

BSPE16330-110-13

북그린란드 J.P. Koch Fjord 지역에서 번식하는
해양조류의 행동생태 기초 연구

A pilot study on behavioral ecology of marine birds in
around J.P. Koch Fjord in North Greenland



한국해양과학기술원

부설 극지연구소

제 출 문

극지연구소장 귀하

본 보고서를 “북그린란드 J.P. Koch Fjord 지역에서 번식하는 해양조류의 행동생태 기초 연구”과제의 최종보고서로 제출합니다.



보고서 초록

과제관리번호		해당단계 연구기간	2016.05.01. ~ 2017.04.30	단계 구분	1단계	
연구사업명	중 사업명	창의연구사업				
	세부사업명	신진연구자 지원사업				
연구과제명	중 과제명					
	세부(단위)과제명	북그린란드 J.P. Koch Fjord 지역에서 번식하는 해양조류의 행동 생태 기초 연구				
연구책임자	이 원 영	해당단계 참여연구원수	총 : 2 명 내부 : 2 명 외부 : 0 명	해당단계 연구비	정부: 3,000 천원 기업: 천원 계: 3,000 천원	
연구기관명 및 소속부서명	극지연구소 극지생명과학연구부		참여기업명	해당사항 없음		
국제공동연구	해당사항 없음					
위 탁 연 구	해당사항 없음					
요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자 이내)					보고서 면수	19
 극지연구소						
<p>○ 북그린란드 J.P. Koch Fjord 지역의 해양조류 번식 개체군 조사</p> <ul style="list-style-type: none"> - 번식동지 및 종 조성 확인 - 번식조류 외에 기타 이동성 및 깃갈이 조류 관찰 <p>○ 육상동물 분포 조사</p> <ul style="list-style-type: none"> - 북그린란드 생태계 상위포식자에 해당하는 종 확인 - 침입자에 대한 행동반응 기록 						
색 인 어 (각 5개 이상)	한 글	조류, 북극, 툰드라, J.P. 코크피오르, 그린란드				
	영 어	Ave, Arctic, tundra, J.P. Koch Fjord, Greenland				

요 약 문

I. 제 목

북그린란드 J.P. Koch Fjord 지역에서 번식하는 해양조류의 행동생태 기초 연구

II. 연구개발의 목적 및 필요성

- 접근성이 어려운 북그린란드의 해양동물 생태에 대한 연구의 필요성
- 고위도 지역의 환경조건에서 번식하는 동물들의 적응 기작 연구하고 향후 그린란드에서의 해양동물 연구 발판 마련

III. 연구개발의 내용 및 범위

- 북극권 해양조류 분포 조사
- 번식조류들의 종 동정
- 번식조류들의 번식지표(예, 한배산란수) 조사
- 다양한 샘플링 방법 개발

IV. 연구개발결과

- 육상생태계 상위를 차지하는 조류의 종 동정 및 분포도 조사
- 해양조류 깃털 및 분변 샘플 확보, 침입자에 대한 행동반응 기록

V. 연구개발결과의 활용계획

- 본 연구에서 확보한 조류 분포도를 바탕으로 고위도 북극 조류의 분포자료 제공
- 깃털 및 분변 샘플을 이용하여 향후 가능한 연구 주제를 모색하고, 시험 분석용으로 활용

S U M M A R Y

I. Title

A pilot study on behavioral ecology of marine birds in around J.P. Koch Fjord in North Greenland

II. Purpose and Necessity of R&D

- Necessity of monitoring on marine birds in North Greenland
- Developing new ideas on marine bird studies in high Arctic regions

III. Contents and Extent of R&D

- Monitoring on marine bird distribution in around J.P. Koch Fjord
- Identification of breeding birds
- Breeding survey on birds
- Developing sampling methods

IV. R&D Results

- Identifying birds and mapping on breeding nests
- Sampling of bird feathers and feces and observing behavioral responses of birds to nest intruders

V. Application Plans of R&D Results

- Provide mapping data on bird distribution for understanding bird breeding area and movement in the high Arctic
- Preparation of bird feather and fecal samples for possible future studies on marine animals in Greenland

목 차

제 1 장 서론	7
제 2 장 국내외 기술개발 현황	8
제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과	10
가. 연구개발의 최종목표	10
나. J.P. Koch Fjord 주변의 조류 분포도와 관찰결과	10
다. 번식조류의 단계별 조사결과	11
라. J.P. Koch Fjord 주변에서 확보된 조류의 깃털 및 분변에 대한 샘플링 결과	15
제 4 장 연구개발 목표 달성도 및 대외기여도.....	16
제 5 장 연구개발결과의 활용계획	17
제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술 정보	18
제 7 장 참고문헌.....	18

C O N T E N T S

Chapter 1 Introduction	7
Chapter 2 Current R&D Status in Korea and Other Nations	8
Chapter 3 R&D Implementation Contents and Results	10
I. Final goal of research	10
II. Bird mapping and observation results in J.P. Koch Fjord	10
III. Breeding survey on marine birds in the study area	11
IV. Sampling on marine bird feathers and feces near the seashore around J.P. Koch Fjord	15
Chapter 4 Degree of R&D Achievement and Degree of Contribution to Outside Research Institute	16
Chapter 5 Application Plans of R&D Results	17
Chapter 6 Acquired foreign scientific technology during R&D	18
Chapter 6 References	18

제 1 장 서론

- 최근까지 그린란드 북부 지역은 어려운 접근성으로 인해 생태학적인 연구가 거의 이루어지지 않았다. 스발바르를 비롯한 비슷한 위도대의 타 북극 지역의 경우 기후변화와 관련한 생태학적인 연구가 활발히 이루어지고 있는 점을 감안한다면 연구개발이 필요한 실정이다.
- 국내외적으로 북극지역에 대한 관심이 높아졌으며, 그린란드 지역에 대한 중요성이 대두되면서 해당 지역의 동물상을 파악할 필요성이 증대되었다. 따라서 북극권 해양동물에 대한 생태학적 연구를 통하여 국민적 관심을 더욱 고취시킬 수 있을 것이다.
- 북극권 육상생태계 가운데 아직 연구가 미흡한 지역에 대한 생태적 연구는 새로운 생물자원 확보를 위한 잠재력을 가지고 있으며, 동물들의 적응기작과 진화양상에 대한 연구는 기초적인 과학적 정보를 제공한다는 측면에서 매우 중요하게 여겨진다.
- 북그린란드 지역은 기후온난화에 따른 생태계의 변화가 빠르게 이루어질 것으로 추정되는 곳 가운데 하나이다. 따라서 육상생태계의 상위를 담당하는 해양포식자 동물이 이러한 변화에 어떻게 대응하고 있는지는 학문적으로 매우 중요한 관심사이다.



제 2 장 국내외 기술개발 현황

1. 국내외 기술 수준

가. 세계적 수준

개념정립 단계	●	기업화 단계		기술 안정화 단계	
---------	---	--------	--	-----------	--

○ 2000년대 들어 장기간 관측 데이터와 조류 개체군 모니터링 결과를 바탕으로 하여 북극에 번식하는 조류가 지구온난화에 영향을 받는다는 보고들이 나오고 있다.

나. 국내수준

○ 아직 국내 연구진에 의한 북극의 동물을 대상으로 한 생태학적인 연구는 수행된 적이 없다.

2. 국내외 연구현황

가. 국내 동향

○ 아직 북극 고위도 지역에서 번식하는 동물을 대상으로 한 생태학적 연구 결과는 발표된 바 없으며, 수행 중인 연구그룹이 없는 것으로 보인다.

나. 국외 동향

(1) 여름철 빙하와 해양조류의 번식

○ 북극지역의 여름철 빙하 조건(summer ice condition)의 감소가 해양조류의 번식 시기에 부정적인 영향을 미치는 것으로 보고되었다(Gastron et al. 2005).

(2) 온난화와 그린란드 섬금류의 계절별 이동

○ 그린란드 지역에서 번식하는 섬금류들의 나타내는 계절별 이동경로의 변화는 온난화와 관련한 것으로 보인다(Austin and Rehfish 2008).

(3) 눈 녹는 시기의 변화와 조류의 발육 부진

- 러시아 타이미르 반도에서 번식하는 붉은가슴도요는 지난 30년간 눈 녹는 시기가 앞당겨짐에 따라 새끼의 부리 성장에 영향을 받아 월동지에서 먹이 활동을 하는데 지장을 받고 있다(van Gils et al. 2016).



제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

가. 연구개발의 최종목표

- 북그린란드 J.P. Koch Fjord 주변의 해양조류 분포를 조사하고, 향후 해당 지역에서의 연구 발판을 마련

나. J.P. Koch Fjord 주변의 조류 분포도와 관찰결과

- 해당 지역의 위성사진 및 이를 통한 눈 녹는 시기 추산

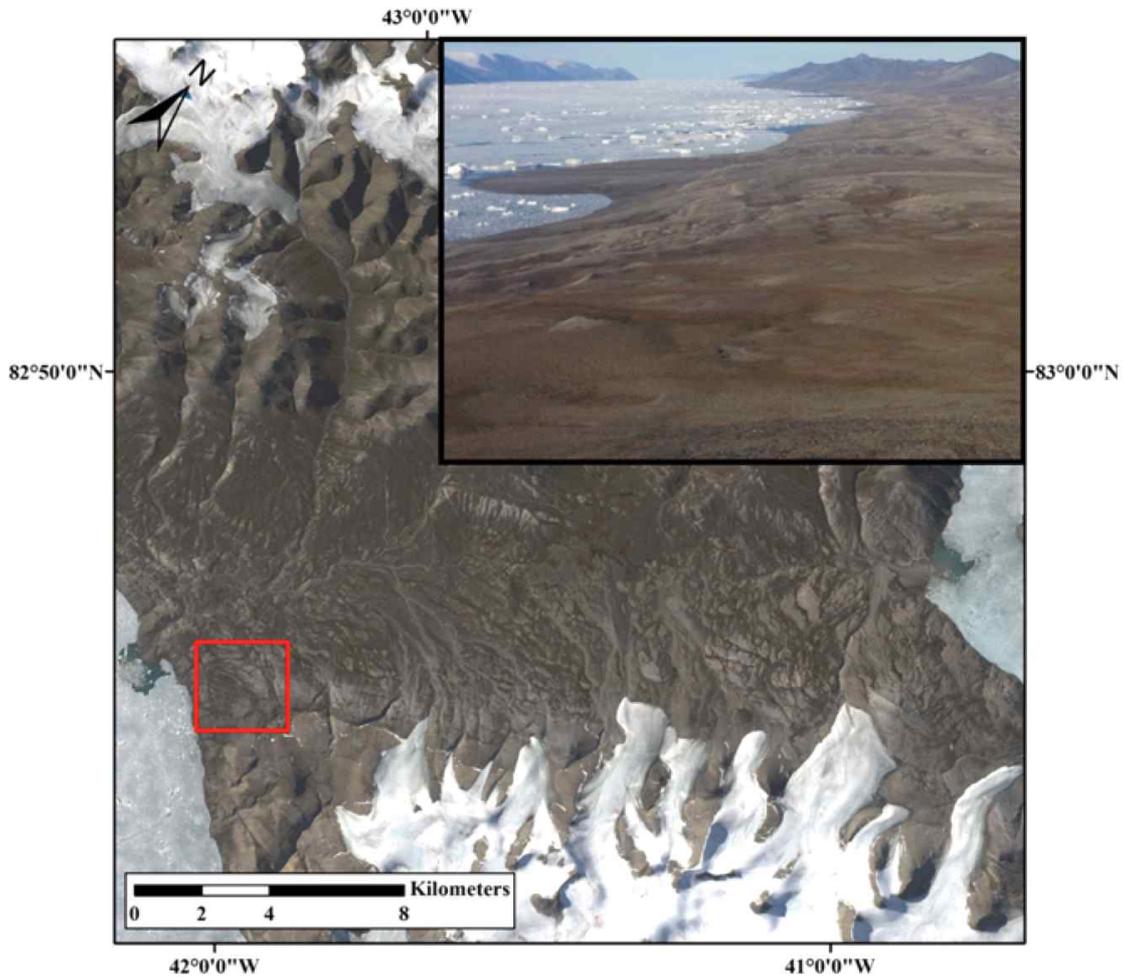


그림1-1. 북그린란드 J.P Koch Fjord 지역의 위성사진(Landsat-8, Operational Land Imager (OLI) sensor; RGB band with 30 m resolution; taken on 17th July 2016). 붉은 직사각형 지역이 주요 관찰지역이며, 오른쪽 위 검은 직사각형 안의 사진이 해당지역의 전경.



그림1-2. 북그린란드 J.P Koch Fjord 지역의 위성사진(Terra, Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) sensor; True color with 250 m resolution). 2016년 여름 기간 위성사진들 가운데 눈이 녹기 시작한 날짜는 위 그림에 나타난 2016년 6월 17일 경으로 추측된다.

- 북그린란드 위성사진을 통하여 연구지역(82°47'29.49"N, 42°26'47.80"W) 근방의 위성영상을 확인한 결과, 이 지역은 여름 기간 눈이 녹아 토양이 드러나는 것으로 나타났다.
- NASA의 EOSDIS Worldview 웹사이트(<https://worldview.earthdata.nasa.gov/>)에서 제공되는 위성자료를 활용하여 일간(daily) 영상인 Corrected Reflectance 자료(product)를 이용하여 육안분석을 수행하고 지표 피복의 변화 양상을 파악하였다. 그 결과 연구 지역에서는 2016년 6월 17일 경부터 눈 피복이 사라지는 것을 확인할 수 있었다.

다. 번식조류의 단계별 조사결과

□ 번식조류 관찰결과 및 선행연구와의 비교

- 2016년 7월 25일부터 8월 13일까지 19일 간 캠프를 조류를 관찰하였다.
- 조사자는 쌍안경과 GPS 기기를 휴대하고 다니며 관찰한 종과 개체수, 지점을 기록하였다.
- 연구지역에서 번식하는 조류의 종과 밀도는 아래 표와 같다.

표 1-1. 본 연구지역에서 관찰된 번식조류 종, 번식 밀도 및 선행 연구와의 결과 비교 (This study: Nansen Land (Siriuspasset) from Lee (2017, in revision), census from 2017; Meltofte's study (1985): Peary Land (Jørgen Brønlund Fjord), census from 1973; Boertmann et al.'s study (1991): 14 localities in central Northeast Greenland; Meltofte's study(2001): at Zackenberg in central Northeast Greenland from 1996-1999).

		Density of the nests (number of breeding nests per square kilometer)			
Species	Species name	This study (Lee, 2017)	Meltofte (1985)	Boertmann et al. (1991)	Meltofte (2001)
Ruddy Turnstone	<i>Arenaria interpres</i>	4.0	0.93	0.3-4.8	2.2-3.3
Sanderling	<i>Calidris alba</i>	2.6	0.35	0.5-3.2	2.7-3.7
Red Knot	<i>Calidris canutus</i>	1.4	0	0-1.8	1.3-2.3
Great Ringed Plover	<i>Charadrius hiaticula</i>	0.2	0.58	0-8.2	2.0-3.6
Snow Bunting	<i>Plectrophenax nivalis</i>	2.4	-	5.1-18.8	-
Lapland Longspur	<i>Calcarius lapponicus</i>	1.0	-	-	-
King Eider	<i>Somateria spectabilis</i>	0.2	-	-	-
Grey Phalarope	<i>Phalaropus fulicarius</i>	0.2	0	0-0.3	-
Long-tailed Skua	<i>Stercorarius longicaudus</i>	1.4	-	-	-

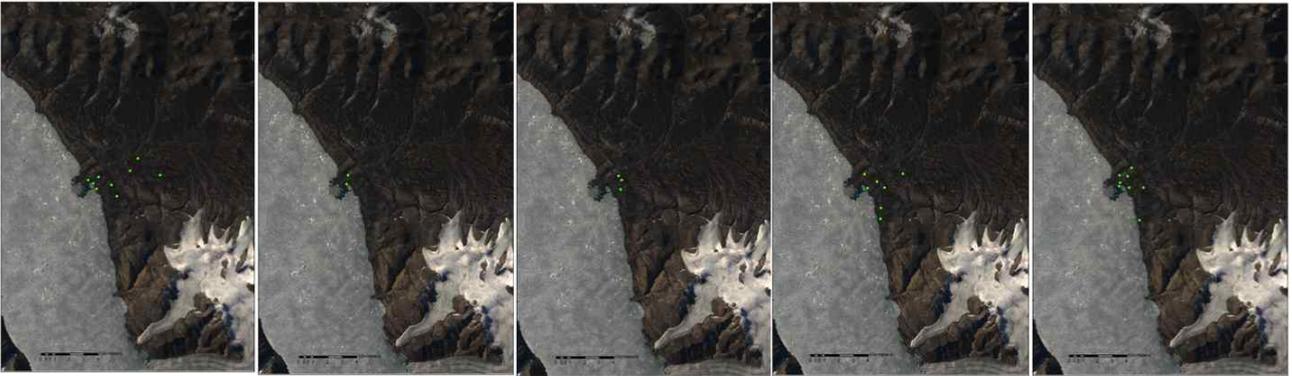


그림1-3. 번식이 확인된 조류의 동지위치도(왼쪽부터 긴꼬리도둑갈매기, 흰죽지물떼새, 붉은가슴도요, 꼬까도요, 세가락도요).



그림1-4. 북그린란드 J.P Koch Fjord 지역에서 관찰된 번식조류(사진: 이원영). 윗줄 왼쪽부터 분홍발기러기, 긴꼬리도둑갈매기, 긴발톱멧새; 두 번째 줄 왼쪽부터 붉은가슴도요, 붉은발지느러미도요, 호사북방오리; 세 번째 줄 왼쪽부터 꼬까도요, 세가락도요, 흰죽지물떼새.

- 본 연구에서 확인된 번식종의 밀도는 그린란드에서의 선행연구들과 비교하여 높은 수준인 것으로 여겨진다.
- 긴발톱멧새(Lapland Longspur)와 붉은발지느러미도요(Grey Phalarope)는 북그린란드에서의 번식이 처음 확인되었다.

□ 위성사진을 이용한 식생지수 산출

- 식생의 지표 분포 정도를 확인하기 위하여 Landsat-8 Operational Land Imager/Thermal Infrared Sensor (OLI/TIRS) Surface Reflectance data (Vermote et al., 2016; USGS, 2017a)를 이용하여 식생지수(normalized difference vegetation index, NDVI)를 계산하였다.

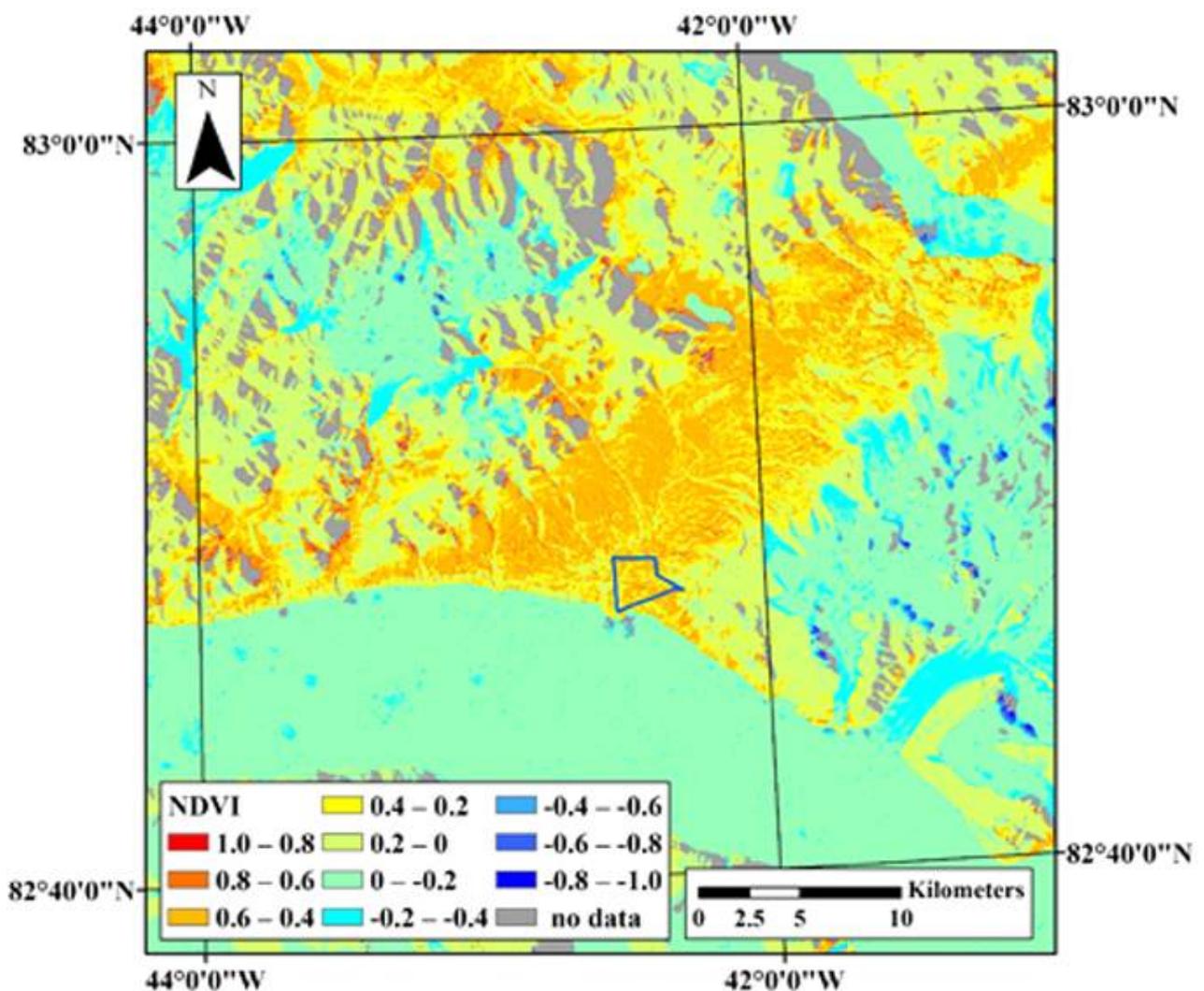


그림1-5. 북그린란드 J.P Koch Fjord 지역의 식생지수(Normalized DifferenceVegetation Index, NDVI)를 이미지화시켜 나타낸 사진. 파란색 폴리곤으로 그려진 지역이 주요 연구지를 뜻한다.

- 조류의 등지 관찰 지역에서 GPS 포인트 외각 지점들로 폴리곤을 구성 후, 이 영역 내

평균 NDVI를 계산한 결과 0.41로 나타났다.

라. J.P. Koch Fjord 주변에서 확보된 조류의 깃털 및 분변에 대한 샘플링 결과

□ 해양조류 및 포유류의 깃털, 분변 획득

- 분홍발기러기의 깃털이 기간에 맞추어 날개깃을 채취하였으며, 신선한 분변 시료는 에틸알콜에 담아 연구소 냉동고에 보관하였다.
- 흰을빼미, 흰뱀새가 비행중 떨어뜨린 것으로 추정되는 시료를 채취하였으며, 신선한 분변 시료는 에틸알콜에 담아 연구소 냉동고에 보관하였다.
- 샘플링이 계획된 조류 이외에도 회색늑대의 분변 시료를 채취하여 보관하였다.



그림1-5. 북그린란드 J.P Koch Fjord 지역에서 관찰된 포유류의 모습과 발자국, 분변 흔적. 털과 분변 시료는 각 종별로 채취되어 영하 20도에서 냉동보관하였다.

제 4 장 연구개발목표 달성도 및 대외기여도

가. 연구기간 :총 1년 (2016.05.01. ~ 2017.04.30.)

나. 목표 달성도

총연구기간내 연차별 목표 대비 달성율(%)					
구분	연차별 달성내용				연차별 계획대비 연구실적 달성율(B) (%)
	세부연구목표	연구내용	가중치 (A)	달성실적	
1년차 (2016)	○ 고위도 북극권 육상생태계 조사를 통해 해양조류의 생태학적 연구 기반을 마련하고 관련 기초데이터 구축	- 북극권 해양조류 분포 조사 - 번식조류들의 종 동정 - 번식조류들의 번식지표(예, 한배산란수) 조사 - 다양한 샘플링 방법 개발	1.0	- 북그린란드 해양조류 분포 및 번식 조사 완료 - 번식조류 종 및 번식조사 완료 - 깃털 및 분변 샘플링 방법 개발 완료 - 연구결과를 2017년 한국조류학회 춘계학술대회에서 구두 발표, 2017년 Arctic summit에서 포스터 발표 - 현장조사 경험을 바탕으로 교양과학도서 <여름엔 북극에 갑니다(글항아리출판사)> 2017년 10월 10일 출간	100
	계		1.0		100

다. 대외기여도

(1) 과학 분야

- 북그린란드 J.P. Koch Fjord 지역의 육상생태계 상위를 차지하는 해양조류의 분포와 번식을 처음으로 조사
- 본 연구를 통해 아직 연구가 이뤄지지 않은 고위도 북극지역에서의 생물 연구를 위한 기초 자료 제공함으로써 추후 가능한 연구 주제 발굴 및 장기 연구 가능성을 제시

(2) 사회 분야

- 북극에서의 현장조사 경험을 바탕으로 교양과학도서를 집필하여 대중에게 연구 과정과 내용

을 쉽게 전달함

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

가. 연구개발결과의 국제 사회 활용 방안

- 본 연구에서 도출된 결과를 바탕으로 추후 북그린란드 지역에서의 생태연구를 위한 기초 자료로 쓰일 것으로 기대됨(덴마크 조류학회지에 연구 결과를 투고)
- Arctic summit 학회에서 연구 결과를 발표하고 해외 연구자와 현장연구 결과를 공유

나. 연구개발결과의 추후 연구 활용 방안

- 본 연구를 통해 얻어진 결과를 바탕으로 하여, 고위도 북극 생태계를 장기적으로 연구하기 위한 계획을 가지고 있음. 약 3년간 1) 행동학 기초, 2) 생태적 특징, 3) 환경요인과 생태계변화에 대한 주제를 가지고 생태계 연구를 연장할 계획.
- 조류 및 포유류의 이동경로 및 계통적 특징에 대하여 심화된 연구가 진행될 것으로 기대하고 있음.

단계	사업기간 및 내용	연구 내용
1	행동학 기초 (2018년)	- 고위도 북극에서 관찰되는 조류를 대상으로 행동학 기반 생태 연구 - 사향소, 회색늑대 등 포유류의 행동생태 연구기반 구축
2	생태적 특징 (2019년)	- 이동성 조류의 계절별 이동연구 - 포유류 개체군의 계통학적 연구
3	환경요인과 생태계 변화 (2020년)	- 환경요인 측정(예, 연도별 눈 녹는 시기 및 면적) - 환경적 변화에 따른 생태계 반응 연구

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

해당사항 없음

제 7 장. 참고문헌

- Austin GE, Rehfisch MM. 2005. Shifting nonbreeding distributions of migratory fauna in relation to climatic change. *Global Change Biology*. 11: 31-38.
- Gaston AJ, Gilchrist HG, Hipfner JM. 2005. Climate change, ice conditions and reproduction in an Arctic nesting marine bird: Brunnich's guillemot (*Uria lomvia* L.). *Animal Ecology*. 74: 832-841.
- Lee WY. 2017. Bird observation and breeding densities in North Greenland, in Siriuspasset in 2016 and 2017. *Dansk Orn. Foren. Tidsskr* (in revision)
- Meltofte H. 1985. Populations and breeding schedules of waders, Charadrii, in high arctic Greenland. *Meddr. Grønland Bioscience*. 16: 1-45.
- Meltofte H. 2001. Wader population censuses in the Arctic: Getting the timing right. *Arctic*. 54: 367-376.
- van Gils JA, Lisovski S, Lok T, Meissner W, Ozarowska A, de Fouw J, Rakhimberdiev E, Soloviev MY, Piersma T, Klaassen M. 2016. Body shrinkage due to Arctic warming reduces red knot fitness in tropical wintering range. *Science*. 352: 819-821.
- Vermote, E., Justice, C., Claverie, M., & B. Franch. 2016. Preliminary analysis of the performance of the Landsat 8/OLI land surface reflectance product. *Remote Sens. Environ*. 185: 46-56.
- USGS, 2017a, Landsat 8 Surface Reflectance Product Guide.
(https://landsat.usgs.gov/sites/default/files/documents/lasrc_product_guide.pdf) (last accessed 11.11.17).
- USGS, 2017b, Landsat Spectral Indices Product Guide.
(http://landsat.usgs.gov/sites/default/files/documents/si_product_guide.pdf) (last accessed 11.11.17).

주 의

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

