BSPE14440-039-3

남극특별보호구역 모니터링 시스템 관리(환경부 M/F)

Management of Monitoring System of Antarctic Specially Protected Area (ASPA No. 171)

KOPRI
극지연구소

2015. 12.

한국해양과학기술원
부 설 극 지 연 구 소

KOPRI
극지연구소

제 출 문

극지연구소장 귀하

본 보고서를 “남극특별보호구역 모니터링 시스템 관리”과제의 최종보고서로 제출합니다.

2015. 12

연 구 책 임 자 : 극지연구소 정 호 성

참 여 연 구 원 : 극지연구소 김 상 일

김 정 훈

김 현 철

박 상 종

박 홍 련

이 원 영

정 진 우

최 누 리

현 창 욱

KOPRI 극지연구소

KOPRI
극지연구소

보고서 초록

<table>
<tr><td>과제관리번호</td><td>PE14440</td><td>해당단계
연구기간</td><td>2014.12.22.-20
15.12.21</td><td>단계 구분</td><td>최 종</td></tr>
<tr><td rowspan="2"><u>연구사업명</u></td><td>중 사 업 명</td><td colspan="4">남극특별보호구역 모니터링 시스템 관리(환경부 M/F)</td></tr>
<tr><td>세부사업명</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구과제명</td><td>중 과 제 명</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td>세부(단위)과제명</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td>연구책임자</td><td>정호성</td><td>해당단계
참여연구원수</td><td>총 : 10명
내부 : 10명
외부 : 명</td><td>해당단계
연구비</td><td>정부: 50,000 천원
기업: - 천원
계: 50,000 천원</td></tr>
<tr><td>연 구 기 관 명
및 소속부서명</td><td colspan="2">극지생명과학연구부</td><td colspan="2">참여기업명</td><td></td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="5">상대국명 : 상대국연구기관명 :</td></tr>
<tr><td>위 탁 연 구</td><td colspan="5">연구기관명 : 연구책임자 :</td></tr>
<tr><td colspan="4">요약</td><td>보고서면수</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="6">2014년에 구축된 남극특별보호구역(ASPA No. 171)의 통합 모니터링 시스템 관리를 수행하였다. 펭귄의 개체수 변동을 조사하기 위한 자동촬영모니터링시스템과 기상관측을 위해 설치한 자동기상측정장비를 점검하고 보완하였다. 펭귄의 번식 및 취식에 영향을 미치는 해양환경 변화를 모니터링 하기 위해 고해상도 위성영상을 분석하여 해수면온도, 식물플랑크톤 농도등을 산출하였다. 해양환경 변화에 대한 펭귄의 섭식영역 및 행동학적 반응을 조사하기 위해 도입한 바이오로거 운용 기법을 모니터링에 적용하였다. 또한, 조사자의 접근에 민감한 조류의 둥지분포 조사시 교란을 최소화하기 위한 대안 방안으로 DGPS를 활용한 원격위치측정법의 유용성을 검토하였다. 통합모니터링 시스템의 운용으로 확보한 방대한 데이터의 축적 및 관리를 위하여 서버 및 데이터베이스 관리시스템을 구축하였다.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">색 인 어
(각 5개 이상)</td><td>한 글</td><td colspan="4">남극특별보호구역, 펭귄 모니터링, 바이오로깅, 카메라 모니터링, 데이터베이스 구축</td></tr>
<tr><td>영 어</td><td colspan="4">Anatrctic specially protected area, penguin monitoring, biologging, camera monitoring system, database management system</td></tr>
</table>

KOPRI 극지연구소

KOPRI
극지연구소

요 약 문

Ⅰ. 제 목

- 남극특별보호구역 모니터링 시스템 관리(환경부 M/F)

Ⅱ. 연구개발의 목적 및 필요성

- 2009년 나레브스키 포인트의 남극특별보호구역(No. 171)지정 이후 구축된 모니터링 시스템의 체계적인 관리 필요
- 남극특별보호구역 내 생태계구조 및 환경변화에 대한 장기모니터링 자료 축적 필요
- 장기 모니터링 자료 관리시스템 구축

KOPRI 극지연구소

Ⅲ. 연구개발의 내용

- 자동모니터링 시스템 관리
  : 자동촬영모니터링 시스템 점검 및 보강
  : 자동기상측정장비 관리 및 자료 축적
- 해양환경 모니터링
  : 고해상도 위성영상 분석(Chl-a : 식물플랑크톤, SST:해수온도 등)
- 첨단 모니터링기법 활용 체계화
  : 바이오로거를 활용한 펭귄 행동데이터 획득(Biologging) 매뉴얼 작성
  : 원격위치측정을 통한 둥지위치 측정법 개발
- 모니터링 자료 관리
  : 자료 축적용 서버 구축
  : 데이터베이스(DB) 관리시스템 구축

Ⅳ. 연구개발결과

- 펭귄 바이오로거(Biologger) 확보(GPS 위치추적로거, 가속도계, 비디오로거 등)

및 연구 선도그룹의 기술 지원 받음

- 자동촬영카메라 시스템 구축을 통한 펭귄생태 연구 진행
- 조류 분변의 유전체 분석을 통한 펭귄의 먹이원 분석 진행 및 조류 장내 미생물 연구 가능성 확보
- 세종기지 남극특별보호구역에 서식하는 조류, 포유류 등 동물 핸드북 제작
- 고해상도 위성영상 분석을 통한 해양 수온, 식물성플랑크톤 농도 등 해양생산성 관련 데이터 확보 및 펭귄 이동지역과의 비교 분석 연구 수행중
- 남극특별보호지역내 자동기상측정장비(AWS) 설치 및 기상데이터 확보 시작

Ⅴ. 연구개발결과의 활용계획

-극지연구소 내의 해양, 기후, 생명과학 연구부서들 간의 융합연구를 통하여 기후, 환경 변화에 대한 극지생태계의 변화양상을 연구하는데 활용

-극지 조류 및 포유류를 대상으로 하여 다양한 바이오로거를 이용한 바이오모니터링 기술 접목

-남극특별보호구역에 구축된 장기모니터링 시스템을 테라노바만의 펭귄집단서식지 모니터링 시스템 구축에 적용 기법 개발

KOPRI 극지연구소

S U M M A R Y

Ⅰ. Title

- Management of Monitoring System of Antarctic Specially Protected Area (ASPA No. 171)

Ⅱ. Aims of research and development

- Development of management plans of long-term monitoring system on Narebski Point
- Data management and analysis of Long-term ecosystem monitoring on ASPA No. 171 Narebski point

Ⅲ. Contents

- Management of automatic monitoring system
  : Automatic camera monitoring system
  : AWS (Automatic weather monitoring system)
- Ocean environment monitoring
  : Remote sensing analysis using high-resolution satellite images
- Development of penguin biologging methods
- Establishment of data management and analysis system

KOPRI 극지연구소

Ⅴ. Application plan

- Applications of biologging techniques to other sea-birds and mammals living in Antarctica
- Applications of long-term monitoring techniques to future Terranova bay penguin monitoring

KOPRI
극지연구소

C O N T E N T S

Chapter 1. Introduction ····· 1

Chapter 2. Development status of associated study ····· 3

Chapter 3. Results ····· 5

Chapter 4. Achievement of aims ····· 19

Chapter 5. Application plans ····· 21

Chapter 6. References ····· 22

KOPRI
극지연구소

KOPRI
극지연구소

목 차

제 1 장 서론 1

제 2 장 국내외 기술개발 현황 3

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과 5

제 4장 연구개발목표 달성도 19

제 5 장 연구개발결과의 활용계획 21

제 6 장 참고문헌 22

KOPRI
극지연구소

제 1 장 서 론

1961년 남극조약이 발효된 이후, 남극의 자연환경 보호는 남극조약 협의당사국간의 주요 테마가 되고 있다. 기후변화에 민감한 남극환경과 생태계를 보호하기 위해 남극조약협의당사국(ATCP : Antarctic Treaty Consultative Party)은 1991년 환경보호에 관한 남극조약의정서(Madrid Protocol)를 제정하여, 환경보호활동을 의무화 하였으며, 1998년 발효되었다. 이후 남극환경보호의정서에 의해 구성된 남극환경보호위원회(CEP: The Committee for Environmental Protection)의 활동이 증대되고 있다. 우리나라는 1988년 남극 킹조지섬 바톤반도에 상주기지인 세종과학기지를 준공한 이후 극지활동이 꾸준히 증가하고 있으며, 아라온의 건조(2009년) 및 장보고기지의 준공(2014년) 으로 남극에서의 활동영역을 넓혀가고 있다.

남극활동과 더불어 남극에서의 생물연구는 매우 중요한 연구주제로 매년 많은 연구결과를 도출해 오고 있으며, 특히 남극의 대표적인 생물인 펭귄 등 육상동물의 연구는 2009년 남극세종기지 인근에 위치한 나레브스키포인트가 남극특별보호구역(No. 171)로 지정됨에 따라 점차 중요성이 증가하고 있다. 나레브스키 포인트가 보호구역으로 지정된 이후로 매년 환경부와 극지연구소의 주도하에 해당구역의 관리와 생태 및 환경모니터링이 수행되고 있다(환경부 2007, 2009a, 2009b, 2011, 2012, 2013, 2014).

조사지역이 위치한 남극반도 일대는 급격한 환경변화가 발생하고 있는 지역 중 하나이므로, 펭귄 등의 상위포식자 연구는 기후변화가 남극생태계에 미치는 영향을 이해하는데 중요한 자료를 제공할 수 있다. 남극의 펭귄, 물범 등의 동물은 비록 번식기동안 육상에서 둥지를 틀거나 출산하지만, 이들 남극동물들은 번식기를 제외한 대부분의 시간을 바다에서 보내며, 해양환경 변화에 따른 먹이 분포 및 생물량 변화에 의해 개체의 생존률, 번식성공률이 영향을 받는다. 따라서, 해양동물의 개체수 증감의 원인을 파악하기 위해서는 해양환경변화에 대한 지속적인 모니터링이 요구된다.

2014년에 남극특별보호구역의 효율적인 관리를 위해 육상번식생태, 섭식지역에서의 섭식행동, 먹이원 분석, 환경변화 모니터링 등의 통합 모니터링 시스템을 구축하였다. 펭귄의 섭식영역 및 행동연구를 위해 다양한 바이오로거(Biologger) 운

용 기법을 도입하고 효용성을 검토하였다. 육상에서의 번식생태를 연구하기 위해 사람의 간섭을 최소화하기 위해 자동촬영카메라 시스템을 구축하였으며, 환경모니터링을 수행하기 위해 원격탐사를 활용한 해양환경 모니터링기법을 도입하였으며, 보호구역 현지의 기상변화 모니터링을 위해 설치된 자동기상측정장비를 점검 및 관리하였다. 조류를 간섭하지 않고 둥지위치를 기록하기 위한 원격 위치측정기법의 효용성도 검토하였다.

KOPRI
극지연구소

제 2 장 국내·외 기술개발 현황

1. 국 내

- 나레브스키 포인트의 남극특별보호구역 지정을 위한 기초조사연구 (2007)
- 남극특별보호구역 관리계획서 체출 및 지정 신청 (2008)
- 남극조약 온라인 포럼(SGMP)운영 및 남극특별보호구역 관리계획서 최종안 제출 (2009)
- 제32차 남극조약협의당사국회의(ATCM: Antarctic Treaty Consultative Meeting)에서 나레브스키 포인트의 남극특별보호구역(ASPA: Antarctic Specially Protected Area) 지정 최종 승인 (2009)
- 남극환경관리지침 및 환경연구 중장기계획 수립에 관한 연구 (2009)
- 남극특별보호구역 관리 및 모니터링에 관한 연구 (2011)
- 남극특별보호구역 관리 및 모니터링에 관한 연구 2 (2012)
- 남극 킹조지섬의 생물 다양성과 생태계변화 연구의 일원으로 도둑갈매기류, 젠투펭귄과 턱끈펭귄의 번식생태 조사 수행 (2011-2013)
- Australian Antarctic Division에서 GPS-logger를 활용한 극지조류의 취식행동 연구법 및 남극특별보호구역 관리와 모니터링 방법 습득을 위한 단기연수 (2012)
- 한-독 남극 킹조지섬 환경모니터링 공동워크샵 (2013)
- 남극특별보호구역(ASPA No. 171 Narebski Point)의 환경 모니터링기법 개발 (2014)
- 남극특별보호구역 관리 및 모니터링에 관한 연구 4 (2014)
- NIPR(National Institute of Polar Reseach., Japan)에서 GPS-logger를 활용한 극지동물의 취식행동연구법 습득을 위한 방문연구 (2014)

2. 국 외

- 2014년 12월 현재까지 75개 구역이 남극특별보호구역으로 지정됨
- 제37차 ATCM에서 남극특별보호구역 관리계획서 수정 및 신규관리계획서 작성에 대한 표준양식 개정

KOPRI 극지연구소

○ ASPA에서 연구활동으로 인한 교란을 최소화하기 위해 자동 촬영카메라 운용, 위성 이미지 판독 등 다양한 연구기법이 적용 및 개발되고 있음

○ 번식조류의 센서스 뿐 아니라 해양환경 및 기후변화를 장기간 모니터링하여 남극의 환경변화가 조류의 개체수 변동에 미치는 영향을 규명하기 위한 연구가 활발히 진행중

○ 다양한 바이오로거를 활용하여 취식지의 환경변화가 먹이풍부도-둥지수-한배 산란수-부화율-이소율에 미치는 연쇄작용 연구에 접목2014년 12월 현재까지 75개 구역이 남극특별보호구역으로 지정됨

○ 제37차 ATCM에서 남극특별보호구역 관리계획서 수정 및 신규관리계획서 작성에 대한 표준양식 개정

○ ASPA에서 연구활동으로 인한 교란을 최소화하기 위해 자동 촬영카메라 운용, 위성 이미지 판독 등 다양한 연구기법이 적용 및 개발되고 있음

○ 번식조류의 센서스 뿐 아니라 해양환경 및 기후변화를 장기간 모니터링하여 남극의 환경변화가 조류의 개체수 변동에 미치는 영향을 규명하기 위한 연구가 활발히 진행중

○ 다양한 바이오로거를 활용하여 취식지의 환경변화가 먹이풍부도-둥지수-한배 산란수-부화율-이소율에 미치는 연쇄작용 연구에 접목

3. 현 기술상태의 취약성

○ 현장에 구축된 모니터링 시스템의 지속적인 관리체계 미흡

○ 모니터링 자료 관리 및 분석 체계 미흡

○ 모니터링 시스템 관리인력 부족

4. 앞으로의 전망

○ 환경과 생태변화를 연관시킨 복합적 모니터링 기법 개발

○ 연구자에 의한 환경교란을 저감하는 첨단 모니터링 기기 개발

○ 국제공동연구를 위한 모니터링 기법 표준화

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

1. 연구개발 내용

가. 자동모니터링 시스템 관리

○ 자동촬영모니터링 시스템 점검 및 보강

○ 자동기상측정장비 관리 및 자료 축적

나. 해양환경 모니터링

○ 고해상도 위성영상 분석(식물플랑크톤 농도, 해수온 등)

다. 첨단 모니터링기법 활용 체계화

○ 바이오로거 운용 매뉴얼 작성

○ 원격위치측정을 통한 둥지위치 측정법 개발

라. 모니터링 자료 관리

○ 자료 축적용 서버 구축

○ 데이터베이스(DB) 관리시스템 구축

KOPRI 극지연구소

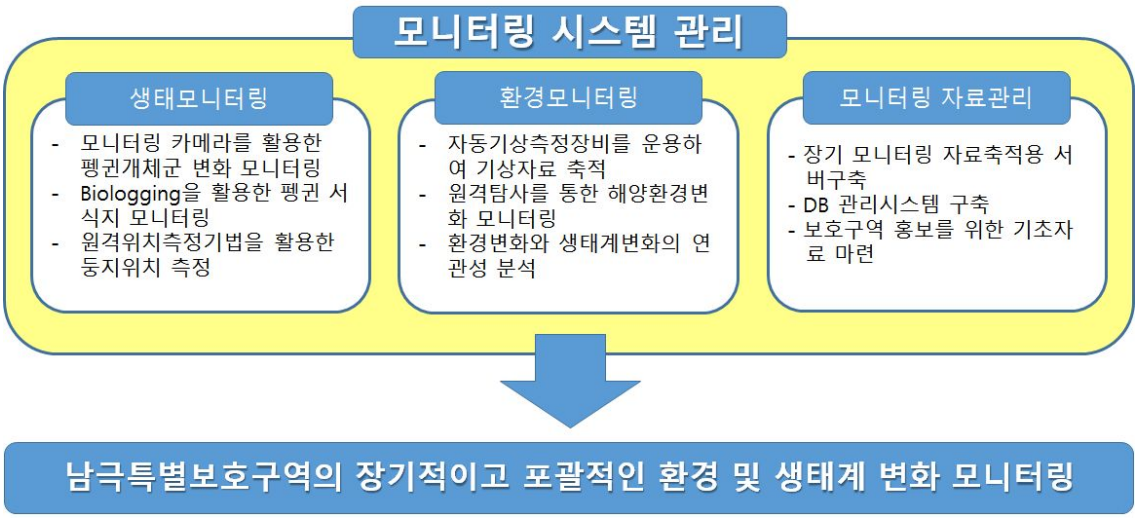


그림 1. 연구개발 추진체계

2. 연구개발 결과

가. 자동모니터링 시스템 관리

○ 자동촬영모니터링 시스템 점검 및 보강

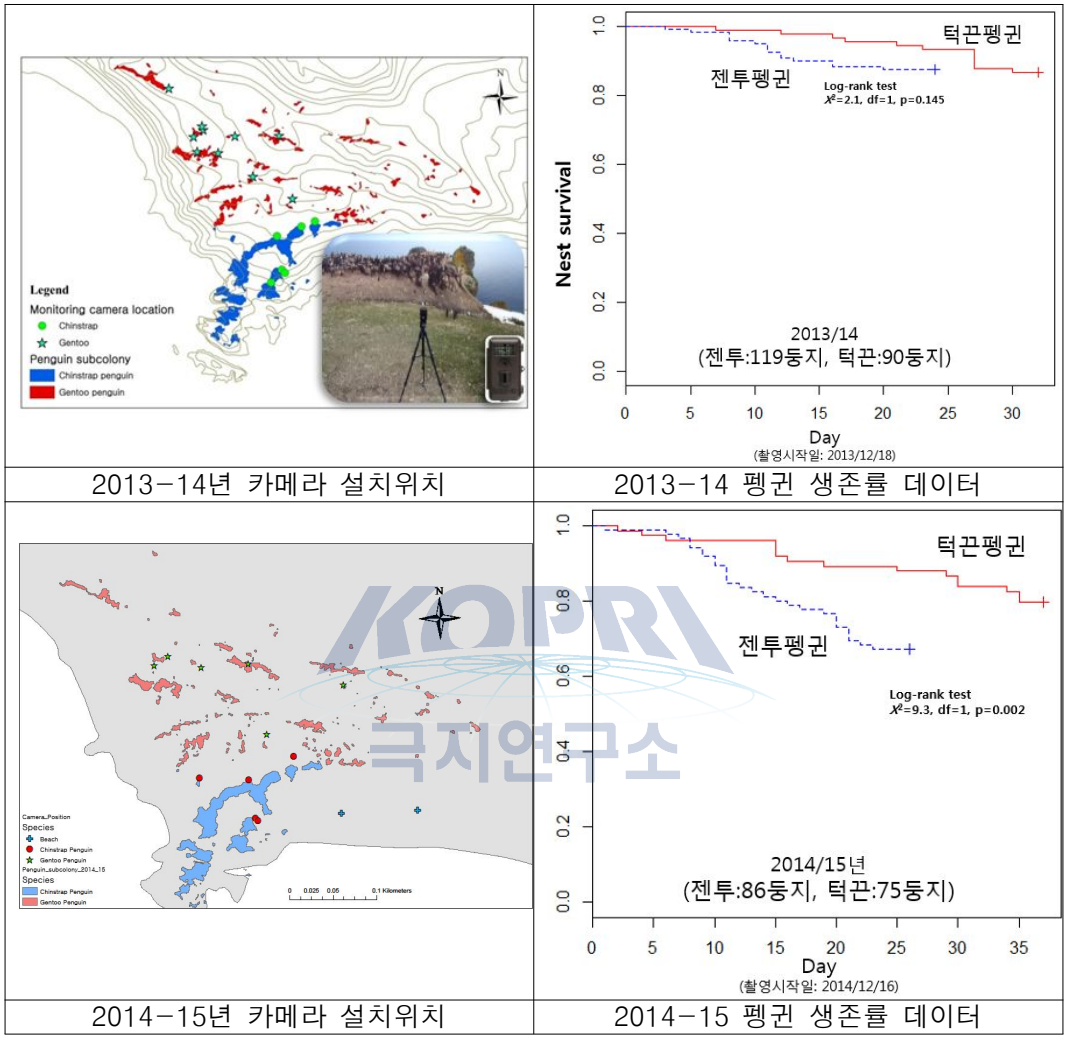
- 2013-14년에 구축한 펭귄서식지 자동촬영모니터링 시스템을 2014-15년에도 운용하고 관리하였다. 월동기간중의 모니터링 효용성을 검증하기 위하여 2014년 남극의 동계기간에 카메라를 시범운용하였으나, 저온환경에서 보유기기의 오작동 및 전원공급의 불안전성으로 분석에 유용한 자료를 확보하지 못했다. 영하인 기온이 지속적으로 유지될 시 배터리가 짧은 시간안에 소모되었으며, 강한 바람은 카메라의 위치 유지를 어렵게 하였다. 눈이 내리는 동안에는 카메라가 눈에 파묻히고 운용 중인 5대의 카메라에 고장이 발생하는 등 동계기간의 카메라 운용은 비효율적이었다. 모니터링 카메라시스템은 펭귄의 번식기인 12월에서 2월사이에 운용하는 것이 효율적인 것으로 나타났다.

Bushnell 8MP Trophy Cam HD Hybrid Trail Camera

Moultrie M-990i No Glow Game Camera(10MP)

그림 2. 보호구역에 설치된 모니터링 카메라 및 카메라 기종

- 2013년부터 2015년까지 2년간의 펭귄 생존률 데이터를 확보하였음. 추후 지속적으로 운용하며, 안전한 설치방법 및 운용방법, 데이터 분석방법 등의 노하우를 축적해 나갈 계획임



2013-14년 카메라 설치위치 | 2013-14 펭귄 생존률 데이터

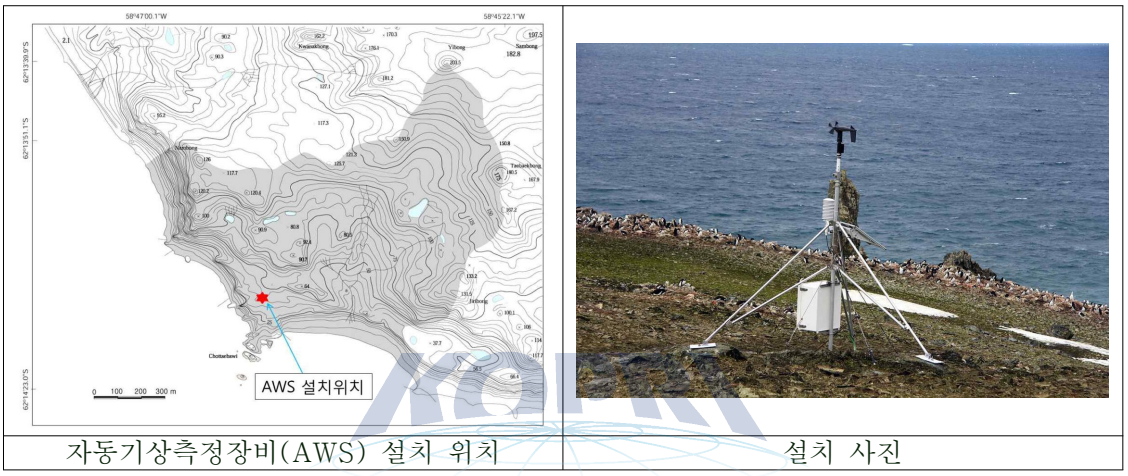
2014-15년 카메라 설치위치 | 2014-15 펭귄 생존률 데이터

그림 3. 2013-14년 및 2014-15년 펭귄서식지에 모니터링 카메라 설치위치(좌) 및 모니터링카메라 사진을 이용한 펭귄 둥지의 생존률 변화 그래프(우)

KOPRI 극지연구소

○ 자동기상측정장비 관리 및 자료 축적

- 남극특별보호구역(ASPA No. 171 Narebski point)에 설치된 자동기상측정장비(AWS)의 데이터를 매년 정기적으로 방문하여 관리 및 데이터를 확보하고 있음
- 2015년 하계기간에 점검결과 풍향풍속계의 이상을 발견하여 교체하였으며, 이외 설치상태 및 작동에는 문제가 없는 것으로 확인하였음



자동기상측정장비(AWS) 설치 위치 | 설치 사진

그림 4. 자동기상측정장비 설치 위치 및 설치 사진

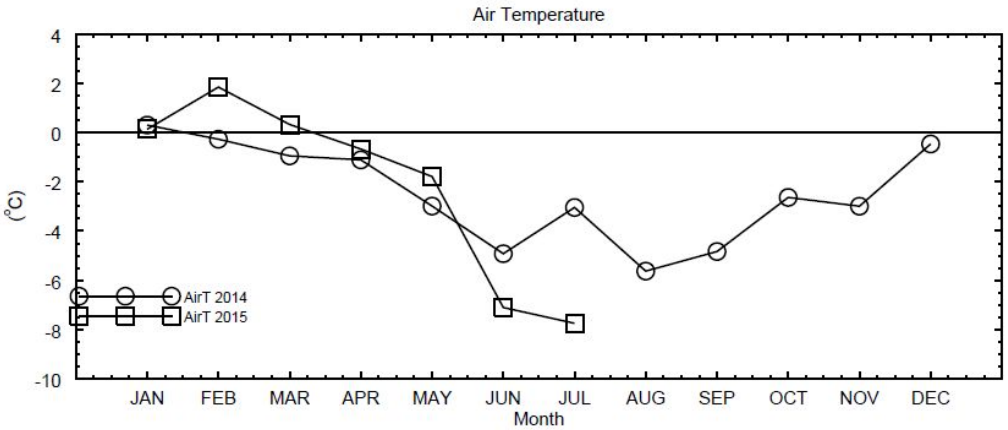


그림 5. 펭귄마을에서 측정된 2014년과 2015년 월평균 기온(℃)

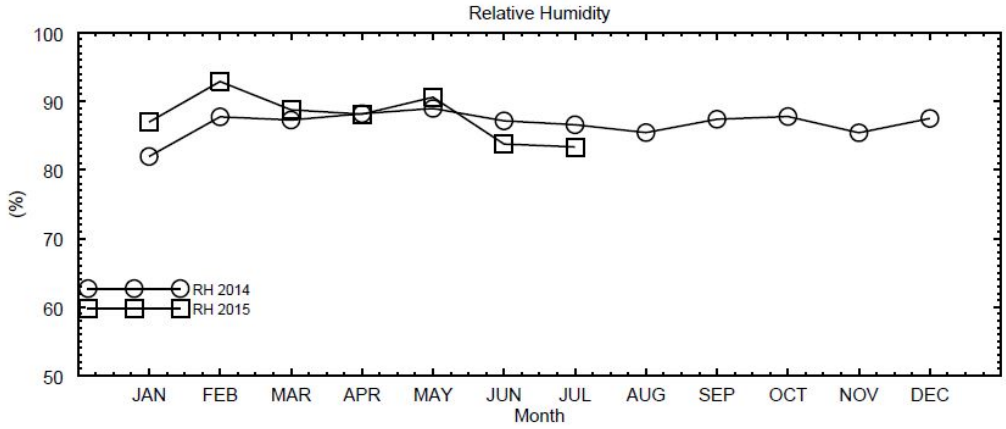
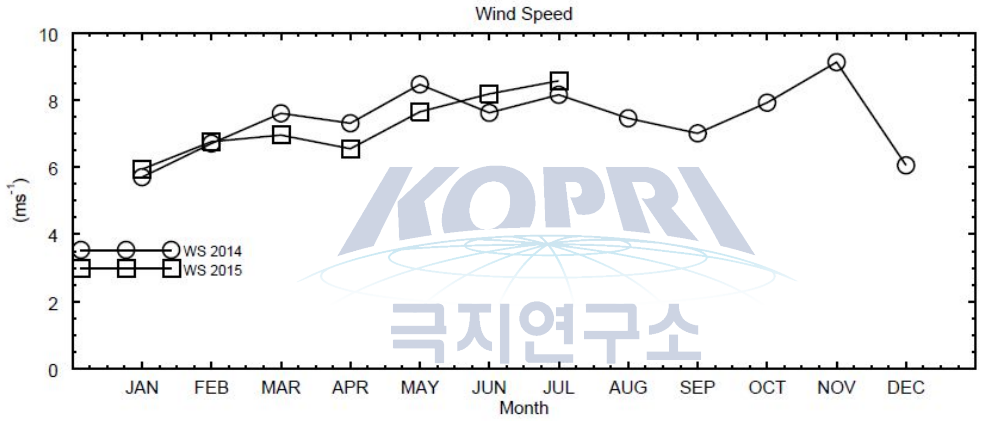


그림 6. 펭귄마을에서 측정된 2014년과 2015년 월평균 상대습도(%)



KOPRI
극지연구소

그림 7. 펭귄마을에서 측정된 2014년과 2015년 월평균 풍속 (m/s)

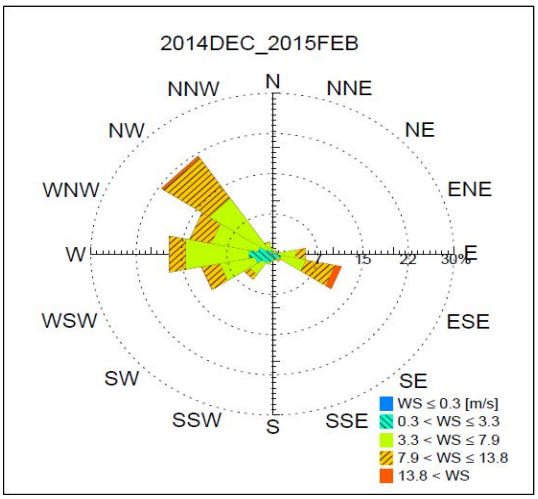


그림 8. 펭귄마을에서 관측된 2014-2015 하계 (2014년 12월부터 2015년 2월) 바람분포

나. 해양환경 모니터링

○ 고해상도 위성영상 분석(식물플랑크톤 농도, 해수온 등)

- 2013-14년도에 이어 2014-15년도 펭귄 번식시기에 고해상도 위성영상을 활용하여 남극 해양의 수온, 식물플랑크톤 농도를 분석하여 해양생산성을 간접적으로 측정하였음

- 식물플랑크톤 농도 분포

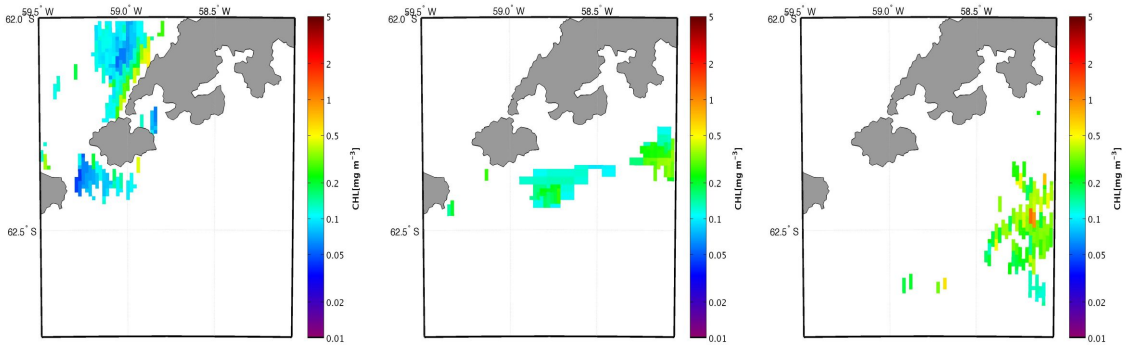


그림 9. 2014년 12월 20일(좌), 21일(중), 22일(우) 일평균 식물플랑크톤 농도 분포 모자이크 (MODIS/AQUA)

KOPRI 극지연구소

- 해색 분포 특성

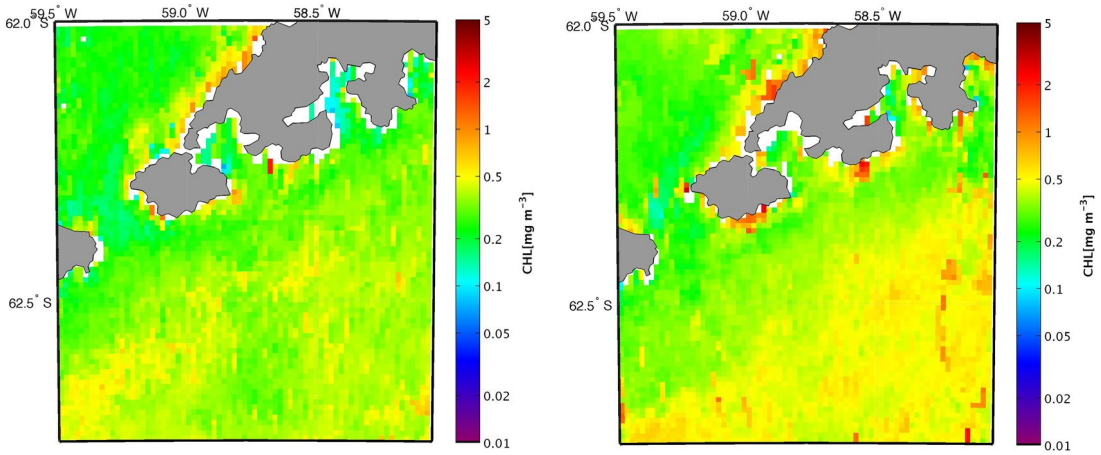


그림 10. 2014년 12월(좌) 및 2015년 1월(우) 평균 식물플랑크톤 농도 분포 비교 (MODIS/AQUA)

- 해수온 분포 특성

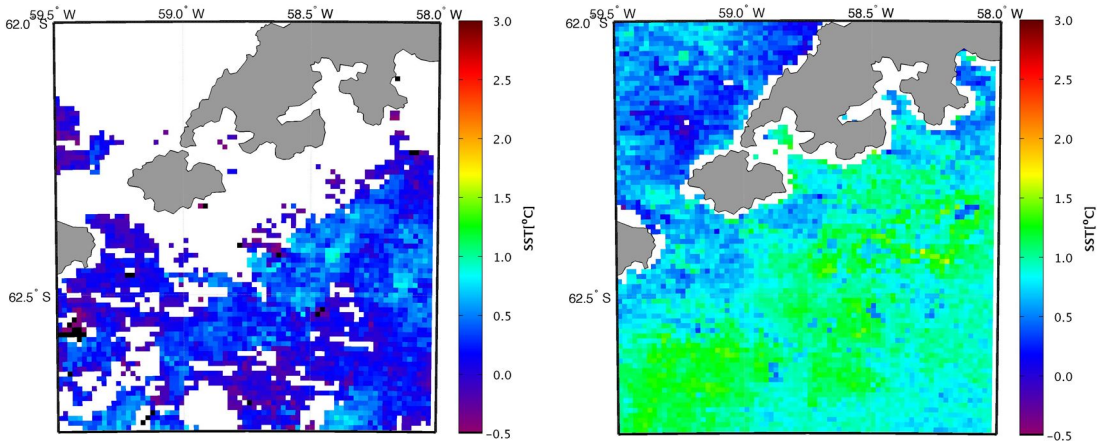


그림 11. 2014년 12월(좌) 및 2015년 1월(우) 평균 해수온 분포 비교 (MODIS/AQUA)

KOPRI
극지연구소

다. 첨단 모니터링기법 활용 체계화

○ 바이오로거 운용 매뉴얼 작성

- 2014년부터 다양한 바이오로거를 도입하였으며, 세종기지 인근의 펭귄서식지에서 펭귄의 잠수행동연구를 수행중임.

: 남극 펭귄은 잠수행동이 가장 발달한 해양조류 중 하나이며, 바다에서 잠수하여 크릴이나 물고기를 잡아먹기 때문에(Williams, Briggs *et al.* 1992; Williams, Kato *et al.* 1992; Wilson *et al.* 1992; Ainley 2002; Kokubun *et al.* 2010), 펭귄의 먹이활동지역인 해양에 대한 연구는 펭귄 및 남극생태계를 이해하는데 중요함(Lee *et al.* 2015). 펭귄 행동영역의 년간 변화 및 장기모니터링을 위해 다양한 바이오로거를 운용중임. 펭귄의 행동연구는 또한 해양생산성 연구의 간접적인 방법으로도 활용 가능하며, 장기적으로 조사지역의 해양생태계를 파악할 수 있는 연구로 기대되고 있음.

- 가속도계(Acceleration data logger)(13 set) : 가속도, 잠수깊이, 수온 측정
- 위치기록로거(GPS-logger)(10 set) : 위치, 잠수깊이, 가속도, 수온 등 측정
- 영상촬영로거(Video logger)(9 set) : 영상 촬영으로 먹이종류, 생물량 및 취식지 환경특성 기록

KOPRI 극지연구소

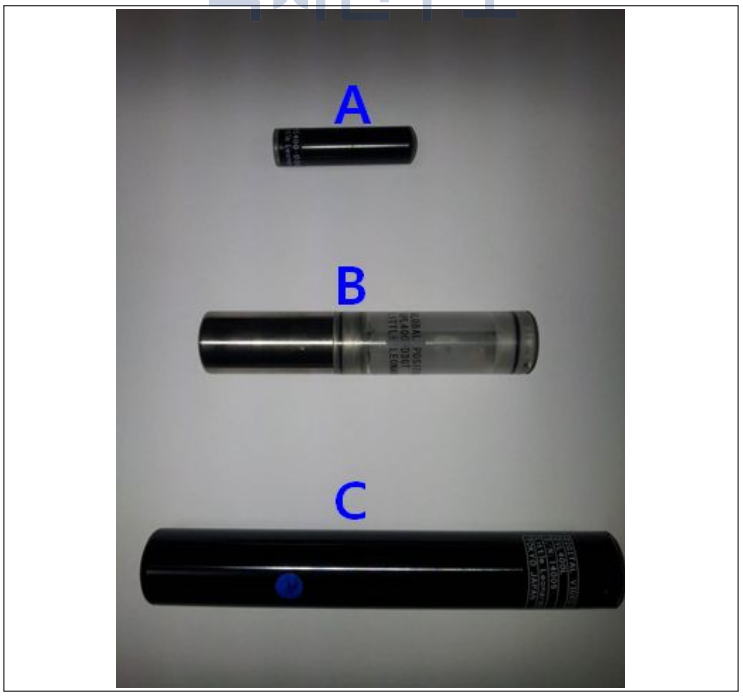


그림 12. 바이오로거 (A: 가속도계, B: 위치기록로거, C: 영상촬영로거)

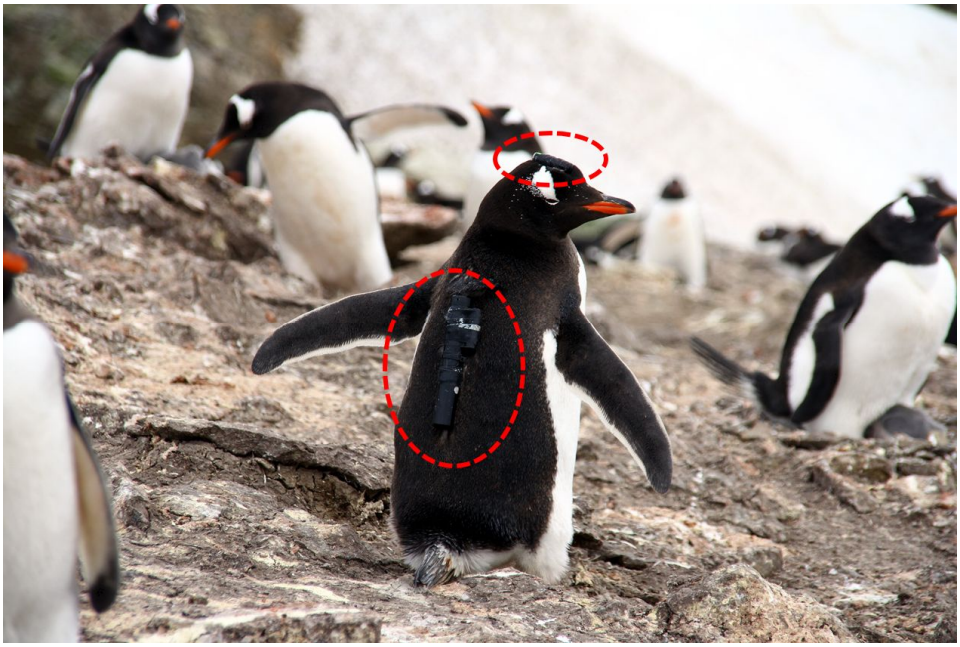
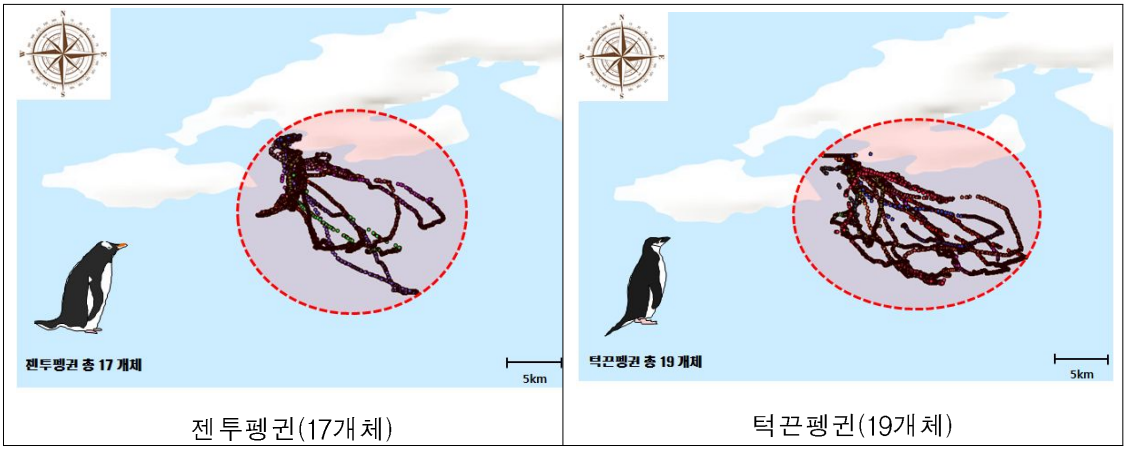


그림 13. 젠투펭귄의 등과 머리(점선)에 설치된 바이오로거

- 2014-15년에 젠투펭귄 17개체와 턱끈펭귄 19개체에 바이오로거를 부착하여 펭귄의 이동 및 잠수 데이터 확보하였음



젠투펭귄(17개체) 턱끈펭귄(19개체)

그림 14. 2014년 12월부터 2015년 1월까지 젠투펭귄(좌)과 턱끈펭귄(우)의 이동경로 및 범위

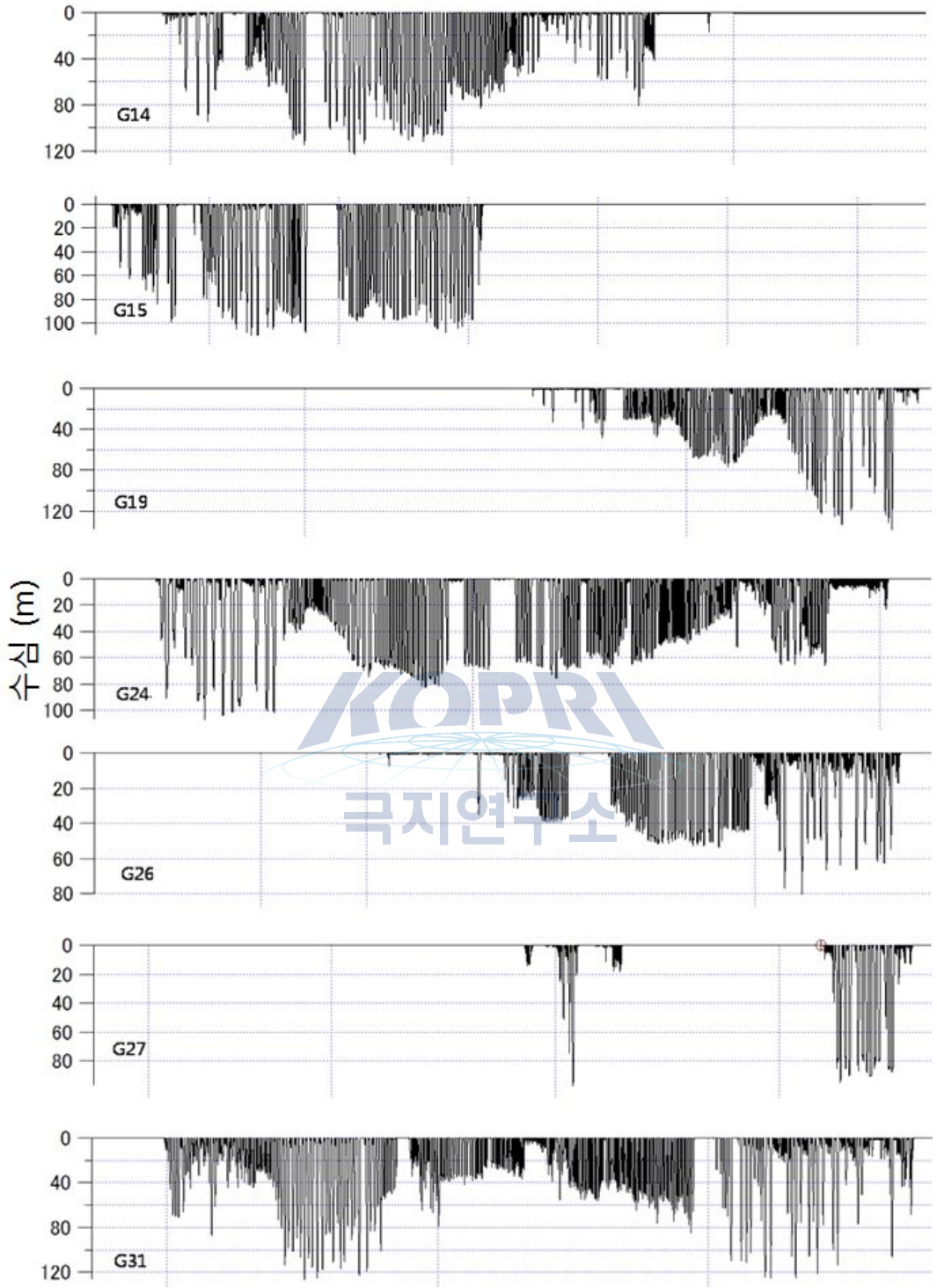


그림 15. 2014년 12월부터 2015년 1월, 번식 중인 젠투펭귄(7개체: G14, G15, G19, G24, G26, G27, G31)의 잠수패턴

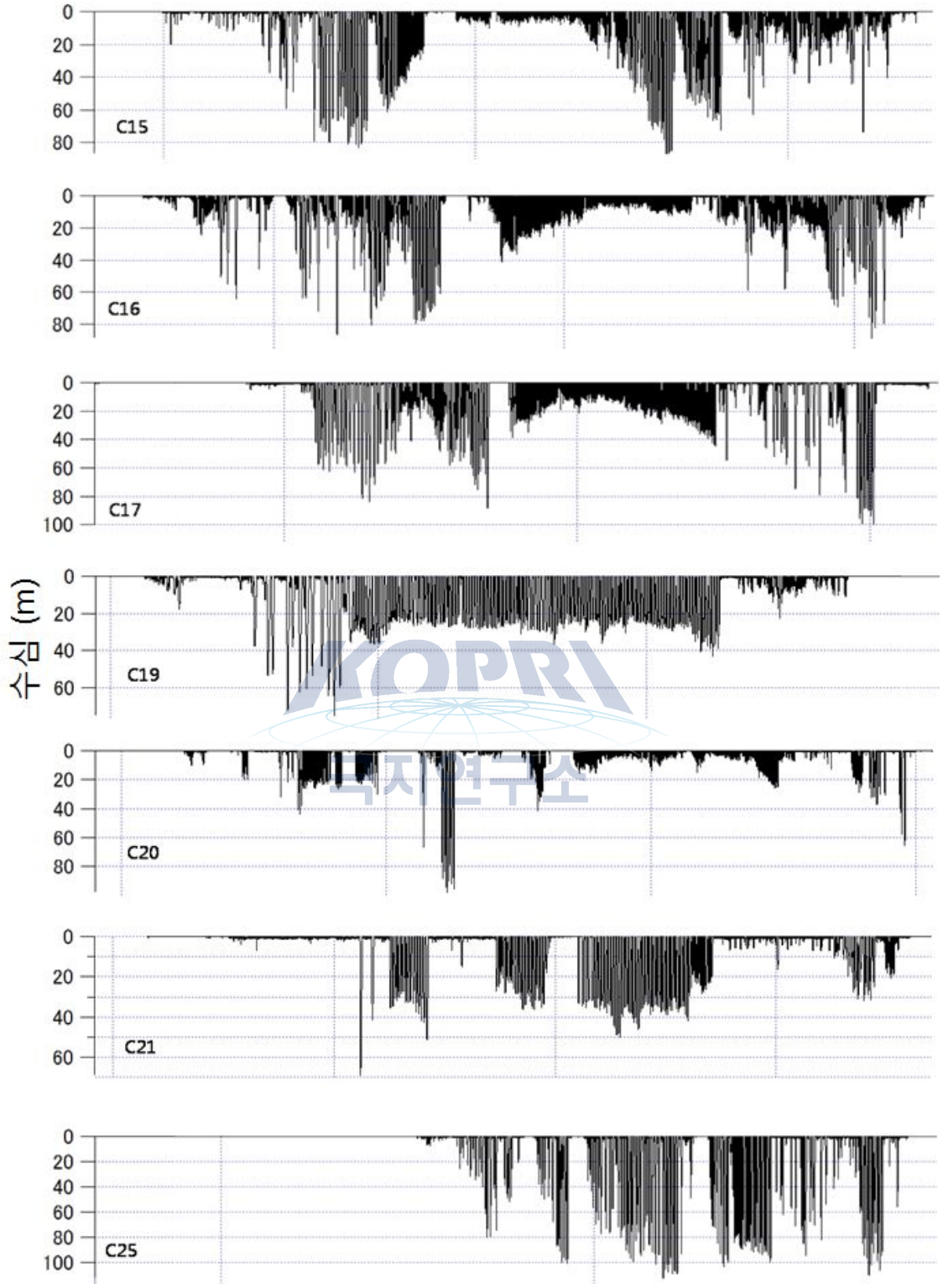


그림 16. 2014년 12월부터 2015년 1월, 번식 중인 틱끈펭귄(7개체: C15, C16, C17, C19, C20, C21, C25)의 잠수패턴

○ 원격위치측정을 통한 둥지위치 측정법 개발

- 남극 세종기지주변에서 번식하는 조류들은 대부분 인간의 간섭이 없는 환경에서 번식하던 종으로, 사람의 출입이 증가하면서 번식지가 훼손되거나 번식지를 옮기는 경우가 발생할 수 있다. 특히, 남방큰풀마갈매기는 인간의 접근에 매우 민감한 종으로 번식기에 둥지근처로 접근할 경우 둥지를 이탈하기 때문에 포란중인 알이나 새끼가 동사하거나, 도둑갈매기의 공격을 받을 수 있다.
- 남방큰풀마갈매기의 둥지수 및 번식 성공률의 연간 변동이 크기 때문에 교란을 최소화할 수 있는 조사방법 대안 마련이 필요하다. 따라서 번식기에 종의 간섭을 최소화하면서 둥지위치를 기록하는 방법의 하나로 원격위치측정 도입 타당성을 검토하였다.
- 원거리에서 레이져를 활용한 위치측정 기능이 있는 정밀위치측정장치(DGPS : Trimble Geo-7)을 활용하여 원거리에서 둥지의 위치를 기록한 후, 번식종료 후 측정한 실제 둥지위치와 오차를 비교하였다.

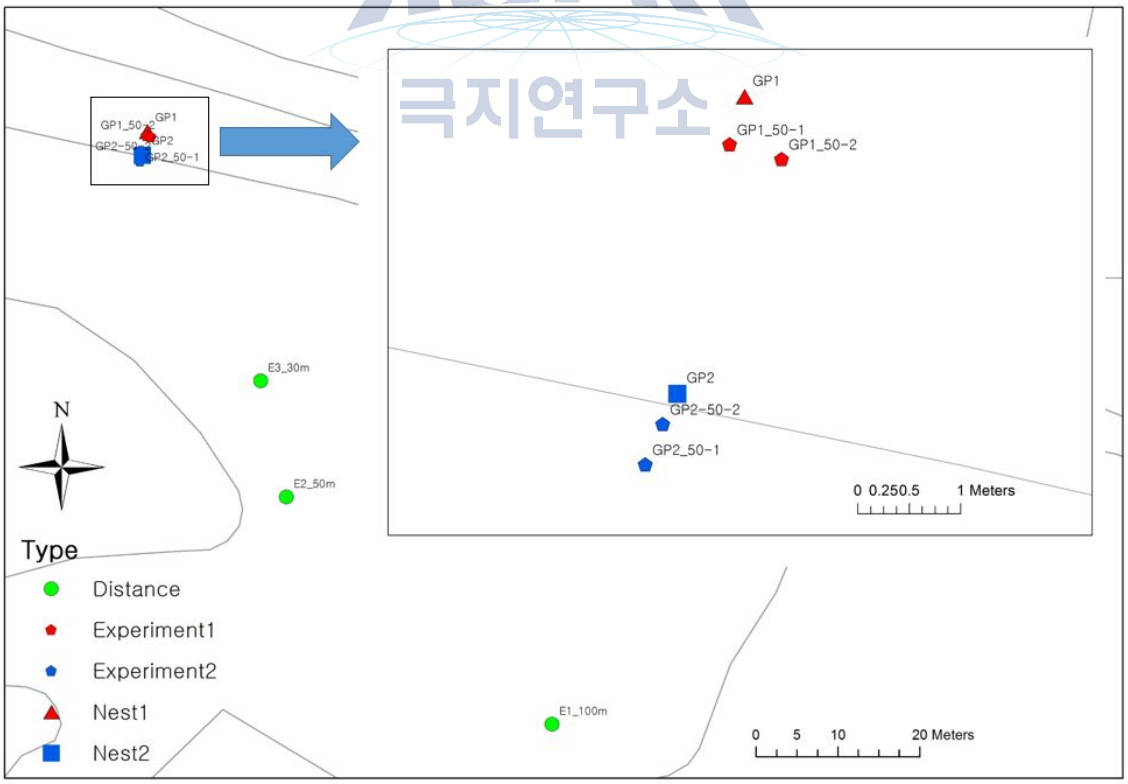


그림 17. 남극큰풀마갈매기 둥지 간섭거리 실험 및 원거리에서 둥지좌표 기록

- 남방큰풀마갈매기는 둥지에서 100m 떨어진 지점까지는 큰 반응이 없었으며, 50m 지점부터 약한 경계반응을 보였다. 그러나, 30m 지점에서는 비교적 강한 경계반응을 보였으며, 둥지이탈을 방지하기 위해 더 이상 접근하지 않았다.
- 원거리 좌표의 경우 100m 지점에서는 측정이 불가하였으며, 80m 지점부터는 측정은 가능하나, 기기의 카메라로 정확한 위치를 잡기가 어려웠다. 따라서, 새의 반응이 비교적 적은 근접거리인 50m 지점에서 둥지별로 2개의 원거리 좌표를 기록하였다. 번식기 이후에 측정한 정확한 좌표위치와 원거리 좌표간에는 0.3 ~ 0.8m 의 오차가 발생하였다. 좌표는 비교적 정밀한 것으로 보이며, 50m 이내에서 측정할 경우 둥지좌표로서 사용가능할 것으로 보인다.
- 그러나, 기기를 손에 들고 측정하는 경우 정확한 위치를 찍기 쉽지 않으며, 남극과 같이 바람이 많이 불고, 지형적으로 고르지 않을 경우 측정하기 어려운 상황이 발생할 수도 있을 것으로 판단된다. 또한, 둥지좌표의 사용 목적에 따라서 오차의 범위는 데이터의 신뢰도에 영향을 미칠 가능성도 있다.

KOPRI 극지연구소

표 1. 남방큰풀마갈매기 둥지 간섭거리 실험 결과 및 원거리 둥지좌표 기록

둥지이격거리	남방큰풀마갈매기 반응	원거리 둥지좌표 기록
E1_100m	반응 없음.	기록 불가
E2_50m	약한 반응 – 고개들고 경계	2개 둥지 각 2좌표씩 기록
E3_30m	강한 반응 – 고개들고 경계 및 움직이 많아짐	

표 2. 원거리 둥지좌표와 실제 둥지좌표 오차

측정거리	둥지1(GP1) 오차		둥지2(GP2) 오차	
50m	GP1_50-1	0.5 m	GP2-50-1	0.3 m
	GP2_50-2	0.7 m	GP2-50-2	0.8 m
	평균	0.6 m	평균	0.55 m

라. 모니터링 자료 관리

○ 자료 축적용 서버 구축

○ 데이터베이스 관리시스템 구축

- 카메라모니터링 시스템, 바이오로깅, 위성영상 등 확보한 자료는 용량이 매우 크기 때문에 보관 및 관리가 어려움.
- 방대한 데이터의 분석을 위한 서버를 구축하여 자료 관리 실시.

자료 축적용 데이터베이스 (10tb) (연구실에 보관) 외장하드의 병렬연결로 중복 저장 가능	자료 분석용 서버 (극지연구소 서버실에 통합 보관) (HP DL360p Gen8 E5-2609v2 1P/4C, 16GB, 300GB*2, RPS, Win12)

그림 18. 자료 축정용 데이터베이스 및 자료 분석용 서버

KOPRI 극지연구소

제 4 장 연구개발목표 달성도

1. 연구개발 목표 달성도

가. 자동모니터링 시스템 관리

○ 자동촬영모니터링 시스템 점검 및 보강

- 2013년에 이어 2014년에도 자동촬영모니터링 시스템 운용 및 데이터 확보 완료
- 남극의 블리자드와 같이 극한 환경에서 파손되는 사례가 발생하여, 안정적인 운용 방법 검토 중

○ 자동기상측정장비 관리 및 자료 축적

- 2013-14년에 설치한 자동기상측정장비의 지속적 관리 및 자료축적 중이며, 확보한 데이터는 장기적인 기후변화 등의 연구에 활용할 예정
- 2015년 하계기간에 고장난 풍향풍속계를 교체하였음

KOPRI 극지연구소

나. 해양환경 모니터링

○ 고해상도 위성영상 분석

- 확보한 고해상도 위성영상은 원격탐사 기술을 활용하여 킹조지섬 인근 맥스웰(Maxwell) 만의 해양환경(식물플랑크톤, 해수온도, 염분도 등) 데이터 확보 및 분석에 활용. 해양환경 변화에 대한 펭귄의 섭식영역 변동 및 행동반응 연구에 활용

다. 첨단 모니터링기법 활용 체계화

○ 바이오로거 운용 매뉴얼 작성

- 2014-15년에 젠투펭귄 17개체와 턱끈펭귄 19개체에 바이오로거를 부착하여 펭귄의 이동 및 잠수 데이터 확보하였음

○ 원격위치측정을 통한 둥지위치 측정법 도입의 타당성 검증

- 사람 접근에 민감한 조류인 남방큰풀마갈매기의 둥지를 대상으로 원격 위치 측정 기법을 검증한 결과 정밀한 위치측정에는 비효율적인 것으로 판단

라. 모니터링 자료 관리

○ 자료 축적용 서버 구축

- 서버를 확보하였으며, 자료 축적 및 분석에 사용할 계획임

○ 데이터베이스 관리시스템 구축

- 대용량 자료의 안정적 장기보관을 위해 데이터베이스 구축 및 운용 중임

표 3. 계획대비 연구성과 달성률

연구개발 목표	연구개발 내용 및 범위	달성률 (%)
자동모니터링 시스템 관리	○ 자동촬영모니터링 시스템 점검 및 보강 ○ 자동기상측정장비 관리 및 자료 축적	100
해양환경 모니터링	○ 고해상도 위성영상 분석(식물플랑크톤, 해수온 등)	100
첨단 모니터링기법 활용 체계화	○ 바이오로거 운용 매뉴얼 작성 ○ 원격위치측정을 통한 둥지위치 측정법 개발	100
모니터링 자료 관리	○ 자료 축적용 서버 구축 ○ 데이터베이스 관리시스템 구축	100

KOPRI 극지연구소

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

1. 기대성과

가. 기술적 측면

○ 위성영상을 이용한 원격탐사, 위치기록로거(GPS-logger) 및 영상촬영로거(Video logger) 등을 활용한 행동분석, 무인녹화 시스템 등을 활용하여, 장기적이고 포괄적인 환경변화 및 생태계의 반응에 대한 모니터링 시스템 관리

나. 경제 산업적 측면

○ 해당사항 없음

2. 활용방안

가. 극지연구소 내의 해양, 기후, 생명과학 연구부서들 간의 융합연구를 통하여 기후, 환경 변화에 대한 극지생태계의 변화양상을 연구하는데 활용

나. 극지 조류 및 포유류를 대상으로 하여 다양한 바이오로거를 이용한 바이오모니터링 기술 접목

다. 남극특별보호구역에 구축된 장기모니터링 시스템을 테라노바만의 펭귄집단 서식지 모니터링 시스템 구축에 적용 기법 개발

KOPRI 극지연구소

KOPRI
극지연구소

제 6 장 참고문헌

환경부. 2007. 남극특별보호구역 지정을 위한 기초조사연구. 환경부.

환경부. 2009a. 남극특별보호구역 지정·관리에 관한 연구. 환경부.

환경부. 2009b. 남극 환경관리지침 및 환경연구 중장기계획 수립연구. 환경부.

환경부. 2011. 남극특별보호구역 관리 및 모니터링에 관한 연구. 환경부.

환경부. 2012. 남극특별보호구역 관리 및 모니터링에 관한 연구(2). 환경부.

환경부. 2013. 남극특별보호구역 관리 및 모니터링에 관한 연구(3). 환경부.

환경부. 2014. 남극특별보호구역 관리 및 모니터링에 관한 연구(4). 환경부.

Ainley DG. 2002. The Adélie penguin: bellwether of climate change. New York: Columbia University Press.

Kokubun N, Takahashi A, Mori Y, Watanabe S, Shin HC. 2010. Comparison of diving behavior and foraging habitat use between chinstrap and gentoo penguins breeding in the South Shetland Islands, Antarctica. Mar Biol. 157:811 - 825.

Lee WY, Kokubun N, Jung J-W, Chung H, Kim J-H. Diel diving behavior of breeding gentoo penguins on King George Island in Antarctica. Animal Cells Syst (Seoul). 2015;19(4):274-281.

Williams TD, Briggs DR, Croxall, JP, Naito Y, Kato A. 1992. Diving pattern and performance in relation to foraging ecology in the gentoo penguin. Pygoscelis papua. J Zool. 227:211 - 230.

Williams TD, Kato A, Croxall JP, Naito Y, Briggs DR, Rodwell S, Barton TR. 1992. Diving attern and performance in nonbreeding Gentoo penguins (Pygoscelis papua) during winter. Auk. 109:223 - 234.

Wilson RP, Hustler K, Ryan PG, Burger AE, Noldeke EC. 1992. Diving birds in cold water — do Archimedes and Boyle determine energetic costs. Am Nat. 140:179 - 200.

KOPRI 극지연구소

KOPRI
극지연구소

주 의

1. 이 보고서는 한국해양과학기술원 부설 극지연구소에서 수행한 기본연구사업의 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.