭귄 군서지와 충분한 거리에 있어 펭귄에 대한 교란은 없으나 모래인 지역으로 지반이 불안정하고 연구자의 군서지 방문을 위한 이동시 위쪽 경사면에서 암석이 굴러 떨어지는 등 안전에 문제가 발생할 수 있다. 캠프 대안지 A의 경우 ASPA No. 106의 관리계획서에서 영구적인 시설물이 아닌 일시적인 캠프 위치로 지정한 곳이며, 뉴질랜드가 2003/04, 2004/05 시즌에 이미 활용한 바 있는 캠프 지역이다. 또한 군서지로부터 150~200 m 정도 거리를 두고 있어 펭귄에 대한 교란도 거의 없는 지역으로 A 지역을 선정하였다.

표 3-4-1. 장기 조사 캠프 설치 위치의 대안 비교

캠프 설치위치	군서지 까지의 거리	펭귄교란정도	지반	안전성
A. 지정 캠프사이트	150~200 m	낮음	안정(자갈)	높음
B. Seabee Hook	10 m 내외	높음	불안정(모래)	중간
C. Ice-tongue moraine	1 km	낮음	불안정(자갈)	낮음

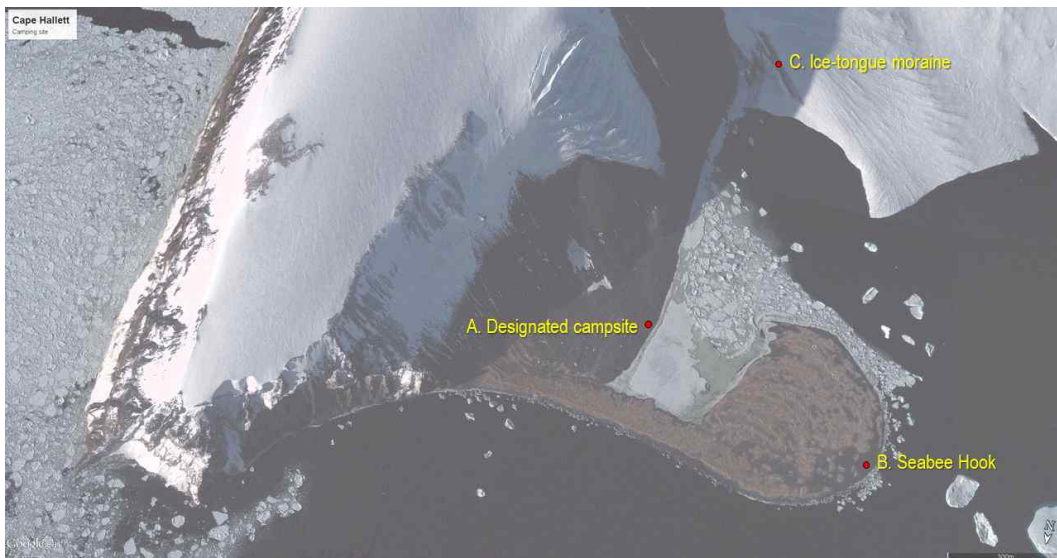


그림 3-4-15. 장기 조사 캠프 설치 위치의 대안들

다. 장기 캠프 모듈의 재질 및 고정 방식의 대안

- 남극 현장에서 일정 규모 캠프 구축을 위해 자주 사용되고 있는 Rac-tent를 활용하는 방법과 뉴질랜드가 Cape Adare 인근 ASPA 외부 지역에서 계획하고 있는 ‘Portacom’ 방식, 그리고 제안된 활동에서 채택한 조립식 냉동 판넬과 지반 고정 방식을 비교하였다(표 3-4-2, 그림 3-4-16). 뉴질랜드에서 계획하고 있는 방식은 주변에 일정 크기 이상의 돌(boulder)이 풍부해야 한다는 전제조건이 필요하다. 제안된 활동에서는 환경에 대한 영향과 설치와 해체의 용이성을 고려하여 조립식 냉동 판넬 방식을 채택하였다.

표 3-4-2. 장기 조사 캠프 모듈의 재질 및 고정 방식의 대안 비교

캠프 모듈의 재질	지반 고정 방식	내구성 및 안정성	설치 난이도	지반에 대한 영향	철거 및 복구 난이도
가. Rac-tent	조립식 바닥 프레임에 앵커와 와이어로 고정	낮음	낮음	낮음	낮음
나. 뉴질랜드 ‘Portacom’ 방식	주변 돌들을 쇠그물망에 모아 고정	높음	중간	높음	높음
다. 조립식 냉동 판넬	조립식 바닥프레임을 앵커와 와이어로 고정	높음	낮음	낮음	낮음



그림 3-4-16. 캠프 모듈의 재질 및 고정방식 비교

제 5 절. 자동모니터링 시스템 구축

1. 자동모니터링 카메라 구축 (CRAGS; CSIRO Ruggedised Autonomous Gigapixel System)

가. 운용 교육 (호주 CSIRO)

- 호주 CSIRO와의 공동연구를 통해 CRAGS 시스템을 도입하였다. 첫 시범적 용을 위하여 호주 타스매니아의 CSIRO에 방문하여 공동연구자인 Tim Lynch 박사를 통해 운용방법을 습득하였다(부록-1. 메뉴얼 첨부). 운용교육 중 호바트 지역신문사에서 방문하여 한국-호주의 공동연구에 대한 내용이 기사화 되었다(그림 3-5-1).



그림 3-5-1. 타스매니아 지역신문에 소개된 한-호주 공동연구



그림 3-5-2. 자동모니터링카메라 운용 교육

나. 세종기지 펭귄 및 도둑갈매기 모니터링 시범운용 (Tim Lynch)

- 시스템의 시범운용은 세종기지가 위치한 킹조지섬 바톤반도의 펭귄서식지인 나레브스키포인트에서 수행하였다. 펭귄마을의 젠투펭귄과 턱끈펭귄 군서지에 각각 1대의 CRAGS 장비를 설치하여, 펭귄 번식종료 시까지 촬영하도록 하였다.



젠투펭귄 번식소집단



턱끈펭귄 번식소집단

그림 3-5-3. 젠투펭귄과 턱끈펭귄 번식소집단에 설치된 기가판 모니터링 카메라

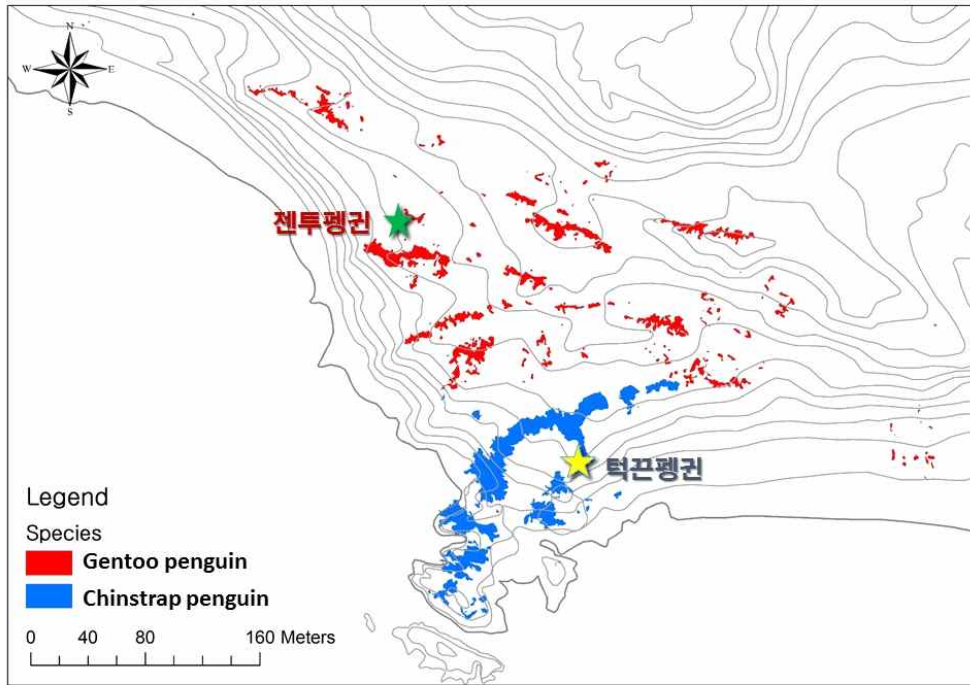


그림 3-5-4. 펭귄번식지에 설치된 자동 모니터링카메라(기가판) 위치도

- 두 종 펭귄의 포란시기에 설치하였으며, 촬영은 야간을 제외하고, 두 시간에 한 번씩 촬영하도록 설정하였다. 하나의 이미지로 많은 수의 둥지자료를 확보 가능하였으며, 고화질 이미지를 이용하여 둥지의 생존여부, 새끼의 생존 여부 등을 분석할 수 있는 것으로 나타났다.



그림 3-5-5. 젠투펭귄 번식소집단에 설치된 CRAGS 카메라시스템 및 분석과정

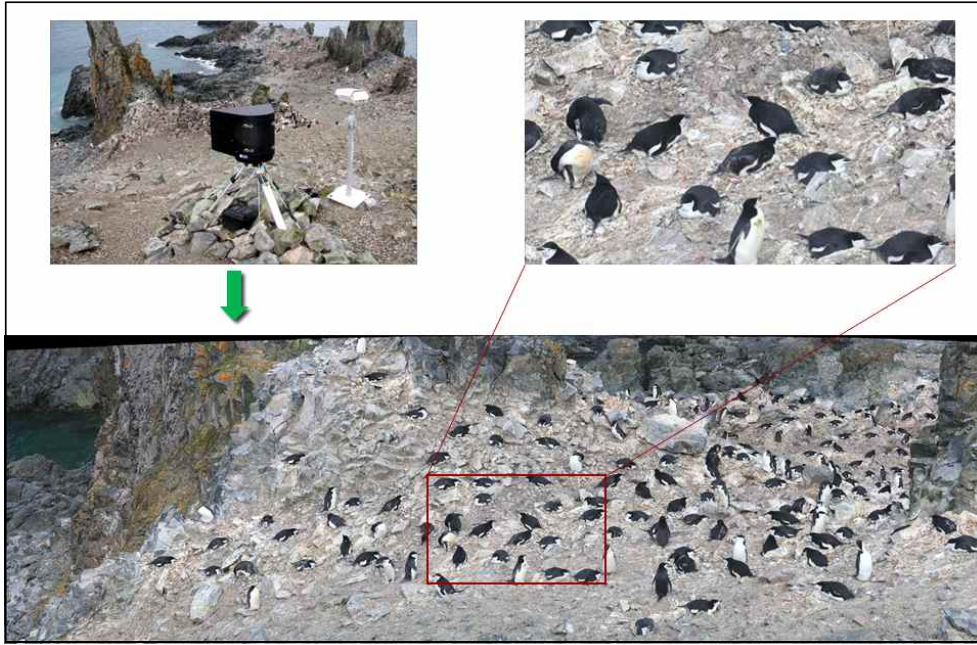


그림 3-5-6. 턱끈펭귄 번식소집단에 설치된 CRAGS 카메라시스템 및 분석과정

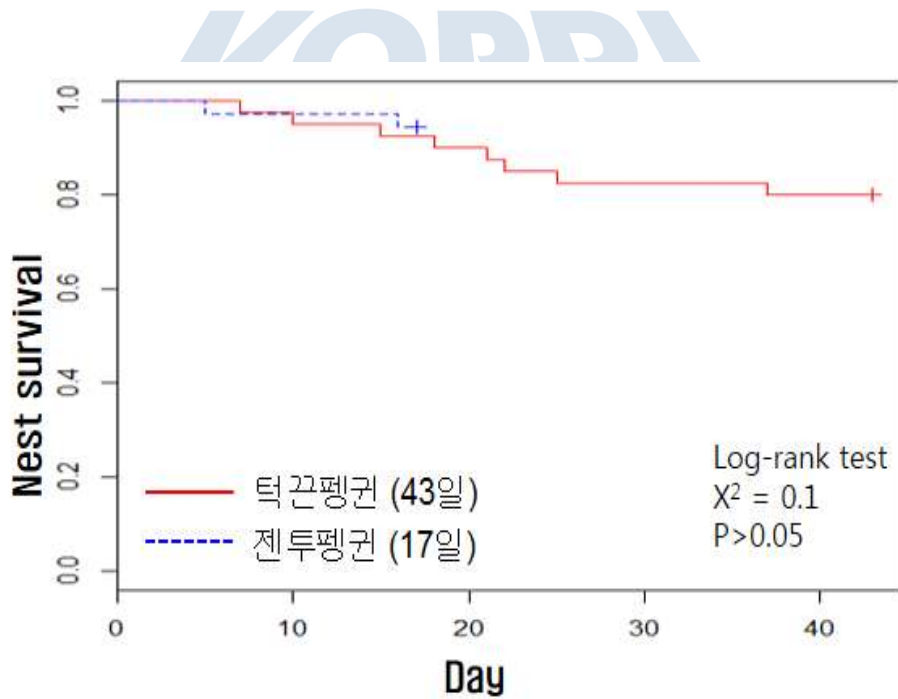


그림 3-5-7. CRAGS 시스템을 활용한 젠투펭귄과 턱끈펭귄 둥지 생존률 결과 (시작일: 2016년 12월 4일)

다. 장보고기지 해빙 변화 모니터링 시범운동

- 장보고기지 주변의 펭귄서식지에 1대의 시범운동을 계획하였으나, 캠핑지로의 화물 수송의 문제 및 짧은 연구기간으로 인해 실시하지 못하였으며, 장보고기지 앞의 해빙 변화 모니터링을 수행을 통한 시범운동을 실시하였다.
- 설치한 2016년 11월 29일부터 철거한 2017년 2월 15일까지 79일간 하루1회, 1회 40장의 촬영을 하였다. 태양상황을 고려하여 매일 오후 3시에 촬영을 하였으며, 획득한 데이터는 장보고기지 앞 해빙 변화 자료로 활용할 예정이다.



그림 3-5-8. 장보고기지 기가관 모니터링 시범운동(통신실 설치)



그림 3-5-9. 기가관으로 촬영한 해빙사진 (2016.11.28.)

2. 자동기상측정장비 (AWS)

- 장기캠프지의 타당성 검토를 위해 캠프 예정지에 자동기상측정장비를 설치하여 캠프기간동안의 기상상황을 모니터링 하고자 하였다. 간이 자동기상측정장비 2개를 구축하여, 캠프예정지인 Cape Hallett과 Inexpressible Island 등 2곳에 설치하고자 하였으나, Cape Hallett에는 기존 미국이 설치하여 운용중인 AWS의 데이터가 활용가능하고, 설치이후 데이터 백업의 문제로 AWS는 Inexpressible Island에만 설치하였다.
- Inexpressible island 시범설치 : 2016년 11월 15일에 Inexpressible Island에 AWS를 설치하였다(74°54'17.30"S, 163°41'8.64"E). Inexpressible Island는 연중 강한 바람으로 폴리나가 일찍 열리는 지역이기 때문에 과거 연구된 바가 적다. CEMP site 후보지로서 장보고기지에서 가깝기 때문에 지역적인 유리함이 많은 지역이다.
- 2016년 11월 15일부터 12월 20일까지 36일간 Inexpressible Island에서 기록된 광합성 광량의 평균은 633.5 uE, 평균기온은 -3.0℃, 상대습도는 50.8%, 풍속은 4 m/s, 순간최대풍속은 8.5 m/s, 풍향은 229.4° 로 기록되었다.

표 3-5-1. Inexpressible Island 기상데이터 (2016.11.15. ~ 12.20.)

항목	평균값	최대값	최소값
PAR (uE) (광합성광량)	633.5	1853.7	33.7
Temperature (°C)	-3.0	4.5	-11.0
RH (%)	50.8	97	18.1
Wind Speed (m/s)	4.0	12.58	0
Gust Speed (m/s)	8.5	30.7	0
Wind Direction (°)	229.4	-	-



그림 3-5-10. 자동기상측정장치(AWS, Inexpressible Island)

- 광합성 광량(PAR: Photosynthetically Active Radiation) : 비록 AWS가 설치된 기간이 백야기간이지만, 광합성 광량은 시간대에 따라 차이가 있었다. 낮에는 높은 광량을 유지하지만, 야간시간에는 광량이 감소하는 경향을 나타내었다.
- 기온 및 습도 : 기온은 AWS가 설치된 11월 15일부터 점차 증가하는 경향을 나타내었으며, 12월 이후에는 낮 시간동안 영상의 기온으로 올라가는 날도 많은 것으로 나타났다. 11월에는 대부분 영하의 기온을 유지하였다. 습도의 경우 일간 차이가 심하였으며, 해양상황에 따라 다르게 나타나는 것으로 보인다.
- 풍속, 순간최대 풍속 및 풍향 : 평균 풍속은 일별로 차이가 크며, 11월보다는 12월에 감소하는 경향이 나타났다. 순간최대풍속 또한 평균풍속과 유사한 경향을 나타내었다. 풍향은 대부분 남풍계열이며, 풍속 또한 남풍일 때 가장 강한 바람이 부는 것으로 기록되었다. 남풍다음으로는 서풍이 주로 불었으며, 동풍과 북풍의 빈도는 매우 낮게 기록되었다.

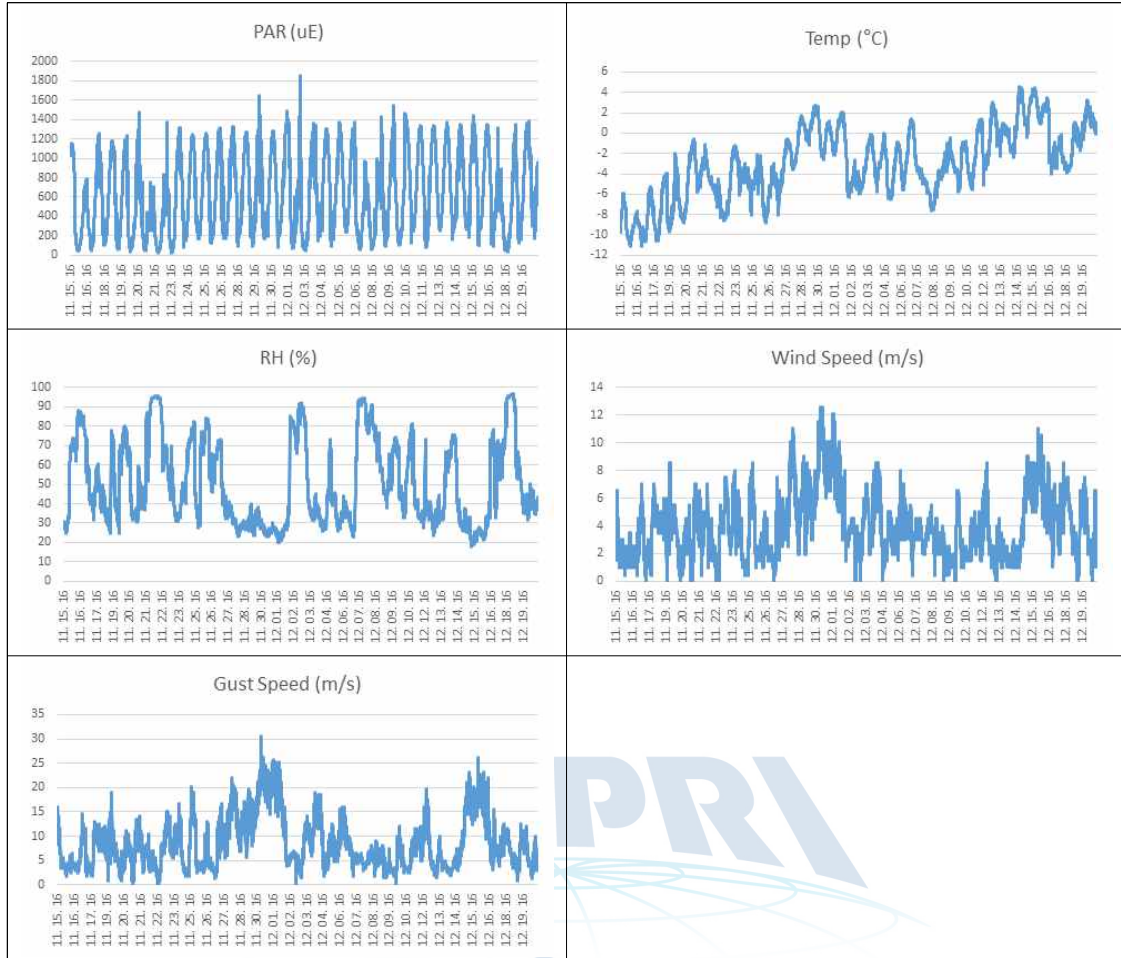


그림 3-5-11. Inexpressible Island 기상데이터 그래프

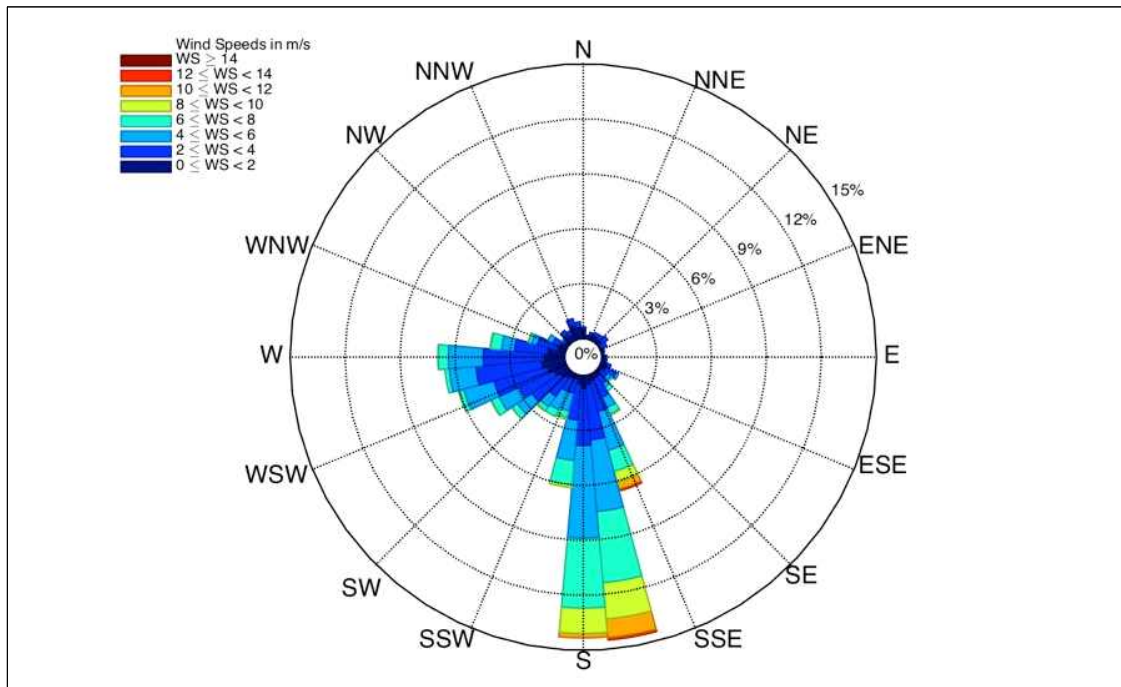


그림 3-5-12. Inexpressible Island의 풍향 풍속 그래프(2016.11.15. ~ 12.20.)

제 6 절. 펭귄 바이오로거 운용

1. 조사목적

- 펭귄의 위치를 파악할 수 있는 위성추적장치의 시범운용을 통해 펭귄의 주요 취식영역 및 이동경로에 대한 연구 가능성을 타진
- 아르고스(ARGOS) 위성으로 실시간 펭귄의 정보를 수신할 수 있는 시스템 활용

2. 조사방법

- 2016년 11월 22일 포란기에 두 개의 알을 낳아 품고 있는 아델리펭귄 10마리를 선정하였다. 그리고 펭귄의 등 가운데 깃털에 Tesa® 테이프와 Loctite® 접착제를 이용하여 위치추적 장치를 부착하였다.
- 펭귄에 사용된 위치추적 장치는 위성신호로 수신된 좌표를 아르고스(ARGOS) 위성을 이용하여 송신할 수 있는 바이오로거(Bio-logger) 제품을 사용하였다 (K2G 273A; Sirtrack, Havelock North, New Zealand; 최대 잠수 깊이 = 300미터, 길이 x 너비 x 높이: 87 x 39 x 24mm, 무게 = 105그램, 작동 온도범위: -20°C to 50°C).
- 추적장치의 위치좌표는 매 45초마다 획득하도록 설정되었으며, GPS좌표는 펭귄의 포란기, 육추기, 새끼 이소단계까지 포함한 2016년 11월 22일 부터 2017년 2월 3일 까지 전송되었다.
- 펭귄이 등지에서 바다로 나갔다가 돌아오는데 걸린 시간을 ‘등지회귀 시간’이라 명명하고 GPS좌표로 확인되는 위치를 통해 측정하였다. 그리고 번식 등지에서부터 가장 멀리 이동한 거리를 ‘최대 이동거리’로 정의하고 GIS 프로그램(ArcGIS Pro, Esri)을 이용해 계산하였다. 또한 다각형 계산법 (polygon calculations)을 통해 그려지는 면적을 이용해 먹이 섭식 지역의 넓이를 계산하였다. 총 8마리의 펭귄에서 얻은 정보는 개체 별로 아래 표 3-6-1에 나타냈다.

표 3-6-1. 각 개체별 등지회귀 시간, 최대 이동거리, 취식 영역

ID	등지회귀 시간 (hour)	최대 이동거리 (km)	취식 영역의 넓이 (km ²)
163636	45.9	3.95	15.5
163637	79.6	34.00	929.0
163640	21.9	5.72	24.4
163641	13.5	4.14	3.9
163641	54.4	68.10	527.0
163642	21.9	7.44	17.2
163643	8.0	3.48	14.4
평균	35.0 ± 25.9 (mean ± SD)	18.1 ± 24.6 (mean ± SD)	218.8 ± 366.8 (mean ± SD)



그림 3-6-1. 펭귄의 등 부위 깃털에 부착한 아르고스위성추적장치(Argos-GPS tracker)

3. 결과 및 결론

- 10개의 장비 중 2개는 기술적인 결함이 확인되어 위치정보가 수신되지 않았다. 따라서 총 8마리의 아델리펭귄에서 자료를 획득하였고, 그 이동경로는 그림 3-6-2와 같다.
- 펭귄의 취식영역은 등지를 기준으로 동쪽 해빙이 생성되지 않는 해안으로 파악된다. 등지회귀 시간은 먹이를 사냥하기 위해 바다로 나갔다가 돌아오는 데 걸린 시간이므로, 해양에서 취식활동을 하는데 소요된 시간으로 해석하였다.
- 먹이 사냥 시간은 35.0 ± 25.9 (hours, mean \pm SD)로 나타났다. 개체별로 소요된 시간이 크게 차이가 난 것으로 보아, 개체별로 번식 단계가 달라서 먹이 사냥에 걸린 시간의 차이가 났을 가능성이 있을 것으로 생각된다.
- 번식 등지에서부터의 최대 이동거리는 18.1 ± 24.6 (km, mean \pm SD)로 확인되었다. 주로 동쪽 해안으로 먼 거리를 이동한 뒤에 취식활동을 하며, 개체별 이동거리의 편차도 크게 나타났다.
- 또한 먹이 섭식 지역의 넓이는 218.8 ± 366.8 (km², mean \pm SD)의 면적을 보였으며, 3.98km²에서 929km²까지 매우 큰 차이를 보였다.

4. 이후 연구

- 본 연구의 후속으로 이어질 수 있는 주제는 1) 아델리 펭귄의 육추기에 이루어지는 주요 먹이 섭식 지역과 잠수 위치 조사. 2) 아델리 펭귄 잠수 행동의 3차원적인 조사 등이 있다. GPS와 잠수 기록계(Time-depth Recorder)를 활용한다면 바다 속 취식영역을 입체적으로 파악하고, 차후 펭귄과 크릴의 분포에 대한 조사가 남극 생태계의 포식자와 먹이 사이의 관계를 밝히는 모델 시스템(model system) 연구가 될 것으로 기대된다.

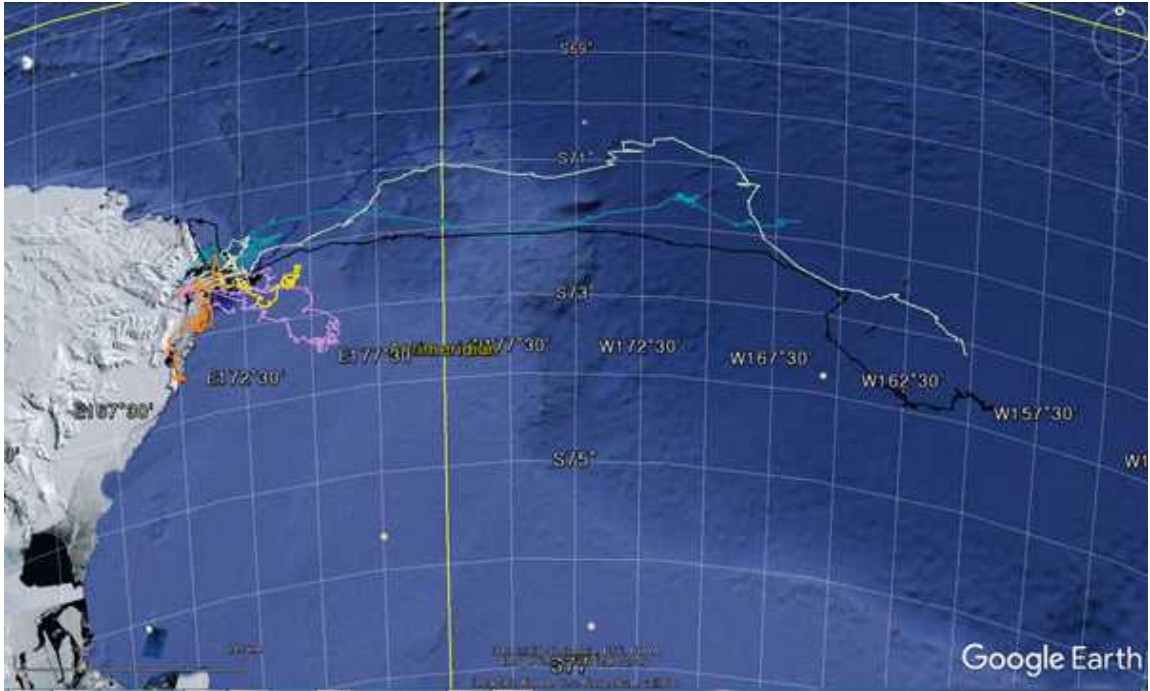
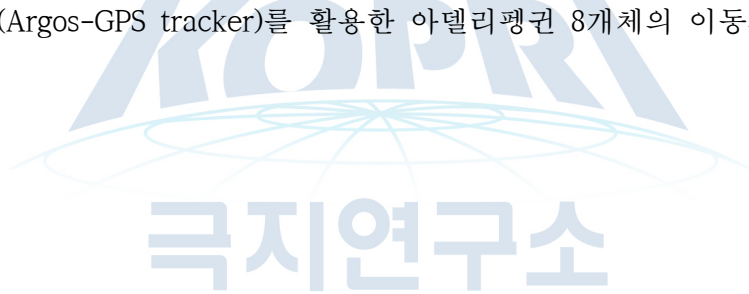


그림 3-6-2. 2016년 11월 22일부터 2017년 2월 3일까지 아르고스 위성추적장치(Argos-GPS tracker)를 활용한 아델리펭귄 8개체의 이동경로 추적 지도



제 7 절. 장기 생태계 모니터링 수행지역으로서 타당성 검토

1. DGPS 맵핑 및 등지수 계수

- 케이프할렛 아델리펭귄의 개체군 모니터링을 위해 휴대용 DGPS (Geo7handheld, Trimble GeoExplorer®, Sunnyvale, CA, USA)를 활용하여, 전체 번식소집단의 맵핑을 실시하였으며, 각 번식소집단별로 등지수를 직접 계수하였다. 개체군의 계수는 CEMP standard method (2014)의 방법으로 수행하였는데, 각 번식소집단별로 3회 계수하여 한번이라도 차이가 10%이상 날 경우 다시 계수하였으며, 3회의 평균치를 등지수로 기록하였다.

2. 무인 항공기를 활용한 항공촬영 및 등지수 계수

- 더 정밀한 등지계수를 위하여 DSLR카메라(EOS5DS with 24mm F2.8 lens, Canon Inc. Tokyo, Japan)를 탑재한 무인 항공기(드론, Matrice600, DJI™, Shenzhen, China)를 활용하여 항공촬영을 실시하였다. 무인 항공기는 펭귄 번식에 영향을 미치지 않기 위해 고도 80m 이상에서 촬영하였다. 촬영된 영상은 Agisoft Photoscan pro 1.2.5 (AgisoftLLC, St. Petersburg, Russia)를 활용하여 1장의 사진으로 합성하였다. 촬영된 영상은 확대할 경우 등지가 명확하게 구분되었으며, 향후 공간분석 등 다양한 연구에 적용될 수 있을 것으로 기대된다.

3. 조사결과

- 2016년 Cape Hallett에서는 약 700개의 번식소집단에 53,450등지(번식쌍수)가 확인되었다. 번식쌍수는 Lyver et al.(2014)에서 보고된 42,628등지(2012년)보다 증가한 것으로 나타났다.
- 번식소집단 크기는 단독등지부터 5,830등지까지 다양하게 나타났다. 북쪽 해안 지역에 큰 번식소집단이 주로 위치하였다.
- 직접 계수한 등지수와 항공촬영을 통해 계수한 데이터는 번식소집단의 크기가 증가할수록 오차가 증가하는 것으로 나타나(그림 3-7-2), 항공촬영을 통한 모니터링이 더 정확한 것으로 나타났다.

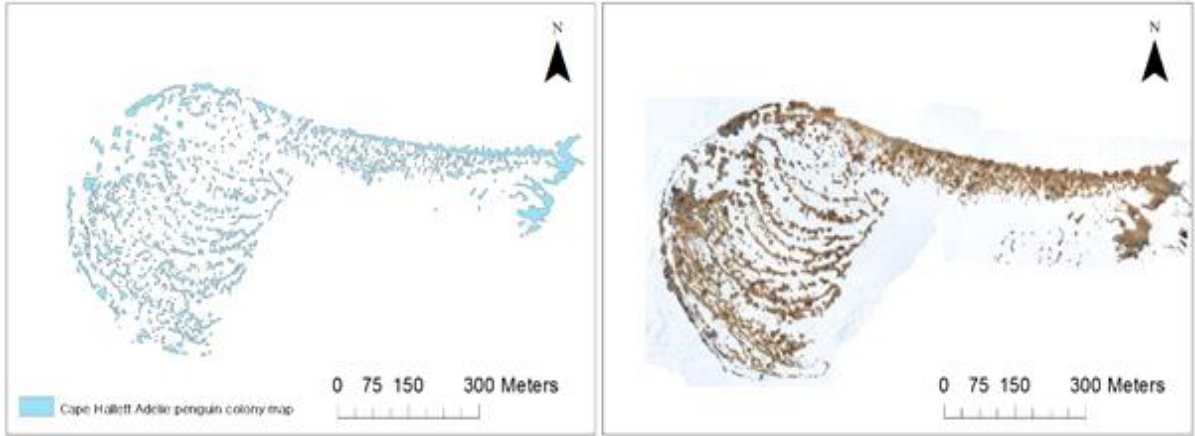


그림 3-7-1. Cape Hallett 아델리펭귄 DGPS 맵(좌) 및 무인드론으로 촬영한 항공사진(우)

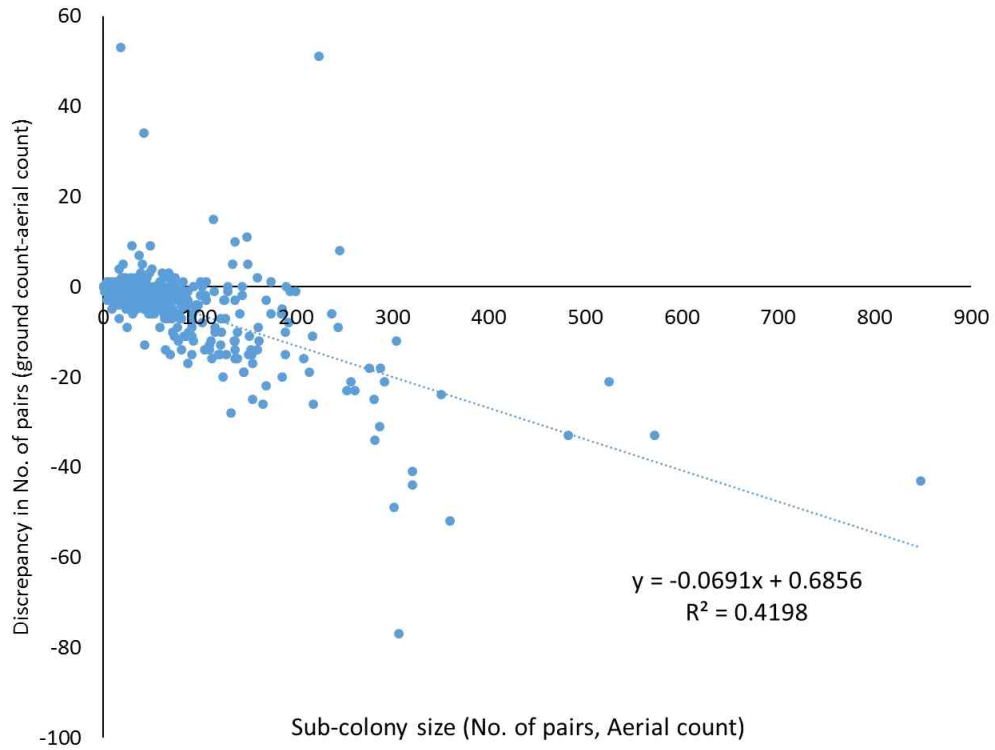


그림 3-7-2. 직접 계수한 등지수와 항공촬영을 활용한 등지수의 차이



그림 3-7-3. 확대한 무인 항공사진의 아델리펭귄 번식소집단



그림 3-7-4. 아델리펭귄 번식소집단 조사사진



그림 3-7-5. 무인 드론을 활용한 항공촬영 사진

제 8 절. 신규 해수부 사업인 ‘남극해 해양보호구역의 생태계 구조 및 기능 연구’에 활용 방안

1. CCAMLR에 과학적 기여

가. CCAMLR 생태계모니터링 프로그램

- 아델리펭귄의 연례 번식지표 자료를 CCAMLR 사무국에 제출
- 첨단 조사기법을 통한 조사자료 분석을 토대로 CEMP에 표준조사방법 보완 방안 제안

나. CCAMLR 생태계모니터링 관리작업반 및 과학위원회

- CCAMLR에서 요구하는 조사자료를 분석하여 보고서 제출
- CEMP자료, 크릴의 분포 및 생물량자료, 기후변화 등 다양한 이슈 대응자료 마련
- 최종보고서 채택 시 우리나라의 과학적 기여 내용 기재
- 연구결과 기반 CCAMLR 및 남극조약체제의 의제, 국제해양법의 쟁점 및 국제환경조약 쟁점 분석(정부대표단의 대응자료 마련)

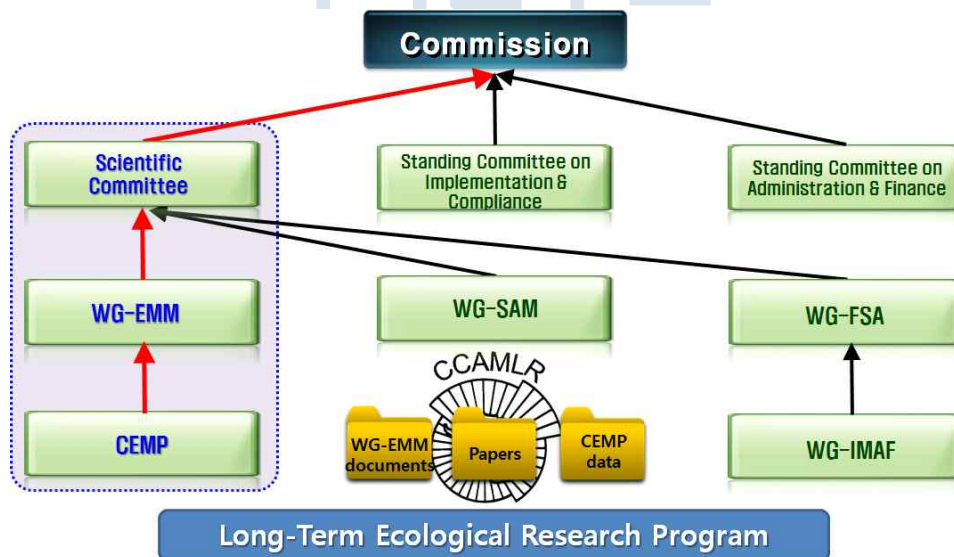


그림 3-8-1. CCAMLR의 구조 및 과학적 연구 기여 경로

2. 로스해 해양보호구역에서 장기 모니터링 수행

가. 로스해 해양보호구역의 보존조치

- 2016년 제35차 남극해양생물자원보존위원회 (CCAMLR) 총회에서 로스해가 해양보호구역으로 지정되면서 동 관리계획서에 우선적인 조사항목 제시(CCAMLR 보존조치 91-05의 부속서 91-05B)

나. 사업 관련 선정된 모니터링 항목

- 생태계 및 기후변화 항목 중 수행 가능한 아이템 선정 (표 3-8-1)
- 사업수행을 위해 선정된 조사지역 내에서는 어업이 허가되지 않은 지역이므로 모니터링 아이템에서 배제
- 해양학적 연구 및 해빙연구를 포함하는 기후변화 연구 선정(표 3-8-1)

표 3-8-1. 로스해 해양보호구역의 과학적 연구와 모니터링을 위한 우선적인 조사 항목

연구형태	대륙붕	대륙사면	우선 조사항목	본 사업 수행여부	비고
생태계	○	○	종의 개체군 변동과 생활사와 연관된 생물학적 혹은 생태학적 요인에 대한 직접적인 연구	○	
	○	○	기각류와 해양조류에 대한 모니터링과 연구(번식생태, 먹이자원, 섭식형태 등 포함)	○	아델리펭귄
	○	○	해양 포유류, 조류, 어류 그리고 무척추동물의 분포와 풍부도를 평가하기 위한 해양조사 혹은 센서스	○	아델리펭귄 크릴
	○	○	남극은암치와 크릴의 풍부도 및 분포지도 제작을 위한 음향조사(Terra Nova Bay에서의 은암치에 대한 연구포함)	○	크릴
	○	○	무선추적, 원격탐사, 해양 포유류 및 조류의 해안 개체군 센서스	○	아델리펭귄
	○	○	필수 영양분의 식이물과 안정동위원소 샘플링에 의해 알려진 생태계 모델링	○	
	○	○	중간영양단계의 생물에 대한 대륙붕과 사면의 군집 샘플링	○	
	○		해양 미세조류 조사, 규조류 생산량과 높은 수준의 영양 생태계 기능에 대한 중요성	○	
	○		남부 로스 해의 대륙붕에서 이빨고기의 연도별 조사 (SC-CAMLR-XXX/07 참고)		
어업	○	○	이빨고기의 생활사, 풍부도, 이동 및 행동학적 가설을 시험하기 위한 전자 혹은 음향 추적장치 설치		
		○	남극 이빨고기와 저서어족의 어업에 따른 영향을 모니터링 하기 위한 계층화된 대륙붕 서식지의 조사		
	○	○	남극 이빨고기의 생활사와 생물학적 변수를 밝혀내기 위한 현장조사와 샘플링		
기후변화 /해양학	○	○	기상 및 해양학적 연구(동식물 플랑크톤의 물리적 성질과 기작을 특성화하기 위한 위성 원격탐사 포함)	○	
	○	○	해빙의 원격탐사(형태, 농도와 크기)	○	
	○	○	저서 생태계 기능의 장기 모니터링		
	○	○	로스 해 대륙붕과 사면의 고해상도 순환 모델의 개발과 입증(해빙의 분해영향, 빙붕 구멍, 지층 교체, 깊은 저층수 형성 등 포함), 생물학적 모델도 추가로 개발		
	○	○	깊은 저층수 형성에 대한 조사(지구의 바다순환과 관련된 사항), 사면의 해수침입 그리고 지층의 영양분 교환		

3. Cape Hallett의 장기조사 캠프

가. 컨테이너형 캠프 건물 구축

- 통신, 보급, 운송의 주요 거점역할 수행
- 창고 구축으로 향후 물류 수송 비용 절감
- 장기간 동안 실험, 숙식 공간 및 비상시 대피소 확보

나. 북빅토리아랜드 일대의 연구영역 확장 전진기지

- 항공유 중간 급유 지점 확보
- 북빅토리아랜드 육상 및 연안에서 수행될 연구아이템 확장 기반 제공
- 타국의 연구자들에게 개방하여 국제공동연구 수행의 주도권 확보

다. 남극 로스해 해양보호구역의 생태계 구조와 북빅토리아랜드 펭귄군서지 생태모니터링을 위한 초기환경영향평가서 작성(부록 2)

4. CCAMLR 생태계모니터링 수행

가. 자동모니터링 카메라시스템 및 자동기상관측 시스템

- 인간의 교란을 최소화 하고 양질의 펭귄 생태자료 수집
- 자동기상관측 시스템을 동시에 운용하여 기상변화가 펭귄의 번식성공률에 미치는 영향 분석

나. 항공촬영 영상 분석

- 대규모 번식지에 분포하는 펭귄둥지 계수의 정확도 향상
- 둥지 계수의 정확도 검증 후 CEMP에 새로운 방법론 제시
- 펭귄의 번식변수 등 CEMP자료 축적 후 조사지역을 장기생태모니터링 지역인 CEMP-site로 등재

다. 바이오로깅

(1) 펭귄의 취식영역 자료 획득

- 크릴의 분포 및 생물량 변동에 대한 CEMP 지표종인 아델리펭귄의 생태적 반응 장기 모니터링
- 해빙의 분포현황이 취식 행동생태 및 번식성공률에 미치는 영향 파악

(2) 다양한 바이오로깅 기법 도입

- 도둑갈매기 등 다양한 생태계구성원들의 취식행동 연구에 도입
- 연구 목적에 적합한 바이오로깅 개발에 필요한 기초자료 축적
- 남극의 환경변화가 번식 후 펭귄의 이동 및 도래에 미치는 영향 파악

참 고 문 헌

- Ainley, D. G., and DeMaster, D. P. 1980. Survival and mortality in a population of Adélie penguins. *Ecology*, 61(3), 522-530.
- Ainley, D. G., Ribic, C. A., Ballard, G., Heath, S., Gaffney, I., Karl, B. J. and Webb, S. 2004. Geographic structure of Adélie penguin populations: Overlap in colony specific foraging areas.. *Ecological Monographs*, 74(1), 159-178.
- Ballard, G., Ainley, D. G., Ribic, C. A., and Barton, K. R. 2001. Effect of instrument attachment and other factors on foraging trip duration and nesting success of Adélie penguins. *Condor*, 103(3), 481-490.
- CCAMLR. 2014. CCAMLR Ecosystem Monitoring Program Standard Methods.
- CCAMLR. 2016. Report of the Thirty-fifth Meeting of the Commission.
- CCAMLR. 2016. Conservation Measure 91-5: Ross Sea region marine protected area.
- CCAMLR. 2016. Conservation Measure Annex 91-05/C
- CCAMLR WG-EMM. 2016. Report of the Working Group on the Ecosystem Monitoring and Management.
- Delegation of the Republic of Korea. 2016. Report on the monitoring program of chinstrap and gentoo penguins at Narebski Point(ASPA No. 171), King George Island, since 2006. WG-EMM-16/62
- Giese, M. 1996. Effects of human activity on Adélie penguin *Pygoscelis adeliae* breeding success. *Biological Conservation*, 75(2), 157-164.
- Lyver, P. B., MacLeod, C. J., Ballard, G., Karl, B. J., Barton, K. J., Adams, J. and Wilson, P. R. 2011. Intra-seasonal variation in foraging behavior among Adélie penguins (*Pygoscelis adeliae*) breeding at Cape Hallett, Ross Sea, Antarctica. *Polar biology*, 34(1), 49-67.
- Lyver POB, Barron M, Barton KJ, Ainley DG, Pollard A, Gordon S, McNeill S, Ballard G, Wilson PR. 2014. Trends in the breeding population of Adélie penguins in the Ross Sea, 1981-2012: A coincidence of climate and resource extraction effects. *PLoS One*. 9:1 - 10.
- Pezzo, F., Olmastroni, S., Volpi, V., and Focardi, S. 2007. Annual variation in reproductive parameters of Adélie penguins at Edmonson Point, Victoria Land, Antarctica. *Polar Biology*, 31(1), 39-45.
- SC-CAMLR, 2016. Report of the Thirty-fifth Meeting of the Scientific Committee.
- Taylor, R. H. and Wilson, P. R. 1990. Recent increase and southern expansion of Adélie penguin populations in the Ross Sea, Antarctica, related to climatic warming. *New Zealand Journal of Ecology*, 25-29.
- Wilson, P. R., Ainley, D. G., Nur, N., Jacobs, S. S., Barton, K. J., Ballard, G., and Comiso, J. C. 2001. Adélie penguin population change in the pacific sector of Antarctica: relation to sea-ice extent and the Antarctic Circumpolar Current. *Marine Ecology Progress Series*, 213, 301-309.

부록-1. 자동모니터링카메라시스템 매뉴얼(CRAGS)

Oceans and Atmosphere
www.csiro.au



Deployment CRAGS Manual

DRAFT

CSIRO Ruggedised Autonomous Gigapixel System



Last updated 7th November 2016

Contents

Introduction	4
CRAGS Gear List.....	5
Background information	6
1.1 UTC Time or Local Time	6
1.2 Blanking period.....	7
1.3 Battery and SD card estimates	8
1.4 Teraterm Controller menu functions	9
1.5 Gigapan unit button menu	10
1.6 Using laptop Teraterm Controller menu and the Gigapan unit together	10
1.7 Setting up Teraterm for the first time	11
1 Set up 3 rock mats and tripod	13
1.1 Place the 3 rock mats	13
1.2 Place the tripod	13
2 Attach the housing to the tripod	14
2.1 Place the housing onto the tripod.....	14
2.2 Adjust the tripod to site specific height	14
3 Secure the tripod to the mats.....	15
3.1 Initial securement of tripod to the mats.....	15
3.2 Why not secure the tripod fully at this point?	15
4 Attach the Gigapan unit to the housing	16
5 Prepare the camera	17
5.1 Camera settings.....	17
5.2 Lens.....	17
5.3 Set your focal length.....	17
5.4 Polariser filter	17
6 Attach the camera to the Gigapan unit	18
6.1 Camera should be switched to the ON position	18
6.2 Attach the Gigapan's battery	18
6.3 Attach the Gigapan's camera trigger cord	18
6.4 Secure the camera to the Gigapan unit	18

7	Attach external battery pack	19
8	Connect the Gigapan to the laptop	19
8.1	Attach the laptop to the Gigapan.....	19
8.2	Access Teraterm software.....	20
9	Make a master Gigapan panorama and tie off tripod legs.....	21
9.1	Use Teraterm software to set date, time and to power up Gigapan and camera	22
9.2	Tie off tripod legs and fill mat with rocks	23
9.3	Set the camera's FOV (field of view)	23
9.4	Make a master Gigapan panorama	24
10	Use laptop to enter data.....	25
10.1	Power down camera and Gigapan and enter data	25
11	Detach USB cord and attach back of housing.....	27
11.1	Detach the USB cord.....	27
11.2	Insert a packet of gel desiccant	28
11.3	Attach the back of the housing and tilt the battery pack	28
12	Troubleshooting.....	29
12.1	Gigapan won't connect to Serial port on your laptop (Step 7)	29
12.2	There's no blue light (Step 8)	29
12.3	Blue light flashes too quickly after USB cord is detached (Step 11)	29
12.4	If all else fails - reset Gigapan Controller.....	29

Introduction

Remote technologies, in particular camera-based approaches, offer a complimentary approach to the essential human-based elements of monitoring. CRAGS (CSIRO Ruggedised Autonomous Gigapixel System) is a camera system that provides a repeated collection of gigapixel digital images from remote, long-term deployments. To allow for this mode of operation, a 'thrall' unit, which is programmed via a USB interface, is inserted into a standard, commercially available Gigapan Epic Pro robot and acts as a master controller. Importantly, for remote deployments, the thrall unit minimises power required by the Gigapan, by turning it on and shutting it down at predetermined intervals as well as allowing for programming of the number of images per day.

The system is fully ruggedised within a sturdy powder-coated aluminium housing with a flat pane of glass at the front. The system is mounted on a slew ring and tripod. Access to the camera and robot is via a sealed door on the rear of the assembly. For ease of transport in the field, the system can be broken down to 3 components that are <10kg.

Initial image storage is via the camera SD card. The images are then manually recovered and transferred to a server where unstitched Gigapans are run through Time Machine software. The software outputs a high resolution, zoom-able timelapse video, with billions of pixels that can be uploaded and shared online.



This manual provides information on the set up and operation of CRAGS in the field. Please be familiar with your Canon 700D camera and your Gigapan Epic Pro BEFORE deployment. You can access a Gigapan Epic Pro manual online for further instruction.

CRAGS Gear List



Background information

1.1 UTC Time or Local Time

The camera can be set to either local time and date or to UTC time.

If you use UTC time on your camera, any time calculations should be entered into the laptop controller in UTC time too.

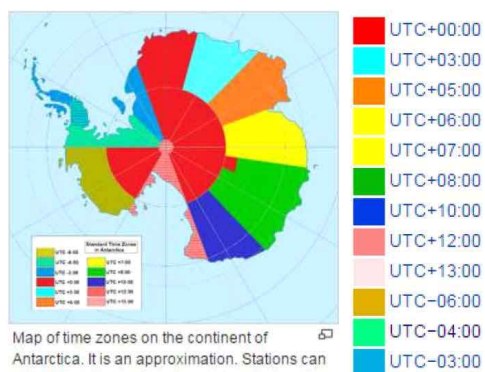
It is strongly advisable to work these times out BEFORE deployment to avoid confusion in the field.

If you use local time on your camera, any time calculations should be entered into the laptop controller in local time too.

1.1.1 Setting Camera to UTC time

To set UTC time on your camera, go to camera settings in the camera menu and set the time zone to to a London with daylight savings icon off. To do this on your camera, enter the UTC time and date, which will [usually] be an offset from local time. For example, Hobart, Tasmania is UTC-10:00, so you'd need to subtract 10 hrs from EST or 11 hours during our daylight savings. This is only for date stamping on the image and has no interaction with the Gigapan system.

Once everything is set in UTC, you would have to work out the delayed start time and blanking periods in UTC. **Ensure these are worked out before you deploy.**



(Map of Antarctic UTC time, Wikipedia)

1.1.2 Setting Camera to local time

To set local time on your camera, go to camera settings in the camera menu and set the time zone to to the local time zone and enter the local date and time. Any time calculations should be entered into the laptop controller in local time too.

This is only for date stamping on the image and has no interaction with the Gigapan system.

1.2 Blanking period

A blanking period is the time you can set your unit to not take photographs. This is usually set for overnight, for situations where there is no need for image capture in darkness.

- Note that the system will maintain the preset interval between Gigapans despite the blanking period being set, i.e. if the system has been configured to start at 1400hrs, blank between 1900hrs and 0700hrs (the next day) and shoot a Gigapan every three hours, a Gigapan sequence will be taken at 1400hrs, 1700hrs and then blank until 0700hrs, with the next Gigapan then taken at 0800hrs (rather than 0700hrs when the blanking period finished). The mechanism for this is that the Gigapan will wake up at its normal preset interval 'see' it is in a blanking period, and then go back to sleep until its next scheduled wake-up time.

Correct use of the blanking period can minimise useless images as a result of poor lighting and as a result, increase the amount of available storage on the camera's SD card, which may enable a longer deployment.

1.2.1 Setting blanking period using UTC

Based on Hobart Eastern Standard Time (EST), which is UTC +10 hours, and a blanking period between 1900hrs and 0700hrs (the next morning), the conversion to UTC would be:

1900-1000=9

0700-1000=21

e.g. if you are shooting every 3 hours but don't want to shoot during the night - select 09 to not shoot, then 21 to commence shooting. It will not shoot between 7pm and 7am Hobart (EST).

Always work out your blanking period in UTC time before deployment.

1.2.2 Setting blanking period using local time

1900=19

0700=7

e.g. if you are shooting every 3 hours but don't want to shoot during the night - select 19 to commence the blanking period, then 7 to recommence shooting. This will result in the system not shooting between 7pm and 7am (the next day) local time).

Always work out your blanking period in local time before deployment.

1.3 Battery and SD card estimates

Storage room on the 128GB SD card has to be calculated for each individual deployment. SD memory card estimates on 6MB per photograph which corresponds to one image tile in the Gigapan photo mosaic.

Max deployment = 128 GB < days * #Gigapans per day * # photographs per Gigapan * 6MB

Battery life estimates will vary depending on the number of Gigapans per day and temperature. For example over summer, in Sydney, batteries were changed every 10 weeks, capturing on average 450 image tiles per day (or 112 photos per Gigapan) after waking up on average 4 times a day. This resulted, on average, 270 Gigapans per battery life deployment over this period. Deployments to Albatross Island were for 36 weeks, with 140 tiles per day (2 samples of 70 tiles back to back) with the CRAGS unit waking up once per day.

Cool Antarctic temperatures (- 20 degree) may reduce alkaline battery life in this application by 50-70%, however, this has not yet been tested. Moderate Antarctic temperatures (0-10 degrees) may reduce alkaline battery life by 10-30%. Again this has not been tested.

1.4 Teraterm Controller menu functions

There are **9 functions** that are controlled using a laptop and a serial terminal program. The recommended terminal program, and the one referenced in this document is a freeware version of Teraterm.

- **Select '1'** to enter current time.

- **Select '2'** to enter current date.

- **Select '3'** to enter the time it takes in seconds to make one Gigapan (always add 2 seconds to this time).

- **Select '4'** to set the interval between Gigapans [default 1 day]. E.g. Shooting every 3 hours is 000300.

- **Select '5'** to set the number of Gigapans. Usually 1. However if you want the Gigapan to make two consecutively, it would be 2. This means it will take another Gigapan immediately after the first one has finished before it goes back to sleep.

Select '6' to enter blanking period – time that the camera won't wake up – e.g. if you are shooting every 3 hours but don't want to shoot during the night - select 19 (1900hrs) to commence blanking, then 07 (0700hrs) to recommence shooting. This will result in the system not shooting between 7pm (0700hrs) and 7am (1900hrs).

- **Select '7'** to enter the panorama start menu. Enter '1' to Start now or '2' for a delayed start.

- **Select '8'** to power up camera.

- **Select '9'** to supply power to the Gigapan. You can then turn the Gigapan on by pressing the power button on the unit.

1.5 Gigapan unit button menu

There are many Gigapan unit functions, for further info download the Gigapan Epic Pro User Manual.

Basic Gigapan functions for use with CRAGS:

- ‘Move the camera’
- ‘Camera set up’ – sets camera’s FOV
- ‘New panorama’

1.6 Using laptop Teraterm Controller menu and the Gigapan unit together

It is important to understand that the Controller system accessed via the controller menu through Teraterm, and the Gigapan system accessed via the LCD display and buttons on the front of the Gigapan, do not communicate directly with each other, and have quite separate functions.

1.6.1 The laptop Controller menu is used as follows:

- Turns camera and Gigapan on and off.
- Set the time it takes to make a Gigapan, sets the number of Gigapans and when it will wake up to shoot.
- Tells the Gigapan unit when to commence the deployment.

1.6.2 The Gigapan unit menu buttons are used as follows:

- Sets up the camera’s FOV (field of view).
- Sets the site area.
- Makes the first master Gigapan.

1.7 Setting up Teraterm for the first time

- Plug the female end of the female to male USB cable into male USB connector that is attached to Gigapan unit. Then attach the male end of the USB cable into the top right port of your laptop.
 - Insert the Gigapan USB stick into a spare port on your laptop.
 - Open the USB port and open the Teraterm.exe file, and save it onto your laptop.
 - Open Teraterm software on the laptop.
 - Then, go to File- New Connection and select Serial Port (Com#).
 - Then, if the dialogue box header doesn't have a baud rate of 115200, go to Setup – Serial Port and change the baud rate to 115200.
 - Then, save your set up. Setup – Save set up.
 - Hit 'enter' to bring up the Gigapan Controller menu. You may need to scroll up to see it. (Section 12.3 troubleshoot menu).
- N.B. If you can't access the Gigapan Controller menu, it means the drivers on the USB stick have not been automatically installed. To install them, on your laptop, navigate to Device Manager - Ports – Click on Gigapan Controller, and it will ask to update drivers, so hit Update Drivers and then navigate to them on the USB stick.

DEPLOYMENT CRAGS STEP BY STEP SETUP INSTRUCTIONS



**BEFORE DEPLOYMENT MAKE SURE YOU HAVE INSTALLED THE TERATERM SOFTWARE
ONTO YOUR FIELD LAPTOP AND THAT IT IS POINTING TO THE CORRECT DRIVERS AND
MAPPED TO THE CORRECT SERIAL PORT**

READ THE MANUAL BEFORE YOU GO INTO THE FIELD AND AS YOU SET UP TO SHOOT

FOLLOW THE DEPLOYMENT INSTRUCTIONS IN ORDER

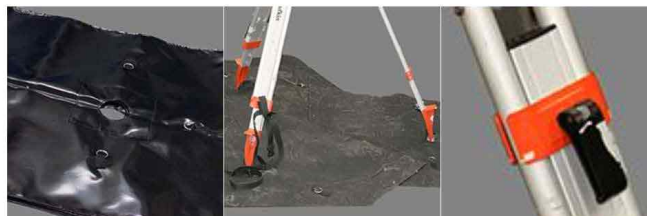
DEPLOYMENT IS A 2 PERSON OPERATION

IF YOU HAVE A PROBLEM REFER TO SECTION 12 – TROUBLESHOOTING

HAVE YOU TRIED TURNING IT ON AND OFF AGAIN ;-)



1 Set up 3 rock mats and tripod



1.1 Place the 3 rock mats

- Place 3 rock mats on level ground, overlapping each other, with two at the front and 1 at the back.

1.2 Place the tripod

- The tripod is setup with two legs at the front and one leg at the back. The back leg is marked 'back leg' on the tripod leg.
- Place the tripod legs into the centre holes of each mat, each leg should have a corresponding D ring on the angle in front of it. If it doesn't then rotate each mat until it does.
- Each tripod leg should have a little space to feed the rope through.
- Lock the tripod legs down at a reasonable height for attaching and accessing the housing.

2 Attach the housing to the tripod



2.1 Place the housing onto the tripod

- The yellow electrical cord to the external battery is fed into the housing via a grey cable gland. The bend protector section is removed from the gland for shipping. Screw this plastic protector back into place, ensuring that the rubber sealing insert is correctly seated in the gland and that the protector is not cross-threaded.
- Remove the nut, bolt and washer from the middle of the housing base. The nut and washer are only in place for shipping purposes. The bolt will then need to be reinserted up through the RED tripod knob using an Allen key in order to secure the Gigapan in place (section 4).
- Slot the other end of the yellow electrical cord through the tripod plate opening.
- Next, place the housing into the tripod plate – this is a two person operation. Rotate the housing until the yellow lines match up on the tripod and housing.
- Use the RED knob to tighten securely into place.
- Then, screw in 4 wingnut screws underneath the tripod plate to secure the housing from rotation.
- If birds can land onto the top of the housing you may want to attach, with silicon, bird scaring devices (see the front cover for our set up of cable ties for Albatross Island).

2.2 Adjust the tripod to site specific height

- Once the housing is attached securely to the tripod plate, adjust each tripod leg using the tripod clip locks.
- Please check for height AND level.

- Additionally, some sites require the housing to tilt forward if the site is below the position of the housing. If this is the case, the back tripod leg will be higher than the front two tripod legs.
- Ensure that there are sufficient gaps on each tripod leg to thread the tie down rope through.

3 Secure the tripod to the mats



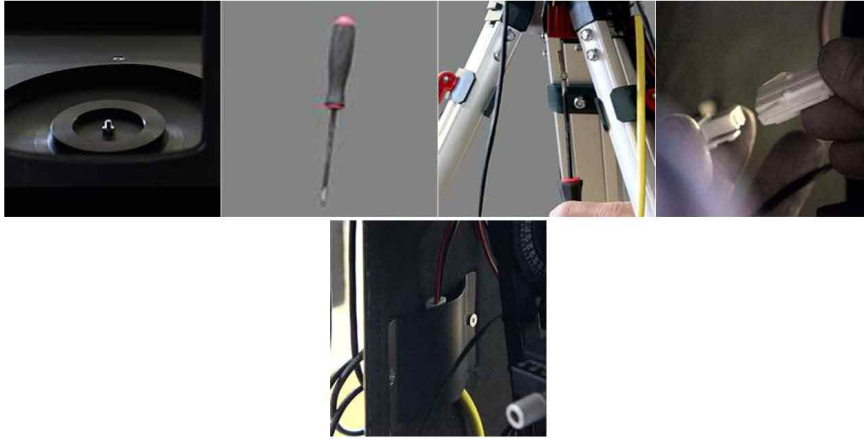
3.1 Initial securement of tripod to the mats

- Place a few rocks around the tripod legs and mat so that the tripod and housing are somewhat secure.
- Thread ropes through the top of each leg and anchor the tripod to the mat's D ring. Tie off using a bowline knot.

3.2 Why not secure the tripod fully at this point?

- It is preferable not to fully weight down the tripod and mats with rocks and tape until you have attached the camera to the Gigapan unit and checked that you are happy with the position of the housing.

4 Attach the Gigapan unit to the housing



- Place the Gigapan inside the housing, nestling it in the rounded groove
- Make sure the black spacer is inside the housing in the slot that takes the Gigapan, this raises the Gigapan slightly to avoid collision with the housing
- Using the Allen key, re-insert the travel bolt you removed in section 2.1 back up through the RED knob of the tripod to secure the Gigapan to the housing.
- Once the Gigapan is secure, it should be able to rotate left and right, but not wobble around.
- Do not overtighten the bolt and be careful not to cross-thread!
- Connect the two white clips and tuck them into the Gigapan pocket on the left side.

5 Prepare the camera



5.1 Camera settings

- Turn the camera on, using the normal camera's battery.
- Check the SD card is inserted and that the card is empty.
- Set the correct date and time on the camera using UTC time or local time.
- Set the exposure to MANUAL (M) – f11, ISO 200, 1/125 shutter speed (or f11/ ISO 400, 1/160 shutter speed for faster subjects).

5.2 Lens

- There are 2 buttons on the lens. Set the first button to MF for Manual Focus.
- Set the second button to turn Off Image Stabilisation.

5.3 Set your focal length

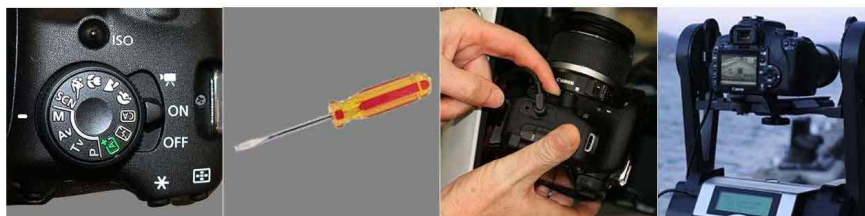
- Stand next to the housing and position the camera at approximately the same height as if the camera is already attached to the Gigapan unit.
- Set the zoom on your lens and rotate the polariser until it is at its darkest point.
- Lenses 18-55mm and 55-250mm can be zoomed out as far as you like.
- Lens 70-300mm plus x2 teleconverter should be set to no longer than 200mm. Any longer zoom and the image quality will diminish too much.
- Take a photograph to check you are happy with your settings.
- Make sure the flash is not firing.

5.4 Polariser filter

- The polariser filter should be screwed on to the front of the lens.
- To activate the polarisation, hold the camera in your hand and face the site.
- Rotate the filter ring attached to the front of the lens and you will see the sky go from light to dark.

- You want it to be dark. This helps remove any reflection from the glass housing.

6 Attach the camera to the Gigapan unit



6.1 Camera should be switched to the ON position

- Make sure that the camera is switched to ON.

6.2 Attach the Gigapan's battery

- To access the battery located at the bottom of the camera, insert a flat head screwdriver into the Gigapan attachment plate to unscrew part way the plate enough to rotate it out of the way to open the battery flap.
- Remove the camera's battery and insert the Gigapan unit's external battery connector.
- Screw the Gigapan attachment plate back on tight to the bottom of the housing.

6.3 Attach the Gigapan's camera trigger cord

- Attach the camera trigger cord to the front, top hole located on the left side of the camera. You'll find the camera trigger cord attached to the Gigapan unit on the left.

6.4 Secure the camera to the Gigapan unit

- Place the camera onto the Gigapan and screw it tight.
- The camera/ lens should be approximately of equal weight while sitting on the Gigapan sliding rail. (See Gigapan manual for more detail).
- Check that the attached cords are free from entanglement by manually rotating the Gigapan unit left and right and ensuring that the cables are not fouling the case. Be mindful that the camera will also be tilting which will move cable positions.

7 Attach external battery pack



- Connect the Power Pack to the yellow electrical lead from the Gigapan housing and place the Pack underneath the housing, on an angle for water to run off away from the plug.

8 Connect the Gigapan to the laptop



```

COM4311200@aol.com [Term V1]
File Edit Setup Control Window Help
System Time/Date 10:16:36 29-9-2016
Current System Settings:
Total 'on' time set for Gigapan unit per Gigapan panorama = 652 seconds
Delay time between camera power down and Gigapan power down = 2 seconds
Interval between Gigapan panoramas = 0 day(s), 0 hour(s), 40 minute(s)
Number of panoramas per sequence = 1
Blanking period of 2 hour commences at 11:00 hrs and ends at 12:00 hrs
There is no start time set.
Gigapan Unit is currently powered on
camera is currently powered on
Select from the following options:
1. Set time
2. Set date
3. Set 'on' time required for Gigapan unit per single panorama
4. Set interval between Gigapan panorama sequences
5. Set number of panoramas per sequence
6. Set a blanking period
7. Set time and date to commence Gigapan panorama sequence
8. Toggle power on camera
9. Toggle power on Gigapan unit
0. Select Advanced Menu
  
```

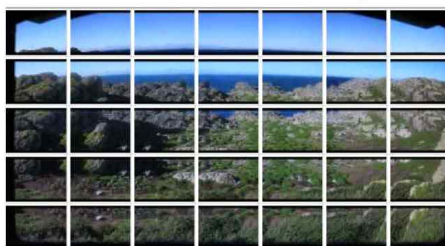
8.1 Attach the laptop to the Gigapan

- Turn on the laptop and connect the USB male (secured by Velcro to the top of the Gigapan unit) to the USB female extension lead, then stick it back onto the Velcro.
- Plug the USB extension lead into the right-hand top port on the laptop (see 12.1 troubleshoot menu). This is mapped to this port by convention.
- The blue LED light should now be lit on the front right-hand face of the Gigapan unit. (12.2 troubleshoot menu).

8.2 Access Teraterm software

- Open Teraterm software on the laptop.
- If you can see the Gigapan controller menu proceed to 9
- If you can't see the Gigapan Controller menu in the dialogue box, then, go to File → New Connection and select Serial Port (Com#).
- Then, if the dialogue box header doesn't have a baud rate of 115200, go to Setup → Serial Port and change the baud rate to 115200.
- Hit 'enter' to bring up the Gigapan Controller menu. You may need to scroll up to see it. (12.3 troubleshoot menu).

9 Make a master Gigapan panorama and tie off tripod legs



**THE CURRENT SET UP WILL BE DISPLAYED IN THE FIRST ROWS OF THE GIGAPAN
CONTROLLER DIALOGUE BOX**

AT EACH STEP AND BEFORE THE FINAL STEP, CHECK THAT THE SETUP IS CORRECT

SOME OPERATIONS REQUIRE YOU TO HIT ENTER AND OTHERS DON'T

FOLLOW THE INSTRUCTIONS

9.1 Use Teraterm software to set date, time and to power up Gigapan and camera

- **Select '1'** to set the current time in hhmmss. If your camera is set to UTC time, you must use UTC current time. If your camera is set to local time, then use current local time. Then hit enter.
- **Select '2'** to set the current date in ddmmyy. If your camera is set to UTC time, you must use UTC current date. If your camera is set to local time, use current local date. Then hit enter
- **Select '8'** to power up camera. Note the sound of the camera turning on. You do not need to hit enter.
- **Select '9'** to power up the Gigapan – then physically turn the Gigapan on by pressing the on/off button on the Gigapan unit. You do not need to hit enter.
- Using the Gigapan Unit menu buttons, scroll down to “Move Camera” and hit the ‘ok’ button.
- To see what the camera is seeing, turn on Live View on the back of the camera – to access the live view screen, press the button that looks like a camera. You may need to push the button twice. It will switch off after 20 seconds, so just keep pressing the button again to reactivate it.
- Move the camera around to check the position of the housing by using the up and down arrows on the back of the Gigapan unit.
- At this point you can take a few pictures to check the focus and sharpness of your image, by depressing fire button on the camera. If you need to refocus the lens, reach in and rotate the ring located at the glass end of the lens.
- If adjusting legs to get the levels right, make sure there is still enough rope and room to fit through the tripod and down to the rock mats.

9.2 Tie off tripod legs and fill mat with rocks

At this stage you may need to reposition the housing – you can do this by undoing the 4 wingnut screws under the housing and rotate by 15 degree increments.

- Once you are happy with the sharpness of the camera and that the Gigapan is placed correctly, you can tie off tripod legs and put rocks on the mats and around the legs.
- Adjust ropes if necessary.
- Use cable ties as necessary.
- Tape tripod clips in place.

9.3 Set the camera's FOV (field of view)

- On the Gigapan unit, hit 'X' to get back to the main menu, then scroll to "Camera Setup" and hit OK to set. Follow prompts (zoom set, focus set, etc.) – align top of camera with horizon and hit ok. Then align bottom of camera with horizon and hit ok. If you make a mistake, hit 'X' to start again.
- Precision is important for this step as the FOV determined the parameters of the panorama's tile overlap.

9.4 Make a master Gigapan panorama

- Get your notebook and pencil ready to mark down the number of images (for calculation of potential memory limits) and time to take a panorama (for programming of the deployment)
- On the Gigapan unit, scroll to “New Panorama”, and hit OK.
- Follow prompts (zoom, focus etc.) – use the Gigapan unit to set up the panorama as required, by setting the top left, and then bottom right parameters of your panorama.
- When you have set your top left and bottom right parameters, note down the number of images.
- The Gigapan stitching will not work unless you have a minimum number Megabytes. Take at least 30 tiles.
- You can now calculate the longest potential deployment for you SD cards memory storage
 - Max deployment = $128 \text{ GB} < \text{days} * \# \text{Gigapans per day} * \# \text{photographs per Gigapan} * 6 \text{MB}$
- The unit will ask you if you would like to view the panorama or skip it.
- Please hit ok to view the panorama and let the Gigapan show you where the camera will move. If you are happy with this then continue with the setup, if not hit X to cancel and start again



1 BEFORE YOU RUN THE FIRST GIGAPAN PLEASE TURN LIVE VIEW ON, THEN OFF AND CHECK THE BACK OF THE CAMERA TO ENSURE IT IS OFF

It is important to do this to bypass the Canon D700 autofocus functionality, which we need to do or the Gigapan will miss taking some images as the camera hunts for focus

2 HIT ‘OK’ ON THE GIGAPAN UNIT AND NOTE DOWN THE TIME IT WILL TAKES TO TAKE THE GIGAPAN PANORAMA – THIS IS DISPLAYED ON THE GIGAPAN

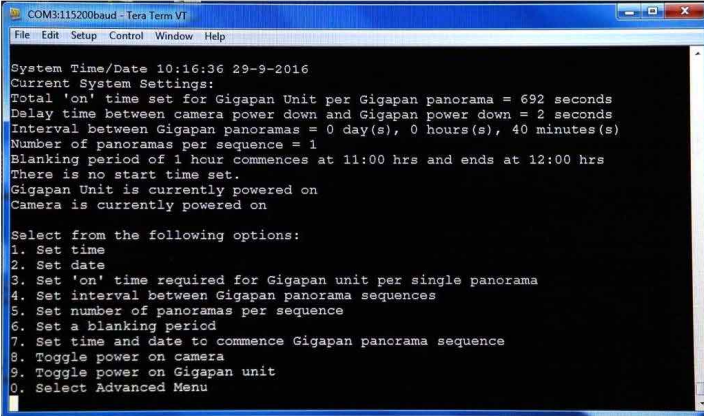
Convert the time it takes into seconds and add 2 seconds to that time. E.g. $321 + 2 = 323$.

3 LISTEN AND WATCH TO SEE THAT EVERY FRAME IS BEING FIRED BY THE CAMERA

The camera's live view will click on and display each image that will become a tile.

"Panorama done" – the Gigapan has finished making the master Gigapan. See below - next you will power off the camera and Gigapan.

10 Use laptop to enter data



```

COM3:115200baud - Tera Term V1
File Edit Setup Control Window Help
System Time/Date 10:16:36 29-9-2016
Current System Settings:
Total 'on' time set for Gigapan Unit per Gigapan panorama = 692 seconds
Delay time between camera power down and Gigapan power down = 2 seconds
Interval between Gigapan panoramas = 0 day(s), 0 hours(s), 40 minutes(s)
Number of panoramas per sequence = 1
Blanking period of 1 hour commences at 11:00 hrs and ends at 12:00 hrs
There is no start time set.
Gigapan Unit is currently powered on
Camera is currently powered on

Select from the following options:
1. Set time
2. Set date
3. Set 'on' time required for Gigapan unit per single panorama
4. Set interval between Gigapan panorama sequences
5. Set number of panoramas per sequence
6. Set a blanking period
7. Set time and date to commence Gigapan panorama sequence
8. Toggle power on camera
9. Toggle power on Gigapan unit
0. Select Advanced Menu
  
```

10.1 Power down camera and Gigapan and enter data

- Select '8' to power down camera. No need to hit enter and check that Teraterm says that the camera is powered off, you may need to wait a second or two.
- Select '9' to power down the Gigapan. Again no need to hit enter and also check Teraterm.
- Select '3' to set the time it takes in seconds to make one Gigapan (always add 2 seconds to this time. E.g. 321 + 2= 323). Hit enter.
- Select '4' to set the interval between Gigapan sessions E.g. Shooting every 3 hours is 000300. There is a minimum of 10 minutes between each Gigapan session. Hit enter.
- Select '5' to set the number of Gigapan per session. Usually 1. However if you want to make two consecutive panoramas, it would be 2. This means CRAGS will take another Gigapan immediately after the first one has finished before it goes back to sleep. Hit enter

- **Select '6'** to enter blanking period – which is the time that the camera won't take shots – e.g. if you are shooting every 3 hours but don't want to shoot during the night. Refer Section 1.2 "Blanking Period". If you don't want a blanking period, don't fill in these parameters. If you select by mistake just hit enter to get to the next section.



NOW THAT YOU HAVE SET YOUR PARAMETERS, CHECK THEM AT THE TOP OF THE DIALOGUE BOX ON THE GIGAPAN CONTROLLER ON YOUR LAPTOP
If incorrect re-enter the correct parameters

- **Select '7'** to open the panorama start menu. No need to hit enter.
- Select either '1' to Start now or '2' for a delayed start

Selecting '1' will start the Gigapan straight away (it usually takes about a minute for it to wake up and begin shooting). No need to hit enter.

Selecting '2' will start the Gigapan at your preferred time and day (enter the time and date you'd like to start shooting in local or UTC time, being careful not to set it during your blanking period). No need to hit enter.

11 Detach USB cord and attach back of housing



11.1 Detach the USB cord



BE VERY CAREFUL NOT TO BUMP THE GIGAPAN.

- If you entered “1” to start now, let the Gigapan run until it stops and goes back to sleep before detaching the USB cord. If you selected “2” to delay the start, you can detach the USB cord now.
- **Being very careful not to bump the Gigapan unit** – release from Velcro first, then disconnect the cord.
- Blue LED will slowly flash - on disconnection the blue LED will flash to indicate you have entered all data. (For rapid flashing go to troubleshoot 12.3).
- Put cord back onto the Velcro and make sure it is clear of obstructions.
- If you have bumped the Gigapan and it has moved position, you’ll need to make a new master, so follow on from instruction 9.4.
- The USB cable can be reconnected at any time but it is important to note that Teraterm software must be closed before the cable is reconnected, then reopened – if Teraterm is open then the cable is plugged in, it will not sense the port connection and will output an error message.

11.2 Insert a packet of gel desiccant

- Remove 1 packet of desiccant and quickly insert it into the black cotton pocket on the housing door, ensuring that pocket is ok, the desiccant flat, and not impeding Gigapan movement.

11.3 Attach the back of the housing and tilt the battery pack

- Attach the back of the housing so it is sealed and tilt the battery pack so that water drains away from the plug.

12 Troubleshooting

12.1 Gigapan won't connect to Serial port on your laptop (Step 7)

You may need to locate the drivers again, or you may have plugged the USB into a different port to the one that was originally mapped. Be sure to plug the USB into the top right USB port at all times by convention. See Step 1.7 to reload drivers and set up port.

12.2 There's no blue light (Step 8)

No blue light will mean that there is a power connection failure between the battery pack and the Gigapan unit. Check that the battery pack connection is secure.

12.3 Blue light flashes too quickly after USB cord is detached (Step 11)

A rapid flashing will indicate that the Gigapan Controller has NOT been set up correctly – i.e. either the time, date or start time has not been entered.

If this is the case, it is very important that you never disconnect the battery pack when the Gigapan is awake and shooting.

12.4 If all else fails - reset Gigapan Controller

To reset Gigapan Controller with battery backup onboard [i.e. Gigapan V2 – all later models]

- Connect battery pack
- Connect USB and open Teraterm
- Ensure blue light is on
- Switch on Gigapan [menu selection 8]
- Power on Gigapan by holding down OK button
- Set up Gigapan as normal ignore if camera is switching on or off – doesn't matter about field of view etc. – you just want the Gigapan to run.
- Wait until Gigapan has finished panorama. Power down via [8]
- Select [5] and 'start now' option.

Once Gigapan is running, disconnect power to battery box. Gigapan will stop and the blue light should fade out.

- Leave for further 10 minutes
- Close Teraterm
- Disconnect USB lead
- Wait 2 minutes
- Connect battery box
- Connect USB – blue light should be on

- Open Teraterm, select serial port
- Select setup and set baud rate to 115200
- Hit enter – menu should come up and date will be 4-2-2014 with warnings at top of page saying time, date and start time have not been set.

부록-2. 남극 로스해 해양보호구역의 생태계 구조 연구와 북빅토리아랜드 펭귄군서지 생태모니터링을 위한 초기환경영향평가서(안)

**남극 로스해 해양보호구역의 생태계 구조 연구와
북빅토리아랜드 펭귄군서지 생태모니터링을 위한
초기환경영향평가서(안)**

2017. 8

- 목 차 -

요약문	v
1. 활동의 개요	1
1.1 남극 활동 정보	1
1.2 남극 활동 내용	3
1.2.1 활동의 목적 및 필요성	3
1.2.2 활동 상세 내용	4
(1) 북빅토리아랜드 아델리펭귄 개체군 조사	4
1) 주요 활동 지역	4
2) 활동 내용	5
3) 조사 캠프 설치 및 운영	8
(2) 남극특별보호구역 황제펭귄 개체군 모니터링 및 신규 ASPA 후보지 조사	13
1) 주요 활동 지역	13
2) 활동 내용	13
1.2.3. 운송 계획	15
(1) 남극 입출 계획	15
(2) 조사 캠프 인원 및 물자 수송 계획	15
(3) 현장 조사를 위한 유류 사용량	16
1.2.4 현장 활동 시간 계획	16
2. 평가수준의 결정 근거 및 평가서 적용 법규	18
2.1 제안된 활동으로 인한 남극 환경영향	18
2.1.1 남극 환경 영향	18
2.1.2 환경 관리 계획	18
2.2 평가수준의 결정 근거	19
2.2.1 국내 사례 분석	19
2.2.2 국외 사례 분석	20
2.2.3 초기환경영향평가 수준 결정 사유	23
2.3 평가서 적용 법규 및 지침	24
3. 제안된 활동의 대안 설정 및 평가	25
3.1 활동을 하지 않을 경우	25
3.2 임시 캠프 유지의 대안	25

3.3 장기 캠프 설치 위치의 대안	26
3.4. 장기 캠프 모듈 재질 및 고정 방식의 대안	27
4. 중점 평가 항목의 설정	28
4.1 환경 영향 평가 대상지역 설정	28
4.2 중점 평가 항목 및 선정사유	28
4.2.1 대기 오염 물질	29
4.2.2 폐기물	29
4.2.3 소 음	29
4.2.4 연료 유출	29
4.2.5 노출지반에 대한 교란	29
4.2.6 동식물상 교란	30
4.2.7 외래종 유입	30
5. 활동지역의 초기 환경 상태	30
5.1 환경 도메인	30
5.2 지 형	31
5.2.1 Cape Hallett (ASPA No. 106)	31
5.2.2 Inexpressible Island	32
5.3 기 상	33
5.3.1 Cape Hallett	33
5.3.2 Inexpressible Island	33
5.4 동식물상	33
5.4.1 Cape Hallett	33
5.4.2 Inexpressible Island	35
5.5 보호구역 및 사적지	35
6. 활동으로 인한 영향 예측 및 저감 방안	37
6.1 대기 오염 물질	37
6.1.1 영향 예측	37
6.1.2 저감 방안	38
6.2 폐기물	38
6.2.1 영향 예측	38
6.2.2 저감 방안	38
6.3 소 음	38
6.3.1 영향 예측	38

6.3.2 저감 방안	39
6.4 연료 유출	39
6.4.1 영향 예측	39
6.4.2 저감 방안	39
6.5 노출 지반에 대한 교란	39
6.5.1 영향 예측	39
6.5.2 저감 방안	39
6.6 동식물상 교란	40
6.6.1 영향 예측	40
6.6.2 저감 방안	40
6.7 외래종 유입	40
6.7.1 영향 예측	40
6.7.2 저감 방안	40
6.8 누적 영향	41
6.9 영향 매트릭스	41
7. 결 론	43
8. 작성자 및 자문	44
9. 참고 자료	45
10. 부 록	46
1. 외교부(외교통상부)고시 제2011-4호	46
2. 남극과학위원회(SCAR)의 육상 과학 현장 연구를 위한 행동강령(CoC)	54
3. 남극과학위원회(SCAR)의 빙저 수환경 연구 및 탐사를 위한 행동강령(CoC)	61

[요약문]

I. 활동의 개요

제안된 남극 활동은 로스해 해양보호구역의 생태계구조와 상위 포식자 개체군 모니터링 연구의 일환으로 해양보호구역 연안에서 아델리펭귄 군서지를 조사하여 생태계 상위 포식자의 개체군 동태를 파악하고, 로스해 연안의 남극특별보호구역을 포함한 황제펭귄 서식지에서 개체군 변동 조사를 수행하는데 목적이 있다.

아델리펭귄 개체군 변동조사는 Cape Hallett(ASPА No. 106)과 Inexpressible Island의 개체군을 대상으로 하며, 헬리콥터와 드론을 이용한 항공촬영과 육상 계수를 통한 조사를 병행할 계획이다. 또한 아델리펭귄의 취식 활동 조사에 펭귄의 몸에 부착하는 바이오 로거를 사용할 예정이며, 먹이생물 연구를 위한 위내용물, 사체, 분변 등을 채취할 계획이다. 또한 서식지의 기상 관측과 연중 영상촬영을 위해 AMIGOS(Automated Met-Ice-Geo Observation System)를 설치하고, 효율적인 현장 조사를 위하여 두 지역에서 소규모 캠프를 운영할 계획이다. Cape Hallett 조사 지역의 경우 장보고기지에서 약 320 km 거리에 위치하고 있어 매년 연구 장비와 캠프 설비를 운송하는데 어려움이 있어 장기 조사 캠프를 설치하여 연구기간(2017~2022년) 동안 운영한 후 철거할 계획이다.

황제펭귄 개체군 변동 조사는 Cape Washington(ASPА No. 173)과 장보고기지와 Cape Hallett의 중간에 위치한 Coulman Island에서 수행할 계획이다. 개체군 조사는 헬리콥터를 이용한 항공촬영을 통해 수행할 계획이다. Cape Washington에는 기상과 개체군 연중 촬영을 위한 AMIGOS를 설치할 예정이다. Coulman Island의 경우 황제펭귄과 아델리펭귄 군서지가 다수 분포하는 지역으로 향후 남극특별보호구역 지정 가능성을 조사할 계획이다.

본 활동을 위한 인원의 전체 남극 체류 기간은 약 140일이며, 캠핑 기간은 약 45일이다. 활동에 따라 인원의 변동이 있지만 전체 활동 인원은 9명으로 구성된다.

II. 평가수준의 결정 근거

제안된 활동으로 인하여 발생하거나 발생 가능한 대기오염물질, 폐기물, 유류 유출 및 외래종의 유입, 펭귄개체군 조사로 인한 교란에 의해 남극 생태계에 영향이 있을 수 있으나 활동의 규모가 소규모이며 기간이 비교적 짧아 그 영향은 사소하거나 일시적인 것으로 예측된다. 또한 국외의 현장 조사 활동 사례를 볼 때 제안된 활동과 비교하여 상당히 규모가 큰 경우에도 그 영향을 사소하거나 일시적인 것으로 판단하고 있다. 따라서 활동의 영향 예측결과와 국외 사례를 근거로 환경영향평가의 수준을 초기환경영향평가로

결정하였다.

III. 제안된 활동에 대한 대안

제안된 활동의 대안으로는 활동을 하지 않을 경우, 장기 조사 캠프를 설치하지 않고 임시 캠프를 유지할 경우, 장기 캠프 설치 위치의 대안, 장기 캠프 모듈의 재질 및 고정 방식의 대안 등을 검토하였다. 제안된 활동에서 목적으로 하는 과학적 성과를 달성하고 남극환경에 대한 영향을 최소화하는 방안을 고려하여 선정하였다.

IV. 활동지역 주변의 환경 현황

제안된 활동 지역은 남극 환경 도메인 중 남북빅토리아랜드 지질지역으로 구성된다. 제안된 활동 지역의 환경 상태에 대한 정보는 캠프의 설치와 비교적 장시간 활동이 이루어질 예정인 Cape Hallett과 Inexpressible Island에 대하여 기술하였다. Cape Hallett 펭귄 군서지는 해양으로 돌출된 사주 지형으로 11월까지 해빙에 둘러싸여 있으며, 펭귄의 영향이 적고 수분이 많은 지역에 이끼류가 풍부하고 북부 암석 노두에는 지의류가 풍부하게 서식한다. Inexpressible Island는 난센빙봉으로 대륙 빙하와 연결되어 있으며 빙하를 타고 내려오는 강한 대륙풍의 영향을 받는 곳으로 섬앞에는 풀리나가 자주 발생한다. 이 지역은 식물상이 매우 빈약하고 아델리펭귄이 약 25,000쌍 서식하고 있다. 활동지역의 출발점인 장보고기지 인근에 3곳의 ASPA와 2곳의 HSM이 존재한다.

V. 제안된 활동으로 인한 영향 예측, 평가 및 저감 방안

제안된 활동의 수행 시 헬리콥터 운상과 난방에 항공유 31,348 ℓ, 스노우모빌과 소형 발전기 사용에 휘발유 약 200 ℓ, 조리용 LPG 80 kg이 소모될 것으로 예측된다. 따라서 연료 사용과 보관으로 인한 대기오염물질의 발생과 유류 유출 가능성이 있다. 또한 조사 활동으로 인한 동식물상 교란, 캠프 설치와 운영으로 인한 지반에 대한 교란과 폐기물 발생, 외래종 유입 등으로 인한 환경 영향이 예측되었다. 이러한 환경영향을 저감하기 위하여 효율적인 현장활동 계획을 수립하고, 유류 보관과 취급 시 유출방지를 위한 방법을 제시하고, 취급 시에는 2인 1조 원칙을 준수할 계획이다. 또한 항공촬영과 현장 조사 등으로 인한 동식물상에 대한 영향을 최소화하기 위한 저감 방안 등을 수립하였다.

VI. 결론

본 환경영향평가를 통해 예측된 환경 영향과 영향 매트릭스의 영향 범위 및 영향의 강도로 볼 때 제안된 활동으로 인한 남극환경 영향은 사소하거나 일시적인 것으로 판단된다. 또한 예측된 영향을 최소화하기 위해 수립된 저감 방안의 실행으로 그 영향은 더욱 감소 될 것으로 예상된다.

1. 활동의 개요

1.1. 남극 활동 정보

○ 활동명 : 남극 로스해 해양보호구역의 생태계 구조연구와 북빅토리아랜드 펭귄군서지 생태모니터링

○ 활동 대상 지역

1) 장보고과학기지

- 좌표 : 남위74° 37'26.58", 동경164° 13'43.64" (그림 1)

2) 로스해 해양보호구역 아델리펭귄 및 황제펭귄 군서지(그림 1)

- Cape Hallett: 남위72° 19'11", 동경170° 13'25" (ASP A No. 106, 아델리펭귄)

- Inexpressible Island: 남위74° 54'2.47", 동경163° 43'45.87"(아델리펭귄)

- Cape Washington: 남위74° 37.1', 동경164° 57.6'(ASP A No. 173, 황제펭귄)

- Coulman Island: 남위73° 30'56.55", 동경169° 43'34.17"(아델리펭귄, 황제펭귄)

- Cape Adare: 남위71° 18.502', 동경170° 11.735'(ASP A No. 159, 아델리펭귄)

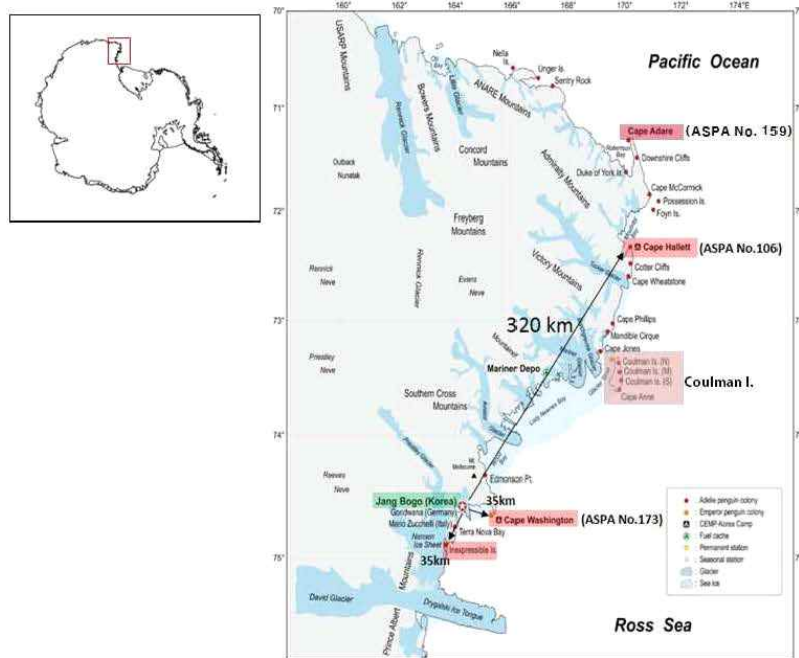


그림 1. 남극 로스해 주요 활동지역(붉은색 음영)과 장보고기지의 위치(녹색)

○ 남극체류 기간

- 총 남극 체류기간: 2017.10.31 ~ 2018.03.16 (약 137일)
- 1팀(2인): 2017.10.31. - 2018.03.16 (약 137 일)
- 2팀(2인): 2017.11.07. - 2018.03.16 (약 130 일)
- 3팀(2인) : 2017.11.07. - 2018.01.10. (약 65일)
- 4팀(2인) : 2018.02.12. - 2018.03.16. (약 33일)
- 현장 캠프 기간: 2017.11.14 ~ 2018.2.28 중 약 45일 이내 예정

○ 이동관련 정보

- 1) 장보고 과학기지까지 이동 수단
 - 대한민국 ↔ 뉴질랜드: 민간 항공기
 - 뉴질랜드 → 장보고기지: 임차 항공기(SAFAIR, C-130)
 - 장보고기지 → 뉴질랜드: 쇠빙선 아라온호, 뉴질랜드 수송기(L100)
- 2) 기지에서 현장까지 이동 수단 및 관련 정보
 - Cape Hallett, Cape Adare: 헬리콥터(AS350) 2대, 경비행기(Basler 또는 Twin Otter)
 - Inexpressible Island, Cape Washington, Coulman Island: 헬리콥터(AS350) 2대

○ 활동(현장)책임자 인적사항

성명	소속	직책/직위	주소 및 연락처
정 호 성	극지연구소 생명과학연구부	책임연구원	인천시 연수구 송도미래로 26 (032-760-5510/hchung@kopri.re.kr)

○ 참가자 명단

번호	이름	소속기관/부서	활동 중 담당업무	비고
1	정호성	극지연구소/ 생명과학연구부	현장 책임자, 활동 조율	
2	김정훈	극지연구소/ 생명과학연구부	펭귄모니터링 총괄책임	
3	정진우	극지연구소/ 생명과학연구부	펭귄군서지 육상 조사	
4	고준서	공주대학교/ 생명과학과	펭귄군서지 육상 조사	
5	임완호	DMZ Wild	드론 운영, 활공 촬영	
6	김관재	OBK	극지 안전요원	
7	함석현	네오씨텍	기상 및 카메라 관측장비 설치	
8	오태진	주)우일	캠프 시설 구축	
9	박명희	주)엠에스	캠프 시설 구축	

○ 다른 국가와의 공동활동 유무

- 뉴질랜드 연구팀과 항공운송 및 Cape Hallett 캠프 공동 활용(1차 캠프 기간)
- 뉴질랜드 연구팀과 Cape Adare(ASPA No. 159) 공동 조사(1차 캠프 기간)

1.2. 남극 활동 내용

1.2.1. 활동의 목적 및 필요성

남극 로스해 지역이 2016년 35차 남극해양생물자원보존위원회(CCAMLR)에서 해양보호구역(MPA, Marine Protected Area)으로 지정된 바 있다(CCAMLR 2016, Conservation Measure 91-05). 로스해 해양보호구역을 위한 보존조치 91-05는 미국과 뉴질랜드가 공동 제안하여 우리나라를 포함한 CCAMLR 회원국 30개국이 만장일치 동의하에 수립되다(그림 1, 좌). 보존조치는 인간의 활동(시험 조업)을 포함한 환경변화가 생태계 구조 및 지표종(펭귄, 남극물개, 풀마갈매기류, 검은눈썹알바트로스 등)에 미치는 영향을 지속적으로 모니터링하여 보존조치의 실효성 검증 등 다양한 과학적 활동에 기반을 둔 생태계 보존 방안을 포함하고 있다. 또한 CCAMLR는 보존조치 유효기간(2017년 12월 1일 발효후 35년간)이후의 보존방안 수립을 위한 준비에 회원국들의 참여를 독려하고 있다.

우리나라는 CCAMLR 회원국(1985년 가입)으로서 로스해 지역에서 이빨고기 조업을 활발히 수행해왔으나 회원국으로서 남빙양보호를 위한 과학적 기여는 거의 없는 실정이었다. 남극조약협약당사국(ATCP)이자 CCAMLR회원국으로서 남극해 해양자원 보존에 기여하고 남극조약하의 국제기구에서 국가 위상을 높이기 위해서는 과학적 기여가 필수적이다. 이에 극지연구소는 해양수산부의 지원으로 2014년 건설된 남극장보고과학기지외 쇄빙연구선 아라온호를 기반으로 로스해 해양보호구역의 생태계구조와 상위포식자 개체군 모니터링을 위한 연구를 2017년 7월부터 착수하게 되었다.

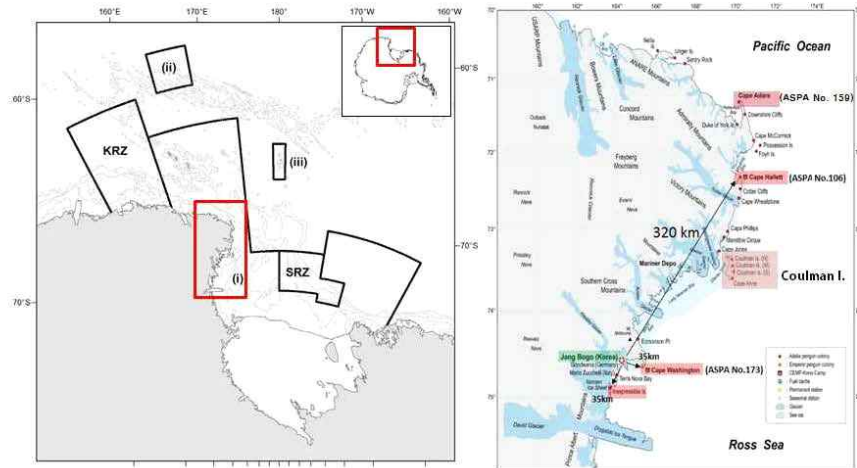


그림 2. 남극 로스해 해양보호구역(검은색 경계선, 왼쪽그림)과 장보고기지 및 로스해 연안 활동 지역(오른쪽 그림 녹색과 붉은색표시).

제안된 활동은 로스해 해양보호구역에서 계획된 연구과제의 일환으로 상위포식자인 아델리펭귄의 군서지를 조사하여 MPA 지역내에서의 개체군 동태를 파악하는데 목적이 있다. 또한 환경부 지원으로 수행하고 있는 남극특별보호구역(ASPA No. 173)에서의 황제펭귄 개체군 조사와 접근의 어려움으로 현재까지 조사가 거의 이루어지지 못한 Coulman Island의 펭귄 번식지를 대상으로 남극특별보호구역 지정의 타당성을 조사하는데 목적이 있다.

1.2.2. 활동 상세 내용

(1) 북빅토리아랜드 아델리펭귄 개체군 조사

1) 주요 활동 지역

제안된 활동은 로스해 북빅토리아랜드 연안에 위치한 아델리펭귄 군서지들 중 장보고기지에서 북동쪽으로 약 320 km에 위치한 남극특별보호구역 (ASPA No. 106) Cape Hallett과 장보고기지에서 약 35 km 남서쪽에 위치한 Inexpressible Island에서 주로 이루어 질 예정이다(그림 1, 2, 3). Cape Adare (ASPA No. 159)은 단시간 방문하여 펭귄 분변 등을 채취할 계획이다.

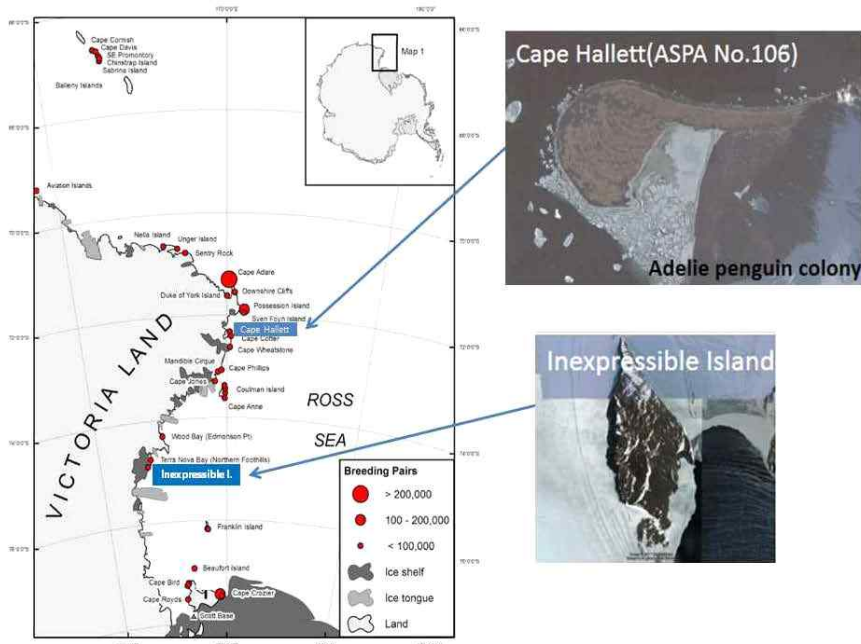


그림 3. 남극 로스해 연안에 위치한 아델리펭귄 군서지의 위치와 조사지역의 위치

2) 활동 내용

○ 번식 개체군 변동 조사

Cape Hallett과 Inexpressible Island의 아델리펑귄 개체군을 대상으로 고해상도 카메라와 헬리콥터를 이용한 항공촬영과 소형 드론(6 kg)을 이용한 군서지 촬영을 통해 전체 개체군의 규모를 조사하고, 고해상도 이미지를 활용하여 각 sub-colony를 구성하고 있는 동지수 자료를 획득할 계획이다.

헬리콥터 촬영은 약 2,000~2,500ft(약 610~762 m)높이에서 현장조사 시기(표 1)에 따라 매회 1시간 정도로 총 3시간 동안 수행할 계획이다. 헬리콥터 운항 고도는 국가남극 운영자회의(COMNAP)와 남극조약에서 제공하는 '남극에서 조류 집중지역 인근에서의 항공기 운항 가이드라인' (Resolution 2, 2004)에 따른 것이다. 또한 Cape Hallett 지역 활동 시에는 남극특별보호구역(ASP) No. 106의 관리계획서에 따라 헬리콥터 착륙과 캠프 등을 운영할 계획이다(Measure 6, 2015).

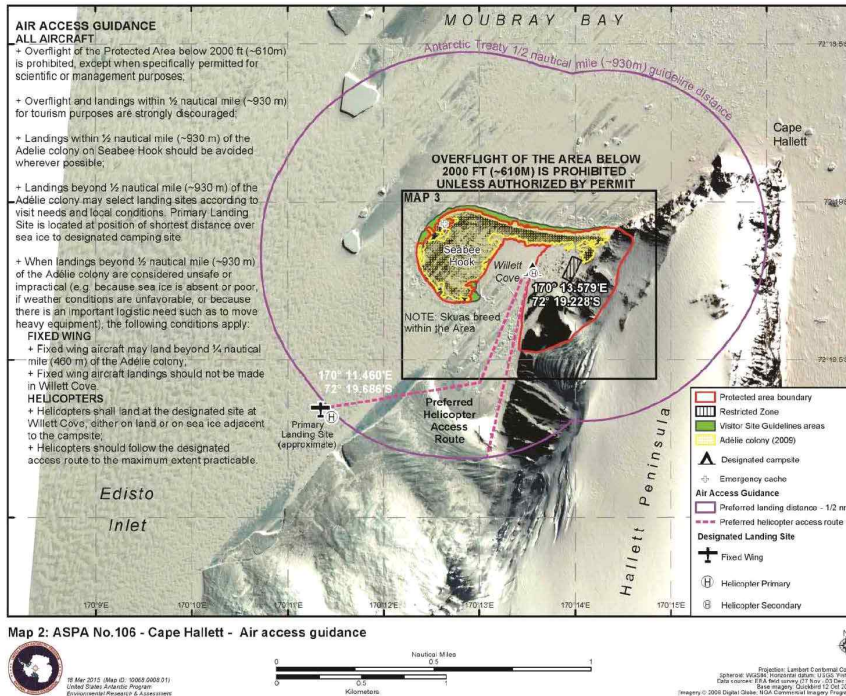


그림 4. ASPA No. 2 관리계획에 포함된 Cape Hallett 보호구역 경계 및 항공 접근 루트 등 (Measure 6, 2015의 Map 2).

헬리콥터 촬영 영상의 보완 및 군서지의 상세 이미지를 얻기 위하여 6개의 날개를 가진 헬리콥터형 드론(hexacopter)을 활용할 계획이다(그림 5). 해당 드론(DJI Matrice 600)에는 극지에서 안정된 비행과 정확한 위치정보를 위한 시스템(D-RTK GNSS)이 탑재되어 있으며, 엔진은 배터리로 움직인다. 군서지 위에서의 운항 고도는 약 80 ~ 100 m로 유지할 계획이다. 운항 고도는 2016/17년 사전조사 활동시 아델리펭귄이 특별히 반응하지 않은 안전거리로 판단된 고도이며, 타 연구 자료에서도 비슷한 자료를 제공하고 있다(Korezak-Abshire et al. 2016). 드론의 1회 운항 가능시간은 최대 40분이며, 조사기간 동안 총 4시간 정도 사용할 계획이다.



그림 5. 항공 촬영에 사용할 드론(좌)과 2016/17시즌 현장 시험운영(우)

군서지의 동지수와 sub-colony의 크기 조사는 촬영된 이미지 분석과 현장에서 연구원이 직접계수하고 맵핑하는 두 가지 방법을 병행하여 실시할 계획이다. 사전 조사를 통해 촬영 이미지 자료의 정확도가 매우 높은 것으로 평가된 바 있으므로 좀 더 과학적 검증 과정을 거쳐 향후에는 이미지 분석만으로 군서지 개체군 변동 조사를 수행할 수 있을 것으로 판단된다(그림 6). 항공 촬영이미지만을 활용할 경우 조사가간의 단축과 조사인원에 의한 교란을 더욱 줄일 수 있을 것으로 판단된다.



그림 6. 2016/17 시즌 드론에 장착한 카메라로 촬영한 Cape Hallett의 펭귄군서지 확대 이미지

○ 취식활동 조사

Cape Hallett과 Inexpressible Island에 서식하는 아델리펭귄들의 취식활동 범위와 잠수 수심 등을 조사하기 위하여 아델리펭귄 20개체에 바이오 로거를 부착하여 운영할 계획이다(그림 7). 바이오 로거는 펭귄의 등에 방수테이프(Tesa tape)와 접착제로 고정하고, 부착 후 1주일내 재포획하여 로거를 회수할 계획이다. 로거의 무게는 31g이며 유체역학적인 형태로 펭귄에 대한 영향을 최소화한 최신 모델(Sirtrack사 Model F3G 133A)을 사용할 계획이다.



그림 7. 바이오 로거 부착 예시

○ 먹이원 조사

로스해 해양생태계의 상위포식자인 아델리펭귄의 먹이는 환경변화에 따른 해양생태계의 변화를 반영하며, 지역에 따른 차이를 보일 수 있다. 이를 조사하기 위하여 펭귄의 위 내용물을 분석하고, 펭귄 사체, 주변 배설물과 깃털을 일부 채집하여 동위원소 분석 등에 사용할 계획이다. 채취된 샘플은 생물농축 연구를 위한 재료로도 활용할 계획이다. 샘플 채취 양은 각 지역에서 펭귄 배설물 60점, 깃털 50개, 펭귄 사체 약 10점(가능한)을 계획하고 있다.

○ 자동 기상 관측장비 설치

아델리펭귄 서식지의 기상 관측과 개체군 연중 행동 관측을 위해 카메라가 장착된 자동기상관측 장비(AMIGOS)를 설치할 계획이다. 기상요소로는 온도, 상대습도, 풍향, 풍속, 광량 등을 측정할 계획이다. 기상관측장비는 높이 약 2 m로 암반이나 지반에 앵커볼트와 와이어로 고정하여 설치할 계획이다(그림 8, 좌). 관측장비에는 ASPA No. 106의 관리계획에 따라 설치 국가명, 연구책임자(전자메일 등의 연락처), 설치 일자, 운영기간 및 철거예정일 등을 표기할 예정이다. Cape Hallett과 Inexpressible Island의 AMIGOS 설치 위치는 그림 9와 같다.



그림 8. 자동기상관측장비(AMIGOS, 좌)와 광역모니터링카메라(GIGAPAN, 우)의 설치예시

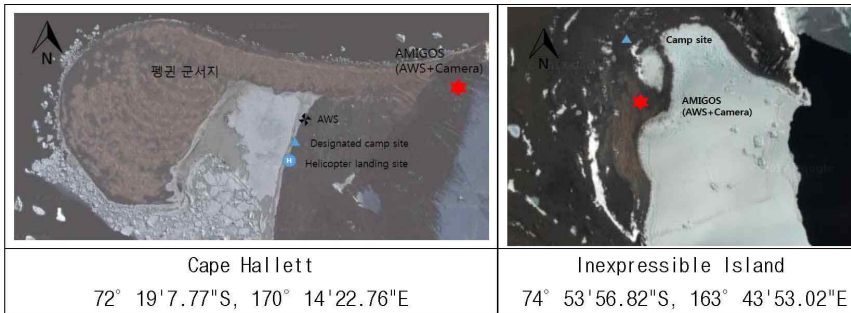


그림 9. Cape Hallett과 Inexpressible Island에 설치될 AMIGOS의 위치(붉은색 별표시)

○ 광역 모니터링 카메라 시스템 설치 및 운영

펭귄 번식지 외곽 약 20 m 거리에 모니터링 카메라 시스템을 설치할 계획이다. 모니터링 카메라는 동시 약 100개 정도를 2시간 마다 고해상도로 촬영할 수 있으며, 현장 조사기간(2017년 11월 ~ 2018년 1월)동안 운영한 후 현장 철수 시 장비는 철거할 계획이다(그림 8, 우). 본 장비는 1차, 2차, 3차 캠프 중간에 연구원들이 지나거나 다른 조사지역으로 이동한 시기에 자동으로 이미지를 획득한다.

3) 조사 캠프 설치 및 운영

○ 조사 캠프 개요

아델리펭귄 개체군 조사 지역에서는 약 3일에서 15일 정도로 Cape Hallett에서 4회 Inexpressible Island에서 2회의 조사 캠프를 운영할 계획이며, 캠프의 규모와 운영기간은 표 1과 같다. 2017/18 시즌에 사용할 Cape Hallett과 Inexpressible Island의 캠프는 3-4개의 텐트로 구성된다(그림 10).

표 1. 조사 캠프의 규모 및 운영 기간

	Cape Hallett 조사 캠프	Inexpressible Island 조사 캠프
운영 기간	1차: 2017.11.15.~11.28 (14일) 2차: 2017.12.15.~2017.12.22 (8일) 3차: 2018.01.03.~01.10 (8일) 4차: 2018.02.17.~02.25(9일)	1차: 2017.12.07.~12.09 (3일) 2차: 2018.01.11.~01.13 (3일)
위치	72° 19' 13"S, 170° 13' 34"E (ASPA No. 106관리계획서의 지정 캠프사이트), 그림 9의 좌측 파란색표시	그림 9의 우측 파란색 삼각형표시
설치 규모	임시캠프(2017/18 시즌활동 후 철거) - 식당 및 휴게실(빅돔) 1동, 숙소 1동(Indurance tent), 창고 1동, 화장실 1동	임시캠프(2017/18 시즌활동 후 철거) - 식당 및 휴게실(Indurance tent) 1동, 숙소 (Polar tent), 화장실 1동
사용 연료	조리용: 가스 (LPG) 70 kg 난방용: 항공유 126 ℓ 발전용: 휘발유 120 ℓ 스노우모빌: 휘발유 80 ℓ	조리용: 가스 (LPG) 12 kg 난방용: 항공유 22 ℓ 발전용: 휘발유 10 ℓ
식수원	캠프 주변 눈이나 얼음	캠프 주변 눈이나 얼음
채류인원	1차: 8~11명, 2차: 7명, 3차: 5명, 4차: 8명	1차: 7명, 2차: 6명



그림 10. 조사 기간 동안 운영될 캠프의 구성예

○ 장기 조사 캠프 설치 계획

Cape Hallett은 기지에서 약 320 km 거리에 위치하고 있으며 연구과제가 진행되는 5년 동안 매년 조사가 이루어질 계획으로 보다 안정적인 연구를 위해 좀 더 견고하고 활용성이 높은 캠프를 설치하여 연구기간 동안(2017~2022년) 장기 운영할 계획이다. 장기 조사 캠프의 위치와 설치 규모에 대해서는 ASPA No.106 제안국인 미국 및 뉴질랜드와 협의하여 관리계획서에 지정된 캠프사이트로 결정하였다(그림 11). 캠프 사이트와 펭귄군

서지와의 거리는 약 150~200 m 이격되어 있으며, 미국이 설치한 자동기상관측장비(AWS)와는 약 20 m 거리를 두어 기상 관측에 대한 간섭을 피하였다.



그림 11. Cape Hallett의 지정된 캠프 사이트와 펭귄군서지까지의 거리

연구기간 동안 유지할 캠프 시설은 생활동(mass)과 창고(storage), 헬리콥터 운항을 위한 항공유 보관소(Fuel cache)로 구성되며 그 규모는 아래와 같다.

- 생활동(mass): (7 m x 3 m) + (3.6 m x 2.2 m)
- 창고(storage): 4 m x 3 m
- 항공유 보관소(Fuel cache): 3m x 9 m (205 ℓ 드럼 48개)

생활모듈(Mass)과 창고 모듈(Storage)은 조립식으로 제작하여 현장에서 설치와 철거가 용이하게 계획하였으며, 텐트재질에 비해 저온과 자외선에 내구성이 큰 냉동 우레탄 판넬(NHPF)을 사용하였다(그림 12). NHPF 판넬은 고밀도 경질 우레탄 폼 보온재를 사용하여 단열효과 및 내수성이 뛰어나다. 캠프 모듈의 지반 고정은 강풍에 대한 안전성과 지반에 대한 영향을 고려하여 그림 13, 14와 같이 계획하였다. 캠프의 운영에 필요한 전력은 약 2 kW 용량의 태양전지판을 모듈에 설치하여 공급할 계획이다. 장기 캠프 운영에 필요한 면적은 연구자의 이동로, 헬리포트, 캠핑존, 태양전지판 설치 구역 등을 포함하여 약 500 m²로 예상된다(그림 15). 캠프 모듈에는 ASPA No. 106의 관리계획에 따라 설치국가명, 연구책임자(전자메일 등의 연락처), 설치 일자, 운영기간 및 철거예정일 등을 표기할 예정이다.

장기 조사 캠프 구축에 필요한 물자는 아라온호로 운송할 계획이며 4차 캠프 운영기간에 아라온호를 인근 해안에 정박시키고 헬리콥터를 사용하여 운반할 계획이다. 캠프 구축을 위해 필요한 화물량은 약 7,700 kg, 항공유 205 ℓ 드럼 48개로 예상되며 운송에

필요한 헬리콥터 운항 회수와 유류 소모량에 대해서는 '1.2.3 운송계획'에 포함하여 기술하였다.

설치된 캠프는 2018/19년 하계 시즌부터 활용할 계획이며, 숙소용 Polar tent는 매년 캠핑기간에만 설치하여 사용할 계획이다.

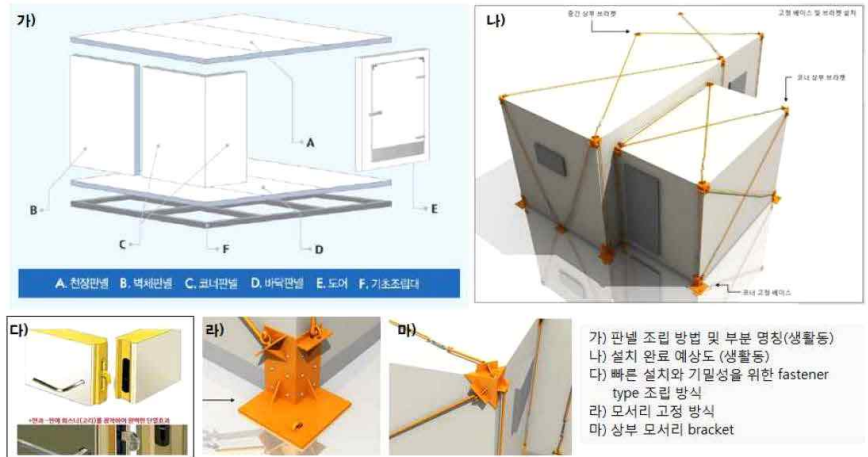


그림 12. 냉동 우레탄 판넬(NHPF)을 적용한 조립식 장기 조사 캠프 설치 계획(생활동)

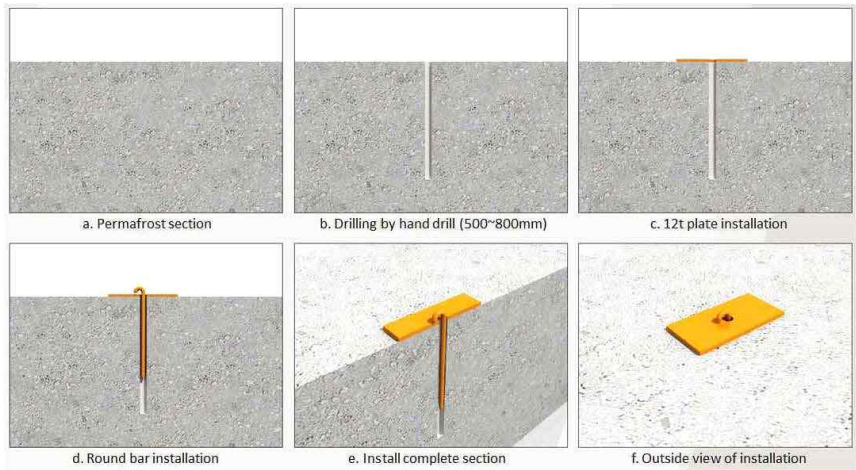


그림 13. 지반 고정을 위한 천공 및 철판(12t) 설치 과정

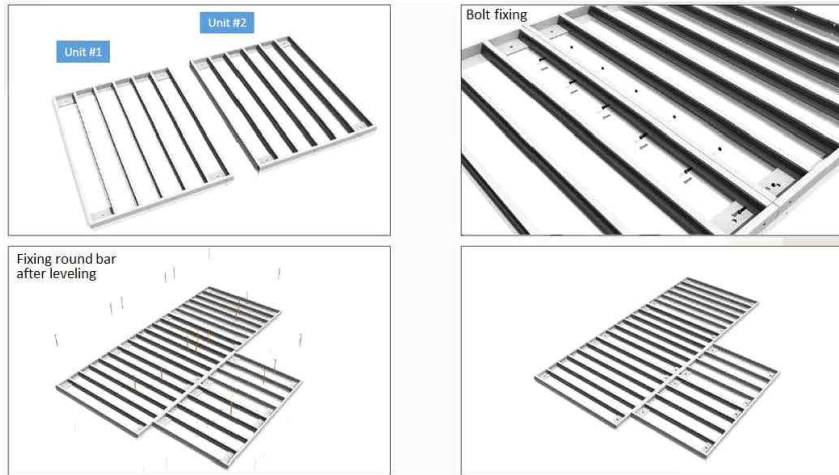


그림 14. 생활동 모듈의 기저 프레임 설치 방법



그림 15. Cape Hallett에 설치될 장기 캠프의 배치도

○ 운영 방안

2017/18년 하계 시즌에 캠프 운영을 위해 사용할 연료는 조리용으로 LPG를 사용할 계획이며, 조사에 필요한 드론이나 카메라 등의 충전에 휘발유 발전기(1kW, 2kW)를 가동할 계획이다. 각 캠프 운영에 사용할 연료의 종류와 양은 표 2와 같다.

표 2. 2017/18년 하계 시즌 캠프 운영에 사용될 연료량과 용도

종류	사용량(예측)		용도
	Cape Hallett	Inexpressible I.	
LPG 가스	70 kg	12 kg	조리용
항공유(JP5)	126 ℓ	22 ℓ	난방용
휘발유	200 ℓ	10 ℓ	장비충전용 발전기 가동 스노우모빌용(Cape Hallett)

장기 조사 캠프 운영을 위한 전기에너지는 태양전지판(3kW)을 활용하여 생산하고 조리 및 난방은 임시 캠프와 동일하게 LPG와 항공유를 사용할 계획이며, 비상시를 대비하여 소형발전기(1kW, 2kW)는 캠프에 보관할 계획이다.

캠프 운영으로 인하여 발생하는 음식물 잔반, 일반쓰레기, 재활용 폐기물 및 지정폐기물(배터리, 사용한 흡착포 등) 등은 최대한 발생량을 줄이고 소변을 제외한 발생 폐기물은 전량 수거한 후 장보고기지로 운반하여 처리할 계획이다. 특히 지정폐기물의 경우 적합한 용기에 보관하고 철수 시 기지로 운반하여 기지 폐기물 반출시 함께 반출 처리할 예정이다.

○ 캠프 철거 방안

Cape Hallett과 Inexpressible Island에 설치한 임시 캠프는 활동 종료 시 모두 철거하고 설치 장소를 가능한 원상태로 복구하고 위치를 기록하여 향후 캠프 운영이 필요한 경우 가능한 동일 지역을 사용할 계획이다.

장기 조사 캠프의 숙소로 사용할 극지용 텐트는 매년 활동 종료 시 철거하고, 장기 사용할 생활동과 창고는 연구과제 종료 시(2022년) 모두 철거할 계획이다. 철거 시 발생한 모든 폐기물은 아라온호를 이용하여 남극 외로 반출한 후 국내로 운반하여 처리할 계획이다. 재사용 가능한 물품은 장보고기지에서 활용하거나 국내로 운반하여 재사용할 계획이다.

(2) 남극특별보호구역 황제펭귄 개체군 모니터링 및 신규 ASPA 후보지 조사

1) 주요 활동 지역

장보고기지 인근 약 35 km 북동쪽에 위치한 Cape Washington의 황제펭귄 군서지와, 황제펭귄(그림 16) 및 아델리펭귄 군서지가 다수 분포하고 있는 Coulman Island 지역을 조사할 계획이다(그림 1, 2).

2) 활동 내용

○ 번식 개체군 변동 조사

황제펭귄 개체군의 변동을 파악하기 위하여 헬리콥터를 활용한 항공촬영을 수행할 계획이다. 헬리콥터의 운항고도는 아델리펭귄 군서지 조사 시와 동일한 기준으로 운영된다. 헬리콥터 운항고도와 접근루트 등에 관해서는 ASPA No. 173의 관리계획서에도 남극

조약의 가이드라인(Resoultion 2, 2004)을 동일하게 따르고 있다.

○ 다큐멘터리 제작을 위한 촬영

황제펭귄의 생활습성 등에 대한 영상을 촬영하여 교육용 다큐멘터리 제작에 활용할 예정이다. 교육 다큐멘터리 제작은 과학적 목적과 함께 ASPA No. 173 지역내에서 보호구역의 가치를 손상시키지 않는 한 승인을 통해 수행할 수 있다(Measure 17, ATCM 2013).

○ 자동기상관측장비(AMIGOS) 설치

황제펭귄의 개체군 변동과 기상변화의 관계를 조사하기 위하여 Cape Washington 펭귄 군서지를 내려다 보는 위치(74° 38'32.52"S, 165° 24'36.49"E)에 자동기상관측장비를 설치할 계획이다(그림 17). 장비는 앵커볼트와 와이어를 사용하여 지반에 고정할 계획이며, 기상장비는 Cape Hallett과 Inexpressible Island에 설치할 장비와 동일하다(그림 8, 좌). 장비에는 ASPA No. 173의 관리계획에 따라 설치국가명, 연구책임자(전자메일 등의 연락처), 설치 일자, 운영기간 및 철거예정일 등을 표기할 예정이다.

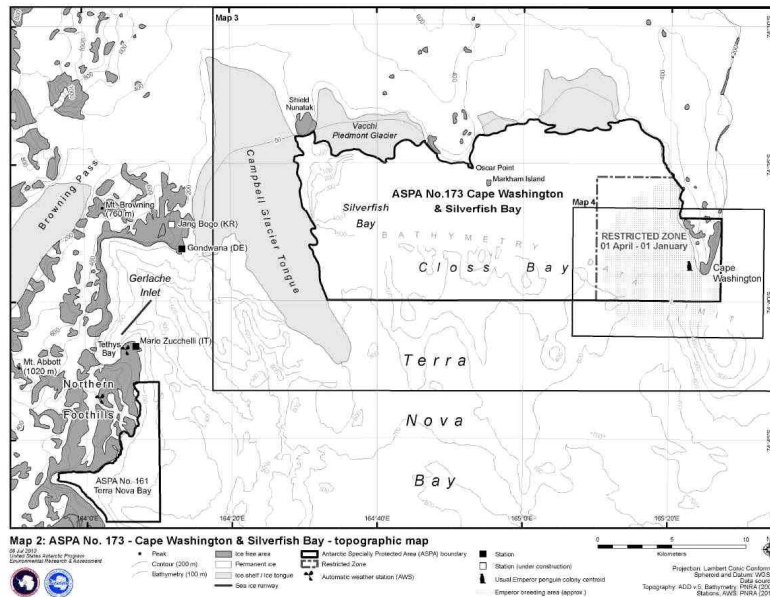


그림 16. 남극특별보호구역 173내의 Cape Washington의 위치



그림 17. Cape Washington의 AMIGOS 설치 예정 위치

1.2.3. 운송 계획

(1) 남극 입출 계획

장보고기지까지의 이동은 뉴질랜드에서 임차비행기(C-130 또는 L100) 또는 아라온을 이용할 계획이다. 항공입출의 경우 이태리가 운영하고 있는 마리오쥬켈리 기지의 해빙활동주로를 통해 이동할 계획이며, 임차항공기의 항공스케줄에 따라 10월 31일, 11월 7일에 나누어 입남극 예정이다. 아라온을 통한 입남극의 경우 11월 30일에 일부 연구원이 장보고기지에 도착할 계획이다.

출남극의 경우 뉴질랜드의 항공기를 이용하거나 아라온 3항차(2018년 3월 19일 장보고기지 출발)를 이용할 계획이나, 뉴질랜드 항공기의 경우 운항이 매우 유동적이므로, 대부분의 활동 인원은 아라온호 3항차로 출남극을 계획하였다.

(2) 조사 캠프 지역 인원 및 물자 수송 계획

1) 인원수송

장보고기지 주변의 조사지역(Inexpressible Island, Cape Washington)과 Cape Hallett 및 Coulman Island 등의 조사를 위한 인원은 헬리콥터 2대를 활용하여 수송할 계획이다. 장보고기지에서 Cape Hallett까지의 직선거리는 약 320 km로 2017/18 시즌에 활용예정인 헬리콥터(AS350)으로 왕복 5시간의 거리이다. Inexpressible Island와 Cape Washington은 약 35 km 거리로 왕복 1시간 정도 소요된다.

2) 물자수송

캠프 장비와 연구장비의 수송은 뉴질랜드 프로그램에서 Cape Adare 지역 캠프 구축과 활동을 위해 임차한 소형비행기(Basler 또는 Twin Otter)를 공동 활용하여 Cape Hallett 지역에 운송할 계획이다. Inexpressible Island의 경우는 기지에서 비교적 근거리에서 위치하므로 헬리콥터를 이용하여 운송할 계획이다.

(3) 현장 조사를 위한 유류 사용량

제안된 활동을 위해 인력과 물자 수송, 항공 촬영 등에 헬리콥터가 활용되므로 운항에 필요한 항공유(JP 5)가 약 31,200 ℓ 소모될 것으로 예상된다(표 3). 활동지역별 헬기 운항 시간은 표 4와 같이 산출되었다. 단, 뉴질랜드 프로그램에서 활용할 예정인 소형비행기의 유류는 해당 프로그램에서 별도의 환경영향평가를 수행할 계획이므로 제안된 활동에서는 산정하지 않았다.

표 3. 현장조사 활동을 위한 이동 수단별 유류 소모 예측

주요 장비명	운행시간	시간당 유류 소모량	총유류 소모량	비고
헬리콥터 1(AS350)	78	200 ℓ	15,600 ℓ	수송 및 비상대기
헬리콥터 2(AS350)	78	200 ℓ	15,600 ℓ	수송 및 항공촬영
합 계	156	200 ℓ	31,200 ℓ	

표 4. 활동 지역별 헬리콥터 운항 시간

	Cape Washington	Inexpressible Island	Cape Hallett (Coulman Island)	합계
이동	1hr x 3회 x 2대 = 6	1hr x 4회 x 2대 = 8	5 hr x 7회 x 2대 = 70	84 hr
항공촬영	1hr x 2회 = 2	5hr x 2회 x 2대 = 20	3hr x 3회 x 2대 = 18 3hr x 3회 x 2대 = 18	58 hr
장기캠프 구축 물자 수송	-	-	25분 x 17회 x 2대 = 1 4.16 시간	14.16 hr
운항시간 합계	8 hr	28 hr	120.16 hr	156.16 hr

1.2.4. 현장 활동 시간 계획

제안된 남극 활동을 위해 약 140일간 남극 지역에서 체류할 계획이며 각 활동을 위한 시간 계획은 표 5과 같다. 아델리펭귄 군서지 조사를 위한 캠프는 Cape Hallett과 Inexpressible Island에서 총 45일간 운영될 예정이며, 기지인근의 황제펭귄군서지와 Coulman Island 조사를 위해서는 캠프를 운영하지 않고 장보고기지와 Cape Hallett 캠프를 기반으로 헬리콥터를 활용한 당일 조사 계획을 수립하였다. 상세 일정 계획에 명시되지 않은 기간은 장보고기지에서 체류하고 있는 기간이다.

표 5. 제안된 활동에 대한 상세 일정 계획

번호	활동내용 (활동지역)	활동기간		비고
		시작	종료	
1	· 1차 입남극 (뉴질랜드-장보고기지)	2017. 10. 31	2017. 10. 31	1일
2	· 특별보호구역 황제펭귄모니터링 (Cape Washington (ASPA No. 173)) · 2차 입남극 (뉴질랜드-장보고기지)	2017. 11. 01	2017. 11. 15	일정내 약 3일
		2017. 11. 07		
3	· 아델리펭귄 군서지 조사 -자동기상관측 장비 설치, GPS로거장착 (Cape Hallett(ASPA No. 106), 1차 캠프) · 남극특별보호구역 후보지 조사 - 헬기이용 항공조사 (Coulman Island)	2017. 11. 15	2017. 11. 28	약 14일
		2017. 12. 03	2017. 12. 03	약 1일
4	· 자동기상관측장비 준비 및 설치 (장보고기지, Cape Washington (ASPA No. 173))	2017. 12. 05	2017. 12. 06	약 2일
5	· 아델리펭귄 군서지 조사 -자동기상관측 장비 설치, GPS로거장착 (Inexpressible Island, 1차 캠프)	2017. 12. 07	2017. 12. 09	약 3일
6	· 아델리펭귄 군서지 조사 - GPS로거 회수, 항공사진 촬영 등 (Cape Hallett, 2차 캠프)	2017. 12. 15	2017. 12. 22	약 8일
7	· 아델리펭귄 군서지 조사 - GPS로거 회수, 항공사진 촬영 등 (Inexpressible Island, 2차 캠프)	2017. 12. 29	2018. 01. 01	약 3일
8	· 아델리펭귄 군서지 조사 - 항공사진 촬영, 펭귄번식성공률 조사 등 (Cape Hallett, 3차 캠프)	2018. 01. 03	2018. 01. 10	약 8일
9	· 자료 분석 등 기지 주변 활동 (장보고기지 및 인근)	2018. 01. 14	2018. 02. 14	약 31일
10	· 장기 캠프 구축 - 캠프시설 및 유류 하역(아라운) - 캠프 설치 및 임시캠프 철수 (Cape Hallett, 4차 캠프) · 뉴질랜드 캠프 구축 협력 (Cape Adare, ASPA No. 159)	2018. 02. 17	2018. 02. 25	약 9일
11	기지 체류 및 출남극 (장보고기지-뉴질랜드)	2018. 02. 21	2018. 03. 19	약 27일

2. 평가수준의 결정 근거 및 평가서 적용 법규

2.1. 제안된 활동으로 인한 남극 환경영향

2.1.1. 남극 환경 영향

제안된 활동이 수행될 지역에 포함되는 지역은 아델리펭귄 군서지 조사 지역인 ASPA No. 106 Cape Hallett의 펭귄 분포지역과 Inexpressible Island의 군서지, 그리고 황제펭귄 서식지로 기지에서 근접거리에 있는 Cape Washington (ASPA No. 173)과 Coulman Island 일대로 항공기 운항 지역을 활동지역으로 할 경우 장보고기지에서부터 반경 약 320 km 거리에 해당한다. 그러나 활동 기간 동안 직접적인 영향을 미칠 수 있는 범위는 캠프 설치와 육상 조사 및 항공 촬영이 수행되는 해당 활동 지역이 될 것이다.

조사 기간 동안 사용되는 이동수단과 발전기, 난방 등의 연료소모로 인한 대기오염물질 발생과 장비 주유 시 유출될 수 있는 소량의 유류로 인한 표층 눈이나 토양 오염이 발생할 수 있다.

또한 조사 캠프 운영에 따라 발생하는 폐기물이 남극 환경에 영향을 미칠 수 있으며 활동 인원의 신발류와 피복류, 장비 등을 통해 의도하지 않게 남극외의 생물체 또는 번식체가 유입되어 남극 육상 생태계에 영향을 미칠 수 있다.

헬리콥터와 같은 항공기의 운항과 드론을 이용한 항공 촬영 등으로 펭귄 개체군에 영향을 미칠 수 있다.

2.1.2. 환경 관리 계획

제안된 활동으로 인한 남극 환경에 대한 영향을 최소화하기 위해 불필요한 지역간 이동이 없도록 현장 운영 계획을 수립하였다. 장비 주유시 방수포와 흡착포를 사용하여 소량의 유류라도 눈 표면이나 토양에 흘러들지 않도록 유류 관리 방안을 수립하여 현장 인원에게 사전 교육할 계획이다. 캠프 운영으로 발생하는 모든 폐기물은 성상에 따라 분리수거하고 철수 시 전량 기지로 운송하여 '대한민국남극과학연구단 폐기물 관리계획'에 따라 처리할 계획이다. 현장 책임자는 캠프 철거 시 최종 점검을 실시하고 가능한 원상태로 복구하도록 하며, 그 위치를 기록하여 향후 활동이 있을 경우 동일 지점에 캠프를 설치하도록 자료를 제공하여 남극 환경에 대한 교란을 최소화할 계획이다.

활동 인원과 도입 연구 장비로 인한 외래종의 유입을 방지하기 위하여 남극으로 보내질 연구 장비와 캠프 설비를 비롯한 모든 항목들을 점검하여 토양, 먼지, 종자나 식물의 일부, 곤충 등이 유입되지 않도록 사전에 방지할 계획이며, 남극환경보호위원회(CEP)의 외래종 매뉴얼(2016)을 숙지하도록 교육할 계획이다.

항공기 운항은 남극조약의 가이드라인에 따라 운영하여 펭귄 등의 동물상에 대한 영향을 최소화할 계획이다.

2.2. 평가수준의 결정 근거

남극 활동을 위한 환경영향평가서 작성 지침인 외교부고시 제2011-4호(남극 환경영향평가서 작성에 관한 세부 지침, 부록 1)는 평가수준의 결정에 국내외 남극환경영향평가 사례를 참고하도록 하고 있으며 그 사례를 제시 하도록 명시하였다. 따라서 본 환경영향평가서 작성시 국내외 사례를 분석하고 평가 수준 결정에 활용하였다.

2.2.1. 국내 사례 분석

국내에서 남극 활동을 위해 초기환경영향평가(IEE)를 실시한 경우는 세종기지의 증축과 연구시설 확충을 위한 사례가 있으며 2007년, 2014년, 2016년에 각 1건씩 3건이 있다. 본 평가서에 제안된 활동과 같이 현장 연구활동을 위한 평가 사례는 2009년 '아라온 쇄빙능력 시험 항해 및 남극 제2기지 건설후보지 정밀조사' 활동을 위한 초기환경영향평가서가 있다.

제안된 활동은 건설사업이나 인프라 확충 활동보다는 정밀조사와 같은 과학적 활동을 목적으로 하고 있으므로 평가 수준의 결정에 참고한 국내 사례로 2009년의 사례를 분석하였다.

(1) 아라온 쇄빙능력 시험 항해 및 남극 제2기지 건설후보지 정밀조사 활동을 위한 초기환경영향평가(2009년)

- 활동 목적: 우리나라 최초의 쇄빙연구선 아라온호가 완공됨에 따라 극지 빙해역에서의 쇄빙 능력 시험 항해와 더불어 아라온을 이용하여 남극 제2기지 건설후보지 정밀조사를 수행하고 그 자료를 바탕으로 남극 제2기지의 최종적인 건설지를 확정하기 위함
- 활동 내용: 남극 제2기지 건설 후보지 확정을 위해 각 후보지역과 대안지의 자연환경과 건설환경을 조사하고, 조사 지역 접근시 결빙해역에서 쇄빙선 아라온의 쇄빙 능력시험을 실시함
 - 계획된 현지 조사 기간: 2010.01.12. ~ 2010.04.03
 - 활동 예정 지역

활동 지역	위 치	비 고
Cape Burks, Marie Byrd Land (유력 건설후보지)	74° 45' 16" S, 136° 48' 58" W	서남극
Mt. Browning, Terra Nova Bay (대안지 1)	74° 37' 57" S, 164° 13' 41" E	동남극
Enderby Land (Cape Ryugu, Molodezhnaya 기지 인근) (대안지 2)	67° 58' 22" S, 44° 03' 29" E 67° 39' 46" S, 45° 52' 0" E	동남극

- 활동 인원 : 24명
- 주요 활동 내용: 조사 캠프 설치, 지반조사, 측량, 육상 생태 환경조사, 대기환경

조사, 지형도 작성, 기상탑 설치, 각종 시료 채취 (토양, 암석, 생물, 눈 시료 등)

○ 평가 수준

- 제안된 활동 중 활동 예상 지역의 환경에 영향을 미칠 수 있는 요소로 운송수단의 이용에 따른 대기 오염물질 발생으로 인한 영향, 조사 활동 중 발생하는 폐기물 및 오폐수, 운송수단의 이용 및 장비 설치 등으로 인한 소음 발생, 장비 주유 시 소량의 연료 유출, 조사 활동으로 인한 답압 등에 따른 노출지반의 물리적 교란과 조사 인력 및 장비를 통해 발생할 수 있는 남극 외 지역의 서식 미생물 또는 종자의 유입을 들었으나 활동의 기간 및 규모로 볼 때 그 영향이 일시적이며 사소할 것으로 판단하여 초기환경영향평가를 수행함

2.2.2. 국외 사례 분석

남극조약 당사국들은 비교적 대규모의 다학제 연구활동이나 남극 대륙 횡단이 포함된 연구 및 outreach program 등의 운영 허가를 받기 위해 주로 초기환경영향평가(IEE)를 수행하고 있다. 여기에서는 제안된 활동의 환경영향평가에 참고할 만한 유사 사례를 분석하였다(ANZ 2003, BAS 2015).

(1) Latitudinal Gradient Project Cape Hallett Camp IEE (2003)

○ 활동의 개요

- 활동 제안국 및 작성기관: 뉴질랜드, Antarctica New Zealand
- 2003/04, 2004/05 두 개 시즌의 활동에 대한 환경영향평가

○ 활동 목적

- 제안된 활동은 남위 72° (Cape Adare)에서 남위 86° (Ross Sea Iceshelf)에 이르는 위도 14° 구역의 환경구배에 따른 연안해양 및 해안육상 지역의 환경차에 의한 생태계 특성과 향후 환경변화에 따른 잠재적 변화 예측을 위한 목적으로 계획된 LGP(Latitudinal Gradient Project)의 일환으로 Cape Hallett(ASPA No. 106)지역에 조사 캠프를 설치하고 연구활동을 수행하기 위해 제안되었음

○ 활동 내용

- 활동 예정 지역: Cape Hallett 펭귄군서지 인근 (그림 18)
- Cape Hallett Camp는 최대 15명을 수용하고 지원하기 위한 규모로 구축되었으며, 랙텐트 3개(식당, 실험동, 창고 등), 3개의 해빙용 텐트, 5개의 극지텐트, 스노우모빌 2대, ATV 1대, 소형 디젤발전기(4.7 kW) 2대, 소형 휘발유 발전기(2 kW, 3 kW) 각각 2대, 랙텐트용 디젤히터 3대로 구성하였음
- 인원과 연구 장비는 소형비행기(Twin Otter)를 이용함
- LGP의 2003/04 시즌 Cape Hallett 조사 캠프의 운영을 위해 항공유 30드럼(약 6,000 ℓ)와 휘발유 15드럼 (약 3,000 ℓ)의 연료 사용을 계획하였음

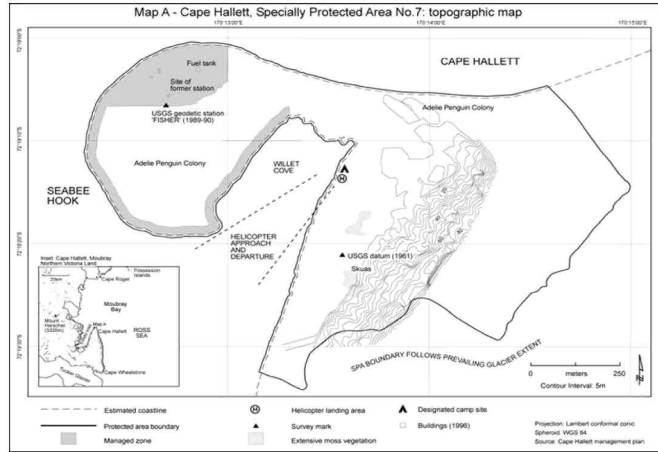


그림 18. Cape Hallett의 LGP Camp지역(Wallet Cove 해안 스키호)



그림 19. 뉴질랜드 프로그램의 Rac Tent 외부와 내부(ANZ 2003)

○ 평가 수준

- LGP 수행시 토양 및 암석 시료 채취를 위한 굴착과 인력 및 ATV로 인한 답압, 동식물상에 대한 영향, 폐기물 발생 등으로 인한 잠재적 영향 등이 지역적이고 일시적인 것으로 판단하고, 제출된 IEE에서 제시한 환경영향 저감방안의 이행으로 그 영향을 더욱 저감할 수 있을 것으로 예측함. IEE에서 제시한 자료와 저감방안에 기초하여 활동으로 인한 환경영향이 사소하고 일시적일 것으로 평가하여 IEE를 수행함

(2) 남극 Filchner-Ronne Ice Shelf에 대한 과학 프로젝트를 위한 IEE (2014, 2015)

○ 활동의 개요

- 활동 제안국 및 작성기관: 영국, BAS(British Antarctic Survey)
 - Filchner-Ronne Ice shelf(FRIS)에 대한 과학 프로젝트는 다년간 수행을 계획하고 있으며, 2014/15, 2015/16, 2016/17, 2017/18 시즌에 걸쳐 있음
 - 활동을 위한 IEE는 2014년에 작성되었고 활동 후의 자료를 추가하여 매 시즌 활동진 업데이트된 IEE를 작성하여 제출하고 있음
- 활동 목적
- FRIS와 ocean shelf와의 상호작용을 더 잘 이해하여 빙봉의 미래 거동을 예측할 수 있는 수치 모델을 개선하는데 활용하고자 함
- 활동 내용
- 활동 예정 지역: Filchner-Ronne Ice Shelf 지역 (붉은색 박스)

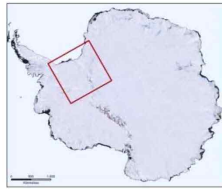


그림 20. FRIS 프로젝트 활동 지역 (BAS 2015).

- 2014/15 시즌에는 장비와 연료를 연구 현장에 운반하고 연구 준비, 2015/16과 2016/17 시즌에는 약 11명의 인원이 8-12 주간 활동
- 2014/15 현장 활동 기간에는 빙봉에 3개의 구멍을 열수 시추를 통해 시추하여 대양 자료를 얻기 위한 장비들을 계류하였으며 향후 10년간 자료를 수집할 계획임



그림 21. FRIS 프로젝트의 열수 시추를 위해 사용된 장비들 (BAS 2015)

- 90℃ 물을 사용하여 750 m 두께의 빙봉을 직경 30 cm로 시추함. 지구물리탐사를 위해 14개 사이트에서 5 m 깊이의 홀을 핸드오거로 시추하고 150-130 g의 폭발물 (Pentolite)를 사용함
- 2015/16과 2016/17 시즌에도 열수 시추를 수행하여 추가 장비를 계류하고 지구물리 탐사를 계획하고 있음. 15개의 ApRES radar 설치와 항공 탐사, 10개의 GPS station을 설치하고, 표층눈 측정과 천부 편코어(firn core) 를 채취할 계획이며 해양 퇴적물 코어들을 채취할 계획임
- 활동을 위한 로지스틱은 독일과 영국의 인프라를 공동활용하며, 쇠빙선, 항공기 (Twin Otter), 이동을 위한 대륙 횡단 장비(설상차, 스노우모빌), 발전기(캠프용 15 kW 3대, 드릴용 물 가열용 250 kW 3대)연료 보관소 등이 활용될 예정임. 연료와 탐사에 필요한 보관 물품은 아래 그림과 같이 둔덕 형태의 Depot를 만들어 탐사기간 동안 보관



그림 22. 탐사 활동을 위해 유류 및 대형 장비 등을 보관하는 둔덕모양의 Depot (BAS 2015).

- 탐사 활동을 위한 캠프 운영 및 지구 물리탐사를 위해 폭약을 사용할 예정임
- 평가 수준
 - FRIS에서의 제안된 과학활동으로 인한 남극 환경에 대한 영향은 IEE에서 제안된 저감 조치를 수행함으로써 사소하거나 일시적일 것으로 예측되어 CEE가 아닌 IEE를 수행하여 진행할 것을 결정함

2.2.3. 초기환경영향평가 수준 결정 사유

제안된 활동은 장보고기지 주변과 북빅토리아랜드에 위치한 아델리펄린 군서지와 황제펄린 군서지를 대상으로 개체군의 규모와 취식활동 등을 조사하는 것을 주요 목적으로 하고 있다. 제안된 활동을 위해서는 이동 및 항공촬영을 위한 헬리콥터의 운항과 드론 운항, 캠프의 설치 및 운영이 필요하다.

제안된 활동으로 인하여 발생하는 대기 오염물질과 폐기물 등은 남극 환경에 영향을 미칠 수 있으며, 유류 취급시 발생할 수 있는 소량의 유류 유출과 조사 장비와 인원을 통한 의도하지 않은 외래종 유입이 있을 수 있다. 또한 헬리콥터와 드론을 활용한 항공 촬영 및 아델리펄린 개체들에 대한 로거부착 등으로 동물에 대한 영향을 미칠 수 있으나

남극조약과 남극과학위원회(SCAR), 국가남극운영자위원회(COMNAP) 등에서 제공하는 가이드 라인을 준수하여 활동을 수행함으로써 남극 환경에 대한 영향을 줄여 그 영향은 사소하거나 일시적일 것으로 판단된다. 또한 본 환경영향평가에서 제시한 저감방안의 이행으로 영향은 더욱 감소할 것으로 예상된다.

따라서 국내외 사례와 본 평가서에서 제시한 활동의 규모와 강도를 고려할 때 활동으로 인한 환경 영향은 사소하거나 일시적일 것으로 판단되어 초기환경영향평가를 수행하였다.

2.3. 평가서 적용 법규 및 지침

제한된 활동을 위한 초기환경영향평가는 ‘환경보호에 관한 남극조약의정서’와 부속서1에 기초한 ‘남극활동 및 환경보호에 관한 법률’과 그 시행령의 준수를 원칙으로 한다. 이와 관련하여 평가서의 내용은 동 의정서의 제3조 환경원칙(environmental principles) 2항 (c)에서 규정한 남극환경보호원칙에 관한 세부지침에 해당하는 ‘남극 활동을 위한 환경영향평가 지침(Guideline for Environmental Impact Assessment in Antarctica)’에서 제시하는 사항들을 고려하여 남극 환경영향평가서 작성에 관한 세부지침에 따라 작성되었다.

또한 활동 중 유류유출에 관한 대응방안, 폐기물 관리 및 외래종 유입방지 등과 관련한 지침은 남극조약 환경보호위원회(CEP), 국가남극운영자위원회(COMNAP)에서 제공하는 관련 지침 및 자료와 그에 기초하여 작성된 극지연구소 관련 지침에 따랐으며, 2017년에 40차 ATCM에 제공된 남극과학위원회(SCAR)의 육상 과학 현장 연구를 위한 행동 강령과 과학 목적을 위한 동물 이용 시 행동강령(ATCM 2011)등을 참고하였다. 동 평가서 작성에 적용 및 고려된 법규 및 지침 등의 자료는 아래 표 6에 정리하였다.

표 6. 환경영향평가서 적용 법규, 지침 및 관련 자료 목록

국내의 법규, 지침 및 문서	비고
남극활동및환경보호에관한법률 및 시행령	
남극 환경영향평가서 작성에 관한 세부지침 제정(외교통상부고시 제2011-4호)	부록 1
국가 대기오염물질 배출량 산정방법편람 (III) 국립환경과학원	2013
Guidelines for the operation of aircraft near concentrations of birds in Antarctica (ATCM XXVII Resolution 2)	2004
Guidelines for Environmental Impact Assessment in Antarctica (ATCM XXXIX Resolution 1)	2016
Non-Native Species Manual (CEP)	2016
Fuel Storage and Handling (ATCM XXXVII Resolution 1)	2014
SCAR's Environmental Code of Conduct for Terrestrial Scientific Field Research in Antarctica (ATCM XL Resolution 2)	2017 (부록 2)
SCAR's Code of Conduct for the animal use for Scientific purpose (ATCM XXXIV IP 53)	2011 (부록 3)

3. 제안된 활동의 대안 설정 및 평가

3.1. 활동을 하지 않을 경우

제안된 활동은 2016년 남빙양해양보존협약(CCAMLR)에 의해 남극해에서 두 번째로 해양보호구역으로 지정된 로스해 해양보호구역(MPA)내에서 이루어지는 활동으로 MPA의 생태계 구조와 기능 연구의 일환으로 계획되었다. 우리나라는 1985년 CCAMLR에 가입하여 남극 생태계를 이루는 주요 종인 크릴과 이빨고기의 조업을 해오고 있으며, 그간 조업선이 규정을 여러 차례 위반하여 불법조업국으로 지명되는 등 남극 국제사회에서의 위상이 크게 실추되기도 하였다. 로스해 지역이 최근 MPA로 지정되면서 로스해에서 장보고기지 와 아라온호를 기반으로 과학 활동을 벌이고 있는 우리나라의 MPA 지역에 대한 과학적 기여 요구와 국제적 기대가 매우 크다. 이에 우리 정부는 국가 R & D의 일환으로 보호구역의 생태계 구조와 기능 연구를 위한 과제를 극지연구소 주관으로 수행하도록 지원한 바 있다.

CCAMLR에서 해양생태계를 평가하는 지표로서 다양한 해양생물을 지표종으로 활용하고 있으며, 그 중 크릴을 먹이원으로하는 아델리펭귄의 개체군의 변동을 모니터링하여 해당 지역의 생태계 변동을 평가하고 있다.

제안된 활동은 로스해 해양보호구역 연안에 서식하는 아델리펭귄 군서지와 황제펭귄 군서지를 대상으로 이들의 개체군 변동과 먹이 활동 등을 조사하고자 한다. 조사 결과는 로스해 해양보호구역의 보호조치에서 제시하고 있는 모니터링 자료로 제공되어 국제사회(CCAMLR)에 대한 우리의 과학적 기여를 가능하게 하고 MPA 보호조치의 실효성 평가에 활용되게 된다.

제안된 활동을 하지 않을 경우 활동으로 인한 남극 환경에 대한 영향과 로거 부착으로 인한 아델리펭귄 개체들에 대한 영향은 없을 수 있으나, 로스해의 생태계 변화를 평가하는데 필요한 과학적 자료를 얻을 수 없으며, 아델리펭귄 개체군에 대한 주기적 조사가 이루어지지 않아 과학적 자료에 바탕을 둔 종의 보호 대책 수립 등에 기여할 수 없어 남빙양생물자원보존을 위한 과학적 기여와 국가 위상의 회복이 어렵게 될 것이다.

3.2. 임시 캠프 유지의 대안

제안된 활동을 위해 Cape Hallett에 설치할 장기 조사 캠프의 대안으로 지난해와 2017/18년 하계활동 중에 사용할 임시 캠프를 매년 현장조사시기에 설치와 철수를 반복하는 방법이 있을 수 있다. 이 경우 장기 캠프로 인한 약 5년간의 얼음 또는 지반 표면에 대한 영향을 줄일 수 있고, 경관에 대한 영향을 줄일 수 있을 것으로 예상되나, 매년 임시 캠프를 구축할 경우 지속적으로 사용하는 연구장비를 임시 캠프 장비와 함께 매년 운송하여야 하는 어려움이 있다. 이 경우 매년 장비 수송을 위한 헬리콥터 등의 항공기 운항으로 인한 연료소모가 상당할 것으로 예측되며, 원거리 운송과 캠프 설치로 인해 조사 시간의 충분한 확보가 어려울 수 있다. 장기 캠프 운영시 장비의 보관이 가능하고 매년 캠프 구축으로 인한 운송을 줄일 수 있어 환경에 대한 영향과 현장활동에 대한 불확

실성을 상당히 줄일 수 있을 것으로 판단된다. 또한 캠프의 견고성과 보온효율성 면에서도 장기 캠프의 운영이 유리하여 안전성 및 환경성도 향상 될 것으로 예측되어 장기 조사 캠프 구축안을 선정하였다.

3.3. 장기 캠프 설치 위치의 대안

Cape Hallett 아델리펭귄 군서지 주변에 장기 조사 캠프 설치가 가능한 곳을 3곳으로 선정하여 그 장단점을 평가하였다(표 7, 그림 23). 캠프 대안지 B의 경우 펭귄군서지에 가까워 조사를 편리하게 진행할 수 있으나 펭귄에 대한 교란이 있을 수 있다. 캠프 대안지 C의 경우 펭귄 군서지와 충분한 거리에 있어 펭귄에 대한 교란은 없으나 모레인 지역으로 지반이 불안정하고 연구자의 군서지 방문을 위한 이동시 위쪽 경사면에서 암석이 굴러 떨어지는 등 안전에 문제가 발생할 수 있다. 캠프 대안지 A의 경우 ASPA No. 106의 관리계획서에서 영구적인 시설물이 아닌 일시적인 캠프 위치로 지정한 곳이며, 뉴질랜드가 2003/04, 2004/05 시즌에 이미 활용한 바 있는 캠프 지역이다. 또한 군서지로부터 150~200 m 정도 거리를 두고 있어 펭귄에 대한 교란도 거의 없는 지역으로 A 지역을 선정하였다.

표 7. 장기 조사 캠프 설치 위치의 대안 비교

캠프 설치위치	군서지까지의 거리	펭귄교란정도	지반	안전성
A. 지정 캠프사이트	150~200 m	낮음	안정(자갈)	높음
B. Seabee Hook	10 m 내외	높음	불안정(모래)	중간
C. Ice-tongue moraine	1 km	낮음	불안정(자갈)	낮음

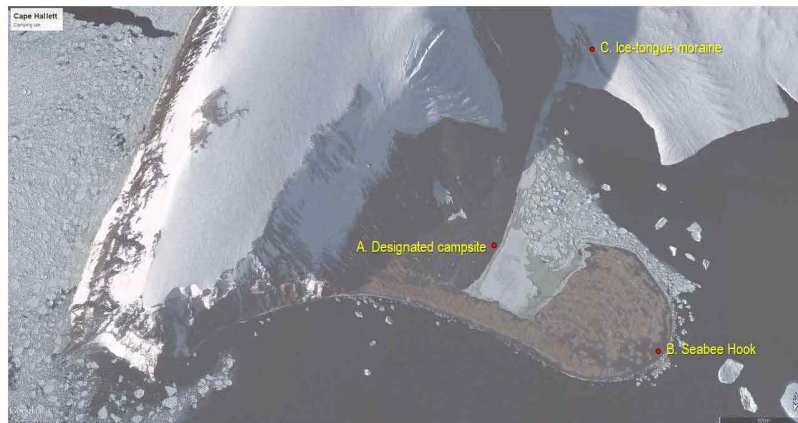


그림 23. 장기 조사 캠프 설치 위치의 대안들

3.4. 장기 캠프 모듈의 재질 및 고정 방식의 대안

남극 현장에서 일정 규모 캠프 구축을 위해 자주 사용되고 있는 Rac-tent를 활용하는 방법과 뉴질랜드가 Cape Adare 인근 ASPA 외부 지역에서 계획하고 있는 'Portacom' 방식, 그리고 제안된 활동에서 채택한 조립식 냉동 판넬과 지반 고정 방식을 비교하였다 (표 8, 그림 24). 뉴질랜드에서 계획하고 있는 방식은 주변에 일정 크기 이상의 돌 (boulder)이 풍부해야 한다는 전제조건이 필요하다. 제안된 활동에서는 환경에 대한 영향과 설치와 해체의 용이성을 고려하여 조립식 냉동 판넬 방식을 채택하였다.

표 8. 장기 조사 캠프 모듈의 재질 및 고정 방식의 대안 비교

캠프 모듈의 재질	지반 고정 방식	내구성 및 안정성	설치 난이도	지반에 대한 영향	철거 및 복구 난이도
가. Rac-tent	조립식 바닥 프레임에 앵커와 와이어로 고정	낮음	낮음	낮음	낮음
나. 뉴질랜드 'Portacom' 방식	주변 돌들을 쇠그물망에 모아 고정	높음	중간	높음	높음
다. 조립식 냉동 판넬	조립식 바닥프레임에 앵커와 와이어로 고정	높음	낮음	낮음	낮음

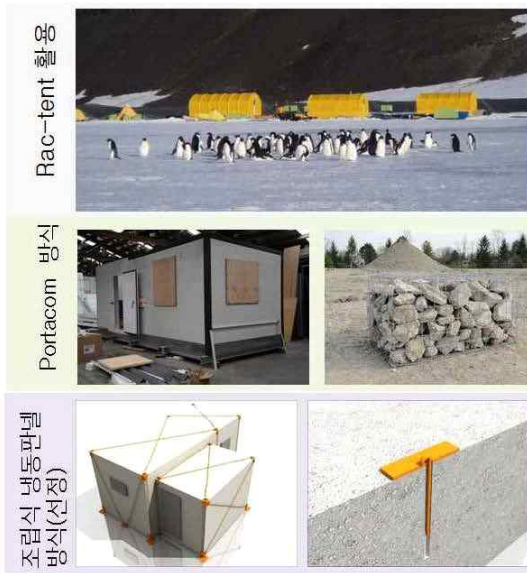


그림 24. 캠프 모듈의 재질 및 고정방식 비교

4. 중점 평가 항목의 설정

4.1. 환경 영향 평가 대상 지역의 설정

제안된 활동은 Cape Hallett과 Inexpressible Island의 펭귄군서지, Cape Washington과 Coulman Island의 펭귄군서지에서 주로 이루어 질 것으로 예상된다. 매우 짧은 시간 방문하는 Cape Adare 지역에 대한 매우 사소한 영향과 헬리콥터를 이용한 이동로에도 대기오염물질로 인한 영향이 있을 수 있으나 그 영향은 매우 미미할 것으로 판단되어 평가 대상 지역에서 제외하였다.

4.2. 중점 평가 항목 선정 및 사유

제안된 활동으로 인한 환경영향평가를 위해 중점 평가할 항목들을 선정하고자 1차적으로 각 활동별로 예상되는 환경 영향요소들을 식별하여 표 9로 정리하였다.

표 9. 활동으로 인해 영향이 예상되는 환경 요소들

활동내용 (Actions)	예상되는 환경 영향 요소들						
	대기오염물질	폐기물	소음	연료유출	동식물에 대한 교란	빙상 또는 노출 지반에 대한 교란	외래종 유입
운송수단	X	-	X	X	-	-	X
조사활동 및 시료 채취	-	-	-	-	X	-	X
캠프 설치 및 운영	X	X	X	X	X	X	X
연료 저장	-	-	-	X	X	-	-

예측된 환경 영향 요소들이 남극의 자연 환경에 미치는 영향의 종류와 정도를 아래와 같이 도출하고 결정기준에 근거하여 중점 평가 항목을 결정하였다(표 10).

결정 기준

- 사소하거나 일시적인 영향
- 누적적 영향의 여부와 정도
- 저감 대책의 유무
- 원상복구의 가능성
- 사고의 가능성

표 10. 중점 평가 항목 선정을 위한 매트릭스

환경영향 유발요소	자연환경영향의 종류 및 정도				
	대기	식물	동물	눈 및 빙상	지반
대기오염물질	소	-	-	-	-
폐기물	-	소	-	소	소
소음	-	-	중	-	-
연료 유출	-	소	-	소	소
빙상 및 노출지반에 대한 교란	-	-	-	소	소
동식물상교란		소	중		
외래종 유입	-	소	소	-	-

4.2.1. 대기 오염 물질

제안된 활동을 수행하기 위해서는 헬기 운항 및 캠프 운영을 위해 연료 사용이 필요하다. 헬기 운항과 발전기, 난방기 등의 운영에 따라 발생하는 대기오염물질은 남극 대기질에 영향을 미칠 수 있으므로 중점항목으로 선정하였다.

4.2.2. 폐기물

캠프 운영 시 생활 오수와 분뇨, 음식물 쓰레기, 포장재, 배터리, 유류 드럼 등의 폐기물 발생이 예상되고, 폐기물 관리가 부적절할 경우 그로 인한 남극 빙상(눈, 얼음)과 지반에 영향을 미칠 수 있어 중점항목으로 선정하였다.

4.2.3. 소음

이동 및 항공촬영을 위한 헬리콥터의 운항과 드론의 운영으로 펭귄에 대한 소음 영향이 있을 수 있어 평가항목으로 선정하였다.

4.2.4. 연료 유출

제안된 활동에는 캠프 난방, 소형 발전기와 헬리콥터 운항에 연료 사용이 필요하다. 연료의 주유 시 소량의 유류가 유출될 가능성이 있으며, 유류 드럼의 운반 및 보관 시에도 유출 사고가 발생할 수 있다. 연료가 유출될 경우 주변 지반과 빙상을 오염시킬 수 있으므로 중점항목으로 선정하였다.

4.2.5. 노출지반에 대한 교란

캠프의 설치와 운영으로 인한 노출 지반에 대한 교란이 있을 수 있으며, 활동 인원의 이동으로 인한 답압이 있을 수 있어 평가 항목으로 선정하였다.

4.2.6. 동식물상 교란

캠프 설치 지역에서 연구자의 이동과 캠프 설치로 인해 주변 식물상에 대한 영향이 있을 수 있으며, 아델리펭귄의 취식활동 조사를 위한 로거 부착으로 인해 펭귄개체들에 대한 교란이 있을 수 있어 평가 항목으로 선정하였다.

4.2.7. 외래종 유입

제안된 활동 수행을 위해 남극에 운송되는 연구장비를 포함한 각종 장비들과 활동 인원의 피복류, 개인 장비 등을 통해 의도하지 않은 외래종 유입이 있을 수 있다. 또한 남극 내 지역간 이동시 생물종의 이동이 발생할 수 있다. 외래종의 유입 이후 남극 환경에서의 정착은 남극 생태계를 교란시킬 수 있으므로 중점 평가 항목으로 선정하였다.

5. 활동지역의 초기 환경 상태

5.1. 환경 도메인

Morgan 등(2007)은 남극 대륙을 물리적 환경으로 구분하여 향후 연구 활동 등을 위한 남극 지역 활용에 도움을 주고자 남극 환경 도메인(EDA)를 발표한 바 있다. 제안된 활동이 이루어질 지역은 Morgan 등의 EDA 구분에 따르면 S와 U 도메인에 해당된다(그림 25, 26).

Figure 1 – Map of Antarctica showing the classification layer with its 21 Environments

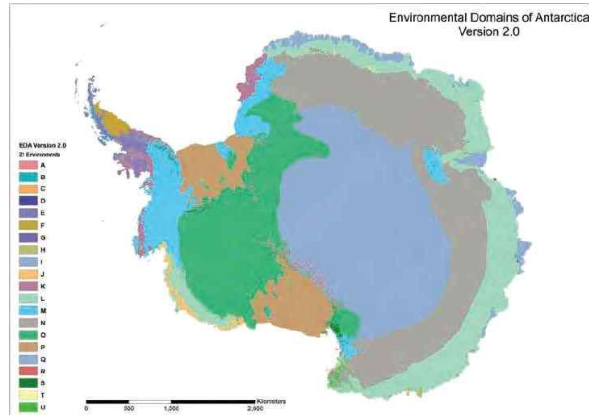


그림 25. 남극조약 웹사이트에서 제공하는 EDA (Morgan et al. 2007 Figure 15 변형).

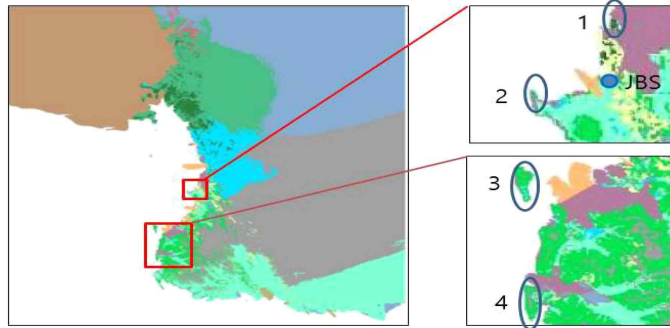


그림 26. 활동지역이 속한 남극 환경 도메인(Morgan et al. 2007, Figure 17 변형, JBS: 장보고기지, 1. Inexpressible Island, 2. Cape Washington, 3. Coulman Island, 4. Cape Hallett)

그림 22에서 도메인 S는 남빅토리아랜드 지질 (South Victoria Land geologic) 지역, 도메인 U는 북빅토리아랜드 지질지역(Northern Victoria Land geologic)에 속한다.

제한된 활동 지역의 초기 환경상태에 대한 정보는 캠프의 설치와 비교적 장시간 활동이 이루어질 예정인 Cape Hallett과 Inexpressible Island에 대하여 조사, 수집하여 기술하였다.

5.2. 지 형

5.2.1. Cape Hallett (ASPA No. 106)

Cape Hallett의 보호구역은 넓은 사주평야 지대와 그에 인접한 Hallett반도 북부의 서쪽 경사지 일부를 형성하는 가파른 자갈 비탈지로 되어있다. Cape Hallett의 펭귄군서지는 해양으로 돌출된 사주 지형으로 11월경까지 해빙이 녹지 않으며, 1월경에 해빙이 녹아 바다가 드러난다. 펭귄은 10월경에 번식지에 돌아와 11월부터 알을 낳고 번식을 시작하는데, 눈이 쌓이지 않는 지표면이 드러난 곳을 번식장소로 선택한다(그림 27).



그림 27. Cape Hallett 전경 및 펭귄 번식지 영상

Seabee Hook 지역(그림 23, C 지점)는 연속된 해양 능선에 화산석, 빙퇴석 및 해수면 높이의 저지대로 연결되는 약간의 파상적 지형을 가진다. 빅토리아랜드의 다른 지역에 비해 Cape Hallett의 토양은 수분 함량이 높으며, 토양 아래 8~80 cm 아래 지하수가 형성된다. Seabee Hook 토양 아래 약 1 m 깊이에는 영구 동토층이 형성되어 있다(ATCM 2015).

5.2.2. Inexpressible Island

난센빙붕으로 대륙 빙하와 연결된 Inexpressible Island는 빙하를 타고 내려오는 강한 바람에 의해 눈이 잘 쌓이지 않는 거력과 자갈로 이루어진 빙퇴석 지역이다. 또한 강한 바람에 의해 섬 앞에는 풀리냐가 자주 발생한다(그림 28, 29).



그림 28. 남쪽에서 바라본 Inexpressible Island 전경(ATCM 2010, IP 45 Fig. 8).



그림 29. 해안가 펭귄군서지가 바다로 보이는 지역(좌), boulder로 이루어진 섬의 지반(우)

5.3. 기상

5.3.1. Cape Hallett

Cape Hallett 지역의 연평균 온도는 -15.3°C 이며, 여름에는 4°C 에서 -8°C 이고, 바람은 남풍이 주를 이룬다. 여름에는 주로 눈이 내리는 것이 일반적이며, 연간 강수량은 약 18.3 cm 이다. 해빙은 12월 말부터 1월 초 사이에 녹기 시작해 3월 초에 다시 형성된다. Seabee Hook는 연중 약 8개월간 해빙(海水)에 둘러 싸여 있다(Measure 6, ATCM 2015).

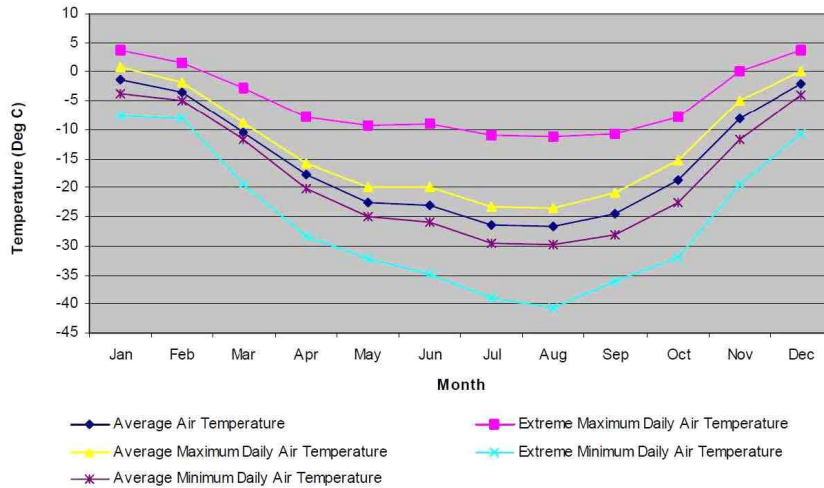


그림 30. Hallett Station에서 1957~1964년 관측된 월평균 기온 (ANZ 2003).

5.3.2. Inexpressible Island

가장 가까운 기상타워는 섬의 남쪽 끝에 위치한 Manuela AWS이다. 이곳에서 기록된 최저 기온은 1992년 9월 1일 기록된 -42.4°C 이고, 최고기온은 1987년 1월 17일에 기록된 8.5°C 이다. 최고풍속은 1987년 1월 17일에 기록된 46.9 m/s 이다 (<http://amrc.ssec.wisc.edu/aws/index.php?region=Reeves%20Glacier&station=Manuela>). 연중 바람이 센 지역으로 섬내는 대부분 눈이 쌓이지 않고 노출된 지역으로 섬의 동남쪽 해안지역에는 펭귄이 번식지로 이용하고 있다. 섬의 동쪽으로 폴리냐기 일찍 형성되어 펭귄이 바다로 접근하기 유리한 지역이다.

5.4. 동식물상

5.4.1. Cape Hallett

보호 구역내의 식생은 담수 녹조류인 *Prasiola crisper*와 *Protococcus sp.* 주로 분포하며, 기타 사상형으로 *Ulothrix sp.*와 남조류(*Nostoc*)와 같은 소수의 조류만 확인되

었다. 보호구역 내의 식생은 *Prasiola*이 펭귄군서지에서 흔하게 발견되는 조류를 제외하고 아델리펭귄의 번식집단이 점유하지 않은 노출 지역에 제한적으로 분포한다. 북쪽 평지의 비교적 안정적인 자갈 지대에서는 지하수면 수위가 높아 풍부한 이끼류군락이 형성된 반면, 남쪽의 좀 더 크고 각직 암석 지대에서는 이끼류, 조류, 지의류 등이 흩어져 생육한다. 지면의 경사가 높아짐에 따라 이끼류는 감소하지만 풍부도가 가장 높은 지역은 관리계획에 제한구역으로 표시되어있다(그림 31). 보호구역 내에서는 총 5종의 이끼류가 관찰되고 있으며 우점종은 *Bryum subrotundifolium*이다.

보호구역 내 북부의 암석 노두에는 풍부한 지의류가 분포하며, 27종의 지의류가 기록되었으며, 펭귄 번식지에 인접한 지대에서 *Xanthomendoza borealis*, *Caloplaca*, *Candelariella*, *Physcia*, *Xanthoria*와 같은 호조분성 지의류가 관찰된다.

육상 무척추동물로 진드기 총 8종과 특토기류 3종의 서식이 알려져 있다. 선충류는 4종이 발견되었으며 가장 일반적으로 나타나는 우점종은 *Panagrolaimus davidi*이다.

Seabee Hook는 로스해 지역에서 가장 큰 아델리펭귄 서식지의 하나로 1981년부터 2012년까지 조사 결과로 최대 약 64,000쌍이 번식하였던 지역이다(그림 31). 남극도독갈매기는 최대 181번식쌍이 확인된 바 있으며, 황제펭귄, 턱끈펭귄, 윌슨바다제비, 흰폴마갈매기 등이 관찰되었고 웨델물범도 흔하게 관찰된다.

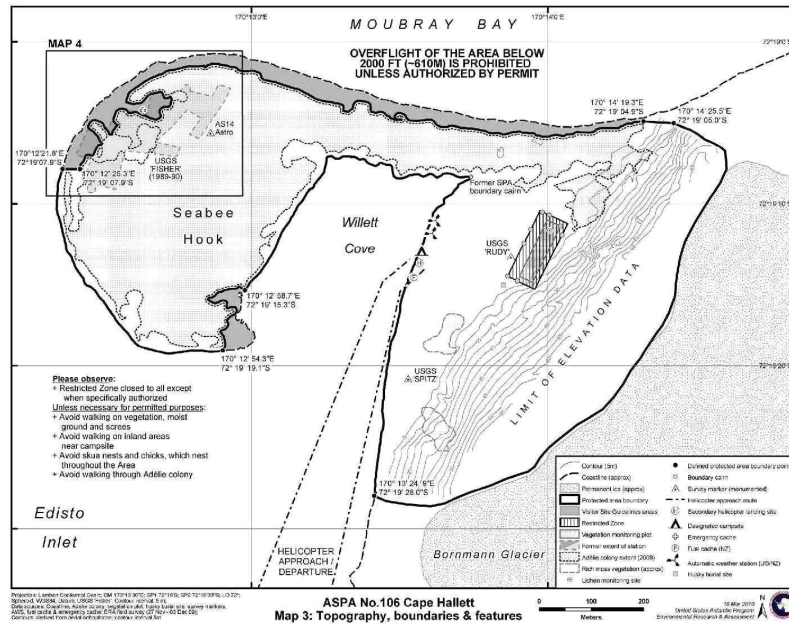


그림 31. Cape Hallett 보호구역 (Measure 6. ATCM 2015).

5.4.2. Inexpressible Island

이 지역은 식물상이 매우 빈약하여 펭귄군서지 인근에서 주로 발견되는 담수 녹조류 *Prasiola*와 암반에 착생하는 일부 지의류를 제외하고 특이할만한 식물상이 관찰되지 않았으나, 상세한 조사는 아직까지 이루어지지 못하였다.

이탈리아가 Inexpressible Island를 포함하여 테라노바만 지역을 크게 묶어 2010년에 해양보호구역 지정을 제안한 바 있으며, 당시 제출 자료에 따르면 약 25,000쌍의 아델리 펭귄이 번식하는 것으로 알려져 있다(ATCM 2010). 또한 표범물범, 웨델물범, 범고래 등이 관찰되는 지역이다.

5.5. 보호구역 및 사적지

제한된 활동 지역의 출발점인 장보고기지 주변에는 3곳의 남극특별보호구역(Antarctic Specially Protected Areas, ASPA, 그림 32)과 2곳의 역사적 장소(Historic Sites and Monuments, HSM)가 위치한다(www.ats.aq). 활동이 이루어지는 ASPA No. 106, 173, 159는 여기에서 제외하였다.

- ASPA 161(Terra Nova Bay, Ross Sea)
연안지역의 보존 및 장기간의 과학연구를 위해 지정된 특별보호구역 (74° 45' S, 164° 10' E). 이탈리아가 제안함(기지로부터 15.7km 이격)
- ASPA 165(Edmonson Point, Wood Bay, Ross Sea)
담수 수계의 다양성 및 풍부한 식생을 보호하기 위한 특별보호구역(74° 20' S, 165° 08' E). 이탈리아가 제안함(기지로부터 40.9km 이격)
- ASPA 175(High Altitude Geothermal Sites of the Ross Sea Region, summit of Mt Melbourne)
화산지역의 독특한 식물상 및 지열 지형을 보호하기 위한 특별보호구역으로 Mt. Erebus와 Mt. Melbourne(74° 21' S, 164° 42' E, 기지로부터 31.9 km 이격), Mt. Rittmann의 정상을 포함하며, 뉴질랜드와 미국이 2014년에 기존의 ASPA를 묶어 하나로 제안함
- HSM 14(Inexpressible Island, Terra Nova Bay)
테라노바베이 인익스프레서블섬에 위치한 얼음 동굴. 1910~1913년 영국 남극 탐사 시 빅터 캠벨(Victor Campbell)의 북쪽 탐험대가 1912년 3월에 만든 얼음 동굴로 이들은 이 동굴에서 1912년 겨울을 보냈다. 이곳에는 표지판과 널빤지, 물개 뼈가 아직 남아 있음(74° 54' S, 163° 43' E). 뉴질랜드가 제안하고 이탈리아, 영국과 함께 관리함(기지로부터 35.6km 이격)
- HSM 68(The moraine Hells Gate, Terra Nova Bay)
테라노바베이 헬스게이트(Hells Gate) 빙퇴석에 있었던 창고의 위치. 이 비상 창고는 1910~1913년 영국의 남극 탐험대가 1913년 1월 25일에 보급품과 장비들을

십은 셀매 형태로 지어졌음(74° 52' S, 163° 50' E). 뉴질랜드, 노르웨이, 영국이 제안하고 뉴질랜드와 영국이 관리함(기지로부터 31.0km 이격)

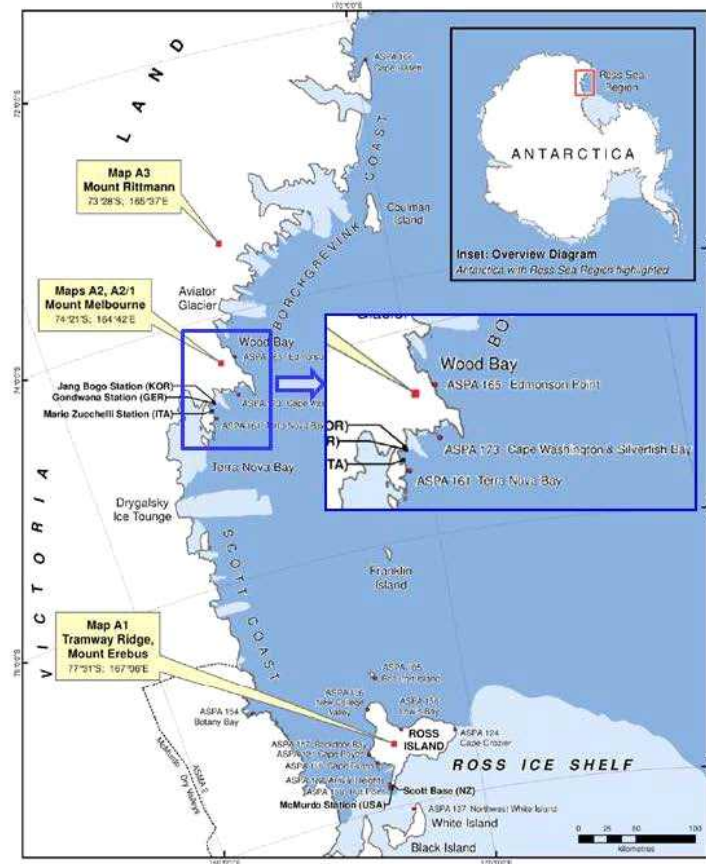


그림 32. 참고고기지 주변 남극특별보호구역(ASPAs)의 위치 (Measure 13, 2014, Map A 변형)

6. 활동으로 인한 영향 예측 및 저감 방안

6.1. 대기 오염 물질

6.1.1 영향 예측

제안된 활동으로 인해 발생하는 대기오염물질은 이동 및 운송을 위한 항공기 가동, 전자 장비 충전을 위한 발전기 가동, 캠프 운영을 위한 LPG 가스 이용 및 난방기로부터 발생한다. 영향 예측 범위는 주로 캠프가 운영되는 지역으로 예측된다.

제안된 활동에 필요한 장비 운영 및 캠프 운영시 연료 사용에 따른 오염물질 배출량은 표 11에 산정하였다. 활동으로 인해 이산화탄소 약 21.687 톤이 발생할 것으로 예상되며, 이산화황은 약 17.56 kg, 질소화합물 약 5.10 kg, 입자상오염물질(PM-10)은 약 5.04 kg이 발생할 것으로 예측되었다. 제안된 활동 지역은 대체로 대륙풍이 강하게 부는 지역으로 발생된 대기오염물질은 빠르게 확산되어 주변 환경에 대한 영향은 거의 없을 것으로 판단된다.

표 11. 유류(항공유, 휘발유)와 가스 사용으로 발생하는 대기오염물질 배출 예측량

발생원	총 연료량		대기오염 물질	배출계수		배출량(kg)
	부피(ℓ)	무게(kg)				
헬리콥터 ¹⁾ (항공유)	31,200	8,00024,960	CO	12.0	g/kg	299.520
			NO _x	0.2		4.992
			SO ₂	0.7		17.472
			PM10	0.2		4.992
			CO ₂	859		21440.640
난방기 ²⁾ (항공유)	148	118	CO	12.0	g/kg	1.420
			NO _x	0.2		0.024
			SO ₂	0.7		0.083
			PM10	0.2		0.024
			CO ₂	859		101.362
스노우모빌 ³⁾ (휘발유)	160	128	NO _x	0.002	g/kg	0.00026
			SO ₂	0.00972		0.00115
			PM10	0.11		0.014
			CO ₂	37		4.366
소형발전기(3kW) ³⁾ (휘발유)	40	32	NO _x	0.002	g/kg	0.00007
			SO ₂	0.00972		0.00032
			PM10	0.11		0.00352
			CO ₂	37		1.182
조리 (LPG) ⁴⁾	38.4 Nm ³	80	CO	0.2	kg/kI	0.00768
			NO _x	2.18		0.08372
			SO ₂	0.01		0.00039
			PM10	0.05		0.00192
			CO ₂	63,100		139.082

1) UK National Atmospheric Emission Inventory, 2002 적용, CO2: UK National Atmospheric Emission inventory 2008 적용. 2) '에너지산업 연소 공공/민간발전 1,2,3종 보일러 배출계수' 적용 (국가 대기오염 물질 배출량 산정편람, 2014. 국립환경과학원. 3) UK Halley VI 건설을 위한 CEE 참고. 4) 대기오염물질 배출계수, 국립환경과학원, 2000 적용, LPG 발열량은 57.8 MJ/Nm³, CO₂: 2006 IPCC Guidelines

6.1.2 저감 방안

제한된 활동으로 인한 대기오염물질 발생을 줄이기 위하여 헬리콥터 운항 회수 및 가동 시간, 캠프 기간 등에 대한 가장 효율적인 조사 계획을 수립하여 활동할 계획이다. 현장에서 사용될 모든 장비는 현장 배치 전에 철저히 정비하여 장비 효율을 높여 연료 소모를 줄이도록 할 예정이다.

6.2. 폐기물

6.2.1. 영향 예측

제한된 활동으로 인해 발생하는 폐기물은 캠프 운영 시 발생하는 음식물쓰레기와 일회용 음식물 포장, 캔, 플라스틱, 종이 등의 재활용 폐기물과 재활용이 어려운 일반 폐기물(음식물 등에 오염된 경우)이 발생할 것으로 예상된다. 지정폐기물로 빈 유류 드럼과 주유 호스의 유류 제거용으로 사용한 흡착포, 배터리류가 발생할 것으로 예상된다. 또한 캠프 인원에 의한 생활 오수와 분뇨가 발생할 것으로 예측된다.

발생된 폐기물이 강한 바람에 노출될 경우 남극 환경에 대한 영향이 예상되며, 음식물과 분뇨 등 유기물이 방치될 경우 주변에 서식하는 조류나 육상 식물상에 영향을 미칠 수 있다.

6.2.2 저감 방안

활동 지역과 캠프의 관리는 SCAR에서 제공한 육상과학 현장 연구를 위한 행동 강령의 '과학현장 사이트 관리'와 '야외 캠프'에 관한 제안에 기초하여 수행할 계획이다. 발생한 폐기물은 발생시 즉시 수거하여 1차 포장(비닐)하고 종류별로 보관하여 철수시 전량 장보고기지로 운송한 후 '대한민국남극과학연구단 폐기물 관리지침 v.1.1' (극지연구소와 환경부 2014)에 따라 처리할 계획이다. 음식물쓰레기와 관련 포장재의 발생을 줄이기 위해 가능한 개별 포장이 아닌 인원단위(예, 4인분 8인분 등)로 포장할 계획이다. 생활오수의 발생은 가능한 줄이고(식기 세척은 물티슈 사용 등) 수거할 계획이며, 인분도 전량 수거하여 기지로 운반, 처리할 계획이다. 단, 소변은 보호구역외 지역의 해빙에 구멍을 뚫고 방류한다(결빙기 이후에는 고조선 아래). 지정폐기물 중 빈 휘발유 드럼(절대로 분쇄해서는 안 됨)은 환기하여 보관하였다가 기지로 운송하여 처리할 계획이다. 리튬배터리는 습기에 취약하므로 접지 테이프 부착 후 밀봉하고 일반배터리는 접지 테이프 부착 후 분리하여 철수 시 기지로 운반하여 기지 반출 폐기물과 함께 국내로 반입하여 전문 업체를 통해 처리할 계획이다.

6.3. 소 음

6.3.1. 영향 예측

항공기를 이용한 이동 및 항공 촬영을 위한 헬리콥터 운항과 드론의 운영으로 번식시기에 있는 펭귄에 대한 영향이 있을 수 있다. 또한 Cape Hallett 지역에 장기 조사 캠프 설치를 위한 헬리콥터 운항과 조립작업 및 고정작업으로 인해 소음이 발생할 수 있다.

6.3.2. 저감 방안

Cape Hallett 지역에서 소형비행기의 접근과 착륙은 ASPA No 106의 관리계획서에서 제시한 운항 루트를 준수하여 펭귄에 대한 영향을 최소화할 계획이다. 또한 모든 조사 지역에서 헬리콥터의 운항은 고도 610 m(2000ft) 이상으로 하고 드론은 80~100 m 이상에서 운항하여 번식개체들에 대한 영향을 최소화할 계획이다. Cape Hallett지역 장기 캠프 구축은 펭귄의 번식시기가 끝나는 2월 중순에서 말경으로 계획하였다.

6.4. 연료 유출

6.4.1. 영향 예측

제한된 활동을 위해서는 항공기 운항과 캠프 운영을 위한 연료가 필요하다. 활동 지역 중 가장 멀리 위치한 Cape Hallett지역에는 헬리콥터의 운영과 난방 등을 위해 205 ℓ 드럼 48개를 운송하여 이번 시즌에 사용하고 남은 양은 2018/19 시즌을 위해 비축할 계획이다. 유류드럼에서 주유 중 소량의 연료가 유출될 수 있으며, 유출시 표층의 눈과 지반에 영향을 미칠 수 있다. 유류 드럼의 운반과 보관 시 부주의로 인한 드럼의 파손으로 유류 유출이 발생할 수 있다.

6.4.2. 저감 방안

205 ℓ 유류 드럼의 운반은 헬리콥터를 활용하여 운반할 계획이며, 현장 보관이나 사용 시 드럼을 와이어와 바를 이용해 단단히 고정하여 움직이거나 손상되지 않게 관리한다. 드럼은 마개부분이 위로 위치하게 놓아서 보관하여 유출 시 피해를 최소화할 계획이다. 또한 주유 시에는 유사시 대응을 위해 2인 1조 주유 원칙을 준수할 것이다. 주유 시 흡착포를 미리 준비하고 주유 후 호스에서 흘러내리는 소량의 유류도 제거하여 토양이나 지반에 대한 영향을 미치지 않도록 주의할 계획이다.

6.5. 노출 지반에 대한 교란

6.5.1. 영향 예측

조사 캠프의 설치와 운영으로 인한 노출 지반에 대한 일시적인 교란이 있을 수 있으며 활동 인원의 이동으로 인한 답압이 있을 수 있다.

6.5.2. 저감 방안

조사 캠프의 설치로 인한 빙퇴석의 교란으로 노출 지반에 대한 영향이 있을 수 있으나 캠프 모듈 고정을 위해 기초를 설치하지 않고 앵커와 와이어를 이용하여 지반에 대한 영향을 최소화할 계획이다. 또한 조사 인원의 이동으로 인한 답압이 있을 수 있으나 가능한 토양형성 지역에서 이동을 피하고 돌이나 암반위로 이동하여 그 영향을 줄일 계획이다.

6.6. 동식물상 교란

6.6.1. 영향 예측

조사 캠프 설치 지역에서 연구자의 이동과 캠프 설치로 인해 식물상에 대한 영향이 있을 수 있으며, 아델리펭귄의 취식활동 조사시 바이오 로거 부착으로 인해 펭귄들에 대한 교란이 있을 수 있다.

6.6.2. 저감 방안

캠프 설치로 인해 지반에 서식하는 식물에 영향을 미칠 수 있으나 캠프 설치지역은 해빙과 눈쌓임의 영향으로 식생 분포가 매우 빈약한 곳으로 선정되었다. 연구자의 이동시 식생분포가 풍부한 지역을 피하고, 특히 Cape Hallett의 제한 구역은 출입하지 않을 계획이다. 펭귄군서지는 펭귄의 답압과 분변의 영향으로 식생이 거의 없는 곳으로 식물상에 대한 영향은 미미할 것으로 예상된다.

아델리펭귄 취식활동 연구자는 기본적으로 남극과학위원회에서 제공하는 과학목적의 동물 이용시 행동강령(부록 3)을 숙지하고 조사에 임할 것이다. 취식활동 조사를 위한 바이오 로거 부착시 펭귄에 대한 영향을 가능한 줄이기 위해 포획직후 펭귄이 침착해지도록 머리부분을 천으로 감싸고 신속하게 로거를 부착하도록 한다(그림 7 부차에서 참조). 또한 부착할 로거는 펭귄의 유영이나 행동에 영향을 최소화할 수 있는 모델로 선정되었다.

6.7. 외래종 유입

6.7.1. 영향 예측

연구 장비와 인원의 신발류를 비롯한 피복, 보급품 등의 표면 또는 내부에 선적전에 유입된 남극외래 생물의 유입이 발생할 수 있다. 또한 장보고기지에서 타지역으로 이동시 토양이나 생물체가 남극 내에서 다른 환경도메인으로 이동할 가능성이 있다. 외래종 유입과 남극 지역 내 생물종의 지역 간 이동은 남극 생태계 고유의 과학적 가치를 저하시키고 남극 육상생태계에 대한 위험 요소가 될 수 있다.

6.7.2. 저감 방안

조사 인원, 장비 및 물품 등에 의하여 유입되어 확산될 수 있는 남극외의 외래종 유입을 방지할 수 있도록 연구 장비와 물품 보급 전에 남극 환경보호위원회(CEP)의 Non-native species manual(2016)에 따라 검사하고 인원 파견 전에 COMNAP에서 개발한 외래종 교육 모듈(ATCM 2015)을 활용, 교육을 실시하여 장비, 인원들의 피복, 신발류 등을 철저히 세척, 살균하도록 할 계획이다.

또한 남극 내 지역 간 생물종의 이동을 방지하기 위해 기지 주변의 식물 개체나 일부가 조사 장비, 인원의 피복류에 묻어가지 않도록 점검하고 최대한 제거하여 이동할 계획이다.

6.8. 누적 영향

남극 활동으로 인한 누적 영향은 과거와 현재, 미래의 활동이 누적되어 환경에 미치는 영향이다. 제안된 활동이 이루어질 지역 중 Cape Hallett의 캠프 지역은 뉴질랜드와 미국에서 활용했던 지역으로 제안된 활동과 함께 그에 따른 누적 영향이 있을 것으로 판단된다.

남극 환경에 대한 누적 영향을 평가하고 최대한 저감하기 위해 캠프 지역과 항공유 저장소 등에 대해 지속적인 모니터링과 제안된 저감방안에 따라 활동을 수행할 계획이다.

6.9. 영향 매트릭스

제안된 활동으로 인하여 예측되는 영향을 종합하여 표 12에 영향 매트릭스를 제시하였다. 활동의 세부 내용들은 환경적 스트레스 요인과 영향을 예측하여 각 스트레스 요인 및 영향의 가능성, 범위, 기간, 중요도의 정도에 따라 독립적으로 평가되었다. 평가 결과에 따라 각 스트레스 요인별 저감방안을 제안하였다.

표 12. 영향 매트릭스

활동	예측되는 영향	가능성	범위	기간	강도	저감 방안
운송 및 이동	<ul style="list-style-type: none"> 대기오염물질 발생으로 인한 남극 대기질 저하 연료유출로 인한 눈, 지반의 오염 외래종 유입으로 인한 생태계 교란 	낮음 낮음 낮음	이동경로 및 활동지역	약 10일	낮음	<ul style="list-style-type: none"> 최적의 운송 및 이동 계획 수립 연료유출 방지 교육 실시 및 연료유출 방지 교육 실시 및 연료 주입시 2인 1조 원치 준수, 방재물품 비치로 유출시 즉각 대처 외래종 방지 교육 실시 및 장비 점검
에너지 공급	<ul style="list-style-type: none"> 대기오염물질 발생으로 인한 남극 대기질 저하 연료 유출로 인한 눈, 빙상의 오염 	낮음 낮음	캠프 사이트	약 46일	낮음	<ul style="list-style-type: none"> 연료유출 방지 교육 실시 및 연료 주입시 2인 1조 원치 준수, 방재물품 비치로 유출시 즉각 대처
조사 활동 및 시료채취	<ul style="list-style-type: none"> 땀권에 대한 교란 식물상에 대한 교란 	중간 낮음	캠프 및 조사 지역	약 50일	낮음	<ul style="list-style-type: none"> 폐기물의 철저한 관리 및 전량 철수 필요이상의 시료 채취 금지 및 불필요한 물리적 교란 최소화 식물상 민감지역 접근 금지
캠프 설치 및 운영	<ul style="list-style-type: none"> 폐기물로 인한 눈, 지반 오염 캠프 설치로 인한 노출지 교란 외래종 유입으로 인한 생태계 교란 	낮음 중간 낮음	캠프 사이트	약 46일	낮음	<ul style="list-style-type: none"> 폐기물의 철저한 관리 및 전량 철수 지반에 영향을 최소화한 고정 방식 채택과 철거 후 가능한 원상 복구 외래종 방지 교육 실시 및 기지에서 연구 장비, 인원의 폐복류 점검
연료 저장	<ul style="list-style-type: none"> 연료 유출로 인한 눈, 지반 오염 	낮음	항공유 보관소	약 5년	낮음	<ul style="list-style-type: none"> 항공유 드럼은 미개를 위로하여 보관하고, 주유 시 흡착포 사용



7. 결 론

제안된 활동은 로스해 해양보호구역의 생태계 구조와 상위포식자(펭귄) 개체군 모니터링과제의 일환으로 상위포식자인 펭귄 개체군의 규모와 그 동태의 파악을 목적으로 한다. 계획된 활동을 수행하기 위해서는 인원과 장비의 이동과 조사 캠프의 설치 및 운영을 위한 연료 공급과 제안된 지역에서 연구자의 활동이 필요하다.

상기의 제안된 활동으로 인해 발생할 수 있는 환경 영향은 연료 사용으로 인한 대기 오염물질 배출, 캠프 설치로 인한 눈과 노출지반에 대한 물리적 교란, 연료 주입 및 보관시 유출 가능성, 펭귄 개체군 규모 조사와 취식활동 조사로 인한 영향, 활동인원의 부주의로 인한 의도하지 않은 외래종의 유입과 남극 내 지역간의 생물종 이동이 예측되었다. 6장에서 예측된 환경 영향과 영향 매트릭스의 영향 범위 및 영향의 강도로 볼 때 제안된 활동으로 인한 남극환경 영향은 사소하거나 일시적일 것으로 판단된다. 또한 예측된 영향을 최소화하기 위해 수립된 저감 방안의 실행으로 그 영향은 더욱 감소 될 것으로 예상된다.

제안된 활동의 결과로 획득될 로스해 해양보호구역의 펭귄 개체군들에 대한 조사 자료는 해양보호구역의 보존 조치의 모니터링에 포함되어 활용될 것이며, 또한 해양보호구역의 보호조치에 대한 효율성 검증에 활용될 것으로 기대된다.

8. 작성자 및 자문

[작성자]

- 정 호 성 한국해양과학기술원 부설 극지기연구소 극직생명과학연구부 책임연구원 / 활동 전체 계획
- 김 정 훈 한국해양과학기술원 부설 극지기연구소 극직생명과학연구부 책임연구원 / 로스해 MPA 지역 연구계획
- 김 지 희 한국해양과학기술원 부설 극지기연구소 극직생명과학연구부 책임연구원 / 환경영향평가 분야
- 정 진 우 한국해양과학기술원 부설 극지기연구소 극직생명과학연구부 연수연구원 / 캠프 설치 및 운영 분야

[연락처]

- 전반적인 활동 계획 및 연구 과제 관련 문의
정 호 성 전화: 032-760-5510 e-mail: hchung@kopri.re.kr
- 환경영향평가관련 문의
김 지 희 전화: 032-760-5512 e-mail: jhalgae@kopri.re.kr

[자문 위원]

- 김 은 희 시민환경연구소 연구원 / 환경 분야
- 박 제 량 홍익대학교 건설도시공학부 토목공학과 조교수 / 대기오염물질
- Gary Willson 뉴질랜드 남극연구소(NZARI) 소장 / Cape Hallett 보호구역내 활동
- Polly Penhale 미국 남극연구사무소(NSF OPP) 환경담당관 / Cape Hallett 보호구역내 장기 조사 캠프 설치 관련

9. 참고 자료

- 국립환경과학원 2014. 국가 대기오염물질 배출량 산정방법 편람. 269 p.
- 극지연구소, 환경부 2014. 대한민국 남극과학연구단 폐기물 관리지침 v.1.1
- ANZ 2003. Latitudinal Gradient Project Cape Hallett Camp Initial Environmental Evaluation. Antarctica New Zealand. 34 p.
- ATCM 2004. Resolution 2. Guidelines for the operation of aircraft near concentrations of birds in Antarctica.
- ATCM 2013. Measure 17. Management Plan for Antarctic Specially Protected Area(ASP) No. 173. Cape Washington & Silverfish Bay, Northern Terra Nova Bay Ross Sea.
- ATCM 2015. Measure 6. Management Plan for Antarctic Specially Protected Area(ASP) No. 106 Cape Hallett, Northern Victoria Land, Ross Sea (170° 14' E, 72° 19' S).
- ATCM 2017. SCAR's Code of Conduct Terrestrial Scientific Field Research in Antarctica. ATCM XL WP 18.
- BAS 2015. Initial Environmental Evaluation Science Projects On the Filchner-Ronne Ice Shelf, Antarctica. British Antarctic Survey.
- Korczak-Abshire M, Kidawa A, Amarz A, Storvold R, Karlsen SR, Rodzewicz M, Chwedorzewska K, Znoj A. 2016. CCAMLR Science, 23, 1-16.
- Morgan F, Barker G, Briggs C, Price R and Keys H 2007. Environmental Domains of Antarctica. Version 2.0 Final Report, Manaaki Whenua Landcare Research New Zealand Ltd, 89 p.

<p>4. “남극환경모니터링”이라 함은 법 제17조 규정에 의하여 남극활동의 허가를 받은 자가 해당 남극활동으로 인해 남극환경에 미치는 영향의 정도를 파악하기 위해 조사·분석·평가하는 행위를 말한다.</p> <p>5. 기타 이 지침에서 별도로 정하지 않은 용어의 정의는 법 제2조를 준용한다.</p> <p style="text-align: center;">제2장 평가서 작성에 관한 사항</p> <p>제3조(환경영향평가서의 구분) 환경영향평가서는 다음의 각 호의 구분에 따라 예비환경영향평가서, 초기환경영향평가서, 포괄적환경영향평가서로 구분되어 작성되어야 한다.</p> <p>1. 예비환경영향평가서 : 단순 방문 등 남극환경에 극히 사소하거나 극히 일시적인 영향을 미칠 것으로 예상되는 경우</p> <p>2. 초기환경영향평가서 : 건축물 또는 설비의 수신·변경 등 남극환경에 사소하거나 일시적인 영향을 미칠 것으로 예상되는 경우</p> <p>3. 포괄적환경영향평가서 : 건축물 또는 설비의 신축·신설 등 남극환경에 사소하거나 일시적인 것을 넘는 심각한 영향을 미칠 것으로 예상되는 경우</p> <p>제4조(예비환경영향평가서의 구성) 법 제7조제1항제1호에 의한 예비환경영향평가서에는 다음 각 호의 내용이 포함되어야 한다.</p> <p>1. 요약문</p> <p>가. 남극활동 및 남극환경영향에 대한 전반적인 요약</p> <p>2. 활동의 개요</p> <p>가. 남극활동 관련 정보(대상지역, 이동관련 정보, 남극체류날짜, 책임자 인적사항, 참가자 명단, 다른 남극협의당사국과의 공동활동 유무 등)</p> <p>나. 남극활동 내용(목적 및 필요성, 활동 상세내용, 영향 및 파급효과 등)</p> <p>다. [별표1]의 남극 환경영향 사전검토표의 각 항목에 대한 검토 내용</p> <p>라. 환경관리계획 : 남극 활동에 따라 예상되는 환경영향에 대한 대응방안</p> <p>마. 계획된 남극활동의 경로 및 주된 활동 지역을 확인할 수 있는 지도(각 국이 설치한 기지 인근 지역이 아닐 경우)</p> <p>3. 평가수준의 결정근거</p> <p>가. 제2호의 다목 및 라목을 근거로 남극활동으로 인한 환경영향 및 그에 대한 적절한 저감방안을 요약하여 평가수준을 예비환경영향평가로 설정한 사유 제시</p> <p>제5조(초기환경영향평가서의 구성) 법 제7조제1항제2호에 의한 초기환경영향평가서에는 다음 각 호의 내용이 포함되어야 한다.</p> <p>1. 요약문</p> <p>가. 남극활동 및 남극환경영향평가에 대한 전반적인 요약문</p> <p>나. 목적, 필요성, 현안, 고려된 대안, 현재의 환경상태, 각 대안별 영향에 관한 요약문</p> <p>2. 활동의 개요</p> <p>가. 남극활동 관련 정보(대상지역, 이동관련 정보, 남극체류날짜, 책임자 인적사항, 참가자 명단, 다른 남극협의당사국과의 공동활동 유무 등)</p>

- 나. 남극활동 내용(목적 및 필요성, 활동 상세내용, 영향 및 파급효과 등)
 - 다. 계획된 남극활동의 경로 및 주된 활동 지역을 확인할 수 있는 지도
 - 3. 평가수준의 결정근거
 - 가. 환경영향에 대한 전반적인 내용 요약
 - 나. 환경관리계획 : 남극 활동에 따라 발생이 예상되는 환경영향에 대해 구체적인 저감방안 요약
 - 다. 평가수준의 결정 근거 : 이미 실시된 바 있는 국내·외 초기환경영향평가의 사례와 가목 및 나목을 근거로 하여 평가수준을 초기환경영향평가로 설정한 사유 제시
 - 4. 대안의 설정 및 평가
 - 가. 남극활동의 목적 또는 필요성을 고려하여 지역, 규모, 인원, 시기 및 기간, 방법 등 해당 남극활동에 대한 대안 검토 내용
 - 나. 남극활동이 이루어지지 않았을 때의 장래 환경 상태의 예측
 - 5. 중점평가항목의 설정
 - 가. 제8조의 규정에 따라 환경영향평가 대상지역을 설정
 - 나. [별표2]의 평가항목 중 남극 활동으로 인해 가목의 대상지역에 직접적인 영향이 미치는 항목을 중점항목으로 선정
 - 다. 선정된 중점항목에 대한 선정 사유
 - 6. 항목별 주요 평가내용
 - 가. 제9조를 참조하여 실시한 대상지역에 대한 현황 조사 내용
 - 나. 제10조 및 제11조를 참조하여 남극활동으로 인한 직접적인 환경영향을 예측 및 평가하며, 동일 혹은 인근 지역에서 과거 시행되었거나 시행중인 혹은 계획 중인 활동으로 인한 누적적 영향을 포함
 - 다. 오염저감방안은 제12조를 참조하여 가능한 모든 대안을 검토한 뒤 최적의 저감방안을 선정하여 그 이유와 함께 제시
 - 7. 부록(평가관련 각종 참고자료)
 - 가. 작성자 및 자문위원
 - 나. 참고문헌, 색인, 용어해설 등
- 제6조(포괄적환경영향평가서의 구성) 법 제7조제1항제3호에 의한 포괄적 환경영향평가서에는 다음 각 호의 내용이 포함되어야 한다.
- 1. 요약문
 - 가. 남극활동에 대한 전반적인 요약문
 - 나. 목적, 필요성, 현안, 고려된 대안, 현재의 환경상태, 각 대안별 영향에 관한 요약문
 - 2. 활동의 개요
 - 가. 남극활동 관련 정보(대상지역, 이동관련 정보, 남극체류날짜, 책임자 인적사항, 참가자 명단, 다른 남극협의 당사국과의 공동활동 유무 등)
 - 나. 남극활동 내용(목적 및 필요성, 활동 상세내용, 영향 및 파급효과 등)
 - 다. 계획된 남극활동의 경로 및 주된 활동 지역을 확인할 수 있는 지도

3. 평가수준의 결정근거
- 가. 환경 영향에 대한 전반적인 내용 요약
- 나. 환경관리계획 : 남극 활동에 따라 발생이 예상되는 환경영향에 대해 구체적인 저감방안 요약
- 다. 평가수준의 결정 근거 : 이미 실시된 바 있는 국내·외 포괄적 환경영향평가의 사례와 가목 및 나목을 근거로 하여 평가수준을 포괄적환경영향평가로 설정한 사유 제시
4. 대안의 설정 및 평가
- 가. 남극활동의 목적 또는 필요성을 고려하여 지역, 규모, 인원, 시기 및 기간, 방법 등 해당 남극 활동에 대한 대안 검토 내용
- 나. 남극활동이 이루어지지 않았을 때의 장래 환경 상태의 예측
5. 증점평가항목의 설정
- 가. 제8조의 규정에 따라 환경영향평가 대상지역을 설정
- 나. [별표2]의 평가항목 중 남극 활동으로 인해 가목의 대상 지역에 직접적인 영향 및 간접적인 영향이 미치는 항목을 증점항목으로 선정
- 다. 선정된 증점항목에 대한 선정 사유
6. 항목별 주요 평가내용(현황, 영향 예측 및 오염저감방안)
- 가. 제9조를 참조하여 실시한 대상지역에 대한 현황 조사 내용
- 나. 제10조 및 제11조를 참조하여 남극활동으로 인한 직접적인 환경영향과 간접적인 환경영향을 예측 및 평가하며, 동일 혹은 인근 지역에서 과거 시행되었거나 시행중인 혹은 계획 중인 활동으로 인한 누적적 영향을 포함
- 다. 오염저감방안은 제12조를 참조하여 환경영향에 대한 완화 및 복원방법을 포함하여 가능한 모든 대안을 검토한 뒤 최적의 저감방안을 선정하여 그 이유와 함께 제시
- 라. 사용된 환경영향 예측 기법 및 데이터
7. 남극환경모니터링 계획
- 가. 남극활동의 유형, 규모, 남극활동을 수행하는 장소의 환경특성을 고려하여 수립
- 나. 검증 가능한 가설 설정 및 모니터링할 분야 및 매체 선정
- 다. 자료 습득방법, 샘플링 설계, 자료 수집 빈도 및 시기
- 라. 조사 지역, 항목, 시기, 기간, 주기 또는 빈도, 인력 및 장비, 예상치 못한 상황 발생 시 대응 계획
8. 남극활동으로 인한 불가피한 영향(저감할 수 없는 영향)
9. 현재의 기술로는 예상할 수 없는 불확실성 및 지식의 공백
10. 부록(평가관련 각종 참고자료)
- 가. 작성자 및 자문위원
- 나. 참고문헌, 색인, 용어해설 등
- 제7조(평가서작성에 관한 지침) ① 평가서는 과학적인 사실에 근거를 두고 객관적, 논리적으로 작성되어야 한다.
- ② 남극활동으로 인하여 환경에 미칠 각 영향의 중요도를 규명하여 중요한 사항을 집중적으로 고찰하여야 하며, 경미한 사항은 간략히 기술할 수 있다.

③ 평가서에 사용되는 전문용어에 대하여는 일반인이 이해할 수 있도록 해설을 붙여야 한다.

제8조(환경영향평가 대상지역의 설정) ① 제5조제5호가목 및 제6조제5호가목의 환경영향평가대상지역의 설정은 남극활동으로 인하여 환경에 영향을 미칠 것으로 예상되는 지역으로 하되, 환경영향이 미치는 지역의 범위는 과학적으로 예측·분석한 결과에 의하여야 한다.

② 제1항의 규정에 의한 환경영향 예측·분석에 사용된 기법, 내용, 관련자료 등을 객관적으로 제시하고, 그 타당성을 명시하여야 한다.

제9조(환경현황조사) ① 제5조제6호가목 및 제6조제6호가목의 남극환경에 대한 현황조사는 국내·외 기존 남극활동에 관한 환경영향평가, 모니터링보고서, 관측활동 보고서 및 논문 등의 기존자료 또는 전문가의 의견을 듣는 방법으로 작성하되, 필요한 경우에는 현지조사를 실시 할 수 있다.

② 기존자료에 의한 조사를 실시하게 되는 경우에는 가장 최근의 자료를 인용하고 본문의 해당내용 하단에 인용문헌 또는 그 출처를 표기하여야 한다.

제10조(영향의 예측·분석) ① 제5조제6호나목 및 제6조제6호나목의 영향의 예측·분석은 환경현황조사내용을 토대로 당해 남극활동으로 인하여 변화되는 환경 인자를 고려하여 제12조의 저감대책의 수립 전·후로 나누어 실시하여야 한다.

② 평가항목 상호간에 관련이 큰 사항에 대하여는 상호 연계하여 영향의 예측·분석을 실시하여야 한다.

③ 영향의 예측·분석을 함에 있어서 현재의 기술적 상황을 고려하여 정량화가 가능한 경우에는 정량적 방법으로, 정량화가 곤란한 경우에는 객관적·정성적 방법으로 예측·분석하여야 한다.

④ 기지 건설 등 건설공사가 필요한 경우 공사 시와 운영 시로 나누어 작성하여야 한다.

제11조(예측·분석에 따른 평가) ① 제5조제6호나목 및 제6조제6호나목의 평가항목별로 예측·분석한 결과에 대한 평가 시 남극활동이 이루어지지 않았던 것처럼 남극 환경을 최대한 보전하는 관점에서 평가를 실시하여야 한다.

② 국내의 환경기준을 참고하거나 현재의 과학적 지식, 경험 및 외국에서 사용되고 있는 기준, 남극조약의 환경관련 결정 내용 등을 활용하여 남극 환경에 대한 영향의 최소화를 환경보전목표로 설정하고 이를 토대로 평가를 행한다.

제12조(저감대책의 수립) ① 제5조제6호다목 및 제6조제6호다목의 오염저감대책은 환경현황 및 영향의 예측·분석·평가 등의 내용을 토대로 합리적이고 구체적인 내용으로 수립되어야 한다.

② 평가서에 제시하는 저감방안에 대하여는 가능한 모든 대안을 비교하여 최적의 방안을 선정하여야 한다.

③ 기지 건설 등 건설공사가 필요한 경우 공사 시와 운영 시로 나누어 작성하여야 한다.

제13조(남극조약과의 관계) 평가서 작성 시 남극조약의 환경보호위원회와 기타 의정서 협의당사국이 정하는 남극환경 관련 결정, 기준 등에 부합되도록 작성한다.

제14조(비밀에 관한 사항) 평가서의 내용 중 비밀(대의비 포함)로 분류되어야 할 사항은 별책으로 분리·작성할 수 있다.

부칙

제1조(시행일) 이 지침은 고시한 날부터 시행한다.

제2조(남극 환경영향평가서 작성 등에 관한 적용례) 이 지침은 시행일 이후 별 제5조에 따른 남극활동의 허가를 신청하는 건부터 적용한다.

[별표 1]

남극 환경영향 사전 검토표

항목	예	아니오
① 남극특별보호구역의 출입		
② 방사능물질, 화학약품, 페인트 등의 물질 사용		
③ 폭약의 사용		
④ 동·식물(씨앗 포함), 미생물, 살균되지 않은 토양의 남극지역 내 반입		
⑤ 동·식물 또는 서식지의 훼손		
⑥ 자연표본(불, 토양, 화석, 물, 얼음, 뼈, 깃털 등)의 채취		
⑦ 시설물(기념표, 말뚝, 기후측정기, 정보기록기 등)의 설치		
⑧ 얼음이 없는 지역에서의 교란행위 (도보여행, 차량운행, 토양채취, 시설물 설치 등)		
⑨ 남극활동이 없었던 지역으로의 방문		
⑩ 기타 교란행위 (소음 또는 먼지 등)의 발생		
⑪ 해양 오염		

※ 위 표 중 '예' 항목에 표시할 경우 다음 표를 참고하여 구체적인 설명 자료를 작성하여 예비환경영향평가서에 포함하여 제출하여야 함

〈참고〉 남극 환경영향 사전검토표 추가 설명자료 예시	
① 남극특별 보호구역의 출입	역사적 유물이 있는 곳을 포함한 모든 남극지역내의 출입하고자하는 보호구역을 명시 - 각 보호지역에서의 활동의 목적 및 다른 지역에서 대재활동을 못하는 정당한 사유를 명시 - 관련 관리계획의 준수를 위한 계획서 작성 - 활동이 샘플의 채취와 관련이 있다면 보호구역내에서의 정확한 위치를 지도에 명시
② 화학물질의 사용	사용할 화학물질의 목록을 작성하고 방사능물질 관련일 경우 반감기 등을 명시 - 화학물질이 환경에 방출되지 않도록 안전관리 계획수립 - 만약 환경에 방출을 해야만 할 경우 사용량 및 제어방안 수립 - 최종 처리계획 수립(한국으로 다시 가져온다 등)
③ 폭약의 사용	폭약의 양 및 환경(동·식물 및 서식지 등)에 미치는 영향을 최소화 할 수 있는 방안 수립
④ 동식물 및 토양의 반입	반입하고자 하는 모든 생명체 및 토양의 목록 작성 및 반입의 목적 및 필요성을 설명 - 반입할 생명체가 유전자 조작체(GMO, LMO)여부를 명시 - 최종 처리계획을 포함하여 생명체가 남극지역에 방출되지 않을 수 있는 방안 수립
⑤ 동·식물 또는 서식지 훼손	활동의 대상이 될 수 있는 모든 동·식물 목록 작성 및 활동내용 기술(채취, 피(血)채취, 서식지 파손등) - 대상 동·식물 및 서식지에 대한 영향을 최소화할 수 있는 방안 수립 - 특별히 허가서를 받은 경우 허가서의 사본을 첨부하고 허가서가 필요 없다고 판단한 경우 그 이유를 설명
⑥ 자연 표본의 채취	채취하려고 하는 모든 대상물의 목록작성 - 필요성을 기술 - 허가서를 받은 경우 허가서의 사본을 첨부하고 허가서가 필요 없다고 판단한 경우 이유를 설명
⑦ 시설물 설치	모든 설치물의 목록 작성 - 필요성을 기술 - 제거 계획수립(언제, 어떻게 등을 포함)
⑧ 얼음이 없는 지역에서의 교란행위	활동을 하려고하는 얼음이 없는 지역 명시 - 해당 지역의 현황(훼손지인지 천연의 지역인지) 기술 - 예상 영향지역의 명시(크기 포함) - 예상되는 훼손의 종류
⑨ 남극 미방문지료의 방문	미방문되었거나 미사용되었던 지역에서의 활동 필요성 기술 - 환경영향 저감방안 및 모니터링 계획 수립
⑩ 기타 교란행위	활동이 미칠 수 있다고 여겨지는 기타 환경영향에 관한 기술
⑪ 해양 오염	활동이 해양 생태계 및 수질에 영향을 미칠 수 있다고 여겨지는 사항에 관한 환경영향에 관한 기술

[별표 2]	
평가항목 및 항목별 주요평가내용	
평가항목	주요평가내용
1. 대기	<ul style="list-style-type: none"> ○ 배출원별 오염물질의 특성 분석 및 저감방안 ○ 연료사용계획 및 열공급방식 검토·분석 ○ 풍향·풍속과 오염물질의 확산 관계 및 저감대책
2. 기상	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기온, 증발량, 일조시간, 안개일수, 적설량 등 기상변화 예측 및 대책 ○ 남극활동으로 인한 극지기상의 변화 및 대책
3. 수질 및 수자원	<ul style="list-style-type: none"> ○ 수계의 현황(유속, 유량, 수위, 수질)과 이에 미치는 영향 및 대책 ○ 오염원 발생 시 오염원별 특성 분석 및 오·폐수 처리대책 ○ 용수공급계획과 용수사용량과의 관계분석(용수사용량 저감 및 재이용계획포함) ○ 처리수 방류지점 선정에 관한 분석 ○ 지하수의 수맥차단, 수량감소 및 오염방지대책
4. 해양환경	<ul style="list-style-type: none"> ○ 오염물질 등으로 수질에 미치는 영향 및 대책 ○ 해수유통상태의 변화 및 그에 따른 수질예측과 저감 대책(대안의 선정·비교 등) ○ 해저지형 및 수심의 변화정도에 따른 영향 및 대책 ○ 해안생태계 및 동·식물에 미치는 영향 및 대책
5. 빙설(氷雪)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 빙상, 빙하, 빙봉의 분포 및 형상 ○ 빙상, 빙하, 빙봉의 교란 위치·범위 및 표층의 변화 예측 및 대책 ○ 빙하의 이동 방향 ○ 항구적인 노출지대 및 용설(融雪)에 따른 무설지역의 범위 및 시기
6. 토양	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지표 교란의 위치 및 범위 예측 및 대책 ○ 기름, 독극물, 슬러지 및 오염물질의 저장, 운반, 이용 등에 따른 영향 및 대책 ○ 오·폐수 방류구 부근의 토양오염 및 방지대책
7. 지형 및 지질	<ul style="list-style-type: none"> ○ 역사적·경관적·학술적·문화적 또는 자연환경보전상 보전가치가 있는 지형·지질의 조사 및 보전대책 ○ 지형변화(지반침하, 지각운동, 기반암의 심도와 특성, 지하수 유출, 침강, 퇴적 등)를 야기하는 지형·지질의 특성파악, 영향의 정도 및 대책
8. 동식물	<ul style="list-style-type: none"> ○ 동·식물 개체군, 군집, 군락의 변화예측 및 대책 ○ 토착종, 희귀종, 멸종위기에 처한 종의 유무에 대한 검토 및 대책 ○ 온배수 배출에 따른 주변 해양동·식물상·변화예측 및 대책 ○ 생물의 번식기, 철새도래지 등을 고려한 활동 시간대의 조정필요성 여부 ○ 동·식물의 이동로, 서식·생육환경의 교란 및 훼손여부와 그에 따른 영향 및 대책 ○ 동·식물상과 종 및 개체수의 분포상황, 종의 다양도 산출 및 보전대책 ○ 자연식생의 보존 방안
9. 남극 자산 및 특별구역	<ul style="list-style-type: none"> ○ 남극사적 기념물의 보전에 대한 영향 예측 및 대책 ○ 남극 특별보호구역 및 특별관리구역에 대한 영향 예측 및 대책
10. 폐기물	<ul style="list-style-type: none"> ○ 폐기물의 성상별 발생량 예측 및 처리대책 (반출, 재활용 방안 등의 검토·분석)
11. 소음·진동	<ul style="list-style-type: none"> ○ 소음원 조사 및 저감대책 ○ 소음·진동을 고려한 시간대별 활동계획 ○ 폭발사용 등으로 인한 소음·진동예측 및 저감대책

2. 남극과학위원회(SCAR)의 육상 과학 현장 연구를 위한 행동강령(CoC)
(2017, Beijing, ATCM 40/CEP20 WP18)

배 경

1. 본 CoC는 남극 육상 현장조사를 수행하는 과학자들을 위한 지침으로 제공됨. 본 CoC의 필요성이 제기된 9차 CEP(CEP 9 최종보고서, 132 문단)에 따라 SCAR가 활용 가능한 버전을 내놓은 바 있음. CoC는 SCAR 커뮤니티와 COMNAP에 의해 검토되어왔으며 2008년 7월 모스크바에서 열린 30차 SCAR 대표 회의에서 승인된 바 있음. 2017년 SCAR에서 추가적인 검토가 있었으며 20차 CEP에서 고려할 수 있도록 개정본을 제출함
2. 본 CoC에 표현된 '외래종 번식체의 유입 방지 요구'는 여러 ASPA와 ASMA 관리계획과 연구 기지들의 운영절차에도 일반적으로 포함되어있는 사항임. 그러나 다양한 프로토콜에서 다른 용어와 설명으로 표현되어있어, 여기에는 일반적인 용어를 사용하여 보호구역을 포함한 남극의 어떤 지역에서도 활용할 수 있는 통일된 CoC를 제공하고자 함

서 론

3. 남극은 수많은 독특한 지질학적, 고생물학적, 빙하학적, 생물학적 특성을 가지고 있음. 이러한 남극의 경관과 생물학적 군집들은 교란으로부터 회복하는 자연적 능력에 한계가 있음. 많은 특성들이 쉽게 그리고 비가역적인 손상을 받을 수 있음. 이 CoC는 과학자들과 관련 인원들이 미래 과학연구에 부끄럽지 않고 미래세대를 위해 남극환경을 보호하면서 과학 야외 활동들을 수행하는 방법에 대한 제안들을 제공함. 이 프로토콜은 인간 존재가 가능한 적은 영향을 미치도록 보장하고 있음. 과학 연구를 수행하는 모든 인원이 본 CoC에 익숙해져야함
4. 남극조약에 대한 환경보호의정서는 남극에서의 환경보호와 관리에 대한 기본을 제공하고 있음. 기후변화와 인간활동의 압력 증가는 남극의 독특한 특성을 보호하기 위한 포괄적인 가이드라인을 필요로 하고 있음. 이 CoC는 의정서의 관련 부분을 보완하고 있으며, 남위 60도 이상의 만년빙과 육상에 기반하는 현장 연구(호소, 육상, 연안/조간대, 빙하, 생물, 고생물, 사회학, 역사, 고고학, 기후학 그리고 지질학 연구를 포함)를 수행하는 연구자들에게 지침을 제공함. 여기서 'field' 활동이란 기간에 상관없이 자연환경에서 행하여지는 모든 과학활동과 이 활동을 지원하기 위한 로지스틱 활동으로 정의됨
5. 남극에서 육상 현장 연구를 하는 모든 국가는 본 CoC를 자국 운영 절차에 포함시키고 연구수행자나 지원인력들이 CoC를 따르도록 할 것을 권장함
6. 탐사의 안전에 영향을 주지 않는 한 현장에서 과학연구를 수행하는 모든 인원이 최대한 본 CoC에 따를 것을 제안함

일반적인 가이드라인

7. 남극 과학자들은 연구를 위해 고산이나 북반구 극지역을 방문할 기회가 많아 남극 여행자들에게 비해 남극(아남극)에 외래종 번식체를 가지고 들어올 기회가 잠재적으로 더 높음. 더구나 남극 과학자들은 빈번히 생물다양성과 지질다양성의 상당한 차이를 보이는 남극보존생물지리구역들(ACBRs) 간에 이동함. 이러한 서식지내에서 수행되는 연구 과정에서 의도하지 않게 옷이나, 연구장비, 장비 케이스로 번식체 및 토양을 옮길 수 있음. 이러한 항목들이 세척/멸균되지 않고 남극 또는 ACBRs 간에 옮겨지게 되면 번식체와 같은 물질들이 남극에 옮겨질 기회가 됨. 남극으로 들어가거나 남극내의 지역간 이동하는 장비는 적절히 세척/멸균되어야 함
8. 인간에 의한 종의 이동은 개체군의 유전 구조 변화에서 지역 생물다양성 변화와 다음 단계로 군집 변동에 영향을 주는 결과를 초래할 수 있음. 인간에 의한 남극외 지역에서의 종(또는 번식체)의 이동은 대부분의 경우 외래종으로 생각할 수 있음. 그러나 지역간의 차이들을 고려하여, 지역내 자생종의 이동 또한 최소화할 필요 있음. 자생생물의 우발적인 이동은 분자 적응(molecular adaptation)에 대한 과학연구, 지역적 진화와 생물지리학 연구를 타협하게 할 수 있고 인위적 영향이 가장 제한된 시스템을 제공하는 남극의 내재적 가치를 감소시킴
9. 남극 현장 활동은 환경영향을 가능한 최소화 하도록 디자인되어야 함

현장에 가기 전

10. 환경보호의정서 부속서 I에 따라 방문 현장에서 활동으로 인해 발생할 수 있는 환경영향을 평가하기 위하여, 사전에 계획된 활동을 가능한 전체적으로 자세하게 적절한 국가 기관에 보고할 것
11. 모든 과학 활동을 수행하기 이전에, 활동 지역, 기간, 강도를 포함하여 계획된 활동의 스코프를 명확히 정의하고 고려하는 것이 필수적임
12. 활동 자체와 그 지역 내에서 이루어지는 다른 활동과 조합된 누적 영향을 인지할 것. 활동에 대한 가장 낮은 영향의 대안을 고려하고 가능한 기존의 시설들을 재사용할 것
13. 현장 활동으로 인한 환경영향을 최소화하기 위하여:
 - i. 가능한 연구 기지에 가까운 지역을 선정하고 기존의 이동로를 사용할 것
 - ii. 현장 일을 수행하는데 필요한 인원의 방문자 수를 제한 할 것
 - iii. 가능한 식생지역, 번식지, 구조토, 수계와 같은 교란에 민감한 지역은 피할 것
 - iv. 기존의 연구 사이트를 가능한 재사용할 것
 - v. 환경 사고나 사건을 방지하고 이에 대해 효과적으로 즉각 반응하는 데 필요한 능력에 대해 고려할 것
14. 현장에 가지고 가는 모든 물건은 세척하고, 기지에 돌아와서도 적절히 세척할 것
15. 외래종이나 화학 오염물질의 유입을 피하기 위한 예방 조치를 수행한 후 지역간에 물질들을 이동시킬 것:

- i. 모든 장비와 의류, 신발 등은 철저히 세척할 것
- ii. 불필요한 포장이나 물건들을 현장에 가지고 들어가지 말 것. 폴리스틸렌 구슬이나 칩과 같은 포장재는 남극내로 반입이 금지되어있음을 숙지할 것

현장에서

16. 생물학적, 지질학적, 고생물학적, 역사적, 고고학적, 지형학적으로 민감한 지역 즉 조류와 물개의 군서지, 휴식지, 식생지역, 담수호와 연못, 사구, 자갈비탈, 하안단구, 화석지대, 부서지기 쉽거나 민감한 지형(예, 구조토, 굳지 않거나 빈약하게 굳은 퇴적토, 생물이 있는 토양크러스트, 풍화혈(weathering pits), 여름 해빙기간 동안 수분 포화상태의 토양), ice core pyramids와 조약돌 지역 등에서 특히 주의할 것
17. 남극 식물상과 동물상에 불필요한 교란은 피할 것. 야생동물이 쉽게 교란 받을 지역, 특히 번식기는 피할 것
18. 가능한 작은 샘플을 취하여 자원(예, 지질자원, 고생물 자원, 생물자원, 얼음 등)을 보호할 것. 활동을 위해 승인 받은 환경영향평가에 따라서만 시료를 채취할 것
19. 유류나 화학물질을 흘린 자리, 캠프 사이트, 토양채취 구멍, 시추 지역, 샘플링 사이트, 실험 사이트 또는 다른 교란이 가해진 지역을 기록(GPS 활용)하고, 국가 기관에 보고할 것. 향후 연구자들이 활용 가능함
20. 해당 환경에서 이동할 때 영향 최소화:
 - i. 가능한 만들어진 경로를 활용
 - ii. 식생지역, 개천바닥, 호수 가장자리, 연약한 암반, 토양 형성지 등의 위로 걷지 말 것
 - iii. 가능한 운송수단의 이동은 정해진 트랙 또는 눈이나 얼음 표면으로 제한 할 것
 - iv. 실행가능하다면 헬리콥터의 착륙 지점은 알려진 지점으로 하고 헬리 착륙장은 공중에서도 잘 보이도록 표시할 것
 - v. 조류 밀집지역 인근에서 항공기 운항에 대한 ATCM 가이드라인에 따라 야생동물에 대한 교란을 최소화할 것
 - vi. 환경영향을 더 유발하지 않을 경우 활동으로 인한 모든 교란을 복구할 것
 - vii. 조류(algae)나 무척추동물은 돌아래에서 서식함. 바위나 돌의 이동은 활동을 위해 꼭 필요한 만큼 최소화 할 것
 - viii. 돌무덤(cairn)을 만들거나 비공식적인 이정표를 만들지 말 것. 자연물에 페인트나 비슷한 물질로 표시하지 말 것

과학 현장 사이트 관리

21. 현장 사이트의 환경영향 최소화:
 - i. 제안된 과학 활동을 위해 필요 이상의 넓은 지역을 연구지역으로 하지 말 것
 - ii. 사이트를 활용하는 동안 깔끔하게 정돈을 유지할 것
 - iii. 이물질들이 환경으로 퍼지게 하는 활동은 피할 것. 특히 스프레이 페인트의 사용

- 이나 나무 표지 등의 사용은 피하고, 가능한 튼질과 포장제거 작업은 텐트나 막사 안에서 할 것
- iv. 날아다니거나 호기심 많은 새들(예, 스쿠아, 펙귄)이 장비를 가져가지 않도록 관리
- v. 분뇨와 생활하수의 수집과 현장으로부터의 제거를 확실히 하기 위한 모든 가능한 예방 조치를 취할 것
- 22. 작업이 끝나면, 환경에 더 영향을 가하지 않는 한 사이트를 복구할 것. 해당 사이트가 환경보호의정서에 따라 지속적인 모니터링이 필요할 수 있음을 기억할 것
- 23. 남극 환경에 외래 물질과 오염원의 유입 방지가 중요하기 때문에:
 - i. 저온에서 부서지기 쉬운 물질 (예, 폴리에틸렌 성분의 플라스틱)을 피할 것
 - ii. 연료, 화학물질, 동위원소 (안정 또는 방사성)를 다룰 때 흘리거나 부주의하게 환경으로 유입되지 않도록 각별히 주의할 것
 - iii. 연료와 화학물질을 보관하고 다룰 때에는 적합한 용기를 사용할 것
 - iv. 연료와 다른 용액들을 다룰 때에는 가능한 드립트레이를 사용하고 강한 바람이 불 때 특별히 주의해서 사용할 것
- 24. 모든 환경사고나 사건은 적절한 관리 기관에 보고할 것
- 25. 장비를 장기간 야외에 설치하여 둘 경우:
 - i. 환경보호의정서 부속서 I에 따라 장비 설치 이전에 환경영향평가를 확실히 수행할 것
 - ii. 장비를 설치한 국가, 사업 책임자, 설치년도, 설치기간 등을 분명하게 알아볼 수 있도록 표시할 것
 - iii. 장비의 사용이 더 이상 필요하지 않을 경우 회수할 것. 예외적으로 회수가 비현실적이거나 그로 인하여 환경에 더 크게 영향을 미칠 경우, 장기 모니터링 및 연구가 유익하다고 판단될 경우에 회수하지 않을 수 있음
- 26. 적절한 환경영향평가를 통해 허가받지 않은 상황에서 물질이나 어떠한 종류의 채취 샘플들을 옮기지 말 것
- 27. 살아있는 동물을 활용한 연구 수행 시에는 허가를 받아야 하며, SCAR의 '남극에서 과학적 목적의 동물 이용 행동강령(SCAR's Code of Conduct for the Use of Animals for Scientific Purposes in Antarctica)'을 참고할 것

야외 캠프

- 28. 캠핑장비와 과학장비는 남극으로 운반되기 전 또는 지역 간에 이동되기 전에 세척할 것
- 29. 야외 캠프로 인한 환경에 대한 흔적을 최소화하기 위해:
 - i. 가능한 캠핑은 만년설이나 빙하위에서 할 것
 - ii. 가능한 캠프의 위치는 호수 가장자리, 개천의 바닥과 삼각주 지역, 식생지역에서 멀리 정하여 이들 환경에 대한 손상과 오염을 피할 것

- iii. 동물이 접근 가능한 곳에 음식물이나 폐기물이 없도록 특별히 주의를 기울일 것
 - iv. 가능한 캠프 사이트를 재사용 할 것
 - v. 사용기간 동안 캠프는 깔끔하게 유지하고, 환경에 더 큰 손상이 없다면 사용 후 가능한 회수 할 것
 - vi. 연료 사용을 줄이기 위해 태양과 풍력을 가능한 많이 사용할 것
30. 장비와 보급품들은 항상 적절하게 보관하고 관리하여 강한 바람이나 헬리콥터의 하강류로 인해 분산되지 않도록 할 것. 어떤 지역은 예고 없이 갑자기 강한 대륙풍(katabatic winds)이 불 수 있다는 것을 유념할 것
31. ASPA 또는 ASMA 지역에서 작업할 때 지역 관리계획에 야외 캠프에 관한 추가적인 요구 사항이 있을 수 있음을 유념할 것. ASPA에 들어가기 위해 요구되는 출입허가서에 포함된 모든 조건을 따를 것. ASPA 방문자 보고서는 가능한 빠른 시일내에 관계 기관에 보고하고 활동 후 6개월이 넘지 않도록 할 것

환경-특이 가이드라인

호수와 개천

32. 샘플링 장비는 수계나 연안 환경에 가장 덜 파괴적인 것을 선정할 것. 주의 깊게 채취하고 필요 이상 채취하지 말 것. 한 장소에서 샘플링을 장기간 또는 여러 시즌에 걸쳐 수행한다면 누적 영향을 최소화 할 것. 드레지, 트롤, 박스코어의 사용은 최소화 할 것
33. 남극의 수 생태계는 전형적으로 영양분이 극도로 낮은 상태(동물의 영향이 있는 곳 제외)로 인위적 오염에 대해 민감함. 이러한 환경에 분뇨가 유입되지 않도록 유입방지를 위한 조치가 있어야 함
34. 생물상과 독의 안정성, 물의 흐름 패턴을 바꿀 수 있으므로 호수나 개천의 바닥, 가장자리에서 걸어 다니지 말 것. 건너야 할 경우 지정된 지점으로 건너고, 그렇지 못할 경우 가능한 바위를 디딜 것
35. 가능한 호수 얼음 위에서의 차량 운행은 최소화 할 것. 호수 안으로 들어가야 하는 경우 가능한 모터가 없는 보트를 사용할 것
36. 모든 샘플링 장비는 묶거나 확실하게 관리하여 물로 들어가 수계를 오염시키지 않도록 할 것
37. 모든 샘플링 장비는 다른 수계에서 사용하기 전 세척하여 수계 간 교차 오염을 방지할 것. 대안으로 다른 사이트에서는 다른 장비를 사용할 것
38. 개천을 모니터링할 때 연구로 인한 잠재적 영향을 최소화하기 위해 독(보)이 아니라 가능한 도랑(flume)을 활용할 것
39. 전체 생태계 수준에서 안정 동위원소의 사용은 가능한 최대한 피하고, 폐쇄된 보트에서만 사용 할 것. 실험에 사용하는 추적자는 자연에 존재하는 것을 사용하도록 유념할 것. 방사성 동위원소는 폐쇄된 보트내에서 사용하거나 현장 외에서 사용할 것. 안정 또는 방사성 동위원소 추적자는 생태계에 유입되지 않도록 관리할 것. 모든 추

적자의 사용(위치, 추적자의 종류, 양)에 대해 기록을 작성하고 관리 기관에 보고할 것

40. 수계의 성층과 퇴적층에 대한 교란 또는 오염물 유입을 방지하기 위하여:
 - i. 과학적 목적을 위해 필요한 경우가 아니라면 호수에서 수영하거나 잠수하지 말 것
 - ii. 채집 후 원하지 않는 물이나 퇴적물은 채집 사이트에 되돌리지 말고 제거 할 것. 만년빙으로 덮여 있는 호수에서도 마찬가지임. 채집한 것들을 호수로 되돌려 보내지 말 것
 - iii. 아무것도 호수의 얼음위에 두어 얼게 하지 말 것. 호수로 녹아들 수 있음
 - iv. 호수와 연안 서식지의 수중과 얼음 하부 연구를 위한 도구로서 ROV의 사용에 대해 고려할 것

육상 환경

41. 육상의 식생은 매우 느리게 자라는 종들과 부서지기 쉬운 형태들을 포함하고 있음. 밟기(답압)로 인한 손상은 수년 또는 심지어 수십년 동안 남아있을 수 있으며 더구나 토양에 살고 있는 많은 무척추동물에 영향을 미칠 수 있음
42. 높은 빈도로 이용되는 지역에서는 넓은 지역의 식생지역 및 토양 또는 표층 물질들의 교란을 피하기 위하여 가능한 기존의 이동로를 이용할 것. 낮은 빈도로 이용되는 지역에서, 이동로나 분산된 패턴의 이동이 최소한의 영향을 미칠지에 대해 고려할 것. 지역에 관한 사전 지식이 유용한 가이드가 될 수 있음
43. 지역간에 토양이나 번식체의 이동을 막기 위해 모든 장비와 신발류는 세척할 것
44. 식생이 있는 지역에서 시료를 채취할 때는 환경영향이 더 크지 않은 한 그 지역을 가능한 복구할 것
45. 샘플 채취를 위해 기계적인 장비의 활용을 가능한 제한할 것
46. 사막지역에서 토양을 채취할 경우, 파낸 표면의 물질들을 방수포를 활용하여 담아 사막표면에 대한 손상을 최소화 할 것. 토양 채취구멍을 메우고 담아두었던 표층 물질을 표면에 덮어 가능한 이전 모양으로 복구할 것
47. 허가받은 연구에 필요하지 않은 한 암반, 광물, 화석, 운석 또는 자갈을 이동시키거나 제거하지 말 것
48. 육상의 지열 지역에서의 과학활동을 위한 특별 지침은 SCAR의 남극에서의 지열지역 활동을 위한 행동 강령(SCAR Code of Conduct for Activity within Terrestrial Geothermal Environments in Antarctica)을 참고할 것

빙하와 얼음 지역

49. 열수를 이용한 시추는 빙하 얼음 내의 동위원소와 화학적 기록을 오염시킬 수 있음을 유념할 것
50. 빙하와 빙상 아래에 존재하는 수계들은 넓게 연결되어 있어 하류에서 오염이 발생할 수 있으므로 빙상 시추시 화학물질 기반의 액체를 사용할 때 주의가 요구됨

51. 빙하 하부 환경에서 활동을 위한 더 많은 정보는 SCAR의 빙저 수계 환경의 탐사 및 연구를 위한 행동 강령(SCAR's Code of Conduct for the Exploration and Research of Subglacial Aquatic Environments)을 참고할 것

3. 남극과학위원회(SCAR)의 과학 목적을 위한 동물 이용 시 행동강령(CoC)
(ATCM XXXIV IP53, 2011)

배 경

1. SCAR의 본 CoC는 동물과 관련된 연구를 하는 과학 커뮤니티를 위한 가이드 원리를 제 공하고자함. 국가들의 행동강령은 동물 종에 대한 범위가 다양하지만, 경우에 따라 무척추동물 일부와 모든 척추동물을 포함하기도 함. 남극의 고유 동물상을 다루는 행 위(killing, capturing, handling, taking) 시 지침을 제공하기 위한 남극조약에 대 한 환경보호의정서 부속서 11의 3조, 6문단의 해당 부분과 함께 본 CoC를 참고할 것

서 론

2. 본 CoC는 인간이 모든 동물들을 존중해야할 도덕적 의무와 동물의 고통과 기억에 대 한 능력을 고려해야함을 인식하고 개발되었음. 그러나 경우에 따라 동물들 전반에 대 한 이익을 위해, 또는 중요한 지식의 발전 등과 같은 합리적인 기대가 있을 경우 동 물을 이용한 과학적 연구가 수행되고 있음을 인식하고 있음
3. 본 CoC는 실행 가능한 경우 다른 방법을 찾아봄으로써 실험과 과학적 목적을 위한 동 물의 이용을 제한할 필요성을 인지하고 있음
4. 본 CoC는 과학적 목적으로 동물 활용 시 동물을 보호하고, 피할 수 없는 경우 발생할 수 있는 통증, 고통, 지속적인 피해를 최소로 유지하고자 공동의 규칙을 채택토록 하 고자함
5. 국가적인 동물복지법이 존재함을 인식하고, 본 CoC는 그러한 법적인 프레임을 지원하 고 보조하기 위함이며, 국가적인 규범을 대체하지 않음

행동 강령(CoC)

6. 인류와 동물의 건강과 웰빙을 위한 수단의 발전과 생물학적 지식의 진보를 위해 살아 있는 포유류와 다양한 종의 조류에 의존한 실험들이 요구되고 있음. 그러나 이러한 실험은 독립적인 윤리 위원회의 비용/편익(cost/benefit) 분석을 받은 후에만 수행될 수 있어야 함. 얻어질 편익은 동물 이용 및 비용관점에서 최대화 되어야하며 고통은 최소이어야 함. 윤리검토 과정에서 그러한 실험이 대체되거나 축소, 개선될 수 있는 지 검토되어야 함
7. 동물을 사용해야만 하는 연구는 수학적 모델, 컴퓨터 시뮬레이션과 생체외(in vitro) 시스템이 해결하려는 문제에 대해 부적합하거나 효과적이지 못한 경우에만 실시해야 함
8. 실험에 선정된 동물은 적절한 종과 질, 그리고 과학적으로 타당한 결과를 낼 수 있는 최소한의 수이어야 함
9. 연구자 또는 다른 인원은 지각 있는 동물을 다룰 때 실패해서는 안되며, 적절하게 돌 보고 윤리적 요구로서 불편함, 고통, 아픔을 피하거나 최소화하도록 해야 함. 특히

척추동물의 경우에

10. 연구자는 인간에게 고통을 일으킬 수 있는 실험절차는 발달된 신경시스템을 가진 다른 동물들의 고통을 유발할 수 있음을 고려해야함
11. 동물에게 순간적이거나 최소한의 고통 또는 아픔보다 더 큰 고통을 주는 수술절차의 경우 동물 병원에서 사용하고 있는 진통제, 무통제 또는 마취제를 사용할 것. 신경근 차단제는 적절한 수준의 마취 또는 무통제 없이 사용하지 말 것
12. 실험 후 영구적인 고통, 불편함 또는 장애를 갖게 되어 고통을 덜어줄 수 없는 경우 고통 없이 안락사 시킬 것
13. 과학적 목적으로 포획하여 동물을 관리할 경우 가능한 가장 좋은 생활 조건과 보살핌을 줄 것
14. 연구자의 소속 기관장 또는 대학의 책임자는 동물 이용 절차에 대해 적절한 자격과 경험을 가지고 있는 연구자가 연구를 수행하도록 보증할 책임이 있음. 경험이 있는 직원이 감독하는 시스템이 있어야 함. 연구인원은 그들의 보살핌 하에 있는 동물을 적절하고 인도적으로 취급 하도록 훈련되어야 함. 보살핌에 대한 문화가 정립되고 권장되어야 함



주 의

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