)

BSPN20130-028-12

해양연안생물종에 대한 바이오로깅 적용연구 최종보고서

2021

과학기술정보통신부 극지연구소

보안 과제( ), 일반 과제(√) / 공개(√), 비공개( )발간등록번호( )

해양극지기초원천기술개발사업 제2차 연도 최종 보고서

BSPN20130-028-12

해양 연안 생물종에 대한 바이오로깅 적용 연구 최종보고서

2021. 6. 11.

주관연구기관 / 한국해양과학기술원 부설 극지연구소

과 학 기 술 정 보 통 신 부

한국해양과학기술원 부설 극지연구소

제출문

제 출 문

과학기술정보통신부장관 귀하

'해양 연안 생물종에 대한 바이오로깅 적용 연구'(연구개발 기간 : 2019.10.19. ~ 2021.3.31.) 과제의 최종보고서를 제출합니다.

2021.6.11.

주관연구기관명 : 한국해양과학기술원 부설 극지연구소 (대표자) 강성호 (인)

주관연구기관책임자: 이원영

과학기술정보통신부 소관 과학기술분야 연구개발사업 처리규정
제35조(연구개발성과의 공개)에 따라 최종보고서 열람에 동의합니다.

보고서 요약서

보고서 요약서

과제 고유 번호	2019M1A5A1102275	해당 단계 연구 기간	2019.10.10. ~ 2021.03.31 (18개월)	단계구분	2/2
연구사업명	중사업명	해양극지기초원천기술개발사업			
	세부사업명	해양극지기초원천기술개발사업			
연구과제명	대과제명	해양 바이오로깅 요소기술 개발 및 기반 구축 연구			
	세부과제명	해양 연안 생물종에 대한 바이오로깅 적용 연구			
연구책임자	이원영	해당단계 참여연구원 수	총: 8명 내부: 1명 외부: 7명	해당단계 연구개발비	정부:90,000천원 민간: 천원 계:90,000천원
		총 연구기간 참여연구원 수	총: 8명 내부: 1명 외부: 7명	총 연구개발비	정부:140,000천원 민간: 천원 계:140,000천원
연구기관명 및 소속 부서명	한국해양과학기술원 부설 극지연구소 생명과학연구본부			참여기업명	
국제공동연구	상대국명:			상대국 연구기관명:	
위탁연구	연구기관명:			연구책임자:	

※ 국내 · 외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 갈음

연구개발성과의 보안등급 및 사유	보안과제 해당 없음

9대 성과 등록 · 기탁번호

구분	논문	특허	보고서 원문	연구시설 장비	기술요약 정보	소프트웨어	화합물	생명자원		신품종	
								생명정보	생물자원	정보	실물
등록·기탁번호	Micromachines 저널, 2021년, 12(3) Ocean Science Journal 저널, 2021년,56(2)										

국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설 · 장비 현황

구입기관	연구시설 · 장비명	규격 (모델명)	수량	구입연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	NTIS 등록번호

요약

1. 연안 생물종 포획 및 바이오로거 부착 테스트
2. 바이오로깅을 결과를 통한 서식환경 관측 및 행동 분석

보고서 면수 58

KOPRI 극지연구소

해양극지기초원천기술개발사업 최종보고서
(평가/제출용, 세부과제용)

양식A101-2

① 부처사업명(대)	거대과학연구개발사업		④ 보안등급(보안, 일반)	일반
② 사업명(중)	해양극지기초원천기술개발사업		⑤ 과제성격(기초, 응용, 개발)	
③ 세부사업명(소)	해양극지기초원천기술개발사업			
⑥ 총괄과제명	해양 바이오로깅 요소기술 개발 및 기반 구축 연구 (Development of elementary technology for marine bio-logging)			
⑦ 세부과제명	국 문	해양 연안 생물종에 대한 바이오로깅 적용 연구		
	영 문	Application of biologging on coastal marine animals: a pilot study		
⑧ 주관연구기관명	한국해양과학기술원 부설 극지연구소		⑨ 사업자 등록번호	134-82-06870
⑩ 위탁과제기관명				
⑪ 주관연구책임자	성 명	이원영	국가연구자번호	10196832
	전 공	동물행동생태	직급(직위)	선임연구원
	소속부서	생명과학연구본부	전자우편	wonyounglee@kopri.re.kr
	전 화	051-664-3040	휴대전화	010-8527-1383

⑫ 연구개발비 현황(단위: 천원)

년 도	정부 출연금 (A)	기업체부담금			정부외출연금 (B)	합계 G=(A+B+E)	상대국 부담금 (F)
		현금 (C)	현물 (D)	소계 E=(C+D)			
1차년도	50,000					50,000	
2차년도	90,000					90,000	
합계	140,000					546,000	22

⑬ 총연구기간	2019. 10. 10 – 2021. 03. 31 (18개월)					
⑭ 다년도연구기간	2019. 10. 10 – 2021. 03. 31 (18개월)					
⑮ 당해연도연구기간	2020. 04. 01 – 2021. 03. 31 (12개월)					
⑯ 참여기업 수	중소기업		중견기업		대기업	계
⑰ 국제공동연구	국가명		상대국 연구기관수		상대국 연구개발비	상대국연구책임자수
⑱ 실무담당자	성 명	정현재	휴대전화	01046460559	전자우편	chung.hyunjae@kopri.re.kr

관련 법령 및 규정과 모든 지시 사항을 준수하면서 이 국가연구개발사업을 성실히 수행하고자 아래와 같이 연구개발계획서(연구개발제안서)를 제출합니다. 아울러 이 연구개발계획서(연구개발제안서)에 기재된 내용이 사실임을 확인하며, 만약 사실이 아닌 경우 선정 취소, 협약 해약 등의 불이익도 감수하겠습니다.

주관연구책임자 : (직인생략)

주관연구기관장 : (직인생략)

과 학 기 술 정 보 통 신 부 장 관 귀하

○ 공동연구개발기관 등 현황

공동연구개발기관 등 (해당 시 작성)	기관명	책임자	직위	휴대전화	전자우편	비고	
						역할	기관유형
공동연구개발기관							
위탁연구개발기관							
연구개발기관 외 기관							

〈 요 약 문 〉

양식A201

연구개발 목표 (500자 내외)	해양동물 포획 및 바이오로거 부착 기술 개발 바이오로깅 기술을 활용한 연안 대형 생물종 시험 적용
연구개발 내용 (1000자 내외)	**1. 연안에 서식하는 생물종 포획 및 바이오로거 부착 테스트** ① 해양 조류를 포함한 대형 동물의 포획기술 개발 – 안정적인 바이오로거 부착 방법 고안 **2. 바이오로깅을 통한 환경관측 및 동물행동 분석** ① 획득한 정보를 통한 서식환경 관측 ② 연안 생물종 행동결과 분석
활용계획 및 기대효과 (500자 내외) (응용분야 및 활용범위 포함)	해양 바이오로깅 기술을 활용하여 우리나라 연안 생물종의 생태정보 구축에 기여하고, 급격한 기후변화에 따른 해양환경을 관측하고 해양동물의 변동을 예측할 수 있는 기술 역량을 확보

국문핵심어 (8개)	바이오로깅	해양동물	해양환경 관측	기후변화
	연안 생물종			
영문핵심어 (8개)	Biologging	Marine animal	Marine environment monitoring	climate change
	coastal species			

KOPRI 극지연구소

〈 연구 분야 〉

양식A103

코드구분	중심분야		관련분야1		관련분야2		관련분야3		관련분야4	
	코드	비중	코드	비중	코드	비중	코드	비중	코드	비중
국가과학기술표준분류	LA0702	50 %	LA0505	40 %	EH0603	10 %		%		%
국가과학기술표준분류 (적용분야)	X09	100 %		%		%		%		%
과학기술 분야분류	G20104	30 %	G20102	30 %	G13502	30 %	G13505	10 %		%
6T 기술분류	050400	40 %	020300	40 %	010400	20 %		%		%
NTRM 분류	B040403	30 %	B060601	70 %		%		%		%
원천기술 개발분야	0631	50 %	0499	50 %		%		%		%

〈 보안 등급의 분류 및 결정사유 〉

양식A102

보안 등급 분류 (선택)	보안	일반
	N	Y
결정 사유	연구책임자 의견	연구기관 자체 검토결과
	보안과제 해당 없음	보안과제 해당 없음

〈 목 차 〉

1. 연구개발 결과 및 추진내용 ····· 9
2. 추진내용 · 연구결과 및 추진일정 실적 ····· 12
3. 연구 개발 결과의 활용 방안 ····· 44
4. 당초 연구계획 대비 주요 변경사항 ····· 45

첨부1 연구개발 목표의 달성도 증빙 ····· 47
첨부2 자체평가의견서 ····· 54
첨부3 연구개발결과 활용계획서 ····· 57

1. 연구개발 목표 및 평가항목별 성과

1-1. 연구개발 목표

최종목표	o 해양 바이오로깅 기술을 이용한 연안 대형 생물종 시험 적용
세부목표	1. 해양 기반 바이오로깅 기술에 적합한 연안 생물종 테스트(2종 이상) 2. 연안 생물 개체별 바이오로깅 DB 확보(20건 이상) 3. 바이오로깅 결과를 통한 해양동물 이동경로 및 환경인자 관측(지도 1건)
연차별목표	o 1차년도 : 해양동물 포획 및 바이오로거 부착 기술 개발 o 2차년도(최종) : 바이오로깅 기술을 활용한 연안 대형 생물종 시험 적용

1-2 평가주안점별 성과

평가주안점	가중치 (%)	관련 세부목표	연차	연차별 목표 (조건/환경)	실적요약	관련증빙
바이오로깅 부착 가능 생물종 자료 수집 및 타당성 평가	10	1	2차년도(최종) (1단계 1차년도)	바이오로깅 부착 가능 생물자료 수집	자료 수집 바탕 리뷰 논문 작성	100
부착 방법에 따른 특성 평가 및 적합한 부착법 제안	40	1	2차년도(최종) (1단계 2차년도)	부착 장비 및 재료 테스트	바이오로거 부착 테스트	100
연안 생물종 부착 적용	25	2,3	2차년도(최종) (1단계 2차년도)	안정화된 부착 기술 및 데이터 획득	부착 적용 및 자료 원격 획득	100
행동 특성 및 서식환경 분석	25	2,3	2차년도(최종) (1단계 2차년도)	관측자료 해석 및 지도 작성	연안종 3종(재갈매기, 고방오리, 쇠기러기) 관측, 지도 작성	100
합계	**100**					

KOPRI 극지연구소

1-3. 목표 미달 시 원인 분석 (해당시 작성)

1) 목표 미달 원인(사유) 자체분석 내용

2) 자체 보완활동

3) 연구개발 과정의 성실성

1-4 (해당 시) 연구개발 목표 및 주요내용 변경사항

구분	변경 전	변경 후	변경 사유 및 조치사항	협약변경 승인일
연구목표 및 주요내용				

1-5. 선정/단계/연차점검의견

선정평가	1. 종합의견 : ● 현장 적용 시험을 담당 세부연구자는 미세조류를 전문가이므로, 방어와 고방오리를 활용한 현장 적용시험을 위해서는 해당분야 전문성 보완이 필요함. ● 본 과제를 통해 얻은 바이오로깅 정보와 타 분석결과와의 정량적 비교 방안이 명확하지 않음. ● 본 과제를 통해 획득한 바이오 로깅데이터의 활용은 물론 관련 연구자나 기관과 공유가 요구됨. ● 시범적용 대상 생물별로 획득하고자하는 구체적인 데이터의 종류, 필요성 및 활용에 관한 내용이 보완되어져야 할 것으로 보임. ● 현장 시범 적용에서 얻어진 바이오로깅 측정값 및 분석결과의 구체적인 비교검증에 대한 보완이 필요할 것으로 보임. ● 국제 협력에 대한 보완이 필요하다고 사료됨. ● 국제협력이 요구되는 과제로 예산 편성에 해외 자문과 교류 등이 포함 되어야 함. 2. 수정 및 보완사항 : ● 국내에서 물새류 포획 및 GPS 부착 경험이 있는 전문가 그룹(환경생태연구소)과 현장 경험에 대한 협력을 받고 현장 조사에 대한 실질적 방안을 모색하기로 하였음. ● 이동경로 지도를 비교하고, 실제 측정된 좌표의 빈도와 기간을 대조. ● 바이오로깅 기술에서 축적된 데이터를 극지연구소 자료 센터(Korea Polar Data Center, KPDC)에 등록하여 동물 서식환경의 기초자료로 제공. ● 시범적용 대상 생물별로 획득하고자하는 구체적인 데이터의 종류, 필요성 및 활용에 관한 내용이 보완되어져야 할 것으로 보임. ● 현장 시범 적용에서 얻어진 바이오로깅 측정값 및 분석결과의 구체적인 비교검증에 대한 보완이 필요할 것으로 보임. ● 러시아 과학 아카데미(Russian Academy of Sciences)와의 국제 협력조사를 통하여 국내 연안종의 번식지로 알려진 러시아 레나강 유역에서 현장조사 실시.

2. 추진내용 및 연구개발결과

2-1. 추진내용 및 연구개발결과

1차년도

○ 해양동물 포획 및 바이오로거 부착 기술 개발

① 해양 바이오로깅 적용을 위한 전략 수립

– 연구개발 수행에 앞서 1960년도부터 2019년도까지의 출판 논문을 바탕으로 Web of science 저널 색인 키워드 검색 결과, 바이오로거의 종류, 바이오로깅 연구 활용 분야, 바이오로깅 연구 적용 종 및 연구 지역을 문헌 조사를 통하여 다음과 같이 정리함(Chung et al. 2021, Ocean Science Journal).

□ 바이오로깅의 용어 관련 문헌 정리

– 바이오로깅은 Bio-logging 뿐만 아니라 Animal telemetry 혹은 Bio-telemetry 등으로도 정의됨

– Boyd et al.(2004, Memoirs of National Institute of Polar Research. Special issue)은 인간의 가시범위를 넘어 자유롭게 이동하는 유기체 및 주변을 연구하는 것을 바이오로깅으로 정의

– Rutz and Hays(2009, Biology Letters)는 이동하는 동물에 소형화된 기기를 부착하여 행동생태 및 생리 연구를 바이오로깅으로 정의

□ 바이오로깅 연구의 발전 과정 문헌 정리

– 현대 방식의 바이오로깅 연구는 1965년도 쿠이먼에 의해 웨델 물범에 다이빙기록계를 부착하는 방식으로 진행된 연구가 발표된 것을 바탕으로 이 시기에 최초로 이루어진 것으로 볼 수 있으며 (Kooyman 1965, Polar Record), 1971년에는 황제 펭귄(Kooyman et al. 1971, Respiration physiology), 1976년에는 물개에 기기 부착을 통한 연구가 발표됨(Kooyman et al. 1976, Science)

– 또한 심박 수와 유영 속도를 측정할 수 있는 기록계를 수심계와 함께 황제 펭귄에 부착하여 다이빙 활동을 연구한 결과가 발표됨(Castellini et al. 1992, Marine Mammal Science)

– 1990년도에 들어 위성 위치추적기술이 발전하며 플랫폼 송신 터미널(이하 PTT)이라는 기기가 개발되었으며, 이 기기는 계잡이물범에 부착되어 물범의 이동을 기록한 연구가 발표됨(Bengtson et al.1993, Korean Journal of Polar Research)

□ 바이오로깅 연구 출판 논문 분석

– Web of Science 검색어{ “(bio-logging) OR (biologging) OR (bio-logger) OR (biologger) OR (animal-borne) OR (telemetry)” } 총 19,641 건의 결과에 따른 연간 바이오로깅 연구 출판 논문의 수 (1960-2019)는 노란색 막대로 나타나며, ‘Marine animal’ 을 포함하는 결과는 파란색 막대로 나타난다 (다음 그림 참조)

KOPRI 극지연구소

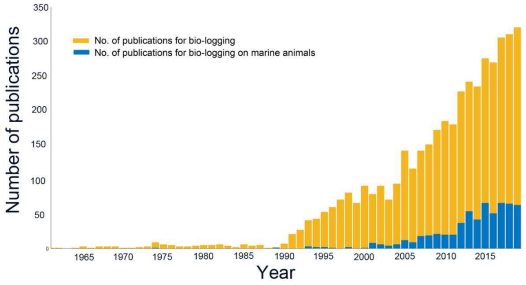


그림 1. Web of Science 키워드 검색 결과(Chung et al. 2021, Ocean Science Journal)

□ 바이오로거의 종류

– 바이오로깅은 동물의 움직임이나 생리적인 자료를 측정하는 행동 바이오로깅 카테고리와 주변 환경 신호를 측정하는 환경 바이오로깅 카테고리로 나눌 수 있으며 이에 따라 바이오로거의 종류는 다음 표와 같이 분류함.

표 1. 바이오로거의 목적에 따른 센서 종류, 획득 데이터, 특징

카테고리	센서 종류	획득 데이터	특징
Behavioural bio-logging (행동 자료)	GPS (Global Positioning System)	위치	• 공간정확도가 높음(<5m)(Bridge et al. 2011, BioScience) • 측정주기가 짧음 • 에너지소모가 큼(30초에 0.15W)(Bridge et al. 2011, BioScience) • 위성에서 라디오파를 수신 (Tomkiewicz et al. 2010, Philosophical Transactions of the Royal Society B) • 무거움(<22g)(Bridge et al. 2011, BioScience))
	CLS (Collect Localisation satellites)	위치	• 공간정확도가 상대적으로 낮음(<150m)(Bridge et al. 2011, BioScience) • 측정주기가 짧음 • 에너지소모가 큼 • 위성에서 라디오파를 수신 • 데이터 동시 송신 가능
	GLS (Geolocation System)	위치	• 공간정확도가 낮음(<200km)(Bridge et al. 2011, BioScience) • 측정주기가 김 • 에너지소모가 작음 • 작고 가벼움(<0.5g)(Bridge et al. 2011, BioScience) • 햇빛을 이용해 일몰 일출 시간을 계산하여 위치를 추정
	Acoustic tag	위치	• 동물의 수중 위치 연구에 이용 • 중계 부이 필요
	Video-camera	이미지 및 음향 자료	• 대용량 배터리 및 저장소 필요 • 동물의 시각에서 시청각 자료를 해석하기 위해 이용(Moll et al. 2007, Trends in Ecology and Evolution)
	Accelerometer & gyroscope	가속도 및 기울기	• 동물의 에너지 소모 추산 가능 • 동물의 행동 정밀 분석 연구에 이용
	TDR (Time-Depth Recorder)	잠수 수심	• 전통적인 방법의 바이오로거 • 수심 측정 정확도가 높음 • 에너지소모가 작음
	ECG (Electrocardiogram)	심박 수	• 동물의 생리 연구에 이용 • 전극이 커서 소형동물에 부착하기 부담(Whitford and Klimley 2019, Animal Biotelemetry)
	EEG (Electroencephalogram)	뇌파	• 동물의 수면 연구에 이용 • 전극이 커서 소형동물에 부착하기 부담(Whitford and Klimley 2019, Animal Biotelemetry)
Environmental bio-logging (환경 자료)	CTD (Conductivity Temperature Depth)	전기전도도, 수온, 압력	• 잠수동물의 수직이동 및 주변 물리해양 연구에 이용
	Fluorometer	형광도	• 동물 주변 해수의 형광도를 측정하여 엽록소 농도를 측정하여 1차생산량을 추정하는 생지화학적 연구에 이용
	Oxygen sensor	용존산소	• 동물 주변에 존재하는 물의 용존산소를 측정하는 연구에 이용
	Hydrophone	주변 수중 음향	• 수중 혼합 신호를 측정하여 해양의 소리경관(Soundscape)를 연구하는 데에 이용(Cazau et al. 2017, Journal of Atmospheric and Oceanic Technology)
	Echosounder	음향 후방 산란	• 능동 음향 후방산란을 측정하여 (Lawson et al. 2015, Animal Biotelemetry) 동물 주변의 생물 움직임 및 생물군집 탐색하는 연구에 이용 • 포식자-먹이 관계를 관찰하기 위해 이용(Goulet et al. 2019, Deep Sea Research)

□ 바이오로깅 연구 적용 종 및 지리적 범위

– 바이오로깅 연구 적용 종 및 지리적 범위는 다음 그림 참조.

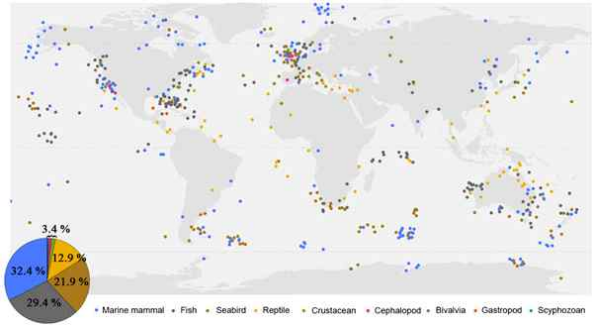


그림 2. 1974-2019년까지 536개 논문에 나타난 해양 바이오로깅 연구 적용 종 및 지리적 분포 현황. 가장 많이 집계된 종부터 순서대로 해양 포유류 (32.4%), 어류(29.4%), 해양조류 (21.9%), 파충류 (12.95%) 그리고 갑각류, 이매패류, 복족류, 해파리류는 각 1%미만으로 총합 3.4%를 점유하는 것으로 나타났다(Chung et al. 2021, Ocean Science Journal)

② 조류 바이오로깅 부착 방법 정립

– 국내에서 월동하는 조류의 특징에 맞는 배낭(harness) 형태의 위치추적기를 부착하는 방법을 선택. 배낭 형태의 위치추적기 부착방법은 소형조류에서부터 대형조류까지 모두 적용할 수 있는 방식으로, 상대적으로 조류의 비행을 적게 방해하는 것으로 알려져 있다. 또한 이동성 조류의 장거리 경로가 포함된 이주행동을 확인하는데 적합한 방식으로, 우리나라에서 월동을 하고 북극권에서 번식하는 조류의 위치추적기 연구에 적합한 방식임.

– 장거리 비행조류에 안정적으로 부착하기 위해선 현재와 같은 배낭 형태의 위치추적기가 가장 효과적일 것으로 여겨짐됨(그림 3).

극지연구소

그림 3. 배낭 형태의 바이오로거(GPS)를 부착한 재갈매기(2020년 2월 경상북도 영덕군)

③ 포유류 바이오로깅 부착 방법 정립

– 3.7V 리튬폴리머 배터리가 부착된 아두이노 오픈 소스 플랫폼에 각종 센서(위 시험에서는 온도 감지 센서와 압력 감지 센서가 부착됨)를 삽입한 뒤 물범에게 부착.

그림 4. 스트랩으로 센서를 묶어 물범 꼬리 부위에 고정하는 방식으로 부착(2020년 6월 청주동물원)

그림 5. 꼬리에 부착된 압력센서를 달고 수조에서 휴식을 취하고 있는 물범(2020년 6월 청주동물원)

– 블루투스 통신을 통해 연구자의 휴대용 수신기(예, 스마트폰) 어플리케이션으로 데이터를 원격으로 받을 수 있는 시스템을 구축. 바이오로거의 물리적인 데이터 저장장치를 직접 회수할 필요가 없어지므로, 데이터를 확보하기 용이해짐(Kim et al. 2021, Micromachines).

2차년도

○ 바이오로깅 기술을 활용한 연안 대형 생물종 시험 적용

① 연안 생물종에 바이오로거 부착

· 재갈매기를 대상으로 진행된 포획 및 자료 획득

– 재갈매기는 몸길이 약 50cm, 무게 약 1kg정도의 중형 갈매기로서 동아시아에서 겨울을 나는 대표적인 겨울철새

– 잡식성으로 죽은 동물이나 바다새의 알, 물고기 등을 먹으며 서유럽에서 캐나다, 알래스카 지역의 해안에서 번식

– 한국에서는 동해안과 남해안 지역에서 무리지어서 겨울을 남

– 연안 동물종 가운데 수가 많고 크기가 큰 조류 종

– 2019년 10월~11월 동해안 기장, 영덕 등지 해안에서 재갈매기 9마리 포획

– 2021년 5월 현재까지 재갈매기의 이동경로를 모니터링

– 이동경로 자료는 날짜별 위치, 고도, 속도 자료가 매 2시간 간격으로 수집되어 전송하도록 설정되어 있음(아래 그림 6)

– 재갈매기 포획 및 작업 순서는 아래 표 2와 같음

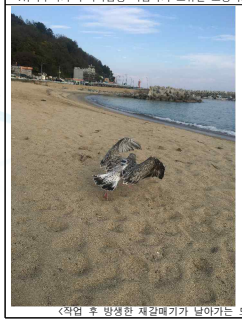
No	Date (UTC)	Date (UTC+9)	Decimal		DMS		Altitude (m)	Heading	Speed (Km/h)	Satellite	Temper-ature	DOP	Contact Time[UTC]	Volt
			Latitude	Longitude	Latitude	Longitude								
6958	2021-05-11 07:00:45	2021-05-11 16:00:45	51.0579099	142.2462117	51° 3' 28.476"	142° 14' 46.362"	535.3	258	36	17	16	1.5	2021-05-11 07:01:23	4.17
6957	2021-05-11 05:00:35	2021-05-11 14:00:35	50.8990936	142.1374512	50° 53' 56.737"	142° 8' 14.824"	-19.99	161	0	16	28	1.3	2021-05-11 07:01:23	4.15
6956	2021-05-11 03:01:11	2021-05-11 12:01:11	50.8613496	142.1136669	50° 51' 40.859"	142° 6' 49.201"	-106.19	3	0	15	27	3.6	2021-05-11 07:01:22	4.14
6955	2021-05-11 01:00:54	2021-05-11 10:00:54	50.8608998	142.1126598	50° 51' 39.239"	142° 6' 45.575"	186.4	45	0	15	22	1.6	2021-05-11 07:01:22	4.15
6954	2021-05-10 23:00:58	2021-05-11 08:00:58	50.8664131	142.1148834	50° 51' 59.087"	142° 6' 53.580"	-8.79	233	0	16	17	1.3	2021-05-11 07:01:22	4.14
6953	2021-05-10 21:01:23	2021-05-11 06:01:23	50.8613978	142.1129858	50° 51' 41.032"	142° 6' 46.749"	2.6	71	0	14	21	1.5	2021-05-11 07:01:22	4.14
6952	2021-05-10 19:00:37	2021-05-11 04:00:37	50.8615608	142.1120300	50° 51' 41.619"	142° 6' 43.308"	-8.99	121	0	16	13	1.3	2021-05-11 07:01:20	4.15
6951	2021-05-10 17:00:35	2021-05-11 02:00:35	50.8505363	142.0992279	50° 51' 1.931"	142° 5' 57.220"	-1.79	180	0	15	11	1.1	2021-05-11 07:01:20	4.15
6950	2021-05-10 15:00:58	2021-05-11 00:00:58	50.8569832	142.1079712	50° 51' 25.140"	142° 6' 28.696"	0.9	0	0	15	13	1.1	2021-05-11 07:01:20	4.15
6949	2021-05-10 13:00:59	2021-05-10 22:00:59	50.8583603	142.1079407	50° 51' 30.097"	142° 6' 28.587"	-7.29	291	0	15	15	1.3	2021-05-11 07:01:20	4.15
6948	2021-05-10 11:00:38	2021-05-10 20:00:38	50.8343863	142.0957420	50° 50' 3.791"	142° 5' 44.671"	1.6	243	1	13	13	1.6	2021-05-11 07:01:19	4.15
6947	2021-05-10 09:00:58	2021-05-10 18:00:58	50.8079681	142.0876160	50° 48' 28.685"	142° 5' 15.418"	-5.19	260	0	16	16	1.1	2021-05-11 07:01:19	4.15
6946	2021-05-10 07:01:13	2021-05-10 16:01:13	50.8040896	142.0949332	50° 48' 14.723"	142° 5' 41.760"	-37.49	143	0	17	22	2.2	2021-05-11 07:01:19	4.15
6945	2021-05-10 05:00:41	2021-05-10 14:00:41	50.8079224	142.0939941	50° 48' 28.521"	142° 5' 38.379"	-67.29	9	0	15	18	1.2	2021-05-11 07:01:19	4.16
6944	2021-05-10 03:00:40	2021-05-10 12:00:40	50.8603127	142.1133839	50° 51' 37.126"	142° 6' 48.182"	57.9	27	0	14	17	1.6	2021-05-11 07:01:17	4.16
6943	2021-05-10 01:01:59	2021-05-10 10:01:59	50.8491440	142.1112671	50° 50' 56.918"	142° 6' 40.562"	-8.49	1	0	15	22	1.5	2021-05-11 07:01:17	4.15
6942	2021-05-09 23:02:03	2021-05-10 08:02:03	0.0000000	0.0000000	0° 0' 0.000"	0° 0' 0.000"	0	0	0	0	13	25.5	2021-05-11 07:01:17	4.16
6941	2021-05-09 21:01:57	2021-05-10 06:01:57	50.8017616	142.0952301	50° 48' 6.342"	142° 5' 42.828"	-1.29	83	0	13	15	1.6	2021-05-11 07:01:17	4.15
6940	2021-05-09 19:00:57	2021-05-10 04:00:57	50.6854401	142.0740967	50° 41' 7.584"	142° 4' 26.748"	-11.29	45	0	16	11	1.1	2021-05-11 07:01:16	4.16
6939	2021-05-09 17:01:28	2021-05-10 02:01:28	50.7757683	142.0872040	50° 46' 32.766"	142° 5' 13.934"	23.2	179	0	15	9	1.1	2021-05-11 07:01:16	4.16
6938	2021-05-09 15:01:22	2021-05-10 00:01:22	50.7476044	142.0880127	50° 44' 51.376"	142° 5' 16.846"	37.8	347	8	15	8	1.5	2021-05-11 07:01:16	4.16
6937	2021-05-09 13:00:58	2021-05-09 22:00:58	50.7648430	142.0849609	50° 45' 53.435"	142° 5' 5.859"	-4.09	195	1	15	13	1.2	2021-05-11 07:01:16	4.16
6936	2021-05-09 11:01:28	2021-05-09 20:01:28	50.7908745	142.0909882	50° 47' 27.148"	142° 5' 27.558"	138.1	252	0	14	14	1.2	2021-05-11 07:01:14	4.16
6935	2021-05-09 09:11:43	2021-05-09 18:11:43	50.8537431	142.1131148	50° 51' 13.475"	142° 6' 47.213"	-3.49	352	1	16	12	1.5	2021-05-11 07:01:14	4.16
6934	2021-05-09 09:00:52	2021-05-09 18:00:52	50.8475380	142.1087799	50° 50' 51.137"	142° 6' 31.608"	397.1	25	30	16	7	1.2	2021-05-11 07:01:14	4.17
6933	2021-05-09 07:00:56	2021-05-09 16:00:56	50.8033409	142.0951802	50° 48' 12.027"	142° 5' 42.649"	-39.69	20	1	16	20	1.7	2021-05-11 07:01:14	4.17

그림 6. 2019년 10월 22일 기장에서 포획한 kopr1901 개체의 정보 송수신 자료의 예시

KOPRI
극지연구소

표 2. 재갈매기를 대상으로 진행된 포획 작업 단계별 사진 및 주요 작업 내용

조류포획 단계별 사진	내 용
 <2019년 11월 12일 강구항 재갈매기 포획지 전경>	**① 재갈매기 포획지 선정** – 재갈매기가 도래하는 대표 지역 가운데 경상북도 영덕군 강구항 해변을 선정 – 비교적 사람을 무서워하지 않기 때문에 휴식지 근처까지 접근 가능 – 조류가 사람에게 익숙해지도록 작업지 주변에서 먹이를 주면서 포획 예정위치까지 유인
 <그물 설치 및 먹이를 투여하는 연구원>	**② 그물설치 및 먹이를 이용한 조류 유인** –환경생태연구소와 협업을 통한 그물 설치 및 먹이 투여 –먹이를 이용한 조류를 작업지 내로 유인
 <그물에 포획된 재갈매기의 모습>	**③ 재갈매기 포획 그물 발사** –그물 반경안에 조류가 들어오게 되면 공기가 압축된 포를 발사하여 그물을 몸 위에 씌우는 방식을 사용 –대상종이 다치지 않게끔 신속히 그물에서 제거한 후 위치추적기 부착을 위한 작업 준비

조류포획 단계별 사진	내 용
 <위치추적기 부착 전 개체별 정보 수집을 하는 연구원>	**④ 개체 정보 수집** –포획된 개체를 대상으로 개별 무게 측정 –무게를 기준으로 건강한 개체를 선정하여 위치추적기 부착 예정
 <위치추적기 부착작업중 작업자가 조류를 보정하고 있는 모습>	**⑤ 바이오로거 부착** –2인 1개조로 작업을 진행하며 한명은 조류가 움직이지 못하게 잡고 있고 다른 한명이 위치추적기를 부착하는 방식으로 작업 진행 –추적기가 너무 꽉 끼거나 혈렁하지 않도록 개체의 크기에 맞춰서 묶어주는 줄의 길이를 조절함
 <작업 후 방생한 재갈매기가 날아가는 모습>	**⑥ 데이터 수신 확인 및 재갈매기 방사** – 위치추적용 바이오로거 WT–300 (KoECO Co., Weight: 22g, Dimensions 48×36×16mm(L×W×H), Internal Lithium–Ion 200mAh, Solar charging system, 12 hours interval, GPS–Mobile Phone based Telemetry System) –위치추적기로부터 위치정보 수신 확인 –개체별 부착한 위치추적기 번호 확인 –위치추적기를 부착 후 풀어줌 –조류가 다치지 않고 잘 날아가는지를 확인

· 고방오리를 대상으로 진행된 포획
  – 고방오리는 유라시아, 북아메리카에서 서식하는 철새
  – 북반구 북부에서 번식하고 남쪽지역으로 이동해 겨울을 나는 것으로 알려져 있음
  – 먹이로는 주로 곡류나 수초의 잎 또는 줄기를 먹고 한국에서는 주로 겨울에 무리를 지어서 월동
  – 한반도에 도래하는 대표적인 겨울철새
  – 낙동강 하구 을숙도 지역에서 많은 숫자가 무리지어 관찰됨
  – 2020년 1월 총 7개체를 포획하여 GPS를 배낭형태로 부착하였음(그림7)
  – 고방오리를 포획하는 작업의 순서는 아래 표 3과 같음

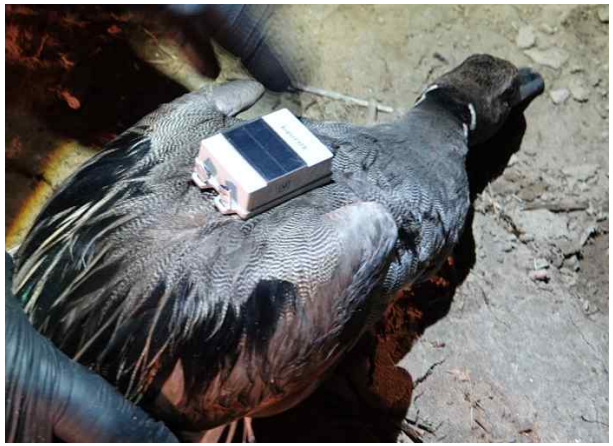
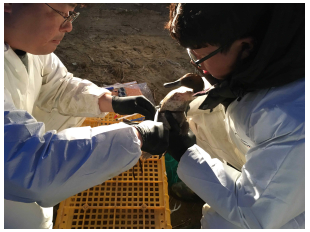


그림 7. 2020년 1월 15일 을숙도에서 포획한 고방오리의 배낭형태 바이오로거(GPS) 부착 사진

표 3. 고방오리를 대상으로 진행된 포획 작업 단계별 사진

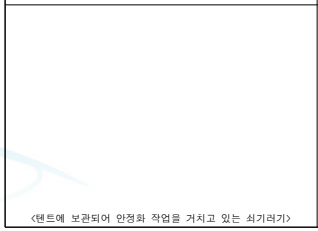
조류포획 단계별 사진	내 용
 <2020년 1월 10일 을숙도 고방오리 포획지 전경>	**① 고방오리 포획지 선정** – 고방오리가 도래하는 지역을 선정 – 사람에 대한 경계심이 예민하기 때문에 미리 먹이를 살포하여 먹이에 대한 반응을 증가시킴 – 먹이를 살포한 후에는 작업지에서 멀리떨어진 곳에서 대기하며 조류의 접근을 유도
 <그물에 연결된 공기 압축 발포용 장비>	**②그물설치 및 먹이를 이용한 조류 포획** – 재갈매기와 달리 무리단위로 포획 가능 – 개체수가 많기 때문에 신속하게 그물에 연결된 공기 압축 발포용 장비를 발사하여 포획
 <그물망에 넣어 개별포획된 고방오리 암컷>	**③ 고방오리 포획 및 개별 포획** –한 개체씩 그물망에 넣어 무게 측정 및 성별 구분 작업 진행 –개체수가 많기 때문에 무게가 많이 나가는 건강한 개체를 대상으로 위치추적기 부착

KOPRI 극지연구소

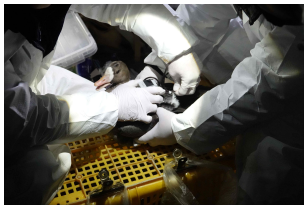
조류포획 단계별 사진	내 용
 〈추적기 부착 작업을 위한 고방오리를 보관하는 텐트 속 모습〉	**④ 안정화 작업 및 작업대상 개체 선정** – 작업 대상 조류를 제외한 나머지 개체들은 부상을 당하지 않도록 텐트 속에 넣어둠 – 위치추적기 부착시 개별 포획하여 작업 진행
 〈개체정보 수집 후 위치추적기 부착중인 고방오리〉	**⑤ 개체정보 수집 및 위치 추적기 부착** – 2인 1조로 개체정보를 수집한 후 위치추적기를 부착함 – 개체의 크기에 맞춰서 끈의 길이를 조절
 〈작업 후 땅에 고방오리를 놓아주는 모습〉	**⑥ 데이터 수신 확인 및 고방오리 방사** – 위치추적용 바이오로거 WT-300 (KoECO Co., Weight: 22g, Dimensions 48×36×16mm(L×W×H), Internal Lithium-Ion 200mAh, Solar charging system, 12 hours interval, GPS-Mobile Phone based Telemetry System) –부착 작업이 끝난 조류를 한 마리씩 –다치지 않고 잘 날아가는지 확인

・쇠기러기를 대상으로 진행된 포획
– 쇠기러기는 몸길이 약 66–86cm, 무게 약 2kg 가량의 겨울철새
– 주로 큰 떼를 지어 논, 밭, 연못, 초원 등지에서 풀씨, 줄기, 싹 등을 섭식
– 북아메리카, 유라시아 대륙의 툰드라지역에서 번식을 하고, 온대지역에서 월동
– 우리나라에서는 10월에 남하하여 겨울을 보낸 후 이듬해 3월에 번식지로 이동하는 것으로 알려져 있음
– 2021년 2월 경기도 김포시 쇠기러기 서식지에서 10개체를 포획하여 배낭형태의 GPS를 부착하였음
– 쇠기러기의 단계별 포획 과정은 아래 표 4와 같음

표 4. 쇠기러기를 대상으로 진행된 포획 작업 단계별 사진

조류포획 단계별 사진	내 용
 〈2021년 2월 26일 김포 하성면 쇠기러기 포획지 전경〉	**① 쇠기러기 포획지 선정** – 쇠기러기가 도래하는 지역을 선정 – 사람에 대한 경계심이 예민하기 때문에 미리 먹이를 살포하여 먹이에 대한 반응을 증가시킴 – 먹이를 살포한 후에는 작업지에서 멀리떨어진 곳에서 대기하며 조류의 접근을 유도
 〈쇠기러기 포획 모습〉	**②그물설치 및 먹이를 이용한 조류 포획** – 단체생활을 하는 쇠기러기의 특성상 무리단위로 포획 가능 – 개체수가 많기 때문에 신속하게 그물에 연결된 공기 압축 발포용 장비를 발사하여 포획 – 포획된 개체는 그물에서 제거
 〈텐트에 보관되어 안정화 작업을 거치고 있는 쇠기러기〉	**③ 안정화 작업 및 작업대상 개체 선정** – 작업 대상 조류를 제외한 나머지 개체들은 부상을 당하지 않도록 텐트 속에 넣어둠 – 위치추적기 부착시 개별 포획하여 작업 진행

KOPRI 극지연구소

조류포획 단계별 사진	내 용
 <그물에 넣어 무게를 측정중인 쇠기러기>	**④ 선정된 개체를 대상으로 한 개체정보 수집** - 그물에 넣어 무게측정 한 후 분변/깃털 등 개체정보 및 시료 획득
 <개체정보 수집 후 위치추적기 부착중인 쇠기러기>	**⑤ 위치 추적기 부착** - 개체정보를 수집한 후 2인 1조로 위치추적기를 부착함 - 개체의 크기에 맞춰서 끈의 길이를 조절 - 환경생태연구소의 WT-300 위치추적기 부착
 <작업 후 땅에 쇠기러기를 놓아주는 모습>	**⑥ 데이터 수신 확인 및 쇠기러기 방사** - 위치추적용 바이오로거 WT-300 (KoECO Co., Weight: 22g, Dimensions 48×36×16mm(L×W×H), Internal Lithium-Ion 200mAh, Solar charging system, 12 hours interval, GPS-Mobile Phone based Telemetry System) -부착 작업이 끝난 쇠기러기를 한 마리씩 -다치지 않고 잘 날아가는지 확인

② 데이터 관측 및 분석

· 재갈매기 GPS 자료의 개체별 비교 분석

- 대표적인 재갈매기 월동지인 부산, 영덕, 삼척 등지에서 재갈매기 37개체를 포획한 정보와 러시아 재갈매기 번식지에서 9개체를 포획한 정보를 취합
- 2017년 10월 11일 ~ 2021년 3월 6일 겨울철 이동경로 추적
- 성체 28개체 가운데 성체 1개체는 중국 해안 지역을 다녀왔으며, 성체 8개체는 한국 뿐 아니라 일본 해안에 걸쳐 비행을 하며 월동을 하였음
- 아성체 18개체 가운데 1개체가 일본 해안에서 월동을 하였음
- 겨울철 서식지 이용 방식은 개체의 나이에 따른 차이가 있을 것으로 예상됨
- 개체별 변이가 크게 나타나기 때문에 특정 개체의 정보를 개체의 나이(성체 vs. 아성체)에 따라 이동 범위에 차이가 있을 것으로 예상

· 재갈매기 성체(adults)와 아성체(sub-adults) 이동경로 비교(그림 8)

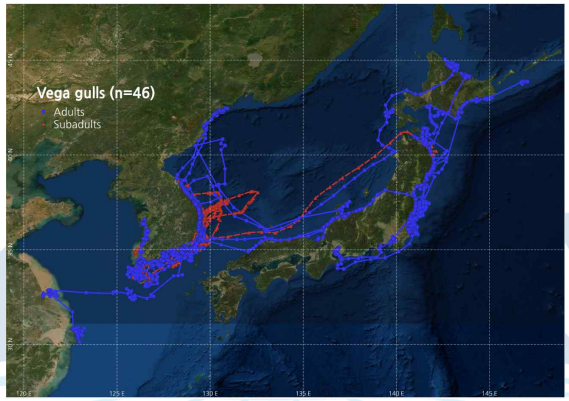


그림 8. 한국 연안에서 겨울철을 보내는 재갈매기 46개체의 이동경로(2017년 10월 11일~2021년 3월 6일)

· 겨울철 국내에서 부착한 조류의 이동 경로와 여름철 예상 번식지에서 얻어진 경로의 측정 효율 및 측정 수준을 비교

- 2017년 10월부터 2021년 3월까지 바이오로깅을 통해 얻은 재갈매기의 위치데이터를 기간과 위도를 기준으로 분석
- 재갈매기에 부착한 바이오로거가 인식한 위성의 개수는 평균 9개 이상으로 충분히 많은 위성이 위치 정보를 획득하기 위해 사용됨(그림 10, 표 5)
- 월동기간(10~4월)과 번식기간(6~8월) 동안의 위성 수를 비교하였을 때, 번식기간에는 평균 11.5개 이상의 위성을 사용하였고, 월동기간에는 평균 10.6개 이하의 위성을 사용하여 월동기간의 위치정보의 정확도가 비교적 더 높은 것으로 나타남(ANOVA test, $p < 0.001$)
- 위도에 따른 위성의 개수를 살펴보면, 70° 이남에서는 위도가 높을수록 많은 위성이 위치를 기록하기 위해 사용되며, 특히 20°~30°에서는 바이오로거가 사용한 위성 개수가 평균 6개 정도로 위치정확도가 많이 떨어짐. 70° 이상의 극지에서는 위치를 찾기 위해 사용하는 위성의 개수가 평균 10.770개로 줄어들었음(그림 11, 표 6)
- 하루에 기록된 위치 정보의 개수는 평균 10건 이상으로 10월~1월 1분위수가 12 이하로 줄어들었으며, 나머지 기간에는 75% 이상 12건 씩 위치 정보를 획득하였음(표 7).

극지연구소

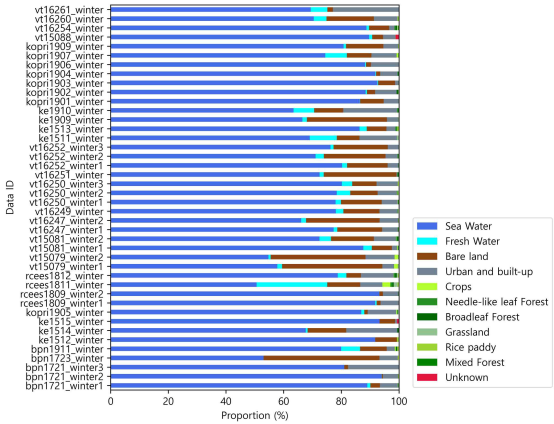


그림 9. 재갈매기 개체별의 겨울철 서식지 이용

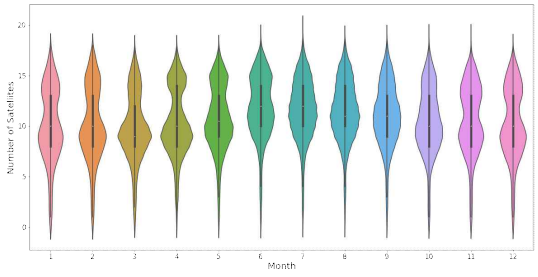


그림 10. 월별 기록된 위치 데이터의 위성 갯수

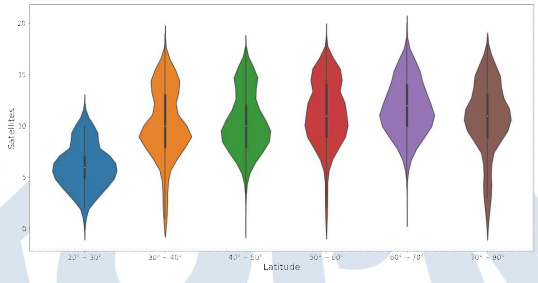


그림 11. 위도별 기록된 위치 데이터의 위성 개수

표 5. 월별 기록된 위치 데이터의 위성 갯수

월 (위치 데이터 수)	평균	표준편차	1분위수	중앙값	3분위수
1 (9574)	10.140	3.687	8	10	13
2 (10046)	10.166	3.697	8	10	13
3 (12774)	9.855	3.347	8	9	12
4 (13391)	10.359	3.390	8	10	14
5 (10882)	10.768	3.285	9	10.5	13
6 (7722)	11.850	3.156	10	12	14
7 (9942)	11.638	2.995	10	12	14
8 (9704)	11.503	2.987	10	11	14
9 (8677)	11.044	3.126	9	11	13
10 (8002)	10.471	3.299	8	10	13
11 (9925)	10.583	3.467	8	10	13
12 (10163)	10.239	3.565	8	10	13

표 6. 위도별 기록된 위치 데이터의 위성 갯수

위도 (위치 데이터 개수)	평균	표준편차	1분위수	중앙값	3분위수
20° ~ 30° (1022)	6.063601	2.127398	5	6	7
30° ~ 40° (64613)	10.31051	3.589662	8	10	13
40° ~ 50° (14233)	10.36289	2.885226	8	10	12
50° ~ 60° (11154)	11.32849	3.170552	9	11	14
60° ~ 70° (19384)	11.88155	2.710793	10	12	14
70° ~ 80° (10396)	10.77049	3.470766	9	11	13

표 7. 월별 위치데이터 획득 수 (일일 기준)

월	평균	표준편차	1분위수	중앙값	3분위수
1	10.099	3.876	9	12	12
2	10.426	3.138	10	12	12
3	11.627	2.071	12	12	12
4	12.420	3.340	12	12	12
5	13.057	7.304	12	12	12
6	12.593	5.258	12	12	12
7	12.494	2.929	12	12	12
8	11.724	2.993	12	12	12
9	11.313	4.948	12	12	12
10	10.558	4.842	10	12	12
11	11.023	2.877	12	12	12
12	10.445	3.344	11	12	12

극지연구소

· 고방오리 GPS 이동자료 개체별 비교
  – 대표적인 오리류 월동지인 부산 을숙도 하구에서 고방오리 10개체 포획
  – 2020년 1월 15일부터 6월 7일까지 개체별 이동경로 추적(그림 12)
  – 취식 및 수면이 주로 이뤄지는 지역은 을숙도 주변 반경 10킬로미터 이내
  – 10개체 가운데 수컷 2개체는 북서쪽 약 60킬로미터 떨어진 산간 지역에서 머물다 돌아왔으며, 암컷 1개체는 서쪽 40킬로미터 떨어진 해안 지역을 다녀옴(그림 13)
  – 장거리 이주 종인 고방오리는 고위도 북극 인근인 북위 60도 이상 이주하는 개체가 확인됨(그림 14)
  – 고방오리의 겨울철 서식지 이용은 연안습지 (갯벌), 내륙습지, 농경지, 기수지역, 초지, 담수지역 순으로 많이 하는 것으로 나타남(그림 15).
  – 겨울철 서식지 이용 방식은 개체 변이 및 암수 간 차이가 있을 것으로 예상됨

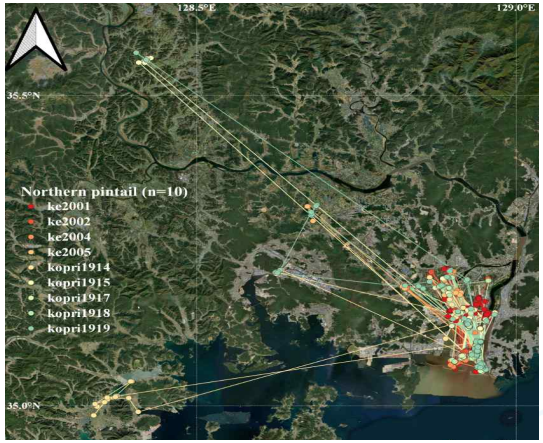


그림 12. 부산 을숙도에서 포획한 고방오리 10개체의 이동경로(2020년 1월 15일~6월 7일)

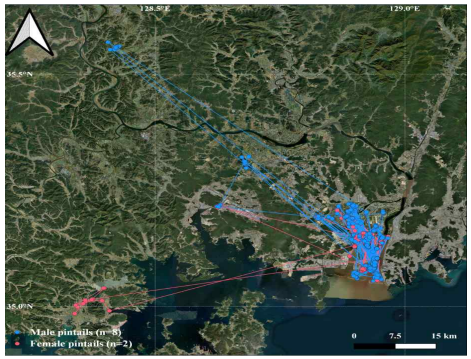


그림 13. 부산 을숙도에서 포획한 고방오리 수컷 8개체와 암컷 2개체의 이동경로 비교(2020년 1월 15일~6월 7일)

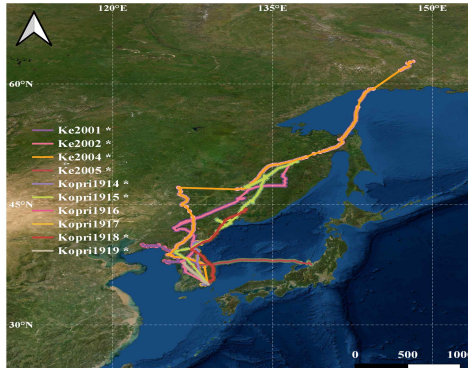


그림 14. 고방오리 10개체의 계절별 이주경로(*가 표시된 개체는 봄철 이주를 시작한 것으로 확인)

KOPRI
극지연구소

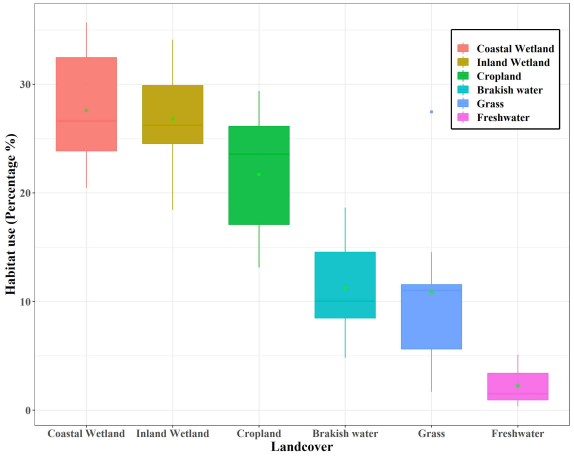


그림 15. 월동기간 고방오리(10마리)의 서식지이용도. 연안습지(coastal wetland)와 내륙습지(inland wetland)를 가장 많이 이용하는 것으로 나타났으며, 농경지(cropland), 기수지역(brakish water), 초지(grass), 담수(freshwater) 순으로 이용하는 것으로 확인됨.

· 쇠기러기 GPS 이동자료 개체별 비교
  – 쇠기러기의 월동지인 김포시 하성면 일대에서 쇠기러기 9개체 포획(수컷 3개체, 암컷 6개체)
  – 2021년 2월 19일부터 이동경로 추적 중
  – 겨울철 파주 지역 인근 임진강, 한강 하류 유역에서 철새 먹이주기 활동이 다년간 지속적으로 이루어지고 있는데 많은 개체들이 해당 지역을 이용하는 것으로 확인(그림 16)
  – 향후 쇠기러기의 번식지 이동경로를 추적함으로써 한국 월동개체군의 이주 경로, 경유지 및 이주시기를 확인할 수 있을 것으로 예상됨

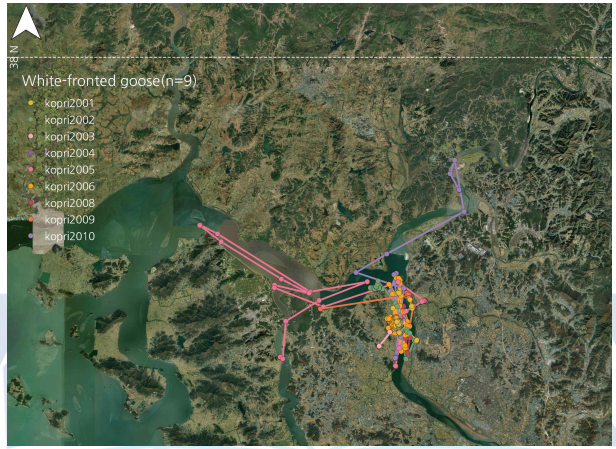


그림 16. 김포에서 포획한 쇠기러기 10개체의 이동경로(2021년 2월 19일 ~ 2021년 3월 10일)

· 물범 바이오로깅을 통한 행동 분석
  – 3.7V 리튬폴리머 배터리, 온도 감지 센서, 압력 감지 센서가 부착된 바이오로거를 물범에게 부착 후, 블루투스 통신을 통해 연구자의 스마트폰으로 데이터 원격 수신
  – 바이오로거의 물리적인 데이터 저장장치를 직접 회수할 필요가 없어지므로, 데이터를 확보하기 용이해짐
  – 원활한 부착을 위한 동물의 행동을 제한하기 위해 전문 사육사들의 감독 하에 물범을 제압하고 왼쪽 발에 벨크로 테이프를 이용하여 부착(그림 17)
  – 참물범의 움직임에 따라 부착된 압력 센서로부터 행동 특이적인 전기 신호 수신(그림 18)
  – 행동을 촬영한 영상과 특이적인 신호를 매칭시켜 분석한 결과 행동을 구르기(Rolling), 기어가기(Moving), 퍼덕거림(Flapping), 멈춤(Stopping)의 4개 카테고리로 분류. 전기 신호만으로 행동을 예측할 수 있도록 행동 분류 알고리즘을 구축(그림 21, 표 8).
  – 현재 구축된 알고리즘은 기초 단계로서, 추후 데이터베이스의 크기를 더 방대하게 함으로써 보다 다양한 행동을 보다 정확히 분류할 수 있는 알고리즘을 구축할 수 있을 것으로 기대
  – 비디오 카메라와 같은 장비를 부착하지 않고도 압력 센서 및 기타 소형 센서들 만으로 동물의 현재 행동을 분석할 수 있게 되어, 연구의 효율성이 크게 증대될 것으로 예상됨

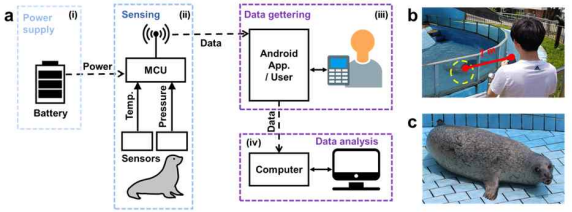


그림 17. 청주동물원 소재 점박이물범 암컷 1개체에게 부착된 바이오로거의 원격 데이터 수신 시스템

극지연구소

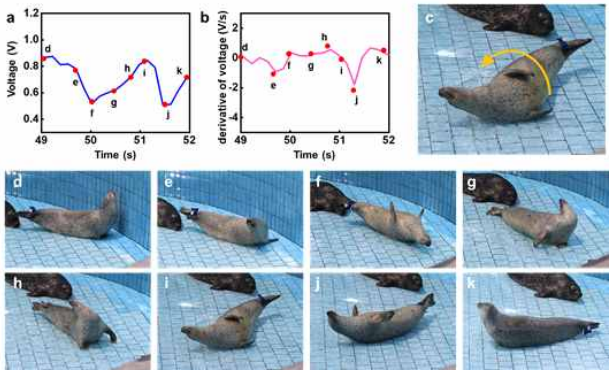


그림 18. 물범의 구르기(rolling) 행동(c) 중 다양한 변화를 나타내는 압력 센서의 전기 신호(a)와 그 기울기(b), 구르기 단계(d~k)에 따라 신호의 양상이 다른 것을 확인할 수 있다. 신호의 진폭은 평균적으로 0.5V를 넘으며, 주파수는 1Hz 이하이다.

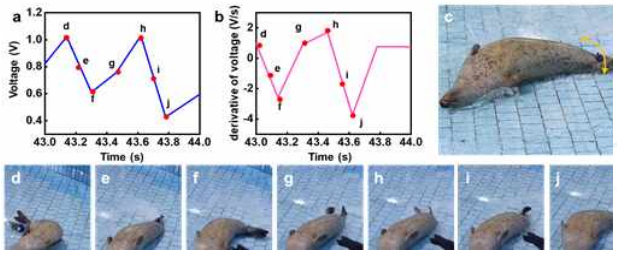


그림 19. 참물범의 퍼덕거림(flapping) 행동(c) 중 다양한 변화를 나타내는 압력 센서의 전기 신호(a)와 기울기(b), 퍼덕거림 역시 구르기와 마찬가지로 단계(d~j)에 따라 신호의 양상이 다르게 나타나고, 진폭은 0.5V를 넘지만, 주파수가 1Hz 이상인 것을 확인할 수 있다.

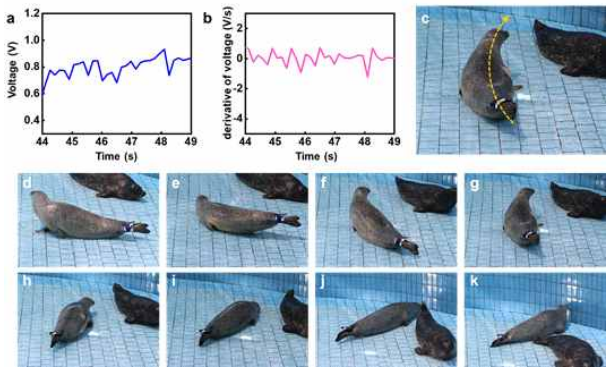


그림 20. 참물범의 정지 및 기어가기(stopping, moving) 행동(c, d~k) 중 구르기, 퍼덕거림과는 또 다른 변화를 나타내는 압력 센서의 전기 신호(a)와 그 기울기(b). 진폭이 구르기와 퍼덕거림에 비해 작게 나타나고, 주파수 또한 1Hz 이하로 나타난다.

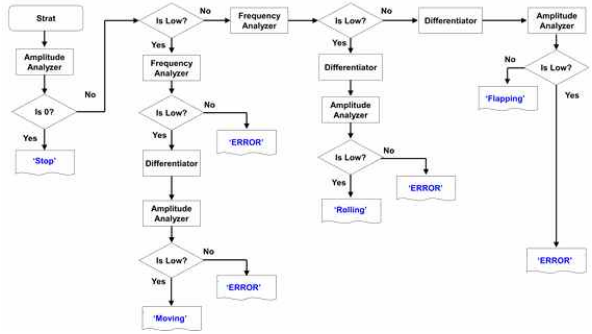


그림 21. 진폭 분석, 주파수 분석을 기준으로 하여 물범의 4개 행동을 분류할 수 있도록 구축된 알고리즘 모식도.

표 8. 알고리즘에 적용된 물범의 4개 행동을 나누는 기준치

행동	주파수(Hz)	진폭(V)	진폭의 기울기(dV/dt)
정지	–	<0.1	–
구르기	<1	>0.5	<3
퍼덕거림	>1	>0.5	>3
기어가기	<1	<0.5	<3

KOPRI 극지연구소

2-2. 추진 일정 실적

1차년도 (1단계 1차년도)														
개발내용	추진 일정												책임자 (소속기관)	비고 (변경사유 등)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
해양동물 포획 및 바이오로거 부착 기술 개발													이원영(극지연구소)	
연안에 서식하는 생물종 포획 및 바이오로거 부착 테스트													이원영(극지연구소)	

2차년도 (1단계 2차년도)														
개발내용	추진 일정												책임자 (소속기관)	비고 (변경사유 등)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
바이오로깅를 통한 환경관측 및 동물행동 분석													이원영(극지연구소)	
바이오로깅를 통한 환경관측 및 동물행동 분석													이원영(극지연구소)	

2-3. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여정도

○ 해양 연안종 포획 및 바이오로거 부착 기술 개발을 통하여 안정적인 태깅 기술 확보
- 마약류학술연구자로 마약류취급자 허가(이원영, 허가번호 : L00202705) 및 교육 이수
- 해양 동물 포획 및 부착 기술을 습득함으로써 국외 해양포유류 연구자 그룹과 동등한 수준의 기술 확보

○ 바이오로깅 기술을 활용한 연안 대형 생물종 시험 적용을 통하여 해양조류 및 포유류 행동 자료 관측 성공
- 바이오로깅 연구에 관한 리뷰 논문을 통해 관련 문헌 자료를 정리하고 향후 기술 개발 방향 제언(Chung et al. 2021, Ocean Science Journal)
- 해양동물을 대상으로 바이오로깅 테스트 결과를 통해 행동을 분류하고 현장에서 활용할 수 있음을 검증. 국내외에서 아직 해양동물에 활용한 전례가 없는 압력 센서를 신규 로거에 활용할 수 있는 가능성을 보여준 것으로 평가됨(Kim et al. 2021, Micromachines)

3. 연구 개발 결과의 활용 방안

○ 해양동물 바이오로깅을 위한 포획, 부착, 자료 분석법 활용
- 국내 연안종 외에도 국외 지역에 있는 해양 조류 및 포유류 등을 포획하여 신호를 송수신하는데 사용 가능할 것으로 기대됨
- 원격 블루투스 기능을 활용하여 원거리 통신이 가능한 지역에서 활용될 수 있을 것으로 여겨짐
- 향후 다양한 분류군의 동물 특성에 맞춘 바이오로깅 기법이 개발된다면 활용도가 높은 것으로 판단됨

4 당초 연구계획 대비 주요 변경사항

구분	변경 전	변경 후	변경 사유 및 조치사항	협약변경 승인일
연구목표 및 주요내용				
연구책임자				
주관기관				
연구비				
연구기간				

주 의

1. 이 보고서는 과학기술정보통신부에서 시행한 해양극지기초원천기술개발사업의 연구보고서입니다.

2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 과학기술정보통신부에서 시행한 해양극지기초원천기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.

3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.

KOPRI 극지연구소

[첨부목록]

구분	목록	제출여부(Y/N)
첨부1	연구개발 목표의 달성도 증빙	Y
첨부2	자체평가의견서	Y
첨부3	연구개발결과 활용계획서	Y
첨부4	[해당 시] 연구개발성과 공개제한 요청사유서	
첨부5	[해당 시] 청년 의무채용 관련 실적	
첨부6	[해당 시] 참여기업 의견서	

첨부1 연구개발 목표의 달성도 증빙

작성 요령 (제출 시 삭제)

1. 연구개발 목표 및 평가주안점별 성과 – 1-2. 평가주안점별 성과에 관한 증빙 첨부

평가항목	가중치 (%)	관련 세부목표	연차	연차별 목표 (조건/환경)	실적요약	관련증빙
바이오로깅 부착 가능 생물종 자료 수집 및 타당성 평가	10	1	2차년도(최종) (1단계 1차년도)	바이오로깅 부착 가능 생물자료 수집	자료 수집 바탕 리뷰 논문 작성	1. 국내 SCIE 논문
부착 방법에 따른 특성 평가 및 적합한 부착법 제안	40	1	2차년도(최종) (1단계 2차년도)	부착 장비 및 재료 테스트	GPS 장비 테스트 결과표	부착 테스트 결과표
연안 생물종 부착 적용	25	2,3	2차년도(최종) (1단계 2차년도)	안정화된 부착 기술 및 데이터 획득	부착 적용 및 자료 원격 획득	3. 국외 SCIE 논문
행동 특성 및 서식환경 분석	25	2,3	2차년도(최종) (1단계 2차년도)	관측자료 해석 및 지도 작성	연안종 3종(재갈매기, 고방오리, 쇠기러기) 관측, 지도 작성	4. 재갈매기 관측 지도 5. 고방오리 관측 지도 6. 쇠기러기 관측 지도
합계	100					

번호	관련증빙 명
1	국내 SCIE 논문

Ocean Science Journal
https://doi.org/10.1007/s12601-021-00015-1
Online ISSN 2005-7172
Print ISSN 1738-5261

REVIEW

A Review: Marine Bio-logging of Animal Behaviour and Ocean Environments

Hyunjae Chung[1,2] · Jongchan Lee[1,3,4] · Won Young Lee[1]

Received: 26 October 2020 / Revised: 28 December 2020 / Accepted: 3 January 2021
© Korea Institute of Ocean Science & Technology (KIOST) and the Korean Society of Oceanography (KSO) and Springer Nature B.V. 2021

Abstract
Recent technologies have allowed researchers to observe animal behaviour and monitor their surrounding environments by deploying electronic sensors onto the animals. So-called 'bio-logging' (also known as animal telemetry, biotelemetry, or animal-borne sensors) has been widely used to study marine animals that are difficult for humans to observe. In this study, we (1) review the types of sensors used, the animal taxa studied, and the study areas in marine bio-logging publications from 1974 to 2019; (2) introduce the main topics in behavioural and environmental marine bio-logging studies; and (3) discuss suggestions for future marine bio-logging studies. We expect that technological advances in new sensors will enhance the ability of both behavioural ecologists and oceanographers to explore animal movements, physiology and marine environments. In addition, we discuss future perspectives of bio-loggers to improve data acquisition and accuracy with longer battery life for applying bio-logging techniques to broader species.

Keywords Animal telemetry · Bio-logging · Marine animal · Marine ecosystem · Tagging

1 Introduction

Modern technologies have allowed us to use small electronic devices attached to animals to log data. The attachment of biological sensors onto animal bodies has enabled researchers to collect behavioural data from free-ranging animals in wild conditions. The technique has been widely used to study animals that are difficult to observe, such as marine species, measuring both movement information and physiological characteristics, such as heart rate and brain waves (Ropert-Coudert and Rory 2005; Wilmers et al. 2015; Heylen and Nachtsheim 2018). It can also be applied to gather environmental information about the animal's surroundings, such as the temperatures and conductivity of marine water mass (Boehme et al. 2009; March et al. 2020). With these advantages, bio-logging techniques have been a popular and useful tool to study environmental science, ecology, oceanography, and zoology (Hussey et al. 2015; Harcourt et al. 2019).

There are multiple terms used to describe these remote observation systems for logging data about an animal's behaviour, physiology, or environment (see Table 1). 'Biotelemetry' was originally used to describe the remote observation of marine life in situ (Amlaner and MacDonald 1980) and then, a new word, 'bio-logging' was suggested (Naito 2004) and defined as "the use of miniaturised animal-attached tags for logging and relaying animal movement for behaviour ecology, and physiology" (Rutz and Hays 2009).

Published online: 23 April 2021

Marine Bio-logging Review

12 Conclusion and Suggestion for Future Studies

Acknowledgements This work was supported by the Korea Polar Research institute under Grant PE20110 and PN19130; and the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (MSIT) under Grant 2019M1A5A1102275.

References

번호	관련증빙 명
2	부착 테스트 결과표

<종별 부착 방법에 따른 테스트 개체수, 신호 수신 성공 개체수, 총 신호 수신 기간>

종	부착 방법	테스트 개체 수	신호 수신 성공 개체 수	총 바이오로깅 신호 수신 기간
재갈매기	배낭형	9	9	2019년 10월 22일 ~ 2021년 6월 8일
고방오리	배낭형	7	7	2020년 1월 15일 ~ 2020년 7월 29일
쇠기러기	배낭형	10	10	2021년 2월 19일 ~2021년 5월 30일
참물범	밴드형	1	1	2020년 6월 8일

<월별 수신 위치 데이터 수, 위성 수 평균값 및 표준편차>

월	수신된 위치 데이터 수	위성 수 (평균)	위성 수 (표준편차)
1	9574	10.140	3.687
2	10046	10.166	3.697
3	12774	9.855	3.347
4	13391	10.359	3.390
5	10882	10.768	3.285
6	7722	11.850	3.156
7	9942	11.638	2.995
8	9704	11.503	2.987
9	8677	11.044	3.126
10	8002	10.471	3.299
11	9925	10.583	3.467
12	10163	10.239	3.565

번호	관련증빙 명
3	국외 SCIE 논문

micromachines MDPI

Article

Remote Recognition of Moving Behaviors for Captive Harbor Seals Using a Smart-Patch System via Bluetooth Communication

Seungyeob Kim [1], Jinheon Jeong [1], Seung Gi Seo [1], Sehyeok Im [2], Won Young Lee [2,*] and Sung Hun Jin [1,*]

[1] Department of Electronic Engineering, Incheon National University, Incheon 22012, Korea; scape111@inu.ac.kr (S.K.); jjh0806@inu.ac.kr (J.J.); 202023053@inu.ac.kr (S.G.S.)
[2] Division of Polar Life Sciences, Korea Polar Research Institute, Incheon 21990, Korea; alex0127@kopri.re.kr
* Correspondence: wonyounglee@kopri.re.kr (W.Y.L.); shjin@inu.ac.kr (S.H.J.)

Abstract: Animal telemetry has been recognized as a core platform for exploring animal species due to future opportunities in terms of its contribution toward marine fisheries and living resources. Herein, biologging systems with pressure sensors are successfully implemented via open-source hardware platforms, followed by immediate application to captive harbor seals (HS). Remotely captured output voltage signals in real-time mode via Bluetooth communication were reproducibly and reliably recorded on the basis of hours using a smartphone built with data capturing software with graphic user interface (GUI). Output voltages, corresponding to typical behaviors on the captive HS, such as stopping (A), rolling (B), flapping (C), and sliding (D), are clearly obtained, and their analytical interpretation on captured electrical signals are fully validated via a comparison study with consecutively captured images for each motion of the HS. Thus, the biologging system with low cost and light weight, which is fully compatible with a conventional smartphone, is expected to potentially contribute toward future anthology of seal animals.

Keywords: biologging system; harbor seals; remote data capturing; Bluetooth communication

check for updates

Citation: Kim, S.; Jeong, J.; Seo, S.G.; Im, S.; Lee, W.Y.; Jin, S.H. Remote Recognition of Moving Behaviors for Captive Harbor Seals Using a Smart-Patch System via Bluetooth Communication. *Micromachines* **2021**, *12*, 267. https://doi.org/10.3390/mi12030267

Academic Editors: Hidetoshi Takahashi and Jeonghyun Kim

Received: 15 December 2020
Accepted: 25 February 2021
Published: 4 March 2021

Publisher's Note: MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Copyright: © 2021 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

1. Introduction

In the recent past, animal telemetry has been dramatically developed [1–3], and its importance in terms of key achievements is highly recognized due to its contribution toward marine fisheries and living resources. Moreover, technological advances which render remote sensing possible for animal species such as sharks, tunas, salmon, sturgeon, marine mammals, reptiles, and seabirds have been significantly expedited [4–15], leading to preferable accumulation of high-quality biological information and oceanographical observation during commute through ocean habitats. From this perspective, a biologging system is a core factor in the enhancement of an in-depth understanding of biological/physiological information, corresponding to body temperature, heart rate, blood or tissue oxygen saturation, tailbeat, sound, etc., and oceanographic variables such as pressure, light, temperature, salinity, and position, and biology [16].

Thus, with respect to biologging, multiple types of sensors have been applied to various animal taxa from insects to birds and mammals, and the number of papers on biologging subjects reached over 600 publications in 2014 [17]. Recent techniques enable miniaturizing the multiple sensors to a mass of 1–2 g such that even small-sized flying birds can be tracked to collect information of light intensity, atmospheric pressure and temperature, and acceleration [18]. Furthermore, for behavioral studies, acceleration provides locomotory information by interpreting three-dimensional movement at a resolution over 10 Hz [19]. This provides specific body posture or energy expenditure, which was limited in previous observational field studies. Thus, it especially gives opportunities to researchers to record swimming behaviors even when underwater by categorizing them into detailed movements [20].

of 7.74 ± 2.4 h, which enables to guarantee proper operation of the biologging system. Moreover, the output voltage signals and their derivatives as a function of time provide information on the behaviors of the captive HS, such as stopping, rolling, flapping, and sliding motions. Detailed quantitative information related to consumed energy and habitual motion can be subsequently interpreted with a high level of accuracy through real-time data recorded during the motion. The presented low-cost, easily detachable biologging systems can potentially be utilized for future research opportunities such as the culturing and early detection of disease in captive sea animals. Furthermore, PDMS encapsulants can be effectively utilized for the reliable detection of signals when exposed to seawater.

As one of practical applications, remotely accessible data capturing for the wild (or captive) sea animals, monitoring on physiological signal detection during physical surgery, which might be necessary for the monitoring respiratory rate (RR), Bluetooth based monitoring will be one of powerful application to address diving response during the surgery operation. Currently, most of physiological signals are monitored via wired electronic monitoring system as the Patient Monitoring System, GE Health Care Inc. Thus, with the help of the current platforms with Bluetooth application, complicated wired connection will be relieved via reliable Bluetooth communication protocols. In addition, if the experimental environment was in the wild rather than inside the zoo, a LoRa or Cat. M1 device will be adopted for a better data transmission environment. In parallel, the pressure sensors and their hybrid sensors including lab-made epidermal sensors can conceptually enhance the capability of bio-logging systems with code-division multiple access (CDMA) based communication for addressing within several hundreds of km range. This kind of system with Cat. M1 will be tested in wild animals attached with the bio-logging systems with recently developed skills in the group. Thus, the newly developed platform can enhance the limitation on detectable range, as compared with that of Bluetooth communication platform. More importantly, PBAS (Python Based Algorithm Software) was developed in this study and basic motion behaviors were evaluated, leading to automatic detection from remotely extracted data from bio-logging system. Moreover, additional data samples are essential to improve the reliability of the developed algorithm. Therefore, the adoption of a platform that enables to accumulate a lot of data to wild animals is planned, followed by addressing this issue in an independent study. In the future study, this pressure-based approach should be compared with the commonly used inertial measurement approaches with accelerometers, gyroscopes, and magnetometers. Thus, this platform is expected to be beneficial in the field of ethology for an understanding of animal behaviors and their prediction during mating and spawning seasons.

Supplementary Materials: The following are available online at https://www.mdpi.com/2072-666X/12/3/267/s1: Video S1: HS moving.mp4.

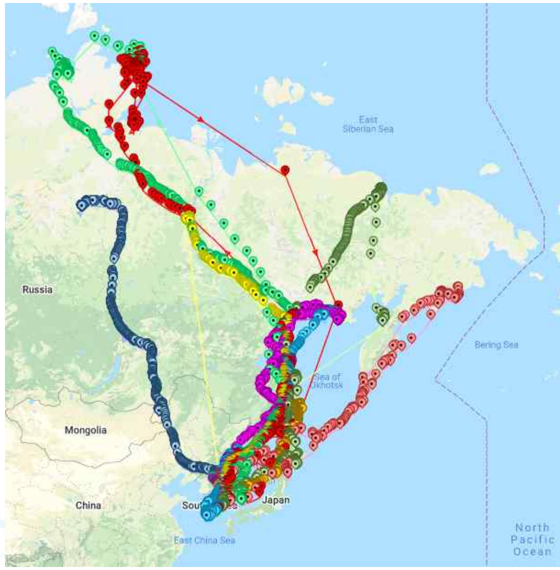
Author Contributions: Conceptualization, S.K. and S.H.J.; methodology, S.K. and S.H.J.; validation, S.H.J. and W.Y.L.; formal analysis, S.H.J. and W.Y.L.; investigation, W.Y.L. and S.I.; resources, W.Y.L.; data curation, S.K. and J.J.; writing—original draft preparation, S.H.J., S.K. and W.Y.L.; review and editing, S.H.J. and W.Y.L.; visualization, S.G.S.; supervision, S.H.J. and W.Y.L.; project administration, S.H.J. and W.Y.L.; funding acquisition, W.Y.L. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This work was supported by the Korea Polar Research Institute under Grants PE20110 and PN19130 and the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Korea government (MSIT) under Grant 2019M1A5A1102275.

Institutional Review Board Statement: The study was conducted according to the guidelines of the Declaration of Helsinki and approved by the Ethics Committee of "Medical Care Team" at Cheongju Zoo (license number: 20030702, date of approval: 03 June 2019).

Acknowledgments: This study was conducted under permission of Cheongju Zoo (license number: 20030702). Authors appreciate Jung-ho Kim at Cheongju zoo for provision of the opportunity to apply bio-logging system toward Harbor Seals (HS) and their arrangement during the in vivo test of

번호	관련증빙 명
4	재갈매기 관측 지도

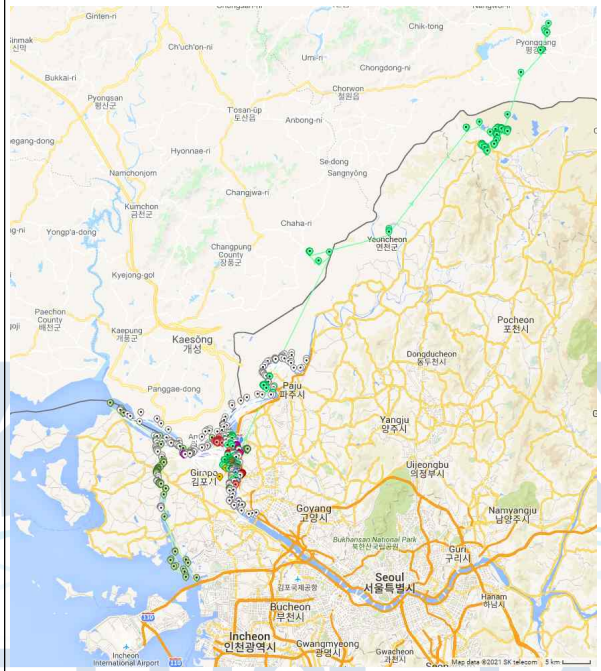


<2019년 10월 23일~2021년 5월 11일 재갈매기 9개체의 이동경로>

번호	관련증빙 명
5	고방오리 관측 지도

<2020년 1월 15일~2020년 7월 29일 고방오리 7개체의 이동경로>

번호	관련증빙 명
6	쇠기러기 관측 지도



<2021년 2월 19일~2021년 5월 11일 쇠기러기 10개체의 이동경로>

첨부2 **자체평가의견서**

자체평가의견서			
사업명	해양극지기초원천기술개발사업		
과제명	해양 연안 생물종에 대한 바이오로깅 적용 연구		
주관연구기관명	한국해양과학기술원 부설 극지연구소	주관연구책임자 성명	이원영
총 연구기간	2019.10.10 – 2021.03.31 (18개월)	자체평가 해당 연구기간	2019.10.10 – 2021.03.31 (18개월)

Ⅰ. 연구개발 실적

※ 다음 각 평가 항목에 따라 자체 평가한 등급 및 실적을 간략하게 기술(200자 이내)

1. 연구개발성과의 우수성/창의성

■ 등급: (**아주 우수**, 우수, 보통, 미흡, 불량)

■ 의견: 연구 목표인 연안 생물종에 대한 바이오로깅 적용을 위한 현장 연구를 완수하였으며, 사전 연구를 종합한 리뷰 논문 작성 및 신규 센서 활용 해양 포유류 연구 가능성을 확인하였음

2. 연구개발성과의 파급 효과

■ 등급: (**아주 우수**, 우수, 보통, 미흡, 불량)

■ 의견: 압력 센서 등을 활용한 신규 바이오로깅 기법을 가능성을 확인함으로써, 향후 바이오로깅 분야 연구 활성화에 기여할 것으로 기대됨

3. 연구개발성과에 대한 활용 가능성

■ 등급: (**아주 우수**, 우수, 보통, 미흡, 불량)

■ 의견: 연안 생물종인 해양 조류와 포유류에 대한 포획 및 부착 방법을 확립하였고 이를 통한 활용 가능성을 점검하였음

4. 연구개발 수행의 성실도

■ 등급: (**아주 우수**, 우수, 보통, 미흡, 불량)

■ 의견: 연구개발 목표를 이뤘으며, 이와 더불어 사육 중인 해양 포유류 개체에 대한 바이오로깅 적용을 실시하였음

5. 공개 발표된 연구개발성과(논문, 지적소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급: (**아주 우수**, 우수, 보통, 미흡, 불량)

■ 의견: 목표로 한 SCI(E) 논문 2건 성과를 달성하였음

극지연구소

Ⅱ. 연구 목표 달성도

세부 연구 목표 (연구계획서의 목표)	비중 (%)	달성도 (%)	자체평가
바이오로깅 부착 가능 생물종 자료 수집 및 타당성 평가	10	100	바이오로깅 관련 문헌 자료 정리 및 SCI(E)급 리뷰 논문 작성
부착 방법에 따른 특성 평가 및 적합한 부착법 제안	40	100	해양 조류 및 포유류를 대상으로 부착 테스트 진행 및 부착법 제안(배낭형, 밴드형)
연안 생물종 부착 적용	25	100	안정화된 부착 기술을 통한 데이터 획득을 바탕으로 SCI(E) 급 논문 작성
행동 특성 및 서식환경 분석	25	100	재갈매기, 고방오리, 쇠기러기 서식 환경 및 관측 지도 작성
합계	100점		

Ⅲ. 종합 의견

1. 연구개발성과에 대한 종합의견

- 목표한 연구 내용을 달성하였음

2. 평가 시 고려할 사항 또는 요구사항

- 세부 목표의 달성도 및 연구 논문 작성 여부

3. 연구개발성과의 활용방안 및 향후 조치에 대한 의견

- 바이오로깅을 활용한 후속 연구가 진행된다면 여러 분류군에 대한 확대 적용이 가능할 것으로 기대됨

Ⅳ. 보안성 검토 (※ 보안성이 필요하다고 판단되는 경우 작성)

1. 연구책임자의 의견

2. 연구기관 자체의 검토 결과

첨부3 연구개발결과 활용계획서

연구개발결과 활용계획서

사업명	해양극지기초원천기술개발사업		
과제명	해양 연안 생물종에 대한 바이오로깅 적용 연구		
주관연구기관명		주관연구책임자 성명	이원영
총 연구기간	2019.10.10 - 2021.03.31 (18개월)	자체평가 해당 연구기간	2019.10.10 - 2021.03.31 (18개월)

1. 연구성과 및 활용 현황

과학기술/학술적 연구성과 (단위: 건)

전문학술지 논문게재				초청 강연 실적	학술대회 논문발표		지식재산권				수상 실적	출판실적	
국내논문		국외논문			국내	국제	출원		등록			저역서	보고서
SCI	비SCI	SCI	비SCI				국내	국외	국내	국외			
1		1			2								

전문학술지 논문게재 성과정보

과제번호	게재연월	논문제목	총저자명	출처	학술지명	권(호)	학술지구분	sci 여부	impact Factor	국제공동 연구논문	기여도
2019M1A5A1102275	2021년 4월	Remote Recognition of Moving Behaviors for Captive Harbor Seals Using a Smart-Patch System via Bluetooth Communication	6	10.3390/mi12030267	Micromachines	12(3)	SCIE	Y	2.523	N	50%
2019M1A5A1102275	2021년 6월	A Review: Marine Bio-logging of Animal Behaviour and Ocean Environments	3	10.1007/s12601-021-00015-1	Ocean Science Journal	56(2)	SCIE	Y	0.726	N	50%

지식재산권 성과정보

과제번호	출원등록연월	재산권구분	출원등록 구분	발명제목	출원등록인	출원등록국	발명자명	출원등록번호	활용형태	기여도

산업지원 및 연구성과 활용 (단위: 건)

기술확산			연구성과활용(사업화 및 후속연구과제 등)		
기술실시계약체결	기술지도	기술평가	후속연구추진	사업화추진중	사업화완료
			1		

국내의 기술료 징수 현황 (기업화 완료 또는 기술실시계약 체결 시 기재)

징 수 조 건	
징 수 현 황	백만 원(전년도말 현재)

기업화 성과 (기업화 완료 또는 추진 중인 경우 반드시 기재)

업 체 명		기업화 완료[ ] 기업화 예정[ ]	년 월 일
제 품 명		제 품 용 도	
기업화이용유형 중 택일	신제품개발[ ], 기존제품 개선[ ], 신공정개발[ ], 기존공정개선[ ], 기타[ ]		

KOPRI 극지연구소

경제적 파급 효과 (연구기간 실적)					
수입대체 효과 (백만 원/년)	수출증대 효과 (백만 원/년)	매출증대 효과 (백만 원/년)	생산성향상 효과 (백만 원/년)	고용창출 효과 (인력양성 인원수)	그 밖의 효과

향후 경제적 기대 효과					
수입대체 효과 (백만 원/년)	수출증대 효과 (백만 원/년)	매출증대 효과 (백만 원/년)	생산성향상 효과 (백만 원/년)	고용창출 효과 (인력양성 인원수)	그 밖의 효과

2. 연구개발결과 활용 계획 (해당항목에 "○" 표시)

기술이전	기업화	후속연구 추진	타 사업 활용	그 밖의 목적 활용	연구결과 활용 중단
		○	○		

가. 당해연도 활용계획 (6하 원칙에 따라 구체적으로 작성)

연구책임자(이원영)를 포함한 연구원 3인이 2021년 11월부터 계획된 남극 현장조사에서 해양동물 포획 기술을 활용한 바이오로깅을 수행할 예정이며, 약 20마리의 웨델물범을 대상으로 GPS, 수심기록계 등을 부착함으로써 물범의 서식지 행동권을 밝히고 계절에 따른 이동경로를 연구할 계획

나. 활용방법

해양동물 포획 기술을 응용하여 현장에서 적용하며, GPS자료 분석기술 등을 활용하여 동물 움직임을 세분화하여 구분하는데 활용

다. 차년도 이후 활용계획 (6하 원칙에 따라 구체적으로 작성)

연구책임자(이원영)는 2022년 이후 한국 및 극지 지역에서 해양 동물을 대상으로 포획 및 바이오로깅을 수행할 계획을 갖고 있으며, 매년 약 20~30마리 개체를 대상으로 기존 바이오로거 및 신규 센서를 부착하여 동물 행동을 연구하고 생태 환경을 측정하는데 활용할 계획을 잡고 있음

3. 기대효과

향후 연구개발결과 활용을 통해 관련 연구 분야 인력양성(석사 1명, 박사 1명)을 기대하고 있으며, 바이오로깅 관련 분야의 인프라를 구축하는데 효과적일 것으로 기대

4. 문제점 및 건의사항

※ 연구성과의 제고를 위한 제도·규정 및 연구관리 등의 개선점

KOPRI 극지연구소