

남극특별보호구역 모니터링 및 남극기지 환경관리에 관한 연구(6)



2020. 06. 30

환 경 부



표지사진 : 2019년 7월 1일부터 11일까지 체코 프라하에서 개최된 제42차 남극조약협약당사국회의(ATCM) 회의장 전경

남극특별보호구역 모니터링 및 남극기지 환경관리에 관한 연구 (6)



2020

환경부



제 출 문

환경부장관 귀하

본 보고서를 “남극특별보호구역 모니터링 및 남극기지 환경관리에 관한 연구(5)” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2020. 6. 30

주관연구기관명 : 한국해양과학기술원

부설 극지연구소

총괄연구책임자 : 극지연구소 정호성

연구원 : 극지연구소 김정훈

이원영

김현철

서원상

김지희

박상종

현창욱

김종우

정진우

임세혁

이성재

박성섭

김용수

서울대학교 이우신

최창용

김유민

서해민



목 차

제 출 문	i
목차	iii
표 목차	ix
그림 목차	xi
부록 목차	xvii
요약문	xix

제 1 장 펭귄마을 보호구역(ASPA No. 171)의 생태 모니터링

1

제 1 절 기초환경 모니터링	3
1. 기상 모니터링	3
가. 펭귄마을의 기상모니터링 시스템 개요	3
나. 펭귄마을 기상환경	5
2. 해양환경 모니터링	12
가. 원격탐사자료 분석	12

제 2 절 동물상 모니터링	23
1. 조사 내용 및 방법	23
가. 펭귄 번식집단 모니터링	23
나. 펭귄류의 번식지표 및 번식일정 모니터링	23
다. 기타 번식 조류의 등지 분포 및 번식 현황	24
라. 동물상 조사	24
마. 펭귄마을 인접지역의 동물상 및 번식 조류 현황 조사	24
바. 펭귄류 개체식별용 PIT 부착 및 회귀율 분석	24
2. 조사 결과	26
가. 펭귄마을의 펭귄류 등지 수 및 분포	26
나. 펭귄류의 번식지표 조사	31
다. 펭귄마을 내 기타 번식 조류의 등지분포 및 번식 현황	37

라. 펭귄마을의 동물상	42
마. 펭귄마을 인접지역 내 동물상 및 번식 조류 조사	46
바. 펭귄류 개체식별용 PIT 부착 및 회귀율 분석	48
제 3 절 펭귄의 취식활동 모니터링	61
1. 조사 내용 및 방법	61
가. GPS 추적장치를 이용한 턱끈펭귄과 젠투펭귄의 먹이활동 모니터링	61
나. 안정성 동위원소를 이용한 펭귄류 먹이자원 이용 모니터링	62
2. 조사 결과	64
가. GPS 추적장치를 이용한 턱끈펭귄과 젠투펭귄의 취식활동 모니터링	64
나. 안정성 동위원소를 이용한 펭귄류 먹이원 이용 모니터링	69
제 4 절 보호구역에 서식하는 펭귄의 번식기 행동 및 계절별 이동 연구	73
1. 배경	73
가. 펭귄 번식기 행동 조사의 필요성	73
나. 펭귄의 회귀율, 이혼율 연구의 필요성	74
2. 조사 내용 및 방법	75
가. 펭귄의 취식행동 조사	75
3. 조사결과	78
가. 위치/수심기록계를 이용한 취식행동 분석	78
나. 펭귄의 수면 행동	84
다. 턱끈펭귄의 계절별 이동경로	85
라. 턱끈펭귄의 회귀율 및 등지충실도	87
4. 결과에 대한 고찰	88
가. 펭귄의 주요 취식지, 취식경로 및 먹이원	88
나. 펭귄의 수면 행동	88
다. 펭귄의 계절별 이동	88
라. 펭귄의 회귀율, 등지충실도, 이혼율	88
제 2 장 기타 보호구역의 생태 모니터링	91
제 1 절 남극특별보호구역 No. 150 아틀리섬의 번식 모니터링	93
1. 국제공동 모니터링	93
가. 아틀리섬에 번식하는 펭귄의 번식 모니터링	94
나. 나레브스키 포인트 개체군과의 비교	97

제 2 절	케이프 워싱턴 및 실버피쉬만 보호구역 (ASPA No. 173)의 생태 모니터링	99
1.	배경	99
2.	케이프 워싱턴 & 실버피쉬 만 보호구역의 일반 현황	101
3.	조사방법 및 연구장비 설치	102
가.	황제펭귄 새끼수 모니터링 (항공사진 촬영)	102
4.	조사결과 및 고찰	104
가.	황제펭귄 개체군 현황	104
나.	고찰	105
제 3 절	장보고기지 인근 신규 보호구역 후보지들의 생태 모니터링	109
1.	Coulman Island 황제펭귄 번식지	109
2.	Inexpressible Island 아델리펭귄 번식지	111
제 3 장	남극특별보호구역 및 남극기지 환경관리 기반구축	115
제 1 절	환경관리지침 개정 및 시행 관리	117
1.	배경 및 필요성	117
가.	국제 조약 및 의정서	117
나.	국내법 및 시행령	120
2.	환경관리지침 현황	123
가.	폐기물관리지침 (매뉴얼)	123
나.	유류유출방지 비상계획	123
다.	남극특별보호구역 관리계획	123
라.	환경보호활동지침	123
제 2 절	연단위 폐기물 관리계획 수립 및 시행관리	125
1.	세종기지 폐기물 처리 현황	125
가.	폐기물 관리계획서	125
나.	폐기물 처리결과	129
2.	장보고기지 폐기물 처리 현황	130
가.	폐기물 관리계획서	130
나.	폐기물 처리결과	135
제 3 절	펭귄마을 보호구역 (ASPA No. 171)의 관리계획 이행	141

1. 법적 근거 및 이행 현황	141
가. 보호구역 내 활동에 대한 법적근거	141
나. 이행 현황	142
2. 항목별 관리내용	144
가. 남극활동허가신청	144
나. 시설물 관리	148
다. 보호구역 출입인원 현황	149
제 4 절 인익스프레스블섬 신규 보호구역 지정	151
1. 신규 보호구역 국제공동 제안 추진배경	151
가. 지난 해 신규 보호구역 후보지 자체조사 결과	151
나. 중국의 인익스프레스블섬 기지 건설 추진동향	152
다. 인익스프레스블섬 신규 보호구역 공동제안에 대한 검토	153
2. 관리계획서 마련을 위한 국제워크숍 개최	156
가. 1차 워크숍	156
나. 2차 워크숍	159
다. 관리계획서 초안 도출	162
3. 관리계획서 심의 진행	163
가. CEP 초안 심의	163
나. SGMP 검토 및 수정	163
다. CCAMLR 동의 획득	163
라. ATCM 최종 승인	163
제 4 장 남극 환경 관련 국제동향 파악 및 대응	165
제 1 절 남극조약협약당사국회의 및 환경보호위원회	167
1. 남극조약협약당사국회의 (ATCM)	167
가. 개요	167
나. 제42차 ATCM 주요 의제 및 논의사항	169
2. 환경보호위원회 (CEP)	171
가. 개요	171
나. 제22차 CEP 주요 의제 및 논의사항	175
다. 우리나라 제출 안건	182
제 2 절 남극해양생물자원보존위원회 (CCAMLR)	185
1. 개요	185
가. CCAMLR 설립 배경	185
나. CCAMLR 생태계 모니터링 프로그램 (CEMP)	186

2. ASPA No. 171 나레브스키 포인트 및 No. 106 케이프할렛의 모니터링 자료 제공	189
참고문헌	191
부 록	195





표 목차

표 1-1-1. 펭귄마을에 구축된 자동기상관측 시스템의 구성	4
표 1-1-2. 과거 6년간 펭귄마을에서 관측된 기온 및 풍속의 평균값 및 극값	10
표 1-1-3. 최근 6년간 하계 세종기지에서 관측된 일사량, 강수량, 블리자드	11
표 1-1-4. MODIS 센서 밴드별 속성	13
표 1-1-5. 2014년에서 2019년까지 12월의 식물플랑크톤 통계	16
표 1-1-6. 2015년에서 2020년까지 1월의 식물플랑크톤 통계	16
표 1-2-1. 펭귄마을에 분포하는 턱끈펭귄 번식소집단의 규모	27
표 1-2-2. 펭귄마을에 분포하는 젠투펭귄 번식소집단의 규모	28
표 1-2-3. 펭귄마을에서 번식한 펭귄류의 번식지표 (2019/2020)	31
표 1-2-4. 펭귄마을에서 번식하는 펭귄류 번식지표의 연도별 변화	32
표 1-2-5. 2019/2020년 펭귄마을 내에서 번식하는 조류의 종 및 번식 지표	37
표 1-2-6. 펭귄마을 내에서 번식하는 조류의 연도별 둥지 수 변화	39
표 1-2-7. 펭귄마을의 기타 조류상 조사 결과	42
표 1-2-8. 2019/2020년도 조사기간 중 펭귄마을에서 출현한 동물종 목록	43
표 1-2-9. 펭귄마을 인접지역의 조류상 조사 결과	45
표 1-2-10. 펭귄마을 인접지역의 기각류 조사 결과	45
표 1-2-11. 펭귄마을 인접지역 내에서 번식하는 조류의 둥지 수 및 번식지표	46
표 1-2-12. 2013/14년도부터 2019/20년도까지 턱끈펭귄 성체에게 부착된 PIT tag 정보	49
표 1-2-13. 2012/13년부터 2019/20년까지 젠투펭귄 성체에게 부착된 PIT tag 정보	55
표 1-2-14. 턱끈펭귄의 생존율과 관찰률 분석 모델 선정을 위한 AICc 평가 결과 및 모델 별 평균 생존율과 관찰율	58
표 1-3-1. 2019/20년 GPS 추적장치를 이용한 이동 연구 결과	66
표 1-3-2. $\delta^{15}N$ 이원 혼합모형을 통해 추정된 젠투펭귄의 먹이원 이용 비율	71
표 1-3-3. $\delta^{15}N$ 이원 혼합모형을 통해 추정된 턱끈펭귄의 먹이원 이용 비율	72
표 1-4-1. 나레브스키 포인트에서 육추기에 획득한 턱끈펭귄과 젠투펭귄 25개체 정보	75
표 1-4-2. 2019년 12월에 부착한 턱끈펭귄과 젠투펭귄의 잠수를 나타내는 지표 및 잠수 위치	78
표 1-4-3. 2015년, 2016년, 2018년에 부착하여 수거한 지오로케이터 30개를	

분석하여 얻은 결과를 정리한 표	85
표 1-4-4. 2019년 12월 나레브스키 포인트의 턱끈펭귄 4개 서브콜로니에서 얻어진 회귀율 (%), 등지층실도 (%), 이혼율 (%)	87
표 2-1-1. 2010/2011년부터 2019/2020년까지 아틀리섬 켄투펭귄, 턱끈펭귄, 아델리펭귄의 등지수, 이소새끼수, 번식성공률	94
표 2-1-2. 2019/2020년 나레브스키 포인트와 아틀리섬의 번식결과 비교	97
표 2-2-1. 케이프워싱턴 황제펭귄 새끼수 변동	104
표 2-3-1. Coulman Island 황제펭귄 새끼수 변동	110
표 2-3-2. Inexpressible Island의 아델리펭귄 번식쌍수 (등지수) 현황	113
표 2-3-3. Inexpressible Island와 Cape Hallett 개체군의 번식 성공률 비교	113
표 3-1-1. 남극조약의 주요 구성 및 내용	117
표 3-1-2. 남극조약 환경보호의정서의 구성 및 서명국 조치사항	119
표 3-1-3. 남극조약 환경보호의정서의 부속서 구성 및 서명국 조치사항	120
표 3-1-4. 남극활동 및 환경보호에 관한 법률 (국내법) 및 시행령 구성내용	121
표 3-1-5. 남극 환경관리지침의 종류와 국내외 법에 따른 의무 제정 근거	122
표 3-3-1. 펭귄마을 보호구역 관리계획서에 명시된 관리활동 항목 및 이행현황	143
표 4-1-1. 제 42차 남극조약협약 당사국회의 일정	168
표 4-1-2. 제1차 및 제20차 환경보호위원회 의제 비교	173
표 4-2-1. 장기 모니터링 수행을 위해 CCAMLR에서 지정한 CEMP-site	187

그림 목차

그림 1-1-1. 펭귄마을에 설치된 자동기상관측 시스템 (AWS)의 위치	3
그림 1-1-2. 펭귄마을 기상모니터링시스템 (설치사진)	4
그림 1-1-3. 펭귄마을에서 측정된 최근 14개월 일평균기온	5
그림 1-1-4. 펭귄마을의 최근 14개월 월평균, 월최고, 월최저 기온	6
그림 1-1-5. 펭귄마을에서 측정된 2014년 1월부터 2019년 12월까지 6년간 월평균 기온	6
그림 1-1-6. 펭귄마을에서 측정된 최근 14개월 일평균 상대습도	7
그림 1-1-7. 펭귄마을에서 측정된 2014년 1월부터 2019년 12월까지 6년간 월평균 상대습도	7
그림 1-1-8. 펭귄마을의 최근 14개월 월평균풍속 및 순간최고풍속	8
그림 1-1-9. 펭귄마을에서 측정된 최근 14개월 일평균 풍속	8
그림 1-1-10. 펭귄마을에서 측정된 2014년 1월부터 2019년 12월까지 6년간 월평균 풍속	9
그림 1-1-11. 펭귄마을에서 관측된 2019년 1월부터 2020년 2월까지 바람분포도	9
그림 1-1-12. 펭귄마을에서 관측된 하계 바람분포도	10
그림 1-1-13. 2019년 12월 평균 식물플랑크톤 분포	14
그림 1-1-14. 2020년 1월 평균 식물플랑크톤 농도분포	15
그림 1-1-15. 2019년 12월부터 2020년 1월까지의 평균 식물플랑크톤 분포	15
그림 1-1-16. 2014년 12월 평균 식물플랑크톤 분포	17
그림 1-1-17. 2015년 12월 평균 식물플랑크톤 분포	17
그림 1-1-18. 2016년 12월 평균 식물플랑크톤 분포	17
그림 1-1-19. 2017년 12월 평균 식물플랑크톤 분포	17
그림 1-1-20. 2018년 12월 평균 식물플랑크톤 분포	17
그림 1-1-21. 2019년 12월 평균 식물플랑크톤 분포	17
그림 1-1-22. 2015년 1월 평균 식물플랑크톤 분포	18
그림 1-1-23. 2016년 1월 평균 식물플랑크톤 분포	18
그림 1-1-24. 2017년 1월 평균 식물플랑크톤 분포	18
그림 1-1-25. 2018년 1월 평균 식물플랑크톤 분포	18
그림 1-1-26. 2019년 1월 평균 식물플랑크톤 분포	18
그림 1-1-27. 2020년 1월 평균 식물플랑크톤 분포	18

그림 1-1-28. 2018-19년 12월 식물플랑크톤 농도 차이	19
그림 1-1-29. 2019-20년 1월 식물플랑크톤 농도 차이	19
그림 1-1-30. 2019년 12월 평균 해수온 분포	21
그림 1-1-31. 2020년 1월 평균 해수온 분포	21
그림 1-2-1. PIT tag를 부착하는 모습	25
그림 1-2-2. 2019/2020년 펭귄마을 내부의 동서성 펭귄류 2종의 번식소집단 위치	26
그림 1-2-3. 펭귄마을에서 번식하는 턱끈펭귄과 젠투펭귄의 번식 등지 수 변화	29
그림 1-2-4. 유조를 품고있는 젠투펭귄과 턱끈펭귄 성조	31
그림 1-2-5. 번식초기(10~11월) 강수량 및 평균 기온의 연도별 변화	34
그림 1-2-6. 남극특별보호구역 표지판 기준 적설량의 연도별 변화	35
그림 1-2-7. 번식기의 펭귄 집단서식지 내 적설면적 연도별 비교	36
그림 1-2-8. 펭귄마을에서 번식한 갈색도둑갈매기 (Brown Skua), 남극도둑갈매기 (South Polar Skua)의 등지 분포	40
그림 1-2-9. 펭귄마을에서 번식한 칼집부리물떼새 (Snowy Sheathbill), 남방큰풀마갈매기 (Southern Giant Petrel), 윌슨바다제비 (Wilson's Storm-petrel)의 등지 분포	40
그림 1-2-10. 펭귄마을의 번식 조류 사진	41
그림 1-2-11. 2019/2020년도 조사기간 동안 펭귄마을에 출현한 주요 동물들	44
그림 1-2-12. 펭귄마을 인접지역에서 번식한 남방큰재갈매기 (Kelp Gull), 남극제비갈매기 (Antarctic Tern), 남극도둑갈매기 (South Polar Skua), 갈색도둑갈매기 (Brown Skua)의 등지 분포	46
그림 1-2-13. 2019/2020년도 조사기간 중 펭귄마을 인접지역에서 관찰된 조류 및 기각류	47
그림 1-2-14. 2013/14년도부터 2019/20년도까지 PIT tag를 부착한 번식소집단 위치	48
그림 1-2-15. 2013/14년도부터 PIT tag를 부착한 턱끈펭귄 번식 개체의 연도별 번식지 회귀율	58
그림 1-3-1. GPS 추적장치를 부착한 턱끈펭귄	61
그림 1-3-2. 턱끈펭귄과 젠투펭귄의 이동시간 및 이동거리 비교	64
그림 1-3-3. 턱끈펭귄의 성별 및 추적시기별 이동거리 비교	65
그림 1-3-4. 턱끈펭귄의 성별 및 추적시기별 이동시간 비교	65
그림 1-3-5. 시기 및 종별 펭귄의 섭식이동 경로	68
그림 1-3-6. 턱끈펭귄과 먹이원 (크릴, 남극은암치)의 안정성 동위원소비	70
그림 1-3-7. 젠투펭귄과 먹이원 (크릴, 남극은암치)의 안정성 동위원소비	70
그림 1-4-1. 2019년 12월 7일, 포란 중인 턱끈펭귄 번식쌍에 부착한 위치/잠수	

기록계 및 수면행동 측정용 로거	76
그림 1-4-2. 2019년 12월 15일, 위치/잠수기록계 및 수면행동 측정용 로거를 달고 바다로 향하는 턱끈펭귄	77
그림 1-4-3. 1월 현장조사 기간 동안 펭귄 목 뒤 피하 조직에 RFID 인식칩을 삽입하는 모습	77
그림 1-4-4. GEBCO 2014 30 arc-second grid data에서 얻은 해저지형 데이터를 활용하여 킹조지섬 나레브스키포인프 남단 해역을 200 m 미만 대륙붕, 깊이 200-400 m의 맥스웰만, 깊이 400 m 이상으로 만 경계를 벗어난 외해로 구분한 지형도	79
그림 1-4-5. 턱끈펭귄과 젠투펭귄의 깊이별 잠수 빈도	79
그림 1-4-6. 2019년 12월에 부착한 턱끈펭귄의 취식지 이동경로	80
그림 1-4-7. 2019년 12월에 부착한 젠투펭귄의 취식지 이동경로	80
그림 1-4-8. 2019년 12월에 부착한 턱끈펭귄과 젠투펭귄의 취식지 이동경로를 커널밀도함수 (Kernel density)로 나타낸 그림	81
그림 1-4-9. 2019년 12월에 부착한 턱끈펭귄의 잠수깊이 빈도와 잠수효율을 나타낸 그래프	83
그림 1-4-10. 2019년 12월에 부착한 젠투펭귄의 잠수깊이 빈도와 잠수효율을 나타낸 그래프	83
그림 1-4-11. 2019년 12월 10일 턱끈펭귄 수면행동 측정용 로거에서 얻어진 뇌파 및 근육 전기 신호 그래프	84
그림 1-4-12. 2019년 12월 10일 턱끈펭귄 수면행동 측정용 로거에서 얻어진 뇌파 신호 그래프의 예시	84
그림 1-4-13. 2015년, 2016년, 2018년에 부착하여 수거한 지오로케이터에서 얻은 턱끈펭귄의 겨울철 (8월) 분포 범위	85
그림 1-4-14. 2015년, 2016년, 2018년에 이동경로가 밝혀진 개체들의 꼬리깃을 이용하여 아미노산 탄소 동위원소 값을 비교한 그래프	86
그림 2-1-1. 아들리섬 (ASPA No. 150)의 보호구역 경계와 대피소 등의 위치를 나타낸 지도	93
그림 2-1-2. 2010/2011년부터 2019/2020년까지 아들리섬에서 번식한 젠투펭귄, 턱끈펭귄, 아델리펭귄의 등지수 변화를 나타낸 그래프	95
그림 2-1-3. 2010/2011년부터 2019/2020년까지 아들리섬에서 번식한 젠투펭귄, 턱끈펭귄, 아델리펭귄의 번식성공률의 변화를 나타낸 그래프	95
그림 2-2-1. ASPA No. 173 케이프 워싱턴 황제펭귄 군서지 위치	99
그림 2-2-2. 배설물로 번식집단의 위치가 확인되는 케이프 워싱턴의 황제펭귄 군서지	101
그림 2-2-3. 황제펭귄새끼 분포 범위 및 모니터링을 위한 항공촬영 궤적	102

그림 2-2-4. 황제펭귄 군서지에서 헬기 항공촬영을 활용한 새끼수 모니터링 방법	103
그림 2-2-5. 케이프위싱턴의 항공촬영 영상에서 새끼 수 카운팅	103
그림 2-2-6. 케이프위싱턴에 서식하는 황제펭귄의 새끼수 변동	105
그림 2-2-7. 로스해에 위치하는 황제펭귄 번식지들의 새끼수 비교	106
그림 2-2-8. 황제펭귄 번식쌍수 및 향후 개체군 변화 추정	106
그림 2-2-9. 케이프 위싱턴에 서식하는 황제펭귄	107
그림 2-3-1. Coulman Island 황제펭귄 번식지 위치	109
그림 2-3-2. Coulman Island의 황제펭귄 번식지 항공촬영 이미지에서 새끼 계수	110
그림 2-3-3. Inexpressible Island 아델리펭귄 항공촬영 이미지에서 둥지 계수	112
그림 2-3-4. 2019년 Inexpressible Island에 서식하는 아델리펭귄의 둥지 분포도	112
그림 2-3-5. 2019년 Inexpressible Island 연안의 빙판위에 조성된 아델리펭귄 번식지	114
그림 2-3-6. Inexpressible Island에서 아델리펭귄의 번식성공률을 산출하기 위한 새끼수 카운팅	114
그림 3-3-1. 극지연구소 남극특별보호구역 홈페이지를 통해 제공하고 있는 남극활동허가신청의 허가가 필요한 이유	144
그림 3-3-2. 극지연구소 남극특별보호구역 홈페이지를 통해 제공하고 있는 남극활동허가신청 요령	145
그림 3-3-3. 2019년에 실시된 “2019/20년 남극하계연구참여자 대상 극지 일반교육” 교과목 중의 하나인 환경보호 교육	146
그림 3-3-4. 극지연구소 남극특별보호구역 홈페이지에서 제공되는 교육홍보 동영상 자료	146
그림 3-3-5. 극지안전훈련 프로그램 훈련과목 내용	147
그림 3-3-6. 극지안전훈련 장면 (실내 교육 및 화재진압 훈련)	147
그림 3-3-7. 세종기지 방문객을 대상으로 하는 남극기지 활동 정보 및 환경교육	148
그림 3-3-8. 페인트가 벗겨져 도색이 필요한 안내 표지판	148
그림 3-3-9. 세종기지 출입인원 기록철	149
그림 3-3-10. 하계 기간 펭귄마을 보호구역 방문자수의 연도별 비교	150
그림 3-4-1. 보호구역 예비후보지 세 곳의 위치 및 장보고기지로부터의 거리 ...	151
그림 3-4-2. Coulman Island 해빙 위의 황제펭귄 번식지	152
그림 3-4-3. Inexpressible Island 아델리펭귄 번식지 항공사진	153
그림 3-4-4. Inexpressible Island 해빙대에 정박 중인 중국 쇄빙선 설롱호	154

그림 3-4-5. 기지 건설 예정지에서 정밀조사 중인 중국 방문팀	154
그림 3-4-6. 중국 쉘빙선 설롱호를 방문해 양휘젠 극지연구소장과 의견을 교환중인 정호성 연구원	155
그림 3-4-7. 샤먼대학교 국제교류센터에서 개최된 1차 워크샵 참가자들	156
그림 3-4-8. 논란의 중심이 되었던 제한구역이 우리나라의 제안으로 철폐되었다.	158
그림 3-4-9. 이태리 외교부 청사에서 개최된 2차 워크샵 광경	159
그림 3-4-10. 한국의 제시로 변경된 보호구역 위치도	161
그림 3-4-11. 유적지 (HSM)를 보호구역에서 제외하여 관리의 편의성을 높였으며, 해양보호구역을 축소하여 HSM 방문객의 안전을 도모하였다.	161
그림 4-1-1. 펭귄마을 보호구역의 CEP 승인 문서 내용	182
그림 4-1-2. 남극조약협약 당사국회의 참석자 기념사진	183
그림 4-2-1. CCAMLR 협약수역. 우리나라의 주요 조업이 수행되는 48.1해역 (남극크릴) 및 88.1 해역 (남극이빨고기)	185
그림 4-2-2. 인익스프레서블섬 및 씨뷰 만의 해양지역의 신규 ASPA 관리계획서 승인 (2019년 CCAMLR 연례총회 최종 보고서)	188
그림 4-2-3. CCAMLR 수역 48 해역에 위치한 CEMP-site	188
그림 4-2-4. 2017/18년 펭귄마을 보호구역에서 조사된 턱끈펭귄과 젠투펭귄의 등지수를 CEMP date에 등록 (문서번호 WG-EMM-18/44)	189
그림 4-2-5. CCAMLR 수역 88 해역에 위치한 CEMP-site	190



부록 목차

부록 1. 펭귄마을 보호구역(ASPA No. 171 나레브스키 포인트) 수정관리계획서 제출을 위한 Working Paper	197
부록 2. 제23차 ATCM에서 채택된 펭귄마을 보호구역(ASPA No. 171 나레브스키 포인트) 수정관리계획서 (영문)	201
부록 3. 펭귄마을 보호구역(ASPA No. 171 나레브스키 포인트) 수정관리계획서 (2019년 개정판, 국문)	221
부록 4. 인익스프레시블섬 신규 남극특별보호구역 지정 신청을 위해 CEP에 제출된 Working Paper	241
부록 5. CEP에 제출된 인익스프레시블섬 남극특별보호구역 관리계획서 초안 (draft Management Plan)	249
부록 6. SGMP와 검토 교신을 통해 마련된 인익스프레시블섬 남극특별보호구역 관리계획서 최종안 (final Managemnet Plan)	269
부록 7. 2019 CCAMLR WG-EMM-2019/04. ASPA No. 171 Narębski Point (NPT) 및 No. 106 Cape Hallett의 모니터링 자료 등록 문서	291



요약문

최근 남극에서 일어나는 기후변화와 인간활동의 증가에 따른 영향에 대한 관심이 전세계적으로 집중되고 있다. 환경변화에 민감한 남극의 생물 서식지와 생태계를 보호하기 위해 남극조약협약당사국(ATCP : Antarctic Treaty Consultive Party)은 남극환경보호의정서(Madrid Protocol)를 제정하였으며, 우리나라는 그동안 협의당사국의 일원으로서 남극환경과 생태계 보존을 위한 국제적 노력에 동참해왔다.

이러한 노력의 일환으로, 우리나라의 제안으로 세종기지가 위치한 남극 킹조지섬 바튼반도의 나레브스키 포인트(일명 “펭귄마을”)가 2009년 제32차 남극조약협약당사국회의(ATCM : Antarctic Treaty Consultive Meeting)에서 남극특별보호구역(ASPA No. 171)으로 지정되었다. 이에 따라 나레브스키 포인트는 우리나라가 국외에 관리하는 최초의 특별보호구역이 되었으며, 그 후속조치로서 환경부 주관으로 보호구역의 포괄적 환경 연구 및 관리를 위한 중장기계획을 수립하였고(환경부 2009), 2010년 이후 나레브스키 포인트의 환경 관리 및 장기 모니터링이 수행되고 있다(환경부 2011~2020).

어느덧 펭귄마을 보호구역은 지정 이후 10년이 경과되어 두 번째 5개년 수정관리계획을 수립하기에 이르렀으며, 2017년 이래로 남극대륙에 기반을 둔 장보고기지 인근에서도 새로운 보호구역을 지정하기 위한 노력이 진행되어 왔다.

올해의 사업내용 가운데 연구분야로서는 세종기지를 기반으로 한 펭귄마을 및 인근 아틀리섬 보호구역의 생태 모니터링을 비롯하여, 장보고기지를 기반으로 한 케이프워싱턴 황제펭귄 보호구역 및 신규 보호구역 지정 예정지인 인익스프레시블섬(Inexpressible Island)의 생태 모니터링이 중심을 이룬다. 연구 외적인 분야로는 남극기지 및 보호구역의 환경관리를 위한 제반 사항들에 대한 연차 활동보고가 포함되어 있다.

펭귄마을 보호구역의 환경 모니터링은 기상과 해양을 포함한 기초환경 관측과 동물상, 그리고 펭귄의 취식지 조사로 구분할 수 있다.

생태계의 장기적인 모니터링을 위해서는 기초환경에 대한 장기 데이터 확보가 필요하기 때문에, 세종기지 기상자료와 더불어 2014년 펭귄마을에 설치한 자동기상관측 시스템(AWS)을 활용하여 자료 확보하고 있으며, 펭귄 등 동물의 취식영역인 해양의 모니터링을 위해 인공위성 해색 사진을 분석하여 수온과 식물플랑크톤 농도를 파악하고 있다. 2019년 연평균 기온은 -2.0°C 를 기록하였다. 최저기온의 경우 2018년 이전에는 약 -20°C 가 관측된 바 있으나 2019년에는 -17°C 로 비교적 따뜻하였다. 최근 6개년의 연평균 풍속은 $7.2\sim 7.7\text{ m/s}$ 를 기록하여 6개년 평균 7.5 m/s 였다. 이는

세종기지의 연평균 풍속인 8.0 m/s에 비해서는 약 6% 정도 약한 수준이다. 2019년의 풍속은 6개 연도 중 2017년에 이어 두 번째로 강했으며, 순간최대풍속 또한 35.9 m/s로 2017년의 36.8 m/s에 이어 두 번째로 높은 값을 기록하였다.

해양환경 모니터링을 시작한 2014년부터 2020년까지의 월별 평균 식물플랑크톤 분포변화를 알아보기 위하여 각 연도별 12월과 1월을 분리하여 통계분석을 해본 결과, 2014년 12월부터 2016년까지 12월의 식물플랑크톤 농도는 평균적으로 증가하는 경향을 보였으며, 2017년 12월로 접어들면서 다시 감소하는 형태를 보였다. 2015년 1월에서 2016년 1월의 식물플랑크톤 농도가 증가하였다가 2018년 1월까지 식물플랑크톤의 농도가 점차 감소하고 있다. 12월의 식물플랑크톤 농도는 주로 먼 바다에서 크게 증가하는 모습을 보였으며, 1월에는 연안에서 증가하였으나 먼 바다에서는 감소하는 형태를 보였다.

동물상 모니터링의 대상은 보호구역에 서식하는 모든 조류, 포유류를 포함하며, 펭귄 등 번식조류가 중점적으로 조사되고 있다. 2019/2020년 펭귄류의 번식 등지수는 턱끈펭귄 2,353개, 젠투펭귄 2,408개로 확인되었다. 이를 과거 조사결과와 비교해보면, 턱끈펭귄의 등지수는 지난 해 (2018/2019년)와 비슷하지만, 2013/2014년부터 번식 등지수가 지속적으로 감소하는 경향을 보였다. 젠투펭귄은 지난 해 대비 184개가 증가하였고, 2009/2010년 번식 등지수가 급증한 이후로 약간의 증감은 있으나 일정하게 유지되고 있는 것으로 확인되었다.

펭귄류의 번식지표 조사결과, 젠투펭귄의 평균 한배산란수는 1.90개였으며, 2,408개 등지에서 2,995마리의 새끼가 이소하여 등지 당 1.24마리가 보육원에 가입한 것으로 나타났다. 턱끈펭귄의 평균 한배산란수는 1.85개이며, 2,353등지에서 2,399마리가 이소하며 등지당 이소 새끼수는 1.02마리로 확인되었다. 이를 과거 조사결과와 비교해보면, 젠투펭귄의 한배산란수, 총 이소 새끼수, 등지당 이소 새끼수 모두 지난 해보다 약간 증가하였으며, 2012/2013년 1.33마리 다음으로 가장 높았다. 반면 턱끈펭귄의 한배산란수는 지난 해 결과와 유사했으나, 총 이소 새끼수와 등지당 이소 새끼수가 모두 감소하였으며, 등지당 이소 새끼수도 2014/2015년 0.93마리 다음으로 가장 낮았다.

젠투펭귄의 평균 부화일은 2019년 12월 13일, 턱끈펭귄의 평균 부화일은 2019년 12월 20일이었으며, 젠투펭귄이 턱끈펭귄에 비해 평균적으로 7일 정도 빨리 부화하였다. 턱끈펭귄의 평균 부화일은 작년과 함께 8년간의 조사기간 중 부화일이 가장 빨랐던 해로 나타난 반면, 젠투펭귄의 부화일은 지난 해보다 약 10일 정도 늦어졌다.

펭귄 이외에, 펭귄마을에서 번식한 조류는 남방큰풀마갈매기, 율슨바다제비, 칼집부리물떼새, 남극도둑갈매기, 갈색도둑갈매기 등 5종으로 확인되었다. 추가적으로 도둑갈매기 혼합번식쌍도 펭귄마을 내에서는 작년에 이어 2쌍이 번식하는 것이 관찰되었다. 남방큰풀마갈매기는 총 15개의 등지를 발견되었고, 한배 산란수는 1개였다. 칼집부리물떼새는 3개 등지에서 각각 2개씩 산란하였다. 남극제비갈매기는 2개

의 등지가 확인되었다. 남극도독갈매기는 7개의 등지가 확인되었으며, 평균 1.29개의 알을 산란하였으나 이소할 때까지 생존한 새끼는 없었다. 갈색도독갈매기의 평균 한배산란수는 2개였으며, 등지 5개에서 새끼 총 2마리의 생존을 확인하였다.

펭귄마을에서 관찰된 비번식 조류는 아델리펭귄, 마카로니펭귄, 남극가마우지, 알락풀마갈매기, 남방큰재갈매기 등 총 5종이었다. 기각류의 경우, 웨델물범, 남방코끼리물범, 남극물개 등 총 3종이 확인되었다.

펭귄의 회귀율을 파악하기 위하여 체내에 삽입한 PIT tag를 이용해 분석해본 결과, 턱끈펭귄 번식 개체들의 연간 생존율은 평균 $76 \pm 16\%$, 발견률은 평균 $58 \pm 28\%$ 로 나타났으며, 다음해 번식지로 회귀하는 비율은 평균 $42 \pm 21\%$ 로 연도별로 큰 차이를 보였다. 그러나 연도별 결과에서는 회귀율 분석을 위한 조사가 집중적으로 수행된 2018/19년도 (72%) 및 2019/20년도 (61%)의 분석 결과가 실제 회귀율에 가까울 것으로 예상되므로, 펭귄마을의 턱끈펭귄이 기존 번식지로 회귀하여 번식하는 비율은 약 67%로 추정된다. 이는 타 펭귄 분류군에서 진행되었던 선행 연구 (Williams and Rodwell, 1992)에서 도출된 결과 (젠투펭귄 0.59-0.79%, 마카로니펭귄 0.70-0.73%)와 크게 다르지 않은 결과였다.

2019/2020년 번식기 동안 GPS 추적장치를 활용하여 총 41개체의 턱끈펭귄과 9개체의 젠투펭귄의 섭식이동을 추적하였다. 턱끈펭귄은 개체별 평균 6.98 ± 2.41 회, 젠투펭귄은 평균 6.44 ± 3.32 회의 섭식이동이 모니터링 되었다. 턱끈펭귄의 이동거리는 5.17~81.22 km로서, 평균 31.07 ± 15.54 km ($n=278$)였으며, 젠투펭귄의 이동거리는 9.87~83.51 km로서, 평균 32.75 ± 18.13 km ($n=57$)였다. 이동시간은 3.43~35.85시간으로서, 평균 10.97 ± 6.31 시간으로 나타났다. 턱끈펭귄과 젠투펭귄의 먹이활동을 비교하였을 때 이동거리는 유의한 차이가 나타나지 않았고, 젠투펭귄이 턱끈펭귄에 비해 긴 섭식활동을 하는 것으로 확인되었다. 한편, 턱끈펭귄의 시기별 먹이활동을 분석해본 결과, 3차 추적시기 동안 턱끈펭귄의 이동거리와 이동시간이 1, 2차 추적시기에 비해 짧게 나타났다.

2019년 12월 22일부터 2019년 12월 31일까지 취식영역을 조사한 결과, 턱끈펭귄과 젠투펭귄의 주요 취식영역은 나레브스키 포인트에서 남동쪽으로 약 20~30 km 떨어진 해역으로 나타났다. 주로 맥스웰만 안쪽에서 잠수를 하는 횟수가 많았지만, 턱끈펭귄은 젠투펭귄에 비해 더 먼 외해로 자주 나가는 것이 확인되었다. 특히 턱끈펭귄 3개체는 번식지에서 30 km 떨어진 해저산맥 (Orca Seamount) 부근에서 취식 활동을 한 것으로 파악되었다.

턱끈펭귄은 전체의 절반 가량에 달하는 잠수를 5~20 m의 얇은 수심대에 집중하는 것으로 나타났다. 반면 젠투펭귄은 5~20 m의 잠수 빈도가 20%에 불과하였으며 15~30 m 구간에선 잠수 깊이가 깊어짐에 따라 빈도가 증가하였다. 잠수 시간을 비교해보면 턱끈펭귄은 평균 64.92초를 기록한 반면, 젠투펭귄은 평균 100.22초를 기록하여 35.3초 차이를 보였다. 이는 젠투펭귄의 잠수 시간이 턱끈펭귄에 비해 약 1.5배 가량 긴 수치이다.

지난 2015년부터 얻어진 계절별 이동 결과를 종합해보면, 턱끈펭귄은 서쪽으로 약 2,856.1 km (표준편차 990.0), 동쪽으로 약 2,478.3 km (표준편차 911.9) 떨어진 곳으로 이동한 것으로 확인되었다. 이 결과는 킹조지섬에서 연구한 미국 연구진의 결과와 유사한 것으로 보인다. 통계 분석 결과 연도별, 성별 차이는 나타나지 않았으며, 개체별로 변이가 크게 차이가 나는 것으로 생각된다.

세종기지 인근 아틀리섬 (ASPA No. 150)의 한/독 공동 모니터링과 장보고기지 인근 케이프워싱턴 (ASPA No. 150) 황제펭귄 번식지에 대한 모니터링이 국제협력의 일환으로 진행되었다.

아틀리섬의 펭귄 번식조사 결과, 젠투펭귄 6,970둥지, 아델리펭귄 300둥지, 턱끈펭귄 16둥지로, 과거와 비교할 때 전체적으로 증가하였다. 젠투펭귄은 442둥지 증가하였으며, 아델리펭귄은 39둥지 감소하였다. 둥지에서 이소한 새끼 수는 젠투펭귄 8,903마리, 턱끈펭귄 12마리, 아델리펭귄 307마리로 조사되었다. 아틀리섬에 번식하는 젠투펭귄 둥지는 2010/2011년 5,603개가 관찰된 이래 2016/2017년 7,227개까지 증가하였으며, 이후 다시 감소하여 2019/2020년엔 6,870개가 관찰되었다.

케이프워싱턴 황제펭귄 군서지의 번식조사는 해빙위에서 둥지없이 번식을 하는 특성과 조사자들에 의한 교란 방지를 목적으로 일순간의 항공촬영 화상분석으로 수행되었다. 2019년에는 총 16,677개체의 황제펭귄 새끼가 계수되었다. 이를 과거 자료들과 비교해보면, 11,093~26,511개체로 연간 개체수 변동이 심한 것으로 나타났다.

신규 보호구역 지정 후보지인 인익스프레시블섬의 아델리펭귄 둥지는 29,899개로 계수되었다. 이는 과거 자료들과 비교해볼 때 증가한 것으로 평가된다. 당해년도에 이소 성공한 새끼의 수는 28,362개체였으며, 번식성공률은 둥지당 0.95마리로 약 400 km 떨어진 Cape Hallett 번식지 (0.73마리)에 비해 높게 평가되었다. 이는 먹이를 구하기 위해 수 km의 바다얼음을 걸어 바다에 입수해야 하는 Cape Hallett의 개체들보다 번식지가 열린 바다와 접해 있는 이곳의 개체들이 보다 수월하게 먹이를 확보할 수 있었기 때문인 것으로 추정된다.

남극조약 환경보호의정서에 의거하여 2004년 제정된 국내법 “남극환경 및 보호에 관한 법률” 과 동법 시행령에 따라, 다음과 같이 남극특별보호구역 및 남극기지 환경관리 기반을 구축하고자 노력하였다.

2014년 마련된 폐기물관리지침에 따라 폐기물 관리계획서 및 폐기물 처리 결과보고서를 세부적으로 작성하여 보고서에 수록하였다. 특이사항으로서는 2019년 세종기지 폐기물의 경우 보급선의 공간이 협소하여 반출을 하지 못하고 기지에 남았으며, 차기년도에도 코로나-19 사태로 모든 활동이 축소되어 외부로 반출되지 못할 것이 예상된다는 점이다. 미반출 폐기물은 반출시까지 창고동에 보관될 예정이다.

극지연구소에서는 모든 남극 방문자를 대상으로 남극출장 전 환경보호교육을 실시하고 있으며, 각 기지에 도착하는 즉시 추가교육을 실시함으로써 방문자들에 대한 환경교육을 강화하였다. 특히, 2016년 이후에는 출장전 교육이 2박3일간의 안전교육, 환경교육 등으로 구분되어 실시되고 있다. 남극특별보호구역에 출입하는 모든

사람의 허가서 및 관리계획서 소지여부를 점검하며, 환경 훼손행위가 발생하지 않는지 모니터링하였다. 보호구역의 양쪽 진입부에는 보호지역을 알리는 표지판이 설치되어 있으며, 현재까지 양호하게 유지되는 것으로 나타났다. 남극활동 예정자들에게 허가 및 활동에 따른 환경보호 관련 정보를 제공하기 위해 “남극의 보호지역과 환경보전 (Antarctic Protected Areas and Environmental Preservation)” 웹사이트가 2015년 구축된 이후로 지속적으로 관리되고 있다.

보호구역에 출입하는 인원 에 대한 모니터링 결과 방문객은 직근 3년간 현저히 감소하는 추세를 보이다가, 지난 여름에는 다소 증가하였다. 이는 주로 중복 방문이 이루어지는 펭귄 연구자들의 조사활동에 기인한 것으로 판단된다.

지난 해 7월 체코 프라하에서 개최된 제42차 ATCM 및 제22차 CEP에서는 우리나라의 두 가지 큰 이벤트가 있었다. 펭귄마을 보호구역의 5개년 수정관리계획이 제출되어 만장일치로 재승인을 받았다. 또한, 이태리, 중국과 함께 3개국이 공동제안한 인익스프레스리블섬의 신규 보호구역 지정 제안도 이견 없이 접수되어, 지정 준비 프로세스에 돌입하였다. 기 제출된 관리계획서 초안을 세부적으로 검토하고 조정하는 회기간 토의그룹 (SGMP)이 구성되어 이메일 교신을 통해 수정 보완작업이 이루어졌으며, 보호구역에 해양이 일부 포함된 관계로 남극해양생물자원보존위원회 (CCAMLR)의 동의도 획득하였다. 이렇게 마련된 관리계획서 최종안은 CEP 본 회의에 최종 승인을 받기 위해 안건으로 제출되었다.

2020년 핀란드 헬싱키에서 개최 예정이었던 제43차 ATCM과 제23차 CEP는 코로나-19 사태로 취소되었다. 차기년도에 어느 나라에서 어떤 의제로 회의가 개최될 것인지는 아직 확정되지 않았다. 그러나, 인익스프레스리블섬의 신규 보호구역 지정은 모든 검토과정이 종료되었기 때문에 최종 승인에는 아무런 걸림돌이 없을 것으로 판단된다.

그 외 CCAMLR와 관련하여, 우리나라는 위원회의 주요 생태모니터링 프로그램인 CEMP의 공식 모니터링 사이트로 펭귄마을 보호구역과 케이프 할렛 보호구역을 등록한 바 있으며, 매년 생태자료를 제공하여 남극 해양생태계를 보전하기 위한 국제 공동노력에 기여하고 있다.

끝으로, ATCM에서 승인된 펭귄마을 보호구역의 수정 관리계획서는 국문으로 번역하여 포켓북의 형태로 인쇄되어 극지연구소와 남극 기지들에 배포되었으며, 방문자들이 현장에서 항상 휴대할 수 있도록 조치하였다.



제 1 장

**펭귄마을 보호구역(ASPA
No. 171)의 생태 모니터링**

극지연구소



제 1 절 기초환경 모니터링

1. 기상 모니터링

가. 펭귄마을의 기상 모니터링 시스템 개요

기상 모니터링의 목적은 나레브스키 포인트 (펭귄마을) 지역의 변화하는 기상환경을 조밀한 시간 간격으로 정밀하게 관측하는 것이다. 이를 통해 향후 펭귄마을 생태계 변화의 원인분석에 기초자료로 활용이 가능하고, 또한 세종기지 기상자료와 비교 분석을 통해 바톤반도 내에서 지역적인 기상환경 차이를 이해할 수 있을 것으로 기대된다.

펭귄마을에 구축된 자동기상관측 시스템은 2013년 12월에 펭귄마을 중심부에 설치되어 시험운영을 시작하였으며, 2014년 1월부터 정식 운영되어 펭귄마을의 기본적인 기상요소를 모니터링하고 있다 (62° 14' 11.87"S, 58° 46' 29.90"W, 그림 1-1-1). 기상 관측요소는 기본적인 요소 중 지역적 편차가 큰 바람, 기온, 습도를 선정하였으며, 3 m 높이의 관측탑 상단의 풍향·풍속계와 1.5 m 높이에 설치된 온/습도계 센서로부터 10초 간격으로 측정하여 10분 평균값이 자료 집록기 및 외장CF메모리

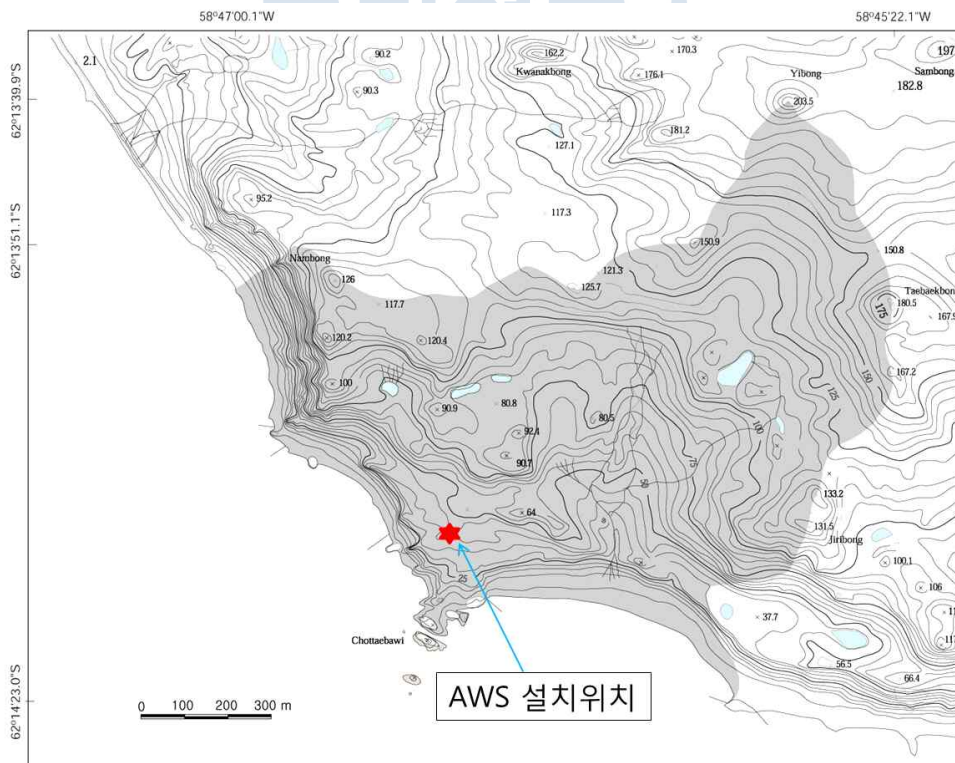


그림 1-1-1. 펭귄마을에 설치된 자동기상관측 시스템 (AWS)의 위치



그림 1-1-2. 펭귄마을에 설치된 자동기상관측 시스템

카드에 저장된다. 저장된 자료는 남극 하계 기간에 연구원이 방문하여 획득하고 그 이외 기간에는 필요시 월동연구대원의 협조를 통해 자료를 확보하였다.

표 1-1-1. 펭귄마을에 구축된 자동기상관측 시스템의 구성

장비	모델	특성	
온습도계 (지상 1.5m)	Vaisala HMP155A	측정범위	기온: -80 to +60℃ 습도: 0 to 100 %
		정확도	기온: ±0.226 (-40℃ to +60) 습도: ±1% (0 to 90%) ±1.7% (90 to 100%)
풍향풍속계 (지상 2m)	RM Young 05103-45 Wind Monitor Polar	측정범위	풍향: 0 to 360°
		정확도	풍속: ±0.3 ms ⁻¹ 풍향: ±3°
		사용환경	-50 to +50℃
자료집록기	Campbell Scientific CR1000 Extended	사용환경	-55℃ to +85℃
자료저장장치	Campbell Scientific CFM100 및 CF카드	저장용량	2GB (10년 이상 저장 가능)
전원	솔라판넬 및 충전배터리	발전량	20W
		배터리 용량	12V40Ah (배터리만 사용시 5개월 이 상 사용가능)

나. 펭귄마을 기상환경

1) 기온

그림 1-1-3에 최근 14개월간 (2019년 1월~2020년 2월) 펭귄마을에서 측정된 일평균 기온의 변동을 나타내었다. 2019년 연평균기온은 -2.0°C 로 2018년 연평균 기온 -1.4°C 에 비해 0.6°C 낮았고 2017년 평균기온과 같았다. 이 기간 일평균기온의 최솟값은 2020년 1월 8일에 6.4°C 로서 2018년 최고 일평균기온이었던 5.7°C 보다 0.7°C 높은 값을 기록하였고 최저값은 2019년 7월 31일에 -13.1°C 로서 2018년의 -17.3°C 보다 4.2°C 높은 기온을 기록하였다 (그림 1-1-3). 참고로 10분 간격 자료 기준으로 최저기온은 -17.1°C , 최고기온은 9.7°C 를 기록하여 2018년 기록에 비해 최저기온은 2.5°C 높았고, 최고기온은 0.8°C 낮은 값을 기록하였다.

그림 1-1-4에는 2019년 각 월별 기온의 평균, 최고, 최저 기온을 나타내었다. 월평균기온은 최저 -4.8°C (8월)부터 최고 1.0°C (1월)의 분포를 보였다. 월중 최고기온은 동계를 포함해서 모든 시기에 영상 기온을 기록하였으며 월중 최저기온은 하계를 포함해서 항상 영하 기온을 기록하였다.

그림 1-1-5에는 펭귄마을 기상 모니터링이 수행된 2014년 1월 이후부터 2019년 12월까지 총 6년에 대해 월평균 기온을 나타내었다. 어느 해에나 공통적으로 남반구 겨울철인 6-8월에 기온이 가장 낮고 여름철인 12-2월에 기온이 높은 계절성이 확인된다. 연평균기온 기준으로 역대 가장 추웠던 해는 연평균기온 -2.9°C 를 기록한 2015년이고 가장 따뜻했던 해는 연평균기온 -1.4°C 를 기록한 2018년이었다. 월평균기온 기준으로 최한월은 2015년 9월로 -7.7°C 를 기록했고 최난월은 2018년 2월로 2.3°C 를 기록하였다. 2014년부터 2018년까지 5년 평균한 월평균기온과 비교해볼 때 2019년에는 2, 5, 10월에 과거 해당월 평균보다 $0.5\sim 1.3^{\circ}\text{C}$ 추웠지만 나머지 시기에는 같거나 따뜻하여 연평균으로는 0.05°C 따뜻하였다.

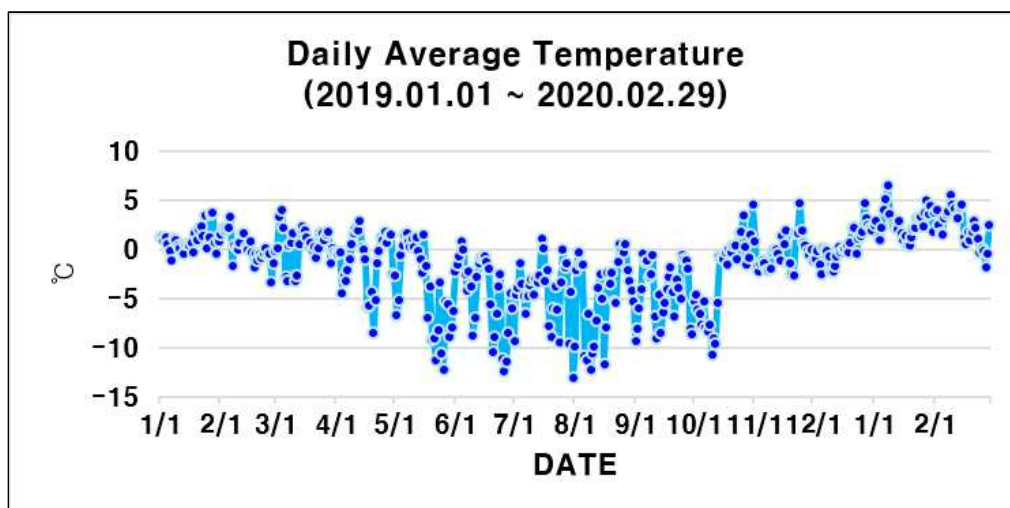


그림 1-1-5. 펭귄마을에서 측정된 최근 14개월 (2019.1.1.~2020.2.29.) 일평균기온 ($^{\circ}\text{C}$)

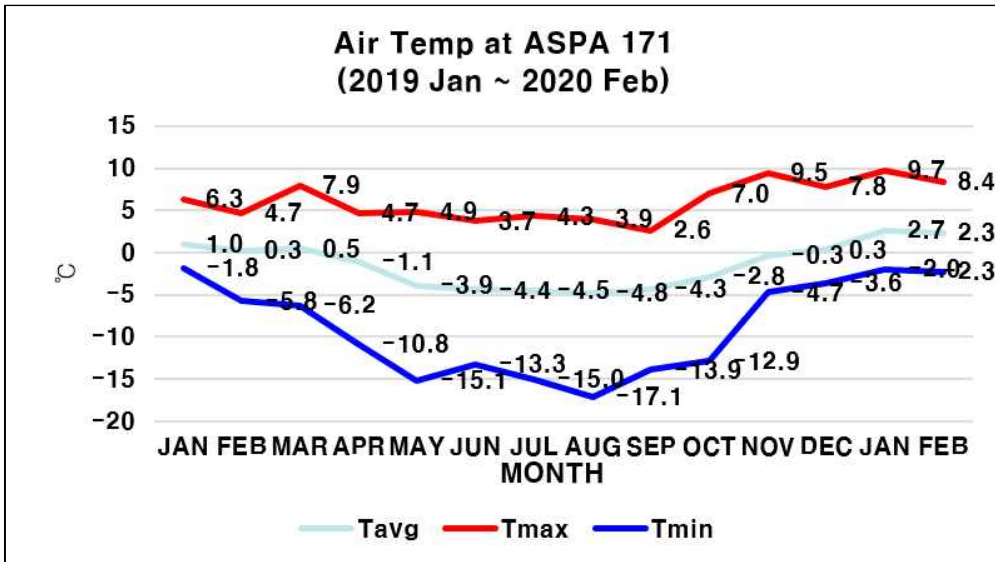


그림 1-1-6. 펭귄마을의 최근 14개월 (2019.1~2020.2.) 월평균 (회색), 월최고 (빨간색), 월최저 (파란색) 기온 (°C)

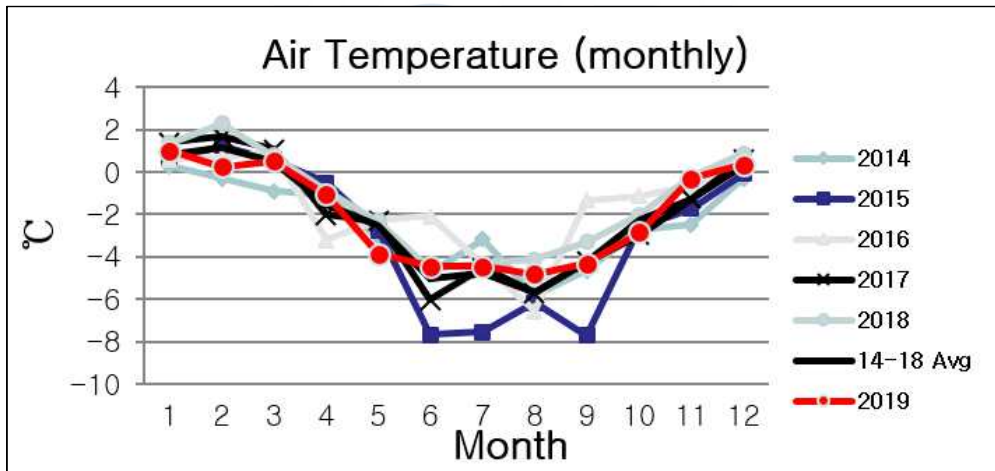


그림 1-1-7. 펭귄마을에서 측정된 2014년 1월부터 2019년 12월까지 6년간 월평균 기온 (°C)

2) 습도

펭귄마을에서 측정된 2019년 1월부터 12월까지의 1년간 평균 상대습도는 89.2%로서 2018년 90.0%에 비해 0.8% 낮지만 습도 센서의 정확도를 감안하면 유의미하나 차이라고 보기는 어렵다. 최저 일평균 상대습도는 2019년 2월 28일에 61.9%를 기록하였다(그림 1-1-6).

그림 1-1-7에는 펭귄마을에서 측정된 2014년 1월부터 2019년 12월까지 6년간의 월평균 상대습도를 나타내었다. 상대습도의 경우 대체적으로 겨울철에 낮은 값을 보이고 여름철에 높아지는 경향은 있으나 기온과 같이 큰 폭의 변동을 보이지는 않

으며 특히 세종기지는 주변의 해양에 의한 영향으로 연중 다습한 기후를 보인다. 연평균 상대습도 기준으로 6년 중 2018년에 90.0%를 보여 가장 높은 습도를 보였으며 2014년이 84.2%로 가장 낮은 습도를 보였다. 2014년부터 2018년까지 5년 기간에 대한 평균 상대습도는 88.3%임에 비해 2019년 연평균 상대습도는 89.2%로서 0.7%로 근소하게 높았다.

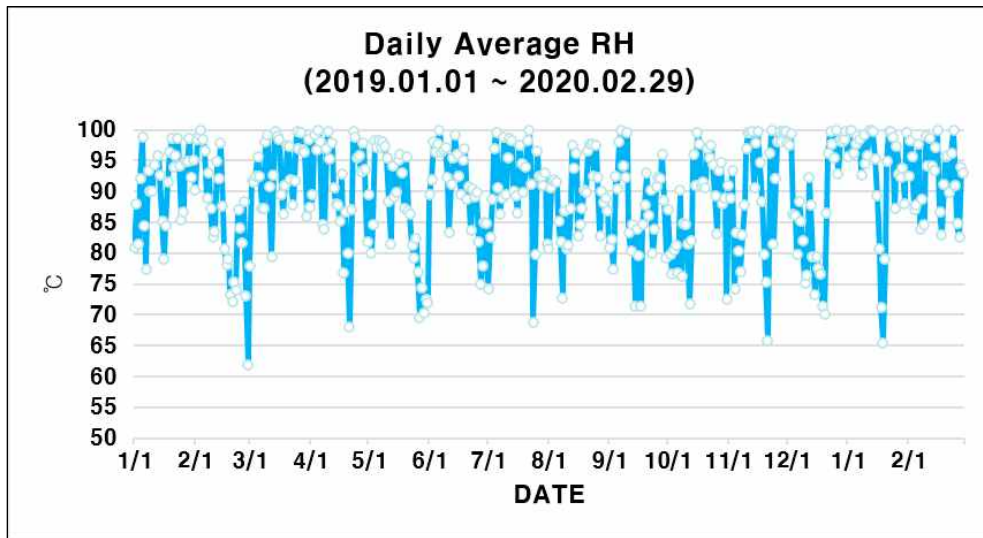


그림 1-1-8. 펭귄마을에서 측정된 최근 14개월 (2019.1.1.-2020.2.29) 일평균 상대습도 (%)

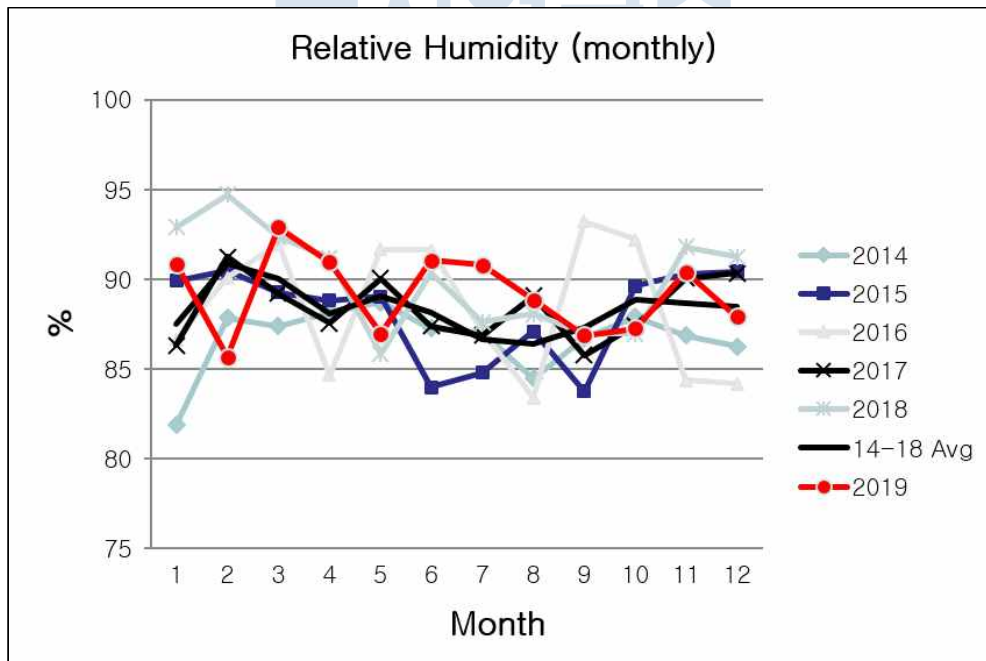


그림 1-1-9. 펭귄마을에서 측정된 2014년 1월부터 2019년 12월까지 6년간 월평균 상대습도 (%)

3) 풍속

팽권마을에서 측정된 2019년 1월부터 12월까지 평균 풍속은 7.6 m/s로서 2018년의 7.5 m/s보다 0.1 m/s 높게 나타났다. 일평균풍속 기준으로 최고값은 2019년 8월 9일에 22.9 m/s, 10분 평균 최고풍속은 같은 날 30.6 m/s로 기록되었고 순간최고풍속 역시 같은 날에 35.9 m/s를 기록하였다 (그림 1-1-8).

그림 1-1-9에는 2019년 각 월별 평균 및 최고 풍속을 나타내었다. 월평균풍속은 1월에 5.7 m/s부터 10월에 9.3m/s의 분포를 보이되 대체로 하계에 풍속이 약하고 동계에 강해지는 계절적 변동성을 보여주었다. 순간최고풍속 기준으로는 3월부터 10월까지 25 m/s를 상회하였으며 2019년 모든 월에 20 m/s를 넘는 값을 나타내었다.

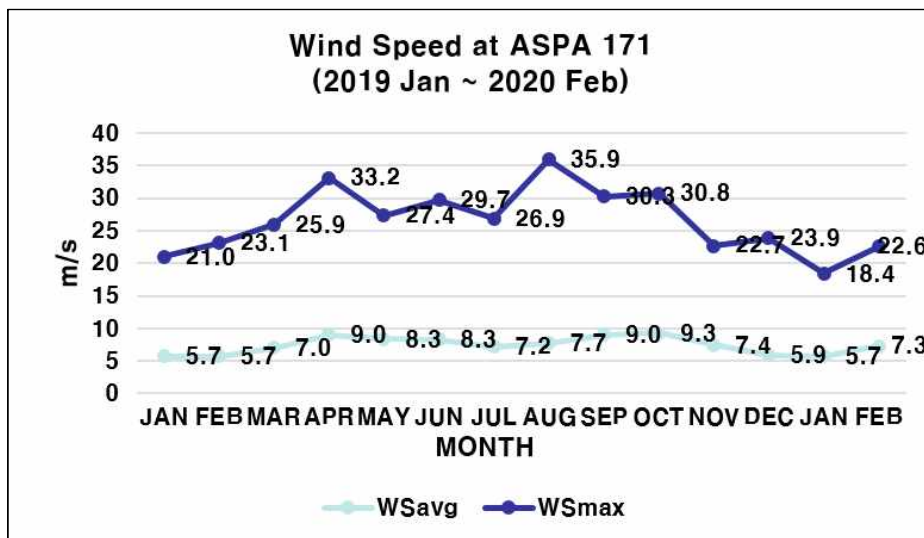


그림 1-1-10. 팽권마을의 최근 14개월 (2019.1.-2020.2.) 월평균풍속 (WSavg) 및 순간최고풍속(WSmax) (m/s)

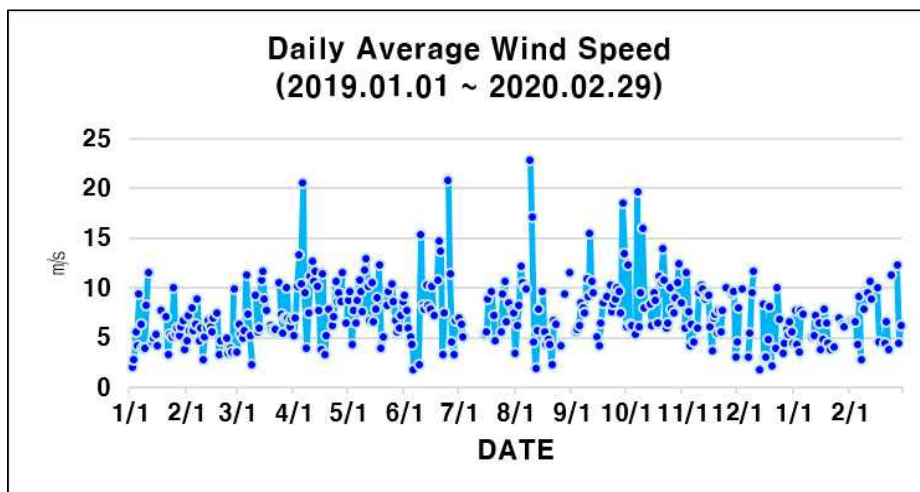


그림 1-1-11. 팽권마을에서 측정된 최근 14개월 (2019.1.1.-2020.2.29) 일평균 풍속 (m/s)

그림 1-1-10에는 펭귄마을에서 측정된 2014년 1월부터 2019년 12월까지 6년간의 월평균 풍속을 나타내었다. 세종기지 관측자료에서 풍속은 보통 겨울철에 강하고 여름철에 다소 약해지는 경향이 보이는데, 펭귄마을 관측자료에서도 유사한 계절성을 확인할 수 있다. 2019년 연평균 풍속은 과거 5년 평균 풍속과 거의 같았으며 계절 변동성에서는 가을(4월)과 봄(10월)에 풍속이 강해지는 특성이 더욱 뚜렷했으

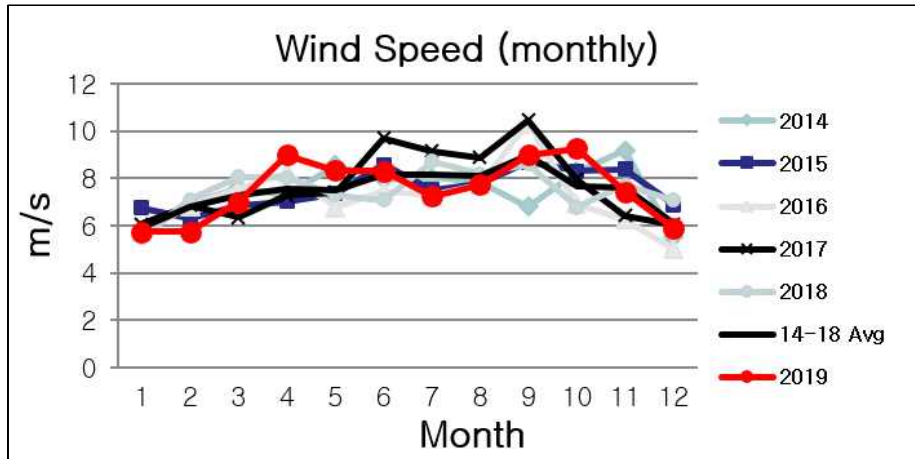


그림 1-1-12. 펭귄마을에서 측정된 2014년 1월부터 2019년 12월까지 6년간 월평균 풍속 (m/s)

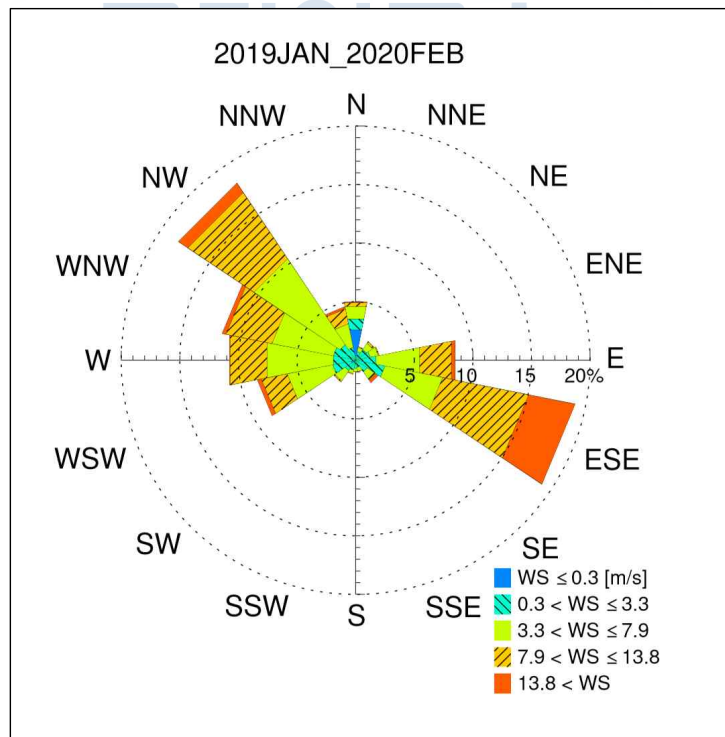


그림 1-1-13. 펭귄마을에서 관측된 2019년 1월부터 2020년 2월까지 바람분포도

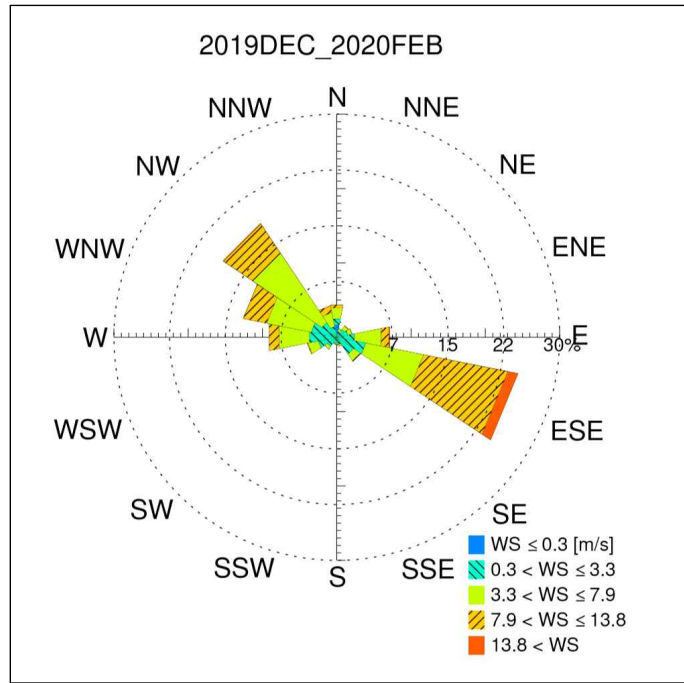


그림 1-1-14. 펭귄마을에서 관측된 하계 (2019.12.-2020.02) 바람분포도

며 겨울철에는 다소 약한 편으로 나타났다.

그림 1-1-11에서는 최근 (2019년 1월부터 2020년 2월) 바람자료를 이용한 바람장미를 나타내었다. 과거 5년간 일반적으로 나타났듯 이 북서풍 및 서풍 계열이 가하였다. 다만 2019년에는 과거에 약 10% 미만의 비율로 불던 남동풍 계열의 바람 빈도가 증가하여 14개월 중 약 20% 가까운 비중을 차지하였으며 하계 (2019년 12월부터 2020년 2월)로 한정된 경우 약 25% 가까이까지 높은 비중을 차지한 것으로 분석되었다 (그림 1-1-12).

2014년부터 2019년까지 6년간 펭귄마을에서 측정된 기상자료 중 대표적으로 기온과 풍속의 대푯값을 표 1-1-2에 나타내었다. 2019년 연평균 기온은 -2.0°C 를 기록하

표 1-1-2. 과거 6년간 펭귄마을에서 관측된 기온 및 풍속의 평균값 및 극값

요소	연도	2014	2015	2016	2017	2018	2019	5년 평균
	기온 ($^{\circ}\text{C}$)	연평균	-2.4	-2.9	-1.6	-2.0	-1.4	-2.0
최고 (10분)		7.3	9.8	10.5	9.1	10.5	9.7	9.5
최저 (10분)		-20.0	-19.5	-19.5	-20.8	-19.6	-17.1	-19.4
풍속 (m/s)	연평균	7.4	7.5	7.2	7.7	7.5	7.6	7.5
	순간최대	34.0	35.6	31.7	36.8	29.6	35.9	33.9

표 1-1-3. 최근 6년간 하계 (12-2월) 세종기지에서 관측된 일사량, 강수량, 블리자드

요소 \ 기간	'14.12~'15.02	'15.12~'16.02	'16.12~'17.02	'17.12~'18.02	'18.12~'19.02	'19.12~'20.02	Average
전천일사량 합계 (MJ/m ²)	1204.2	1261.3	1296.4	1036.8	1186.7	120.0	1202.5 ^{주)}
강수량 합계 (mm)	104.0	72.9	127.6	87.2	92.8	74.8	93.2 ^{주)}
블리자드 합계 (횟수/지속시간)	0회	5회/26.3시간	0회	0회	0회	0회	0.8회/4.3시간

주) 하계기간 평균 전천일사량은 5년치 평균임

였고 제시된 6년 중에서는 2018년이 평균기온 -1.4℃로 가장 따뜻하였다. 최저기온의 경우 2018년 이전에는 약 -20℃ 수준을 보였으나 2019년은 -17℃ 수준으로 다소 따뜻하였다.

평균풍속의 경우 연도별 값은 7.2에서 7.7 m/s 수준을 기록하여 6개년 평균 7.5 m/s이었으며 이는 세종기지의 연평균 풍속 8.0 m/s에 비해서는 약 6% 정도 약한 수준이다. 2019년은 6개 연도 중 2017년에 이어 평균풍속이 두 번째로 강했으며 순간 최대풍속 또한 35.9 m/s로 2017년의 36.8 m/s에 이어 두 번째로 높은 값을 기록하였다.

한편 펭귄마을에서 측정되는 기상요소에 더해 펭귄 생태와 관련되는 기상환경을 보다 폭넓게 보기 위해 하계기간(12월, 1월, 2월) 세종기지에서 관측된 강수량, 전천일사량, 블리자드를 살펴보았다 (표 1-1-3).

우선 2019년 12월부터 2020년 2월까지 하계의 일사량은 536.7 MJ/m²을 보여 앞선 5개 하계의 전천일사량 평균치 490.4 MJ/m²에 비해 약 10% 높은 수준을 보였다. 강수량의 경우는 연도별 변동성이 큰 데 2019/20 하계의 경우 26.6 mm를 기록해 앞선 5개 하계 평균 27.7 mm와 거의 같은 강수량을 보여주었다. 하계 기간 블리자드는 2015/16 하계에 5회 발생을 제외하고는 2019/20 하계를 포함해 다른 해의 하계에는 발생하지 않았다.

2. 해양환경 모니터링

가. 원격탐사자료 분석

(1) 인공위성 원격탐사 자료

해색 (ocean color) 위성자료는 태양빛이 해수로부터 수출되는 빛 (water leaving radiance)의 특성을 활용하여 해수 중에 포함된 식물플랑크톤의 양을 나타내는 추정값이다. 추정값을 구하기 위하여 가시광선 범위에 나타나는 식물플랑크톤의 엽록소 a의 특성을 이용한다.

NASA (National Aeronautics and Space Administration)에서 운용중인 AQUA 위성에 탑재된 MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) 센서는 MODIS/AQUA와 MODIS/TERRA로 구성되어 있다. 2002년 발사된 AQUA 위성은 TERRA 위성의 후속 위성으로서 지구환경시스템의 변화에 영향을 미치는 해양, 대기 및 지구표면 상호작용의 이해와 원인 규명을 위한 관측을 목적으로 한다. MODIS 센서는 36개 채널에서 250 m, 500 m, 1 km 해상도로 관측을 수행하여 한번에 여러 정보를 복합적으로 얻을 수 있으며, 주요 특징은 해색에 대한 자료를 수집하는 것이다 (표 1-1-4). 본 연구에서는 MODIS 센서에서 관측된 엽록소-a (chl-a)를 사용하여 월별 변화를 분석하였고, 식물플랑크톤의 월 변화 특성과 주변 해양환경의 물리적 특성 분석을 위하여, MODIS 센서에서 관측한 해수온 (SST, sea surface temperature)자료도 함께 분석하였다.

- MODIS chl-a : 공간해상력 1 km의 Level 2 자료를 이용하여, 2019년 12월 1일부터 2020년 1월 31일까지의 월 평균 및 전체평균을 계산하였다. 자료의 공간 범위는 남위 62~62.75, 서경 58~59.5까지로 세종기지가 위치한 킹조지섬의 남서부분을 포함한다.
- MODIS SST : MODIS chl-a와 동일한 시공간 자료와 해수온의 품질수준 값을 적용하여 월 평균, 전체평균 및 연구해역의 특성을 분석하였다.
- 자료처리 : NASA Eearthdata에서 통합관리하고 있는 해색웹사이트 (Ocean Color Web)로부터 연구해역의 Level 2 자료를 다운로드 받고, MATLAB을 이용하여 Level 2 자료를 월별로 모자이크한 후, 월별 자료로부터 월평균과 표준편차 등 통계값을 계산하였다. 해당 연구해역은 고위도권으로 MODIS/AQUA 자료가 적도를 기준으로 하루에 1번 관측되는 특성과는 달리 일평균 약 3개의 영상이 수신된다. 수신된 각 영상은 연구해역의 매우 일부분만 값을 가지기 때문에 모자이크하여 식물플랑크톤 분포를 연구해역의 빈 부분을 채울 수 있다. 이와 같은 방법으로 Level 2 자료를 월평균 자료로 합성하여 처리하였다.

표 1-1-4. MODIS 센서 밴드별 속성

종류	밴드	밴드폭(nm)	공간해상도(m)
육상/구름/에어로졸 경계	1	620 - 670	250
	2	841 - 876	250
	3	459 - 479	500
육상/구름/에어로졸 속성	4	545 - 565	500
	5	1230 - 1250	500
	6	1628 - 1652	500
	7	2105 - 2155	500
해색/식물플랑크톤 /생지화학	8	405 - 420	1000
	9	438 - 448	1000
	10	483 - 493	1000
	11	526 - 536	1000
	12	546 - 556	1000
	13	662 - 672	1000
	14	673 - 683	1000
	15	743 - 753	1000
	16	862 - 877	1000
	대기 수증기	17	890 - 920
18		931 - 941	1000
19		915 - 965	1000
지표/구름 온도	20	3.660 - 3.840	1000
	21	3.929 - 3.989	1000
	22	3.929 - 3.989	1000
	23	4.020 - 4.080	1000
대기 온도	24	4.433 - 4.498	1000
	25	4.482 - 4.549	1000
권운(Cirrus Clouds) 수증기	26	1.360 - 1.390	1000
	27	6.535 - 6.895	1000
	28	7.175 - 7.475	1000
구름 속성	29	8.400 - 8.700	1000
오존	30	9.580 - 9.880	1000
지표/구름 온도	31	10.780 - 11.280	1000
	32	11.770 - 12.270	1000
구름 고도	33	13.185 - 13.485	1000
	34	13.485 - 13.785	1000
	35	13.785 - 14.085	1000
	36	14.085 - 14.385	1000

(2) 해색 분포 특성

- 2019년 12월에서 2020년 1월 사이의 식물플랑크톤 분포특성

2019년 12월에서 2020년 1월 사이 연구해역에는 총 183장의 Level 2 영상이 존재한다. 이 영상을 MATLAB을 이용하여 월별로 모자이크를 하여 식물플랑크톤의 분포를 나타내었다. 2019년 12월의 연구해역은 총 Level 2 97장의 영상이 존재하였다. 월단위로 분석한 결과, 12월은 평균값 $0.46 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$, 중앙값 $0.31 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$, 표준편차 $2.9 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ 최대값 $238.95 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$, 최소값 $0.03 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ 의 통계값을 보였다. 2020년 1월의 Level 2 자료는 총 86개가 획득되었으며, 평균값 $0.38 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$, 중앙값 $0.32 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$, 표준편차 $0.55 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$, 최대값 $36.59 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$, 최소값 $0.06 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ 의 통계값을 가진다. 2019년 12월부터 2020년 1월까지 두 달간의 전체 평균값은 $0.43 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$, 중앙값 $0.35 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$, 표준편차 $2.15 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$, 최대값 $238.95 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$, 최소값 $0.03 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ 의 통계값을 나타내었다.

2020년 1월의 경우 2019년 12월 보다 평균값이 $0.08 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ 낮았으며, 표준편차도 $2.45 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ 낮게 나타났다. 표준편차가 낮은 이유로는 자료의 공간변화가 12월에 비해 적기 때문이다. 2019년 12월의 경우 그림 1-1-13과 같이 킹조지섬 남쪽 원양지역 대부분 높은 식물플랑크톤 분포가 관측되었으나, 2020년 1월의 경우는 그림 1-1-14와 같이 킹조지섬 주변에서 부분적으로 높은 식물플랑크톤 농도가 관측되고 먼 바다의 경우에는 낮은 식물플랑크톤 분포가 관측되었으며, 전체적으로 2019년 12월에 비해서 낮은 농도값을 보여주고 있다. 그러므로 식물플랑크톤의 공간변화는 시간에 따라 크게 바뀌며, 이 분포는 식물플랑크톤을 기본 먹이로 하는 해양생태계의 시공간 변화에도 영향을 줄 수 있을 것으로 판단된다.

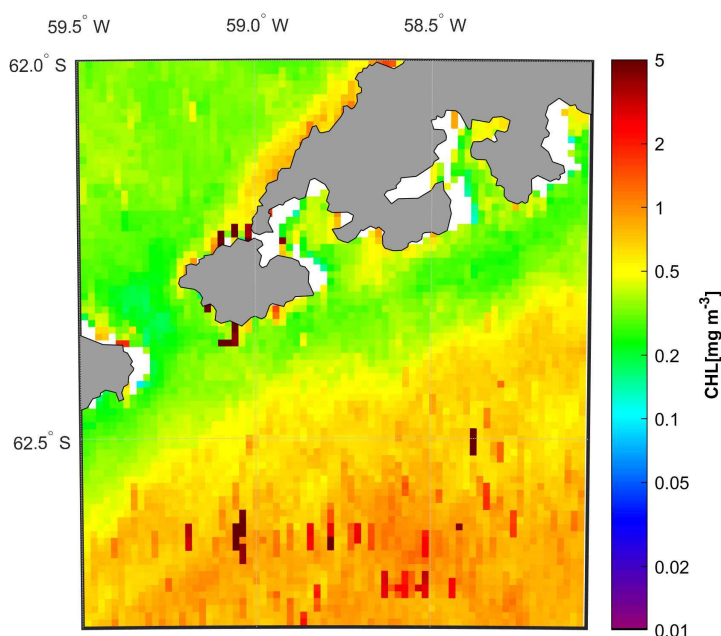


그림 1-1-13. 2019년 12월 평균 식물플랑크톤 분포 (MODIS/AQUA)

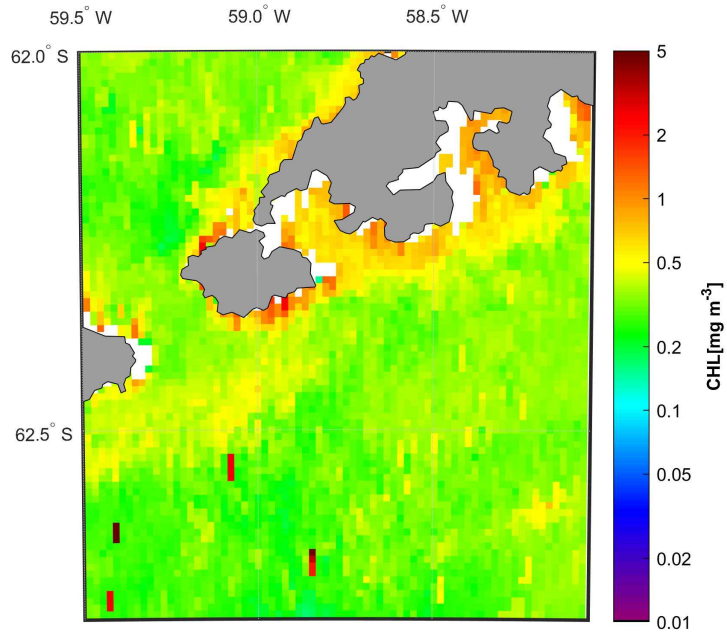


그림 1-1-14. 2020년 1월 평균 식물플랑크톤 농도분포 (MODIS/AQUA)

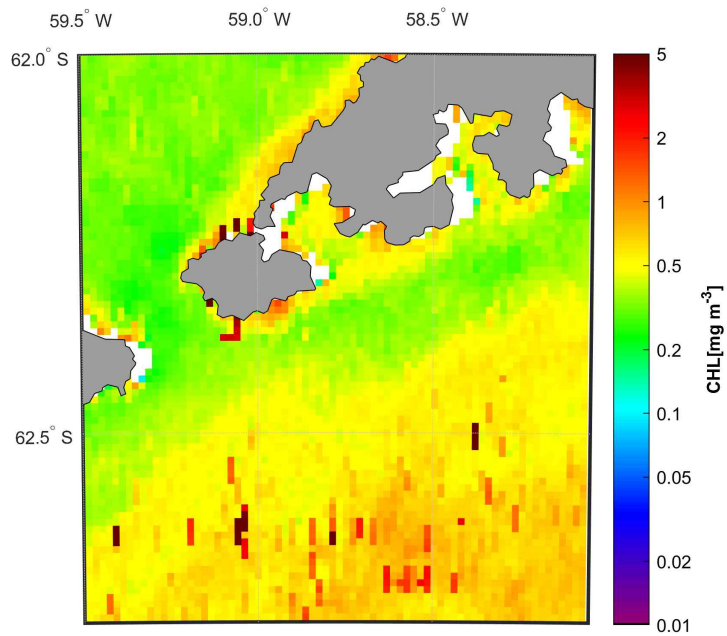
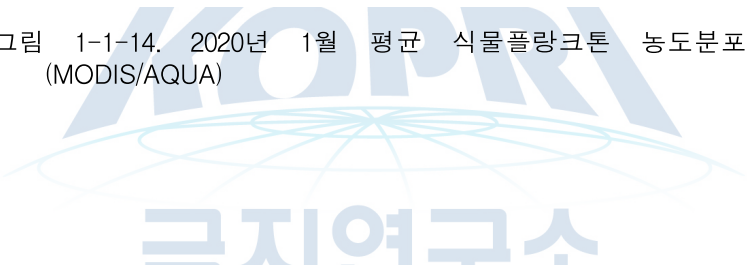


그림 1-1-15. 2019년 12월부터 2020년 1월까지의 평균 식물플랑크톤 분포 (MODIS/AQUA)

- 2014년에서 2020년까지의 12월과 1월별 식물플랑크톤 분포변화

해양환경 모니터링을 시작한 2014년부터 2020년까지의 월별 평균 식물플랑크톤 분포변화를 알아보기 위하여 각 연도별 12월과 1월을 분리하여 통계분석을 하였다. 먼저 2014년부터 2019년까지 12월 평균 식물플랑크톤 분포와 2015년부터 2020년까지 1월 평균 식물플랑크톤 분포는 그림 1-1-16 ~ 1-1-21, 그림 1-1-22 ~ 1-1-27로 나타난다. 2019년 12월 평균 식물플랑크톤 농도에서 2018년 12월 식물플랑크톤 농도를 뺀 값과 2020년 1월 평균 농도와 2019년 1월 평균 식물플랑크톤 농도의 차이를 표 1-1-5와 표 1-1-6로 정리하였다. 2014년 12월부터 2016년까지 12월의 식물플랑크톤은 평균적으로 증가하는 경향을 보였으며 2017년 12월로 접어들면서 다시 감소하는 형태를 보였다. 2015년 1월에서 2016년 1월의 식물플랑크톤 농도가 증가하였다가 2018년 1월까지 식물플랑크톤의 농도가 점차 감소하고 있다. 그림 1-1-28과 그림 1-1-29에서 나타난 것처럼 12월의 식물플랑크톤 농도는 주로 먼 바다에서 크게 증가하는 모습을 보였으며, 1월은 연안에서는 증가하였으나 먼 바다에서는 감소하는 경향을 보이고 있다.

표 1-1-5. 2014년에서 2019년까지 12월의 식물플랑크톤 통계 (단위 : $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$)

연도	월	평균값	중앙값	표준편차	최대값	최소값
2014	12	0.28	0.24	1.35	113.86	0.05
2015년과 2014년의 차		0.16	0.16	-0.94	-70.76	0
2015	12	0.44	0.40	0.41	33.10	0.05
2016년과 2015년의 차		0.32	0.15	2.47	172.98	-23.27
2016	12	0.75	0.56	2.46	173.76	0.08
2017년과 2016년의 차		-0.24	-0.14	-1.27	-110.00	0
2017	12	0.51	0.42	1.19	63.76	0.08
2018년과 2017년의 차		-0.19	-0.11	-1.03	-52.91	-0.013
2018	12	0.32	0.31	0.16	10.85	0.067
2019년과 2018년의 차		0.14	0	2.74	228.1	-0.037
2019	12	0.46	0.31	2.9	238.95	0.03

표 1-1-6. 2015년에서 2020년까지 1월의 식물플랑크톤 통계 (단위 : $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$)

연도	월	평균값	중앙값	표준편차	최대값	최소값
2015	1	0.36	0.34	0.26	10.27	0.01
2016년과 2015년의 차		0.91	0.27	3.53	104.9	0.07
2016	1	1.27	0.61	3.79	115.17	0.08
2017년과 2016년의 차		-0.81	-0.27	4.14	86.46	-114.88
2017	1	0.46	0.40	1.72	87.95	0.07
2018년과 2017년의 차		-0.08	-0.07	-1.24	-49.22	-0.04
2018	1	0.38	0.33	0.48	38.73	0.03
2019년과 2018년의 차		0.25	0.072	1.79	105.02	0
2019	1	0.63	0.402	2.27	143.75	0.03
2020년과 2019년의 차		-0.25	-0.082	-1.72	-107.16	0.03
2020	1	0.38	0.32	0.55	36.59	0.06

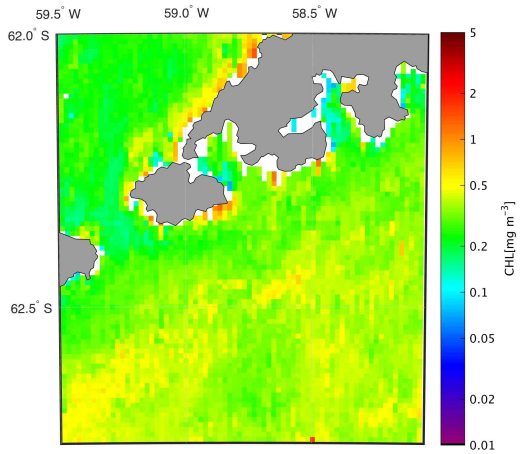


그림 1-1-16. 2014년 12월 평균 식물플랑크톤 분포 (MODIS/AQUA)

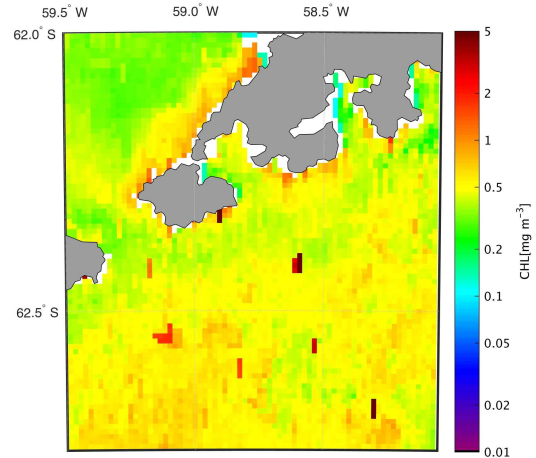


그림 1-1-17. 2015년 12월 평균 식물플랑크톤 분포 (MODIS/AQUA)

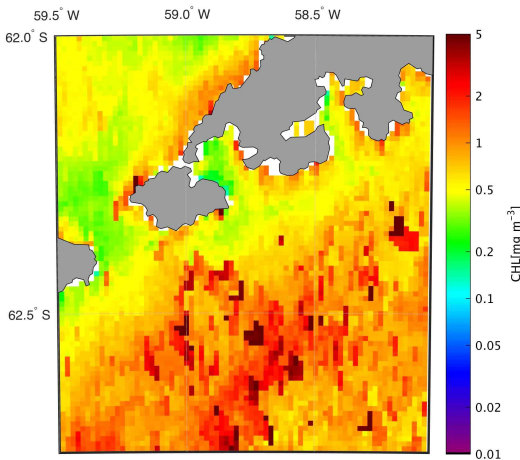


그림 1-1-18. 2016년 12월 평균 식물플랑크톤 분포 (MODIS/AQUA)

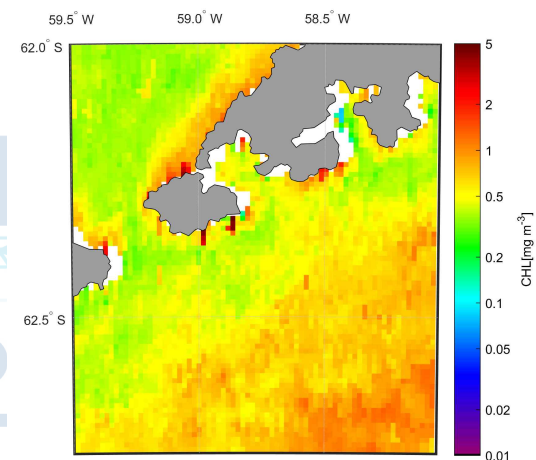


그림 1-1-19. 2017년 12월 평균 식물플랑크톤 분포 (MODIS/AQUA)

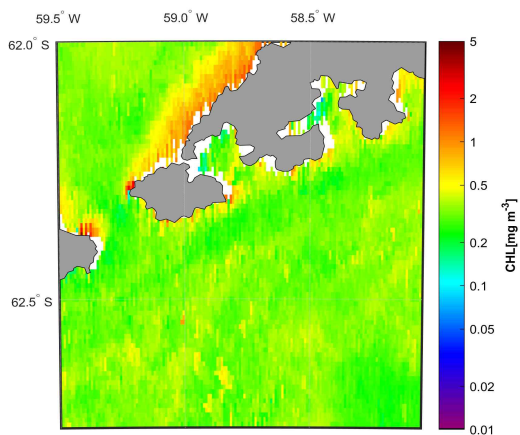


그림 1-1-20. 2018년 12월 평균 식물플랑크톤 분포 (MODIS/AQUA)

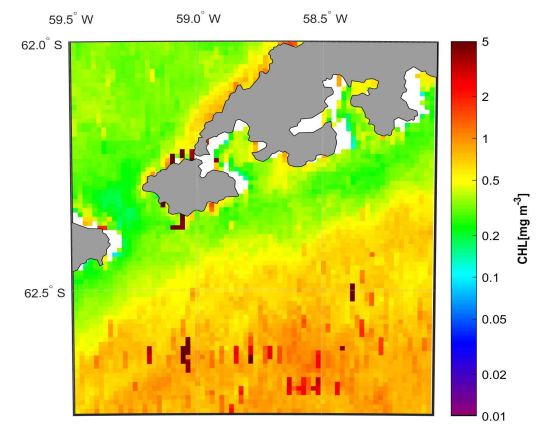


그림 1-1-21. 2019년 12월 평균 식물플랑크톤 분포 (MODIS/AQUA)

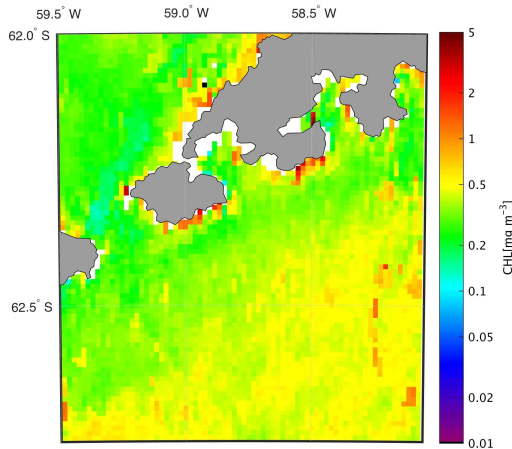


그림 1-1-22. 2015년 1월 평균 식물플랑크톤 분포 (MODIS/AQUA)

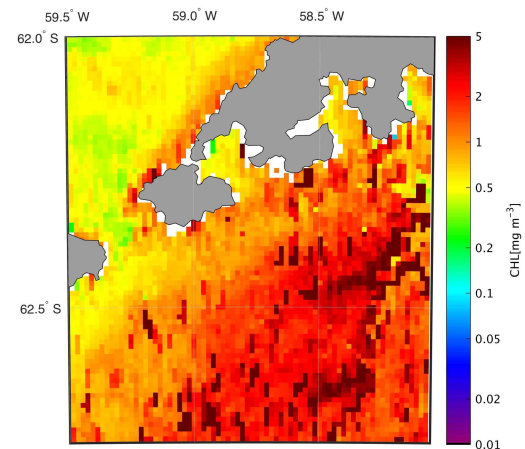


그림 1-1-23. 2016년 1월 평균 식물플랑크톤 분포 (MODIS/AQUA)

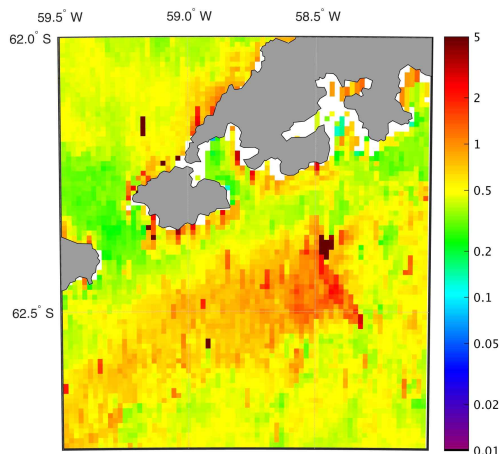


그림 1-1-24. 2017년 1월 평균 식물플랑크톤 분포 (MODIS/AQUA)

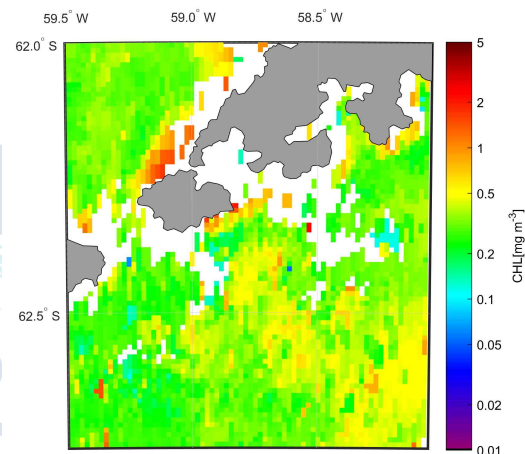


그림 1-1-25. 2018년 1월 평균 식물플랑크톤 분포 (MODIS/AQUA)

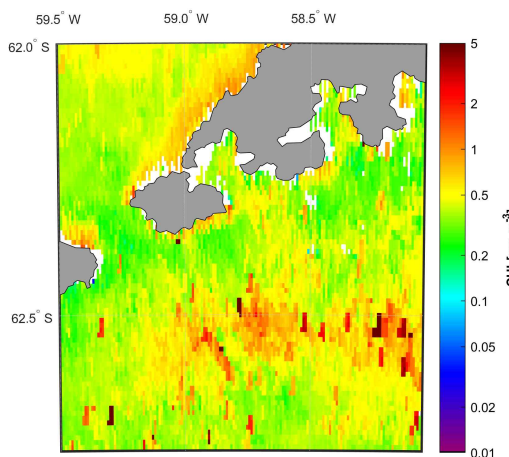


그림 1-1-26. 2019년 1월 평균 식물플랑크톤 분포 (MODIS/AQUA)

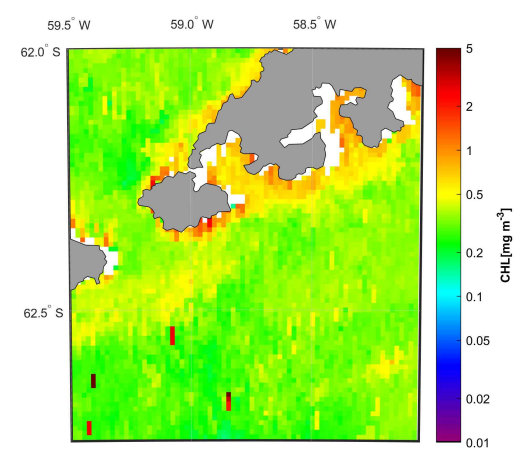


그림 1-1-27. 2020년 1월 평균 식물플랑크톤 분포 (MODIS/AQUA)

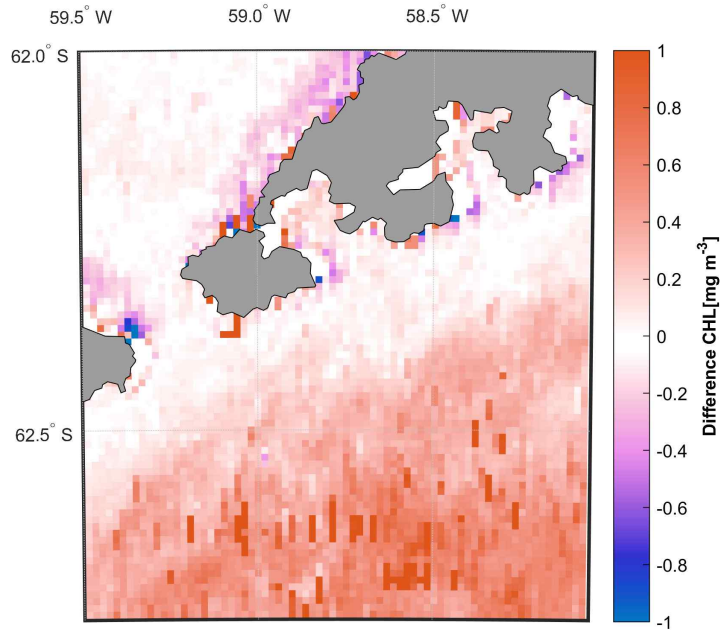


그림 1-1-28. 2018-19년 12월 식물플랑크톤 농도 차이

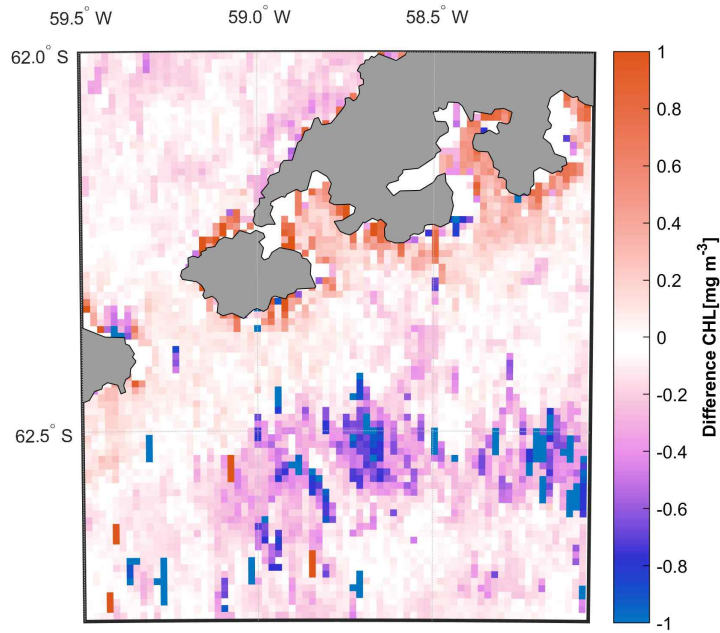


그림 1-1-29. 2019-20년 1월 식물플랑크톤 농도 차이

(3) 해수온 분포 특성

- 2019년 12월에서 2020년 1월 사이의 해수온 분포특성

시간변화에 따른 식물플랑크톤의 분포특성은 해수온 변화와 관련이 있다. 해수온 분포특성 연구를 위해 식물플랑크톤과 같은 시공간의 자료를 이용하였다. 2019년 12월에서 2020년 1월 사이 연구해역에는 총 Level 2 170개의 영상이 존재하였다. MATLAB을 이용하여 월별로 모자이크하여 해수온 자료의 분포를 나타내었다. 2019년 12월부터 2020년 1월까지의 해수온 자료를 살펴보면, 2020년 1월에는 해수온 값이 킹조지섬 주변 해안가를 따라서 비어있는 부분이 많았다. 그 이유는 해수온 자료의 품질수준 값을 적용하였기 때문이다. 해수온 자료가 없는 경우는 해수온 자료의 품질이 낮게 나타난 지역이며, 일반적으로 위성영상에 구름이 존재하거나 기상상황이 좋지 않은 경우이다. 이와 같은 경우를 판단하기 위하여 MODIS/AUQA Level 2 해수온 자료에는 각 지리적인 위치마다 해수온 값뿐만 아니라 해수온의 품질수준을 나타내는 값이 동반된다. 해수온의 품질수준은 0부터 4까지 값을 가지고 있으며, 0이 가장 좋은 품질, 4가 가장 좋지 않은 품질을 의미한다. 해수온을 나타낼 때 품질수준이 낮은 자료를 사용하면 더 넓은 영역의 자료를 확보할 수 있지만, 보다 신뢰할 수 있는 자료를 나타내기 위하여 0에서 2까지의 품질수준 값을 가진 자료만 사용하여 영상을 나타내었다. 그림 1-1-30과 그림 1-1-31는 각각 2019년 12월과 2020년 1월의 해수온 품질수준을 0-2의 값을 이용하여 나타낸 것이다.

2019년 12월은 총 91개의 자료를 이용하여 통계값을 계산하였다. 해수온의 평균은 1.09°C, 중앙값 1.07°C, 표준편차 0.75°C, 최소값 -1.27°C, 최대값 4.6°C를 나타내었다. 2020년 1월의 경우 평균이 1.75°C, 중앙값 1.81°C, 표준편차 0.55°C, 최소값 -1.33°C, 최대값 5.21°C를 나타내었다.

2019년 12월의 해수온과 2020년 1월을 비교하여 보면 넬슨섬 남쪽해역의 해수온이 약 1.5°C에서 약 2°C로 상승하였으며, 먼 바다의 경우 4°C 이상으로 높은 차이를 보여주고 있다. 전체평균 해수온은 2019년 12월에 비해 0.69°C 정도 상승하였다(그림 1-1-30, 그림 1-1-31). 해수온의 분포특성과 다른 기후 인자를 함께 분석하면 보다 의미 있는 결과를 도출할 수 있을 것이다.

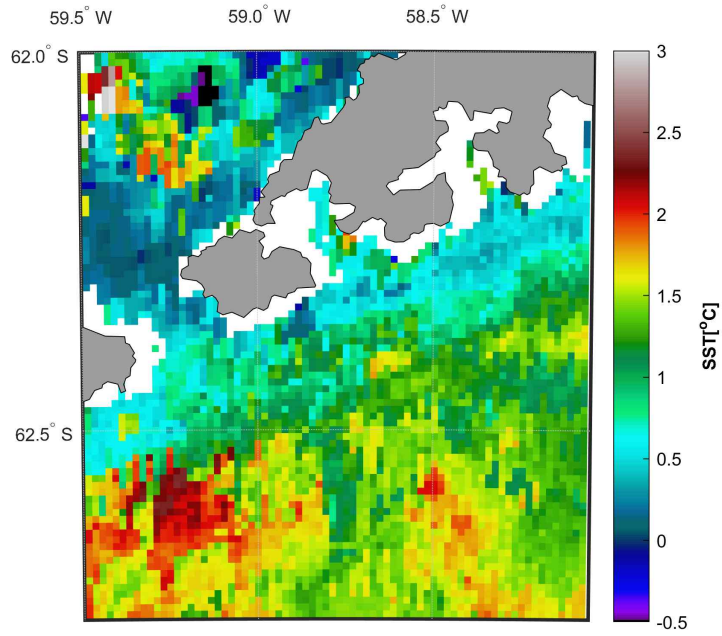


그림 1-1-30. 2019년 12월 평균 해수온 분포, Quality value 0-2 (MODIS/AQUA)

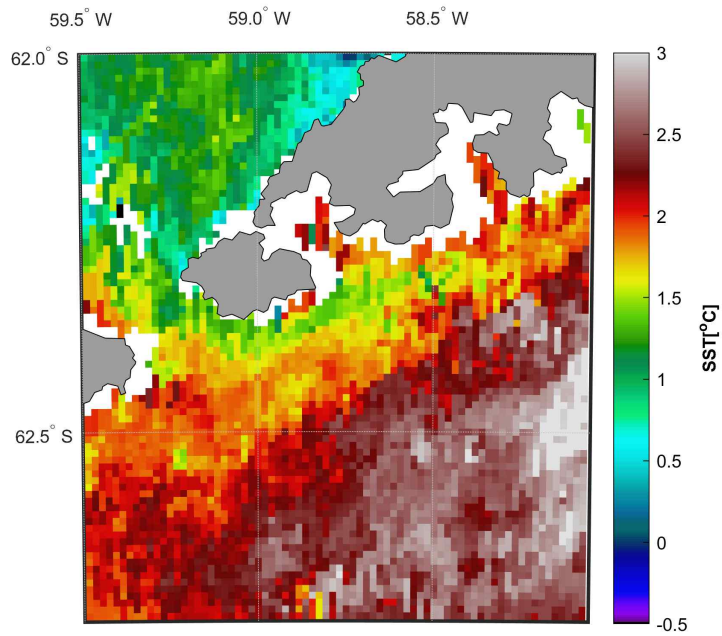


그림 1-1-31. 2020년 1월 평균 해수온 분포, Quality value 0-2 (MODIS/AQUA)



제 2 절 동물상 모니터링

1. 조사 내용 및 방법

가. 펭귄 번식집단 모니터링

펭귄마을에서 서식하는 젠투펭귄 (*Pygoscelis papua*)과 턱끈펭귄 (*P. antarctica*)의 번식집단 모니터링은 CCAMLR (Commission for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources, 2004)의 해양생물 조사 지침서 Standard Method A3A (v4)를 기준으로 수행되었으며, 현장 조사 세부사항은 기존 환경부의 기초조사 (환경부 2007) 및 1차, 2차, 3차 모니터링 (환경부 2011, 2012, 2013, 2014)의 방법을 따라서 수행되었다.

펭귄 번식소집단의 분포를 파악하기 위하여 휴대용 GPS 기기 (Oregon® 550, Garmin)를 이용하여 위치 및 경계를 기록하였으며, 다각형으로 구별되는 지역들을 각각의 소집단으로 식별하였다.

각 소집단에서 번식하는 펭귄 종 별 등지 수는 2019년 12월 3일과 2019년 12월 6일 수행된 전체 등지 수 모니터링 결과를 반영하였다. 대규모 번식소집단의 크기를 파악하기 위해서는 3회 이상의 반복 계수를 수행하였으며, 10% 이상의 오차가 있을 경우 추가 반복 조사를 실시하거나 이상값 (outlier)을 제외하여 번식 집단의 크기를 추정하였다 (CCAMLR 2004).

펭귄 번식집단 모니터링 과정에서 포란 혹은 육추가 간섭받지 않도록 불필요한 접근을 최대한 배제하였다.

나. 펭귄류의 번식지표 및 번식일정 모니터링

번식지표 (한배산란수, 부화율, 이소율)는 향후 개체군의 증감 추세를 예측할 수 있는 중요한 지표로서, 펭귄류의 번식지표 2가지는 CCAMLR의 표준조사법 Standard Method A3A (v4) 지침 및 기존의 1차, 2차, 3차, 4차 모니터링 (환경부 2011, 2012, 2013)의 세부사항을 따라 아래와 같이 산출되었다.

- 한배산란수: 등지 당 산란된 알의 수 (펭귄 종당 400개 등지 이상)
- 등지당 이소새끼수: 보육원에 가입한 새끼의 수/등지수

한배산란수, 등지당 이소 새끼수 외에도 펭귄마을에서 번식하는 펭귄류의 평균 부화일을 추정하였다. 펭귄마을에서 번식하는 젠투펭귄과 턱끈펭귄의 부화일을 추

정하기 위해서 약 5일 간격으로 펭귄 번식지를 방문하여 각 소집단에서 약 300여 동지를 무작위로 선정된 동지의 부화 여부를 기록하였다. 이렇게 수집된 부화/미부화 자료를 토대로 로지스틱회귀분석을 통해 전체 집단의 50% 이상이 부화한 날을 집단의 평균부화일로 추정하였다. 펭귄 산란시기에 대한 기상환경의 영향을 파악하기 위해, 세종기지에서 측정한 기상자료를 이용하여 2012/13년부터 2019/20년까지의 산란기 (10월-11월) 기상환경 요인 (온도, 강수량 등)과 젠투펭귄 및 턱끈펭귄의 부화일을 비교하였다.

다. 기타 번식 조류의 동지 분포 및 번식 현황

펭귄마을에는 펭귄류 외에 갈색도둑갈매기 (*Stercorarius antarcticus*), 남극도둑갈매기 (*S. maccormicki*), 남방큰풀마갈매기 (*Macronectes giganteus*), 남방큰채갈매기 (*Larus dominicanus*), 남극제비갈매기 (*Sterna vittata*), 칼집부리물떼새 (*Chionis albus*), 율슨바다제비 (*Oceanites oceanicus*), 검은배바다제비 (*Fregetta tropica*) 등 7종의 조류가 번식하는 것으로 보고되었다. 펭귄마을에서 번식하는 주요 종을 파악하기 위해서 조사지역을 방문하여 번식 중인 조류의 동지를 확인하고, GPS 좌표를 기록하였으며, 한배산란수 및 새끼 수 등을 기록하였다.

라. 동물상 조사

펭귄마을의 동물상을 모니터링하기 위해 약 7-10일 간격으로 반복조사를 수행하였다. 펭귄마을에서 집단으로 번식하는 젠투펭귄과 턱끈펭귄을 제외한 기타 조류 및 기각류를 대상으로, 도보로 이동하며 쌍안경 (8×21, 10×25)과 육안을 통해 관찰된 조류와 기각류의 종과 개체수를 조사일 별로 기록하였다. 또한 정기 조사 외에 관찰된 종을 포함하여 전체 출현종 목록을 작성하였다.

마. 펭귄마을 인접지역의 동물상 및 번식 조류 현황 조사

펭귄마을을 제외한 바톤반도 지역의 동물상 및 조류 번식 현황을 파악하기 위해 약 7-10일 간격으로 반복조사를 수행하였다. 조사는 조류 및 기각류를 대상으로 하였으며, 도보로 이동하며 쌍안경 (8×21, 10×25)과 육안을 통해 관찰한 조류와 기각류의 종과 개체수를 조사일 별로 기록하였다. 번식 동지 발견 시 GPS 장비를 이용하여 좌표를 기록하였으며, 한배산란수를 기록하였다.

바. 펭귄류 개체식별용 PIT 부착 및 회귀율 분석

개체군의 변동은 이입, 이출, 출생, 사망의 4가지 요소에 의해 발생하므로, 보호구역 내 번식지의 펭귄 개체수 변동과 그 원인을 정확히 추정하기 위해 펭귄의 개체 인식 수단으로 PIT tag를 사용하였다 (그림 1-2-1).

ASPA No. 171 보호구역의 펭귄 번식지에서 2012/13년부터 젠투펭귄과 턱끈펭귄 소규모 번식 소집단을 대상으로 PIT tag를 삽입하였다. 본 연구에서는 기존 PIT tag가 삽입된 번식소집단에서 tag 확인 조사를 실시하는 방법으로 관련 정보를 기록하였다. 젠투펭귄의 경우 포획 및 PIT tag 삽입 수가 적기 때문에, 2013/14년부터 2019/20년까지 7년 동안 지속적인 tag 삽입과 재발견 기록이 이루어진 턱끈펭귄 성조만을 대상으로 회귀율을 파악하였다. 분석은 포획-재포획 방법에 기반한 Cormack-Jolly-Seber (CJS) 모델을 이용하였다. CJS 모델은 불특정한 이입/이출이 발생하는 개방 개체군 (open population)에서 개체군 내의 표지 개체를 이용해 개체군의 생존율 (survival probability)과 관찰률 (encounter probability), 그리고 회귀율 (return rate)을 추정할 때 널리 사용되는 방법이다 (Pledger et al. 2003; Cooch and White, 2018).



그림 1-2-1. PIT tag를 부착하는 모습(좌), PIT 인식기를 이용해 포획 개체의 tag 정보를 확인하는 모습(우)

2. 조사 결과

가. 펭귄마을의 펭귄류 동지 수 및 분포

펭귄마을에서 번식하는 펭귄류는 젠투펭귄, 턱끈펭귄 두 종류로, 해안의 곳 지형을 중심으로 집단 번식지를 형성하고 있다. 턱끈펭귄의 경우 해안의 암석지대부터 내륙쪽으로 길게 분포하고 있으며, 젠투펭귄의 번식소집단은 내륙에 넓게 퍼져 분포한다 (그림 1-2-2). 종별 번식소집단의 동지 수는 턱끈펭귄이 평균 138.41 ± 278.11 동지, 최대 1,160동지이며, 젠투펭귄은 평균 96.32 ± 116.68 동지, 최대 431동지로, 턱끈펭귄이 젠투펭귄에 비해 큰 규모의 번식소집단을 형성하고 있다 (표 1-2-1, 표 1-2-2).

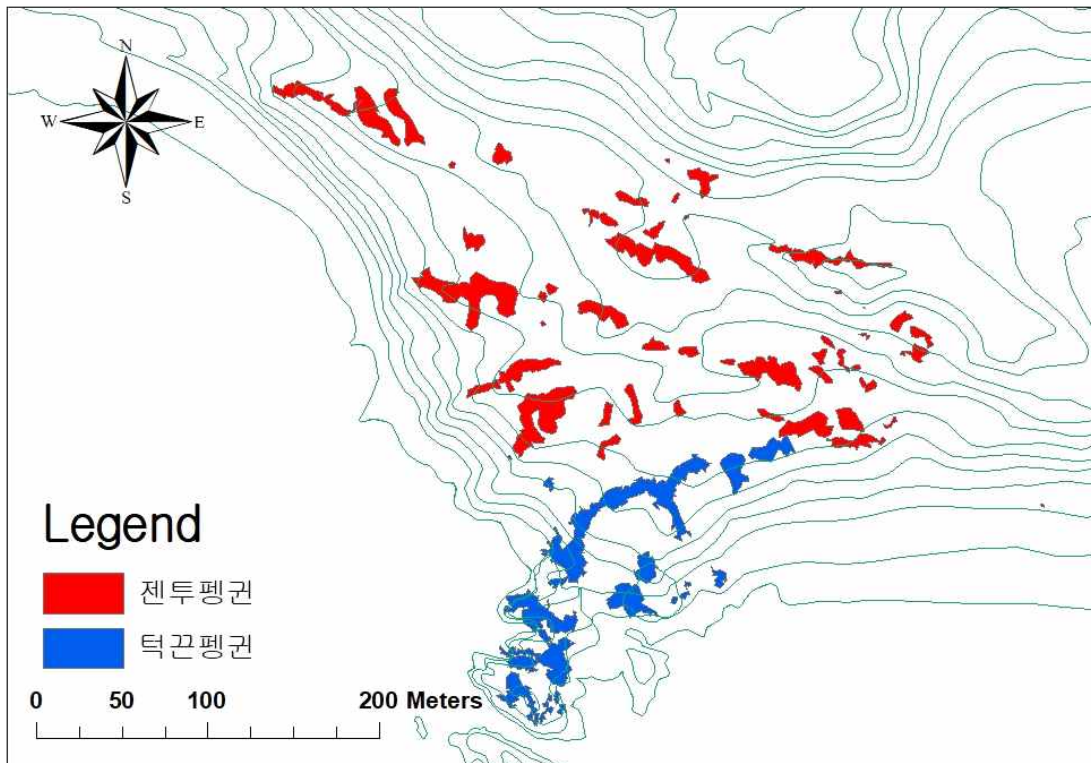


그림 1-2-2. 2019/2020년 펭귄마을 내부의 동서성 펭귄류 2종의 번식소집단 위치

표 1-2-1. 펭귄마을에 분포하는 턱끈펭귄 번식소집단의 규모

번식소집단 구분	동지수	총 새끼수
C1	1160	721
C2	283	511
C3	238	356
C4	155	189
C5	181	161
C6	86	91
C7	10	12
C8	6	5
C9	14	15
C10	88	138
C11	90	140
C12	19	30
C13	4	5
CI	1	0
G17	2	1
G20	11	24
G22	5	
총 계	2353	2399

표 1-2-2. 펭귄마을에 분포하는 젠투펭귄 번식소집단의 규모

번식소집단 구분	등지수	총 새끼수
G0	2	0
G1	431	482
G2	28	8
G3	42	16
G4	410	603
G5	69	102
G6	231	319
G7	35	49
G8	197	212
G9	0	0
G10	0	0
G11	55	80
G12	65	109
G13	163	182
G14	23	0
G15	79	101
G16-1	110	241
G16-2	52	
G17	190	246
G18	37	22
G19	14	23
G20	60	86
G21	84	
G22	11	114
C10	2	
C11	16	
GS	2	0
총 계	2408	2995

2019/2020년 펭귄류 번식 등지수는 턱끈펭귄 2,353등지, 젠투펭귄 2,408등지로 확인되었다. 과거 조사결과와 비교했을 때, 턱끈펭귄의 번식 등지수는 작년 2018/2019년과는 비슷하지만, 2013/2014년부터 번식 등지수가 지속적으로 감소하는 경향이 나타났다. 젠투펭귄의 경우, 작년 2018/2019년도 대비 184쌍이 증가하였으며, 2009/2010년 번식 등지수가 급증한 이후로 약간의 증감은 있으나 일정하게 유지되고 있는 것으로 확인되었다 (그림 1-2-3).

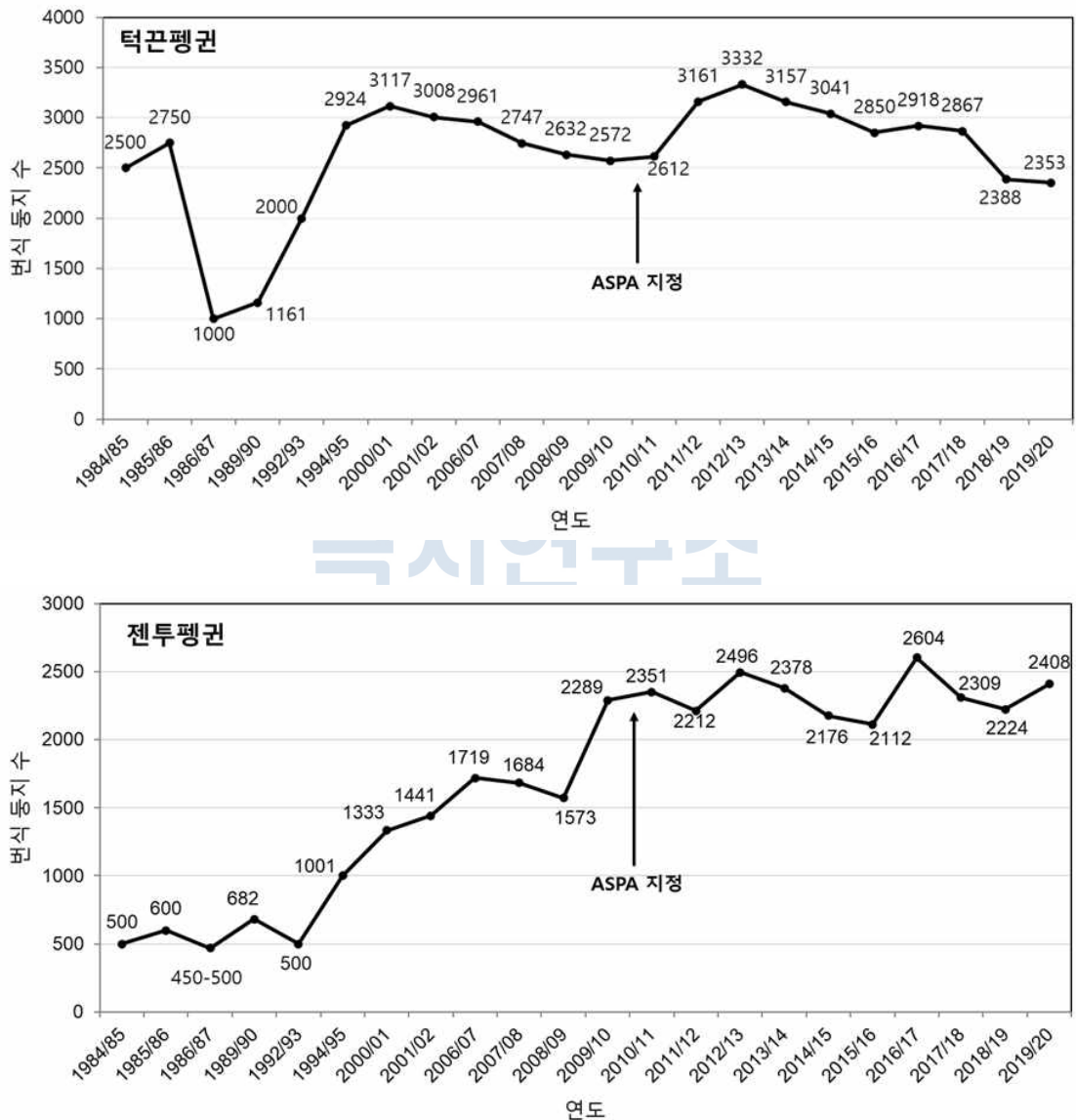


그림 1-2-3. 펭귄마을에서 번식하는 턱끈펭귄 (위)과 젠투펭귄 (아래)의 번식 등지 수 변화

턱끈펭귄의 번식 등지 수는 연도별 조사가 수행된 2006/2007년 이후로 가장 적은 것으로 확인되었으며, 최대 번식 등지 수가 기록된 2012/2013년 (3,332등지)보다 979 등지 (-29.4%)가 감소한 것으로 나타났다. 남극반도에서의 턱끈펭귄 개체군 변화 경향은 집단 번식지 간 차이를 보이나 평균적으로 개체군이 매년 1.1%씩 감소한 것으로 보고되었다 (Lynch et al. 2012). 이러한 개체군 감소의 원인은 남극반도 지역에서 펭귄류의 주요 먹이원인 크릴 (*Euphausia superba*)이 감소하는 현상이 턱끈펭귄의 생존 및 번식에 부정적인 영향을 미친 결과로 추정되고 있으며, 크릴의 감소는 기온 상승으로 인한 해빙 및 식물 플랑크톤의 감소, 고래 및 기각류 증가, 인간의 남획 등과 관련이 있을 것으로 생각되고 있다 (Smith and Stammerjohn 2001, Montes-Hugo et al. 2009, Steig et al. 2009, Trivelpiece et al. 2011). 따라서 펭귄마을의 턱끈펭귄 번식 등지 수의 감소는 남극반도 전반에 걸친 턱끈펭귄 개체군 감소와 관련이 있을 가능성이 있다고 판단된다. 그러나 펭귄마을 내 턱끈펭귄 번식 등지 수가 2000/2001년부터 2009/2010년도까지 감소하다가 2011/2012년에 다시 증가했다는 점에서, 턱끈펭귄 번식 등지 수의 변화는 남극해의 기후변동 등과 같은 환경 변화에 의한 주기적 변동의 일부일 가능성도 있다 (Jenouvrier et al. 2005a, b). 앞으로 펭귄마을 내 턱끈펭귄의 번식 쌍 수의 변화에 대한 지속적인 모니터링이 필요하다고 판단되며, 턱끈펭귄을 포함한 펭귄류 번식 개체군의 변동 파악 및 예측을 위해 기존 번식 개체군의 회귀 및 생존율, 펭귄마을에서 태어난 유조의 보충율 (recruitment rate) 등에 대한 정보를 축적해야 할 것이다. 이를 위해 2012/2013년부터 수행되고 있는 PIT칩을 이용한 개체 표지 및 재발견 조사가 지속적으로 수행될 필요가 있다. 무엇보다 광역적인 규모의 개체군 변동을 파악하기 위해 킹 조지 섬의 번식지 또는 최소한 펭귄마을 주변 지역의 집단 번식지에서 펭귄 개체군 변동을 함께 연구하고 정보를 공유하는 것이 중요하다고 판단된다.

나. 펭귄류의 번식지표 조사

펭귄류의 번식지표 조사 결과, 젠투펭귄의 평균 한배산란수는 1.90개였으며, 2,408개 둥지에서 2,995마리의 새끼가 이소하여 둥지 당 1.24마리가 보육원에 가입한 것으로 나타났다. 턱끈펭귄의 경우 평균 한배산란수는 1.85개이며, 2,353둥지에서 2,399마리가 이소하며 둥지당 이소 새끼수는 1.02마리로 확인되었다 (표 1-2-3).

과거 번식지표 조사결과와 비교하였을 때, 젠투펭귄의 경우, 한배산란수, 총 이소 새끼수, 둥지당 이소새끼수 모두 작년 2018/2019년보다 약간 증가한 것으로 나타났다. 또한 둥지당 이소새끼수가 2012/2013년 1.33마리 다음으로 가장 높았던 것으로 확인되었다. 반면 턱끈펭귄의 경우, 한배산란수는 전년도인 2018/2019년 결과와 유사했으나, 총 이소 새끼수와 둥지당 이소새끼수가 모두 감소하였으며 둥지당 이소 새끼수도 2014/2015년 0.93마리 다음으로 가장 낮았던 것으로 확인되었다 (표 1-2-4).

부화시기의 경우, 젠투펭귄의 평균 부화일은 2019년 12월 13일 (346.44), 턱끈펭귄의 평균 부화일은 2019년 12월 20일 (353.76)이었으며, 젠투펭귄이 턱끈펭귄에 비해 평균적으로 7일 정도 빨리 부화한 것으로 확인되었다. 턱끈펭귄의 평균 부화일은 작년과 함께 8년간의 조사기간 중 부화일이 가장 빨랐던 해로 나타난 반면, 젠투펭귄의 부화시기는 작년보다 약 10일 정도 늦어진 것으로 확인되었다 (표 1-2-4).

표 1-2-3. 펭귄마을에서 번식한 펭귄류의 번식지표 (2019/2020)

항 목	젠투펭귄	산출 기준일	턱끈펭귄	산출 기준일
둥지수(A)	2,408	2019.12.03	2,353	2019.12.06
한배 산란수(B)	1.90±0.30 (n=400)	2019.12.04	1.85±0.36 (n=492)	2019.12.04
총 이소 새끼수(C)	2,995	2020.01.17	2,399	2020.01.24
둥지당 이소 새끼수(C/A)	1.24	2020.01.17	1.02	2020.01.24



그림 1-2-4. 유조를 품고있는 젠투펭귄 (좌)와 턱끈펭귄 (우) 성조

표 1-2-4. 평권마을에서 번식하는 평권류 번식지표의 연도별 변화

증명 항목	2010/11	2011/12	2012/13	2013/14	2014/15	2015/16	2016/17	2017/18	2018/19	2019/20
등지수	2341	2212	2496	2378	2176	2112	2604	2309	2224	2408
한배신란수	1.87±0.34 (n=764)	1.69±0.46 (n=378)	1.76±0.43 (n=484)	1.85±0.36 (n=780)	1.67±0.47 (n=463)	1.72±0.49 (n=1349)	1.84±0.38 (n=1115)	1.89±0.32 (n=708)	1.78±0.41 (n=373)	1.90±0.30 (n=708)
체투 평권	-	-	2012.12.24. (358.35)	2013.12.08. (341.19)	2014.12.18. (351.43)	2015.12.18. (351.86)	2016.11.29. (333.70)	2017.12.17. (350.25)	2018.12.03. (336.81)	2019.12.13 (346.44)
총 새끼수	2796	2939	2556	2876	1679	1703	3210	2642	2730	2995
등지당 이소 새끼수	1.19	1.33	1.02	1.21	0.77	0.81	1.23	1.14	1.23	1.24
등지수	2612	3161	3332	3157	3041	2850	2918	2867	2388	2353
한배신란수	1.93±0.26 (n=150)	1.87±0.34 (n=283)	1.93±0.25 (n=201)	1.92±0.28 (n=1066)	1.76±0.43 (n=514)	1.79±0.47 (n=1274)	1.93±0.28 (n=867)	1.92±0.27 (n=686)	1.88±0.33 (n=474)	1.85±0.36 (n=492)
체투 평권	-	-	2012.12.28. (362.44)	2013.12.23. (356.85)	2014.12.26. (359.63)	2015.12.31. (364.83)	2016.12.21. (355.51)	2017.12.23. (356.21)	2018.12.20. (353.59)	2019.12.20. (350.25)
총 새끼수	3963	4426	4392	4438	2824	3453	4360	3823	3262	2399
등지당 이소 새끼수	1.52	1.40	1.31	1.41	0.93	1.21	1.49	1.33	1.37	1.02

기존 연구에 따르면 Pygoscelid속에 해당하는 펭귄류의 번식시기는 번식초기의 기온 및 적설면적과 관련이 있는 것으로 알려져 있다 (Gwynn 1953, Lynch et al. 2012). 2012/2013년부터 2019/2020년까지 번식 초기인 10월, 11월의 기상요인과 보호구역의 적설량 및 적설면적을 평균부화일과 비교한 결과, 번식 초 강수량이 많고 기온이 낮으며, 1월 말까지 적설량이 많았던 2012/2013년에는 젠투펭귄과 턱끈펭귄의 부화일이 가장 늦었던 것으로 확인되었다. 반면, 10월, 11월 기온이 높고 강수량이 낮으며, 12월 초에 펭귄마을 표지판이 모두 드러난 2016/2017년에는 두 종 모두 부화일이 가장 빨랐던 것으로 나타났다. 이는 기존 연구결과와 마찬가지로 산란 초의 기온 및 강수량에 따른 번식지 적설상황이 펭귄의 번식시기에 영향을 준다는 것을 보여준다 (표 1-2-4, 그림 1-2-4~1-2-6).

2019/2020년의 경우, 10월 평균 기온은 2012/2013년 다음으로 낮았으나, 11월 평균 기온은 2016/2017년 다음 두 번째로 높았으며, 10월, 11월 강수량이 적었던 것으로 나타났다 (그림 1-2-4). 또한 2019/2020년의 펭귄마을의 적설량과 적설면적은 최근 3년간(2016/2017년-2018/2019년)과 동일하게 12월 초부터 펭귄마을 표지판이 드러났으며, 펭귄 번식지역에 눈이 거의 쌓여있지 않았다 (그림 1-2-5, 그림 1-2-6). 따라서 2016/2017년, 2018/2019년과 마찬가지로 턱끈펭귄의 부화가 빨랐던 것은 번식 초의 적은 적설량과 관련이 있을 것으로 생각된다. 반면 작년과 평균부화일이 큰 차이가 없는 턱끈펭귄과 달리, 젠투펭귄의 부화시기는 산란 초 강수량이 많았던 2012/2013, 2015/2016, 2017/2018년보다는 빨랐으나 작년에 비해서는 평균부화일이 10일 늦어진 것으로 나타났다. 젠투펭귄과 턱끈펭귄의 포란기간은 두 종 모두 약 35일 정도인 것으로 알려져 있으며, 중간 포란기간의 차이가 없음에도 젠투펭귄의 평균 부화일이 매년 턱끈펭귄보다 빨랐다는 점에서 젠투펭귄의 도래 및 번식시작시기가 턱끈펭귄보다 빠르며, 턱끈펭귄에 비해 10월의 낮은 기온이 젠투펭귄의 산란시기에 영향을 미쳤을 가능성이 있다고 생각된다. 특히 11월 평균온도와 펭귄마을내 12월 초 적설면적이 비슷한 2016/2017년과 2019/2020년의 경우 턱끈펭귄의 평균부화일은 하루밖에 차이를 보이지 않지만, 10월 기온이 낮은 2019/2020년의 젠투펭귄은 2016/2017년에 비해 14일 늦게 부화한 것으로 확인되었다 (표 1-2-4, 그림 1-2-4, 그림 1-2-6). 따라서 12월, 1월의 적설면적과 적설량으로 도래 및 산란기의 적설상황을 추정하는 것은 한계가 있으며, 종간 연도별 부화시기의 변화 원인을 보다 정확하게 파악하기 위해서는 펭귄마을내 번식초기의 번식 및 적설상황을 모니터링 할 수 있는 방법의 도입이 필요할 것으로 판단된다.

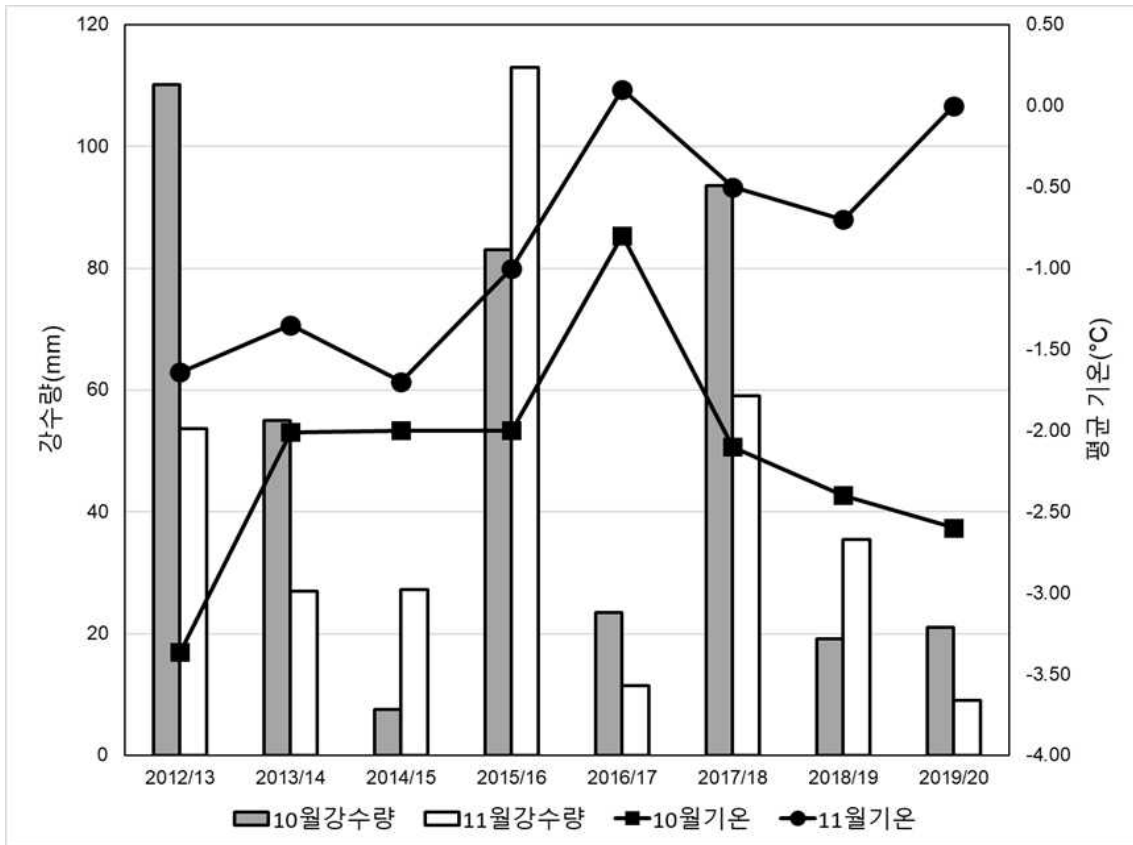


그림 1-2-5. 번식초기 (10-11월) 강수량 및 평균 기온의 연도별 변화

극지연구소



2013년 1월 30일 (2012/2013년)



2014년 1월 03일 (2013/2014)



2015년 1월 12일 (2014/2015)



2015년 12월 09일 (2015/2016)



2016년 12월 2일 (2016/2017)



2017년 12월 2일 (2017/2018)



2018년 12월 4일 (2018/2019)



2019년 12월 2일 (2019/2020)

그림 1-2-6. 남극특별보호구역 표지판 기준 적설량의 연도별 변화



2015년 12월 7일 (2015/2016)



2016년 12월 2일 (2016/2017)



2017년 12월 2일 (2017/2018)



2018년 12월 4일 (2018/2019)



2019년 12월 4일 (2019/2020)

그림 1-2-7. 번식기의 펭귄 집단서식지 내 적설면적 연도별 비교

다. 펭귄마을 내 기타 번식 조류의 등지 분포 및 번식 현황

2019/2020년 펭귄마을 내 쉼터펭귄과 턱끈펭귄을 제외한 기타 조류의 번식 현황을 조사한 결과, 남방큰풀마갈매기, 월슨바다제비, 칼집부리물떼새, 남극도독갈매기, 갈색도독갈매기 5종의 번식을 확인하였다 (표 1-2-5, 그림 1-2-7, 그림 1-2-8).

종별 번식지표를 조사한 결과, 남방큰풀마갈매기는 총 46개 등지에서 1개씩의 알을 산란하였으며, 39개 등지의 새끼가 1월 말까지 생존하였다. 월슨바다제비의 경우, 총 3등지의 위치를 확인하였고, 1개 등지에서 알 1개를 포란하고 있는 것을 확인하였다. 다른 2개 등지는 등지내부 확인이 불가능한 바위틈 사이에 위치하여 번식지표를 파악하지 못하였다. 칼집부리물떼새는 2쌍이 번식하였으며, 절벽에 한 등지에서는 3개의 알 중에서 2마리의 새끼가 부화하여 생존하였으며, 다른 한 등지는 절벽에 위치하여 등지 내부 확인이 불가능하였다. 남극도독갈매기는 총 7쌍이 번식하여 평균 1.29개의 알을 산란하였으며, 1월 말 3개의 등지에서 총 3마리의 새끼의 생존을 확인하였다. 갈색도독갈매기의 경우 2개의 등지에서 각 1개의 알을 산란하였으며, 한 등지는 번식에 실패하고 나머지 등지에서 새끼 1마리가 생존하였다 (표 1-2-5).

표 1-2-5. 2019/2020년 펭귄마을 내에서 번식하는 조류의 종 및 번식 지표

종 명	학 명	등지수	한배 산란수	번식 결과 (유조)	기준일
남방큰풀마갈매기	<i>Macronectes giganteus</i>	46	1.00	39	2020.01.27
월슨바다제비	<i>Oceanites oceanicus</i>	>3	1.00	-	2020.01.18
칼집부리물떼새	<i>Chionis albus</i>	2	3.00	2	2020.01.18
남극도독갈매기	<i>Stercorarius maccormicki</i>	7	1.29±0.49	3	2020.01.27
갈색도독갈매기	<i>Stercorarius antarcticus</i>	2	1.00	1	2020.01.23

연도별 기타 조류의 번식 등지 수를 비교한 결과, 남방큰풀마갈매기의 경우 작년 보다 20등지가 증가하여 2006/2007년부터의 조사결과 중 가장 많은 쌍이 번식한 것으로 확인되었다. 과거 2010/2011년도부터의 등지수 변화를 보았을 때, 2019/2020년 등지 수 증가는 번식 개체 수의 주기적인 증감의 일부분일 것으로 추정된다. 남방큰풀갈매기의 등지 수를 남극도독갈매기의 등지 수와 비교한 결과, 남방큰풀마갈매기의 등지 수 증가는 남극도독갈매기의 번식 쌍이 적었던 2013/2014년 및 2014/2015년, 2018/2019년 및 2019/2020년과 일치하는 것으로 확인되었다 (표 1-2-6). 따라서 남방큰풀마갈매기 번식 개체군의 증가는 남극도독갈매기 감소에 따른 먹이자원(펭귄)에 대한 경쟁 감소로 인한 가능성이 있다고 판단된다. 또한 남방큰풀마갈매기의 번식기간은 평균 1.3년으로 매년 번식이 가능한 개체 중 20-40%가 번식을 하지 않는 것으로 알려져 있으며, 이러한 번식 개체군의 변화는 번식이 가능한 개체들 중에서 번식을 시도한 비율의 변화의 결과일 가능성도 있다고 생각된다.

남극제비갈매기와 남방큰재갈매기의 경우, 2019/2020년 번식이 확인되지 않았으며, 2013/2014년부터는 매우 적은 수의 쌍만 번식을 시도하거나 번식 등지가 관찰되지 않았다. 이는 2010/2011, 2011/2012년 도독갈매기류 번식 쌍 수 증가에 따른 포식압 증가로 인해 펭귄마을 내에서의 번식을 포기하고 다른 지역으로 번식지를 옮겼기 때문으로 판단된다 (표 1-2-6).

남극도독갈매기의 경우, 작년 2018/2019년과 마찬가지로 등지 수와 번식성공률이 낮은 것으로 나타났다 (표 1-2-6). 과거 2012/2013년, 2013/2014년의 번식 쌍 수 감소의 경우 주요 번식지역인 펭귄마을 주변부의 눈이 녹지 않았기 때문으로 추정되었다. 반면 작년과 올해의 경우, 12월 초부터 펭귄마을 주변부의 눈이 대부분 녹은 상황이었으며, 최근의 번식 쌍 수 감소는 2017/2018년까지의 도독갈매기 번식 밀도의 증가로 인해 동족 포식 증가로 인한 번식 포기의 결과일 것으로 생각된다. 갈색도독갈매기의 경우, 작년까지는 등지 수의 약간의 증감만이 확인되었으나, 2019/2020년 조사기간중 가장 적은 번식 쌍수가 확인되었다 (표 1-2-6). 작년 2018/2019년과 올해 번식한 갈색도독갈매기의 가락지 번호를 비교한 결과, 작년에 GPS 추적장치를 부착한 번식 개체 중 GPS 추적장치가 탈락된 1마리만 재관찰되었다. 따라서 올해 갈색도독갈매기 번식 등지 수 감소는 GPS 추적장치 부착 및 이와 관련된 인간의 간섭이 영향을 주었을 가능성도 있다고 판단된다.

표 1-2-6. 팽권마을 내에서 번식하는 조류의 연도별 동지 수 변화

종 명	동지 수										
	2006 /07	2010 /11	2011 /12	2012 /13	2013 /14	2014 /15	2015 /16	2016 /17	2017 /18	2018 /19	2019 /20
남방큰풀마갈매기	9	12	11	15	36	23	10	22	18	26	46
월슨바다제비	19	>50	0	>5	>1	>1	>3	>2	>1	>7	>3
검은배바다제비	0	>5	0	>1	0	>1	>1	>1	0	>1	0
칼집부리물떼새	2	1	1	1	1	3	3	1	3	5	2
남방큰재갈매기	6	5	5	3	0	2	0	0	0	0	0
남극제비갈매기	41	38	21	15	>1	6	2	>1	1	4	0
남극도둑갈매기	27	18	22	0	0	1	47	43	47	7	7
갈색도둑갈매기	4	5	5	4	7	8	6	10	7	5	2
도둑갈매기 혼합번식쌍	0	1	1	0	0	0	3	7	1	3	0

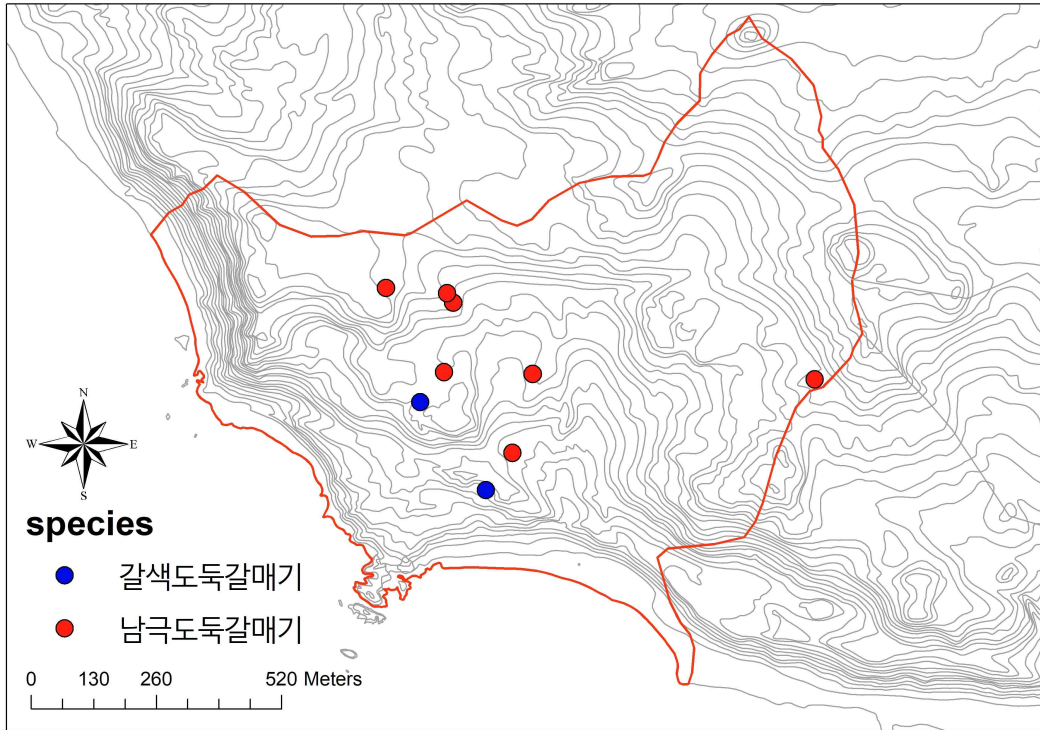


그림 1-2-8. 펭귄마을에서 번식한 갈색도둑갈매기 (Brown Skua), 남극도둑갈매기 (South Polar Skua)의 둥지 분포

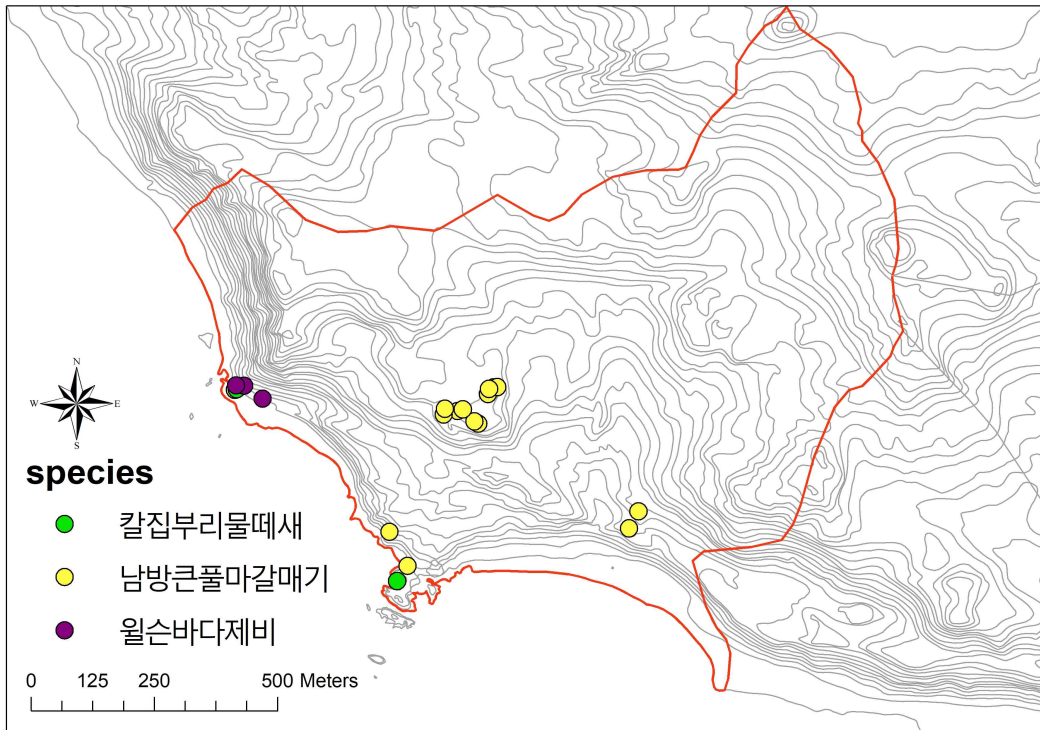


그림 1-2-9. 펭귄마을에서 번식한 칼집부리물떼새 (Snowy Sheathbill), 남방큰풀마갈매기 (Southern Giant Petrel), 월슨바다제비 (Wilson's Storm-petrel)의 둥지 분포



남극도둑갈매기



남방큰풀마갈매기



칼집부리물떼새



월슨바다제비

극지연구소

그림 1-2-10. 펭귄마을의 번식 조류 사진

라. 펭귄마을의 동물상

펭귄마을의 조류상 조사결과, 아델리펭귄, 남극가마우지, 알락폴마갈매기, 남방큰재갈매기, 남극제비갈매기 등 5종의 비번식 조류가 추가적으로 확인되었다. 따라서 펭귄마을 내에는 젠투펭귄, 턱끈펭귄을 포함하여 총 7종의 조류가 번식하였으며, 12종이 출현한 것으로 확인되었다 (표 1-2-7, 표 1-2-8).

기각류의 경우, 웨델물범, 남방코끼리물범, 남극물개 등 총 3종이 확인되었다. 웨델물범, 남방코끼리물범, 남극물개는 모두 보호구역 해안가를 휴식지로 이용하는 것이 관찰되었다 (표 1-2-8).

표 1-2-7. 펭귄마을의 기타 조류상 조사 결과

종 명	학 명	2019- 12-07	2019- 12-17	2020- 01-04	2020- 01-23	2020- 01-27	최대 개체수
아델리펭귄	<i>Pygoscelis adeliae</i>	3	4	0	0	0	4
남방큰폴마갈매기	<i>Macronectes giganteus</i>	18	28	9	61	35	61
월슨바다제비	<i>Oceanites oceanicus</i>	0	3	7	5	3	7
남극가마우지	<i>Phalacrocorax bransfieldensis</i>	1	1	0	0	0	1
알락폴마갈매기	<i>Daption capense</i>	0	7	0	11	0	11
칼집부리물떼새	<i>Chionis albus</i>	10	3	2	8	2	10
남방큰재갈매기	<i>Larus dominicanus</i>	2	3	3	2	3	3
남극제비갈매기	<i>Sterna vittata</i>	9	1	1	14	19	19
남극도둑갈매기	<i>Stercorarius maccormicki</i>	26	29	2	32	22	32
갈색도둑갈매기	<i>Stercorarius antarcticus</i>	4	5	0	1	0	5
도둑갈매기류	<i>Stercorarius</i> sp.	0	2	7	5	0	7

표 1-2-8. 2019/2020년도 조사기간 중 펭귄마을에서 출현한 동물종 목록 (○: 출현, ●: 번식)

국 명	학 명	구 분
조류 (12종)		
아델리펭귄	<i>Pygoscelis adeliae</i>	○
젠투펭귄	<i>Pygoscelis papua</i>	●
턱끈펭귄	<i>Pygoscelis antarcticus</i>	●
남방큰폴마갈매기	<i>Macronectes giganteus</i>	●
월손바다제비	<i>Oceanites oceanicus</i>	●
남극가마우지	<i>Phalacrocorax bransfieldensis</i>	○
알락폴마갈매기	<i>Daption capense</i>	○
칼집부리물떼새	<i>Chionis albus</i>	●
남방큰재갈매기	<i>Larus dominicanus</i>	○
남극제비갈매기	<i>Sterna vittata</i>	○
남극도둑갈매기	<i>Stercorarius maccormicki</i>	●
갈색도둑갈매기	<i>Stercorarius antarcticus</i>	●
포유류 (3종)		
남극물개	<i>Arctocephalus gazella</i>	○
웨델물범	<i>Leptonychotes weddellii</i>	○
남방코끼리물범	<i>Mirounga leonina</i>	○



아델리펭귄



남극가마우지



알락풀마갈매기



남방큰재갈매기



웨델물범



남극물개

그림 1-2-11. 2019/2020년도 조사기간 동안 펭귄마을에서 출현한 주요 동물종

마. 펭귄마을 인접지역 내 동물상 및 번식 조류 조사

펭귄마을 인접지역의 동물상 조사 결과, 아델리펭귄, 젠투펭귄, 턱끈펭귄, 남방큰 풀마갈매기, 월슨바다제비, 검은배바다제비, 남방큰재갈매기, 남극제비갈매기, 남극도둑갈매기, 갈색도둑갈매기 등 총 10종의 조류가 기록되었으며, 기각류의 경우 남극물개, 웨델물범, 남방코끼리물범 등 3종이 확인되었다 (표 1-2-9, 표 1-2-10).

표 1-2-9. 펭귄마을 인접지역의 조류상 조사 결과

종 명	학 명	2019- 12-07	2019- 12-17	2020- 01-04	2020- 01-23	2020- 01-27	최대 개체수
아델리펭귄	<i>Pygoscelis adeliae</i>	4	0	1	4	0	4
젠 투펭귄	<i>Pygoscelis papua</i>	20	17	15	19	94	94
턱끈펭귄	<i>Pygoscelis antarcticus</i>	2	8	10	4	3	10
남방큰풀마갈매기	<i>Macronectes giganteus</i>	2	2	0	2	0	2
월슨바다제비	<i>Oceanites oceanicus</i>	1	5	2	4	4	5
검은배바다제비	<i>Fregetta tropica</i>	1	0	0	0	0	1
남방큰재갈매기	<i>Larus dominicanus</i>	15	17	17	13	12	17
남극제비갈매기	<i>Sterna vittata</i>	2	3	1	2	2	3
남극도둑갈매기	<i>Stercorarius maccormicki</i>	1	6	1	1	0	6
갈색도둑갈매기	<i>Stercorarius antarcticus</i>	9	46	5	39	21	46
도둑갈매기류	<i>Stercorarius sp.</i>	1	5	1	0	1	5

표 1-2-10. 펭귄마을 인접지역의 기각류 조사 결과

종 명	학 명	2019- 12-07	2019- 12-17	2020- 01-04	2020- 01-23	2020- 01-27	최대 개체수
남극물개	<i>Arctocephalus gazella</i>	0	0	0	9	2	9
웨델물범	<i>Leptonychotes weddellii</i>	5	15	36	37	31	37
남방코끼리물범	<i>Mirounga leonina</i>	0	0	0	0	16	16

펭귄마을 인접지역 내 조류의 번식 현황을 조사한 결과, 남방큰재갈매기, 남극제비갈매기, 남극도둑갈매기, 갈색도둑갈매기 4종의 번식을 확인하였다. 남방큰재갈매기의 경우, 2020년 1월 4일 조사 시에 둥지 밖에 있는 새끼 3마리를 확인하였으며, 마지막 조사 시에 2마리의 새끼가 생존함을 확인하였다. 남극제비갈매기의 경우 한 둥지에서 2개의 알을 확인했으나 번식에 실패하였다. 남극도둑갈매기는 2쌍이 번식하여 알을 1개씩 산란하였으며, 1쌍은 번식에 실패하고 다른 1쌍은 마지막 조사 시에 포란 중임을 확인하였다. 갈색도둑갈매기의 경우 2쌍의 번식이 확인되었으며, 모두 2개씩의 알을 산란했으나 번식에 실패하였다 (표 1-2-11, 그림 1-2-11).

표 1-2-11. 펭귄마을 인접지역 내에서 번식하는 조류의 둥지 수 및 번식지표

종 명	학 명	둥지 수	한배산란수	번식결과	기준일
남방큰재갈매기	<i>Larus dominicanus</i>	>1	-	새끼 2마리	2020.01.23
남극제비갈매기	<i>Sterna vittata</i>	1	2.00	-	2020.01.23
남극도둑갈매기	<i>Stercorarius maccormicki</i>	2	1.00	알 1개	2020.01.27
갈색도둑갈매기	<i>Sterna vittata</i>	2	2.00	-	2020.01.23

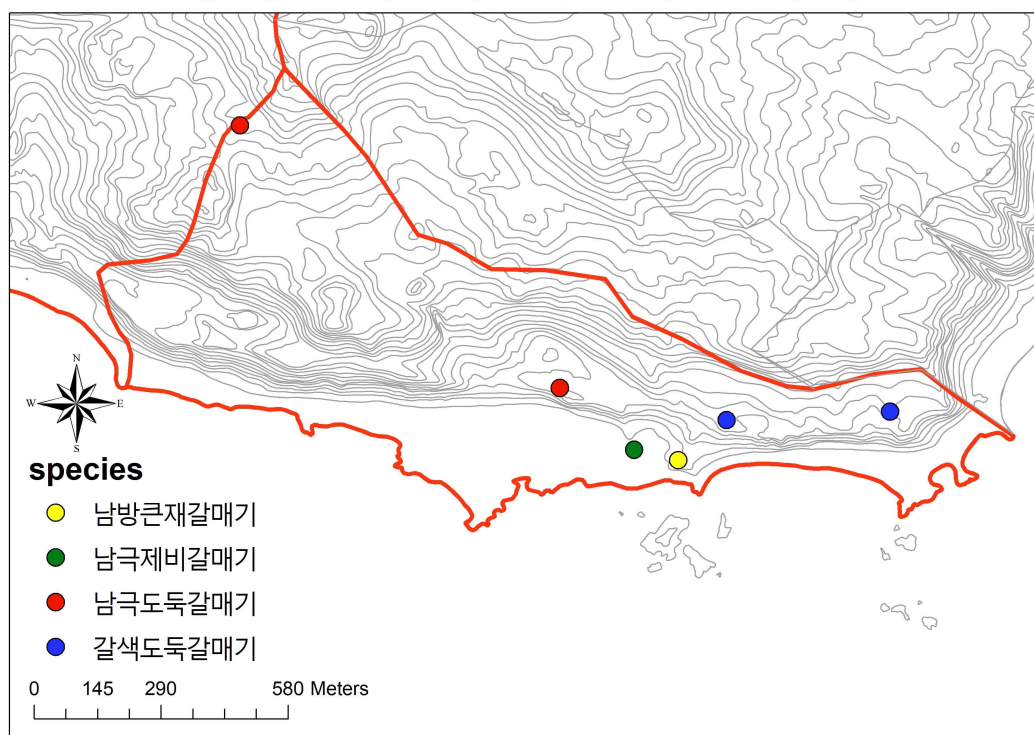


그림 1-2-12. 펭귄마을 인접지역에서 번식한 남방큰재갈매기 (Kelp Gull), 남극제비갈매기 (Antarctic Tern), 남극도둑갈매기 (South Polar Skua), 갈색도둑갈매기 (Brown Skua)의 둥지 분포



도둑갈매기류 (새끼)



남극제비갈매기



갈색도둑갈매기



웨델물범



남방코끼리물범



남극물개

그림 1-2-13. 2019/2020 조사기간 중 펭귄마을 인접지역에서 관찰된 조류 및 기각류

바. 펭귄류 개체식별용 PIT 부착 및 회귀율 분석

턱끈펭귄 C1, C2, C3, C6, C7, C7a, C8, C9 번식소집단에서 PIT tag를 확인한 결과, 2013/14년부터 2018/19년까지 PIT tag를 삽입한 227개체 중 올해 총 81개체의 턱끈펭귄이 재관찰되었다 (표 1-2-14). 추가적으로 C1, C7, C7a, C8, C9 번식소집단에서 35개체의 턱끈펭귄, G4 번식소집단에서 9개체의 젠투펭귄에게 PIT tag를 새로이 삽입하였으며, 턱끈펭귄은 2013/14년부터 2019/20년까지 총 262개체, 젠투펭귄은 2012/13년도부터 2019/20년도까지 총 96개체에 tag를 부착하였다 (그림 1-2-14, 표 1-2-12, 표 1-2-13).

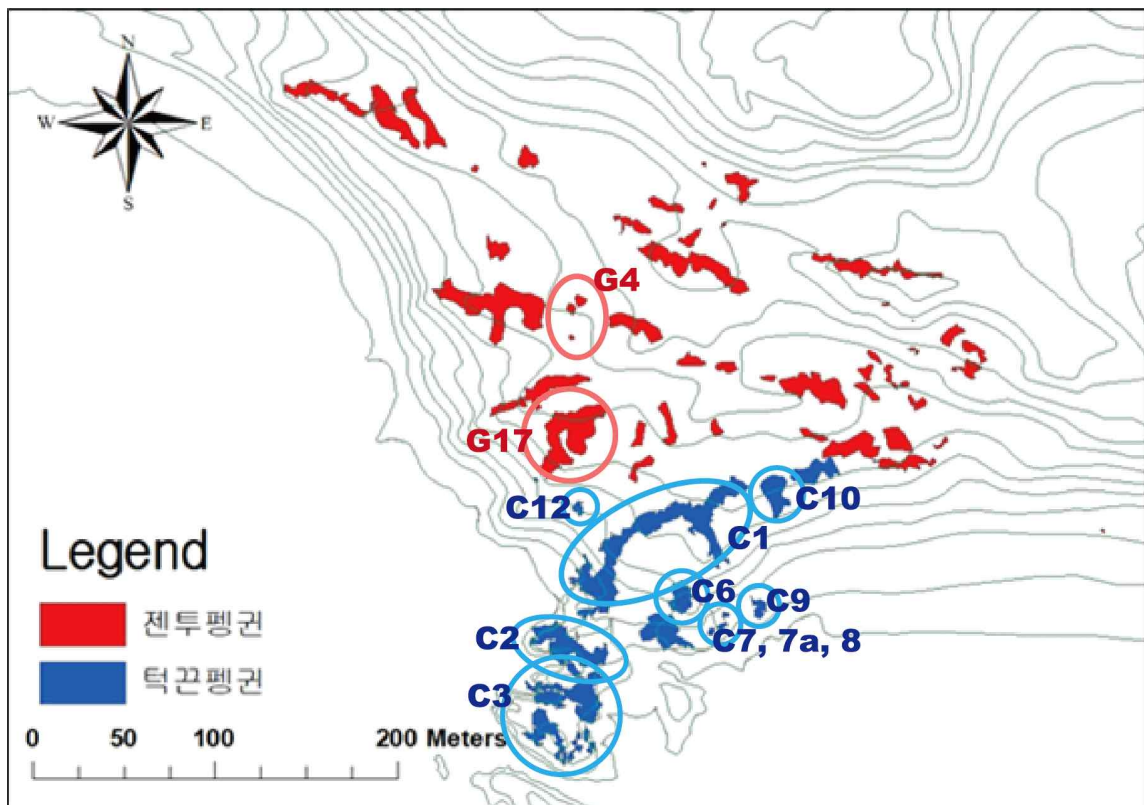


그림 1-2-14. 2013/14년도부터 2019/20년도까지 PIT tag를 부착한 번식소집단 위치

표 1-2-12. 2013/14년도부터 2019/20년도까지 턱끈펭귄 성체에게 부착된 PIT tag 정보

부착 일자	PIT Serial No.	부착 시 번식소집단	재관찰 일자
2014-01-22	410100012314166	C7	
2014-01-22	410100012314185	C7	
2014-01-22	410100012314187	C7	2016-01-28
2014-01-22	410100012314192	C7	2014-12-29
2014-01-22	410100012314198	C7	2014-12-12
2014-01-22	410100012314199	C7	2014-12-12
2014-01-22	410100012314205	C7	
2014-01-22	410100012314265	C7	2016-12-08
2014-01-22	410100012314296	C7	
2014-01-22	410100012314320	C7	
2014-01-22	410100012314323	C7	2016-01-28
2014-01-22	410100012314376	C7	
2014-01-22	410100012314379	C7	2016-12-20
2014-01-22	410100012314161	C8	2014-12-29
2014-01-22	410100012314164	C8	
2014-01-22	410100012314167	C8	2015-12-08
2014-01-22	410100012314208	C8	2016-12-08
2014-01-22	410100012314279	C8	
2014-01-22	410100012314326	C8	2015-01-01
2014-01-22	410100012314331	C8	2014-12-29
2014-01-22	410100012314336	C8	2014-12-12
2014-01-22	410100012314381	C8	2015-01-01
2014-01-22	410100012314395	C8	2015-01-01
2014-01-25	410100012314108	C12	
2014-01-25	410100012314175	C12	
2014-01-25	410100012314183	C12	2015-12-11
2014-01-25	410100012314365	C12	2015-12-13
2014-01-25	410100012314397	C12	2018-12-09
2014-01-29	410100012314026	C9	2016-12-20
2014-01-29	410100012314052	C9	2014-12-29
2014-01-29	410100012314171	C9	
2014-01-29	410100012314172	C9	2016-01-11
2014-01-29	410100012314173	C9	2014-12-12
2014-01-29	410100012314174	C9	
2014-01-29	410100012314176	C9	2014-12-29
2014-01-29	410100012314178	C9	2016-01-11
2014-01-29	410100012314179	C9	2014-12-12
2014-01-29	410100012314180	C9	2014-12-12
2014-01-29	410100012314184	C9	2016-01-28
2014-01-29	410100012314186	C9	2014-12-29
2014-01-29	410100012314190	C9	2015-01-01
2014-01-29	410100012314194	C9	
2014-01-29	410100012314195	C9	2014-12-29
2014-01-29	410100012314196	C9	
2014-01-29	410100012314197	C9	2014-12-12

2014-01-29	410100012314201	C9	2014-12-12
2014-01-29	410100012314368	C9	2015-01-01
2014-01-29	410100012314369	C9	2014-12-29
2014-12-29	410100012254410	C1	
2014-12-29	410100012254518	C10	
2015-01-01	410100012254578	C1	
2015-01-01	410100012254655	C1	
2015-12-08	410100012254421	C8	2016-12-20
2015-12-08	410100012254519	C8	
2015-12-08	410100012254552	C8	2016-12-20
2015-12-08	410100012254591	C8	2016-12-08
2015-12-08	410100012254726	C8	2016-12-20
2015-12-09	410100012254406	C12	
2015-12-09	410100012254475	C12	
2015-12-09	410100012254561	C12	
2015-12-09	410100012254597	C12	
2015-12-09	410100012254637	C12	
2015-12-09	410100012254652	C12	
2015-12-09	410100012254685	C12	
2015-12-31	410100012254439	C1	
2015-12-31	410100012254487	C1	
2015-12-31	410100012254697	C1	2018-12-09
2015-12-31	410100012351483	C1	2018-12-08
2015-12-31	410100012351502	C1	
2015-12-31	410100012351505	C1	2018-12-10
2016-01-01	410100012254595	C1	
2016-01-01	410100012254739	C1	
2016-01-08	410100012254588	C1	
2016-01-08	410100012351445	C1	2017-01-07
2016-01-08	410100012351450	C1	2017-01-07
2016-01-08	410100012351453	C1	2018-12-09
2016-01-08	410100012351456	C1	
2016-01-08	410100012351514	C1	2018-12-10
2016-01-09	410100012314150	C1	
2016-01-09	410100012351513	C1	
2016-01-17	410100012254437	C1	2017-12-26
2016-01-17	410100012314191	C1	2018-12-09
2016-01-17	410100012351431	C1	2017-12-26
2016-01-17	410100012351451	C1	
2016-01-17	410100012351507	C1	
2016-01-17	410100012351511	C1	
2016-01-19	410100012351448	C1	
2016-01-19	410100012351512	C1	
2017-01-02	410100012254572	C1	
2017-01-02	410100012254587	C1	2018-12-25
2017-01-02	410100012254660	C1	2018-12-25
2017-01-02	410100012254711	C1	
2017-01-02	410100012254712	C1	

2017-01-02	410100012351509	C1	
2017-01-02	410100012351510	C1	
2017-01-03	410100012351449	C1	
2017-01-07	410100012351466	C1	
2017-01-07	410100012949819	C1	2018-12-15
2017-01-07	410100012949932	C1	
2017-01-09	410100012949933	C1	
2017-01-09	410100012351408	C9	2018-12-08
2017-01-09	410100012351413	C9	
2017-01-09	410100012351416	C9	2018-01-14
2017-01-09	410100012351423	C9	2018-01-14
2017-01-09	410100012351426	C9	2018-12-08
2017-01-09	410100012351438	C9	2018-12-08
2017-01-09	410100012351461	C9	
2017-01-10	410100012951152	C7	2018-01-14
2017-01-10	410100013029336	C7	2018-12-08
2017-01-10	410100012949871	C8	2018-12-08
2017-01-12	410100012949878	C7	
2017-01-12	410100013029301	C7	2018-12-08
2017-01-12	410100013029338	C7	2018-12-10
2017-01-12	410100012949879	C8	2018-01-14
2017-01-12	410100012949925	C8	2018-12-08
2017-01-12	410100012951141	C8	2018-01-14
2017-01-12	410100013029334	C8	2018-12-08
2017-01-12	410100012949814	C9	2018-12-10
2017-01-12	410100012949823	C9	2018-12-10
2017-01-12	410100012949876	C9	
2017-01-12	410100012949921	C9	2018-01-14
2017-01-12	410100012949978	C9	
2017-01-12	410100012949982	C9	2018-01-14
2017-01-12	410100012950001	C9	2018-12-20
2017-01-12	410100013029333	C9	
2017-01-12	410100013029344	C9	2018-12-10
2017-01-12	410100013029393	C9	2018-01-14
2017-01-13	410100012314387	C7	2018-01-14
2017-01-13	410100012351414	C7	2018-12-08
2017-01-13	410100012351418	C7	2018-01-14
2017-01-13	410100012351424	C7	
2017-01-13	410100012351518	C7	
2017-01-13	410100012351527	C7	
2017-01-13	410100012351530	C7	
2017-01-13	410100012351434	C8	2018-01-13
2017-01-13	410100012351440	C8	2018-01-14
2017-01-13	410100012314170	C9	
2017-01-13	410100012351415	C9	2018-01-14
2017-01-14	410100012949832	C1	2018-12-09
2017-01-14	410100012949833	C1	
2017-01-14	410100012949840	C1	2018-12-08

2017-01-14	410100012949954	C1	2018-12-09
2017-01-14	410100012951146	C1	2018-12-08
2017-01-14	410100012314372	C7	2018-12-08
2017-01-14	410100012351419	C7	
2017-01-14	410100012351430	C7	
2017-01-14	410100012351436	C7	2018-12-08
2017-01-14	410100012351441	C7	2018-12-08
2017-01-14	410100012351463	C7	
2017-01-14	410100012351508	C7	2018-12-08
2017-01-14	410100012351429	C8	2018-12-08
2017-01-14	410100012351516	C8	2018-01-14
2017-01-14	410100012314378	C9	2018-01-14
2017-01-14	410100012314383	C9	2018-01-14
2017-01-14	410100012351427	C9	2018-12-10
2017-01-14	410100012351442	C9	2018-01-14
2017-01-14	410100012351447	C9	
2017-01-14	410100012351459	C9	2018-12-20
2017-01-17	410100012949908	C1	2018-12-09
2017-01-17	410100012314327	C9	
2017-01-17	410100012949839	C9	
2017-01-24	410100012949870	C1	2018-12-21
2017-01-24	410100012949891	C1	2018-12-13
2017-01-24	410100012949897	C1	2018-12-08
2017-01-25	410100012949815	C1	2018-12-08
2017-01-25	410100012949877	C1	2018-12-20
2017-01-25	410100012949977	C1	
2017-01-25	410100013029335	C1	2019-12-06
2017-12-31	410100013052254	C1	2018-12-08
2017-12-31	410100013052259	C1	2018-12-09
2017-12-31	410100013052260	C1	
2017-12-31	410100013052251	C1	2018-12-10
2018-01-01	410100013052253	C1	2018-12-10
2018-01-01	410100013052256	C1	2018-12-08
2018-01-10	410100012454292	C7	
2018-01-10	410100012454405	C7	2018-12-24
2018-01-10	410100012454433	C7	
2018-01-10	410100012454389	C7	
2018-01-10	410100012454279	C7	2018-12-10
2018-01-10	410100012454286	C9	
2018-01-10	410100012454294	C9	
2018-01-14	410100012314162	C1	2018-12-08
2018-01-14	410100013052212	C1	2018-12-10
2018-01-14	410100013052215	C1	2018-12-13
2018-01-18	410100013052213	C1	2018-12-09
2018-01-19	410100013052223	C1	
2018-01-20	410100012949951	C1	
2018-12-15	410100012462693	C1	2019-12-12
2018-12-15	410100012462612	C1	2019-12-12

2018-12-15	410100012462613	C1	2019-12-16
2018-12-17	410100012462615	C1	
2018-12-17	410100012462616	C1	
2018-12-17	410100012462614	C1	2019-12-04
2018-12-17	410100012462617	C1	
2018-12-18	410100012462731	C1	
2018-12-18	410100012462691	C1	2019-12-04
2018-12-18	410100012462692	C1	
2018-12-18	410100012462694	C1	2019-12-06
2018-12-20	410100012462732	C6	
2018-12-20	410100012462733	C6	2019-12-04
2018-12-24	410100012462510	C1	
2018-12-24	410100012462509	C1	
2018-12-24	410100012462508	C1	2019-12-04
2018-12-24	410100012462507	C1	
2018-12-24	410100012462503	C1	
2018-12-24	410100012462506	C1	
2018-12-25	410100012254535	C1	2019-12-20
2018-12-25	410100012462734	C1	
2018-12-25	410100012462502	C1	2019-12-06
2018-12-31	410100012462737	C2	
2018-12-31	410100012462738	C2	
2018-12-31	410100012462735	C1	2019-12-04
2018-12-31	410100012462736	C1	
2018-12-31	410100012462737	C2	
2018-12-31	410100012462738	C2	
2019-01-02	410100012949824	C1	
2019-01-02	410100012462739	C1	2019-12-04
2019-01-02	410100012462740	C3	2019-12-04
2019-01-02	410100012462619	C3	
2019-01-02	410100012462607	C2	
2019-01-02	410100012462608	C2	
2019-01-07	410100012462618	C2	
2019-01-07	410100012462609	C2	
2019-01-07	410100012462710	C2	2019-12-04
2019-01-07	410100012462610	C2	
2019-01-08	410100012462611	C2	
2019-01-07	410100012462709	C2	2019-12-04
2019-12-12	410100013052229	C9	
2019-12-12	410100013052228	C9	
2019-12-12	410100013052227	C9	
2019-12-12	410100013052226	C7	
2019-12-12	410100013052224	C7a	
2019-12-12	410100013052222	C7a	
2019-12-16	410100013052263	C8	
2019-12-16	410100013052268	C7	
2019-12-16	410100013052267	C7a	
2019-12-16	410100013052265	C7a	

2019-12-16	410100013052270	C9
2019-12-16	410100013052262	C9
2019-12-16	410100013052216	C9
2019-12-16	410100013052217	C9
2019-12-27	410100012462647	C7a
2019-12-20	410100013052218	C1
2019-12-20	410100013052264	C1
2019-12-20	410100013052261	C1
2019-12-20	410100013052220	C1
2019-12-20	410100013052221	C1
2019-12-20	410100013052269	C1
2019-12-20	410100013052257	C1
2019-12-20	410100012462649	C1
2019-12-22	410100012462641	C1
2019-12-22	410100012462642	C1
2019-12-22	410100012462643	C1
2019-12-22	410100012462644	C1
2019-12-29	410100012462695	C1
2019-12-29	410100012462696	C1
2019-12-29	410100012462697	C1
2019-12-29	410100012462698	C1
2019-12-29	410100012462699	C1
2019-12-29	410100012462700	C1
2019-12-30	410100012462651	C1
2019-12-30	410100012462653	C1

극지연구소

표 1-2-13. 2012/13년부터 2019/20년까지 젠투팹권 성체에게 부착된 PIT tag 정보

부착 일자	PIT Serial No.	부착 시 번식소집단	재관찰 일자
2013-01-27	410100012254481	G35	2013-12-09
2013-01-27	410100012254549	G35	2016-12-05
2013-01-27	410100012254698	G35	2014-12-21
2013-01-27	410100012254708	G35	2013-12-10
2013-01-27	410100012254738	G35	2013-12-09
2013-01-27	410100012254744	G35	
2013-01-27	410100012254792	G35	
2013-12-30	410100012314092	G50	
2013-12-30	410100012314399	G50	
2013-12-30	410100012314005	G50	
2013-12-30	410100012314130	G50	
2013-12-30	410100012314145	G50	
2013-12-30	410100012314034	G50	
2013-12-30	410100012314036	G50	
2013-12-30	410100012314039	G50	
2013-12-30	410100012314352	G50	
2013-12-30	410100012314188	G50	
2013-12-30	410100012314189	G50	2014-12-21
2014-01-21	410100012314393	G46	
2014-01-21	410100012314011	G46	
2014-01-21	410100012314400	G46	
2014-01-21	410100012314155	G46	
2014-01-21	410100012314390	G46	
2014-01-21	410100012314182	G46	
2014-01-21	410100012314135	G46	
2014-01-21	410100012314165	G46	
2014-01-21	410100012314371	G46	
2014-01-21	410100012314391	G46	
2014-01-21	410100012314385	G46	
2014-01-21	410100012314396	G46	
2014-01-21	410100012314193	G46	
2014-01-21	410100012314169	G46	
2014-01-21	410100012314200	G46	
2015-01-14	410100012243361	G20-21	
2015-01-14	410100012254639	G20-21	
2015-01-14	410100012254683	G20-21	
2015-01-14	410100012254584	G20-21	
2015-01-14	410100012254474	G20-21	
2015-01-14	410100012254680	G20-21	
2015-01-14	410100012254596	G20-21	
2015-01-14	410100012254563	G20-21	
2018-01-10	410100012454283	G4-1	
2018-01-10	410100012454305	G4-1	
2018-01-10	410100012454303	G4-1	
2018-01-10	410100012454379	G4-1	

2018-01-10	410100012454483	G4-1	
2018-01-10	410100012454296	G4-1	
2018-01-10	410100012454313	G16-1	
2018-01-10	410100012454314	G16-1	
2018-01-10	410100012454284	G16-1	
2018-01-10	410100012454262	G16-1	
2018-01-10	410100012454481	G16-1	
2018-01-10	410100012454260	G16-1	
2018-01-10	410100012454280	G16-1	
2018-01-10	410100012454522	G16-1	
2018-01-10	410100012454212	G16-1	
2018-01-11	410100012454579	G4-1	
2018-01-11	410100012454225	G4-1	
2018-01-11	410100012454290	G4-1	
2018-01-11	410100012454357	G4-1	
2018-01-11	410100012454272	G16-1	
2018-01-11	410100012454485	G16-1	
2018-01-13	410100012454266	G16-1	
2018-01-13	410100012458248	G16-1	
2018-01-13	410100012454381	G16-1	
2018-01-14	410100012454380	G4-1	
2018-01-14	410100012454473	G16-1	
2018-01-16	410100012458390	G4-1	
2018-01-16	410100012454196	G16-1	
2018-01-16	410100012454219	G16-1	
2018-12-25	410100012314350	G4	
2018-12-26	410100012949873	G13	
2018-12-26	410100012951153	G13	
2018-12-26	410100012951147	G13	
2018-12-26	410100013029391	G13	
2018-12-26	410100012949907	G16	
2018-12-26	410100012949999	G16	
2018-12-26	410100012949898	G16	
2018-12-26	410100012351506	G16	
2018-12-26	410100012949831	G16	
2018-12-27	410100012462501	G17	2019-12-26
2018-12-27	410100012462601	G17	
2018-12-27	410100012462602	G17	
2018-12-27	410100012462603	G16	
2018-12-27	410100012462604	G16	
2018-12-27	410100012462605	G17	
2018-12-27	410100012462606	G17	
2019-12-25	410100012462645	G4	
2019-12-25	410100012462646	G4	
2019-12-26	410100012462640	G4	
2019-12-26	410100012462652	G4	
2019-12-26	410100012462648	G4	
2019-12-29	410100012462701	G4	

2019-12-29	410100012462702	G4
2019-12-30	410100012462660	G4
2019-12-30	410100012462650	G4



턱끈펭귄의 회귀율을 파악하기 위해 생존율 (Phi)과 관찰률 (p)이 각각 시간 (t)에 따라 변화하는 경우와 변화하지 않는 경우를 모두 고려해 총 4개의 추정 모델을 만들고 이에 대한 AICc (small-sample corrected Akaike Information Criterion) 모델 평가를 시행하였다. Delta AICc 값이 2보다 작으며 AICc 값이 상대적으로 낮을수록 적합한 모델이라고 판단할 때 (Burnham and Anderson, 2002) 생존율과 관찰률이 시간에 따라 모두 변화하는 모델 (Phi(t)p(t))이 조사된 자료를 설명하는데 가장 적합한 것으로 나타났다 (표 1-2-14). 선택된 모델을 이용해 산출된 턱끈펭귄 번식 개체의 생존율은 6년간 평균 0.76 ± 0.16 , 관찰률은 평균 0.58 ± 0.28 로 나타났으며, 각 연도별 번식지 회귀율은 그림 1-2-15와 같다.

표 1-2-14. 턱끈펭귄의 생존율과 관찰률 분석 모델 선정을 위한 AICc 평가 결과 및 모델 별 평균 생존율과 관찰율

Model	AICc	Delta AICc	AICc Weights	Num. Par	Deviance
Phi(t) p(t)	780.5365	0	0.58667	11	74.3095
Phi(.) p(t)	781.2369	0.7004	0.41333	7	83.4119
Phi(t) p(.)	846.4927	65.9562	0	7	148.6676
Phi(.) p(.)	868.7586	88.2221	0	2	181.1937

극지연구소

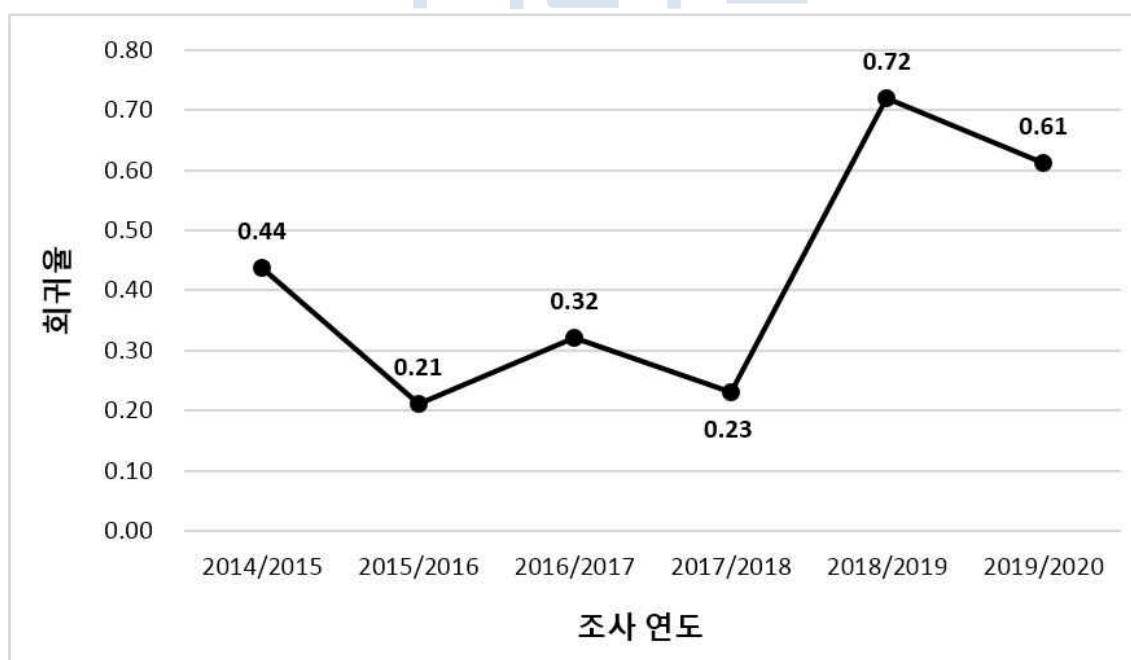


그림 1-2-15. 2013/14년도부터 PIT tag를 부착한 턱끈펭귄 번식 개체의 연도별 번식지 회귀율

본 분석 결과에 따르면 PIT tag가 부착된 턱끈펭귄 번식 개체들의 연간 생존율은 평균 $76 \pm 16\%$, 발견률은 평균 $58 \pm 28\%$ 인 것으로 나타났으며, 다음해 번식지로 회귀하는 비율은 평균 $42 \pm 21\%$ 로 연도별로 큰 차이를 보였다. 그러나 연도별 결과에서는 회귀율 분석을 위한 조사를 집중적으로 수행한 2018/19년도 (72%) 및 2019/20년도 (61%)의 분석 결과가 실제 회귀율에 가까울 것으로 예상되므로, 펭귄마을의 턱끈펭귄이 기존 번식지로 회귀하여 번식하는 비율은 약 67%로 추정된다. 이는 타 펭귄 분류군에서 진행되었던 선행 연구 (Williams and Rodwell, 1992)에서 도출된 결과 (젠투펭귄 0.59-0.79, 마카로니펭귄 0.70-0.73)와 크게 다르지 않은 값이다.

일반적으로 포획-재포획 방법으로 추정된 회귀율은 각 시점에서 새로이 표지하는 개체수 및 표지 개체를 재관찰하기 위해 조사되는 총 개체수의 영향을 받는다. 따라서 회귀율이 개체의 생존율 및 번식지 내 관찰률의 영향을 받는 것은 맞으나 연도별 회귀율 추정 결과의 차이가 실제 턱끈펭귄 개체군의 변화를 완전히 반영한다고 단정하기는 어렵다. 현재까지 PIT tag를 부착한 개체수는 각 번식시기별 최소 4개체에서 최대 80개체로 연도별 편차가 크며, 해마다 표지개체의 재관찰을 위한 조사 노력 (survey effort) 및 사용한 장비, 조사 소집단과 총 개체수가 일정하지 않아 분석 결과에 영향을 끼쳤을 것으로 판단된다. 따라서 향후 분석의 정확도 향상 및 개체군 변화의 고찰을 위하여 꾸준하고 정량적인 표지와 재관찰 자료의 수집이 요구된다.





제 3 절 펭귄의 취식활동 모니터링

1. 조사 내용 및 방법

가. GPS 추적장치를 이용한 턱끈펭귄과 젠투펭귄의 먹이활동 모니터링

번식기 동안 턱끈펭귄은 주로 먼 바다서 크릴 (*Euphausia superba*)을 주 먹이원으로 이용하는 종으로 해양 먹이원의 지역적인 증감에 큰 영향을 받는 종이다. 해마다 변화하는 주 먹이자원인 크릴의 공간적 분포와 풍부도는 펭귄의 번식기 먹이활동에 영향을 주며, 번식 성공률에 영향을 줄 수 있는 요소이다 (Croll et al., 2006; Chapman et al., 2010). 따라서 이 연구는 나레브스키 포인트 보호구역에 서식하는 펭귄 개체군의 장기적 먹이자원의 변화에 따른 먹이활동의 변화를 모니터링하기 위해 수행되었다.

2019년 12월 20일부터 2020년 01월 19일까지 펭귄의 움직임을 기록하기 위해 Ecotone[®] (Poland)사의 Uria-900 (33g), Uria-400 (13.5g), Urai-420 (16g) 모델의 GPS 좌표 기록계를 Wilson *et al.* (1997)의 방법에 따라 방수테이프 (Tesa[®])를 이용하여 포란 또는 육추 중인 21쌍 (42개체)의 턱끈펭귄과 6쌍의 젠투펭귄에 부착하였다 (그림 1-3-1). 위치 좌표는 2분 간격으로 기록되도록 설정하였으며, 약 5-10일 후 장비

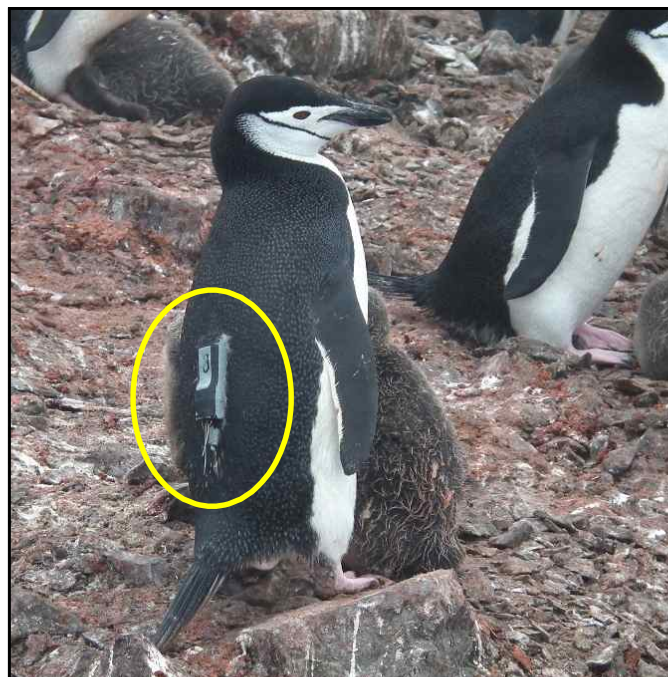


그림 1-3-1. GPS 추적장치를 부착한 턱끈펭귄

를 회수하여 결과를 분석하였다. 추적기간 중 GPS 좌표에 오류가 있는 경우는 분석에서 제외하고, 지리정보시스템 분석프로그램 (ArcMap 10.3, ESRI, USA)을 이용하여 각 개체의 평균 이동거리와 이동시간을 계산하였다. 그 후 종, 성별, 추적시기에 따른 먹이활동 거리와 시간의 차이 여부를 크루스칼-왈리스 (Kruskal-Wallis) 검정법을 통해 비교하였다.

나. 안정성 동위원소를 이용한 펭귄류 먹이자원 이용 모니터링

자연계에 존재하는 모든 원소는 질량이 다른 동위원소가 낮은 비율로 존재하며, 이들 동위원소 중 구조가 안정적이어서 비율이 유지되는 종류를 안정성 동위원소 (stable isotope)라고 한다. 생태계에서 질소, 탄소, 산소와 같은 주요 원소의 안정성 동위원소비는 먹이 사슬과 물질 흐름에 따라 변화하게 되는데, 먹이 그물 연구를 위해 흔히 사용되는 질소와 탄소 동위원소는, 먹이그물의 영양단계 (상위 영양단계일수록 높은 질소 동위원소비)와 먹이원의 광합성 기원 (생산자의 광합성 효율에 따라 다른 탄소 동위원소비)에 따라 변화한다. 또한, 탄소와 질소 동위원소비는 영양단계가 높아질수록 더 높아지므로, 생산자인 식물 플랑크톤이나 부착조류부터 상위 소비자에 이르는 영양단계가 육상 생태계에 비해 많고 복잡한 해양 생태계의 소비자에서 그 차이가 뚜렷하게 나타난다. 소비자의 조직은 소비한 먹이원 체내에 동화되어 생성되므로, 먹이원의 영양소의 안정성 동위원소비를 반영한다. 조류의 혈액은 약 2-5주 기간 동안 동화된 먹이의 안정성 동위원소 비율을 반영하므로, 번식기 후반에 채취한 펭귄의 혈액 시료는 번식기 동안 펭귄 성조와 새끼가 섭취한 먹이의 안정성 동위원소 비율을 반영한다고 볼 수 있다.

펭귄의 먹이자원 이용은 개체의 건강도 뿐만 아니라 새끼의 성장률, 생존률과 같은 번식지표에도 영향을 주어, 펭귄 개체군 전반에 영향을 주는 요소이다 (Croxall et al. 1988). 남극특별 보호구역에서 번식하는 젠투펭귄과 턱끈펭귄은 서식지를 공유하며 주로 해안 또는 근해에서 크릴을 주요 먹이자원으로 이용하는 종으로, 특히 국지적인 먹이자원의 증감에 큰 영향을 받는 종이다 (Miller et al. 2010, Pistorius et al. 2010). 따라서, 본 연구에서는 남극특별보호구역 내에서 번식하는 젠투펭귄과 턱끈펭귄 개체군 변화의 원인을 이해하기 위한 자료수집의 일환으로 장기적인 펭귄의 질소와 탄소 혈액 동위원소비와 그 변화를 분석하여 기록하고 있다. 연도별 먹이원 이용변화 모니터링과 연령 및 성별간 먹이원 이용차이를 파악하기 위하여, 젠투펭귄과 턱끈펭귄의 혈액 안정성 동위원소 분석을 수행하였다. 육추기 동안의 먹이원 이용을 파악하기 위하여 혈액 채취는 1월 초순에 실시하였으며, 펭귄마을에서 번식 중인 둥지를 무작위로 선택하여 젠투펭귄 성조와 유조를 포획하였고, GPS 추적 개체와 해당 개체의 유조를 포획하여 혈액을 수집하였다. 젠투펭귄과 턱끈펭귄의 먹이자원 비율 추정을 위해, Phillips and Gregg (2001)의 Isoerror 모형의 이원 혼합 모형을 이용하였다. 먹이원의 안정성 동위원소비는 킹조지섬 지역에서 펭귄 먹이로 기록된 (Volkman et al. 1980) 어류 (Antarctic Silverfish, *Pleuragramma antarcticum*)

와 크릴 (*Euphausia superba*)의 알려진 질소 안정성 동위원소비 (Polito et al. 2011)를 사용했으며, 먹이원과 혈액 간 안정성 동위원소비의 분별계수 (discrimination rate; Cherel et al. 2005) 값을 이용하였다. 이를 통해 연령별, 성별 혈액의 질소와 탄소 안정성 동위원소비를 분석하고, 종, 연령 및 성별에 따른 먹이자원 이용에 차이가 있는지 분산분석을 통해 비교하였다.



2. 조사 결과

가. GPS 추적장치를 이용한 턱끈펭귄과 젠투펭귄의 취식활동 모니터링

2019/2020년 번식기 동안 총 41개체의 턱끈펭귄과 9개체의 젠투펭귄의 섭식이동이 GPS 위치추적장치를 통해 정상적으로 추적되었으며, 턱끈펭귄 개체별 평균 6.98 ± 2.41 회, 젠투펭귄 개체별 평균 6.44 ± 3.32 회의 섭식이동을 모니터링하였다. 추적된 턱끈펭귄의 평균 이동거리는 31.07 ± 15.54 km ($n=278$)였으며, 각 여정의 이동거리는 최소 5.17 km에서 최대 81.22 km에 달했다 (표 1-3-1). 이동시간의 경우 평균 10.46 ± 7.68 시간으로 최소 2.23시간, 최대 37.82시간으로 나타났다 (표 1-3-1). 추적된 젠투펭귄의 평균 이동거리는 32.75 ± 18.13 km ($n=57$)였으며, 각 여정의 이동거리는 최소 9.87 km에서 최대 83.51 km에 달했다 (표 1-3-1). 이동시간의 경우 평균 10.97 ± 6.31 시간으로 최소 3.43시간, 최대 35.85시간으로 나타났다 (표 1-3-1). 턱끈펭귄과 젠투펭귄의 먹이활동을 비교하였을 때, 이동거리는 유의한 차이가 나타나지 않았고, 젠투펭귄이 턱끈펭귄에 비해 긴 섭식활동을 하는 것으로 나타났다 (이동거리: $df=1$ $\chi^2=0.09$, $p=0.76$; 이동시간: $df=1$ $\chi^2=5.38$, $p=0.02$; 그림 1-3-2).

턱끈펭귄의 성별간 먹이활동 비교 결과, 암컷 31.12 ± 15.83 km, 9.54 ± 6.38 시간 ($n=131$, 19개체), 수컷 31.10 ± 14.63 km, 11.10 ± 8.12 시간 ($n=131$, 20개체)으로 이동거리와 이동시간 모두 유의한 차이가 나타나지 않았다 (이동거리: $df=1$ $\chi^2=0.01$, $p=0.75$; 이동시간: $df=1$ $\chi^2=1.56$, $p=0.21$; 그림 1-3-2).

턱끈펭귄의 시기별 먹이활동을 분석 결과 각 추적 시기별 이동거리 및 이동시간은 1차 추적시기 33.10 ± 15.33 km, 11.12 ± 7.70 시간, 2차 추적 시기 35.60 ± 15.54 km, 11.19 ± 5.60 시간, 3차 추적시기 27.95 ± 14.45 km, 9.36 ± 7.47 시간으로 나타났으며, 3차

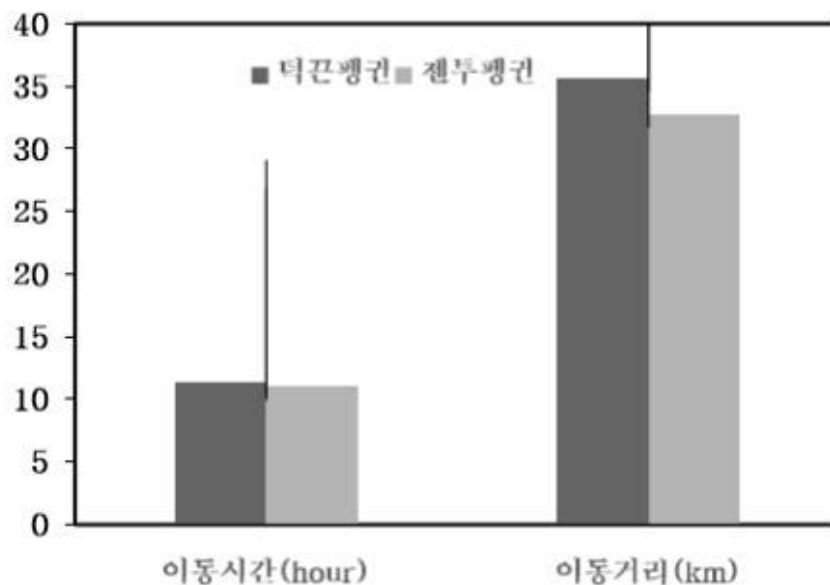


그림 1-3-2. 턱끈펭귄과 젠투펭귄의 이동시간 및 이동거리 비교

추적시기 동안 턱끈펭귄의 이동거리와 이동시간이 1,2차 추적시기에 비해 짧게 나타났다 (이동거리: $df=2$ $\chi^2=10.76$, $p<0.01$; 이동시간: $df=2$, $\chi^2=19.80$, $p<0.01$; 그림 1-3-3, 그림 1-3-4).

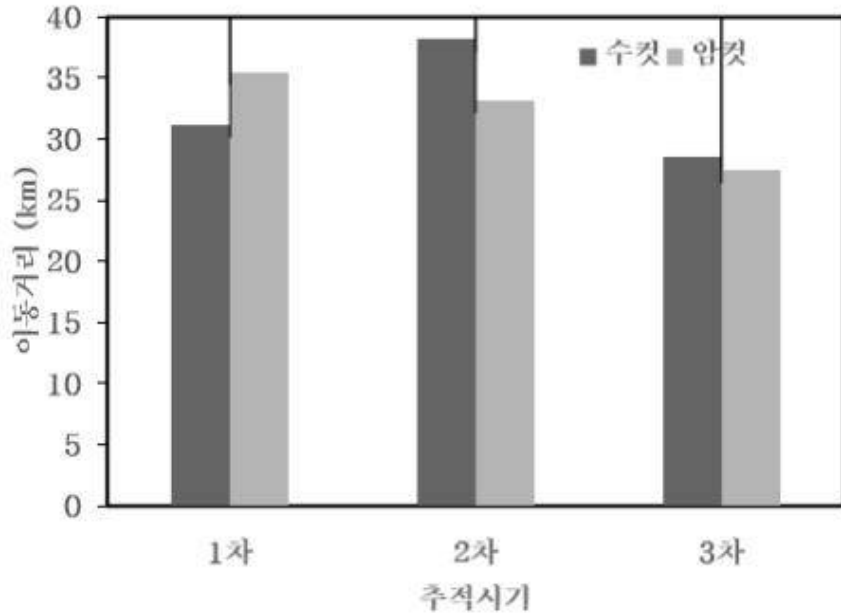


그림 1-3-3. 턱끈펭귄의 성별 및 추적시기별 이동거리 비교

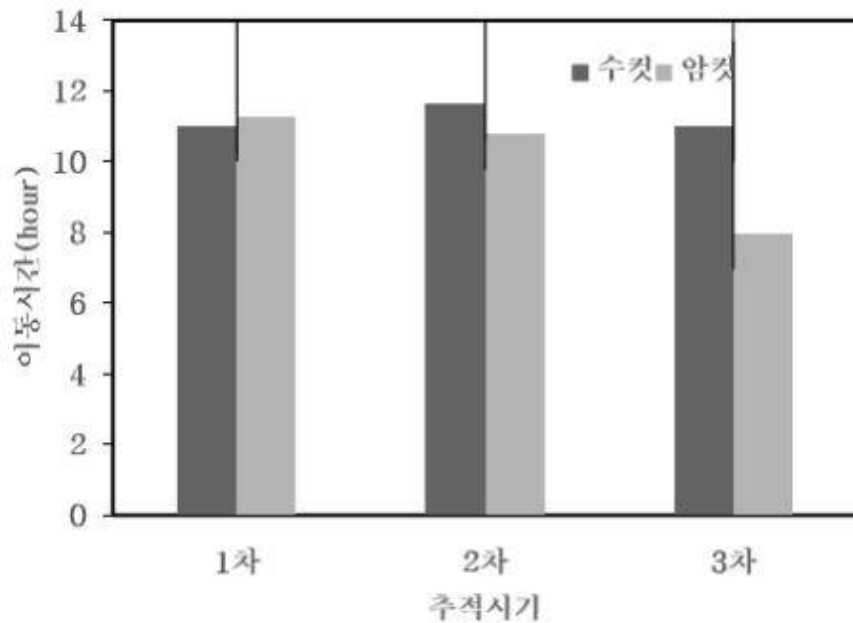


그림 1-3-4. 턱끈펭귄의 성별 및 추적시기별 이동시간 비교

표 1-3-1. 2019/20년 GPS 추적장치를 이용한 이동 연구 결과

개체 번호	종	성별	추적기간	Trip No	이동거리(km)		이동시간(hour)	
					평균	표준편차	평균	표준편차
02-1	턱끈펭귄	M	19.12.22-19.12.27	5	24.67	9.17	7.49	1.99
04-1	턱끈펭귄	F	19.12.22-20.01.05	13	27.87	13.43	9.95	8.46
05-1	턱끈펭귄	M	19.12.22-20.01.07	12	23.61	12.06	9.12	6.06
06-1	턱끈펭귄	M	19.12.20-19.12.27	6	29.70	13.77	8.77	2.16
07-1	턱끈펭귄	F	19.12.20-19.12.25	4	47.97	22.94	9.94	4.17
09-1	턱끈펭귄	F	19.12.20-19.12.27	6	29.79	10.54	8.62	1.84
10-1	턱끈펭귄	M	19.12.20-19.12.25	5	31.91	7.40	17.85	13.79
11-1	턱끈펭귄	F	19.12.20-19.12.25	4	41.86	15.45	9.73	3.53
12-1	턱끈펭귄	M	19.12.20-19.12.26	5	40.32	13.90	26.06	11.01
13-1	턱끈펭귄	F	19.12.20-19.12.25	4	46.30	16.39	10.51	1.67
14-1	턱끈펭귄	M	19.12.20-19.12.27	6	47.75	21.38	10.50	3.71
16-1	턱끈펭귄	M	19.12.20-19.12.25	6	29.88	9.84	7.41	1.97
17-1	턱끈펭귄	F	19.12.20-19.12.26	7	29.04	17.99	18.62	12.16
22-1	턱끈펭귄	F	19.12.22-19.12.27	4	39.91	15.38	9.83	2.70
23-1	턱끈펭귄	M	19.12.22-19.12.27	5	29.38	7.63	8.07	0.81
25-1	턱끈펭귄	F	19.12.22-19.12.27	3	49.33	24.32	11.58	4.62
26-1	턱끈펭귄	M	19.12.22-19.12.27	5	31.01	5.55	7.86	1.90
3-2	젠투펭귄	F	19.12.25-20.01.05	12	17.61	7.52	8.46	2.73
6-2	젠투펭귄	U*	19.12.30-20.01.08	3	64.95	8.88	12.23	1.12
7-2	젠투펭귄	M	19.12.26-20.01.05	5	52.96	24.52	12.45	3.66
8-2	젠투펭귄	M	19.12.25-20.01.05	9	23.77	8.82	10.57	7.85
10-2	젠투펭귄	F	19.12.26-20.01.05	9	41.77	17.69	16.75	12.04
11-2	젠투펭귄	M	19.12.29-20.01.08	1	20.12		9.73	
12-2	젠투펭귄	F	19.12.29-20.01.08	6	31.76	12.12	9.80	4.27
13-2	젠투펭귄	M	19.12.26-20.01.05	6	31.76	12.12	9.70	1.36
16-2	젠투펭귄	F	19.12.26-20.01.05	7	35.17	15.53	10.99	3.59
17-2	턱끈펭귄	M	19.12.29-20.01.05	7	35.09	17.57	13.41	8.63
22-2	턱끈펭귄	F	19.12.29-20.01.05	6	37.57	5.81	10.41	1.26
23-2	턱끈펭귄	M	19.12.29-20.01.05	8	39.74	17.47	10.75	3.47
24-2	턱끈펭귄	F	19.12.29-20.01.07	9	20.45	8.48	8.56	3.58
25-2	턱끈펭귄	M	19.12.29-20.01.07	5	39.87	16.40	10.55	2.24
26-2	턱끈펭귄	F	19.12.29-20.01.05	6	47.91	11.13	14.47	9.23
2-3	턱끈펭귄	U*	20.01.10-20.01.16	7	34.09	20.02	18.56	14.13
3-3	턱끈펭귄	F	20.01.10-20.01.16	10	24.92	17.84	6.12	3.10
4-3	턱끈펭귄	M	20.01.09-20.01.17	7	34.14	15.77	8.59	3.20
5-3	턱끈펭귄	F	20.01.09-20.01.16	3	45.54	13.88	11.58	3.94
6-3	턱끈펭귄	F	20.01.10-20.01.16	7	27.01	13.02	6.69	2.34
7-3	턱끈펭귄	M	20.01.08-20.01.16	9	30.36	11.34	7.90	2.11

개체 번호	종	성별	추적기간	Trip No	이동거리(km)		이동시간(hour)	
					평균	표준편차	평균	표준편차
8-3	턱끈펭귄	F	20.01.08-20.01.15	10	26.56	15.16	7.02	3.47
10-3	턱끈펭귄	M	20.01.08-20.01.16	10	19.59	8.06	6.51	1.99
11-3	턱끈펭귄	M	20.01.10-20.01.16	6	45.54	22.06	17.37	14.71
12-3	턱끈펭귄	F	20.01.10-20.01.16	7	32.75	22.47	8.17	3.77
13-3	턱끈펭귄	F	20.01.08-20.01.15	11	23.13	9.70	7.15	3.21
14-3	턱끈펭귄	U*	20.01.10-20.01.16	9	27.50	22.06	9.44	9.32
16-3	턱끈펭귄	F	20.01.08-20.01.17	9	28.69	11.06	13.40	12.35
17-3	턱끈펭귄	M	20.01.08-20.01.15	8	26.45	11.73	7.57	2.79
22-3	턱끈펭귄	M	20.01.09-20.01.17	8	21.46	9.54	14.76	12.94
23-3	턱끈펭귄	F	20.01.09-20.01.16	9	25.58	11.54	6.79	2.24
24-3	턱끈펭귄	M	20.01.10-20.01.16	8	29.12	11.50	17.06	11.91

* 6-2, 2-3, 14-3은 성 판별 미실시

턱끈펭귄과 젠투펭귄의 먹이활동 지역 분석결과, 주요 먹이활동 지역은 번식지 남쪽의 맥스웰만과 브랜스필드 해협지역으로 나타났다 (그림 1-3-5). 주로 번식지에서 15-40 km 떨어진 해양으로 섭식이동을 한 것으로 보이며, 이곳은 펭귄의 먹이자원이 되는 남극크릴이 풍부할 것으로 추정된다.

최근 기후변화에 따른 해빙감소 및 크릴 포획 증가 등의 이유로 남극해의 크릴 밀도가 감소하고 있는 것으로 나타났다 (Flores et al. 2012). 이는 크릴을 주요 먹이원으로 이용하는 나레브스키 포인트의 펭귄 개체군에 심각한 영향을 미칠 수도 있으며, 이를 파악하기 위해서는 지속적인 해양환경 및 먹이활동 모니터링이 필요할 것으로 판단된다.

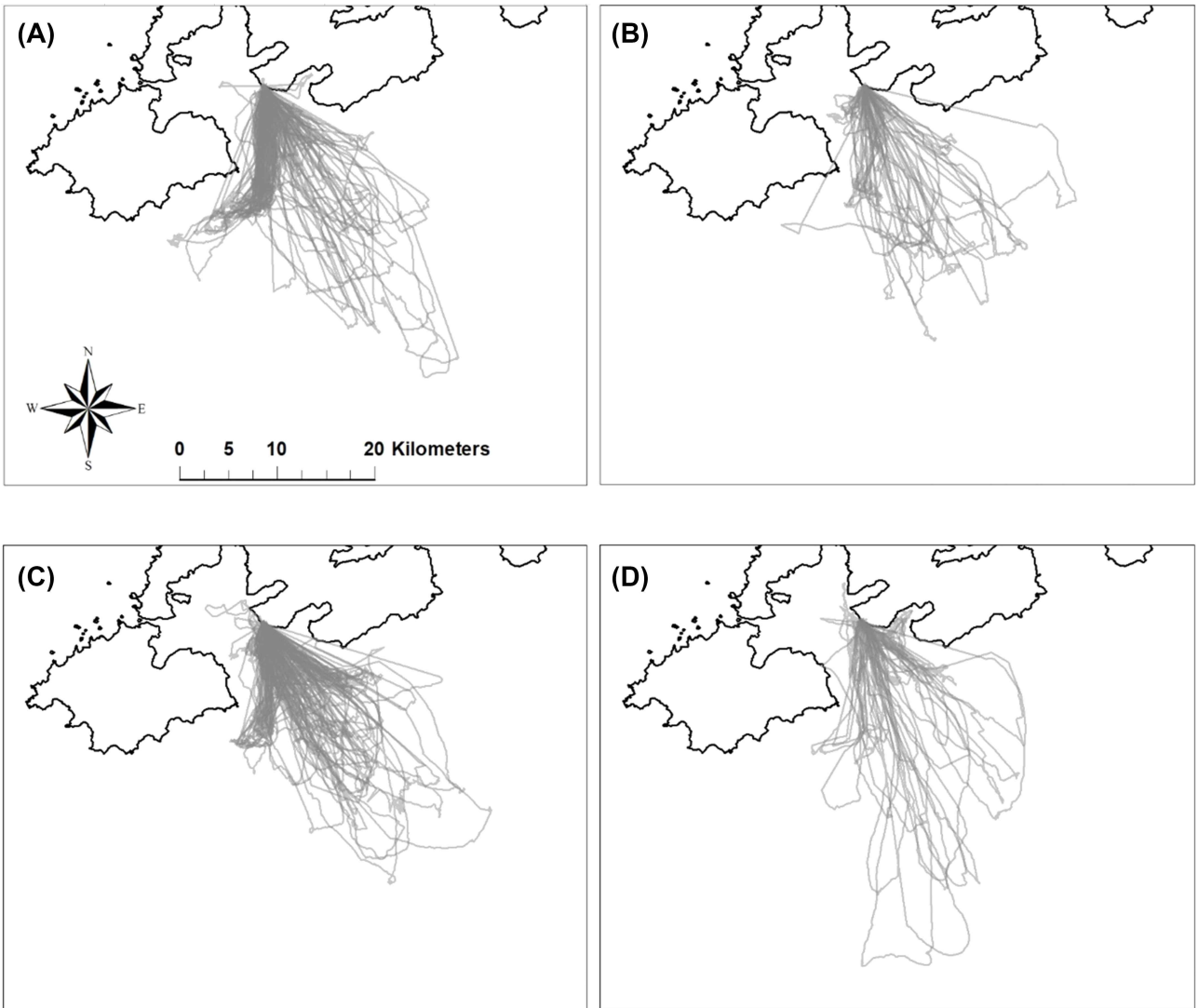


그림 1-3-5. 시기 및 종별 펭귄의 섭식이동 경로. (A) 턱끈펭귄 1차 추적 결과 (17개체, 2019.12.20.-2020.01.05.) (B) 턱끈펭귄 2차 추적 결과 (6개체, 2019.12.29.-2020.01.07) (C) 턱끈펭귄 3차 추적 결과 (17개체, 2020.01.08.-2020.01.19) (D) 젠투펭귄 추적 결과(9개체, 2019.12.25-2020.01.08)

나. 안정성 동위원소를 이용한 펭귄류 먹이원 이용 모니터링

2019/20년 젠투펭귄과 턱끈펭귄의 혈액 안정성 동위원소비와 잠재 먹이원인 크릴 및 남극은암치의 동위원소비와 비교결과, 두 종 모두 크릴 동위원소비에 가까워 남극은암치에 비해 크릴 이용비율이 높은 것으로 나타났다 (그림 1-3-6, 1-3-7).

젠투펭귄의 연령 및 성별 혈액 안정성 동위원소비를 비교 결과, 탄소 안정성 동위원소비와 질소 안정성 동위원소비 모두 성별과 연령에 따른 차이가 나타나지 않았다 (탄소: $df=2$, $F=2.86$, $p=0.07$, 질소: $df=2$, $F=1.83$, $p=0.18$; 그림 1-3-7).

턱끈펭귄 혈액 안정성 동위원소비의 연령 및 성별 비교 결과, 탄소 안정성 동위원소비와 질소 안정성 동위원소비 모두 연령과 성별에 따라 유의한 차이가 나타났다 (탄소: $df=2$, $F=142$, $p<0.01$, 질소: $df=2$, $F=45.35$, $p<0.01$; 그림 1-3-6). 탄소 안정성 동위원소비는 성별에 따른 유의한 차이가 나타나지 않았고, 성조가 새끼보다 높게 나타났다 (수컷-새끼: $diff=0.92$, $p<0.01$, 암컷-새끼: $diff=0.91$, $p<0.01$). 질소 안정성 동위원소비는 성별에 따른 유의한 차이가 나타나지 않았고, 성조가 새끼보다 높게 나타났다 (수컷-새끼: $diff=0.73$, $p<0.01$, 암컷-새끼: $diff=0.57$, $p<0.01$).

해양생물의 탄소 안정성 동위원소비는 육지에서 가까운 바다/먼바다 또는 저서/표영 등 넓은 범위에서의 서식지역으로 나타내어, 먹이활동 지역을 파악하는데 이용된다 (Quillfeldt et al. 2005). 따라서 연령 및 성별에 따른 탄소 동위원소비의 차이는 성별에 따라 섭식장소가 다를 수 있으며, 성조가 직접 섭취하는 먹이원과 유조에게 급이하는 먹이원이 다를 수 있다는 가능성을 나타낸다. 질소 안정성 동위원소비의 경우, 먹이원의 영양단계가 높아질수록 값이 증가하며 (DeNiro and Epstein 1981), 따라서 2019/20 번식기 동안 턱끈펭귄과 젠투펭귄 모두 암수 모두 직접 섭취하는 먹이원에 비해 새끼에게 더 낮은 영양단계의 먹이를 제공한 것을 의미한다.

펭귄 혈액의 질소 안정성 동위원소비를 이용하여 크릴과 어류 먹이원의 (대표 종으로 남극은암치의 안정성 동위원소비를 분석에 이용) 이용 비율을 추정한 결과, 두 종 모두 크릴의 비율이 70% 내외로 유지되는 것으로 나타났다. 작년 2018/19년에 비해서 젠투펭귄과 턱끈펭귄에서 크릴 이용 비율이 증가한 것으로 나타났다 (표 1-3-2, 표 1-3-3). 크릴의 비율은 모든 연도에서 성조에 비해 유조에게서 더 높았으며, 이는 크릴이 육추를 위한 주요 먹이자원임을 뜻한다. 따라서 펭귄의 번식에 있어 크릴의 가용도가 매우 중요한 요인임을 보여준다. 이는 크릴과 같은 먹이자원의 변화가 펭귄 개체군과 밀접한 관련이 있음을 의미하며 (Trivelpiece et al. 2011), 때문에 펭귄 개체군 변동을 예측함에 있어 먹이 자원을 모니터링할 필요가 있다.

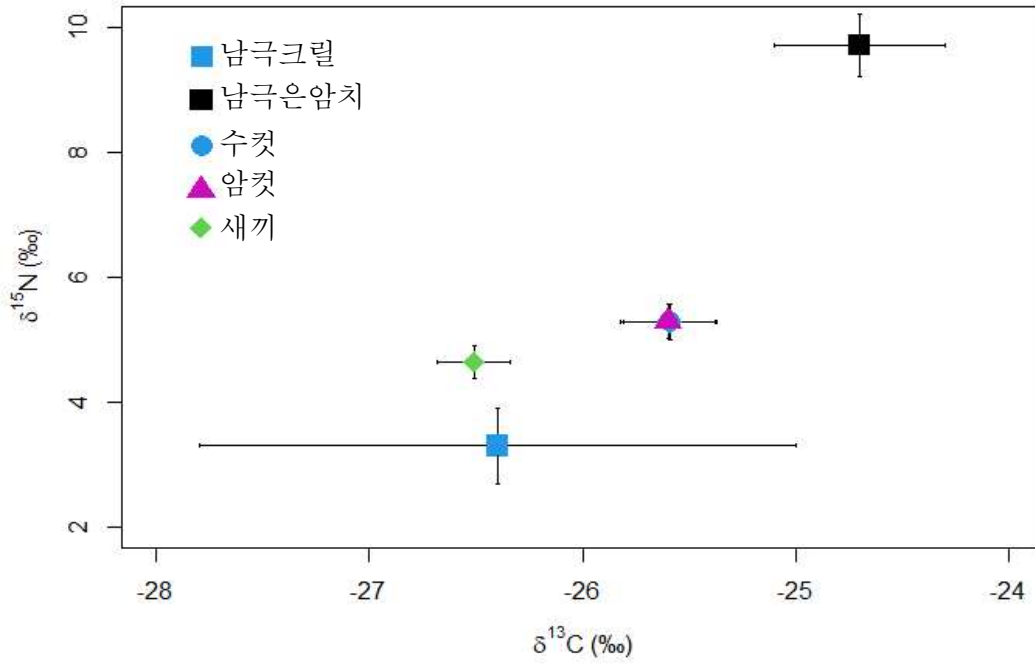


그림 1-3-6. 턱끈펭귄과 먹이원 (크릴, 남극은암치)의 안정성 동위원소비

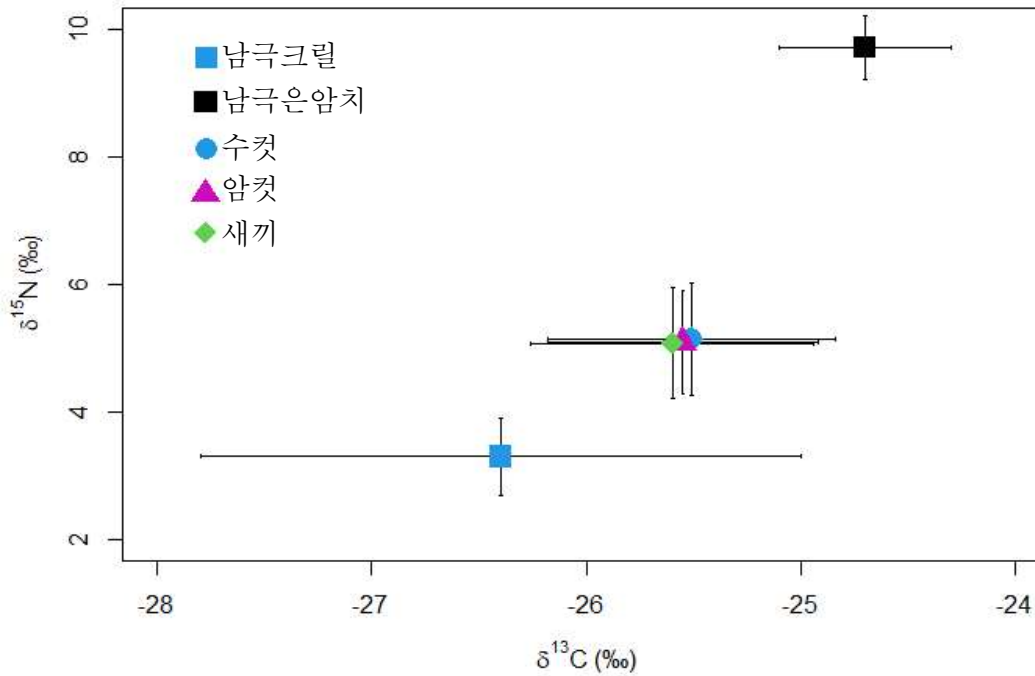


그림 1-3-7. 젠투펭귄과 먹이원 (크릴, 남극은암치)의 안정성 동위원소비

표 1-3-2. δ15N 이원 혼합모형을 통해 추정된 젠투펩권의 먹이원 이용 비율

구분	먹이에서 크릴의 비율 (95% 신뢰한계)	먹이에서 어류의 비율 (95% 신뢰한계)
전체(2020)	70.8 (70.1-71.5)	29.2 (28.5-29.9)
수컷 성조		
2013	66.4 (61.2-71.6)	33.6 (28.4-38.8)
2014	67.9 (61.3-74.5)	32.1 (25.5-38.7)
2015	69.1 (65.1-73.1)	30.9 (26.9-34.9)
2016	72.6 (68.9-76.3)	29.2 (26.4-29.2)
2017	70.2 (66.6-73.7)	35.2 (28.6-41.8)
2018	67.8 (65.0-70.6)	32.2 (29.4-35.0)
2019	74.1 (67.9-80.3)	25.9 (19.7-32.1)
2020	65.1 (62.0-68.2)	34.9 (31.8-38.0)
암컷 성조		
2013	72.9 (69.5-76.3)	27.1 (23.7-30.5)
2014	65.9 (51.8-79.9)	34.1 (20.1-48.2)
2015	68.2 (64.2-72.1)	31.8 (27.9-35.8)
2016	74.3 (69.8-78.7)	30.2 (25.7-30.2)
2017	69.2 (66.0-72.4)	37.2 (23.2-51.2)
2018	72.0 (69.5-74.5)	28.0 (25.5-30.5)
2019	74.2 (71.1-77.2)	25.8 (22.8-28.8)
2020	74.3 (72.8-75.8)	25.7 (24.2-27.2)
새끼		
2013	78.1 (67.7-88.4)	21.9 (11.6-32.3)
2014	78.2 (73.1-83.3)	21.8 (16.7-26.9)
2015	71.5 (68.1-75.0)	28.5 (25.0-31.9)
2016	74.3 (69.8-78.7)	30.2 (21.3-30.2)
2017	73.9 (71.1-76.8)	26.1 (23.2-28.9)
2018	74.9 (72.1-77.8)	25.1 (22.2-27.9)
2019	80.7 (76.4-85.0)	19.3 (15.0-23.6)
2020	73.6 (71.7-75.5)	26.4 (24.5-28.3)

표 1-3-3. δ15N 이원 혼합모형을 통해 추정된 턱끈펭귄의 먹이원 이용 비율

구분	먹이에서 크릴의 비율 (95% 신뢰한계)	먹이에서 어류의 비율 (95% 신뢰한계)
전체(2020)	70.7 (70.4-70.9)	29.3 (29.1-29.5)
수컷 성조		
2013	66.7 (62.9-70.5)	33.3 (29.5-37.1)
2014	70.8 (64.4-77.1)	29.2 (22.9-35.6)
2015	65.0 (61.6-68.3)	35.0 (31.7-38.4)
2016	70.2 (66.3-74.0)	29.8 (26.0-33.7)
2017	66.2 (63.4-69.1)	33.8 (30.9-36.6)
2018	63.7 (61.9-65.5)	36.3 (34.5-38.1)
2019	71.8 (67.5-76.1)	28.2 (23.9-32.5)
2020	66.1 (65.3-66.9)	33.9 (33.1-34.7)
암컷 성조		
2013	74.3 (70.2-78.5)	25.7 (21.5-29.8)
2014	67.4 (62.3-72.6)	32.6 (27.4-37.7)
2015	67.0 (63.1-70.9)	33.0 (29.1-36.9)
2016	71.3 (67.7-74.9)	28.7 (25.1-32.3)
2017	69.0 (66.4-71.7)	31.0 (28.3-33.6)
2018	67.9 (66.0-69.8)	32.1 (30.2-34.0)
2019	74.6 (70.4-86.4)	17.9 (13.6-22.2)
2020	68.4 (67.6-69.2)	31.6 (30.8-32.4)
새끼		
2013	78.4 (74.5-82.3)	21.6 (17.7-25.5)
2014	83.9 (80.4-87.5)	16.1 (12.5-19.6)
2015	73.7 (70.6-76.8)	26.3 (23.2-29.4)
2016	74.3 (69.8-78.7)	25.7 (21.3-30.2)
2017	73.9 (71.2-76.7)	26.1 (23.3-28.8)
2018	76.3 (73.4-79.2)	23.7 (20.8-26.6)
2019	82.1 (77.8-86.4)	17.9 (13.6-22.2)
2020	77.6 (76.8-78.4)	22.4 (21.6-23.2)

제 4 절 보호구역에 서식하는 펭귄의 번식기 행동 및 계절별 이동 연구

1. 배경

가. 펭귄 번식기 행동 조사의 필요성

펭귄은 조류 가운데 잠수에 특화된 조류이다. 특히 물속에서 먹이를 잡고 헤엄치는데 진화된 날개와 다리의 구조로 인하여 장시간에 걸쳐 잠수를 하는 것이 가능하다고 알려져 있다.

생태학적인 연구를 위하여 펭귄의 번식기는 매우 중요하다. 비번식기에는 먼 거리를 이동한다고 알려져 있기 때문에 번식기에 포획과 시료 채취가 가능하므로, 주로 연구자들은 이 시기에 생태 조사를 실시한다. 또한 펭귄의 입장에서 볼 때 번식기는 개체의 생존과 자손의 번식을 위해 가장 중요한 시기이다.

남극특별보호구역 171번으로 지정된 나레브스키 포인트 지역은 젠투펭귄과 턱끈펭귄의 번식지이다. 따라서 해당 지역에 서식하는 펭귄의 번식기 행동을 관찰하고 이러한 행동의 결과, 펭귄의 생존 환경의 변화 양상을 모니터링하는 것은 특별보호구역 관리에 매우 중요하다. 특히 부화 후 새끼를 키우는 기간에는 양육을 위해서 새끼에게 먹이를 벨어서 급여하기 때문에, 취식 행동이 이뤄지는 위치와 잠수 깊이는 펭귄의 번식기 행동을 이해하는 기초적인 데이터가 된다.

젠투펭귄과 턱끈펭귄은 같은 먹이원을 공유하기 때문에 먹이원을 둘러싼 생태학적 지위 경쟁 (Ecological niche competition)이 일어날 것으로 예상된다 (Kokubun et al. 2010, Rosciano et al. 2016). 해당 보호구역에 서식하는 젠투펭귄과 턱끈펭귄은 주요 먹이원으로 크릴 (Antarctic krill)을 비롯한 물고기를 주요 먹이원으로 하기 때문에 생태적 지위를 둘러싼 경쟁이 발생할 것으로 예상되는 지역이다 (Kokubun et al. 2010).

번식기 펭귄은 서식지를 기반으로 주요 취식지에서 먹이를 구하고 다시 등지로 돌아와 새끼에게 이를 급여하는 전략을 택하였다. 따라서 취식지로 이용하는 지역과 주요 먹이원을 파악하는 것은 펭귄의 번식을 이해하는 중요한 정보가 된다. 펭귄의 취식은 주로 해양생산성이 풍부한 지역에서 이뤄지기 때문에 이와 관련한 먹이 가용성 (Prey availability)은 펭귄의 번식 환경이 어떻게 변화하고 있는지를 짐작할 수 있다.

이와 더불어 펭귄의 수면 행동은 아직 과학적인 연구가 제대로 이뤄지지 않아서

그 생물학적인 기작이 알려져 있지 않다. 번식기 새끼의 성장을 위해 투자하는 부모의 시간과 에너지를 고려할 때, 펭귄이 수면을 위해 사용하는 시간과 전략은 생존에 매우 중요하다. 따라서 본 연구에서는 번식기 펭귄의 수면을 측정하여 이를 과학적으로 이해하고, 보호구역 관리를 위한 기초 정보로 이용하는 것을 목표로 하였다.

나. 펭귄의 회귀율, 이혼율 연구의 필요성

펭귄은 다른 많은 해양 조류와 마찬가지로 번식기가 끝나면 월동지로 이동해 겨울을 나고 이듬해 다시 번식기가 오는 시기에 맞춰 이동하는 철새이다. 젠투펭귄과 턱끈펭귄은 번식기에 걸쳐 일부일처제를 유지하지만 (Croxall 1984), 회귀율 (혹은 도래율, Return rate)은 해마다 환경적인 요인들에 의하여 변화하는 것으로 알려져 있다.(Trivelpiece and Trivelpiece 1990) 따라서 펭귄이 월동을 마치고 번식지로 돌아와 다시 짝을 이루는 과정에 대한 연구는 펭귄의 번식 주기 및 번식성공을 이해하기 위한 기초 자료가 된다.

또한 펭귄이 해마다 짝을 유지하는지 혹은 교체하는지를 통해 이혼율 (Divorce rate)을 조사하여 짝짓기와 번식이 시작되는 과정에 대해 생태적 이해를 넓힐 수 있다. 이에 따라 극지연구소에서는 지난 2017년부터 턱끈펭귄을 대상으로 펭귄의 체내에 인식칩을 삽입하고 회귀율과 이혼율을 조사하고 있다

극지연구소

2. 조사 내용 및 방법

가. 펭귄의 취식행동 조사

남극특별보호구역 171번 나레브스키 포인트 지역에서의 현장조사를 통해 진행되었다. 2019년 12월 28일부터 31일까지 육추기 두 마리의 새끼를 지냈으며 새끼는 부화하고 약 7-10일이 경과된 둥지를 대상으로 진행하였다. 부모가 둥지에서 교대

표 1-4-1. 나레브스키 포인트에서 육추기에 획득한 턱끈펭귄과 젠투펭귄 25개체 정보 (BM: Body Mass, 몸무게)

Year	Species	ID	Time capture (yyyy-mm-dd hh:mm)	Time recapture (yyyy-mm-dd hh:mm)	Logger type	BM capture (kg)	BM recapture (kg)
2019-2020	Chinstrap	C07_1	28-12-2019 15:45	-	GPL400-D3GT	3.5	-
2019-2020	Chinstrap	C07_2	28-12-2019 15:45	-	GPL400-D3GT	3.5	-
2019-2020	Chinstrap	C08	28-12-2019 15:51	29-12-2019 10:44	GPL400-D3GT	4.3	-
2019-2020	Chinstrap	C11_1	28-12-2019 16:08	29-12-2019 10:59	GPL400-D3GT	4.2	-
2019-2020	Chinstrap	C11_2	28-12-2019 16:08	-	GPL400-D3GT	4.2	-
2019-2020	Chinstrap	C12	28-12-2019 16:13	29-12-2019 11:02	GPL400-D3GT	4.4	-
2019-2020	Chinstrap	C13	28-12-2019 16:17	29-12-2019 10:51	GPL400-D3GT	3.8	-
2019-2020	Chinstrap	C14	28-12-2019 16:22	29-12-2019 10:47	GPL400-D3GT	4.4	-
2019-2020	Chinstrap	C15_1	31-12-2019 14:40	-	GPL400-D3GT	3.8	-
2019-2020	Chinstrap	C15_2	31-12-2019 14:40	-	GPL400-D3GT	3.8	-
2019-2020	Chinstrap	C16	31-12-2019 14:47	01-01-2019 16:28	GPL400-D3GT	4.3	-
2019-2020	Chinstrap	C17	31-12-2019 15:03	01-01-2019 10:00	GPL400-D3GT	4	-
2019-2020	Chinstrap	C19	31-12-2019 15:12	01-01-2019 16:21	GPL400-D3GT	3.7	-
2019-2020	Chinstrap	C20	31-12-2019 15:16	01-01-2019 16:25	GPL400-D3GT	3.9	-
2019-2020	Chinstrap	C21_1	31-12-2019 15:40	01-01-2019 10:09	GPL400-D3GT	4.8	-
2019-2020	Chinstrap	C21_2	31-12-2019 15:40	-	GPL400-D3GT	4.8	-
2019-2020	Gentoo	G05M_1	22-12-2019 10:40	23-12-2019 16:50	GPL400-D3GT	6.2	6.8
2019-2020	Gentoo	G05M_2	22-12-2019 10:40	23-12-2019 16:50	GPL400-D3GT	6.2	6.8
2019-2020	Gentoo	G07M_1	22-12-2019 11:10	25-12-2019 15:00	GPL400-D3GT	5.5	-
2019-2020	Gentoo	G07M_2	22-12-2019 11:10	25-12-2019 15:00	GPL400-D3GT	5.5	-
2019-2020	Gentoo	G08	25-12-2019 16:22	27-12-2019 20:31	GPL400-D3GT	4.4	5.0
2019-2020	Gentoo	G09	26-12-2019 16:43	27-12-2019 20:23	GPL400-D3GT	5.7	5.8
2019-2020	Gentoo	G10	27-12-2019 16:50	27-12-2019 10:10	GPL400-D3GT	4.8	-
2019-2020	Gentoo	G11	28-12-2019 16:55	27-12-2019 10:20	GPL400-D3GT	5.4	-
2019-2020	Gentoo	G14	31-12-2019 17:20	27-12-2019 20:42	GPL400-D3GT	5.0	5.1

를 하고 바다로 나가는 때를 기다린 뒤, 네트를 이용해 포획한 개체들은 위치/잠수 기록계를 부착하여 취식 경로를 획득하였다 (표 1-4-1, 총 25개체).

위치/잠수기록에 사용한 바이오로거는 초당 GPS위치와 잠수 깊이를 측정하는 장비이며, 일본 리틀레오나르도 (Little Leonardo)사에서 제작된 제품이다. 길이는 103 mm, 무게는 86 g, 지름 20 mm의 원통형 모양이며, 이전 연구를 통하여 남극 환경에서 위치와 잠수 정보 획득이 검증되었다 (그림 1-4-1).

또한 수면 행동 측정을 위하여 사용한 바이오로거는 프랑스 리옹 뇌과학연구소에서 제작되었으며 Dr. Paul-Antoine Libourel이 제품 디자인과 현장 조사를 담당하였다. 본 연구를 위하여 200 m 이상 깊이에서 압력에 대한 내구성을 테스트하였으며, 최대 20일 간 측정이 가능하도록 설계하였다. 또한 프랑스 연구진이 선행 연구를 통해 칼새, 도마뱀 등에 테스트, 그 성능이 검증된 제품을 이용하였다 (그림 1-4-2).

2019년 12월, 2020년 1월 현장조사에 걸쳐 남극특별보호구역 171번 턱끈펭귄 번식지에서 4개의 서브콜로니 (C07, C07A, C08, C09)를 선정하여 각 등지 위치별로 ID를 부여하고 해당 번식지에 있는 번식쌍을 포획하였다. 이후 포획된 개체는 RFID tag를 피하지방에 삽입하여 인식 구분에 사용하였다 (그림 1-4-1).

RFID 리더기는 134.2 kHz frequency, 인식 범위 30 cm, 길이 650 mm 인 장비를 이용하였으며, 지난 2017년부터 부착해온 칩을 확인하고 회귀율과 이혼율을 기록하였다.



그림 1-4-1. 2019년 12월 7일, 포란 중인 턱끈펭귄 번식쌍에 부착한 위치/잠수기록계 및 수면행동 측정용 로거



그림 1-4-2. 2019년 12월 15일, 위치/잠수기록계 및 수면행동 측정용 로거를 달고 바다로 향하는 턱끈펭귄



그림 1-4-3. 1월 현장조사 기간 동안 펭귄 목 뒤 피하 조직에 RFID 인식칩을 삽입하는 모습

3. 조사결과

가. 위치/수심기록계를 이용한 취식행동 분석

2019년 12월에 부착한 위치/수심기록계에서 얻어진 자료는 아래와 같다 (표 1-4-2). 턱끈펭귄은 시간 당 평균 22.8회, 젠투펭귄은 시간 당 평균 26.6회의 잠수 횟수를 기록하였다. 통계적으로 유의미한 차이가 난 지표는 평균 최대잠수깊이, 평균 잠수시간, 평균 잠수깊이었다 (GLMM, all $p < 0.01$). 평균 최대잠수깊이는 턱끈펭귄이 68.8 m, 젠투펭귄이 101.1 m, 평균 잠수시간은 턱끈펭귄 65.5초, 젠투펭귄 109.3초, 평균 잠수 깊이는 턱끈펭귄 25.6 m, 젠투펭귄 48.6 m를 기록하였다.

잠수 위치는 깊이 200 m 미만 대륙붕 (on-shelf), 깊이 200~400 m의 맥스웰 만 (Maxwell Bay), 깊이 400 m 이상으로 만 경계를 벗어난 외해 (off-shelf)로 구분하였다. 턱끈펭귄은 이 가운데 맥스웰 만에서 잠수 횟수의 빈도가 전체의 63.4%로 가장 높게 나타났다. 반면 젠투펭귄은 200 m 미만 대륙붕 지역에서의 잠수 횟수가 전체의 40.8%로 가장 높게 나타났다. 이는 젠투펭귄이 대륙붕 인근에서 먹이를 찾는 저서성 취식 (benthic foraging)을 선호한 결과로 보인다.

표 1-4-2. 2019년 12월에 부착한 턱끈펭귄 (Chinstrap)과 젠투펭귄 (Gentoo)의 잠수를 나타내는 지표 (Dive parameter) 및 잠수 위치 (Dive location)

	2019-2020	
	Chinstrap	Gentoo
Dive parameter		
Dive per hour (mean ± SD)	22.8 ± 5.2	26.6 ± 6.2
Maximum Dive Depth (m, mean ± SD)	68.8 ± 19.2	101.1 ± 20.7
Mean Dive Duration (s, mean ± SE)	65.5 ± 2.9	109.3 ± 4.2
Mean Dive Depth (s, mean ± SE)	25.6 ± 2.1	48.6 ± 5.5
Proportion of dive location (% , mean ± SD)		
On-shelf dive	16.6 ± 30.1	40.8 ± 36.2
Maxwell Bay dive	63.4 ± 40.9	33.2 ± 31.3
Off-shelf dive	20.0 ± 35.5	26.1 ± 39.6

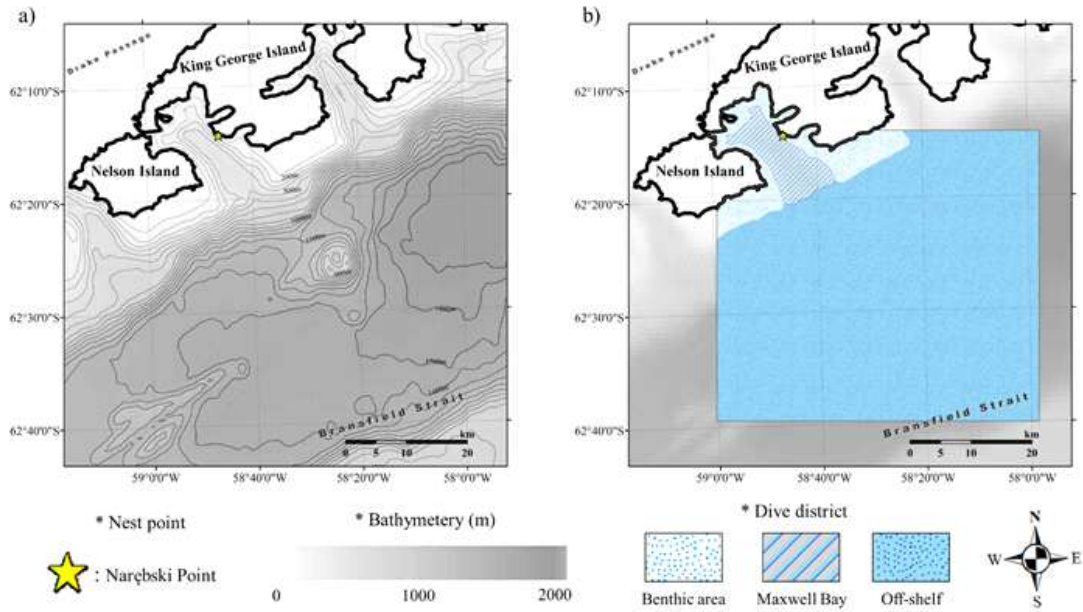


그림 1-4-4. GEBCO 2014 30 arc-second grid data에서 얻은 해저지형 데이터를 활용하여 킹조지섬 나레브스키포인프 남단 해역을 200 m 미만 대륙붕 (on-shelf), 깊이 200-400 m의 맥스웰만 (Maxwell Bay), 깊이 400 m 이상으로 만 경계를 벗어난 외해 (off-shelf)로 구분한 지형도

극지연구소

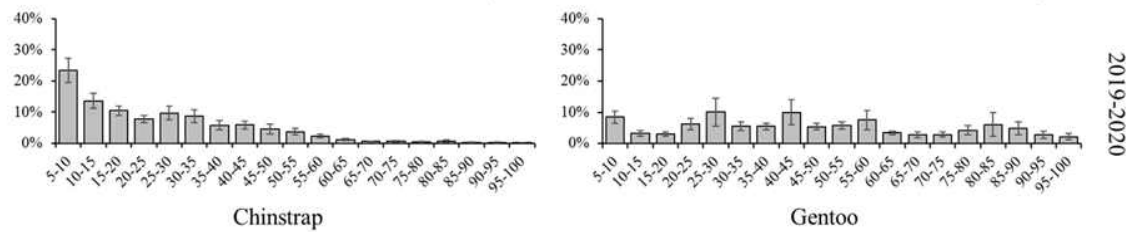


그림 1-4-5. 턱끈펭귄 (Chinstrap)과 젠투펭귄 (Gentoo)의 깊이별 잠수 빈도

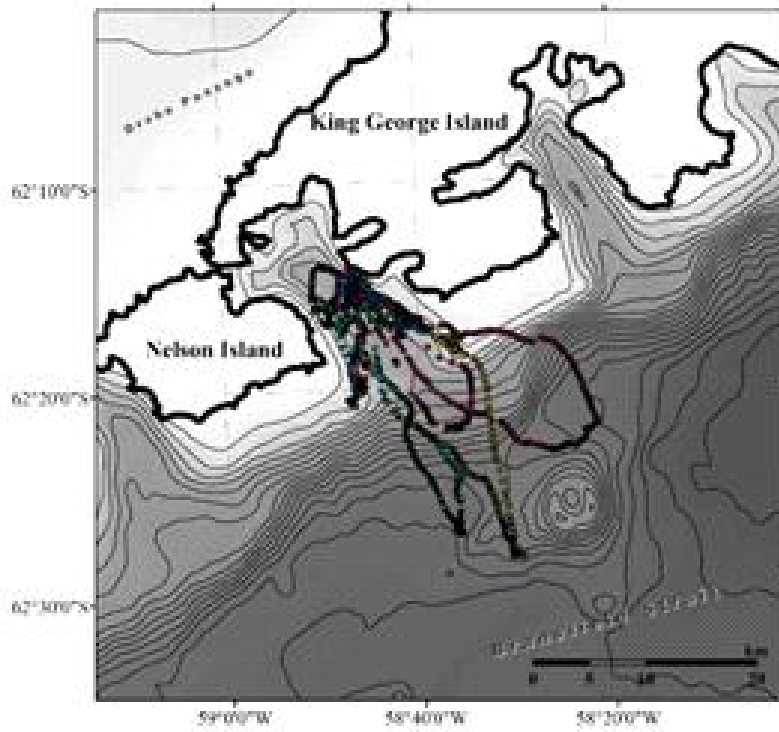


그림 1-4-6. 2019년 12월에 부착한 턱끈펭귄의 취식지 이동경로 (총 16 개체)

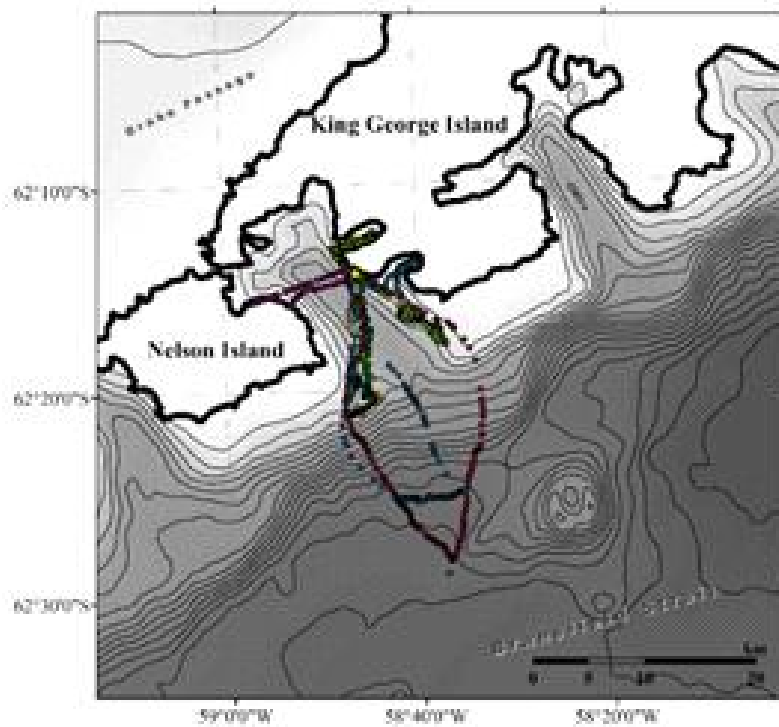


그림 1-4-7. 2019년 12월에 부착한 젠투펭귄의 취식지 이동경로 (총 9 개체)

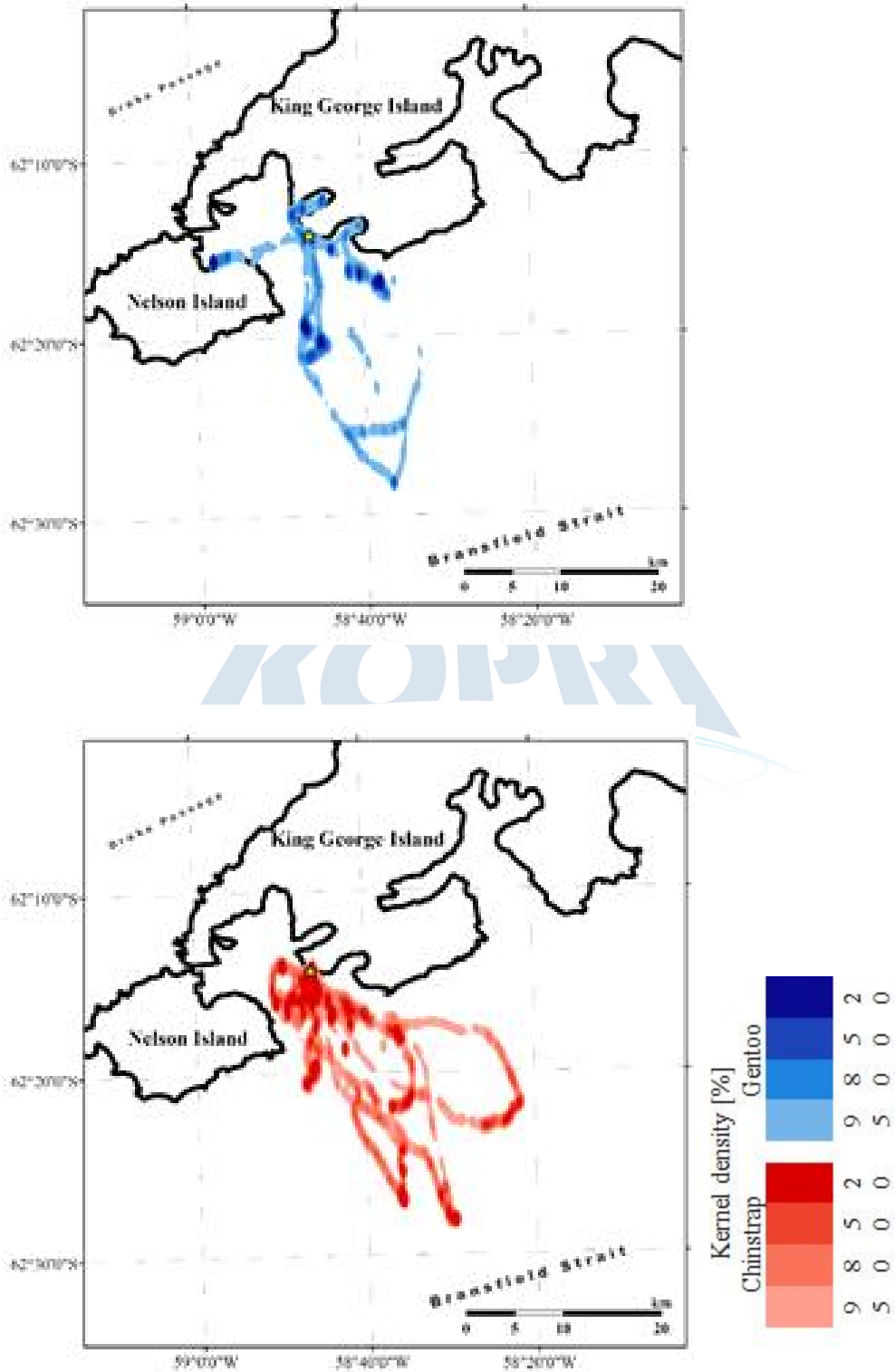


그림 1-4-8. 2019년 12월에 부착한 턱끈펭귄 (위, 붉은색)과 젠투펭귄 (아래, 파란색)의 취식지 이동경로를 커널밀도함수 (Kernel density)로 나타낸 그림

2019년 12월 22일부터 2019년 12월 31일까지 취식영역을 조사한 결과, 턱끈펭귄과 젠투펭귄의 주요 취식영역은 나레브스키 포인트에서 남동쪽으로 약 20~30 km 떨어진 영역으로 나타났다. 주로 맥스웰 만 안쪽에서 잠수를 하는 횟수가 많았지만, 턱끈펭귄은 젠투펭귄에 비해 더 먼 외해로 자주 나가는 것이 확인되었다. 특히 턱끈펭귄 3개체는 번식지에서 30킬로미터 떨어진 해저산맥 (Orca Seamount)에서 취식 활동을 한 것으로 짐작된다.

턱끈펭귄과 젠투펭귄의 잠수는 전체적으로 젠투펭귄이 턱끈펭귄에 비해 더 깊은 잠수 깊이, 긴 잠수 시간을 나타내는 것으로 기록되었다. 턱끈펭귄의 평균 잠수깊이는 25.07 m인 반면, 젠투펭귄의 잠수 깊이는 39.99 m로 나타나 평균적으로 약 14.92 m의 잠수 깊이 차이를 보였다.

턱끈펭귄은 전체의 절반 가량에 달하는 잠수를 5~20 m의 얇은 잠수에 집중한 것으로 나타났다. 반면 젠투펭귄은 5~20 m의 잠수 빈도가 20%에 불과하였으며 15~30 m 구간에선 잠수 깊이가 깊어짐에 따라 빈도가 증가하였다.

잠수 시간을 비교해보면 턱끈펭귄은 평균 64.92초를 기록한 반면 젠투펭귄은 평균 100.22초를 기록하여 35.3초 차이를 보였다. 이는 젠투펭귄의 잠수 시간이 턱끈펭귄에 비해 약 1.5배 가량 긴 수치이다.

한 번 잠수를 하였을 때 비슷한 깊이에서 평평한 잠수를 한 비율을 나타내는 잠수 효율을 비교해보면, 턱끈펭귄은 약 5~30%의 분포를 나타냈으며 젠투펭귄은 약 20~45%를 나타냈다.

극지연구소

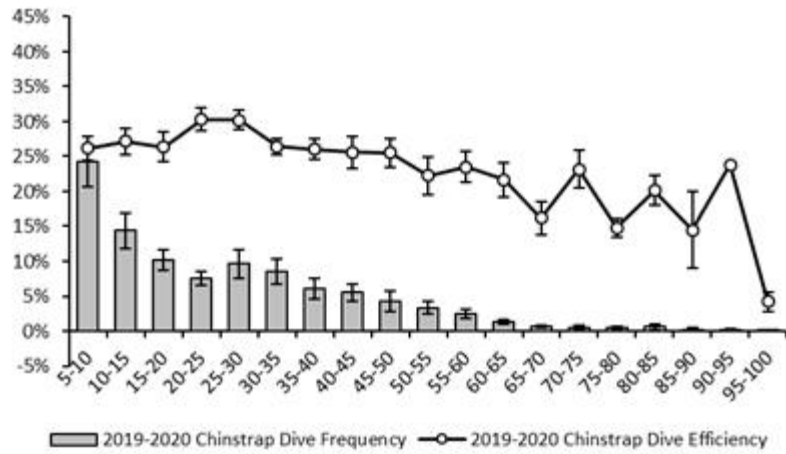


그림 1-4-9. 2019년 12월에 부착한 턱끈펭귄의 잠수깊이 빈도 (dive frequency)와 잠수효율 (dive efficiency)를 나타낸 그래프

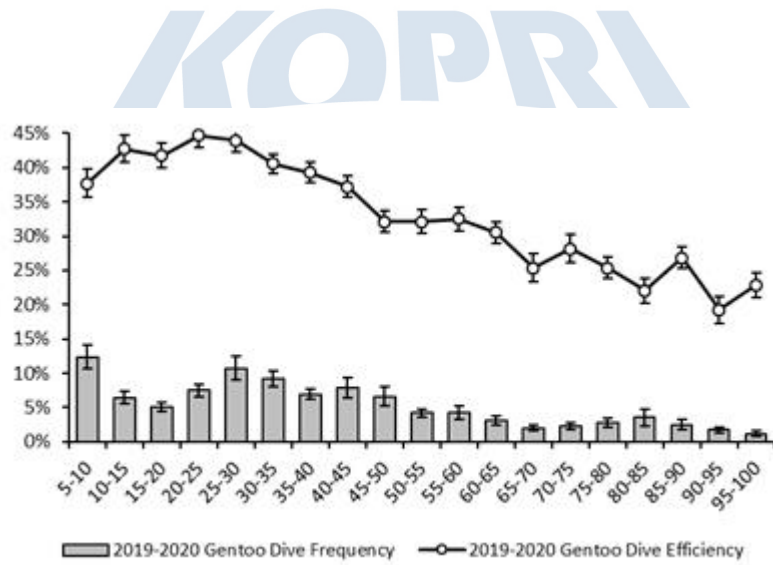


그림 1-4-10. 2019년 12월에 부착한 젠투펭귄의 잠수깊이 빈도 (dive frequency)와 잠수효율 (dive efficiency)를 나타낸 그래프

다. 펭귄의 수면 행동

2019년 12월 2일부터 16일까지 프랑스 리옹 뇌과학연구소의 Dr. Paul-Antoine Libourel 과 청주동물원 소속 김정호 수의사와 공동으로 조사한 결과에 따르면, 포란 중인 턱끈펭귄은 수면 중에 다른 조류와 유사한 서파수면 (Slow wave sleep) 신호를 나타냈다.

총 19개체에 수면측정용 로거를 부착하였으며, 이를 통해 뇌파 (EEG) 및 근육 전기 신호 (EMG) 등을 함께 분석하였다(그림 1-4-11).

깨어있을 때 (awakening)와 잠들었을 때 서파수면 상태일 때의 뇌파는 신호의 높낮이를 통해 구분이 가능했다 (그림 1-4-12).

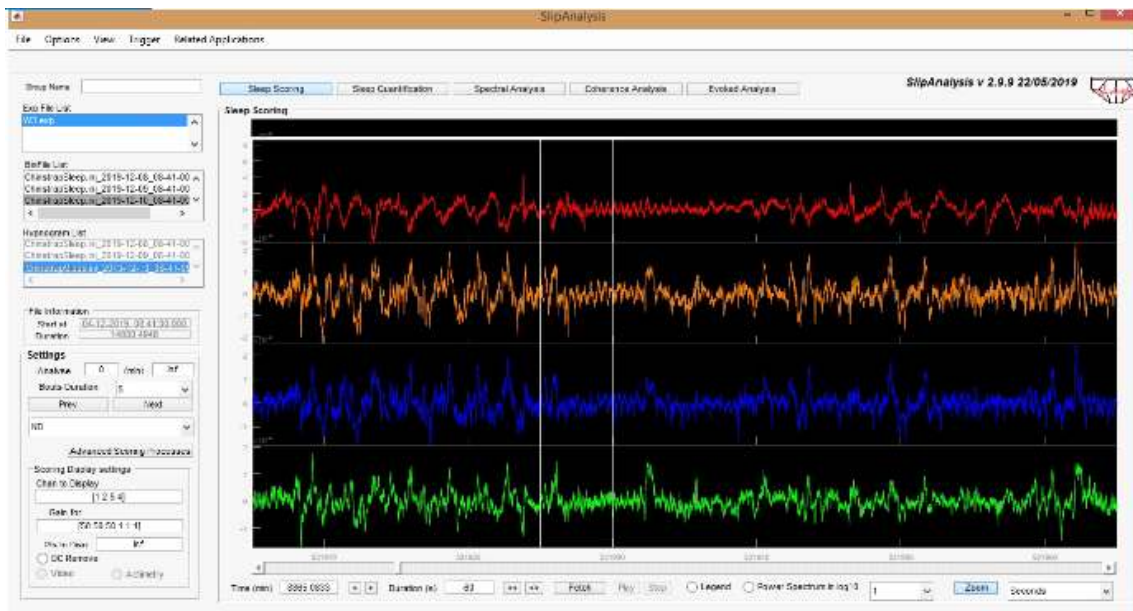


그림 1-4-11. 2019년 12월 10일 턱끈펭귄 수면행동 측정용 로거에서 얻어진 뇌파 및 근육 전기 신호 그래프

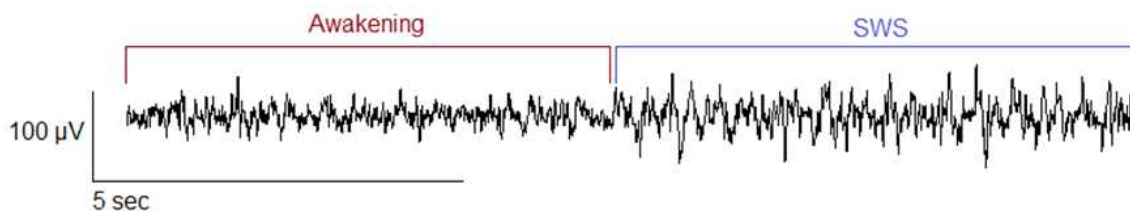


그림 1-4-12. 2019년 12월 10일 턱끈펭귄 수면행동 측정용 로거에서 얻어진 뇌파 신호 그래프의 예시

다. 턱끈펭귄의 계절별 이동경로

2015년, 2016년, 2018년에 부착하여 수거한 턱끈펭귄의 계절별 이동경로는 크게 동쪽과 서쪽으로 나뉘어졌으며, 동쪽으로 이동한 개체들은 대서양 남단, 서쪽으로 이동한 개체들은 태평양 남단에서 겨울철을 보내는 것으로 분석되었다 (그림 1-4-13).

총 30개체 가운데 서쪽으로 이동한 개체는 21마리 (암컷 7마리, 수컷 14마리), 동쪽으로 이동한 개체는 9마리 (암컷 3마리, 수컷 6마리)로 나타났다. 이동 방향에 대한 분석을 표로 정리한 결과는 아래와 같다 (표 1-4-3).

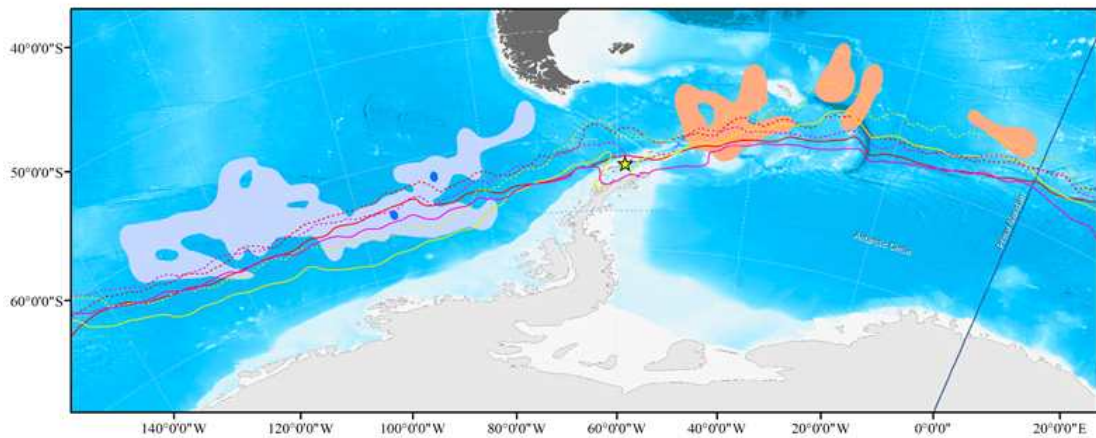


그림 1-4-13. 2015년, 2016년, 2018년에 부착하여 수거한 지오로케이터에서 얻은 턱끈펭귄의 겨울철 (8월) 분포 범위. 별표는 나레브스키 포인트 (ASPA 171), 보라색과 분홍색은 각각 서쪽과 동쪽으로 이동한 개체들의 범위를 커널 밀도 95%로 나타낸 분포도.

표 1-4-3. 2015년, 2016년, 2018년에 부착하여 수거한 지오로케이터 30개를 분석하여 얻은 결과를 정리한 표. 겨울철 분포 범위를 종합하여 이동 방향을 서쪽과 동쪽으로 양분화하여 정리하였음.

Year	Westward		Eastward		Sum
	Female	Male	Female	Male	
2015	3	0	0	1	4
2016	1	6	1	1	9
2018	3	8	2	4	17
Sum	7	14	3	6	30

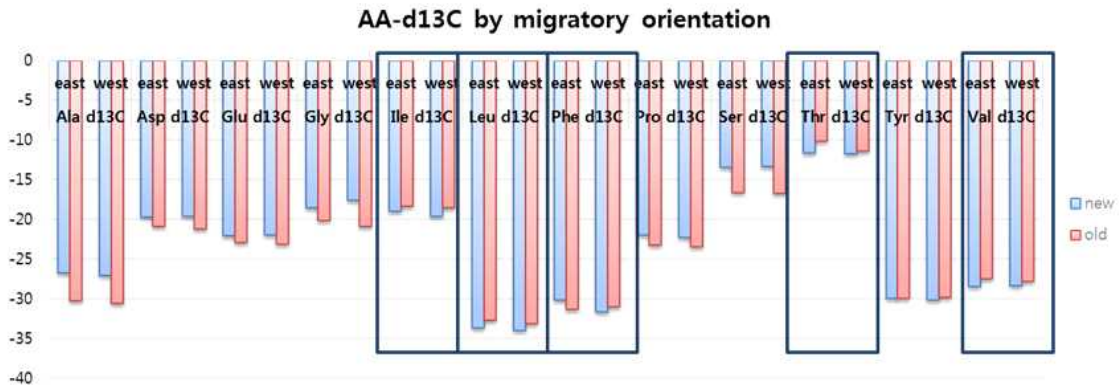


그림 1-4-14. 2015년, 2016년, 2018년에 이동경로가 밝혀진 개체들의 꼬리깃을 이용하여 아미노산 탄소 동위원소 값을 비교한 그래프. 서쪽 (west)과 동쪽 (east)으로 이동한 개체들의 꼬리깃을 비교한 결과, 번식지에 머무르는 동안 자라난 부분 (old)의 수치와 월동지로 이동하였을 때 자라난 부분 (new)의 수치가 상이한 것으로 나타났다.

겨울철 이동 방향이 알려진 총 30개체의 2015년, 2016년, 2018년 시료의 꼬리깃을 이용하여 아미노산 탄소 동위원소 값을 비교한 결과, 서쪽 (west)과 동쪽 (east)으로 이동한 개체들이 번식지에 머무르는 동안 자라난 부분 (old)의 수치와 월동지로 이동하였을 때 자라난 부분 (new)의 수치가 상이한 것으로 나타났다. 이러한 차이는 태평양과 대서양 해역의 1차 생산에 기여하는 탄소 동위원소의 수치 차이 때문으로 여겨지며, 월동지에서 섭취한 먹이원이 반영된 결과로 보인다 (그림 1-4-14).

따라서 추후 꼬리깃의 탄소 동위원소 수치만 비교한다면, 추후 개체들의 이동 방향을 예측하는 지표로 사용이 가능할 것이라고 여겨진다.

라. 턱끈펭귄의 회귀율 및 둥지충실도

2019년 12월 나레브스키 포인트의 턱끈펭귄 4개 서브콜로니 (C07, C07A, C08, C09)에 대하여 둥지 회귀율 (Return rate) 및 둥지 충실도 (Nest fidelity)를 조사한 결과, 각 서브콜로니 별로 모든 번식쌍을 포획하여 RFID 번호를 확인하여 회귀율과 둥지충실도에 대해 다음과 같은 결과를 얻었다.

회귀율은 각 서브콜로니 별로 차이가 있었는데, C07A가 그 가운데 가장 낮은 60%를 기록하였으며 C08은 가장 높은 92%를 나타냈다.

이혼율을 계산하기 위해 2018~2019년도 번식쌍과 2019~2020년 번식쌍을 비교하였다. 그 결과, 회귀율이 가장 높았던 C08에선 이혼율이 17%로 가장 낮았으며, 회귀율이 가장 낮은 C07A에선 이혼율이 80%로 가장 높게 나타났다.

각 서브콜로니의 총 번식쌍 수, 회귀율, 둥지충실도, 이혼율 수치는 표 1-4-4와 같다.

표 1-4-4. 2019년 12월 나레브스키 포인트의 턱끈펭귄 4개 서브콜로니 (C07, C07A, C08, C09)에서 얻어진 회귀율 (%), 둥지충실도 (%), 이혼율 (%)

	C07	C07A	C08	C09
총 둥지 수 (=번식쌍 수)	4	5	6	15
회귀율(%)	88	60	92	86
둥지충실도(%)	25	50	75	66
이혼율(%)	25	80	17	33

4. 결과에 대한 고찰

가. 펭귄의 주요 취식지, 취식경로 및 먹이원

본 연구에서 나타난 결과를 토대로 종합해보면, 젠투펭귄이 턱끈펭귄에 비해 근해에서 취식을 하며, 더 깊이 오래 잠수하면서 먹이를 찾는 것으로 보인다. 반면 턱끈펭귄은 젠투펭귄보다 더 먼 외해에서 취식을 하였으며 번식지 남동쪽 해저산맥 주변의 용승 해역을 이용하는 것으로 추측된다.

두 종은 공통적으로 크릴을 주요 먹이원으로 한다는 공통점이 있지만, 중간 경쟁을 통해 생태학적 지위가 나뉜 것으로 생각되며, 그 결과 번식 시기, 잠수 깊이, 주요 취식지 등이 분할되어 나타난 것으로 여겨진다.

나. 펭귄의 수면 행동

펭귄의 수면은 이제까지 구체적으로 알려진 바가 없었다. 특히 펭귄의 잠수 행동 특성 상 강한 압력을 견딜 수 있는 뇌파 측정 장치는 본 연구에서 처음 시도된 것으로 생각된다. 연구에서 얻어진 뇌파 신호를 살펴보면 이전 조류와 포유류 연구와 일관된 형태의 신호가 서파 수면으로 보이는데, 이는 수면과 비수면의 상태를 가르는 중요한 정보가 될 것으로 생각된다. 현재 19개체에서 얻어진 신호가 모두 분석된다면 REM 수면 여부와 반구 수면까지도 연구할 수 있을 것으로 생각된다.

다. 펭귄의 계절별 이동

지난 2015년부터 얻어진 계절별 이동 결과를 종합해보면, 턱끈펭귄은 서쪽으로 약 2,856.1 km (표준편차 990.0), 동쪽으로 약 2,478.3 km (표준편차 911.9) 떨어진 곳으로 이동한 것으로 나타났다. 이 결과는 킹조지섬에서 연구한 미국 연구진의 결과와 유사한 것으로 보인다 (Hinke et al. 2015).

통계 분석 결과 연도별, 성별 차이는 나타나지 않았으며, 개체별로 변이가 크게 차이가 나는 것으로 생각된다. 같은 서식지에서 번식하는 개체군 임에도 불구하고, 개체에 따라 이동 범위가 크게 차이가 나는 이유에 대해선 아직 밝혀진 바가 없다. 앞으로 이동 방향을 결정하는 환경적 요인, 유전적 요인 등에 대한 후속 연구가 필요해 보인다.

라. 펭귄의 회귀율, 등지충실도, 이혼율

지난 2016/2017년부터 약 4년에 걸쳐 4개의 서브콜로니를 정해서 모든 개체에 인식칩을 삽입하고, 해마다 개체를 확인하고 있다.

현재까지 얻어진 데이터를 종합해볼 때, 펭귄의 회귀율과 짝짓기에는 상관 관계가 있어 보인다. 이는 번식기를 맞이하여 번식쌍이 서브콜로니에 돌아온 뒤 짝을

정하는 순서 상에 따른 것으로 추측된다. 즉, 개체가 서브콜로니로 돌아온 후 이전에 이용했던 등지 주변에서 짝을 구하는 과정에서 이혼율과 재혼율이 정해진 것이 원인으로 보인다. 하지만 이는 궁극적인 이혼의 원인을 설명하기엔 부족한 가설이다. 만약 이혼과 재혼에 따른 행동의 진화적 원인을 밝히기 위해선 짝에 따른 개체별 번식 성공률을 산출해야할 것으로 생각된다. 따라서 앞으로 개체별 번식성공률과 관련한 분석이 가능해진다면 근본적인 원인을 검증할 수 있을 것으로 보인다.





제 2 장

기타 보호구역의

생태 모니터링

극지연구소



제 1 절 남극특별보호구역 No. 150 아들리섬의 번식 모니터링

1. 국제공동 모니터링

아들리섬은 지난 1991년 칠레의 제안에 따라 특별과학지역 (a Site of Special Scientific Interest, SSSI No. 33, under Recommendation XVI-2)으로 지정된 이래 2001년 남극특별보호구역으로 보호되고 있다. 이곳은 젠투펭귄 속 (*Pygoscelis*) 3종의 펭귄 (젠투펭귄, 아델리펭귄, 턱끈펭귄)이 번식하는 곳으로 생태적 중요성이 인정 받은 곳으로 장기 모니터링이 필요한 지역이다 (그림 2-1-1). 가장 최근에 제출된 관리계획서 (Management Plan)은 2009년 칠레에서 제출하였으며, 이후 수정된 계획서가 보고되지 않고 있다. 지난 2010/2011년 이후로 극지연구소에서는 독일 예나대학교 (University of Jena)와의 국제협력을 통해 공동 모니터링을 수행해오고 있다 (독일 연구책임자: Dr. Christina Braun).

이곳은 남극특별보호구역 (ASPА) 150번으로 지정된 곳으로서, ASPA No. 171 나레브스키 포인트에서 맥스웰만을 가로질러 서쪽으로 6 km 가량 떨어진 곳에 위치하

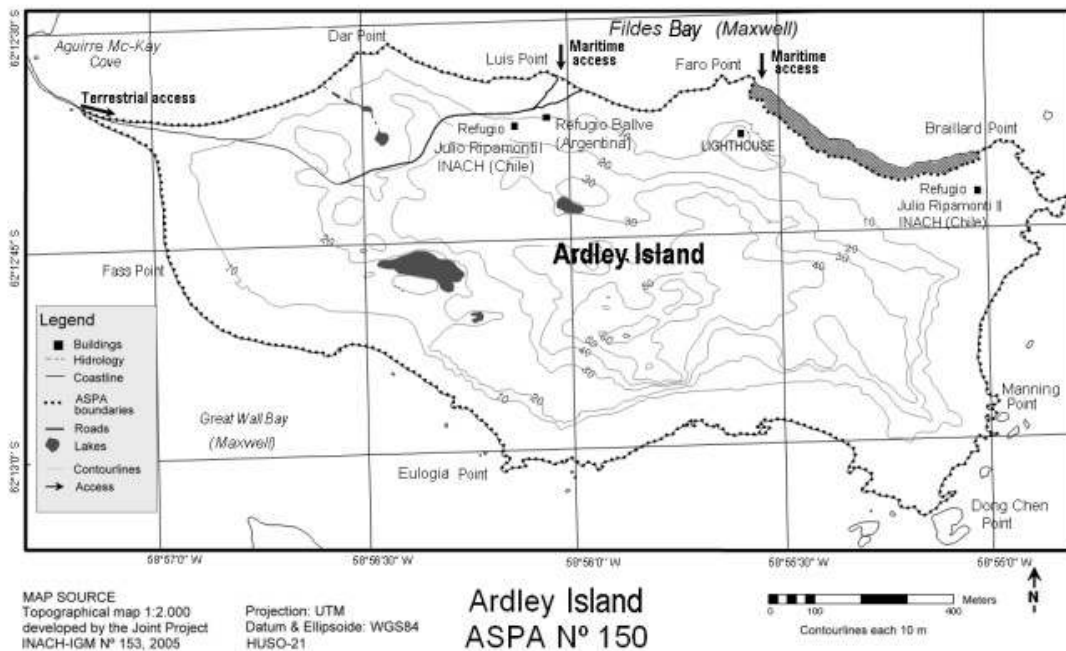


그림 2-1-1. 아들리섬 (ASPА No. 150)의 보호구역 경계와 대피소 등의 위치를 나타낸 지도 (ASPA No. 150, Management Plan 2009)

여, 번식 등지수와 번식 성공률 등을 비교하기 위해 적합한 펭귄 서식지이다.

가. 아틀리섬에 번식하는 펭귄의 번식 모니터링

지난 2019/2020년 조사 결과, 아틀리섬에 번식하는 등지 숫자는 이전과 비교할 때 전체적으로 증가하였다. 젠투펭귄의 등지는 총 6,970개, 아델리펭귄 300개, 턱끈펭귄 16개로 관찰되었다. 이전 연도와 비교할 때 젠투펭귄 등지는 총 442개 증가하였으며, 턱끈펭귄은 변화가 없었고, 아델리펭귄은 39개 등지가 감소하였다.

등지에서 이소한 새끼의 수는 젠투펭귄 8,903마리, 턱끈펭귄 12마리, 아델리펭귄 307마리로 조사되었다.

아틀리섬에 번식하는 젠투펭귄 속 3종의 번식에 관한 조사 결과는 2010/2011년부터 2019/2020년까지 표 2-1-1에 요약하였으며, 같은 기간, 각 수치의 변화양상에 대한 그래프는 그림 2-1-2와 그림 2-1-3에 제시되었다.

아틀리섬에 번식하는 젠투펭귄 등지는 2010/2011년 5,603개가 관찰된 이래 2016/2017년 7,227개까지 증가하였으며, 이후 다시 감소하여 2019/2020년엔 6,870개가 관찰되었다.

표 2-1-1. 2010/2011년부터 2019/2020년까지 아틀리섬 젠투펭귄, 턱끈펭귄, 아델리펭귄의 등지수, 이소새끼수, 번식성공률 (등지 당 이소한 새끼의 수). 2019/2020년 수치는 굵은 글씨로 표시하였음.

종류	구분	2010/ 2011	2011/ 2012	2012/ 2013	2013/ 2014	2014/ 2015	2015/ 2016	2016/ 2017	2017/ 2018	2018/ 2019	2019/2 020
	등지수	5,603	5,761	6,417	6,188	6,464	5,726	7,227	6,242	6,428	6,870
젠투 펭귄	이소 새끼수	7,276	7,159	6,923	7,206	6,359	4,869	9,627	8,022	7,295	8,903
	번식 성공률	1.30	1.24	1.08	1.16	0.98	0.85	1.33	1.29	1.13	1.30
	등지수	9	11	13	14	19	22	20	15	16	16
턱끈 펭귄	이소 새끼수	15	19	19	18	23	27	23	18	18	12
	번식 성공률	1.67	1.73	1.46	1.29	1.21	1.23	1.15	1.20	1.13	0.75
	등지수	435	408	384	429	512	381	448	350	339	300
아델리 펭귄	이소 새끼수	522	592	266	525	177	307	545	398	339	307
	번식 성공률	1.20	1.45	0.69	1.22	0.35	0.81	1.22	1.14	1.00	1.02

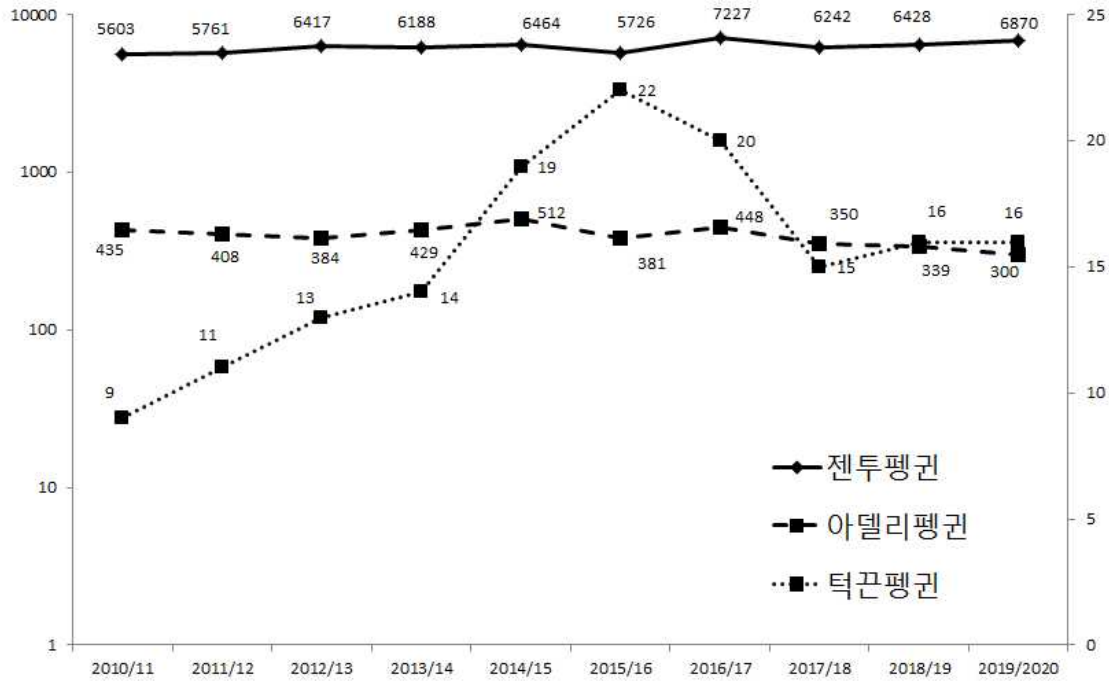


그림 2-1-2. 2010/2011년부터 2019/2020년까지 아틀리섬에서 번식한 젠투펑귄, 턱곤펑귄, 아델리펑귄의 동지수 변화를 나타낸 그래프

극지연구소

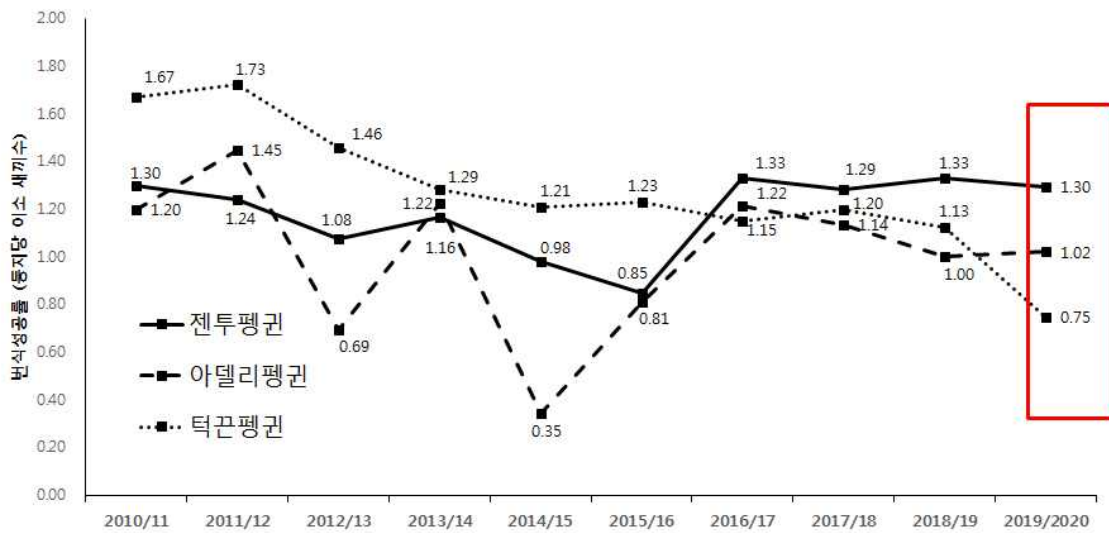


그림 2-1-3. 2010/2011년부터 2019/2020년까지 아틀리섬에서 번식한 젠투펑귄, 턱곤펑귄, 아델리펑귄의 번식성공률 (동지 당 이소한 새끼의 수)의 변화를 나타낸 그래프

턱끈펭귄은 2010/11년에 9개 둥지가 보고되었으며, 이후 11개~22개의 적은 수의 둥지가 기록되었으며, 2010/11년부터 2015/16년까지 꾸준히 증가하였으나, 이후 점차 감소하여 2018/19년부터 2019/2020년까지는 16개 둥지가 관찰되고 있다.

아델리펭귄은 2010/2011년에 435개 둥지가 관찰되었고, 이후 2014/2015년 512개 둥지로 가장 많은 숫자가 기록되었으나, 이후 꾸준히 감소 추세를 기록하여 2019/2020년엔 지난 10년 간 모니터링을 지속한 이래 가장 적은 수인 300개 둥지가 관찰되었다.

아들리섬의 전체 둥지수는 크게 변동이 없지만, 아델리펭귄의 감소세가 지난 2014년 이래 지속적으로 나타나고 있으므로 이에 대한 주의와 관심이 요한다. 아델리펭귄은 해빙에 의존적인 종으로 알려져 있으며, 현재 남극반도에서 진행되고 있는 기후 변화에 가장 취약한 종으로 연구되고 있기 때문에 이들의 감소 추세에 관한 후속 연구가 필요하다고 생각된다.

번식성공률은 둥지당 이소한 새끼의 숫자로 정의되며, 이 수치를 근거로 관찰한 결과 젠투펭귄의 번식성공률은 해마다 변동이 있지만 2016/2017년 이래로 비슷한 수준으로 유지되고 있으며, 약 1.29~1.33을 나타내고 있다.

턱끈펭귄은 둥지 숫자가 매우 적어서 번식성공률의 수치를 토대로 판단하기에 무리가 있지만, 지난 2011/12년 이래로 꾸준히 감소하는 경향을 나타내고 있으며 2019/2020년엔 가장 낮은 수치인 0.75마리/둥지를 기록했다.

아델리펭귄은 3종 가운데 가장 큰 변동 수치를 나타내고 있으며, 지난 2014/15년 가장 낮은 수치인 0.35를 기록한 이래, 이후 2016/17년까지 1.15로 증가하였다. 하지만 다시 점차 감소하여 지난 2019/2020년엔 1.02마리/둥지를 기록했다.

나. 나레브스키 포인트 개체군과의 비교

나레브스키 포인트 (남극특별보호구역 171번) 지역에 번식하는 펭귄 개체군과 아들리섬 펭귄 개체군의 번식 결과와 비교한 표는 아래와 같다 (표 2-1-2).

젠투펭귄의 경우 나레브스키 포인트 개체군과 아들리섬 개체군의 번식성공률은 큰 차이가 없는 것으로 나타났다 (나레브스키 포인트 1.24; 아들리섬 1.30). 턱끈펭귄은 두 개체군의 크기 차이가 많이 나서 직접적인 직접적인 비교가 어렵지만 기록된 번식성공률 수치로 판단해볼 때, 나레브스키 포인트의 턱끈펭귄이 조금 더 높은 수치를 기록했다, 하지만 두 지역 모두 턱끈펭귄의 번식성공률이 젠투펭귄에 비해 낮게 나온 점으로 미뤄볼 때, 해당 지역의 번식 환경이 젠투펭귄에게 더 유리한 것으로 판단되며 이는 젠투펭귄의 탄력적인 먹이 가용성과 관련이 있을 것으로 생각된다.

표 2-1-2. 2019/2020년 나레브스키 포인트와 아들리섬의 번식결과 비교

	나레브스키 포인트		아들리섬		
	젠투펭귄	턱끈펭귄	젠투펭귄	턱끈펭귄	아델리펭귄
동지수	2,408	2,353	6,870	16	300
이소새끼수	2,995	2,399	8,903	12	307
번식성공률	1.24	1.02	1.30	0.75	1.02



제 2 절 케이프 워싱턴 및 실버피쉬만 보호구역 (ASPA No. 173)의 생태 모니터링

1. 배경

남극장보고과학기지는 2012년 제35차 남극조약협의당사국회의 (ATCM)에서 기지 건설 및 운영을 위한 포괄적 환경영향평가서 (CEE) 최종본을 제출, 모든 당사국들의 동의를 획득한 후 기지를 건설하였고, 2013년에는 1차 월동대가 파견되어 본격적인 연구활동이 시작되었다.

남극 지역에서의 과학활동 및 과학활동 지원을 위한 기지 건설, 운영 등을 포함한 모든 활동을 수행함에 있어 남극조약 환경보호의정서의 제3조 환경원칙에 따라 남극의 과학적 가치와 고유의 가치 보호를 위해 근본적으로 고려되어야 할 사항은 환경보호이다. 이에 2013년부터 장보고기지에서는 다양한 환경지표에 대한 모니터링을 실시함으로써 인간활동이 남극 환경에 미치는 영향을 장기적으로 파악하고자 노력하고 있다.

케이프워싱턴 황제펭귄 군서지는 장보고과학기지에서 가장 가까운 황제펭귄의 번식지로, 기지에서는 직선거리로 약 35 km 떨어져 있으며, 육상을 통한 이동은 불가능하며, 헬리콥터를 이용해 접근이 가능하다. 장보고기지가 건설됨으로써 향후 많은

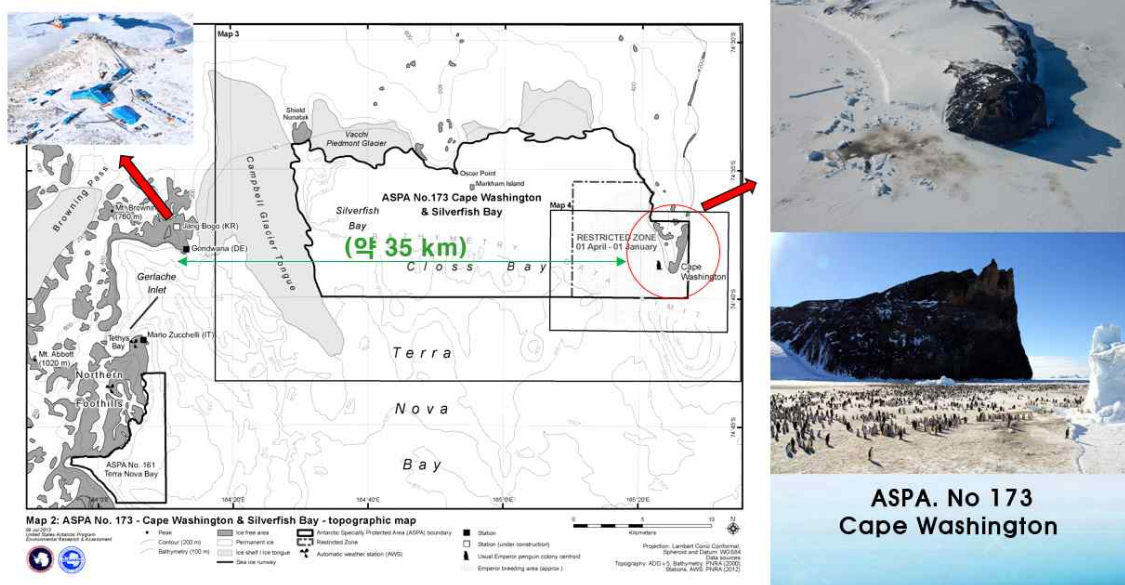


그림 2-2-1. ASPA No. 173 케이프 워싱턴 (Cape Washington) 황제펭귄 군서지 위치

연구자의 방문이 예상되며, 황제펭귄 군서지에 또한 인간활동이 증가할 것으로 예상됨에 따라 해당지역의 보호 및 관리를 위한 기초자료를 마련할 필요성이 있다.



2. 케이프 워싱턴 & 실버피쉬 만 보호구역의 일반 현황

ASPA No. 173, Cape Washington & Silverfish Bay

- 지정 제안국 : 미국, 이탈리아
- 지정년도 : 2013년
- 위치 및 면적 : 164° 57.6' E, 74° 37.1' S, 286 km²
- 지정 주요사유 : 남극에서 가장 큰 황제펭귄 번식지 중 하나 (약 2만쌍)로 남극 전체 개체군의 약 8%, 로스해의 황제펭귄 개체군의 약 21%를 차지. 남극 해양 척추동물의 중요한 먹이원 중의 하나인 남극은암치 (Antarctic Silverfish)의 남극 최대 산란장
- 일반 지역특성 : 해빙이 3월부터 이듬해 1월까지 유지되는 지역이어서 황제펭귄이 번식할 수 있으며, 남극은암치의 산란장으로 이용될 수 있음. 지형적 특성으로 남극 활강풍 (katabatic wind)로부터 상대적으로 보호되는 지역임.
- 기타동물의 서식현황
 - 번식지 : 남극도둑갈매기, 눈풀마갈매기, 웨델물범
 - 섭식지 : 범고래, 남극밍크고래, 웨델물범, 표범물범, 게잡이물범, 아르누부리고래 등
- 관리계획서 : 향후 내국인 출입을 고려하여 번역하여 남극특별보호구역 안내 홈페이지에 수록 (<http://aspa.kopri.re.kr>)



그림 2-2-2. 배설물로 번식집단의 위치가 확인되는 케이프 워싱턴의 황제펭귄 군서지

3. 조사방법 및 연구장비 설치

가. 황제펭귄 새끼수 모니터링 (항공사진 촬영)

황제펭귄은 둥지를 만들지 않고 새끼를 양 발위에 엮고 포란하기 때문에 둥지수의 조사는 불가능하다. 대신 번식쌍은 1회 번식에 단 1개의 알만 낳기 때문에 새끼의 수로 번식집단의 규모를 파악할 수 있다.

황제펭귄의 군서지는 보호지역 동쪽 끝의 해빙위에 위치하고 있다. 반도 지형의 안쪽에 바다가 얼면서 갇힌 빙산들은 강풍을 막아주는 역할을 한다 (그림 2-2-3). 그 내부에 황제펭귄이 매년 번식집단을 형성한다.

2014년과 2015년에는 번식지 전체를 도보로 이동하며 새끼수를 계수하였으나, 2016년부터는 헬기에서 항공사진을 촬영한 후 이미지에서 새끼수를 계수하는 방법을 사용하였다 (그림 2-2-4). 도보 조사시에는 장보고기지에서 헬기를 타고 번식지 외곽 1km 이상 이격된 곳에서 착륙하여, 펭귄서식지까지 도보로 이동하며 계수하였다. 번식지 방문조사는 펭귄들에게 교란요인으로 작용하여 조사 중에 흩어지거나 다른 무리에 섞일 수 있어 일부 개체들을 중복계수하거나 누락시킬 수 있는 문제가 발생할 수 있으므로 2016년부터는 항공촬영을 활용한 계수방법을 도입하고 있다. 번식지 전 범위를 대상으로 해발 2000ft (약 600m) 이상의 높이에서 망원렌즈를 활용하여 항공촬영을 수행하였다 (그림 2-2-5). 당해년도 항공촬영은 2019년 11월 19일에 한 차례 실시되었다.

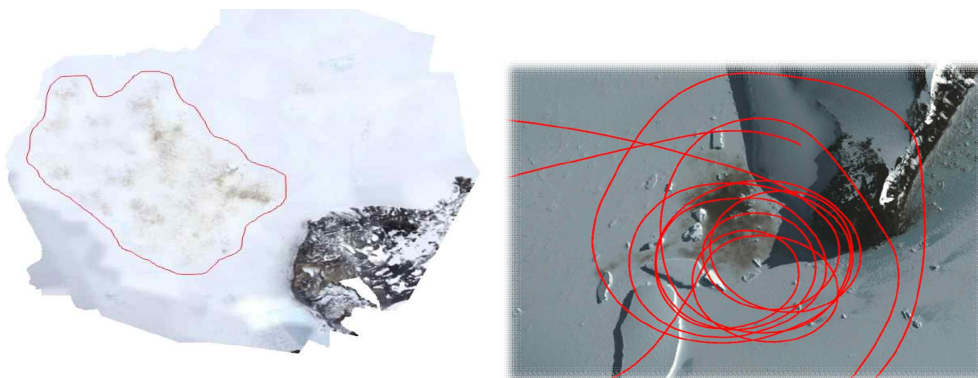


그림 2-2-3. 황제펭귄새끼 분포 범위(좌) 및 모니터링을 위한 항공촬영 궤적 (우) 예시 (항공촬영: 2018.11.08.)



A. 항공사진 촬영

- 2,000 ft
- 100 mm lens



B. 항공사진 합성



C. 새끼수 계수



그림 2-2-4. 황제 펭귄 군서지에서 헬기 항공촬영을 활용한 새끼수 모니터링 방법

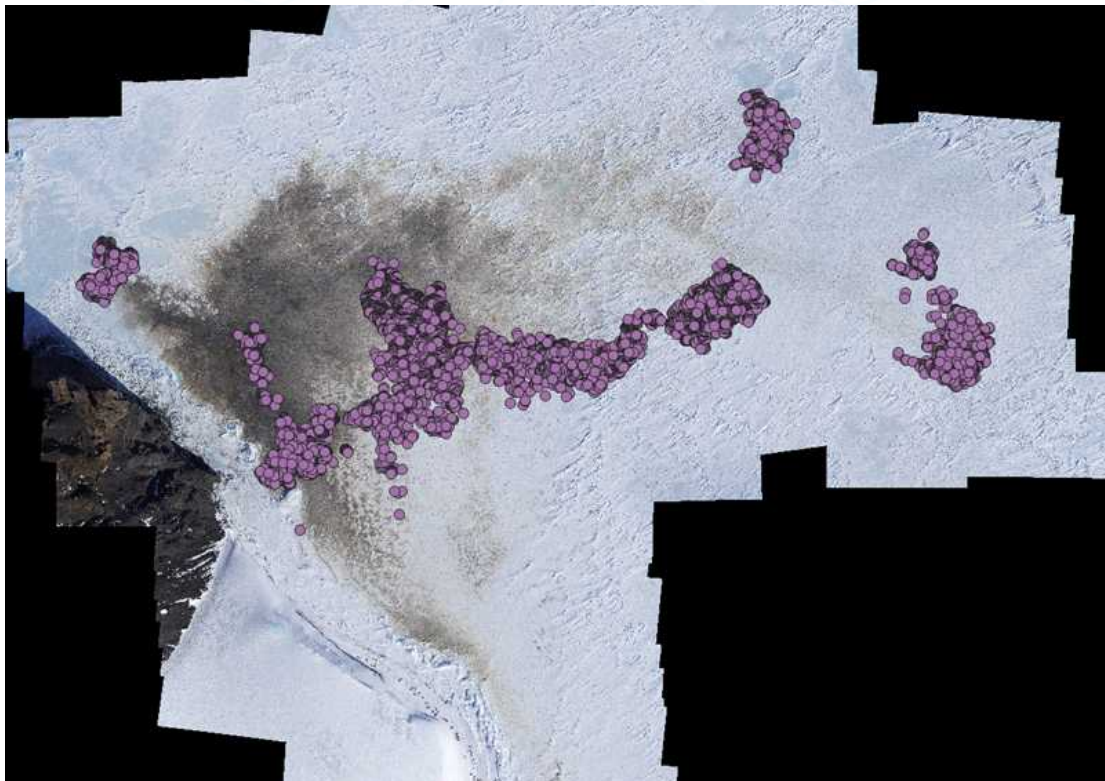


그림 2-2-5. 케이프워싱턴의 항공촬영 영상에서 새끼수 카운팅 (촬영일 : 2019.11.19.)

4. 조사결과 및 고찰

가. 황제펭귄 개체군 현황

2019년에는 총 16,677개체의 황제펭귄 새끼가 카운팅 되었다 (표 2-2-1). 케이프 워싱턴 & 실버피쉬만의 관리계획서 (Measure 17, 2013)에 의하면 새끼수는 2002년 11,093개체로 최저 개체수가 기록되었고, 1992년에는 26,511개체로 최대 개체수가 관찰된바 있다 (표 2-2-1, 그림 2-2-6). 2015년에 24,997개체의 기록이후 2017년에는 12,472개체까지 감소하다가, 2018년과 2019년에는 2014년에 조사된 16,280개체 수준 까지 회복된 것으로 나타났다. 과거의 조사기록에 의하면 1983년 이래로 연간 개체 수변동이 심한 것으로 나타났다 (표 2-2-1 & 그림 2-2-6).

표 2-2-1. 케이프워싱턴 황제펭귄 새끼수 변동

연도	황제펭귄 새끼수	비 고
1983	16,384	
1986	19,364	
1989	22,819	
1990	23,502	
1992	26,511	
1993	23,920	
1994	23,780	
1995	22,354	Barber-Meyer et al. (2008)
1996	17,896	
2000	17,397	
2001	18,734	
2002	11,093	
2003	13,163	
2004	16,700	
2005	23,021	
2010	17,000	ASPA.173 관리계획서 (2013)
2014	16,280	극지연구소(환경부) 2014.11.01. / 직접계수
2015	24,997	극지연구소(환경부) 2015.12.14. / 직접계수
2016	19,402	극지연구소(환경부) 2016.11.09. / 항공촬영 분석
2017	12,472	극지연구소(환경부) 2017.11.10. / 항공촬영 분석
2018	16,874	극지연구소(환경부) 2018.12.10. / 항공촬영 분석
2019	16,677	극지연구소(환경부) 2019.11.19. / 항공촬영 분석

나. 고찰

본 조사지역에서 황제펭귄 새끼수는 주기적으로 변동하는 양상을 보이며, 금년 조사인 2019년 조사에서는 2018년에 비해서는 소폭 감소하였다. 장기 개체수변동 그래프에서는 주기인 증감하는 경향이 나타나고 있다 (그림 2-2-6). 이는 S.M. Barber-Meyer *et al.* (2008) 및 Jenouvier *et al.* (2009) 등이 제시한 것처럼 황제펭귄의 새끼수는 당해년도 해빙의 확장이나 지역적인 기상변화의 영향을 받기 때문인 것으로 보인다. 또한, 황제펭귄 개체군은 향후 크게 감소할 가능성이 높다고 하였다 (Jenouvier *et al.* 2009, 그림 2-2-8).

장보고기지가 위치한 로스해에는 Cape Crozier, Beaufort Island, Franklin Island, Coulman Island, Cape Roget, Cape Washington 등 총 6개의 황제펭귄 번식지가 알려져 있으며, 이중 케이프워싱턴은 2번째로 큰 번식지이다 (그림 2-2-7). 이 번식지들 중 Cape Washington (ASPA No.173), Beaufort Island (ASPA No. 105), Cape Crozier (ASPA No. 124) 등 3곳은 남극특별보호구역으로 지정되어 보호되고 있지만, 로스해에서 가장 큰 황제펭귄 번식지인 Coulman Island를 포함한 나머지 3곳의 번식지는 보호구역으로 지정되어 있지 않다. Cape Washington 황제펭귄 번식지는 장보고기지에서 가장 가까운 지역이며, 하계조사활동의 증가에 따른 인간의 방문도 증가하고 있는 지역이므로 개체군 변동, 먹이원, 번식생태, 인간활동의 영향 등의 장기 모니터링 수행과 이를 토대로 환경 및 생태변화의 진단이 요구된다.

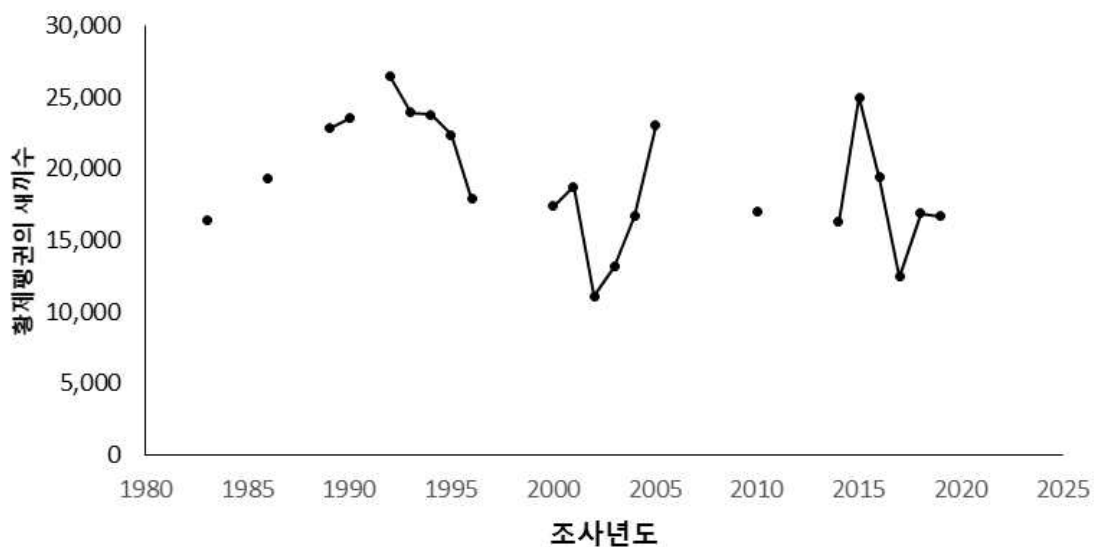


그림 2-2-6. 케이프워싱턴에 서식하는 황제펭귄의 새끼수 변동

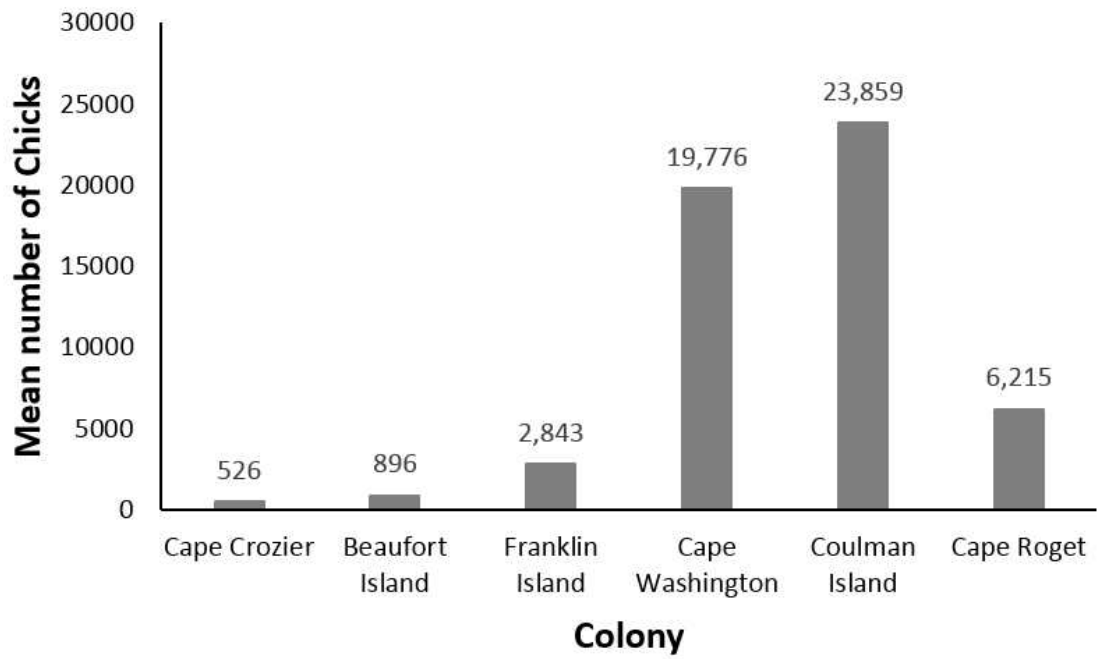


그림 2-2-7. 로스해에 위치하는 황제펭귄 번식지들의 새끼수 비교 (1983-2005 평균; S.M. Barber-Meyer et al., 2008)

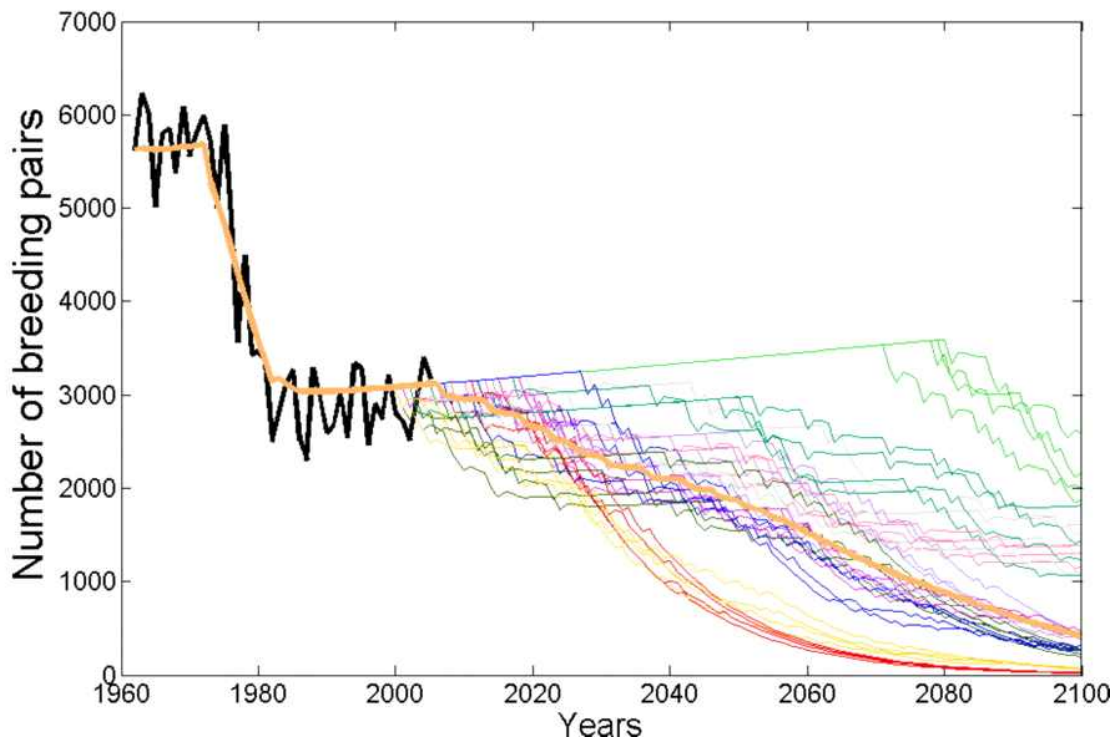


그림 2-2-8. 황제펭귄 번식쌍수 및 향후 개체군 변화 추정 (Jenouvier et al. 2009)

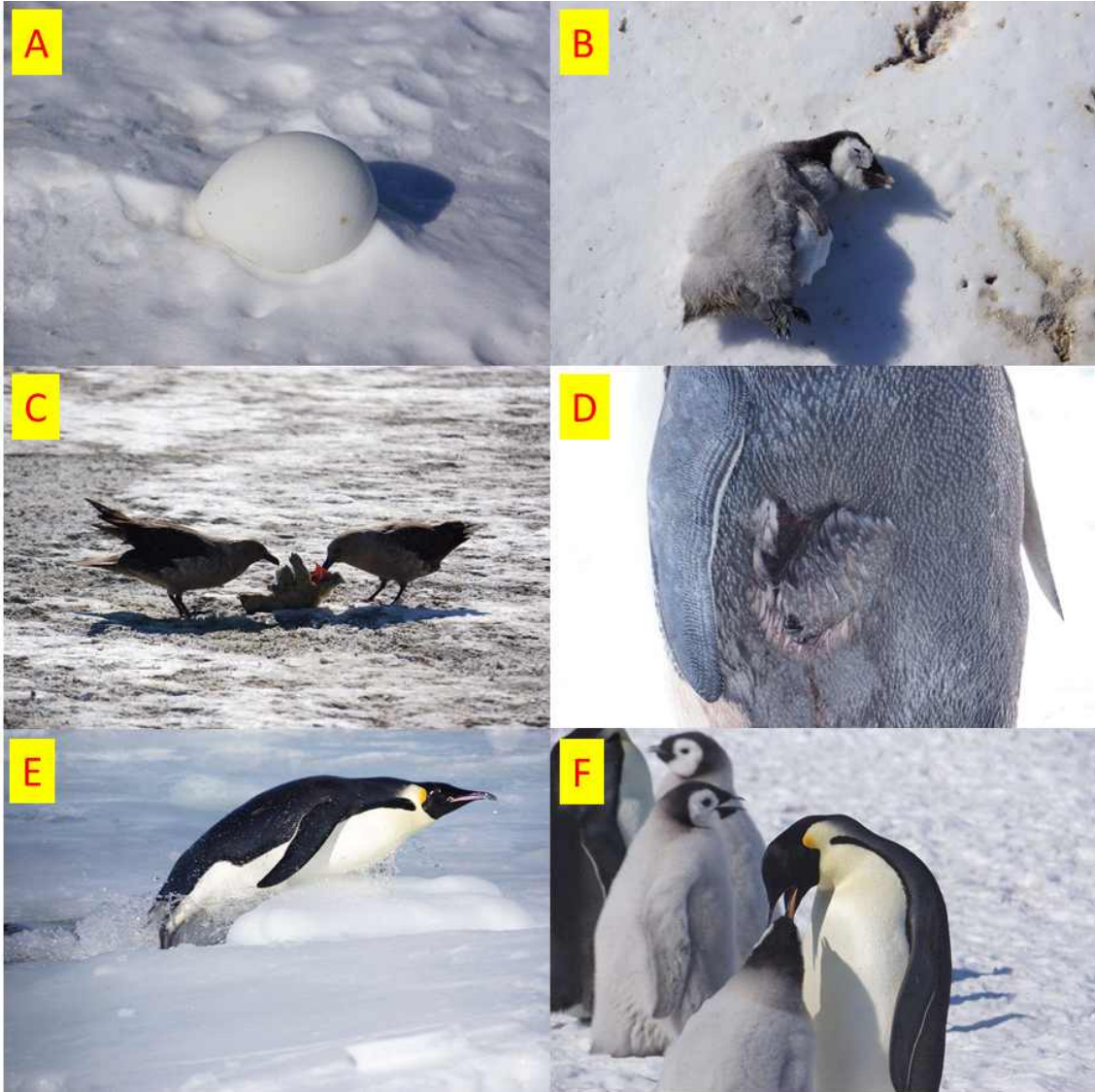


그림 2-2-9. 케이프 워싱턴에 서식하는 황제펭귄 (2019.11.11.). A. 부화 실패한 알, B. 황제펭귄 새끼 사체, C. 황제펭귄 새끼 사체를 먹이원으로 이용하는 남극도둑갈매기, D. 표범물범에게 등을 물린 후 도망쳐온 황제펭귄 성체, E. 먹이사냥을 마치고 새끼에게 돌아가기 위해 바다에서 돌아오는 어미 황제펭귄, F. 새끼에게 먹이를 공급하는 어미 황제펭귄



제 3 절 장보고기지 인근 신규 보호구역 후보지들의 생태 모니터링

1. Coulman Island 황제펭귄 번식지

Coulman Island는 로스해에 분포하는 황제펭귄 번식지 6곳 중 가장 큰 번식지이다. Cape Washington과 마찬가지로 해빙위에 형성되는 번식지로, 바다가 얼기 전에 갇힌 대형 빙산이 바람을 막아주고 있다.

이 섬은 평균 23,859개체의 새끼수가 기록되고 있으며, 1992년에는 최대 34,735개체의 새끼가 계수되었던 지역이다 (S.M. Barber-Meyer et al. 2008).

장보고기지에서는 헬리콥터로 약 1시간 거리 (기지에서 직선거리 약 220 km)에 위치하고 있어 생태조사 및 관리가 비교적 용이하다. 케이프워싱턴과 마찬가지로 해빙위에 위치하고 있어 11월부터 12월초까지만 방문이 가능하며, 이후에는 해빙이 깨져나기 때문에 방문조사가 어렵다. 2020년 현재까지 보호구역으로 지정되어 있지 않아 최근 관광선이 방문하는 등 인간의 영향을 받고 있는 지역이다.

새끼의 수는 항공촬영 이미지를 활용하여 체색으로 어미와 구별되는 새끼의 수만 카운팅 하는 방법으로 산출되었다. 2019년의 새끼수는 전년도의 21,286개체보다

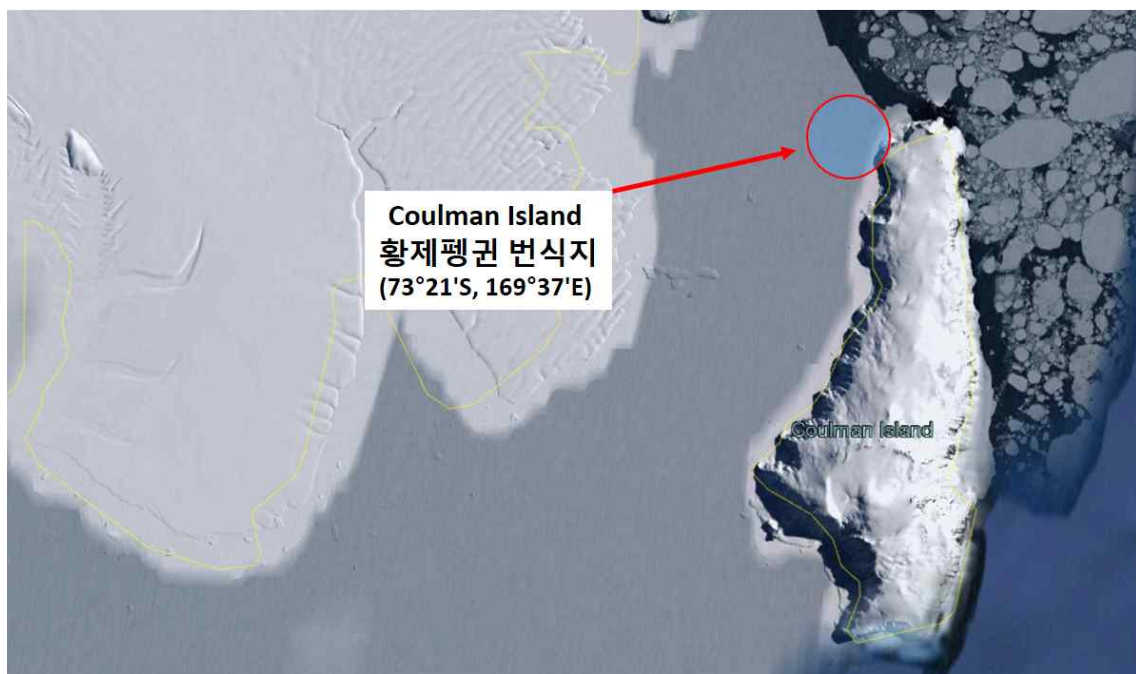


그림 2-3-1. Coulman Island 황제펭귄 번식지 위치

3,178개체 증가한 24,464개체였다 (표 2-3-1).

이 지역에 대한 새끼수 조사는 2005년 이후로는 우리나라 연구진에 의해 수행되고 있다. 테라노바만에 기지를 운영하고 있는 한국, 이탈리아 이외의 국가 연구기관에서는 접근성의 문제로 방문이 쉽지 않으므로, 이 지역이 우리나라의 제안으로 보호지역으로 지정된다면 연구 및 관리 주도권 확보에 유리할 것으로 보인다.

표 2-3-1. Coulman Island 황제펭귄 새끼수 변동

연도	황제펭귄 새끼수	출처
1983	21,708	
1990	27,920	
1992	34,735	
1993	18,767	Barber-Meyer <i>et al.</i> (2008)
1994	20,204	
1996	19,471	
2005	24,207	
2017	16,571	환경부(극지연구소) 2017.11.09 / 항공촬영 분석
2018	21,286	환경부(극지연구소) 2018.11.21 / 항공촬영 분석
2019	24,464	환경부(극지연구소) 2019.12.04 / 항공촬영 분석



그림 2-3-2. Coulman Island의 황제펭귄 번식지 항공촬영 (헬기) 이미지에서 새끼 계수

2. Inexpressible Island 아델리펭귄 번식지

Inexpressible Island는 장보고기지에서 직선거리 약 35km 떨어진 곳에 위치해 있어 장보고기지에서의 접근성이 좋다. 그러나 육상으로의 이동은 불가능하며, 헬기를 이용해서만 방문할 수 있다. 이 섬은 난센빙붕 (Nansen Ice Sheet)의 끝부분에 위치해 있어 연중 남극 활강풍이 부는 지역으로 바람이 강한 날은 접근이 어렵다. 아델리펭귄의 번식지는 섬 동쪽 해안에 위치하며 테라노바만의 폴리냐가 형성되는 곳에 접하고 있어 펭귄이 쉽게 바다에 접근할 수 있는 장점을 보유하고 있다. 섬에는 과거 남극탐험시기의 얼음동굴 유적지 (HSM)가 남아있고, 선박으로 접근하기 쉬운 곳에 위치해 있어 관광객이 방문하기도 한다.

이 섬 앞의 폴리냐는 매년 다르게 형성되는데, 2016년에는 펭귄의 번식기간에 폴리냐가 섬 바로 앞까지 열려 펭귄이 쉽게 바다로 뛰어 들 수 있었던 반면, 2017년에는 섬과 폴리냐 사이에 해빙이 남아있어 펭귄이 바다로 들어가기 위해 수km를 걸어서 이동했다.

이 섬의 아델리펭귄 둥지는 1987년에 28,715개가 확인되어 현재까지 최대 기록되었고, 가장 최근의 기록은 2012년의 24,450둥지였다 (표 2-3-2). 극지연구소에서는 2017년에 항공사진을 분석하여 총 25,904 둥지를 확인하였다. 2019년에는 2017년에 비해 3,995 둥지가 증가한 29,899 둥지가 확인되었다 (그림 2-3-4, 그림 2-3-5). 2019년에 해안에 위치하고 있는 일부 번식 소집단은 빙판 위에 형성되었는데 둥지를 지은 후에 눈이 쌓였거나 매년 도래해왔던 번식지가 눈에 쌓여 결빙되어 있어도 번식개체들이 그 자리를 고수하기 때문인 것으로 보인다 (그림 2-3-5). 번식성공률의 변동 요인을 파악하기 위해 기상조건이 둥지장소 선택 및 번식 성공률에 미치는 영향을 분석할 필요가 있다.

번식성공률을 산출하기 위해 이소기에 펭귄 서식지의 항공촬영을 수행하였다. 고해상도 항공영상에서 체색의 차이 (어미의 등 색은 검정색이고 새끼는 짙은 회색)로 성체와 새끼를 구분 한 후 새끼의 수만 카운팅하였다 (그림 2-3-6). 당해년도에 이소 성공한 새끼의 수는 28,362개체였으며, 번식성공률은 둥지당 0.95마리로 약 400km 떨어진 Cape Hallett 번식지 (0.73마리)에 비해 높게 평가되었다 (표 2-3-3). 이는 먹이를 구하기 위해 수 km의 바다얼음을 걸어 바다에 입수해야 하는 Cape Hallett의 개체들보다 번식지가 열린 바다와 접해 있는 Inexpressible Island의 개체들이 먹이를 수월하게 확보할 수 있었기 때문인 것으로 사료된다.

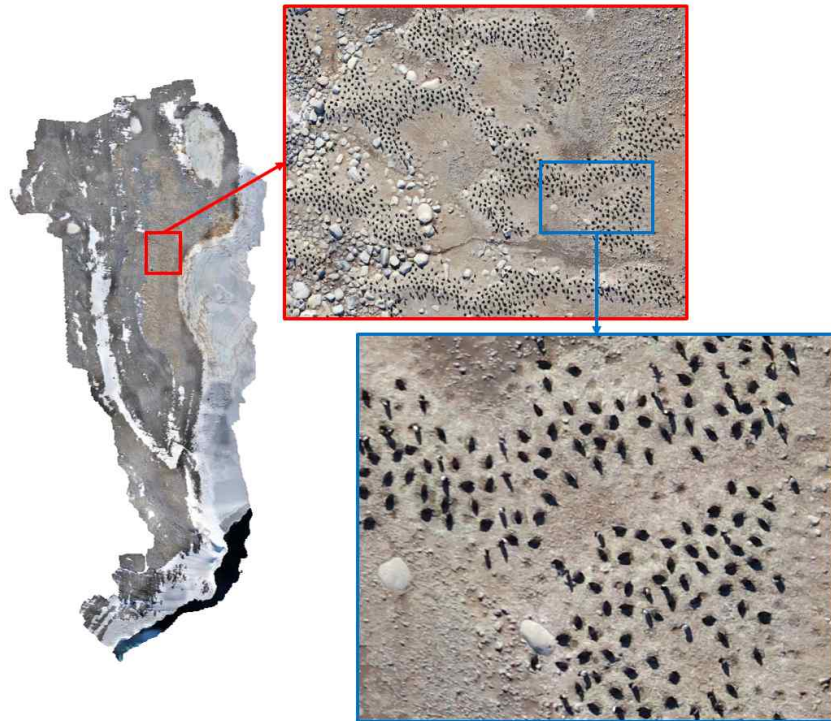


그림 2-3-3. Inexpressible Island 아델리펭귄 항공촬영 이미지에서 등지 계수

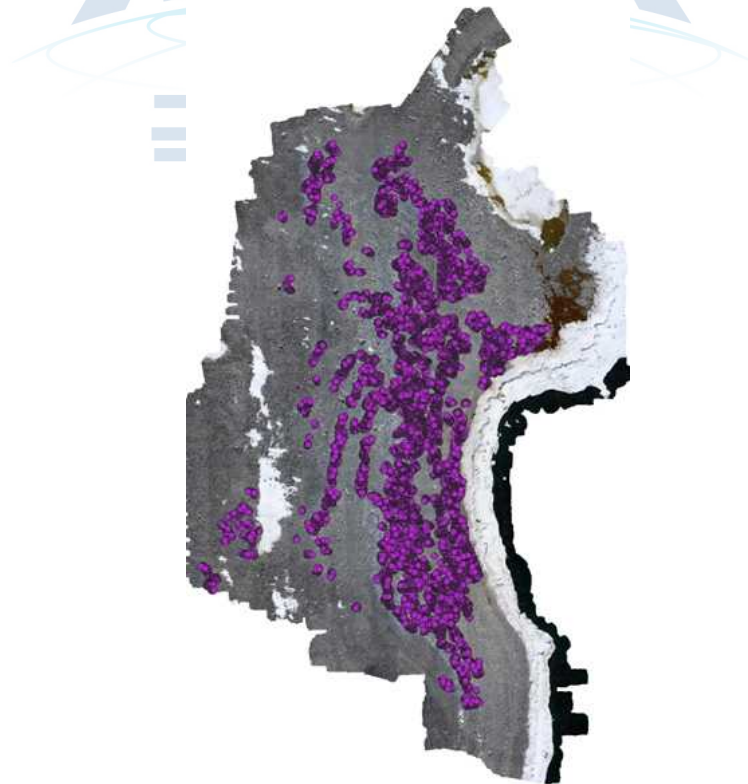


그림 2-3-4. 2019년 Inexpressible Island에 서식하는 아델리펭귄의 등지 분포도

표 2-3-2. Inexpressible Island의 아델리펭귄 번식쌍수 (둥지수) 현황

연도	번식쌍수(둥지수)	출처
1963	11,000	
1982	9,217	
1984	18,762	
1987	28,715	Woehler and Croxall, 1997
1989	23,528	
1991	20,029	
2012	24,450	Lyver <i>et al.</i> , 2014
2017	25,904	환경부 (극지연구소) 2017.12.14 / 항공촬영 분석
2019	29,899	환경부 (극지연구소) 2017.12.07 / 항공촬영 분석

표 2-3-3. Inexpressible Island와 Cape Hallett 개체군의 번식 성공률 비교

번식지	Year	No. of nest	No. of chick	chick/nest	출 처
Inexpressible Island	2019	29,899	28,362	0.95	환경부 (극지연구소)
	2017	47,373	22,075	0.47	
Cape Hallett	2018	46,991	33,968	0.72	해양수산부 (극지연구소)
	2019	43,704	31,969	0.73	



그림 2-3-5. 2019년 Inexpressible Island 연안의 빙판위에 조성된 아델리펭귄 번식지

극지연구소

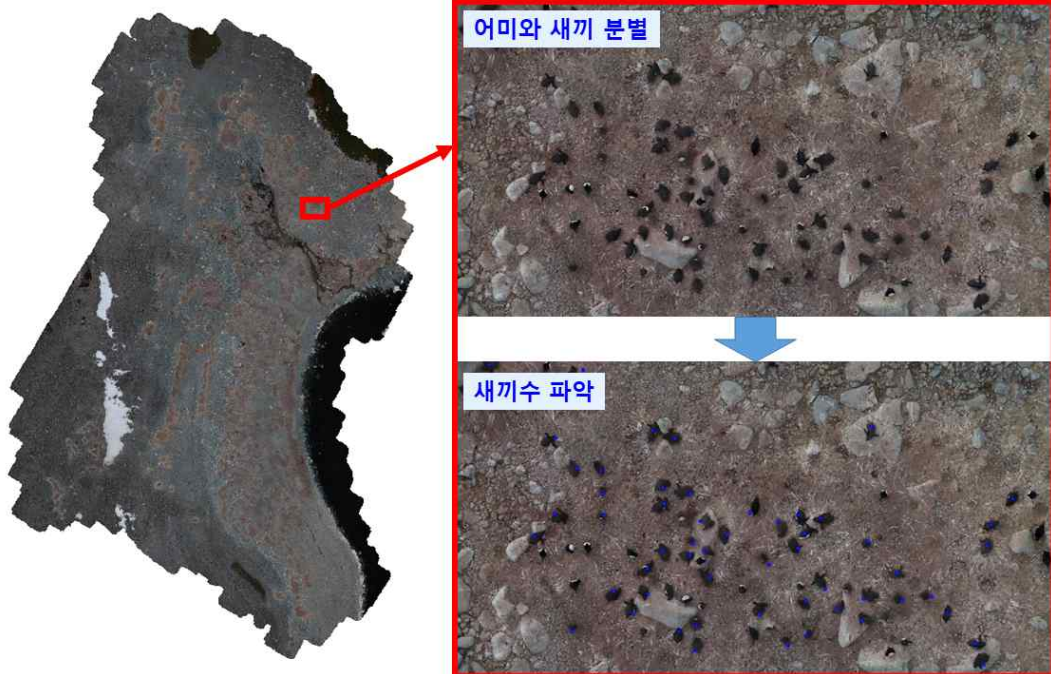


그림 2-3-6. Inexpressible Island에서 아델리펭귄의 번식성공률을 산출하기 위한 새끼 수 카운팅

제 3 장

남극특별보호구역 및 남극기지 환경관리 기반구축 극지연구소



제 1 절 환경관리지침 개정 및 시행 관리

1. 배경 및 필요성

가. 국제 조약 및 의정서

(1) 남극조약

『남극조약 (Antarctic Treaty)』은 국제지구물리관측년 (International Geophysical Year, IGY 1957~58) 동안 남극에서의 국제공동 과학활동이 성공적으로 수행된 직후인 1959년 미국의 제의에 의해 12개 원초서명국에 의해 체결되어 1961년 발효되었다. 조약 사무국은 2014년 현재 아르헨티나 부에노스아이레스에 위치하고 있으며, 전임 사무총장을 두고 있다.

표 3-1-1. 남극조약의 주요 구성 및 내용

조 항	주요 내용
전 문	각 체약국명과 조약의 취지
제1조	남극지역의 평화적 목적/과학연구만 허용하고 군사적 이용은 금지
제2조	과학조사 자유보장과 국제협력 지속
제3조	과학활동의 정보교환과 과학자 교류
제4조	남극지역의 영유권 주장의 동결
제5조	핵폭발, 방사성폐기물 처분 금지
제6조	조약의 적용지역(남위 60° 이남의 빙원을 포함하는 모든 지역) 명시
제7조	남극의 모든 지역과 타국기지에 대한 완전한 자유사찰 허용
제8조	사찰요원과 교류과학자에 대한 재판권 소재 명시
제9조	남극조약협의회의와 협의당사국 권한 설명
제10조	UN헌장 준수 의무 명기
제11조	체약국간 분쟁해결의 평화적 협의
제12조	조약의 수정 및 개정절차
제13조	조약의 비준 및 가입절차
제14조	조약의 정본(영, 불, 노, 스페인어) 작성

모두 14개 조항으로 구성된 남극조약은 남극의 평화적 이용과 남극탐사 자유의 보장을 주목적으로 명시하는 것 이외에 남위 60° 이남으로 규정한 남극지역에 대한 국가적 경쟁, 특히 군사적 경쟁을 억제하고 영유권에 관한 문제해결을 유예함으로써 남극이 ‘국제적 불화의 무대 또는 대상’ 이 되는 것을 막고 있다. 이를 위해 남극조약은 다음과 같은 다양한 규정들을 명시하고 있다 (표 3-1-1).

ATCM에서 제안된 조치 (Measure)들은 남극에 대한 규정 및 운영규범을 구성한다. 이런 조치들은 과거 권고안 (Recommendation)으로 지칭되었지만, 1995년 서울에서 개최된 ATCM에서 규제 및 제재수단과 연계되지 않은 조치들까지도 채택하기로 합의됨으로써 권고안들은 별도 추가승인 없이 효력을 발휘하게 되었다. 이후 논의되는 조치들은 ‘Measure’ 로 지칭하게 되었으며, 다른 결정들은 ‘Decisions’ 과 ‘Resolutions’ 으로 분류하고 있다.

(2) 환경보호의정서

남극의 자연환경 보호는 협의당사국간 상호협의를 및 협력의 주요 테마가 되어 왔다.

1991년 10월 4일 마드리드에서 개최된 ATCM에서 『남극조약 환경보호의정서 (The Protocol on Environmental Protection to the Antarctic Treaty, 일명 Madrid Protocol)』 (이하 ‘의정서’라 한다)에 따라 서명국들의 협약준수가 의무화되었다.

의정서는 남극조약 지역을 평화와 과학을 위해 보존해야 할 자연으로 규정하고, 남극 환경과 종속생태계의 보호에 대한 포괄적인 기본틀을 제공하고 있다(표 3-1-2).

의정서에 첨부된 6개의 부속서 (Annex)들에는 의정서 기본틀의 필수요소들이 담겨 있으며 그 내용은 다음과 같다 (표 3-1-3).

한편, 1998년 의정서가 발효되면서 그 효력이 본격적으로 발휘되기 시작했으며, 환경보호위원회 (Committee for Environmental Protection, CEP)가 구성되었다. CEP는 ATCM에서 각 당사국들에게 의정서 준수와 관련된 권고안을 마련하고, 자문하는 기능을 담당하고 있다. 최근 ATCM에서 논의되는 대부분의 규정과 지침은 환경과 관련된 의제이며, CEP의 활동을 통해 ATCM에 상정된 이슈들이 대부분이다.

표 3-1-2. 남극조약 환경보호의정서의 구성 및 서명국 조치사항

구 분	내 용	서명국 조치사항	국내법 반영 여부
전 문	서 론		
제 1조	정 의		
제 2조	목적 및 지정		
제 3조	환경원칙		
제 4조	남극조약체제의 다른 구성요소와의 관계		
제 5조	남극조약체제의 다른 구성요소와의 조화		
제 6조	협 력		
제 7조	광물자원활동의 금지		
제 8조	환경영향평가		
제 9조	부속서		
제10조	남극조약 협의당사국회의(ATCM)		
제11조	환경보호위원회(CEP)		
제12조	위원회의 기능		
제13조	의정서의 준수	국내법 및 시행령 제정	완료
제14조	조 사	감시원 지명 및 시행	보완 필요
제15조	비상대응조치	비상계획 수립	보완 필요
제16조	배상책임		
제17조	당사국에 의한 연례보고	이행조치 및 비상계획 통고	보완 필요
제18조	분쟁해결		
제19조	분쟁해결절차의 선택		
제20조	분쟁해결절차		
제21조	서 명		
제22조	비준·수락·승인 또는 가입	의정서 비준	완료
제23조	발 효		
제24조	유 보		
제25조	수정 또는 개정		
제26조	수탁국에 의한 통고		
제27조	정본 및 국제연합에의 등록		

표 3-1-3. 남극조약 환경보호의정서의 부속서 구성 및 서명국 조치사항

구 분	내 용	조치사항	비 고
제1부속서 (환경영향평가)	남극내 모든 활동에 대한 환경영향평가의 개략적 절차		
제2부속서 (남극 동식물 보존)	남극 동·식물군 보호를 위한 절차	자국민의 활동규범 규정 및 안내 필요	야외활동 매뉴얼 보완 필요
제3부속서 (폐기물 처리 및 관리)		폐기물 처리 및 관리계획 수립 및 시행, 보고 필요	미시행
제4부속서 (해양오염 방지)			
제5부속서 (구역 보호 및 관리)			신규 지정에 따른 지침마련 필요
제6부속서	환경재앙시 제기되는 책임		

나. 국내법 및 시행령

환경보호의정서 조항 중에는 서명국의 조치가 필요한 사항들이 존재한다(표 3-1-3). 우리나라는 1996년 의정서를 비준하였으며, 2004년 『남극 환경 및 보호에 관한 법률』(이하 “남극환경법”이라 한다) 제정과 2005년 동법 시행령 공포를 통해 의정서 제13조와 제22조의 요구사항들을 충족시킨 바 있다. 그 구성내용은 표 3-1-4와 같다.

남극 환경법 및 시행령 발효를 통해 우리나라의 남극활동 진흥을 위한 근거를 마련하고 자국민의 남극에서의 활동에 따른 허가 및 제한조치를 규정하고 있으나, 국제규범에 따른 분야별 환경관리 시행지침을 마련하고 체계적으로 관리하는 시스템의 구축에 있어서는 매우 미흡한 실정이다.

남극 환경보호의정서와 남극 환경법에 근거하여 의무적으로 마련되어야 할 남극 환경관리지침의 종류는 표 3-1-5와 같으며, 분야별 현황은 다음과 같다.

표 3-1-4. 남극활동 및 환경보호에 관한 법률 (국내법) 및 시행령 구성내용

장	구분	남극환경법	시행령
1	총칙	1. 목적 2. 정의 3. 금지행위	1. 목적 2. 남극토착동식물
2	남극활동의 허가	4. 남극활동의 허가 5. 남극활동의 신청 6. 결격사유 7. 환경영향평가서 작성 등 8. 허가에 관한 협의 등 9. 조건부 허가 10. 허가의 제한 11. 허가를 받지 아니하는 남극활동 등 12. 허가의 취소 및 정지 등	3. 남극활동의 허가신청 4. 허가의 변경 5. 남극활동계획서 6. 환경영향평가서에 포함될 사항과 작성방법 등 7. 허가의 범위 8. 허가협의 예외사유 9. 수정·보완된 내용의 허가협의 10. 허가제한의 기준 11. 허가를 받지 아니하는 설비의 안전보호 12. 허가의 취소 및 정지기준
3	남극환경의 보호	13. 남극토착동식물의 포획 등의 승인 14. 남극특별보호구역 등의 보호 15. 폐기물의 처리 및 관리 16. 해양오염방지 17. 남극환경모니터링	13. 남극토착동식물의 포획 등의 승인 14. 남극으로의 동식물 반입 15. 남극토착동식물의 서식환경 훼손 16. 남극특별보호구역 등의 고시 17. 남극특별보호구역 등에의 출입 또는 활동의 승인 18. 폐기물처리 19. 폐기물의 소각과 보관 20. 육상에서의 폐기물처리 21. 해양에서의 폐기물처리 22. 폐기물관리계획 등 23. 남극환경모니터링
4	지도 및 감독	18. 남극활동감시원의 지명 및 활동 등 19. 남극활동결과 등의 보고 20. 시정명령	24. 남극활동감시원의 지명 등 25. 남극활동감시원의 자격
5	남극연구 활동의 진흥 등	21. 남극연구활동진흥기본계획의 수립·시행 22. 홍보 및 교육	26. 남극연구활동진흥기본계획의 수립 등 27. 연도별 시행계획의 수립·시행
6	벌칙	23-25. 벌칙 26. 양벌규정 27. 과태료	28. 과태료의 부과·징수

표 3-1-5. 남극 환경관리지침의 종류와 국내외 법에 따른 의무 제정 근거

종류	남극 환경보호 의정서	환경법	시행령	주무부처
폐기물 관리 지침(매뉴얼)	제3부속서 폐기물 처리 및 관리	15조	18-22조	환경부
유류 유출 비상계획	제4부속서 해양오염 방지	16조	21조	해양부
남극특별보호구역 관리계획	제5부속서 구역 보호 및 관리	14조	16-17조	환경부
환경보호 활동 지침	제2부속서 남극 동식물상 보존	13조	13-15조	환경부
남극 환경 모니터링 지침	제1부속서 환경영향평가	17조	23조	환경부/ 해양부



2. 환경관리지침 현황

가. 폐기물관리지침 (매뉴얼)

'09년 환경부 정책과제를 통해 초안이 마련된 바 있으나, 실현가능하고 효율적인 방안이 지속적으로 반영되어야 함에도 불구하고 이후 관련사업이 보호구역 환경 모니터링과 관리에만 초점이 맞춰져 진행되어온 까닭에 불행히도 지침의 보완은 이루어지지 못하였다.

2014년 사업개편과 더불어, 처음으로 개정된 폐기물관리지침서가 현장에서 지침을 시행해야 하는 세종기지 및 장보고기지 월동대를 포함하여 극지연구소 기지지원팀 인력들에게 배포되어 현장에 적용되기에 이르렀다.

현재 월동대원들에 의해 시행중의 문제점과 보완사항이 수집되고 있으며, 이 결과는 월동대가 철수하는 매년 12월 이후 취합하여 차기년도에 개정이 검토될 예정이다.

나. 유류유출방지 비상계획

유류유출방지 비상계획은 환경보호의정서 제4부속서 뿐만 아니라 남극조약 제15조와 제17조에 의거하여 당사국간 정보교환을 통해 비상시 상호협조를 의무화하고 있다.

우리나라는 '09년 환경부 정책과제를 통해 추진방향이 제시된 바 있으며, 2014년에 이르러 그 초안이 마련되었다. 추가 보완은 폐기물관리지침과 마찬가지로 월동대 귀국 후에 이루어질 계획이다.

다. 남극특별보호구역 관리계획

'09년 우리나라가 제안하여 지정된 펄핀마을 보호구역 (ASPA No. 171 나레브스키 포인트)의 관리계획이 수립되어 매년 현장에 적용되고 있으며, 환경보호위원회 (CEP) 규정에 따라 5개년 수정관리계획을 2014년 ATCM에 제출하여 승인받은 바 있다.

올해에는 2014년 이후 다시 5개년이 경과되어, 본 연구를 통하여 수정관리계획서가 마련되었으며 7월 프라하에서 개최되는 ATCM-CEP에 제출될 예정이다.

라. 환경보호활동지침

'09년 환경부 정책과제를 통해 제정된 이래, 2014년 개정된 야외활동 매뉴얼은 현재 연구단의 남극 활동매뉴얼에 삼입되어 활용되고 있다.



제 2 절 연단위 폐기물 관리계획 수립 및 시행관리

1. 세종기지 폐기물 처리 현황

가. 폐기물 관리계획서

2019년 폐기물 관리계획서					
기지명		남극세종과학기지			
1. 생활폐기물 발생 현황					
구 분	종 류	수 량	단 위	중 량 (kg)	
지정 폐기물	배터리	1	WOOD BOX	960	
	폐유	26	DRUM	3,900	
	소각재	2	WOOD BOX	1,160	
	소 계			6,020	
일반 폐기물	고철	10	WOOD BOX	7,088	
	PVC	10	WOOD BOX	5,474	
	유리	5	WOOD BOX	1,800	
	소 계			14,362	
합 계				20,382	
2. 기타 폐기물					
<ul style="list-style-type: none"> ○ 세종기지 소형선박 보관동 건설공사 폐기물 (추후 반출 예정) <ul style="list-style-type: none"> - 공사폐기물 컨테이너 9대 분량 (63,100kg) 발생 - 지난 시즌 발생 폐기물이나 반출 선박의 선적화물 초과로 반출시기 연기 ○ 기타 종이, 마분지류는 소각기를 활용 처리하였으며, 잔반류는 양을 최소화하여 소각함 					
3. 수송 및 처리 계획					
수송편		정기보급 선박의 반출화물 선적량 초과로 전체 폐기물 미반출			
수송 일정	출발예정일	미정			
	도착예정일	미정			
처리 지역	국가명	칠레			
	도시명	퐁타아레나스			
처리예정 업체명		AGUNSA			
처리 방법		칠레 국내법에 의거 현지대행사에서 적법 절차에 따라 처리 예정			
4. 업무처리 담당자					
직 책	성 명	전화번호	이메일	비 고	
기 지	대 장	이성구	032-760-5551	holynine@kopri.re.kr	
	담 당	정귀성	010-3636-2668	sing707@naver.com	
연구소	부서장	이형근	032-770-8510	hglee@kopri.re.kr	
	담 당	서태선	032-770-8555	jamisu@kopri.re.kr	
상기와 같이 남극기지 폐기물 관리계획을 제출합니다.					
2019 년 11 월 30 일					
환경부장관 귀하		극지연구소장 : 윤 호 일			



붙임# 1 **기지 내 폐기물 처리 사진**



소각기 내부 보수보강



소각기 외부 도장



폐기물 분류·수집



폐유 정리



고철 폐기물 정리



폐기물 운송



폐기물 컨테이너 입고



분류 폐기물 보관

붙임# 2

월별 주요 폐기물 발생량

(단위 : kg)

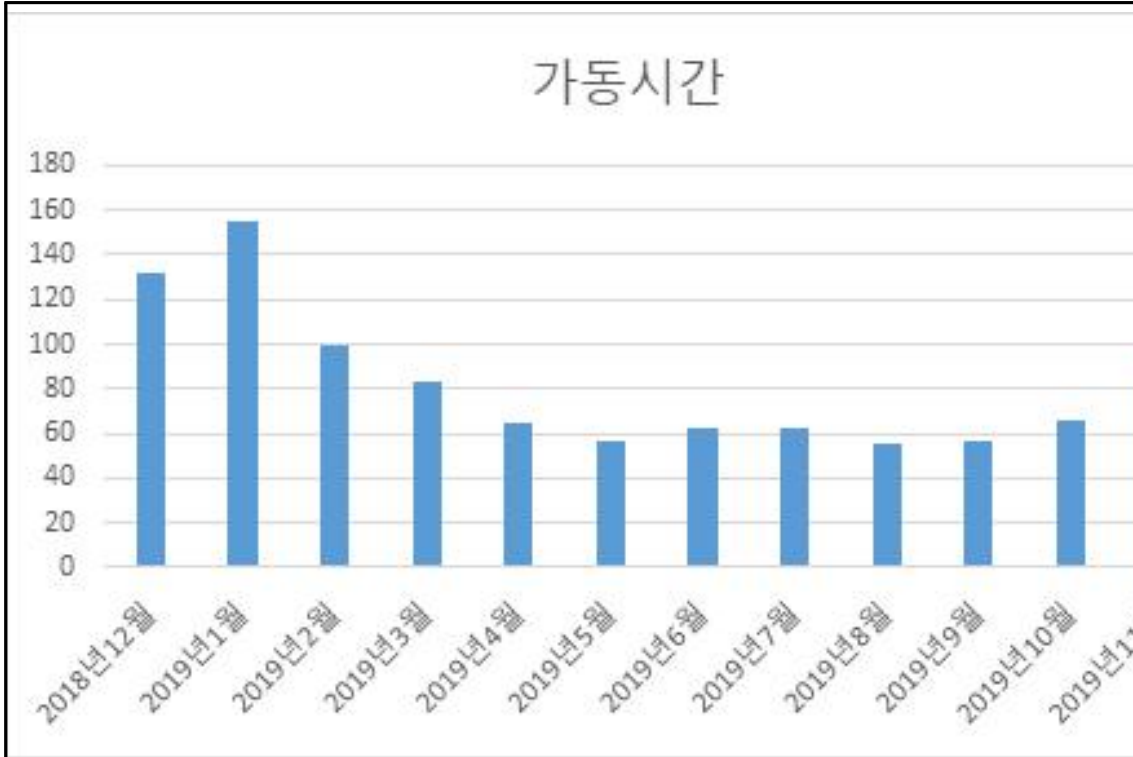
일 자	재(소각)	고 철	PVC	유 리	기 타
2018년 12월	140	650	740	280	26 ○ 폐유 - DRUM(3,900kg) ○ 배터리 - 960kg
2019년 1월	160	620	710	350	
2019년 2월	160	480	560	260	
2019년 3월	80	520	690	110	
2019년 4월	90	630	770	90	
2019년 5월	-	570	624	80	
2019년 6월	90	720	260	90	
2019년 7월	80	750	180	100	
2019년 8월	90	430	210	80	
2019년 9월	90	700	160	120	
2019년 10월	80	470	190	110	
2019년 11월	100	548	380	130	
합 계	1,160	7,088	5,474	1,800	10,425kg

* 제 32차 월동연구대 (2018. 12월 ~ 2019. 11월 근무) 측정 기준

** 계량은 포장 단위별 (Wood Box) 수집이 완료된 시점에 시행하므로 폐기물의 월간 발생량과는 차이가 발생할 수 있음

붙임# 3

월별 소각기 운영 시간



구분	'18.12	'19.01	'19.02	'19.03	'19.04	'19.05	'19.06	'19.07	'19.08	'19.09	'19.10	'19.11
가동일수	17	29	23	17	16	18	15	18	11	12	15	11
가동시간	132	155	100	84	65	57	62	62	56	57	65	85

※ 제 32차 월동연구대 (2018. 12월 ~ 2019. 11월 근무) 측정 기준

나. 폐기물 처리결과

남극세종과학기지에서 발생한 폐기물은 칠레 현지에서 임차한 보급선으로 보급 운송이 이루어지고, 2019년 12월 16일에 보급선이 세종기지에 도착하여 하역 시행 후 반출 화물의 선적이 이루어졌다. 동 선박에는 스페인기지(후안카를로스)로 운송되는 화물이 다수 선적 (보급 선박 임차 시 스페인의 요청으로 세종기지 화물과 스페인 화물이 혼적)되었으며, 세종기지에 우선 정박하여 하역 시행 후 스페인 기지로 이동하는 일정기에 반출대상 화물(폐기물)을 선적하지 못하였고, 2019년에 세종기지에서 발생한 폐기물은 추후 처리될 예정이다.

그러나, 추후 진행 상황은 코로나-19 사태로 말미암아 시기를 가늠할 수 없는 상황이다. 극지연구소는 현재 세종기지의 바이러스 유입 차단을 목적으로 2020/21년 남극 하계 운영과 보급화물 축소를 계획하고 있다. 이에, 남극기지의 외부 접촉 차단을 위해 쇄빙연구선 아라온호를 유일한 운송수단으로 활용하여, 남극과학기지 (세종, 장보고) 보급을 시행하므로 반출 화물의 선적 수량의 제한이 불가피한 상황이다. 따라서, 2019년 세종기지 발생 폐기물의 반출과 처리는 2021년 이후에나 가능한 상황이며, 그 시기는 미정이다.

기지에 보관된 폐기물은 포장상자가 훼손되거나 누수가 이루어지지 않도록, 반출이 가능해질 때까지 옥외창고동에 보관될 예정이다.



극지연구소

2. 장보고기지 폐기물 처리 현황

가. 폐기물 관리계획

2019년 폐기물 관리계획서					
기지명		남극장보고과학기지			
1. 생활폐기물 발생 현황(2019. 11. 9 인계인수 기준)					
구 분	종 류	수 량	단 위	중 량 (kg)	
지정 폐기물	배터리	1	WOOD BOX	410	
	폐유	31	DRUM	6,100	
	오수슬러지	10	DRUM	1,900	
	소 계			8,410	
일반 폐기물	고철	27	WOOD BOX	16,515	
	폐가구(목재)	1	CONTAINER	1,250	
	유리	5	WOOD BOX	2,590	
	종이	7	WOOD BOX	2,200	
	폐식자재	1.5	Container	9,730	
	플라스틱(PVC)	20	WOOD BOX	3,205	
	소 계			35,490	
합 계				43,900	
2. 기타 폐기물 (건축 폐기물 등 특기사항이 있는 경우 기술)					
해당사항 없음					
3. 수송 및 처리 계획					
수송편		쇄빙연구선 아라온호 (남극장보고기지 → 뉴질랜드 리틀턴 → 한국)			
수송 일정	출발예정일	2020. 3월 21일			
	도착예정일	2020. 4월 29일			
처리 지역	국가명	대한민국			
	도시명	인천			
처리에정 업체명		미정			
처리 방법		지정·일반폐기물 분류에 따른 재활용/매립/소각 처리 예정(전문업체 대행)			
4. 업무처리 담당자					
직 책	성 명	전화번호	이메일	비 고	
기 지	대 장	지건화	032-760-5306	ghjee@kopri.re.kr	
	담 당	박성재	010-4253-2567	psj2567@nate.com	
연구소	부서장	이형근	032-770-8510	hglee@kopri.re.kr	
	담 당	서태선	032-770-8555	jamisu@kopri.re.kr	
상기와 같이 남극기지 폐기물 관리계획을 제출합니다.					
2019년 11월 9일					
환경부장관 귀하				극지연구소장 : 윤 호 일 (인)	

붙임# 1**기지 내 폐기물 처리 현황**

○ 기지 폐기물 처리 시설

- 남극장보고과학기지 발생 폐기물은 전량 기지 외부로 반출
- 1년간 수집되는 폐기물 발생량이 상당함에 따라 운송에 따른 어려움(비용 등)을 고려하여 부피를 최소화하기 위한 시설·장비를 다음과 같이 운영중

□ 폐기물 처리 관련시설 현황

장 비 명	용 도	수 량	용 량	비 고
캔압축기	캔 및 경량 철물 압축용	1대	20 TON	
파쇄기	생활 폐기물 파쇄용	1대	0.15~0.2 TON	
음식물 처리기	음식물 건조 처리용	2대	99 KG/회	

○ 폐기물 처리 및 관리

- 폐기물 관리는 「남극조약 환경보호 의정서」를 기본으로 이루어지고 있으며, 기지 체류자의 인식 재고를 위하여 실내 폐기물 수집장소에 붙임#3과 같이 안내문을 부착하여 내용 환기

- 폐기물은 「대한민국남극과학연구단 폐기물 관리지침」에 의거 일반폐기물(일반쓰레기, 고철, 병·유리 등)과 지정폐기물(플라스틱, 폐유, 폐건전지 등)로 분류·포장하여 처리

○ 폐기물 처리

- 월동기간 중 실내 수집장소에 1차로 모여진 폐기물은 매주 별도 지정 장소에 위치한 우드박스에 분류별 2차 수집 후, 일정량 이상 폐기물이 모아지면 원활한 반출(보급선 활용) 운송을 위하여 기지 내 컨테이너에 최종적으로 적재·보관

붙임# 2

기지 내 폐기물 처리 사진



실내 폐기물 분리·수집



외부 산재 폐기물 정리



폐기물 종류별 우드박스 수집



오일드럼 정리 및 컨테이너 입고



수집 완료 폐기물의 컨테이너 운반



폐기물 컨테이너 적재·보관

기지 발생 폐기물 수집·분류 및 처리 기준

□ 남극 환경 법규 및 폐기물 처리 규제

남극은 원시 자연환경을 보존하고 있는 인류의 마지막 보고로서 지구 환경변화의 척도이자 자연과학 실험장이다. 남극조약 협의당사국들(ATCPs)은 이러한 남극 환경의 보호를 보장하기 위하여 1991년 『남극조약 환경보호 의정서(Madrid Protocol)』를 체결하였다.

환경보호의정서는 1998년 발효되었으며(우리나라는 1996년 비준), 우리 정부는 2004년 『남극활동 및 환경보호에 관한 법률』 제정 및 2005년 동법 시행령 공포 등 법제화를 통하여 의정서 의무조항들을 준수하기 위한 법적 기반을 구축하였다.

의정서 제3부속서(폐기물 처리 및 관리)는 남극 내 폐기물 관리에 대한 규제사항들을 적시하고 있으며, 남극에서 생산 또는 처리되는 폐기물의 양을 줄여 환경에 미치는 악영향을 최소화하도록 규정하고 있다.

□ 폐기물의 정의 및 구분

일반폐기물 (비유해)	재활용	재활용 가능한 폐기물로서, 분리수거하여 남극 밖으로 반출된 후 재처리 과정을 통해 재활용 된다.
	매립/소각	가정으로부터 배출되어진 쓰레기와 같은 재활용이 불가능한 일반 생활폐기물로서, 남극 밖으로 반출되어 매립 또는 소각) 된다.
지정폐기물(유해)		부적절한 처리에 의해 환경파괴를 일으킬 수 있는 위험성이 있어 그 처리에 특별한 기술이 필요한 폐기물(유해화학물질 포함)로서, 남극 밖으로 반출된 후 허가받은 처리업체에 인계·처리된다.

1) 세종과학기지는 소각 가능 폐기물에 대하여 기지 내 소각이 가능하며, 장보고과학기지는 절차에 따라 분류하여 전량 반출한 후 매립 또는 소각한다.

□ 폐기물 분류/처리기준(상세)

[일반폐기물]

종류	소각	반출	
		재 활용	매립
금속(고철)		○	
마분지		○	
목재	△		○
식용유	△		○
오래된 음식			○
유리		○	

종류	소각	반출	
		재 활용	매립
의류, 섬유		○	
전기/전자제품		○	
종이	△	○	
질석		○	
캔		○	
토너, 카트리지		○	

※ 종이, 마분지의 경우 음식물 등 비유해한 물질에 오염된 극히 일부의 양만 소각기를 이용해 소각할 수 있다. 테트라팩을 비롯 화학물질 등 유해물질에 오염된 종이나 나무 등은 소각해서는 안 된다.

[지정폐기물]

종류	소각	반출	
		재 활용	위탁
광화학물질			○
드럼			○
방사성폐기물			○
배터리		○	
부동액			○
생물시료			○
석면			○
세제, 살균제			○
수은			○
압축가스실린더		○	
에어로졸			○

종류	소각	반출	
		재 활용	위탁
연료, 윤활유	△		○
오수, 잔반	○		○
위생용품			○
의료폐기물			○
접착제			○
페인트, 유기용제			○
폭발물			△
플라스틱		○	
형광등, 램프		○	
화학물질			○

나. 폐기물 처리결과

2019년 폐기물 처리 결과보고서

기지명

남극장보고과학기지

1. 폐기물 발생 현황

가. 수집 및 처리

(폐기물의 수집 및 운송)

- 주 1~3회 기지 대청소 시행 시 폐기물을 수집하여 지정 처리장소로 이동시키고, 일정량 이상 수집 시 포장(우드박스) 처리하여 반출 컨테이너 순차적 입고
- 폐기물 종류별 처리방법

순번	종류	발생원인	처리장소	처리주기
1	PVC	보급품 포장재 등	본관동 실내	매일
2	고철	기지 시설 보수·교체 시	본관동 실내	발생 시
3	종이	포장재 및 각종 문서 폐기	본관동 실내	매일
4	목재	보급품 포장용 박스 등	본관동 실내 및 중장비보관동	발생 시
5	잔반	체류자 식서비스 제공	본관동 실내(주방)	매일
6	유리	비품류 파손 등	본관동 실내	매일
7	일반쓰레기	각종 기지 내 활동	본관동 실내	매일


- 남극 하계기간 물자 보급 및 반출을 위한 쇠빙연구선 ‘아라온’ 호 방문 시, 폐기물 컨테이너 일괄 선적·운송 진행
 - ※ 폐기물 수집장소에는 수집된 폐기물을 2차 패킹할 수 있는 수출용 우드박스(규격 : 2,200×950×1,100mm) 및 콩드럼(200L) 상시 비치

(폐기물의 처리)

- 쇠빙연구선 ‘아라온’ 호를 통하여 반출된 폐기물은 연구소 야드 1차 보관 후, 처리업체 선정 및 운송일정 조율을 거쳐 처리업체 일괄 위탁 처리

나. 발생 폐기물

구분	종류	수량	단위	중량(kg)
지정 폐기물	실험폐액	3	DRUM	630
	폐유 외	6	DRUM	1,240
	오수	8	DRUM	1,200
	배터리	1	BOX	790
	소 계			
일반 폐기물	폐합성수지	3	CONTAINER	19,170
	폐식자재	1	CONTAINER	8,610
	종이	1	CONTAINER	3,200
	고철	4	BOX	5,160
	목재	1	CONTAINER	7,900
	매트리스	50	EA	1,250
	소 계			
합 계				49,150

다. 발생량 분석					
<ul style="list-style-type: none"> ◦ '19년도 월별 발생량 미 측정 <ul style="list-style-type: none"> ※ 극저온의 기온으로 외부활동에 어려움이 있으므로 수집단계에서 폐기물을 계량 하기에는 어려움이 있음 					
2. 수송 및 처리					
수송편		선박 ARAON			
수송일정	출발(선적)	2020. 3. 21.(남극장보고과학기지) ※ 선적 후, 국내 입항까지 극지연구소 남극 연구항해 계획에 의거한 각종 활동 시행			
	도착(하역)	2020. 5. 4.(대한민국/광양)			
	입고	2020. 5. 8.(극지연구소 야외 보관장소 운송)			
	이관(처리)	2020. 5. 28.(폐기물 수집 업체 수거) / 2020. 6. 8.(최종 처리 완료)			
처리지역		대한민국/인천			
처리업체	업체명	진석산업			
	주소	인천 남동구 인주대로 857			
	담당자	한윤수			
	연락처	032-469-5159			
처리방법		위탁 처리업체 주관 하에 폐기물 분류에 따른 일괄 처리			
3. 특이사항					
<ul style="list-style-type: none"> ◦ 폐기물은 '배출자-운반자-처리자' 의 3자 계약을 체결하여 처리함 ◦ 상기 3자 계약에 의해 처리자가 최종 폐기물을 처리하나 폐기물의 종류별 처리장은 상이함 					
4. 업무처리 담당자					
	직 책	성 명	전화번호	이메일	비 고
기 지	대 장	지건화	032-760-5306	ghjee@kopri.re.kr	
	담 당	박성재	010-4253-2567	psj2567@nate.com	
연구소	부서장	이형근	032-770-8510	hglee@kopri.re.kr	
	담 당	서태선	032-770-8555	jamisu@kopri.re.kr	
<p>상기와 같이 남극기지 폐기물 처리 결과보고서를 제출합니다.</p> <p>2020 년 6 월 30 일</p> <p>극지연구소장 : 윤 호 일 (인)</p>					
<p>환경부장관 귀하</p> 					

□ **폐기물 처리 계약서 외**

KOPRI 극지연구소

용역 주문 및 도급계약서

일	당	팀	장	부	장	소	장	인	사	부	장
<p>계약번호 2020-00452-0 계약일자 2020년 05월 25일</p> <p>계약명 2020년도 남극과학기지 반출 폐기물 위탁 처리</p> <p>현황</p> <p>계약금액 일금 이천삼백삼십이만구천삼백사십 원 (₩ 18,141,810)</p> <p>계약이행보증금 15%(100분의 15)</p> <p>지급조건 일금 (0원), 중도금 (0원), 잔금 (18,141,810원)</p> <p>하자보유보증금 하자발표유효기간</p> <p>계약기간 2020/05/26 ~ 2020/06/08 계약달일 수의계약(직계약)</p> <p>계약구분 폐기물처리 위탁 지체상금률 계약금액의 1000분의 1.25</p> <p>계약자 상호 181-99-40547 진석산업 계약자 상호 계약금액의 1000분의 1.25</p> <p>입지세액 20,000 감독관 서재신</p> <p>담당자 한지현 (032-770-8733) 계약보증방법 계좌</p>											
<p>위 용역계약은 체결함에 있어 계약자와 연대보증인은 각각 다음의 사항을 확인하여 계약의 승가로 이 계약서를 작성한다.</p> <p>1. 계약자는 국가를 당사자로 하는 계약에 관한 법률에서 정하는 바에 따라 용역계약 일련번호 및 용역계약번호, 조인필요서류의 제출필요사항, 청산절차절차명목등의 사항을 확인하여야 하며, 계약의 일부분담을 확인하여 입지의 여야, 실질적 계약상의 의무를 이행한다.</p> <p>2. 연대보증인은 계약자와 연대하여 계약상의 의무를 준수한다.</p>											
발주처	한국해양과학기술원 부설 극지연구소 (사업자등록번호) 184-82-08870 인천광역시 연수구 송도리대로 26					<p>진석산업 (사업자등록번호) 181-99-40547 인천광역시 남동구 인주대로 807 상가-1041 단 수동, 삼한아파트 한울수 (인) (기업은행) 609-022049-01-018 (전화) (FAX)</p>					

KOPRI 극지연구소

용역 주문 및 도급계약서

일	당	팀	장	부	장	소	장	인	사	부	장
<p>계약번호 2020-00459-1 계약일자 2020년 06월 25일</p> <p>계약명 2020년도 남극과학기지 반출 폐기물 위탁 처리</p> <p>현황</p> <p>계약금액 일금 이천삼백삼십이만구천삼백사십 원 (₩ 23,429,340)</p> <p>계약이행보증금 15%(100분의 15)</p> <p>지급조건 일금 (0원), 중도금 (0원), 잔금 (16,141,810원)</p> <p>하자보유보증금 하자발표유효기간</p> <p>계약기간 2020/06/26 ~ 2020/06/08 계약달일 수의계약(직계약)</p> <p>계약구분 폐기물처리 위탁 지체상금률 계약금액의 1000분의 1.25</p> <p>계약자 상호 181-99-40547 진석산업 계약자 상호 계약금액의 1000분의 1.25</p> <p>입지세액 20,000 감독관 서재신</p> <p>담당자 한지현 (032-770-8733) 계약보증방법 계좌</p> <p>발행일자 2020년 06월 25일</p> <p>변경사유 실 처리량 증가 및 지정폐기물 신규 추가에 따른 계약 변경(원인: 총무과제당-892)</p>											
<p>위 용역계약은 체결함에 있어 계약자와 연대보증인은 각각 다음의 사항을 확인하여 계약의 승가로 이 계약서를 작성한다.</p> <p>1. 계약자는 국가를 당사자로 하는 계약에 관한 법률에서 정하는 바에 따라 용역계약 일련번호 및 용역계약번호, 조인필요서류의 제출필요사항, 청산절차절차명목등의 사항을 확인하여야 하며, 계약의 일부분담을 확인하여 입지의 여야, 실질적 계약상의 의무를 이행한다.</p> <p>2. 연대보증인은 계약자와 연대하여 계약상의 의무를 준수한다.</p>											
발주처	한국해양과학기술원 부설 극지연구소 (사업자등록번호) 184-82-08870 인천광역시 연수구 송도리대로 26					<p>진석산업 (사업자등록번호) 181-99-40547 인천광역시 남동구 인주대로 807 상가-1041 단 수동, 삼한아파트 한울수 (인) (기업은행) 609-022049-01-018 (전화) (FAX)</p>					

극지연구소 도급계약서(최초)

극지연구소 도급계약서(수정)

폐기물 수집·운반 및 처리 계약서

본 계약을 체결함에 있어 계약자와 연대보증인은 각각 다음의 사항을 확인하여 계약의 승가로 이 계약서를 작성한다.

1. 계약자는 국가를 당사자로 하는 계약에 관한 법률에서 정하는 바에 따라 용역계약 일련번호 및 용역계약번호, 조인필요서류의 제출필요사항, 청산절차절차명목등의 사항을 확인하여야 하며, 계약의 일부분담을 확인하여 입지의 여야, 실질적 계약상의 의무를 이행한다.

2. 연대보증인은 계약자와 연대하여 계약상의 의무를 준수한다.

3. 계약자는 국가를 당사자로 하는 계약에 관한 법률에서 정하는 바에 따라 용역계약 일련번호 및 용역계약번호, 조인필요서류의 제출필요사항, 청산절차절차명목등의 사항을 확인하여야 하며, 계약의 일부분담을 확인하여 입지의 여야, 실질적 계약상의 의무를 이행한다.

4. 연대보증인은 계약자와 연대하여 계약상의 의무를 준수한다.

5. 계약자는 국가를 당사자로 하는 계약에 관한 법률에서 정하는 바에 따라 용역계약 일련번호 및 용역계약번호, 조인필요서류의 제출필요사항, 청산절차절차명목등의 사항을 확인하여야 하며, 계약의 일부분담을 확인하여 입지의 여야, 실질적 계약상의 의무를 이행한다.

6. 연대보증인은 계약자와 연대하여 계약상의 의무를 준수한다.

7. 계약자는 국가를 당사자로 하는 계약에 관한 법률에서 정하는 바에 따라 용역계약 일련번호 및 용역계약번호, 조인필요서류의 제출필요사항, 청산절차절차명목등의 사항을 확인하여야 하며, 계약의 일부분담을 확인하여 입지의 여야, 실질적 계약상의 의무를 이행한다.



8. 연대보증인은 계약자와 연대하여 계약상의 의무를 준수한다.

완료검사조서

- 용역명: 2020년도 남극과학기지 반출 폐기물 위탁 처리
- 계약번호: 2020-00453-1
- 계약자: 진석산업
- 계약일: 2020년 5월 25일
- 계약금액: 일금 이천삼백삼십이만구천삼백사십 원정 (₩23,429,340)
- 완료금액: 일금 이천삼백삼십이만구천삼백사십 원정 (₩23,429,340)
- 계약기간: 2020년 5월 25일 ~ 2020년 6월 8일
- 완료일: 2020년 6월 8일

위 용역의 완료검사를 실시한 결과 과업지시서대로 용역이 완료(100% 수행) 되었음을 확인함.

2020년 6월 11일

조성성적자 : 서태선 
확인자 : 이형근 

'배출자-운반자-처리자' 3자 계약서

폐기물 처리 완료

□ 폐기물 처리 확인서

폐기물 처리 확인서

환경형성2020-060252

배출자	상 호	한국해양과학기술원 부산 극지연구소		상 명	부산유
	사업장 주소	인천광역시 연수구 송도대로 26, 1층 (한국해양과학기술원부산 극지연구소)			
	배출원장 주소	인천광역시 연수구 송도대로 26, 1층 (한국해양과학기술원부산 극지연구소)			
	업 종	연구서비스업	연 호 번 호	033-770-8735	
취득자	사업자등록번호	134-82-06870		주민등록(법인)번호	131471-0018173
	폐기물종류	수량	처리일자	운반차	비고
	폐합성수지	5,180 kg	2020.05.28	진석산업	
	폐합성수지	5,590 kg	2020.05.28	진석산업	
	폐합성수지	8,400 kg	2020.05.29	진석산업	
계	19,170 kg				

위 배출자가 배출한 폐기물을 한강이앤씨 화성지점 에서
처리되었음을 확인함.
2020. 06. 02.

처리자	상 호	한강이앤씨 화성지점	상 명	김성태 (인)
	사업자등록번호	605-85-46899	연 호 번 호	031-351-6630
	주 소	경기도 화성시 장안면 우송장안로 1120번길 42-15	회 가 번 호	810호

HK. **주한강EMP** 화성지점

처리 확인서

발급번호	20274	발행일	2020. 05. 29			
배출자	업 체 명	한국해양과학기술원부산 극지연구소	대 표	박유영		
	주 소	인천광역시 연수구 송도대로 26 (송도동, 극지연구소)	장 회			
운반자	업 체 명	진석산업	대 표	주원우		
	주 소	인천광역시 남동구 간곡대로 802 (간곡동, 임흥마을2가)	장 회			
차 량 내 역						
도출일자	종류	도출량(kg)	처리일자	처리량(kg)	처리업체	비고
2020.05.28	폐합성수지	8,610	2020.05.28	8,610	진석	폐식자재
* 부고						

취급자 김다솔 (인)

처리자	폐기물관리법 제13조 및 동법 시행령 제7조 규정에 의하여 상기와 같이 적법하게 소각처리하여 이를 증명함		
상 호	성원유휴(주)	대표이사	김영중, 김민영 (인)
주 소	경기도 안산시 단원구 첨단로215시흥공단 5번 515호		
*법인 인감 및 취급자 확인이 없는 것은 무효임			

폐합성수지(19,170kg)

폐식자재(8,610kg)

계량확인서

NO. 00025

일 자	2020-05-28		
차 량 번 호	9953		
거 래 처	진석산업		
물 명	파지		
중 량 량	13 차 53 분	16,230 kg	
공 차 량	13 차 53 분	13,030 kg	
질 량 량		3,200 kg	
결 결 / 결 량	00	kg	
건 수 량		3,200 kg	
단 가 / 단 액		원 / kg	
차 고	진석산업	kg	
보 목	운송량	공차량	공량
	단가	단가	금액
합 계 단 액 : 원			

상기와 같이 계량하였음을 증명합니다.

(주)아나리사이클링

인천광역시 남동구 고잔로 73번길 5

T E L . 032) 822-0991

F A X . 032) 822-0992

계량증명서

일 자	2020년 05월 28일		
번 호	3		
차 량 번 호	9032		
거 래 처	극지연구소		
물 명	고철		
총 중 량	15:49	17,660 kg	
공 차 중 량	13:26	12,500 kg	
실 중 량	입고	5,160 kg	
		(인)	
단 가	120 원		
금 액	619,200 원		
상기와 같이 계량하였음을 증명함.			
(주)성원에스티			
경기도 시흥시 수원로2793번길 57-7			
Tel: (031)313-5675, Fax: (031)313-5676			

파지(2,480kg)

고철(5,160kg)

제 람 증 명 서
(내 용 중 1) NO : 0009

계량일자 2020년 05월 25일 입고
차량번호 8147828
거 래 처 선석산업
종 류 폐목재
총 중 량 17:45:16 15,680 kg
공차중량 18:15:12 12,620 kg
감 량 0 kg
실 중 량 3,060 kg
중 역 0 0
달 달 자
비 고

상기화 같이 제량하였음을 증명함
(주)지구환경
경기도 이천시 이대산로 736번길 18
031-3486-3333 fax 1499-9333

제 람 증 명 서
(내 용 중 2) NO : 0008

계량일자 2020년 05월 28일 입고
차량번호 80소8676
거 래 처 선석산업
종 류 가구재
총 중 량 17:00:11 16,340 kg
공차중량 17:40:15 11,500 kg
감 량 0 kg
실 중 량 4,840 kg
중 역 0 0
달 달 자
비 고

상기화 같이 제량하였음을 증명함
(주)지구환경
경기도 이천시 이대산로 736번길 18
031-3486-3333 fax 1499-9333

정화조관리카드

인원 번호구 허가 제1호 주민등록번호:

성 명	권익연	전 화	031-478-7627
주 소	충청도 공주시 번지 3호 길		
구 조	간이오	용 량	용 도
회 수	정 소 년월일	기능이상 유무	차량번호 정소기사 확인인
1회	20.05.29		19384 권익연 200
2회			
3회			

본 정화조 정소일 카드는 월 1년 이상 보관하시어 정소상태를 점검하시고 차기 정소시에 확인인받으십시오.

요금	카드	원	정구	(95)
	현금	원	영수	

정화조(개인하수처리시설)는 하수도 법에 관한 법률 41조 및 시행규칙 33조 2항의 규정에 의거 매년 1회 이상 정소를 하여야만 기능이 정상적으로 작동되어 위생적으로 관리됩니다. 아울러 정화조 정소를 이행치 않을 경우 하수도 법에 관한 법률 90조 제4항 14호 규정에 의거 100만원 이하의 과태료가 부과되오니 세심한 주의 바랍니다.

서해환경주식회사
KEB하나은행 449-810047-41105
인천광역시 연수구 봉담로 125번길 41 (연수동 593-8) 태카리빌 613호
여금주 : 서해환경(주) T E L : 032-832-0101

폐목재(7,900kg)

오수(8통)



폐기물 최종처리 확인서

배출 일자	회사명	선석산업	사업자등록번호	
	대표		전화번호	
	주소			
운반 일자	회사명	선진환경	사업자등록번호	134-31-69586
	대표	최치환	전화번호	031-312-7097
	주소	경기도 안산시 단원구 화성동 572-1		
최종 처리 일자	회사명	선진환경	사업자등록번호	134-31-69586
	대표	최치환	전화번호	031-312-7097
	주소	경기도 안산시 단원구 화성동 572-1		
발생장소	한국해양과학기술원부설 연구연구소			
처리기간	2020.06.05			
폐기물 종류	폐 매트리스			
처리량	50 통			

위와 같이 최종 처리하였음을 확인함

2020.06.05

최종처리업자 선진환경 대표 최치환

처리 확인서

- 배출자 : 극지연구소
- 공동배출자 : 폐기물공동수거운영구(향우테크)
- 처리 내역

처리일자	폐기물의 종류	수 량 (톤)	비 고
2020.6.08	폐매트리	0.79	폐인프/원양쓰레기 양액
	그밖의폐기물	1.87	

폐기물관리법에 의하여 적법하게 수집,처리하였음을 확인합니다.

2020. 06. 08.

폐기물공동수거운영기구
(향우테크)
대표자 지 함 우



폐매트리스(50개)

실험폐액 외(2,940kg)



제 3 절 펭귄마을 보호구역 (ASPA No. 171)의 관리계획 이행

1. 법적 근거 및 이행 현황

가. 보호구역 내 활동에 대한 법적근거

우리나라는 남극조약 및 환경보호에 남극조약 의정서의 시행 등 남극관련 국제협력체제에 적극적으로 참여하기 위하여 남극활동에 필요한 사항을 법률로 제정함으로써 남극 환경의 보호와 남극관련 과학기술의 발전에 기여하고 있다. ‘남극활동 및 환경보호에 관한 법률’ 중 남극특별보호구역에서의 활동에 대한 법적 근거는 제3장 (남극 환경의 보호), 제14조 (남극특별 보호구역 등의 보호)에 명시되어 있으며, 법률 위반에 관한 벌칙조항 (제25조)도 제정되어있다. 해당 법률에서 위임된 사항과 그 시행에 관한 사항은 ‘남극활동 및 환경보호에 관한 법률 시행령’ 으로 규정 (제4장 제16조 및 제17조)되어 있다.

남극활동 및 환경보호에 관한 법률

제3장 남극 환경의 보호

제14조(남극특별보호구역 등의 보호) ①외교통상부장관은 남극조약협약의당사국회의에서 지정한 다음 각호의 사항을 대통령령이 정하는 바에 의하여 고시하여야 한다.

1. 남극특별보호구역 및 남극특별관리구역
2. 남극사적지 및 기념물

②제1항제1호의 규정에 의한 남극특별보호구역 또는 남극특별관리구역에 출입을 하거나 그 구역안에서 남극활동을 하고자 하는 자는 대통령령이 정하는 바에 의하여 외교통상부장관의 승인을 얻어야 한다.

③외교통상부장관은 제2항의 규정에 의한 승인을 하고자 하는 때에는 외교통상부령이 정하는 바에 의하여 승인된 행위·기간·장소 등을 명시한 승인서를 발급하여야 한다.

④제2항의 규정에 의하여 승인을 얻은 자는 남극특별보호구역 또는 남극특별관리구역에 출입하거나 그 구역안에서 남극활동을 하는 동안 제3항의 규정에 의한 승인서 또는 그 사본을 휴대하여야 한다.

제6장 벌칙

제25조(벌칙) 다음 각호의 1에 해당하는 자는 1천만원 이하의 벌금에 처한다.

3. 제14조제2항의 규정을 위반하여 승인을 얻지 아니하고 동조제1항제1호의 규정에 의한 남극특별보호구역 또는 남극특별관리구역에 출입하거나 그 구역안에서 활동한 자

제27조(과태료) ① 다음 각호의 1에 해당하는 자는 1천만원 이하의 과태료에 처한다.

3. 제14조제4항의 규정을 위반하여 승인서 또는 그 사본을 휴대하지 아니하고 남극특별보호구역 또는 남극특별관리구역에 출입하거나 그 구역안에서 남극활동을 한 자

남극활동 및 환경보호에 관한 법률 시행령

제4장 남극특별보호구역 등

제16조 (남극특별보호구역 등의 고시) 외교통상부장관은 법 제14조제1항의 규정에 의하여 남극조약협약의 당사국회의에서 결정한 다음 각 호의 사항을 해당 회의 종료 후 1월 이내에 고시하여야 한다.

1. 남극특별보호구역과 남극특별관리구역의 명칭 및 위치(지도를 포함한다)
2. 남극사적지와 기념물의 명칭 및 위치(지도를 포함한다)

제17조 (남극특별보호구역 등에의 출입 또는 활동의 승인) 외교통상부장관은 법 제14조제2항의 규정에 의한 승인을 하고자 하는 때에는 그 출입 또는 활동이 과학연구를 위한 것으로서 남극특별보호구역 또는 남극특별관리구역에서만 가능하고 해당 구역의 자연환경에 영향을 미치지 아니하는 경우에 한하여 그 구역에의 출입 또는 활동을 승인할 수 있다.

나. 이행 현황

펭귄마을 보호구역의 관리목적은 해당지역에 대해 인간에 의한 불필요한 교란을 차단함으로써 지역의 가치가 손상되거나 실질적인 위협에 노출되는 것을 방지하고, 타 지역에서는 수행할 수 없는 과학적 연구 및 동 지역을 대상으로 하는 장기적 생물학 연구의 지속적 수행을 허용하며, 동 지역의 심미적, 과학적 가치를 보호하는 것이다. 계획서 상에는 총 6개항의 관리활동이 명시되어 있으며, 이를 토대로 남극특별보호구역인 펭귄마을의 관리가 이행되었다. 관리계획서 상의 관리활동과 이에 관한 이행현황은 표 3-3-1에 나타나있다.

표 3-3-1. 펭귄마을 보호구역 관리계획서에 명시된 관리활동 항목 및 이행현황

계획서 상의 관리활동	이행현황
<ul style="list-style-type: none"> • 동 지역에 접근하는 사람들은 관리계획 내용을 해당 국가프로그램 (또는 책임당국)이 진행하는 특별교육을 받아야 한다 	<ul style="list-style-type: none"> • 극지연구소 (세종기지 포함)에서 남극특별 보호구역 관련 환경교육 실시
<ul style="list-style-type: none"> • 출입제한에 대한 내용이 명시되고 위치와 경계가 표시된 표지판을 보호구역 경계선의 적절한 위치에 설치하여야 한다 	<ul style="list-style-type: none"> • 관리계획서상에 명시된 육상 및 해상 이동경로의 경계에 각각 표지판 설치
<ul style="list-style-type: none"> • 동 지역 내 설치되는 모든 표지판 뿐 아니라 과학 기자재 및 표식물은 적절한 상태로 안전하게 유지되어야 한다 	<ul style="list-style-type: none"> • 월동 및 하계연구원이 주기적으로 점검
<ul style="list-style-type: none"> • 동 지역 내 생물학적 조건은 펭귄 및 기타 조류 군집 계수를 포함하여 적절한 모니터링이 수행되어야 한다 	<ul style="list-style-type: none"> • 보호구역 지정을 위한 예비조사 (2006/07년) 이후로 매년 펭귄 및 조류의 동지수 조사
<ul style="list-style-type: none"> • 동 지역이 지속적으로 보호구역으로 지정된 목적에 부합하는지, 유지 및 관리 조치가 적절한지 평가하기 위해 필요한 경우 (최소 5년에 1회) 동 지역을 방문해야 한다 	<ul style="list-style-type: none"> • 보호구역 승인 이후 매년 환경모니터링 및 보호구역 관리 수행 (환경부 2011, 2012, 2013)
<ul style="list-style-type: none"> • 지역 내에서 운영되는 국가 남극프로그램들은 동 지역 내 활동이 본 관리계획의 목표 및 목적에 부합하는 방식으로 수행되는지 여부에 대해 협의 및 정보교환이 될 수 있도록 해야 한다 	<ul style="list-style-type: none"> • 보호구역 승인 이후 ATCM에 매년 IP(환경부 2011, 2012, 2013) 및 WP 제출 • 2014년에는 5년간의 조사자료를 토대로 수정관리계획서를 작성하여 제출

2. 항목별 관리내용

가. 남극활동허가신청

극지연구소에서는 남극활동 예정자를 위한 남극활동허가신청과 관련한 정보를 극지연구소 남극특별보호구역 홈페이지를 통해 제공하고 있다 (<http://aspa.kopri.re.kr/>) (그림 3-3-1, 3-3-2).

허가가 필요한 이유



■ 남극 환경보호를 위한 국제적 노력의 일환으로

1961년 남극조약이 발효된 이후, 남극의 자연환경 보호는 남극조약 협의당사국간의 주요 테마가 되고 있다. 변화에 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. 이에따라, 우리나라는 2004년 남극 활동 및 환경보호에 관한 법률(남극 환경법) 제정과 2005년 동법 시행령 공포를 통해 남극 환경보호의정서의 각 서명국의 의무사항을 법률화 하였다. 남극환경법에 의해 남극활동을 하고자 하는 자는 외교부장관의 허가를 받아야 한다.

■ 법령상의 용어 정의

1. "남극지역"이라 함은 남위 60도 이남의 육지·빙봉(氷棚) 및 수역과 그 상공을 말한다.
2. "남극환경"이라 함은 남극지역의 자연환경과 그에 종속되고 연관된 생태계(生態系)를 말한다.
3. "남극활동"이라 함은 남극지역에서 행하여지는 활동으로서 다음 각목의 행위를 제외한 과학조사, 시설물의 설치, 탐험, 관광 그 밖의 활동을 말한다.
 - 가. 항공기·선박 등으로 남극지역을 단순히 통과하는 행위
 - 나. 상업적 목적만을 위하여 행하여지는 어로행위

그림 3-3-1. 극지연구소 남극특별보호구역 홈페이지를 통해 제공하고 있는 남극활동허가신청의 허가가 필요한 이유

극지 일반교육은 공통교육 항목으로서, 극지연구소 대강당에서 연 4회 실시되며, 예정자의 남극 방문일정에 따라 적합한 날 교육을 받으면 된다. 일반교육에서는 남극 활동 및 환경보호에 관한 법률과 남극특별보호구역에서의 준수사항 등이 중점적으로 다루어지며, 기타 남극 방문을 위한 안내사항들이 전달된다 (그림 3-3-3). 본 연구사업에서는 남극특별보호구역 교육홍보 동영상 자료 (그림 3-3-4)와 보호구역 관리지침서를 제작해 제공하고 있다.

허가신청 요령

남극활동을 하고자 하는 자는 외교부장관의 허가를 받아야 한다(남극활동 및 환경보호에 관한 법률 제4조). 남극활동의 허가를 받고자 하는 자는 대통령령이 정하는 바에 의하여 허가신청서에 다음 각호의 서류를 첨부하여 외교부장관에게 제출하여야 한다(남극활동 및 환경보호에 관한 법률 제5조, 7조 참고).

1. 남극활동계획서
2. 환경영향평가서
3. 폐기물관리계획서(남극환경에 심각한 영향을미칠 것으로 예상되는 사항에 대해 포괄적환경영향평가서를 제출하는 경우에 한한다)
4. 남극환경에 해로운 영향을 미칠 수 있는 사고발생 대비 비상계획서(포괄적환경영향평가서를 제출하는 경우에 한한다)

남극활동의 허가를 받은 자가 다음 각호의 행위를 하고자 하는 때에는 대통령령이 정하는 바에 의하여 외교부 장관의 승인을 얻어야 한다(남극토착동식물을 포획 등의 승인 신청서 작성 및 제출).

1. 남극토착동식물을 포획·채취하거나 남극지역 밖으로 반출하는 행위
2. 남극토착동식물의 동식물을 남극지역으로 반입하는 행위
3. 남극토착동식물의 서식환경에 심각한 훼손을 가할 우려가 있는 다음 각목의 행위
가. 헬리콥터 또는 그 밖의 항공기의 이·착륙
나. 차량 또는 선박의 운행
다. 화약 또는 폭발물의 사용

남극활동의 허가를 받은 자가 남극특별보호구역 및 남극특별관리구역에 출입을 하거나, 그 구역 안에서 남극활동을 하고자 하는 경우 대통령령이 정하는 바에 의하여 외교부장관의 승인을 얻어야 한다(남극특별보호구역 등 활동승인 신청서 작성 및 제출).



신청안내

남극활동 허가신청서(남극활동허가신청서, 예비환경영향평가서, 남극토착동식물 포획 등의 승인신청서, 남극특별보호구역 등 활동승인 신청서 등) 다운로드
다운받을 수 있습니다.

상세 내용은 외교부 국제법규과 (전화: 02-2100-7527)로 문의바랍니다.

- 1_극지연구소통한 남극방문인경우_남극하계현장조사_계획서_및_관련_양식
- 2_남극활동허가신청서

[신청서 다운로드 >](#)

외교부 장관의 허가 없이 남극으로의 여행 등 남극 활동을 하는 경우에는 "3년 이하의 징역 또는 3천만원 이하의 벌금"에 처해질 수 있음을 유의할 필요가 있습니다.

(동법 제24조 참조)

그림 3-3-2. 극지연구소 남극특별보호구역 홈페이지를 통해 제공하고 있는 남극활동허가신청 요령

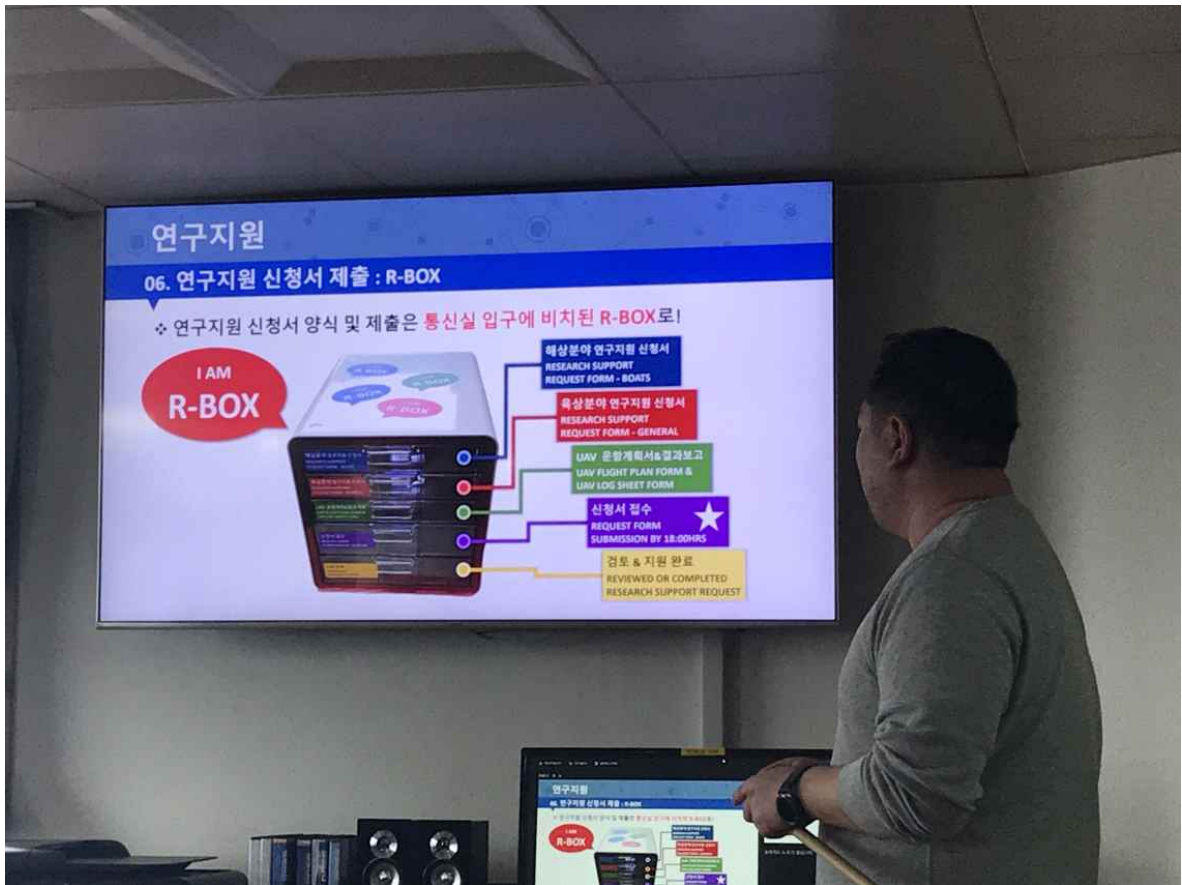







그림 3-3-3. 2019년에 실시된 “2019/20년 남극하계연구참여자 대상 극지 일반교육” 교과목 중의 하나인 환경보호 교육 (남극특별보호구역 환경교육 포함)



그림 3-3-4. 극지연구소 남극특별보호구역 홈페이지에서 제공되는 교육홍보동영상 자료

극지안전훈련은 최근 더욱 강화되어 2015년부터는 부산의 해양수산연수원에서 2박3일의 일정으로 체계적으로 이루어지고 있으며, 남극 월동대 및 하계대, 북극 하계대로 구분하여 맞춤형 훈련을 실시하고 있다 (그림 3-3-5, 3-3-6).

■ 훈련 과목

참고 사진	교육·훈련내용	장소	시간
	<ul style="list-style-type: none"> ■ 극지일반 -극지환경보호, 안전 및 보건 정책 등 	극지 연구소	4시간 (1학점)
	<ul style="list-style-type: none"> ■ 기초안전훈련(기초소화 및 응급처치) -초기화재, 소화기, 심폐소생술, 자동제세동기 등 -과정 코드: CU1504K01(한국해양수산연수원) 	한국 해양수산연수원 용당 캠퍼스	8시간 (2학점)
	<ul style="list-style-type: none"> ■ 육상안전훈련 -육상생존기술, 써바이벌백, 무선통신, GPS항법 등 		8시간 (2학점)
	<ul style="list-style-type: none"> ■ 해양안전훈련 -생존보트, 해상생존기술, 구명복 등 -과정코드: CU1204E01(한국해양수산연수원) 		8시간 (2학점)
	<ul style="list-style-type: none"> ■ 항공안전훈련 -헬리콥터 수중탈출 훈련 등 -과정코드 : HUET ※ 필요시 개설 		8시간 (2학점)

* 직무교육학점 최대 5학점 부여

3

그림 3-3-5. 극지안전훈련 프로그램 훈련과목 내용



그림 3-3-6. 극지안전훈련 장면(실내 교육 및 화재진압 훈련)

극지 방문을 희망하는 내국인은 필수적으로 두 과정을 모두 이수하여야 하며, 교육 받은지 3년 이후에는 재교육을 받아야 방문이 가능하다.

또한 세종기지에서는 방문 연구자들을 대상으로 남극특별보호구역에서의 환경보호에 관한 교육을 의무적으로 실시하고 있으며, 보호구역 출입자의 명단과 허가서 소지 여부를 점검하고 있다 (그림 3-3-7).

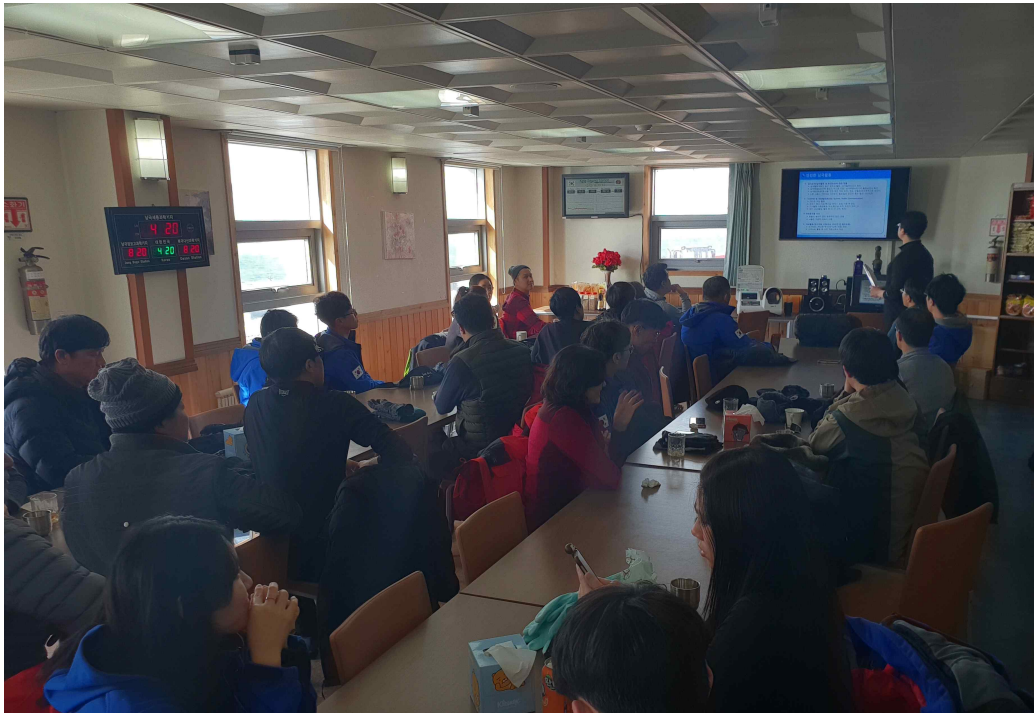


그림 3-3-7. 세종기지 방문객을 대상으로 하는 남극기지 활동 정보 및 환경교육

나. 시설물 관리

펭귄마을 보호구역 관리계획서의 ‘관리활동’ 항에는 출입제한에 대한 내용이 명시되고 위치와 경계가 표시된 표지판을 보호구역 경계선의 적절한 위치에 설치하도록 되어있다. 또한 동지역 내에 설치되는 모든 표지판은 적절한 상태로 안전하게 유지되어야 한다고 명시되어있다.

극지연구소와 환경부는 나레프스키 포인트가 남극특별보호구역으로 지정 승인된 해인 2009년에 세종기지에서의 육상 접근로 및 해상 접근로 경계지점에 남극특별보호구역 안내 표지판을 설치한 바 있다.



그림 3-3-8. 페인트가 벗겨져 도색이 필요한 안내 표지판

다. 보호구역 출입인원 현황

최근 남극연구의 증가와 함께 세종기지를 방문하는 연구자가 증가함에 따라, 외교부에 남극 특별보호구역 출입허가를 신청하는 연구자의 수가 최근 몇 년 동안 꾸준히 증가하고 있다. 남극특별보호구역인 펭귄마을은 하계 연구기간(11월~이듬해 2월) 동안 연구 또는 통과하는 목적으로 출입하는 연구자의 수가 증가하고 있어 펭귄 등 번식조류에 대한 인간의 간섭이 예상된다.

이에 따라 남극특별보호구역의 연구자 출입 현황을 파악하기 위해, 세종기지 통신실의 ‘남극세종과학기지 출입/이동 현황’을 참고하였다. 세종기지에서는 기지 밖 1 km 이상 이동자는 모두 무전기를 휴대해야 하며, 무전기 대여 시에는 출납기록부를 작성하여야 하는데, 이때 비고란에 ASPA 출입여부를 기록하고, ASPA 출입 관리대장에는 출입목적, 인원, 시간 등을 기록하도록 하였다 (그림 3-3-9).

그간의 기록을 분석한 결과는 그림 3-3-10과 같으며, 2019년 12월 2일부터 2020년 3월 2일까지 보호지역의 출입 혹은 통과 횟수는 총 401명(중복계수), 하루 평균 4.36명으로 나타났다.

No.	날짜	출	입	참여자	이동경로	목적	이동수단
751	12. 3.	10:37	17:28	Yanina, Katie	L6, L11, M1	연구	도보
752	12. 3.	11:27	19:30	이원영, 김정호, Paul	펭귄마을	연구	도보
753	12. 4.	10:08	17:43	Yanina, Katie	L6, L11, M1	연구	도보
754	12. 4.	10:13	22:40	이원영, 김정호, Paul	펭귄마을	연구	도보
755	12. 4.	13:10	16:22	홍중국, 남경균, 이윤상, 이원길, 박창배, 서정우, 서한규, 박승현, 김운태, 강호규, 김탁영	C5	드론촬영지 답사	도보
756	12. 4.	13:22	17:18	김유민, 민희태, 서해민, 정민수	펭귄마을	연구	도보
757	12. 4.	14:36	15:01	정귀성, 이한민, 이창재, 전은선, 김주형, 이승빈	기지주변	시운전	설상2호
758	12. 5.	14:00	21:46	이원영, 김정호, Paul	펭귄마을	펭귄조사	도보
759	12. 6.	09:03	19:27	Yanina, Katie	L6, L11, M1	현장조사	도보
760	12. 6.	09:40	16:43	김유민, 민희태, 서해민, 정민수	펭귄마을	연구	도보
761	12. 6.	09:41	18:41	이원영, 김정호, Paul	펭귄마을	펭귄조사	도보
762	12. 6.	09:47	10:55	박희원, 김형보, 주준하, 김영기, 장은호	마리안소만	CTD	세종1호
763	12. 6.	09:54	11:32	김동완, 김중수, 박창배, 유인영, 서한규, 서정우, 김탁영, 강호규	펭귄마을부근	해도제작지 답사	세종12호
764	12. 6.	13:17	15:50	김동완, 김중수, 박창배, 서한규, 서정우, 김탁영, 강호규, 박승현	장성기지-위버반도	해도제작지 답사	세종12호
765	12. 6.	13:31	14:05	박희원, 김형보, 김영기, 주준하	마리안소만	연구	세종1호
766	12. 7.	09:10	17:47	Yanina, Katie	M1	연구	도보
767	12. 7.	09:15	17:49	김유민, 민희태, 서해민, 정민수	포터코브	연구	도보
768	12. 7.	10:21	11:29	유인영, 박창배, 강호규, 김운태, 박승현, 김탁영	위버반도	연구	세종15호
769	12. 7.	10:23	18:32	이원영, 김정호, Paul	펭귄마을	연구	도보
770	12. 7.	10:44	11:29	김동완, 김영기, 서정우, 김중수	마리안소만	연구	세종1호
771	12. 7.	11:36	12:11	김기태, 이한민, 김동완, 김중수	마리안소만	시운전	세종2호
772	12. 7.	12:18	12:30	김중수, 김동완, 박희원	마리안소만	시운전	세종15호
773	12. 7.	13:13	16:43	박선주, 서정원, 손태근	나비봉	중계기점검	도보
774	12. 7.	13:26	16:35	33차월동대 18명	해표마을	대피소 지역 답사	도보
775	12. 7.	-	15:50	요트팀(프랑스 3명, 포르투갈 1명)	세종기지	기지방문	자체요트
776	12. 7.	19:38	-	요트팀(프랑스 3명, 포르투갈 1명)	해상	자선복귀	자체요트
777	12. 8.	09:06	17:15	Katie, Yanina, 박선주	M1	연구	도보
778	12. 8.	09:36	18:00	김유민, 민희태, 서해민, 정민수	펭귄마을	연구	도보
779	12. 8.	-	10:30	필데스기지 6명	세종기지	바지선 대여	고무보트 3척
780	12. 8.	10:45	-	필데스기지 6명	필데스기지	자국 기지 복귀	고무보트 3척

그림 3-3-9. 세종기지 출입인원 기록철 (예시)

직전 3년간 보호지역 출입 인원수가 감소 추세를 보였던 반면, 2019~2020년의 하계 연구기간 동안은 출입 인원수가 증가한 것으로 나타났다.

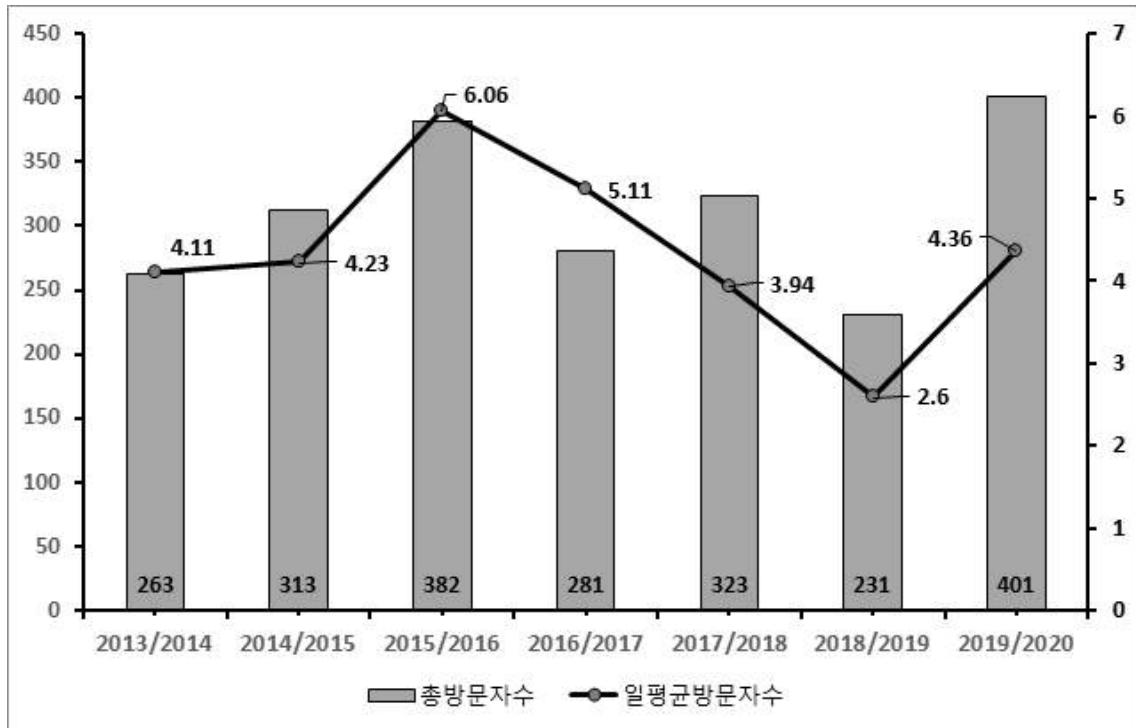


그림 3-3-10. 남극특별보호구역 No. 171의 하계 방문자 통계. 2013/14: 2013.12.17-2014.02.28. (64일간), 2014/15: 2014.12.09.-2015.02.20. (74일간), 2015/16: 2015.12.02.-2016.02.02. (63일간), 2016/17: 2016.12.01-2017.02.1. (63일간), 2017/2018년: 2017.12.01.-2018.02.20. (82일간), 2018/2019 : 2018.12.10.-2019.03.09. (90일간), 2019/2020 : 2019.12.02.-2020.03.02.(92일간)

제 4 절 인익스프레시블섬 신규 보호구역 지정

1. 신규 보호구역 국제공동 제안 추진배경

가. 지난 해 신규 보호구역 후보지 자체조사 결과

2017-18시즌 연구사업의 일환으로 장보고기지 인근 신규 보호구역 지정을 위한 예비후보지 답사를 시행한 바 있으며, 이를 통해 장보고기지에서 거리가 멀어 관리가 불가능한 케이프 로젯 (Cape Roget) 황제펭귄 군서지를 제외한 쿨만섬 (Coulman Island)의 황제펭귄 번식지와 인익스프레시블섬 (Inexpressible Island)의 아델리펭귄 번식지를 최종 후보지로 선정하였다 (그림 3-4-1).

최종 후보지 두 곳의 특징은 다음과 같다.

(1) 쿨만섬 황제펭귄 군서지

쿨만섬은 평균 23,859개체의 황제펭귄 새끼수가 기록되고 있는 지역으로 로스해 전체에서 가장 큰 황제펭귄 번식지이다 (S.M. Barber-Meyer *et al.* 2008) (그림 3-4-2).

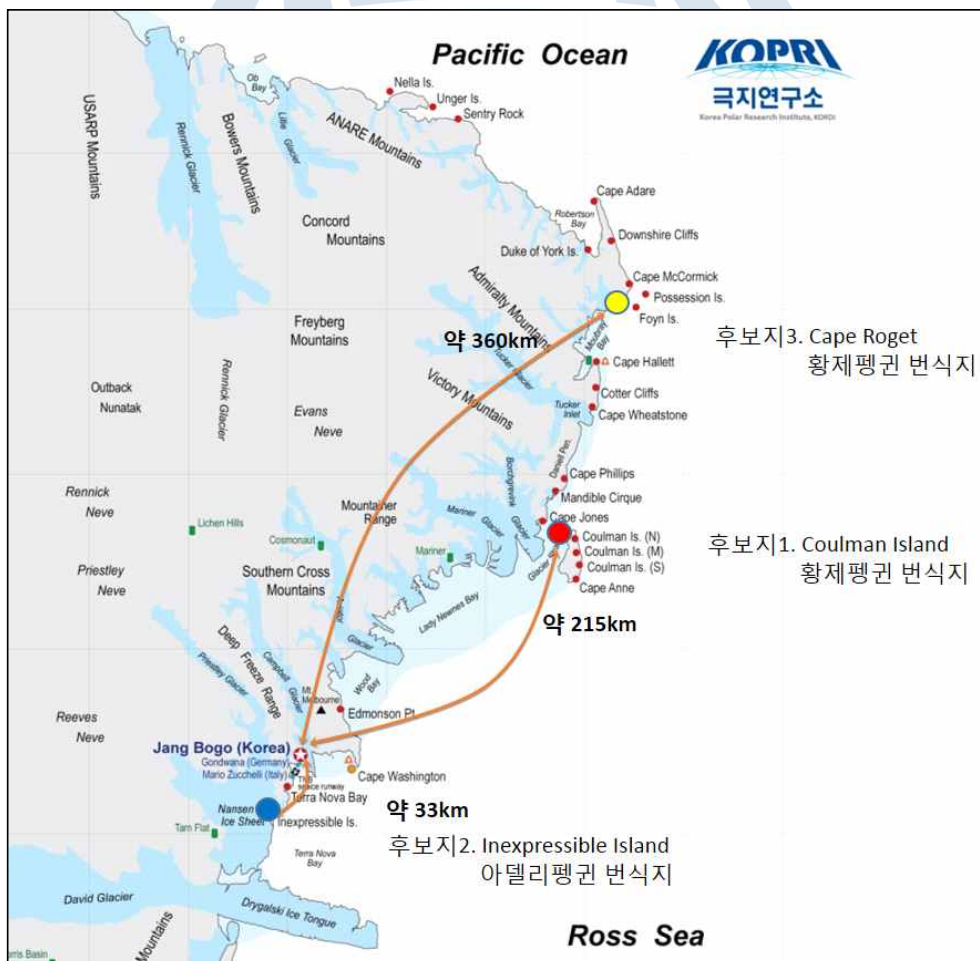


그림 3-4-1. 보호구역 예비후보지 세 곳의 위치 및 장보고기지에서부터의 거리



그림 3-4-2. Coulman Island 해빙 위의 황제펭귄 번식지

장보고기지에서는 헬리콥터로 약 1시간 거리에 위치해 연구관리가 비교적 용이하다. 케이프 워싱턴 황제펭귄 보호구역과 마찬가지로 해빙위에 위치하며, 헬리콥터에 의한 접근은 해빙이 붕괴되기 이전인 12월 중순까지만 가능하며, 이후에는 선박에 의한 접근만 가능하다.

동쪽의 내륙으로부터 쿨만섬을 향해 흘러내리는 Mariner 빙하와 Borchgrevink 빙하가 겨우내 안정적인 해빙대를 형성해주며, 쿨만섬이 강풍을 막아주는 지형이다.

이 지역에 대한 새끼수 조사는 2005년 이후로는 우리나라에 의해 처음 수행되었으며, 다른 나라의 접근성이 낮아 보호지역으로 지정될 시 과학적인 연구가치가 높은 지역이다. 또한 관광선의 방문기록이 있어, 해빙위에서 번식하는 황제펭귄의 특성을 고려할 때 해빙의 안정성에 영향을 미치는 선박의 접근에 대하여 적정 수준의 보호가 필요한 지역이다.

(2) 인익스프레시블섬 아델리펭귄 군서지

인익스프레시블섬은 장보고기지에서부터 남쪽으로 직선거리 약 33km 떨어진 곳에 위치해있어 접근성이 뛰어나다. 그러나, 빙하의 발달로 육상 이동은 불가능하며, 헬리콥터 이용시 약 10분 거리이다. 이 섬은 난센빙붕 (Nansen Ice Sheet)의 말단에 위치하여 연중 남극 활강풍이 부는 지역으로 바람이 강한 날은 접근이 어려우나, 섬의 서쪽에 위치한 아델리펭귄 군서지는 섬의 동쪽에 발달한 산악지형이 큰 바람을 막아줘 비교적 안정적이다 (그림 3-4-3).

이 섬에는 2012년 24,450개의 아델리펭귄 둥지가 분포하는 것으로 조사된 바 있다 (Lyver *et al.* 2014). 아델리펭귄의 번식지는 섬의 해안 쪽에 위치해 있다. 이 지역은 강한 활강풍으로 인해 바다가 열리는 폴리냐가 일찍 형성되는 지역으로 알려져 있으나, 2017년에는 폴리냐가 늦게 형성되어 연간 차이를 보이는 것으로 나타났다. 이 섬은 중국에서 상주기지를 건설할 계획이 있으며, 중국은 2017-18 시즌동안 섬에서 기지건설을 위한 사전조사를 수행하였다.

나. 중국의 인익스프레시블섬 기지 건설 추진동향

지난 3년간 북빅토리아랜드 일대의 기지건설 후보지를 물색해왔던 중국은 2017년 인익스프레시블섬의 남쪽 해안을 최종 후보지로 확정하고, 2018년 2월에는 차관급을 포함한 방문단이 내방하여 부지 확정기념식을 거행하였다.

2017~18년과 2018~19년 하계 시즌 연속적으로 쇄빙선 설릉호를 파견하여 정밀조사 및 정지



그림 3-4-3. Inexpressible Island 아델리펭귄 번식지 항공사진 (위: 2016년, 아래:2017년)

작업을 실시한 바 있으나, 아직 정부로부터 기지 건설 최종예산은 확보하지 못한 상태임을 확인하였다 (그림 3-4-4, 그림 3-4-5).

한편, 기지 건설과 더불어 이 섬의 아델리펭귄 군서지를 독자적으로 보호구역으로 지정하려는 움직임을 포착하였다.

다. 인익스프레시블섬 신규 보호구역 공동제안에 대한 검토

중국이 인익스프레시블섬을 보호구역으로 독립 제안할 경우, 이 섬에서의 우리나라의 연구활동에 다각적인 제한요인이 따를 수 있다.

이에, 2018년 1월 이 섬에 도착한 설룡호를 방문하여 중국 조사단장으로 파견된 양휘젠 중국 극지연구소장에게 그간 이 지역을 연구해온 국가들을 배제할 경우 이들의 반발도 예상할 수 있으므로, 참여 희망국들과 함께 공동으로 제안하는 방향에 대하여 의견을 타진하였다 (그림 3-4-6).



그림 3-4-4. Inexpressible Island 해빙대에 정박 중인 중국 쇄빙선 설룡호



그림 3-4-5. 기지 건설 예정지에서 정밀조사 중인 중국 방문팀

관련국들의 공동제안은 ATCM-CEP에서 동의를 얻기에도 용이하며, 향후 우리 연구활동을 위해서도 바람직한 방안으로 사료되었다.

양휘젠 소장은 귀국 후 중국 해양부의 남극연구국 (CAA)과 상의한 후 우리 의견에 동의함을 알려왔으며, 2018년 봄 그간 이 섬에서 연구를 수행해왔던 이태리, 미국, 뉴질랜드, 독일 등의 주변국들의 참여 의향을 타진하기에 이르렀다.

이 가운데 최종 중국, 이태리, 한국 등 3국이 공동제안국으로 참여키로 하였으며, 미국과 뉴질랜드는 그들의 기지로부터 원거리성을 들어 옵서버로만 참여키로 결정하였다.

이들 참가국들은 보호구역 제안을 위한 관리계획서 (Management Plan) 공동 작성을 위해 2018년 가을 국제 공동워크숍을 개최키로 합의하였다.



그림 3-4-6. 중국 왜빙선 설롱호를 방문해 양휘겐 극지연구소장과 의견을 교환중인 정호성 연구원



2. 관리계획서 마련을 위한 국제워크숍 개최

가. 1차 워크숍

(1) 날짜 및 장소

- 날짜 : 2018년 10월 11~12일
- 장소 : 중국 샤먼 (샤먼대학교 국제교류센터)

(2) 참가자 명단

- 한국 (2명)
 - 정호성, 김지희 (극지연구소)
- 중국 (11명)
 - Qin Weijia, Long Wei, Yang Lei, Liu Wenxiu (해양부 남극연구국, CAA)
 - Zhang Tijun, Li Xiaohao, Luo Wei (중국 극지연구소, PRIC)
 - Zhang Yanyun (Beijing Normal Univ.)
 - Zhu Lizhong (Heilongjiang Mapping Administration)
 - Gao Yuesong, Xu Qibin (Univ. Sci. & Technol. China)
- 이태리 (7명)
 - Pier Francesco Zazo (외교부, Ministry of Foreign Affairs)
 - Maurizio Azzaro (Nat. Res. Council)
 - Paolo Nicolai, Roberta Meccozzi, Carla Ubaldi (ENEA)
 - Edoardo Calizza (Sapienza Univ.)
 - Marino Vacchi (Inst. Mar. Sci.)



그림 3-4-7. 샤먼대학교 국제교류센터에서 개최된 1차 워크숍 참가자들

- 뉴질랜드 (1명)
 - Ceisha Poirot (ANZ)

(3) 주요 토의내용

- 신규 보호구역 제안국 및 옵서버 입장정리
 - 중국, 이태리 : ATCM('18년 7월)에서 확정
 - 한국 : 본 워크샵에서 제안국 참여 입장 표명
 - 옵서버 국가 : 미국, 뉴질랜드, 독일
- 개요 및 보호구역 가치 부분 토의
 - 중국/이태리가 사전 작성해온 초안을 가지고 토의 개시
 - 한국 : 챗터마다 반복 기술된 내용의 통합 재정리가 필요함을 적시하고, 구체적인 수정방안을 제시하였으며, 참가국 모두 동의 후 일부 수정 (향후 이메일 추가반영)
 - 우리 연구진이 드론 정밀촬영을 통해 획득한 아델리펭귄 등지수 조사결과를 제시하고, 개체수 오류 수정 및 GIS 정보 이용 도표 재작성하기로 결정 (정밀 현장조사 결과 제시를 통한 주도권 확보)
- 보호구역(Protected Area) 경계 논의
 - 이태리 : Polynya 포함을 강력제안
 - 참가국 모두 포괄적으로는 이견 없음
 - 중국 : 해빙대 말단 쇄빙선 정박지 확보 필요
 - 한국 : 먹이활동 해역 조사 필요 / 해안선 평행 해역으로 축소
 - 이태리 : Seaview 북쪽해안도 지정
 - 중국/한국 : 펭귄 번식지 아님을 제시
 - 뉴질랜드 : 얼음동굴 유적지(HSM14) 방문객 루트 확보 필요성 제기
 - 한국 : 북쪽해안 및 Polynya 동쪽일부 제외
 - 이태리 : 호소생태계 확대 지정
 - 필요성 있다면, 참가국 모두 동의
 - 중국 기지의 이동루트 필요성 제기
- 제한구역(Restricted Area) 설정에 대한 논의
 - 이태리/중국 : 사전에 준비해온 제한구역 영역을 제시하고, 우리나라의 Camping Site를 외부로 이전할 수 없는지 가능성 타진 및 헬기 진입불가 의견 표출
 - 한국 : 펭귄군서지 이유만으로 보호구역 내에 제한구역을 설정하는 것은 의미가 없음을 주장 (특정항목의 장기 모니터링이 필요한 특수지역이 있다면 지정 필요)
 - 뉴질랜드 : 여타 보호구역의 경우와 비교하여 한국측 의견에 동조
 - 최종적으로 제한구역 철폐 (번식지/화석지 등 분포역 표기 및 기술에 역점을 두기로 함) (그림 3-4-8)

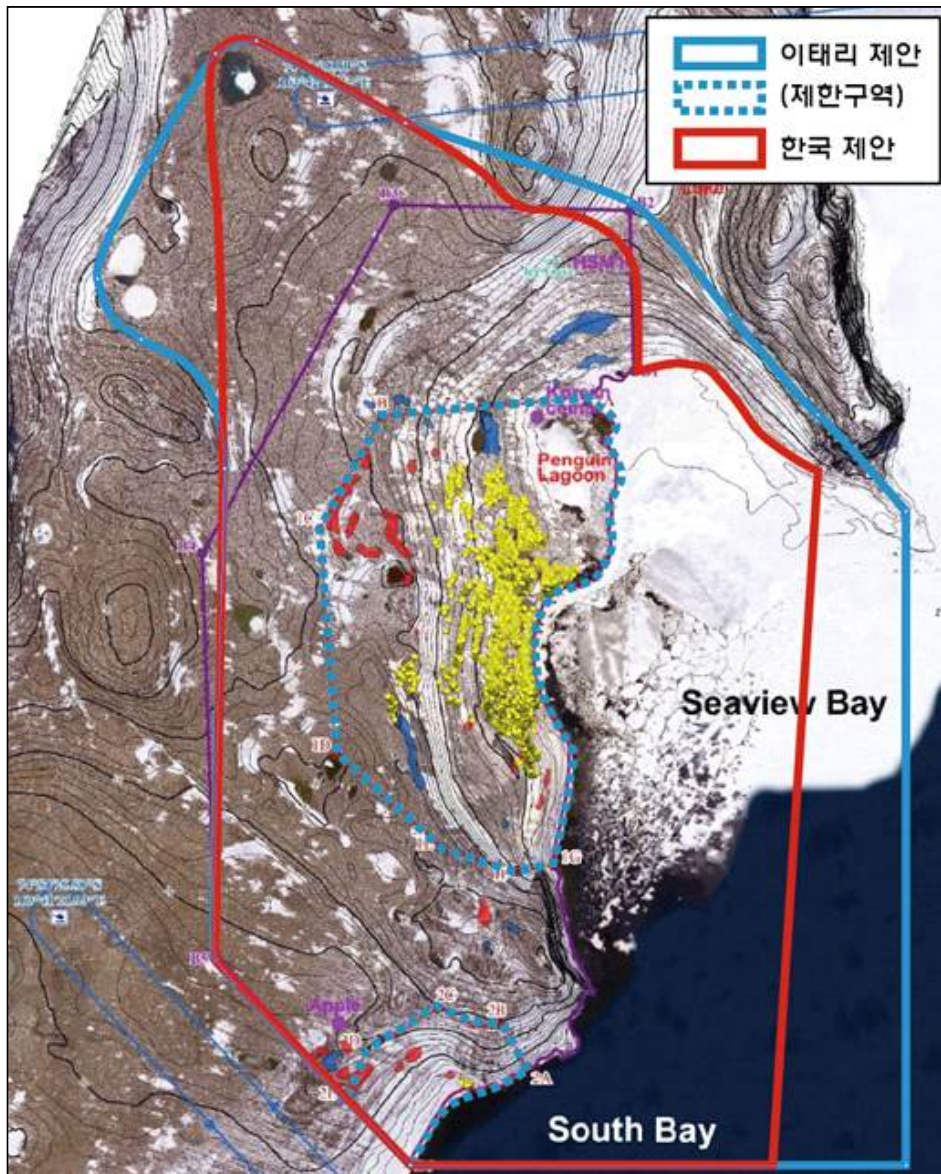


그림 3-4-8. 논란의 중심이 되었던 제한구역(파란색 점선)이 우리나라의 제안으로 철폐되었다.

나. 2차 워크숍

(1) 날짜 및 장소

- 날짜 : 2019년 4월 9~10일
- 장소 : 이태리 로마 (외교부 청사 회의실)

(2) 참가자 명단

- 한국 (2명)
 - 정호성, 김지희 (극지연구소)
- 중국 (4명)
 - Chen Danhong, Long Wei (해양부 남극연구국, CAA)
 - Li Xiaohao (중국 극지연구소, PRIC)
 - Zhang Yanyun (Beijing Normal Univ.)
- 이태리 (17명)
 - Pier Francesco Zazo 외 3인 (외교부, Ministry of Foreign Affairs)
 - Antonio Meloni, President of the Italian Scientific Commission for Antarctica (CSNA)
 - Fabio Trincardi, Head of Department DSSTTA of the National Research Council (CNR-DSSTTA)



그림 3-4-9. 이태리 외교부 청사에서 개최된 2차 워크숍 광경

- Vincenzo Cincotti, Roberta Mecozzi, Carla Ubaldi, Paolo Nicolai (ENEA-UTA)
- Marino Vacchi, Maurizio Azzaro, Gian Marco Luna, Gemma Andreone, Mauro Mazzola (CNR)
- Silvia Olmastroni (Univ. Siena)
- Edoardo Calizza (Sapienza Univ.)
- 미국 (1명)
 - Polly Penhale (NSF)
- 뉴질랜드 (1명)
 - Ceisha Poirot (NSF)

(3) 주요 토의내용

- 보호구역 명칭의 변경
 - 이탈리아가 제안한 Seaview Bay and South Bay, Inexpressible Island는 두 개의 소만만을 강조한 것으로서, 실제 이곳 보호구역은 섬의 내륙이 중심이므로 Inexpressible Island and Seaview Bay로 개정할 것을 제안하여 만장일치로 개명
- 보호구역 위치 지도 변경 (그림 3-4-10)
 - 한국에서 제시한 지도로 교체
- 보호구역 경계 변경 (그림 3-4-11)
 - 미국의 제안으로 HSM 얼음동굴을 보호구역에서 제외시켜 관리가 용이하도록 변경
 - 해양 보호구역을 일부 축소하여 HSM 방문객의 안전한 이동루트를 제공
- 보호구역 내 임시캠프 위치 변경 및 확정
 - 한국 연구진의 24시간 펭귄 취식지 연구를 위한 캠프 위치 확보
 - 캠프까지 장비운송을 위한 헬기운항 조항 삽입
- 문서의 중복성 배제 및 간결화
 - 반복된 문장 삭제 및 용어 통일
 - 직접 필요성이 떨어지는 부록 삭제(필요시 참고문헌으로 인용)

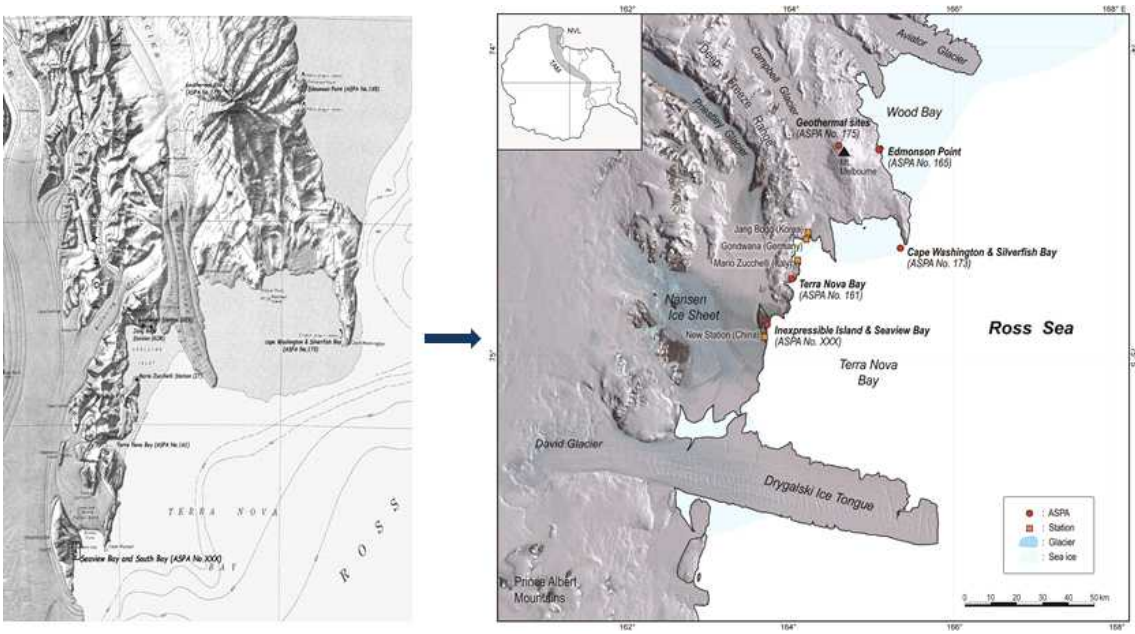


그림 3-5-10. 한국의 제시로 변경된 보호구역 위치도

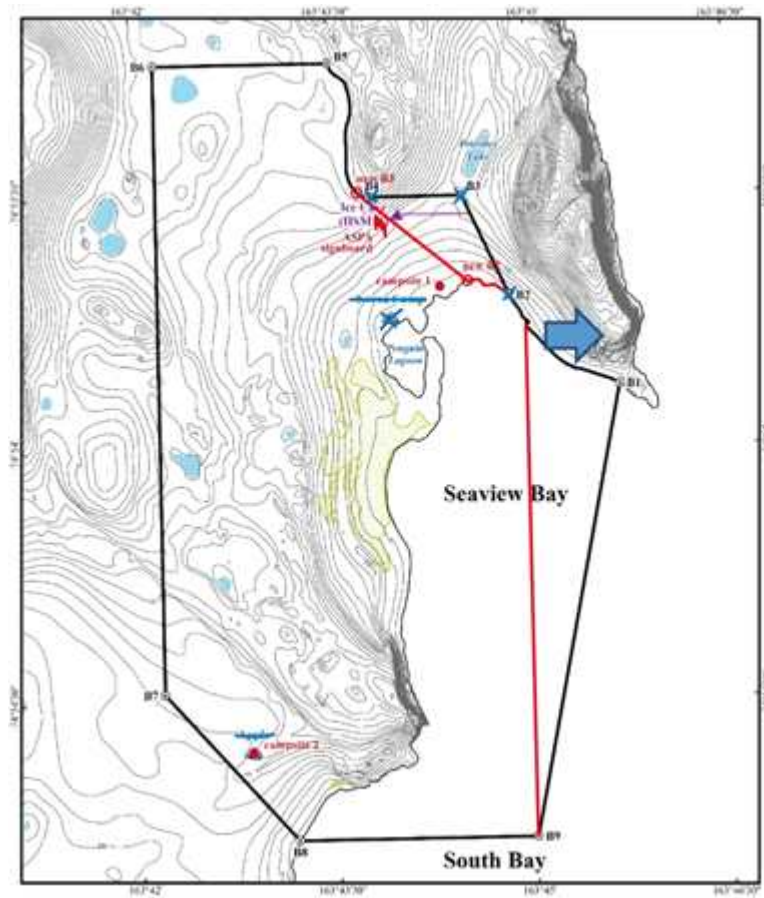


그림 3-5-11. 유적지 (HSM)를 보호구역에서 제외하여 관리의 편의성을 높였으며, 해양보호구역을 축소하여 HSM 방문객의 안전을 도모하였다.

다. 관리계획서 초안 도출

2차 워크숍을 통해 수정 제안된 내용들은 참가국들간 이메일 교신을 통해 지속적인 수정작업이 이루어졌으며, 최종 도출된 WP (Working Paper)와 관리계획서 초안 (draft Management Plan)은 제 23차 ATCM에서의 심의를 받기 위해 2019년 5월 17일 ATCM 사무국에 제출하였다 (부록 4와 5).



3. 관리계획서 심의 진행

가. CEP 초안 심의

인익스프레스블섬 남극특별보호구역 지정을 공동제안한 3국은 2019년 7월 체코 프라하에서 개최된 제22차 ATCM의 CEP에서 제안 내용을 설명하고, 회원국 만장일치로 보호구역 지정 추진을 의결하였다.

나. SGMP 검토 및 수정

CEP의 남극특별보호구역 심의 프로세스에 따라, 다음 해 ATCM 이전까지 SGMP (회기간 토의그룹)와 세부내용에 대한 검토와 수정작업이 이루어졌으며, 호주의 CEP 대표인 Ewan McIvor 이 좌장을 맡았다.

회기간 토의에서는 헬기착륙장과 캠프의 위치 등이 환경에 미치는 영향 등이 검토되었으며, 중복된 내용 간소화, 오탈자 수정 등이 이루어졌다. 이를 통해 마련된 관리계획서 최종안은 2020년 2월 15일 CEP에 제출되었다 (부록 6).

다. CCAMLR 동의 획득

제안된 보호구역에 일부 해양이 포함된 까닭에, 이 부분에 대하여서는 CCAMLR의 승인이 필요하다. 이에 따라, 2019년 10월 호주 호바트에서 개최된 CCAMLR 과학위원회에서 계획서를 발표하고 동의를 획득하였다. 극지연구소에서는 김정훈박사가 회의에 참가하였다.

라. ATCM 최종 승인

2020년 5월 핀란드 헬싱키에서 개최기로 되었던 제23차 ATCM이 코로나-19 사태로 취소됨에 따라 인익스프레스블섬 남극특별보호구역의 최종승인은 차기년도로 자동 이월되었다.

모든 중간 심의과정이 문제없이 마무리되었으므로, 차기년도 ATCM에서 최종 승인을 받는 것에는 아무런 걸림돌이 없다고 판단된다.



제 4 장

남극 환경 관련 국제동향 파악 및

대응





제 1 절 남극조약협약당사국회의 및 환경보호위원회

1. 남극조약협약당사국회의 (ATCM)¹⁾

가. 개요

19세기까지 탐험의 대상이었던 남극대륙은 20세기에 접어들어 아르헨티나, 호주, 칠레, 프랑스, 뉴질랜드, 노르웨이, 영국 등 7개국의 영유권 각축전의 장이 되었다. 남극문제의 평화적 해결을 갈망하던 국제사회는 1957~58년의 국제지구물리관측년 (International Geophysical Year : IGY)의 성공적인 과학연구 협력을 경험한 후, 미국 아이젠하워 대통령의 주도로 남극의 평화적 이용(제1조)과 과학적 탐사의 자유 (제2조) 등을 골자로 하는 남극조약(Antarctic Treaty)을 채택하였다.²⁾

남극조약 제9조 제1항은 “당사국 대표들은 정보교환, 공통 이해관계에 대한 협의, 조약의 원칙과 목적을 강화하기 위한 조치 등을 위하여, 조약발효 후 2개월 내에 캔버라 (Canberra)에서 회합을 가진 후 적당한 장소에서 적당한 간격을 두고 회합할 것”을 규정하였는데, 이 회합이 바로 남극조약협약당사국회의 (Antarctic Treaty Consultative Meeting : ATCM)이다. ATCM은 1961년 7월에 호주 캔버라에서 제1차 회의가 개최된 이래로, 격년 또는 매년 개최되어 2019년의 제42차 회의에 이르렀다.

ATCM의 참가 주체는 협의당사국 (Consultative Parties),³⁾ 비협의당사국 (Non-Consultative Parties),⁴⁾ 옵서버 (Observers), 그리고 초청전문가 (Invited Experts) 등으로 구분할 수 있다.⁵⁾ 남극과학연구위원회 (Scientific Committee on Antarctic Research : SCAR), 남극해양생물보존위원회 (Commission for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources : CCAMLR), 남극국가운영자대표회의 (Council of Managers of National Antarctic Programs : COMNAP) 등이 옵서버로서 참가하고 있으며, 남극보호연합 (Antarctic and Southern Ocean Coalition : ASOC), 국제남극관광운영자협회 (International Association of Antarctica Tour Operators : IAATO) 등 민간단체들도 초청전문가 자격으로 참가하고 있다.

ATCM은 연구협력, 남극 환경보호, 동식물 보호, 역사적 유적지 보존, 보호구역 관리 및 지정, 남극지역 관광감독, 정보교환, 기후자료 수집, 보급협력 및 통신·안전 등의 이슈를 논의하며, 남극조약 체제의 이행을 위한 의사결정 기능을 담당한다. 이러한 의사결정의 일환으로,

- 1) 신형철, 서원상, “남극조약협약당사국회의(ATCM)의 주요 이슈 및 동향”, Polar Brief, No. 3, (2015), 3-6면으로부터 주요 발췌
- 2) 남극조약은 1959년 12월 1일에 채택되어, 1961년 6월 23일에 발효되었으며, 원회원국은 아르헨티나, 호주, 벨기에, 칠레, 프랑스, 일본, 뉴질랜드, 노르웨이, 남아공, 소련, 영국 및 북아일랜드, 미국 등 12개국이다.
- 3) 남극조약에 가입한 각 당사국은 ‘과학기지의 설치 또는 과학 탐험대 (expedition)의 파견과 같은 남극지역에서 실질적인 과학 연구활동의 실시’에 의해 남극지역에 대한 자국의 관심을 표시하고 있는 동안 남극조약 제9조 제1항의 회의 (ATCM)에 대표자를 파견할 수 있는데, 이러한 당사국을 협의당사국이라 한다. 2015년 7월 현재, 협의당사국은 아르헨티나, 호주, 벨기에, 브라질, 불가리아, 칠레, 중국, 체코, 에콰도르, 핀란드, 프랑스, 독일, 인도, 이탈리아, 일본, 대한민국, 네덜란드, 뉴질랜드, 노르웨이, 페루, 폴란드, 러시아, 남아공, 스페인, 스웨덴, 우크라이나, 영국, 미국, 우루과이 등 29개국이다.
- 4) 2015년 7월 현재, 비협의당사국은 오스트리아, 벨라루스, 캐나다, 콜롬비아, 쿠바, 덴마크, 에스토니아, 그리스, 과테말라, 헝가리, 카자흐스탄, 북한, 말레이시아, 모나코, 몽골, 파키스탄, 파푸아뉴기니, 포르투갈, 루마니아, 슬로바키아, 스위스, 터키, 베네수엘라 등 23개국이다.
- 5) 우리나라는 1986년 11월에 남극조약에 가입하였고, 남극세종과학기지(1988년 2월 준공) 등 인프라 및 연구활동 실적을 바탕으로 1989년 10월 협의당사국 지위를 획득하였다.

ATCM은 남극조약 및 환경보호의정서의 이행 및 남극조약 지역의 관리를 위하여 조치 (Measure), 결정 (Decision), 결의 (Resolution) 등의 규정 내지 지침 (regulation and guideline)을

표 4-1-1. 제 42차 남극조약협의당사국회의 일정

Day		Meeting Room 1	Meeting Room 2	Other
Sunday 30 June	15:00-18:30	—	—	Registration
Monday 1 July	08:00-09:00	—	—	Registration
	09:00-12:30	CEP XXII	—	
	12:30-14:00		—	
	14:00-18:00	CEP XXII		
	18:00-19:00			HoD Meeting
	19:00-21:00			HoD Reception
Tuesday 2 July	08:00-09:00			Registration
	09:00-12:00		Opening Plenary	
	12:00-13:00		SCAR Lecture	
	13:00-14:00	—	—	
	14:00-18:00	CEP XXII	Working Group 1	
	Evening	—	—	Welcome Dinner
Wednesday 3 July	09:00-12:30	CEP XXII	Working Group 1	
	12:30-14:00		—	
	14:00-18:00	CEP XXII	Working Group 2	
Thursday 4 July	09:00-12:30	CEP XXII	Working Group 2 - IHO Seminar	
	12:30-14:00	—	—	
	14:00-18:00	CEP XXII	Working Group 1	
	18:00-19:00	—	—	HoD Meeting
Friday 5 July	09:00-12:30	CEP XXII	Working Group 2 - Aviation Safety	
	12:30-14:00		—	—
	14:00-18:00	CEP XXII	Working Group 2	
Monday 8 July	09:00-12:30		Plenary - CEP report (Ag. Item 5)	
	12:30-14:00	—		
	14:00-18:00	Working Group 2	Working Group 1	
Tuesday 9 July	09:00-12:30	Working Group 2	Working Group 1	
	12:30-14:00	—	—	—
	14:00-18:00	Working Group 2	Working Group 1	
Wednesday 10 July	09:00-12:30		Working Group 2	
	12:30-14:00			
	14:00-18:00		Working Group 1	
	18:00-18:30			HoD meeting (MR3)
	Evening	<i>[Evening to be left clear of events to allow meeting overrun and completion of the report]</i>		
Thursday 11 July	09:00-12:30		Plenary (Final Report Adoption)	—
	12:30-14:00			—
	14:00-18:00		Plenary (if required)	—

채택한다.⁶⁾ 모든 의사결정은 협의당사국의 총의 (consensus)로 이루어지며 조치는 법적 구속력을 갖지만, ATCM 및 사무국의 운영과 내부 이슈 등에 관한 결정과 권고적 성격의 결의는 법적 구속력은 없다.

나. 제42차 ATCM 주요 의제 및 논의사항

(1) 일정

제42차 남극조약협의당사국회의는 2019년 7월 1일부터 7월 11일까지 체코 프라하에서 개최되었다.

회의 일정은 표 4-1-1과 같으며, 환경보호위원회 (CEP)와 병행하여 진행되었으며, 주요 의제는 다음과 같다.

(2) 주요 의제

Plenary

- 1) Opening of the Meeting
- 2) Election of Officers and Creation of Working Groups
- 3) Adoption of the Agenda, Allocation of Items to Working Groups and Consideration of the Multi-year Strategic Work Plan
- 4) Operation of the Antarctic Treaty System: Reports by Parties, Observers and Experts
- 5) Report of the Committee for Environmental Protection

Working Group 1: (Policy, Legal, Institutional)

- 6) Operation of the Antarctic Treaty System: General matters
- 7) Operation of the Antarctic Treaty System: Matters related to the Secretariat
- 8) Liability
- 9) Biological Prospecting in Antarctica
- 10) Exchange of Information
- 11) Education Issues
- 12) Multi-year Strategic Work Plan

Working Group 2: (Science, Operations, Tourism)

- 13) Safety and Operations in Antarctica
- 14) Inspections under the Antarctic Treaty and Environment Protocol
- 15) Science issues, future science challenges, scientific cooperation and facilitation
- 16) Implications of Climate Change for Management of the Antarctic Treaty Area
- 17) Tourism and Non-governmental Activities in the Antarctic Treaty Area, including

6) 이는 제19차 ATCM (서울, 1995)에서 합의된 것으로, 그 이전까지 남극에 대한 규칙 및 운영규범을 구성하는 의사결정을 권고 (Recommendation) 형태로 채택하였다.

Competent Authorities Issues

Plenary

- 18) Preparation of the 43rd Meeting
- 19) Any other Business
- 20) Adoption of the Final Report
- 21) Close of the Meeting

(3) 핵심 요지

- 남극조약체제의 운용과 관련, WG 1 (정책, 법, 제도)에서는 △남극 생물자원 탐사 (Biological prospecting), △배상책임 (liability) 등이 논의되었고, WG 2 (운영, 과학, 관광)에서는 △남극 조약지역의 기후변화 영향 대책, △남극조약 지역에서의 관광 및 비정부기구 활동 문제가 논의되었으며, 환경보호위원회에서는 △포괄적 환경영향평가 초안 평가, △지역관리 계획 및 가이드라인, △사찰보고서, △타기구와의 협력 문제 등이 주로 논의되었음.
 - 그 밖의 의제는 각국이 제출한 WP 및 IP를 평가하고 결과보고서에 반영하는 수준으로 진행됨.
- 우리 대표단은 각 의제별로 논의에 적극 참여한바, 특히 남극생물자원 탐사 (Biological Prospecting)와 관련, 동 의제는 용어의 정의가 불분명하며 포함되는 영역이 광범위하기 때문에 신중한 접근이 필요함을 지적하면서, 현재 UN 내에서 논의 중인 BBNJ와의 중복을 피하기 위해 해당 논의 과정을 우선 지켜보는 것이 바람직할 것이라는 입장을 제기함.
 - 현재 Bio-prospecting이 가지고 있는 용어의 모호성을 감안하여 추후 용어에 대한 정확한 정의가 가능해 지기 전까지는 “collection and use of biological material in Antarctica” 로 명칭을 변경하기로 함.
 - 용어의 모호성을 해결하기 위하여 EIES (Electronic Information Exchange System)을 활용하여 각국이 자국의 여건을 감안하여 연구성과를 자발적으로 교환하기로 결정함.
- 배상책임 (Liability)와 관련, 사무국은 남극지역이 다양한 주체들의 활동량 증가에 비례하여 혼잡도가 늘어나고 있는 점에 주목하며 이에 수반한 환경오염 가능성을 고려하여 회원국들의 조속한 배상책임 관련 문서의 비준을 촉구함.
 - 이와 관련하여 미비준국들의 비준을 위한 국내적 절차 진행과정에 대한 설명이 있었으며 우리나라는 배상책임과 관련된 부속서6(Annex 6)의 비준을 위해 비준완료국과의 정보교환 및 사례조사, 국내 유관기관들과 지속적으로 협의 중이며 다만, 효과적인 이행환경 구축을 위해서는 시간이 다소 소요될 수도 있을 것이라고 예상한다고 설명함.

2. 환경보호위원회 (CEP)⁷⁾

가. 개요

(1) 환경보호위원회 설립 배경

남극의 평화적 이용과 과학적 탐사의 자유, 국제협력의 지속적 보장을 위한 남극조약 (1959년)이 체결된 이후, 남극의 과학적 가치 연구를 기치로 남극조약 가입국과 이들이 남극 지역에 설치·운영하는 시설들이 꾸준히 증가하였다. 1980년대 초까지만 해도 남극을 둘러싼 국제사회는 남극의 합리적인 자원개발과 이용을 통해 남극생태계 보호가 가능하리라는 기대로 남극자원 개발과 보존이라는 상반된 요소를 다루는 남극해양생물자원보존협약 (CCAMLR)과 남극광물자원활동의 규제에 관한 협약 (CRAMRA) 등을 채택하였다. CCAMLR의 경우 1978년 모든 당사국들의 비준동의로 발효되었다. 그러나 CRAMRA는 남극해에서의 선박 기름유출 사고 등으로 인한 심각한 환경훼손이 초래되자 광물자원 활동 자체를 금지하고 인류를 위해 남극의 환경과 생태계를 보호해야 한다는 국제적 여론에 힘입어 호주와 프랑스가 비준을 거부함으로써 발효되지 못하였다.

이를 계기로 1989년 파리에서 열린 15차 ATCM에서는 남극 환경보호를 위한 포괄적 시스템의 확립 필요성이 제기되었고 이듬해 제11차 남극조약협의당사국 특별회의 (SATCM, Antarctic Treaty Special Consultative Meeting)를 개최하여 남극환경과 이에 종속된 생태계의 보호를 위해 남극조약 시스템에 이미 존재하는 환경관련 원리들을 검토하고 확장하기 위한 논의에 본격적으로 착수할 계기가 마련되었다.⁸⁾

환경보호의정서의 태동을 위한 11차 SATCM은 1990년 칠레의 비냐델마 (Viña del Mar)에서 첫 번째 회의를 시작 (SATCM XI-1)으로 스페인 마드리드에서 세 번의 회의 (SATCM XI-2: 1991년 4월 22~30일, XI-3: 6월 17~22일, XI-4: 10월 3~4일)를 거쳐 마침내 마무리되었다. 당시 26개 협의당사국 들 중 우리나라, 인도, 일본을 제외한 23개국이 1991년 10월 4일 마드리드의 산타크루즈궁전 (Palacio Santa Cruz)에서 최종합의서 (Final Act of 11th Antarctic Treaty Special Consultative Meeting)에 서명하기에 이른다.⁹⁾ 최종합의서에는 환경보호의정서 (이하, 의정서) 본문과 4개의 부속서가 첨부되었다. 의정서 제7조는 과학적 연구를 제외한 광물자원과 관련된 어떠한 활동도 금지하고 있다. 1991년은 남극조약 30주년이 되던 해이다.

이후 1997년 미국과 러시아가 각각 4월과 8월에 의정서를 비준하였고 마지막으로 12월 15일에 일본이 비준함으로써 모든 협의당사국이 비준하게 되었으며, 비준 시점에서 30일이 되는 1998년 1월 14일에 효력을 갖게 되었다. 우리나라는 1996년 1월 2일에 의정서를 비준하였다.

의정서가 효력을 발휘함에 따라 1998년 노르웨이 트롬소에서 개최된 22차 ATCM부터 환경보호위원회 (이하, 위원회)가 함께 열렸으며, 위원회의 절차에 관한 규칙은 21차 ATCM에서 초안이 작성되었고 22차 ATCM에서 결정 2 (Decision 2) 로 채택되었다. 위원회는 의정서 제11조에 따라 설립되었으며, 동 조항에는 모든 협의당사국이 위원회의 회원으로 대표자를 임명하여 회

7) 김지희, “남극환경보호위원회를 남극사회 위상 전환의 기회로”, Polar Brief, No. 3, (2015), 7-11면으로부터 주요 발췌

8) Recommendation ATCM XV-1(Paris, 1989) : 남극을 자연보존과 과학의 장으로 확립하기 위하여 남극 환경보호를 위한 포괄적 협의회의의 필요성에 대한 프랑스와 호주의 제안, 포괄적인 조치들을 남극조약 시스템내의 구성요소로 세우자는 미국의 제안, 특별보존지역으로서의 남극 개념의 발전을 포함하는 포괄적인 조치들에 대한 칠레의 제안, 환경보호 제도를 구성하는 포괄적인 조치들에 대한 뉴질랜드의 제안, 환경보호를 위한 일반적인 요소들과 관련된 스웨덴의 제안에 주목하여 1990년에 남극조약협의당사국 특별회의를 개최하고 회의에서 중점적으로 검토하고 논의할 내용을 담아 채택됨

9) 최종합의서에 대해서는 1991년 10월 4일부터 수탁국인 미국의 워싱턴에서 1992년 10월 3일까지 서명을 완료할 것을 합의 하였으며, 우리나라는 1992년 7월 2일에 서명한 바 있다.

의에 참석하도록 하고 전문가와 자문을 대동할 수 있도록 하였고, 옵서버의 자격, 보고서의 제출과 공개, 위원회 절차에 대한 ATCM의 권한 등을 명시하고 있다.¹⁰⁾

제1차 위원회에서 초대 의장으로 노르웨이 대표 (Prof. Olav Orheim)가 2년 임기의 의장으로 선출되었고 뉴질랜드와 칠레 대표가 각각 1년 임기의 부의장으로 선출되었다. 회원국은 1998년 27개국¹¹⁾에서 2015년 현재 37개국으로 증가하였다.

(2) 환경보호위원회의 기능

위원회의 기능은 의정서 제12조에 명시되어있으며 다음의 내용을 포함한다.

위원회는 부속서를 포함한 의정서의 이행과 관련하여 ATCM의 심의를 위하여 당사국에 자문하고 권고문을 작성하는 기능과 ATCM이 위원회에 회부하는 그 밖의 기능을 수행한다. 특히, 다음 사항에 대해 자문한다.

- 의정서에 따라 취하여진 조치들의 효과
- 취하여진 조치를 개정하거나 강화 또는 향상시킬 필요성
- 추가 조치 (추가되는 부속서 포함)의 필요성
- 제8조 및 제1부속서에 규정된 환경영향평가절차의 적용
- 남극조약지역에서의 활동으로 인한 환경적 영향을 최소화하거나 완화하는 수단
- 환경비상사태에 대한 대응조치를 포함한 긴급조치를 요하는 상황에 대비한 절차
- 남극보호구역 체제의 운영과 개선
- 사찰보고서의 형식과 점검목록을 포함한 사찰 절차
- 환경보호에 관련된 정보의 수집, 보관, 교환 및 평가
- 남극의 환경상태
- 의정서의 이행과 관련된 환경모니터링을 포함한 과학적 연구의 필요성

위원회는 그 기능을 수행함에 있어 남극연구과학위원회 (SCAR), 남극해양생물자원보존위원회의 과학위원회 (SC-CAMLR)와 그 밖의 과학적, 환경적, 기술적 관련 기구들과 적절하게 협의한다.

(3) 과거 회의들의 주요 의제

제1차 위원회의 주요 의제는 글자 그대로 의정서에 명시된 위원회의 기능에 부합된 의제들로 구성되었다 (표 4-1-2). 첫해에 WP(Working paper) 12건, IP (Information paper) 29건이 제출되었다. 당시 의정서에 첨부되지 못한 제5부속서(지역보호와 관리)와 관련된 6건의 WP가 제출되어 부속서에 포함될 다양한 이슈들이 논의되었다. 위원회의 주요 의제가 포함하는 논의 내용은 1차 회의부터 위원회 설립의 목적에 맞게 크게 변화되지는 않았으나 의제들이 구체화되고 사안의 시급성이나 ATCM의 당면 과제에 따라 독립의제로 다루어지기도 하였다. 예를 들면, 생물자원 탐사 (Biological Prospecting) 의제는 2003년 6차 회의부터 2005년까지 주요의제로 논

10) 의정서 제11조 제3항은 위원회의 옵서버 자격을 회원국이 아닌 당사국에 개방할 것을 규정하고 있으며, 제4항에서는 남극 과학위원회 (SCAR)와 남극해양생물자원보존을 위한 과학위원회 (SC-CAMLR)의 의장을 옵서버 자격으로 초빙하고, ATCM의 승인 하에 과학, 환경, 기술관련 기관들을 옵서버로 초빙할 수 있음을 규정하고 있다. 제5항은 위원회가 회의마다 논의된 모든 문제들과 제기된 의견들을 모두 반영한 보고서를 ATCM에 제출하고 참석한 회원국과 옵서버에 회람하며 공개적으로 이용될 수 있도록 규정하고, 제6항에서는 위원회가 의사규칙을 채택하여 ATCM의 승인을 받을 것을 규정하고 있다.

11) 1992년까지 서명한 26개 협의당사국에 1998년 5월 21일 위원회에 가입한 불가리아가 추가됨.

표 4-1-2. 제1차 및 제20차 환경보호위원회 의제 비교

1988년 제1차 CEP 의제	2019년 제22차 CEP 의제
<ol style="list-style-type: none"> 1. 의사 규칙 2. 의장단 선출 3. 안건 채택 및 작업 시간표 4. CEP 작업계획 <ol style="list-style-type: none"> a. 의정서와 관련된 일반 사항 b. 제1부속서 (환경영향평가) 관련 사항 c. 제2부속서 (남극동식물상 보존) 관련 사항 d. 제3부속서 (폐기물 처리와 폐기물관리) 관련 사항 e. 제4부속서 (해양오염방지) 관련 사항 f. 제5부속서 (구역 보호와 관리) 관련 사항 및 남극보호구역 워크샵 보고 g) 자료와 정보교환 h) 환경모니터링 i) 남극 환경보고서 (SAER)의 상태 5. CEP 운영 6. 보고서의 채택 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 개회 2. 의제 채택 3. CEP 향후 업무에 대한 전략적 논의¹⁶⁾ 4. CEP 운영 5. 다른 기구와의 협력 6. 환경훼손에 대한 회복 및 복구 7. 환경에 대한 기후변화 영향 8. 환경영향평가 (EIA) <ol style="list-style-type: none"> a. 포괄적 환경영향평가 초안 (draft CEEs) b. EIA와 관련된 기타 문제들 9. 구역보호와 관리계획 <ol style="list-style-type: none"> a. 관리계획 b. 사적지 및 기념물 c. 지역가이드라인 d. 해양특별보호와 관리 e. 기타 제5부속서 관련 사항들 10. 남극동식물 보호 <ol style="list-style-type: none"> a. 검역과 외래종 b. 특별 보호종 c. 기타 제2부속서 관련 사항들 11. 환경모니터링 및 보고 12. 사찰보고서 13. 일반적인 문제 14. 의장단 선출 15. 차기 회의 준비 16. 보고서 채택 17. 폐회

의 되다가 최근 들어 활발한 논의가 이루어지지 않고 있으며, 2007~08 국제극지의해 (IPY) 관련 의제는 2005년 8차 회의부터 2009년 12차 회의까지 활발한 논의가 이루어졌으며 2010년 이후에는 주요 의제로 다루어지지 않고 있다.

2007년 10차 회의에서 노르웨이는 기후변화에 관한 문서 (WP 28)를 환경모니터링과 보고 (당시 의제 9)에 제출하여 논의를 진행하게 되고 11차 회의에서 중요도가 격상되어 의제 9a로 논의되면서 기후변화에 대한 남극조약 전문가회의 (ATME, Antarctic Treaty Meeting of Experts)가 노르웨이에서 개최되었다. 전문가회의에서는 남극에서 탄소발자국 활동의 감축 증진을 위한 노력을 포함한 30개의 권고안을 ATCM에 보고하였다. 2011년 14차 회의부터 기후변화 관련 이슈가 주요 의제 항목 (Climate change implication for environment: strategic approach)으로 논의되고 있다.

우리나라는 2003년 마드리드에서 개최된 6차 위원회 (26차 ATCM)부터 문서를 제출하기 시작하여 2016년 현재까지 위원회에 제출한 문서는 WP¹²⁾ 4건, IP¹³⁾ 21건, BP¹⁴⁾ 1건으로 위원회 가입 기간에 비추어 볼 때 활발한 위원회 활동을 하고 있다고는 할 수 없다.

12) Working Paper(WP) : ATCM이나 CEP에서 안건으로 상정되어 논의가 이루어지는 문서로 협의당사국, CCAMLR, SCAR, COMNAP이 제출한다 (ATCM Rule 35, 48, CEP Rule 12-1). 회의시작 45일전까지 사무국에 제출되어야하고 4개 언어로 번역된다.
 13) Information Paper (IP) : 회의에서 보고되는 문서로 당사국, 옵서버, 전문가 그룹에서 제출한다 (Rule 30a, 45a, 50, CEP Rule 12-3). 협의당사국의 요청에 따라 번역되며 (Rule 30b, 45b), 번역이 필요한 경우 45일전에 사무국에 제출한다. 번역이 필요 없는 경우 30일전까지 제출한다.
 14) Background Paper (BP) : 공식적인 정보를 제공하는 목적으로 참석자들이 제출하며, 회의에서 소개되지 않고 보고서에 첨부된다. 회의시간 단축을 위해 2011년 34차 부에노스아이레스 회의부터 적용되었다.

2007년까지 제출한 문서는 IP 위주로 남극기지에서의 활동과 모니터링에 대한 연례보고를 주요 내용으로 하였다. 2008년 11차 회의에 우리나라는 남극활동 이후 처음으로 기지 주변의 펭귄군서지를 남극특별보호구역 지정을 위한 관리계획서 초안을 단독 제출하였다 (WP3).¹⁵⁾ 특별보호구역 지정과정에서 관련 문서를 지속적으로 제출하고 적극적으로 참여하여 논의 추위를 관망하던 위원회 활동에서 참여하는 위원회로 전환하는 계기가 되었다. 특히 2011년 14차 회의에 남극장보고과학기지 건설을 위한 포괄적 환경영향평가서 초안 (draft CEE)을 제출 (WP42, IP19)하면서 기지건설과 운영, 모니터링과 관련한 문서들을 지속적으로 발표하였으며 쇠빙연구선 아라온호와 장보고기지 건설에 힘입은 우리나라의 과학 활동영역 확대와 더불어 우리의 활동에 대한 위원회의 관심도 증대되었다.

최근의 CEP 의제는 표 4-1-2와 같으며, 수년간 동일한 의제 구성으로 진행되고 있다.



15) 우리나라가 최초로 위원회에 WP를 제출한 것은 2006년 9차 위원회에 브라질, 중국, 독일, 러시아와 공동으로 필데스반도와 아델리섬의 환경관리를 위한 회기간 협의체 형성을 제안하기 위한 것이었다.

16) 2005년 제8차 회의에서 위원회가 해야만 하는 일 ('Must-do' task)에 관한 회기간 협의 결과를 보고하였으며 이를 계기로 9차 회의부터 의제 3으로 논의되기 시작한다. CEP의 향후 5개년 계획은 2007년 인도 델리에서 개최된 10차 회의에서 잠정계획이 제시되었으며 이후 지속적으로 갱신되고 있다.

나. 제22차 CEP 주요 의제 및 논의사항

(1) 주요 의제

1. Opening of the Meeting
2. Adoption of the Agenda
3. Strategic Discussions on the Future Work of the CEP
4. Operation of the CEP
5. Cooperation with other Organisations
6. Repair and Remediation of Environment Damage
7. Climate Change Implications for the Environment
 - a. Strategic Approach
 - b. Implementation and Review of the Climate Change Response Work Programme
8. Environmental Impact Assessment (EIA)
 - a. Draft Comprehensive Environmental Evaluations
 - b. Other EIA Matters
9. Area Protection and Management Plans
 - a. Management Plans
 - b. Historic Sites and Monuments
 - c. Site Guidelines
 - d. Marine Spatial Protection and Management
 - e. Other Annex V Matters
10. Conservation of Antarctic Flora and Fauna
 - a. Quarantine and Non-native Species
 - b. Specially Protected Species
 - c. Other Annex II Matters
11. Environmental Monitoring and Reporting
12. Inspection Reports
13. General Matters
14. Election of Officers
15. Preparation for the Next Meeting
16. Adoption of the Report
17. Closing of the Meeting

(2) 핵심 요지

- 환경보호위원회 (CEP)는 △보호구역 관리, △환경영향평가 등을 논의하고 논의 경과를 반영한 보고서를 ATCM에 보고했으며, 이견 없이 채택됨.
 - (신규 보호구역) 우리나라, 중국, 이탈리아 3국이 공동으로 Inexpressible Island and Seaview Bay, Ross Sea의 신규 ASPA 지정을 제안, 관리계획 초안 검토를 위해 호주 CEP 대표 (Ewan McIvor)가 SGMP의 위원장을 맡았으며, SGMP의 검토를 받아 다음 회의에서 지정 승인이 예상됨.
 - (기존 보호구역) 우리나라는 ASPA No.171, Narbowski Point, Barton Peninsula, King George Island에 대한 개정 관리계획을 제출, ATCM에서 조치 (Measure H)로 채택됨.
 - (환경영향평가) 우리나라는 미국의 CEE 초안에 대한 회기간 협의체 (ICG)의 위원장으로서 ‘맥머도기지 지역 활동의 지속 및 현대화를 위한 포괄적 환경영향평가서 초안’에 대한 ICG의 검토 결과(WP 15)를 보고함.

(3) 주요 논의내용

□ 1. 개회

- CEP 의장 Birgit Njåstad (노르웨이)는 2019년 7월 1일 (월)에 제22차 위원회를 개최함
- CEP 회원국 40개국이 체코 프라하에서 개최된 제22차 위원회에 참석함
- 콜롬비아, SCAR, SC-CAMLR, COMNAP, ASOC, IAATO, WMO가 옵서버로 참석

□ 의제 2. 의제 채택

- 제21차 CEP에서 채택된 22차 잠정의제를 원안대로 채택함. 문서 WP 49개, IP 75개, SP 5개, BP 7개가 22차 의제에 제출됨

□ 의제 3. CEP 향후 업무에 대한 전략적 논의 (Strategic Discussions on the Future Work of the CEP)

- 네덜란드와 영국은 17개국, IAATO, ASOC, SCAR 및 다수의 남극관광 전문가들이 참여한 남극관광 워크숍에서 최근 남극관광의 추세를 고려한 관광관리와 관련된 세 가지 핵심 분야 (미래의 관광 성장, 관광활동의 다양화, 규정 준수 강화 방법)를 중점적으로 논의하고, ATCM과 CEP에서 워크숍에서 도출한 권고사항을 논의할 것을 제안함. CEP에 권고사항으로 △환경모니터링 프로그램 개발과 야생의 가치에 대한 이해 고양을 위해 SCAR와 협력할 것, △계절별 고려사항을 반영한 각 당사국의 현장지침 개발 및 기존 지침을 정기적으로 검토할 것을 제기함
 - 위원회는 기존의 방문자 가이드라인의 재검토 필요성과 관광 및 비정부 활동의 개별 또는 누적 영향을 포함한 지침 강화의 필요성에 대해 공감하며, 회기간 협의체 (ICG)의 구성 (ICG 위원장: 독일대표 Heike Herata)에 동의하고 ATCM에 보고함
- CEP 5개년 업무계획에 △환경영향평가 (EIA) 가이드라인 재검토, △기존의 모든 방문자 가

이드라인과 결의 3(2011)을 통해 채택된 가이드라인의 검토 및 개정을 위한 회기간 활동, △해안 캠핑시의 가이드라인 및 체크리스트 등의 개발과 관련된 업무, △정화 매뉴얼의 주기적 업데이트, △단기 야영 가이드라인 개발 등이 회기간 업무에 추가됨

□ 의제 5. 다른 기구와의 협력 (Cooperation with other organisations)

- 위원회의 옵서버로 참여한 국가남극프로그램운영자회의 (COMNAP), 남극해양생물자원보존위원회 (CCAMLR), 남극연구과학위원회 (SCAR), 세계기상기구 (WMO), 국제남극관광운영자협회 (IAATO)는 각 기구의 연간활동, 새로운 프로그램 및 위원회 관련 업무를 보고함

□ 의제 6. 환경 손상의 복원과 개선 (Repair and Remediation of Environment Damage)

- 호주는 남극 정화 매뉴얼 검토를 위한 회기간 협의체 (ICG)의 위원장으로서 그 활동결과를 보고하고 결의문 초안을 제안하면서 위원회의 동의를 구함 (WP 46)
 - 위원회는 정화 매뉴얼을 주기적으로 업데이트하는 절차 수립에 찬성하고 이를 5개년 업무계획에 포함시킴. 위원회는 또한 개정된 남극 정화 매뉴얼과 WP 46에 첨부된 결의문 초안을 ATCM의 채택을 위해 제출하는 것에 동의함

□ 의제 7. 환경에 대한 기후변화의 함의 (Climate Change Impication for the Environment)

- 영국은 1.5°C 지구온난화 시나리오 하에서 남극 반도의 현황과 향후 예측결과를 제시하고 남극조약 당사국이 향후 수십 년 동안 남극 반도에서의 인간 활동의 거버넌스에 대한 이러한 예측의 함의를 검토할 것을 제안하였음 (WP 1 rev.1)
- 위원회는 영국의 발표에 감사하며 기후변화를 계속해서 주시할 것과 연구, 모니터링, 예방작업의 필요성을 강조함
 - 기후변화대응업무프로그램 (CCRWP), ASPA 시스템, 외래종 매뉴얼 등 관리 도구와 지침을 지속적으로 개발하면서 예상되는 변화를 고려하는 것의 중요성을 인지함
 - 기후변화 연구와 장기 모니터링에 있어서 지역적 접근법의 중요성을 강조하고 남극에서의 인간 활동과 기후변화의 상호 작용에 대한 이해를 강화할 필요성을 강조함

□ 의제 8. 환경영향평가 (Environmental Impact Assessment)

a. 포괄적 환경영향평가 초안 (Draft CEE)

- 미국은 맥머도기지 지역 활동의 지속과 기지 현대화를 위한 포괄적 환경영향평가서 (CEE) 초안을 제출 (WP 02)하고 위원회의 검토와 지지를 요청함
- 우리나라는 미국의 CEE초안에 대한 회기간 협의체 (ICG)의 위원장으로서 ‘맥머도기지 지역 활동의 지속 및 현대화를 위한 포괄적 환경영향평가서 초안’에 대한 ICG의 검토 결과 (WP 15)를 보고하고 검토 내용에 따라 위원회에 조언함
- 미국은 IP 82를 통해 맥머도기지의 현대화 관련 ICG가 제기한 문제에 대응함
 - 해당 ICG 참여국들과 ICG 회의를 주재하고 의견을 종합하여 발표한 우리나라에 감사를 표명하고 본 CEE 초안이 이전 CEE에 비해 그 기간이 길고 범위가 넓음을 강조하며

환경보호의정서 제3조가 제시하는 요구사항을 충족했다고 밝힘

- CEE 초안에 충분히 제공되지 않은 정보는 향후 최종 CEE에서 제공될 것을 확인하며, 현재 CEE는 ICG로부터 수렴한 의견을 반영하는 과정에 있다고 밝힘
- 위원회는 초안을 준비한 미국과 ICG 참여국, 그리고 ICG 회의를 주재한 대한민국에 감사를 표하며, ICG의 결론 및 권고사항을 지지하고 ATCM에 제안할 것을 결정함. 또한 미국의 CEE 초안의 논의 과정에서 제기된 환경영향평가에 대한 지침의 개정 필요성에 동의하고 관련 업무를 5개년 업무계획에 포함할 것임을 밝힘
- 중국은 동남극 로스해 지역에 신규 기지 건설을 위한 최종 CEE를 작성 중이라고 전하며 제안 활동 시작 60일 전에 회원국들에게 공유될 예정임을 밝힘

b. 기타 EIA 문제들

- 남극연구과학위원회 (SCAR)는 CEP의 요청에 따라 남극에서 현장 연구를 수행하는 지구과학자들에게 제공한 초기의 권고들을 재검토하여 행동강령 (CoC)을 작성 (첨부 A)하고, 본 회의에서 회원국과 COMNAP이 의견을 제시해 줄 것을 제안함
- 위원회는 SCAR의 노고에 감사하고 관심 있는 회원국의 참여와 다음 회의에 최종 CoC안을 제출해 줄 것을 요청함

□ 의제 9. 구역 보호와 관리계획 (Area Protection and Management Plan)

a. 관리 계획

i. 관리계획 검토를 위한 부속 기구 (SGMP)에서 검토된 개정 관리계획

- SGMP (위원장, Patricia Ortúzar (아르헨티나))는 칠레가 지정한 ASPA No. 125, 145, 146, 150에 대한 개정 관리계획이 아직 검토 단계에 있음을 보고함
- 칠레는 개정 진행과정을 보고하고 올해 7월에 ASPA No. 125와 150에 대한 개정관리계획을 제출할 것임을 밝힘

ii. 관리계획 검토를 위한 부속 기구 (SGMP)에서 검토하지 않은 개정 관리계획

- 위원회는 SGMP가 검토하지 않은 9개 ASPA와 2개 ASMA에 대한 관리계획 개정안을 검토함
- 우리나라는 ASPA No.171, Narębski Point, Barton Peninsula, King George Island에 대한 개정 관리계획을 제출하고 발표함
- 위원회는 당사국들이 제출한 ASPA 개정 관리계획을 심의하고 해당 관리계획들이 SGMP의 검토가 필요 없음을 승인하고, ATCM에서 조치(Measure)로 채택될 수 있도록 조언함

iii. 신규 보호구역/관리구역 관리계획

- 위원회는 신규로 제안된 3개의 ASPA 관리계획안을 검토함
- Rosenthal Islands, Anvers Island, Palmer Archipelago의 신규 ASPA 제안 (WP 6, 미국).

- Léonie Islands and south-east Adelaide Island, Antarctic Peninsula의 신규 ASPA 제안 (WP 35, 영국, 네덜란드).
- Inexpressible Island and Seaview Bay, Ross Sea의 신규 ASPA 제안 (WP 47, 중국, 이태리, 대한민국)
- 위원회는 세건 모두 SGMP에 제출하는데 동의하였고, 다음 회의까지 신규 관리계획 초안에 대한 논의를 계속할 것을 요청함
 - 호주의 CEP 대표 (Ewan McIvor)가 우리나라와 중국, 이태리가 공동제안한 Inexpressible Island의 관리계획 초안 검토를 위한 SGMP의 위원장을 맡음

d. 해양보호구역 및 관리

- 로스해 해양보호구역 (RSRMPA)의 지정 (CCAMLR 보존조치 91-50)에 따라 ATCM은 결의 5(2017)을 통해 ATCM과 CCAMLR간 협력을 증진하고 보존조치에 명시된 특정 목표 달성을 위해 CEP의 역할을 표명한 바 있음
 - 지난 21차 위원회에서 뉴질랜드는 벨기에, 칠레, 프랑스, 독일, 네덜란드, 미국과 함께 남극조약 체제 내에서 해양보호 이니셔티브의 조화에 대하여 검토(WP 12)를 제안하였으나 중국의 반대로 공식 ICG는 설립되지 못하였고, 비공식 논의를 거쳐 다음과 같은 사항을 위원회에 권고함 (WP 48)
 - 육지와 해양의 연관성을 지원할 수 있는 환경보호의정서의 틀 내에서 일반적인 보존 조치의 목록 초안을 논의하고 규정하며, 남극조약 체제 내에서 해양보호 이니셔티브를 강화할 것
 - 관련 논의를 위한 회기간 협의체 구성을 고려할 것
 - 여러 회원국들은 뉴질랜드가 제안한 결의문 5에 대한 ICG 개설을 지지하며 자문을 요청하는 ATCM에 빠르고 적절한 대응의 중요성을 강조함. 일부 회원국은 WP 48에 대한 논의 기간이 충분하지 않았으며 자신들의 의견이 완전히 반영되지 않았다고 지적함
 - 여러 회원국들은 공식 회기간 협의체가 형성되지 않은 것에 유감을 표명하였으며, 위원회는 다음 회기간 비공식 논의 그룹을 이끌겠다는 뉴질랜드의 제안을 환영함

□ 의제 10. 남극 동식물상 보존 (Conservation of Antarctic Flora and Fauna)

a. 검역 및 외래종

- 영국은 스페인, 아르헨티나, 프랑스, 뉴질랜드와 함께 지난해에 이어 ‘외래종 대응 프로토콜’을 업데이트하여 소개하며 (WP 34), 위원회가 CEP의 외래종 매뉴얼에 개선된 프로토콜을 추가하는 것에 동의하고 이를 ATCM에 요청해 줄 것을 제안함
 - 위원회는 외래종 침입에 대한 대응이 높은 중요도를 지니며 본 프로토콜이 당사국들에게 매우 유용한 도구가 될 것이라 평가하고, 남극조약사무국 웹사이트의 ‘CEP 외래종 매뉴얼’에 ‘외래종 대응 프로토콜’을 추가하고 폭 넓은 사용을 유도하도록 요청할 것을 결정함
- COMNAP은 SCAR와 함께 지난 2010년 (34차 ATCM)에 제출하고 배포하였던 외래종 전이 위험 저감을 위한 국가남극프로그램 공급망 관리자를 위한 체크리스트를 검토하고 업데이트

트하여 제출하고 (WP 50), 위원회에 기존 CEP 외래종 매뉴얼에 있는 체크리스트를 개정본으로 교체할 것과 당사국들의 체크리스트 활용을 독려해 줄 것을 요청함

- 위원회는 기존의 체크리스트를 2019년 개정판으로 교체하는데 동의하고, 당사국들에 이를 적극 이용할 것을 장려함. 또한 본 지침을 널리 배포하여 모든 운영자들이 체크리스트를 보유해야하는 중요성을 언급하며 여러 언어로 번역되도록 장려함

c. 기타 부속서 II 관련 문제들

- 남극연구과학위원회 (SCAR)는 남극지역에서 과학적 목적을 위한 동물 이용 시 행동강령 (CoC)을 개정하여 제출하고 위원회의 채택과 관련 업무 수행 시 널리 활용될 수 있도록 당사국들을 독려할 것을 제안함
 - 위원회는 SCAR의 해당 CoC를 채택하고 ATCM에서 결의 (Resolution)로 채택될 수 있도록 제출할 것을 결정함
- SCAR는 남빙양에서의 인공 소음으로 인한 생태계 영향 현황을 업데이트하고 위원회가 남극환경에서 소음 영향과 관련된 정책과 의사 결정을 지원하는데 필요한 해당 연구와 관련 활동의 개발을 당사국들에게 독려할 것을 권고함
 - 위원회는 남극환경에서의 소음 영향과 관련된 관리 및 관련 지식에서의 격차를 해소하는 연구와 기타 활동을 장려하며 특히 국가 남극프로그램이 이에 대한 후속조치를 이행해 줄 것을 독려함

□ 의제 11. 환경 모니터링과 보고 (Environmental monitoring and report)

- 영국은 남극지역과 남빙양에서의 플라스틱 오염 현황을 보고하고 저감을 위한 노력으로 위원회에 6가지 권고사항을 제안하였음 (WP 14)
 - 위원회에서 대형플라스틱 (macroplastics, 예, 일회용품 등)에 관한 권고사항에는 의견일치에 이르지 못하여, 위원회는 변경된 권고사항에 동의하고 ATCM에서 결의로 채택될 수 있도록 제출할 것을 결정함
- 뉴질랜드는 호주, 네덜란드, 노르웨이, 스페인, 미국, SCAR와 함께 ‘남극환경 포털’ 관련 활동 및 SCAR로의 이전계획, 21차 위원회에서 부각된 5가지 이슈 (남빙양 미세플라스틱, 남빙양 시료 채취: 해양시스템 관측을 위한 기술, 외래종의 유입 경로, 남극 빙저호, 호수, 연못 및 개울의 다양성)에 대한 추가 정보 제공에 대해 언급하고 위원회와 회원국들에게 다음 사항을 권고하였음
 - 남극환경 포털이 위원회의 업무를 지속적으로 지원한다는 점을 인식하여 남극환경 포털에 대한 지원을 갱신해 줄 것
 - 포털의 콘텐츠 관리계획을 검토하고 CEP 의제 및 관심 사항과 관련하여 포털의 정보 요약을 통해 추가 이슈를 제안 할 것
- 중국은 남극환경 포털이 독립적이며 ATCM이나 CEP에 의해 자금 지원을 받거나 이들의 관련 지부가 아닌 중립적인 실체라는 점을 유지할 것을 제기함
- 위원회는 남극환경 포털에 대한 SCAR의 관리에 사의를 표하며, 남극환경 포털에 대한 지지의사를 표명함

□ 의제 12. 사찰 보고서 (Inspection Reports)

- 아르헨티나와 칠레는 우리나라 및 우루과이의 읍서버들과 함께 서남극에 위치한 4개의 시설을 남극조약 7조와 환경보호의정서 14조에 따라 Checklist A를 활용하여 사찰을 수행하고 위원회에 보고하고 권고사항을 제안함. 사찰보고서는 IP 83로 제출됨
 - 사찰 기지 및 시설
 - Palmer 기지 (미국),
 - Akademik Vernadsky 기지 (우크라이나)
 - Port Lockroy (영국, HSM)
 - St. Kliment Ohridski 기지 (불가리아)
 - 우리나라와 우루과이는 읍서버로 초청해준 아르헨티나와 칠레에 사의를 포함
 - 위원회는 대체적으로 아르헨티나와 칠레의 권고사항을 지지하였으며, 사찰 후 권고사항들로 마무리하는 것이 유용함에 주목하였으나 이러한 과정은 의무사항이 아니며 Checklist A의 활용 또한 권고사항이며 제한 사항이 아님을 언급함

□ 의제 14. 의장단 선거 (Election Officers)

- 제2 CEP 부의장 Kevin Hughes의 첫 번째 2년 임기가 완료됨에 따라 본 위원회의 승인으로 두 번째 2년 임기를 시작하게 됨

<CEP 기간 중 양자 및 다자간 협의>

□ 킹조지섬의 외래종 각다귀 모니터링 및 퇴치를 위한 다자간 협의

- 총 10개국 대표가 킹조지섬 외래종관련 다자간 협의에 참여함
- 킹조지섬에서 기지를 운영하고 있는 우리나라를 포함한 필데스 반도의 기지운영국인 우루과이, 칠레, 아르헨티나, 러시아, 중국과 어드미럴티만의 폴란드, 브라질의 대표와 아르헨티나 기지 (달만랩)에서 연구활동을 수행하고 있는 독일, 외래종 이슈를 지속적으로 다루고 있는 영국대표가 킹조지섬 각다귀 모니터링의 표준화와 정보 공유를 위해 협의함
 - 본 회의에 아르헨티나, 브라질, 칠레, 중국, 독일, 우리나라, 러시아, 우루과이가 공동으로 제출한 IP 120의 2018/19시즌 외래종 각다귀 모니터링 진행 상황을 각국 대표에게 설명하고, 각국 기지의 현황과 모니터링의 지속적 동참을 요청하였음
 - 우루과이는 2019/20 시즌에 각다귀 모니터링에 사용하고 있는 끈끈이의 설치 개수와 회수 주기를 1개월로 할 것을 제안. 폴란드를 제외한 킹조지섬 기지 운영국들은 우리나라와 우루과이가 제시한 모니터링 방법을 각 기지에서 다음 시즌에도 이행하기로 하고 지속적으로 정보를 공유하기로 함
 - 우리측은 UV-트랩의 효율성에 대해 알리고, 다음 시즌에도 설치를 원하는 기지에 제공할 것을 제안함. 현재까지 분석한 자료를 바탕으로 킹조지섬의 각다귀 개체군이 유전적으로 다름을 언급하고 더 많은 기지의 시료를 제공해 줄 것을 요청함. 극지연구소에서

뉴질랜드 Plant and Food Research와 2019년 시작한 각다귀 기원과 종특이적 제거 방법 개발 및 효과적 모니터링 방법 개발을 위한 연구 프로젝트를 소개함

- 또한 우리측은 지속적인 연구협력과 공동 모니터링을 위해 시료와 모니터링 도구 등을 현장에서 공유해야하므로 필데스반도 로지스틱의 중심에 있는 칠레가 거점 역할을 해주기를 제안하였고 칠레가 수락함
- 러시아는 자국의 곤충학자가 벨링스하우젠 자국기지에서 2019/20 시즌부터 관련 연구를 시작할 것임을 알리고, 우리 연구자와 협력하기로 함
- 우루과이는 각다귀 이슈를 CEP의 공식 또는 비공식 논의 그룹으로 진행할 것을 제안하였고, 논의 그룹의 위임사항 (ToRs)의 초안을 작성할 것이며, 우리측에 우선 검토를 위해 보낼 것을 제안하였고 이를 수락하였음

다. 우리나라 제출 안건

올해 환경보호위원회에 우리나라가 제출한 안건은 2건이다.

펭귄마을 보호구역 (ASPA No. 171 나레브스키 포인트)의 5개년 수정관리계획서 (Revised

Measure H (2019)

**Antarctic Specially Protected Area No 171 (Narębski Point, Barton Peninsula, King George Island (Isla 25 de Mayo)):
Revised Management Plan**

The Representatives,

Recalling Articles 3, 5 and 6 of Annex V to the Protocol on Environmental Protection to the Antarctic Treaty, providing for the designation of Antarctic Specially Protected Areas (“ASPA”) and approval of Management Plans for those Areas;

Recalling

- Measure 13 (2009), which designated Narębski Point, Barton Peninsula, King George Island as ASPA 171 and adopted a Management Plan for the Area;
- Measure 11 (2014), which adopted a revised Management Plan for ASPA 171;

Noting that the Committee for Environmental Protection (“CEP”) has endorsed a revised Management Plan for ASPA 171;

Desiring to replace the existing Management Plan for ASPA 171 with the revised Management Plan;

Recommend to their Governments the following Measure for approval in accordance with paragraph 1 of Article 6 of Annex V to the Protocol on Environmental Protection to the Antarctic Treaty:

That:

1. the revised Management Plan for Antarctic Specially Protected Area No 171 (Narębski Point, Barton Peninsula, King George Island (Isla 25 de Mayo)), which is annexed to this Measure, be approved; and
2. the Management Plan for Antarctic Specially Protected Area No 171 annexed to Measure 11 (2014) be revoked.

그림 4-1-1. 펭귄마을 보호구역의 CEP 승인 문서 내용

Management Plan)는 지난 5년간의 모니터링 결과를 정리하고, 그간 위원회에서 변경된 보호구역 관리지침을 반영한 개정판으로서, 위원회에서 Measure H로 승인되었다 (그림 4-1-1). 문서제출용 Working Paper는 부록 1에, 그리고 수정관리계획서 최종안은 부록 2에 수록하였다. 아울러, 귀국 후 내국인들에게 배포될 국문판을 제작하였으며, 그 내용은 부록 3에 수록하였다.

장보고기지 인근 인익스프레시블섬의 신규 남극특별보호구역 지정을 위한 인익스프레시블섬 관리계획서 초안 (draft Management Plan)은 중국, 이태리와 함께 공동으로 작성하여 위원회에 제출하고, 만장일치로 승인되어, 차기 ATCM 이전까지 SGMP의 검토를 거쳐 관리계획서 최종안 (final Management Plan)을 마련키로 결정되었다. 호주의 CEP 대표 (Ewan McIvor)가 우리나라와 중국, 이태리가 공동제안한 Inexpressible Island의 관리계획 초안 검토를 위한 SGMP 위원장을 맡기로 하였다. 문서제출용 Working Paper는 부록 4에, 관리계획서 초안은 부록 5에 수록하였다.



그림 4-1-2. 남극조약협약의당사국회의의 참석자 기념사진



제 2 절 남극해양생물자원보존위원회 (CCAMLR)

1. 개요

가. CCAMLR 설립 배경

ATCM은 1980년의 특별회의에서 (5월 20일) 남극해양생물자원의 보존 및 합리적 이용을 목적으로 CCAMLR 협약을 채택하였으며, 이 협약은 1982년 4월 7일부터 발효되었다. 2017년 현재까지 미국, 일본, 호주, 영국, 뉴질랜드, 노르웨이 등 25개국이 가입하였으며 CCAMLR 협약수역에서 조업을 해오던 우리나라는 1985년 4월 28일에 가입하였다 (그림 4-2-1).

나. CCAMLR 생태계 모니터링 프로그램 (CCAMLR Ecosystem Monitoring Program, CEMP)

CCAMLR에서는 남극해양생물자원의 보존을 위해 해양생태계의 주요 구성원들의 변화상을 모니터링 하는 장기프로그램 (CEMP)을 운영하고 있다. CEMP에서는 주요 구성원들의 생태적

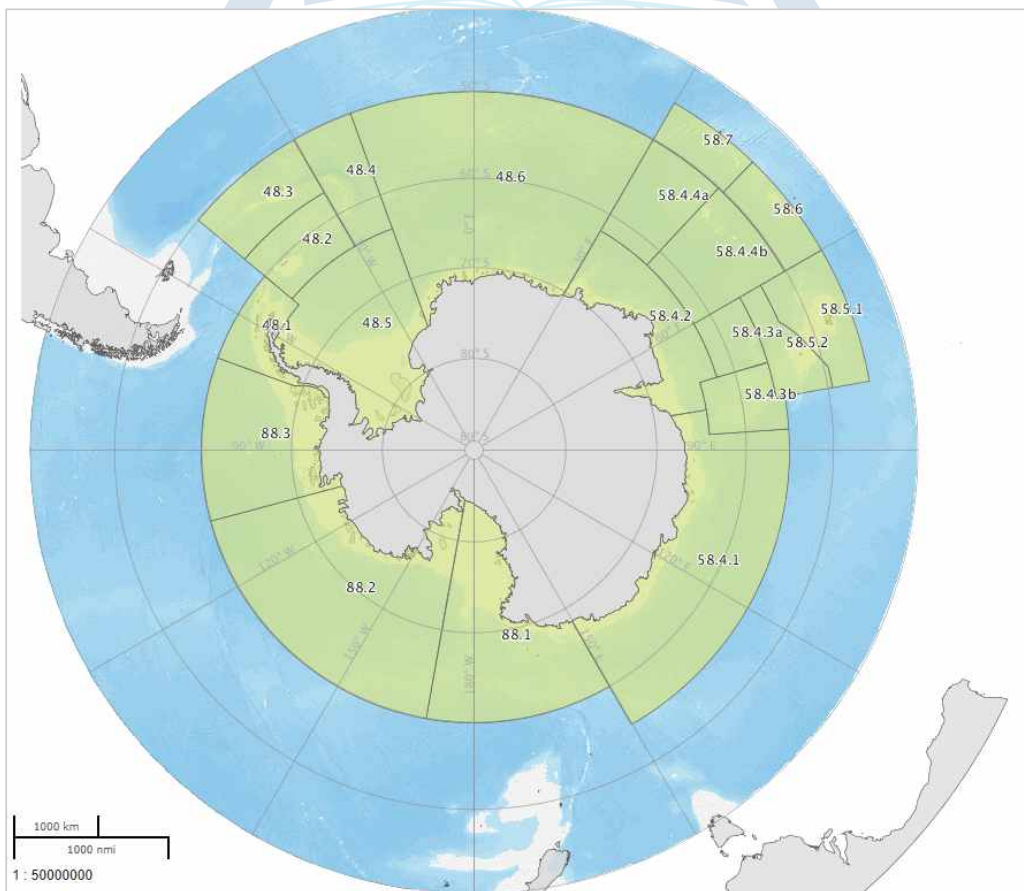


그림 4-2-1. CCAMLR 협약수역. 우리나라의 주요 조업이 수행되는 48.1해역 (남극 크릴) 및 88.1 해역 (남극이빨고기)

변화가 환경변화에서 기인된 것인지 상업적 조업에 의한 것인지 판별하기 위해 장기 모니터링 자료를 수합하고 분석하고 있다. CCAMLR 사무국은 균질한 자료를 획득하기 위해 CEMP 표준 모니터링 방법을 제정하였으며, 자료의 수합 및 효율적인 관리를 위해 CEMP-자료 제출 양식을 회원국에 제공하고 있다. 장기 모니터링 수행을 위해 주요 펭귄 번식지들이 CEMP-site로 지정되었으며, 2018년 현재 우리나라에서 조사를 수행하고 있는 펭귄마을 (나레브스키 포인트) 및 케이프 할렛을 포함하여 23개 지역이 지정되어 있다 (표 4-2-1).

(3) 2019 WG-EMM 주요 일정 및 의제

a. 개최 기간: 2019년 6월 24일 ~ 7월 5일

b. 개최 장소: 프랑스 콩까르노 (Concarneau Marine Station)

c. 주요 의제

- 크릴 조업이 생태계에 미치는 영향
- 원양어선을 활용한 크릴의 과학조사
- 생태계 모니터링 및 관찰
- 기후변화 관련 연구 및 모니터링
- 취약해양생태계의 광범위한 공간조사를 위한 자료 통합

d. 우리나라 관련 이슈

- 나레브스키 포인트 및 케이프할렛에서 조사된 자료가 CEMP 자료로 채택되어 등록 (그림 4-2-3과 4-2-4, 문서 원문은 부록 6에 수록)
- 펭귄의 행동반응 실험을 토대로 모니터링 시 교란을 최소화하기 위한 운용 고도 제안 (문서번호 WG-EMM-2019/36)
- 킹조지섬과 남극대륙에서 확보한 시료 분석을 토대로 남극생태계에서 수은 오염 모니터링의 중요성 제안 (문서번호 WG-EMM-2019/51)

(4) 2019 CCAMLR 과학위원회의 주요 일정 및 의제

a. 개최 기간: 2019년 10월 21일 ~ 25일

b. 개최 장소: 호주 태즈매니아 CCAMLR 사무국

c. 주요 의제

- 생물자원평가를 위한 통계, 평가, 모델링, 음향조사방법 개선
- 2018/19년의 어획자료를 토대로 2020/2021의 어획종 별 어획량 산정
- 해양보호구역을 포함한 남극생태계에 미치는 공간관리의 영향
- Inexpressible Island & Seaview Bay의 해양이 포함된 신규 남극특별보호구역 신청지역의 지정 승인 권고안 도출
- 과학 옵서버제도 개선
- 기후변화가 해양생물자원에 미치는 영향

d. 우리나라 관련 이슈

- 한·중·이태리 국제공동 대응으로 CCAMLR로부터 인익스프레서블섬 및 씨뷰만 (Inexpressible Island & Seaview Bay) 해양지역의 신규 ASPA 지정 승인을 득함 (그림 4-2-2)
- 로스해 해양보호구역에서 생태계 모니터링 및 관리를 통한 우리나라의 과학적 기여 현황 공지
- 우리나라의 크릴 및 이빨고기 조업 관련 대응

표 4-2-1. 장기 모니터링 수행을 위해 CCAMLR에서 지정한 CEMP-site

Code	Site Name	Area
ADB	Admiralty Bay	48.1
AIP	Anvers Island	48.1
BEE	Bechervaise Island	58.4.2
BIG	Bird Island	48.3
BOI	Bouvet Island	48.6
CSS	Cape Shirreff	48.1
CHA	Cape Hallett	88.1
EDP	Edmonson Point	88.1
EIS	Elephant Island	48.1
ESP	Esperanza Station	48.1
GAI	Galindez Island	48.1
GOI	Goudier Island	48.1
LAO	Laurie Island	48.2
LRP	Lions Rump	48.1
MAI	Maiviken	48.3
MAR	Marion Island	58.7
NPT	Narebski Point	48.1
PTI	Petermann Island	48.1
ROS	Ross Island	88.1
SES	Seal Island	48.1
SIO	Signy Island	48.2
SPS	Stranger Point Station	48.1
SYO	Syowa Station	58.4.2

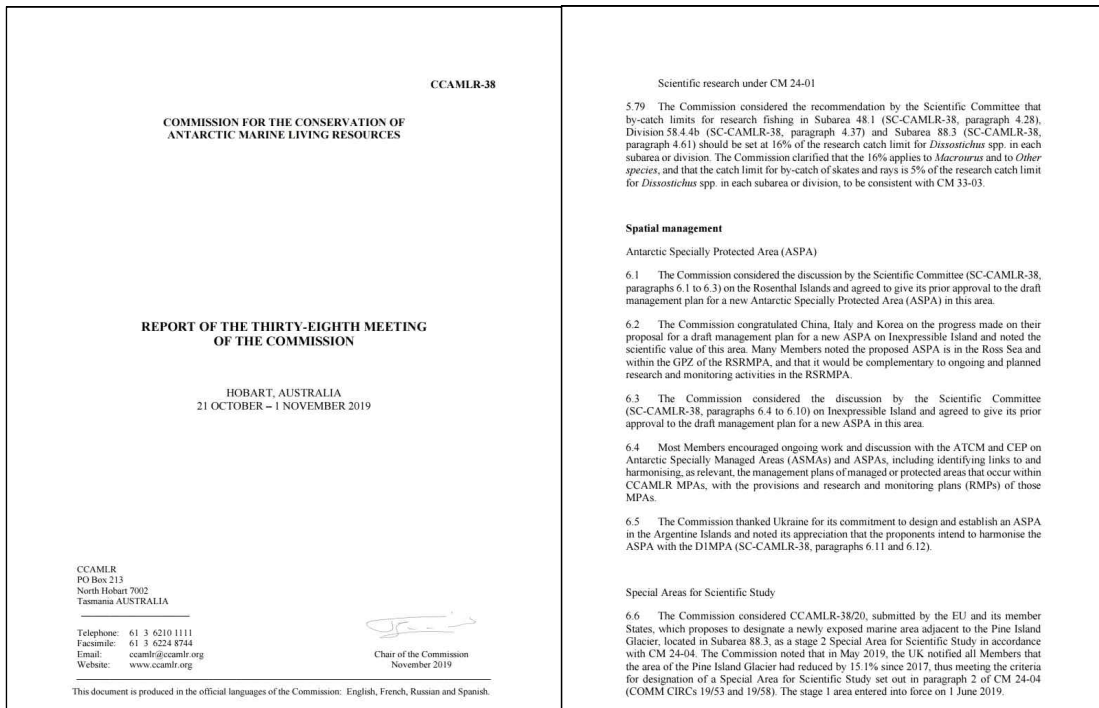


그림 4-2-2. 인익스프레스블섬 및 씨뷰 만의 해양지역의 신규 ASPA 관리계획서 승인 (2019년 CCAMLR 연례총회 최종 보고서)

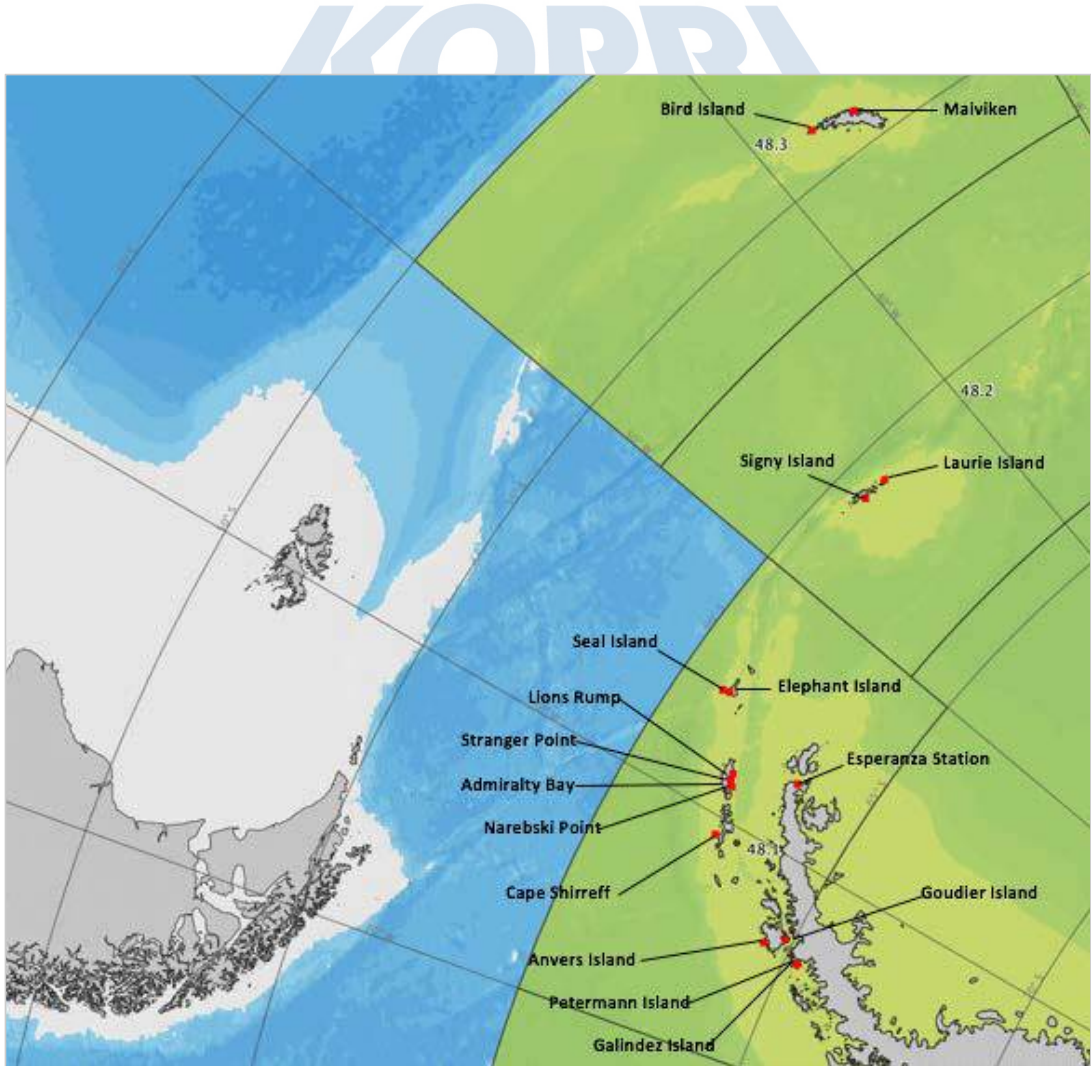


그림 4-2-3. CCAMLR 수역 48 해역에 위치한 CEMP-site

2. ASPA No. 171 나레브스키 포인트 및 No. 106 케이프 할렛의 모니터링 자료 제공

2016년 이태리 볼로냐에서 개최된 제16차 CCAMLR Working Group- Ecosystem Monitoring & Management (WG-EMM, 생태계모니터링관리작업반)에서 CCAMLR 사무국의 요청으로 펭귄 마을에서 2016년까지 조사된 펭귄 기초생태자료를 CCAMLR Ecosystem Monitoring Program (CEMP, CCAMLR 생태계모니터링 프로그램)의 data center에 제공하였다. 또한 2017년 7월에 개최된 WG-EMM의 CEMP 의제 논의를 위해 제출된 보고서에 2016/17년에 펭귄마을에서 조사된 펭귄 번식자료가 수록되었다. 2016년에 킹조지섬의 나레브스키 포인트에서 조사된 자료를 CEMP에 제출하면서 해당 지역인 새로운 CEMP-site로 지정되었으며 (그림 4-2-3) 그 이후에 수행된 연례조사에서 산출된 자료를 CEMP data에 등록하고 있다 (그림 4-2-4). 또한 2018년에

Table 1: CEMP data submitted for the 2018/19 season. For parameters descriptions see Table 7.

Subarea/ Division	Member	Site	Species	Parameters
48.1	Argentina	Esperanza Station (ESP)	PYD	A1, A2, A3, A6a, A6b, A7, A8, A8kl
	Argentina	Stranger Point Station (SPS)	PYD	A1, A3, A6a, A6b, A7
	Korea	Narebski Point (NPT)	PYN	A3
			PYP	A3
	UK	Goudier Island (GOI)	PYP	A3, A6a
	Ukraine	Galindez Island (GAI)	PYP	A3, A6a, A9
	USA	Cape Sherriff (CSS)	SEA	C1, C2b
			PYN	A3, A5, A6a, A6b, A6c, A7, A8kl, A9
			PYP	A3, A5, A6a, A6b, A6c, A8kl, A9
	USA	Admiralty Bay (ADB)	PYD	A6a, A6b, A7, A9
PYP			A5, A8kl	
48.2	Argentina	Laurie Island (LAO)	PYD	A1, A3, A6a
	UK	Signy Island (SIO)	PYD	A3, A6a, A7, A8, A9
			PYN	A3, A6a, A7, A8, A9
			PYP	A3, A6a
48.3	UK	Bird Island (BIG)	EUC	A1, A3, A6a, A7, A8
			PYP	A3, A6a, A7
			SEA	C2b
			DIM	B1
	UK	Maiviken (MAI)	PYP	A3, A6a, A7
			SEA	C2b
58.4.2	Australia	Bechervaise Island (BEE)	PYD	A3, A6a, A6c
	Japan	Syowa Station (SYO)	PYD	A3
88.1	Italy	Edmonson Point (EDP)	PYD	A3, A6a
	Korea	Cape Hallett (CHA)	PYD	A3
	New Zealand	Ross Island (ROS)	PYD	A3

*Footnote – CEMP indicator species

CCAMLR code	Scientific name	English name
PYD	<i>Pygoscelis adeliae</i>	Adelie penguin
PYN	<i>Pygoscelis antarctica</i>	chinstrap penguin
PYP	<i>Pygoscelis papua</i>	gentoo penguin
EUC	<i>Eudyptes chrysolophus</i>	macaroni penguin
DIM	<i>Thalassarche melanophrys</i>	black-browed albatross
SEA	<i>Arctocephalus gazelle</i>	Antarctic fur seal

그림 4-2-4. 2017/18년 펭귄마을 보호구역 (NPT, 나레브스키 포인트)에서 조사된 턱끈펭귄 (PYN)과 젠투펭귄 (PYP)의 둥지수를 CEMP data (A3)에 등록 (문서번호 WG-EMM-18/44)

는 로스해 빅토리아랜드 연안에 위치한 케이프 할렛 (Cape Hallett)이 우리나라가 모니터링을 담당하는 신규 CEMP-site로 지정되면서 아델리펭귄의 생태조사 자료를 제공하고 있다 (그림 4-2-4 및 4-2-5).

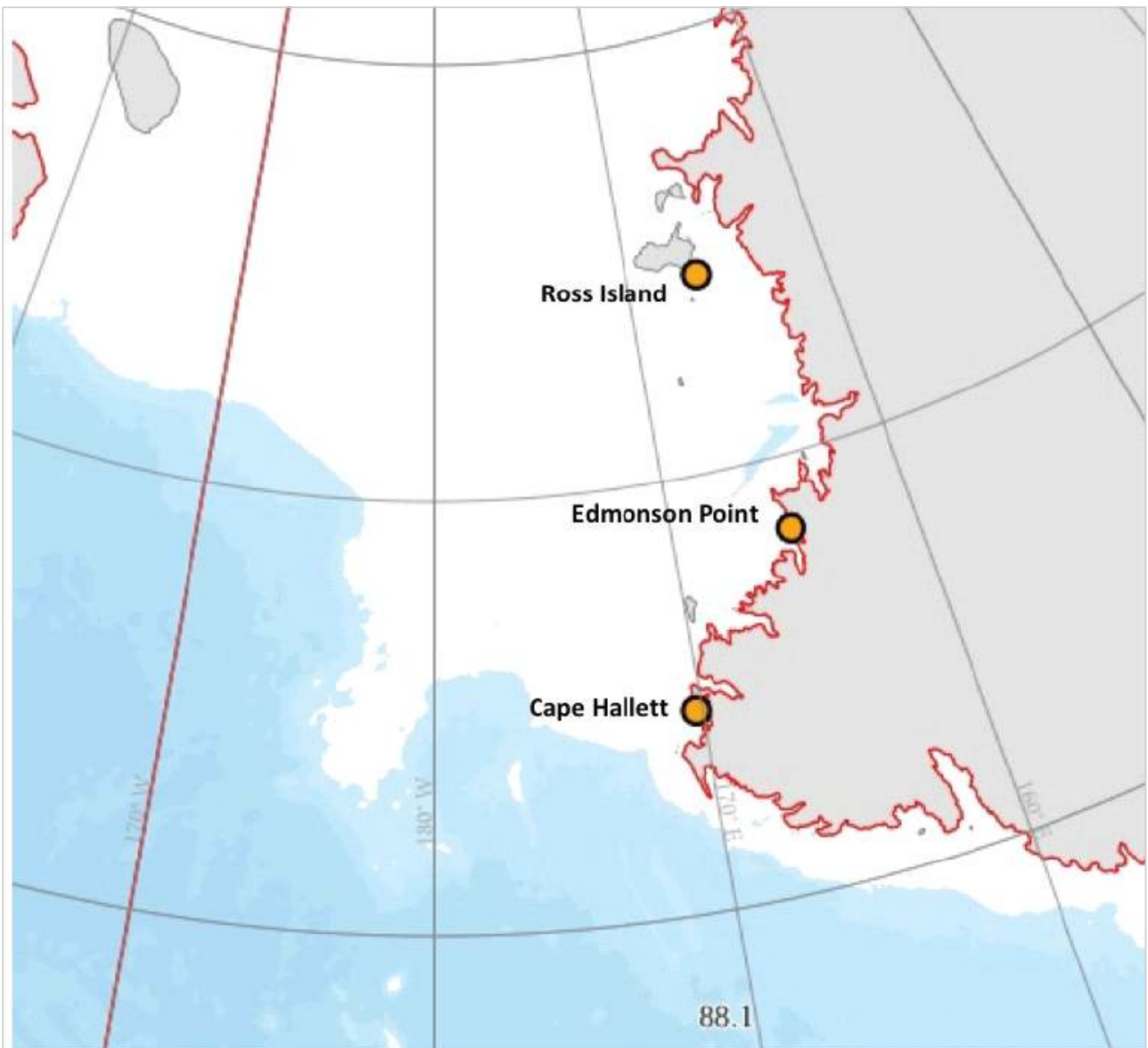


그림 4-2-5. CCAMLR 수역 88 해역에 위치한 CEMP-site. 케이프 할렛이 신규 CEMP-site로 지정 (2018. 대한민국 장기모니터링 지역).

참고문헌

- 환경부. 2007. 남극특별보호구역 지정을 위한 기초조사연구. 환경부.
- 환경부. 2011. 남극특별보호구역 관리 및 모니터링에 관한 연구(1). 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.
- 환경부. 2015. 남극특별보호구역 모니터링 및 남극기지 환경관리에 관한 연구. 환경부.
- 환경부. 2016. 남극특별보호구역 모니터링 및 남극기지 환경관리에 관한 연구(2). 환경부
- 환경부. 2017. 남극특별보호구역 모니터링 및 남극기지 환경관리에 관한 연구(3). 환경부
- 환경부. 2018. 남극특별보호구역 모니터링 및 남극기지 환경관리에 관한 연구(4). 환경부
- Barber-Meyer, S. M., Kooyman, G. L. and Ponganis, P. J. 2008 Trends in western Ross Sea emperor penguin chick abundances and their relationships to climate. *Antarctic Science*, 20(1) 3-11.
- Burnham, K.P. and Anderson, D.R. 2004. Multimodel inference: understanding AIC and BIC in model selection. *Sociological methods & research*, 33(2), 261-304.
- CCAMLR. 2004. Commission for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources: Standard Methods. CCAMLR
- Chapman, E.W., Hofmann, E.E., Patterson, D.L., Fraser, W.R., 2010. The effects of variability in Antarctic krill (*Euphausia superba*) spawning behavior and sex/maturity stage distribution on Adélie penguin (*Pygoscelis adeliae*) chick growth: a modeling study. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography* 57: 543-558.
- Cherel, Y., Hobson, K.A. and Hassani, S. 2005. Isotopic discrimination between food and blood and feathers of captive penguins: implications for dietary studies in the wild. *Physiological and Biochemical Zoology*, 78(1): 106-115.
- Cooch, E.G. & White, G.C. 2018. Program MARK - A Gentle Introduction (18th edition). <http://www.phidot.org/software/mark/docs/book/>.
- Croll, D.A. et al. 2006. Effects of variability in prey abundance on reproduction and foraging in chinstrap penguins (*Pygoscelis antarctica*). *Journal of Zoology*, 269(4), 506-513.
- Croxall, J. P. 1984. Seabirds, p. 533-616. In R. M. Laws [ed.], *Antarctic ecology*, Vol. 2. Academic Press, London.
- DeNiro, M.J. and Epstein, S. 1981. Influence of diet on the distribution of nitrogen isotopes in animals. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 45(3): 341-351.

- Flores, H. et al. 2012. Impact of climate change on Antarctic krill. *Marine Ecology Progress Series*, 458: 1-19.
- Hall B.L. et al. 2006. Holocene elephant seal distribution implies warmer-than-present climate in the Ross Sea. *PNAS*, 103:10213-10217.
- Hinke, J. T. et al. 2015. Spatial and isotopic niche partitioning during winter in chinstrap and Adélie penguins from the South Shetland Islands. *Ecosphere*, 6: 125.
- Jenouvrier S. et al. 2005. Evidence of a shift in the cyclicity of Antarctic seabird dynamics linked to climate. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 272 (1566): 887-895.
- Jenouvrier, S., Barbraud, C., Cazelles, B. and Weimerskirch, H. 2005. Modelling population dynamics of seabirds: importance of the effects of climate fluctuations on breeding proportions. *Oikos*, 108(3), 511-522.
- Krietsch, J., Esefeld, J., Braun, C., Lisovski, S. and Peter, H.-U. 2016. Long-term dataset reveals declines in breeding success and high fluctuations in the number of breeding pairs in two skua species breeding on King George Island. *Polar Biology* 39: 573-582.
- Lee, W.Y. 2015. Avian gut microbiota and behavioral studies. *Kor. J. Orni*, 22:1-11.
- Lee, W.Y. et al. 2019. Faecal microbiota changes associated with the moult fast in chinstrap and gentoo penguins. *PLoS ONE*, (in press)
- Lynch, H.J., Naveen R., Trathan, P.N. and Fagan, W.F. 2012. Spatially integrated assessment reveals widespread changes in penguin populations on the Antarctic Peninsula. *Ecology*, 93(6): 1367-1377.
- Lyver, P.O' B. et al. 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(3): e91188.
- Miller, A.K., Kappes, M.A., Trivelpiece, S.G. and Trivelpiece, W.Z. 2010. Foraging-niche separation of breeding Gentoo and Chinstrap Penguins, South Shetland Islands, Antarctica. *Condor*, 112(4): 683-695.
- Montes-Hugo, M, Doney, S.C., Ducklow, H.W., Fraser, W, Martinson, D, Stammerjohn, S.E., and Schofield, O. 2009. Recent changes in phytoplankton communities associated with rapid regional climate change along the western Antarctic Peninsula. *Science* 323:1470-1473.
- Nagrete, P. et al. 2017. Temporal variation in isotopic composition of *Pygoscelis* penguins at Ardley Island, Antarctic: Are foraging habits impacted by environmental change? *Polar Biology*, 40: 903-916.
- Petersen, S.L. et al. 2005. Is flipper banding of penguins a problem? *Marine Ornithology*, 33: 75-79.
- Phillips, D.L. and Gregg, J.W. 2001. Uncertainty in source partitioning using stable isotopes. *Oecologia*, 127(2): 171-179.
- Pistorius, P.A., Huin, N. and Crofts, S. 2010. Population change and resilience in Gentoo

- Penguins *Pygoscelis papua* at the Falkland Islands. *Marine Ornithology*, 38: 49–53.
- Pitcher, T.J. et al. 2007. *Seamounts: Ecology, Fisheries & Conservation*. [ed.] Blackwell Science, Oxford, UK.
- Polito, M.J., Trivelpiece W.Z., Karnovsky, N.J., Patterson, E.P. and Emslie, S.D. 2011. Integrating stomach content and stable isotope analyses to quantify the diets of pygoscelid penguins. *PLoS ONE*, 6, e26642.
- Polito, M. et al. 2017. Stable isotope analyses of feather amino acids identify penguin migration strategies at ocean basin scales. *Biology Letters*, 13: 20170241.
- Pledger, S., Pollock, K. H., and Norris, J. L. 2003. Open capture-recapture models with heterogeneity: I. Cormack-Jolly-Seber model. *Biometrics*, 59(4), 786–794.
- Quillfeldt, P., McGILL, R.A.R. and Furness, R.W. 2005. Diet and foraging areas of Southern Ocean seabirds and their prey inferred by stable isotopes: review and case study of Wilson's Storm-Petrel. *Marine Ecology Progress Series*, 295: 295–304
- Renner, M. and Davis, L.S. 2000. Marking penguins with implanted transponders. *Notornis*, 47: 163–165.
- Smith, R.C., and Stammerjohn, S.E. 2001. Variation on surface air temperature and sea ice extent in the western Antarctic Peninsula (WAP) region. *Ann Glaciol* 33:493–500.
- Steig, E.J., Schneider, D.P., Rutherford, S.D., Mann, M.E., Comiso, J.C., and Shindell, D.T. 2009. Warming of the Antarctic ice-sheet surface since the 1957 international geophysical year. *Nature* 457:459–463.
- Trivelpiece, W.Z., and Trivelpiece S.G. 1990. Courtship period of Adelie, Gentoo and Chinstrap Penguins, p. 113–127. In L. S. Davis and J. T. Darby [eds.], *Penguin biology*. Academic Press, San Diego.
- Trivelpiece, W.Z. et al. 2011. Variability in krill biomass links harvesting and climate warming to penguin population changes in Antarctica. *PNAS*, 108(18): 7625–7628.
- Volkman, N.J., Presler, P. and Trivelpiece, W.Z. 1980. Diets of pygoscelid penguins at King George Island, Antarctica. *Condor*, 82: 373–378.
- White, G.C., and Cooch, E.G. 2017. Population abundance estimation with heterogeneous encounter probabilities using numerical integration. *The Journal of Wildlife Management*, 81(2), 322–336.
- Williams, T.D. 1990. Annual variation in breeding biology of Gentoo Penguins, *Pygoscelis papua*, at Bird Island, South Georgia. *Journal of Zoology*, 222: 247–258.
- Williams, T.D., and Rodwell, S. 1992. Annual Variation in Return Rate, Mate and Nest-Site Fidelity in Breeding Gentoo and Macaroni Penguins. *Condor*, 94(3): 636–645. doi:10.2307/1369249
- Williams, T.D. et al. 1992. Diving pattern and performance in nonbreeding Gentoo Penguins (*Pygoscelis papua*) during winter. *Auk*, 109(2): 223–234.
- Wilson, R.P., Pütz, K., Peters, G., Culik, B., Scolaro, J.A., Charrassin, J.-B., Ropert-Coudert,

Y., 1997. Long-term attachment of transmitting and recording devices to penguins and other seabirds. *Wildlife Society Bulletin* 25: 101-106.

Woehler, E.J. and Croxall, J.P. 1997. The status and trends of Antarctic and sub-Antarctic seabirds. *Marine Ornithology*, 25: 43-66.



부 록







**XLII Antarctic Treaty
Consultative Meeting**
Prague • Czech Republic • 2019

WP 16

ENG

Agenda Item; CEP 9a
Presented by: Korea (ROK)
Original: English
Submitted: (date submission)

**Revised Management Plan for Antarctic Specially
Protected Area No. 171,
Narębski Point, Barton Peninsula,
King George Island**

Working Paper submitted by the Republic of Korea

Revised Management Plan for Antarctic Specially Protected Area No. 171, Narębski Point, Barton Peninsula, King George Island

Summary

The Republic of Korea has conducted the second review of the Management Plan for Antarctic Specially Protected Areas (ASPAs) No. 171, Narębski Point, Barton Peninsula, King George Island. Since only minor amendments are required, the Republic of Korea recommends that the Committee for Environmental Protection (CEP) approves the attached revised Management Plan.

Background

ASPAs No. 171 Narębski Point (62° 13' 40"S - 62° 14' 23"S, 58° 45' 25"W - 58° 47' 00"W) is located at the Barton Peninsula on King George Island in South Shetland Islands, and the Area was designated as ASPA under Measure 13 (2009), following a proposal by the Republic of Korea, and the management plan was first revised under Measure 11 (2014). Given its outstanding environmental values and to facilitate ongoing and planned scientific research, the Area should be protected and subject to minimal disturbance by human activities with the exception of occasional monitoring studies including vegetation, bird populations, geological and geomorphologic studies.

The Republic of Korea has conducted a review of the Management Plan for ASPA No. 171, Narębski Point, as required under Article 6.3 of Annex V of the Protocol on Environmental Protection to the Antarctic Treaty. This review was conducted with reference to Annex V and the *Revised Guide to the Preparation of Management Plans for Antarctic Specially Protected Areas*.

Summary of amendments

A revised Management Plan for ASPA No. 171 is provided at Attachment A. The amendments are summarized as follows:

- Editorial amendments have been made for consistency with the provisions of other ASPA Management Plans and with the *Revised Guide to the Preparation of Management Plans for Antarctic Specially Protected Areas* appended to Resolution 2 (2011).
- Information on preparation of copies of this Management Plan is inserted according to the guide.
- Allowance for scientific research and scientific support activities and prevention of the introduction of non-native species and pathogen were specified
- New information on meteorological data and faunal changes, such as the number of breeding penguins and the list of reported species confirmed through recent monitoring activities, is updated (Section 1 & 6(i)).
- Permission for Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS) is inserted with the *Environmental Guidelines for operation of Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS) in Antarctica (v 1.1)* appended to Resolution 4 (2018) (Section 7(ii)).
- New information for activities for educational or outreach purposes is updated (Section 7(iii)).
- New information on location of field camps for scientific purposes is updated (Section 7(v)).
- Maps (including both captions and graphics) are digitized and improved with detailed boundary and updated information on fauna.

Recommendation

The Republic of Korea recommends that the CEP approves the attached revised Management Plan for ASPA No. 171, Narębski Point, Barton Peninsula, King George Island (Attachment A).





Management Plan for Antarctic Specially Protected Area No. 171

NARĘBSKI POINT, BARTON PENINSULA, KING GEORGE ISLAND

Introduction

Narębski Point is located on the southeast coast of Barton Peninsula, King George Island. The Area is delimited as latitude 62° 13' 40"S - 62° 14' 23"S and longitude 58° 45' 25"W - 58° 47' 00"W, and easily distinguished by mountain peaks on the north and the east boundaries and coastline on the southwest boundary.

The unique topography of the Area gives the outstanding aesthetic beauty with panoramic views, and the Area provides exceptional opportunities for scientific studies of terrestrial biological communities with high diversity and complexity of ecosystem. In particular, the coverage of mosses and lichens is very extensive.

The Area also includes water-shed systems, such as lakes and creeks, where dense microbial and algal mats with complex species assemblages are frequently found. These fresh water resources are essential to the diverse life forms in this Area. The high biodiversity of terrestrial vegetation with complexity of habitats enhance the potential values of the Area to be protected.

Through the Korea Antarctic Research Program, scientists have visited the Area regularly since 1980s in order to study its fauna, flora and geology. In recent years, however, Narębski Point has been frequented by visitors from the nearby stations with purposes other than scientific research, particularly during the reproductive season, and vulnerability to human interference has been increasing. Some studies note that King George Island has the potential for tourism development (ASOC, 2007 & 2008; Peter *et al.*, 2005) and visitors to the King Sejong Station have increased from less than 20 people a year in the late 1980s to over 110 in recent years.

The primary reason for designation of the Area as an Antarctic Specially Protected Area is to protect its ecological, scientific, and aesthetic values from human interference. Long-term protection and monitoring of diverse range of species and assemblages at Narębski Point will contribute to the development of appropriate regional and global conservation strategies for the species and will provide information for comparisons with elsewhere.

The ASPA was designated in 2009 (Measure 13: ASPA No 171 – Narębski Point, Barton Peninsula, King George Island) and the management plan was revised in 2014 (Measure 11) and 2019 (Measure H).

The APSA is described as Domain A (Antarctic Peninsula northern geologic) based on the Environmental Domains Analysis for the Antarctic continent (Resolution 3, 2008), with ASPA No 111, 128, and 151. Moreover, the ASPA sits within Antarctic Conservation Biogeographic Region (ACBR) 3 – North-west Antarctic Peninsula Regions (Resolution 3, 2017).

1. Description of Values to be Protected

The Narębski Point area is designated as an Antarctic Specially Protected Area to protect its outstanding environmental values and to facilitate ongoing and planned scientific research.

The Area provides exceptional opportunities for scientific studies of terrestrial biological communities. Scientific research, including the monitoring of penguin colonies, has been carried out by several countries since the early 1980s. Outcomes of the research revealed the potential value of the Area as a reference site, particularly in relation to global warming and the impacts from human activities.

The most conspicuous vegetal communities are the associations of lichens and the moss turf dominated by *Usnea* spp, *Himantormia lugbris* and *Chorisodontium aciphyllum*. The present flora includes one Antarctic flowering plant species (only two flowering plant species were found as yet in the Antarctica), 51 lichen species, 29 moss species, six liverwort species, and at least one algae species.

Another noticeable feature in the Area is that over 2,800 pairs of Chinstrap Penguins (*Pygoscelis antarcticus*) – the largest number in King George Island – and over 2,300 pairs of Gentoo Penguins (*Pygoscelis papua*) inhabit in the Area (MOE 2018). There are also 16 other bird species. Among them, eight breeding birds include the Brown Skua (*Stercorarius antarcticus lonnbergi*), South Polar Skua (*Stercorarius maccormicki*), Kelp Gull (*Larus dominicanus*), Antarctic Tern (*Sterna vittata*), Wilson's Storm Petrel (*Oceanites oceanicus*), Black-bellied Storm Petrel (*Fregetta tropica*), Snowy Sheathbill (*Chionis albus*), and the Southern Giant Petrel (*Macronectes giganteus*).

The unique topography of the Area, together with the abundance and diversity of fauna and flora, gives the Area an exceptional aesthetic value. Among others, the mountain peaks and the southernmost peaks provide breathtaking panoramic views.

For above reasons, the Area should be protected and subject to minimal disturbance by human activities with the exception of occasional monitoring studies including vegetation, bird populations, geological and geomorphologic studies.

The total area of the Area is 984,951 m².

2. Aims and Objectives

Management of Narębski Point aims to:

Avoid degradation of or substantial risk to the values of the Area by preventing unnecessary human disturbance to the Area;

Allow scientific research that cannot be carried out elsewhere, as well as the continuity of ongoing long term biological studies established in the Area;

Allow other scientific research, scientific support activities and visits for educational and outreach purposes (such as documentary reporting (visual, audio or written) of educational resources or services) provided that such activities are for compelling reasons that cannot be served elsewhere and that will not jeopardize the natural ecological system in that Area;

Allow visits for management purposes in support of the aims of the management plan;

Prevent, to the maximum extent practicable, the introduction of non-native species and pathogen that may endanger or alter the ecosystem of the Area

Protect the Area's aesthetic and scientific values.

3. Management Activities

The following management activities are to be undertaken to protect the values of the Area:

Personnel accessing the site shall be specifically instructed, by their national program (or competent

authority) as to the content of the Management Plan;

Signboard illustrating the location and boundaries, with clear statements of entry restrictions, shall be placed at appropriate locations at the boundaries of the Area (see Map 2);

Copies of this Management Plan shall be made available to all vessels and aircraft visiting the Area and/or operating in the vicinity of the adjacent stations, and all pilots and ship captains operating in the region shall be informed of the location, boundaries and restrictions applying to entry and overflight within the Area;

All signs as well as scientific equipments and markers erected in the Area will be secured and maintained in proper conditions;

The biological condition of the Area will be adequately monitored, including census on penguins and other birds populations;

Any abandoned equipment or materials shall be removed to the maximum extent possible provided doing so does not adversely impact on the environment and the values of the Area;

Visits shall be made as necessary (no less than once every five years) to assess whether the Area continues to serve the purposes for which it was designated and to ensure that maintenance and management measures are adequate;

National Antarctic Programs operating in the region are encouraged to consult with each other and exchange information to ensure that activities in the Area are undertaken in a manner consistent with the aims and objectives of this Management Plan.

4. Period of Designation

Designated for an indefinite period.

5. Maps

Maps 1 to 6 are attached at the end of this management plan as Annex II.

Map 1: Location of Narębski Point in relation to the King George Island and the existing protected areas (ASMA, ASPAs, and HSMs)

Map 2: Boundary of the ASPA No. 171

Map 3: Distribution of bird colonies and seal haul-out sites within the ASPA No. 171

Map 4: Distribution of the plant communities in the ASPA No. 171

Map 5: Geomorphologic details of the ASPA No. 171

Map 6: Access routes to the ASPA No. 171

6. Description of the Area

6(i) Geographical co-ordinates, boundary markers, and natural features

Narębski Point is located on the southeast coast of Barton Peninsula, King George Island, and the Area is delimited as latitude 62° 13' 40"S - 62° 14' 23"S and longitude 58° 45' 25" W - 58° 47' 00" W. Boundaries are delimited by mountain peaks on the north and the east and coastline on the southwest. The southwest boundary can be easily recognized due to its distinguished geomorphology. The Area includes only the terrestrial area, excluding the intertidal zone.

The Area is rich in flora and fauna, of which the abundance of some species is exceptional. The cover of mosses and lichens is very extensive. There are large numbers of Chinstrap and Gentoo Penguins and the breeding areas of eight other birds including the nests of the Southern Giant Petrel. The high diversity in relief and coastal forms, due to the presence of different geologies and a prominent system of fractures, in addition to an extensive and varied vegetation cover, provides unusual scenic diversity in the Antarctic environment.

Climate

Meteorological data for the Area are confined entirely to observations at the King Sejong Station

(1988-2017), about 2 km northwest of Narębski Point. The climate is humid and relatively mild because of a strong maritime effect. The Area has an annual average temperature of -1.8 °C (maximum 10.5°C, minimum -25.6°C), relative humidity of 88.2%, average total precipitation of 526.5 mm, and cloud cover of 6.8 Octas. The mean wind velocity is 8.0 m/s (51.9 m/s at the greatest), predominantly from the northwest and east throughout the year. The occurrence of blizzards from 1988 to 2017 was 22.9 (average total duration time 271.6 hours).

Geology

The lowermost lithostratigraphic unit in Barton peninsula is the Sejong formation (Yoo *et al.*, 2001), formally regarded as a lower volcanic member. The Sejong formation is distributed in the southern and southeastern cliffs of Barton Peninsula (Lee *et al.*, 2002). It is largely composed of volcanoclastic constituents gently dipping to the south and southwest. Mafic to intermediated volcanic lavas overlying the Sejong formation are widespread in Barton Peninsula, including the Area. They are mostly plagioclase-phyric or plagioclase- and clinopyroxene-phyric basaltic andesite to andesite with rare massive andesite. Some thick-bedded lapilli tuffs are intercalated with the lava flows. Mafic dikes, Narębski Point being one of them, cut the Sejong formation along the southern coast of the peninsula. Soils of the peninsula are subdivided into four suites based on bedrock type, namely those on granodiorite, basaltic andesite, lapilli tuff, and the Sejong formation (Lee *et al.*, 2004). Soils are generally poor in organic materials and nutrients, except for those near seabird colonies.

Penguins

Breeding colonies of Chinstrap Penguins (*Pygoscelis antarcticus*) and Gentoo Penguins (*Pygoscelis papua*) are distributed on rocky inclines and hill crests of Narębski Point.

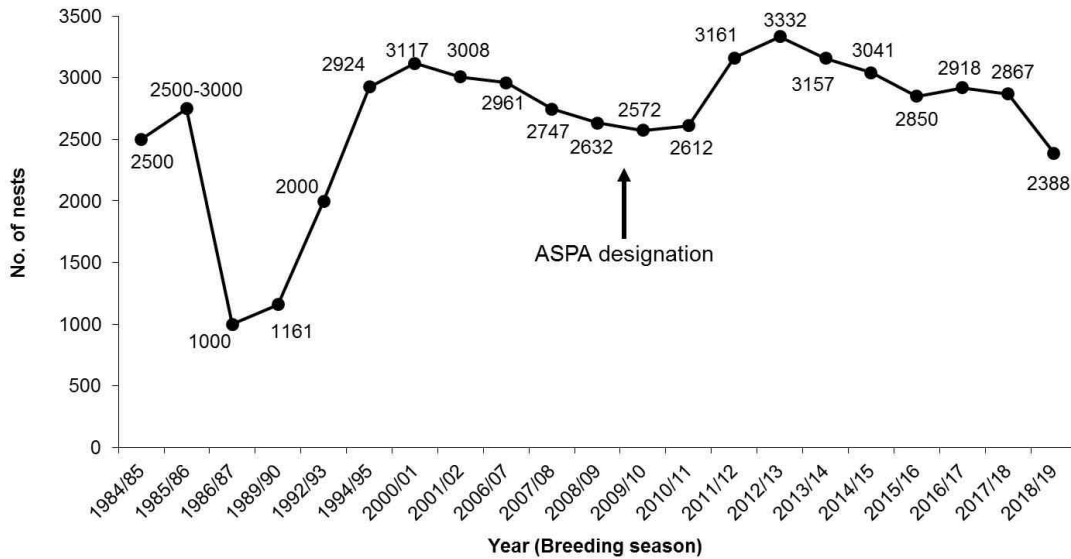
The Chinstrap Penguin is the most abundant breeding species at the site, with a total of 2,388 nests observed in 2018/19 (Figure 1A). Chinstrap Penguins begin to lay eggs in early November and incubate for 32-43 days, and the peak seasons of laying and hatching are estimated to be mid-November and mid-December, respectively (Kim, 2002). The maximum number of breeding Chinstrap Penguins was estimated at 3,332 nests in 2012/13 (MOE, 2013). Breeding nests of Chinstrap Penguins have maintained its population between 2,300 and 3,300 nests from 1994/95 to 2018/19 (see Figure 1A).

Breeding nests of Gentoo Penguins have increased steadily from 500 nests, since 1984/85. A total of 2,224 nests of Gentoo Penguins were counted in 2018/19 (see Figure 1B). Gentoo Penguins start to lay eggs during mid-October, with the peak season occurring in late October. They incubate for 33-40 days and hatch in early December (Kim, 2002).

Other birds

There are eight more nesting bird species in the Area along with two penguin species: the Brown Skua (*Stercorarius antarcticus lonnbergi*), South Polar Skua (*Stercorarius maccormicki*), Kelp Gull (*Larus dominicanus*), Antarctic Tern (*Sterna vittata*), Southern Giant Petrel (*Macronectes giganteus*), Wilson's Storm Petrel (*Oceanites oceanicus*), Black-bellied Storm Petrel (*Fregetta tropica*), and Snowy Sheathbill (*Chionis albus*). In addition, eight non-breeding bird species have been recorded in the Area, including the Adélie Penguin (*Pygoscelis adeliae*), Macaroni Penguin (*Eudyptes chrysolophus*), Antarctic Shag (*Leucocarbo bransfieldensis*), Arctic Tern (*Sterna paradisaea*), Cape Petrel (*Daption capense*), Antarctic Petrel (*Thalassoica antarctica*), Snow Petrel (*Pagodroma nivea*), and Southern Fulmar (*Fulmarus glacialisoides*). A summary of the estimated number of nests by species is presented in Table 1.

(A)



(B)

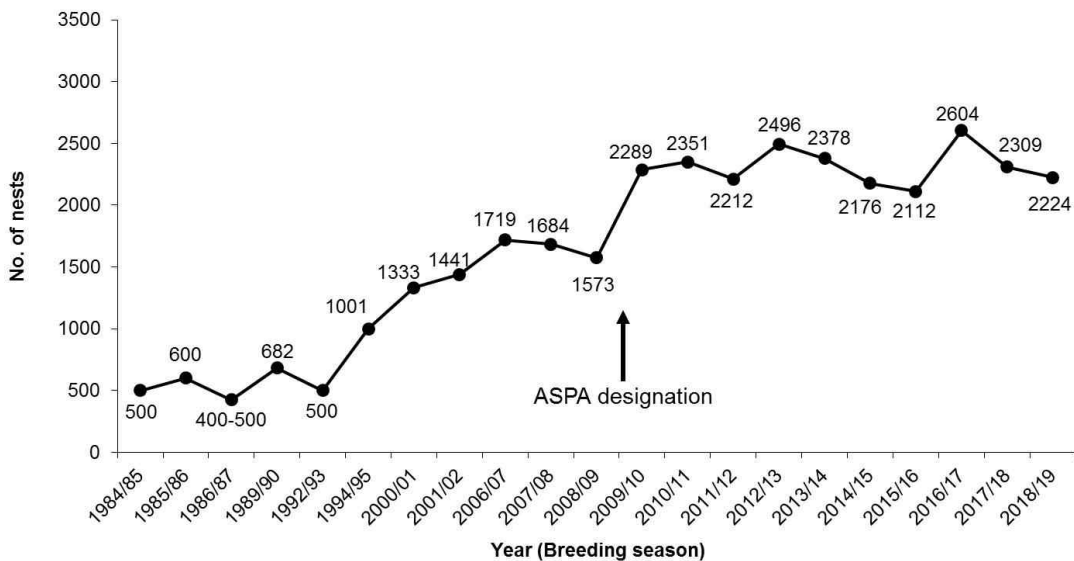


Figure 1. Breeding populations of (A) Chinstrap Penguins and (B) Gentoo Penguins at the Narębski Point (Peter *et al.*, 1986; Rauschert *et al.*, 1987; Mönke & Bick, 1988; Yoon, 1990; MOST, 1993; MAF, 1997; Kim, 2002; MOE, 2007; MOE, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018)

Brown Skuas and South Polar Skuas prey on penguin eggs and chicks, and some pairs of skuas occupy penguin sub-colonies as feeding territory during breeding season (Trivelpiece *et al.*, 1980; Hagelin and Miller, 1997; Pezzo *et al.*, 2001; Hahn and Peter, 2003). South Polar Skuas nesting in the Area do not depend on penguin eggs and chicks for their chick-rearing. On the contrary, during the 2018/19 season, all Brown Skua pairs (5 pairs) breeding in this Area were observed to occupy their own feeding territory in penguin sub-colonies and defend them.

Number of breeding pairs of Snowy Sheathbill near penguin rookery increased to five in Narębski Point in 2018/2019. Snowy Sheathbills are omnivores and forage for food around the breeding colonies of seabirds. They feed on penguin faeces, eggs, and dead chicks, and also steal krill from penguins at the site.

Table 1. Estimated number of nests, by species (2006/07, 2013/14, 2018/2019)

Species		Number of nests		
		2006/2007	2013/2014	2018/2019
Gentoo Penguin	<i>Pygoscelis papua</i>	1,719	2,378	2,224
Chinstrap Penguin	<i>Pygoscelis antarcticus</i>	2,961	3,157	2,388
Brown Skua	<i>Stercorarius antarcticus lonnbergi</i>	4	7	5
South Polar Skua	<i>Stercorarius maccormicki</i>	27	-	7
Kelp Gull	<i>Larus dominicanus</i>	6	-	-
Antarctic Tern	<i>Sterna vittata</i>	41	-	4
Southern Giant Petrel	<i>Macronectes giganteus</i>	9	5	15
Wilson's Storm Petrel	<i>Oceanites oceanicus</i>	19	>10	>7
Snowy Sheathbill	<i>Chionis albus</i>	2	2	5

Vegetation

Most of the ice-free areas of Barton Peninsula are covered by relatively rich vegetation, dominated by cryptogamic species. The cover of mosses and lichens is very extensive within the Area. The most conspicuous vegetal communities are the associations of dominant lichens *Usnea-Himantormia* and the moss turf dominated by *Sanionia-Chorisodontium*. The algal community is dominated by the green fresh water alga *Prasiola crispa*, which is established around penguin colonies. The present flora includes one Antarctic flowering plant species, 51 lichen species, 29 moss species, six liverwort species, and one algae species. In the case of algae, only the species forming macroscopically detectable stands were recorded. No information on cyanobacteria and mycobiota occurring in this Area is available, as studies have not been undertaken. The detailed vegetation list is shown in Annex I.

극지연구소

Human activities / impacts

Two permanent scientific stations are located at nearby Narębski Point. The King Sejong Station (62°13'S, 58°47'W; Republic of Korea), established in 1988, and the Carlini Station (62°14'S, 58°40'W; Argentina), established in 1953, operate year-round activities.

6(ii) Access to the area

Access to the Area is possible on foot along the coast or by small boat without anchoring. The access routes and the landing site are shown in Map 6. Vehicle traffic of any type is not permitted inside the Area. Access restrictions apply within the Area, the specific conditions for which are set out in Section 7(ii) below.

6(iii) Location of structures within and adjacent to the Area

Only one refuge facility is located at the southeastern coast in the Area. The King Sejong Station (Republic of Korea, 62°13'S, 58°47'W; Map 2), which is located 2 km to the northwest of Narębski Point, is the closest major facility and the Carlini Station (Argentina) is located 5 km to the southeast of Narębski Point.

6(iv) Location of other protected areas in the vicinity

ASMA No. 1, Admiralty Bay, King George Island, South Shetland islands lies about 8 km

northeast.

ASPA No. 125, Fildes Peninsula, King George Island, South Shetland islands lies about 11 km west.

ASPA No. 128, Western Shore of Admiralty Bay, King George Island, South Shetland islands lies about 17 km east.

ASPA No. 132, Potter Peninsula, King George Island, South Shetland islands lies about 5 km east.

ASPA No. 133, Harmony Point, Nelson Island, South Shetland islands lies about 25 km southwest.

ASPA No. 150, Ardley Island, King George Island, South Shetland islands lies about 9 km to the west.

ASPA No. 151, Lions Rump, King George Island, South Shetland islands lies about 35km northeast.

HSM No. 36, Replica of a metal plaque erected by Eduard Dallmann at Potter Cove, King George Island, lies about 5 km east.

HSM No. 50, Plaque to commemorate the research vessel Professor Siedlecki which landed in February 1976, Fildes Peninsula, King George Island lies about 10 km west.

HSM No. 51, Grave of W. Puchalski, an artist and a producer of documentary films, who died on 19 January 1979, lies about 18 km northeast.

HSM No. 52, Monument erected to commemorate the establishment on 20 February 1985 of Great Wall Station (China), Fildes Peninsula, King George Island lies about 10 km west.

HSM No. 82, Plaque at the foot of the monument commemorating the Signatories to the Antarctic Treaty and successive IPYs, lies about 12 km west.

HSM No. 86, No.1 Building at Great Wall Station, lies about 10 km west.

6(v) Special zones within the Area

There are no special zones within the Area.

7. Terms and conditions for entry permits

7(i) General permit conditions

Entry into the Area is prohibited except in accordance with a permit issued by appropriate national authorities as designated under Article 7 of Annex V of the Protocol on Environmental Protection to the Antarctic Treaty.

Conditions for issuing a permit to enter the Area are that:

It is issued only for scientific study of the ecosystem, or for compelling scientific or educational (such as documentary reporting or the production of educational resources or services) reasons that cannot be served elsewhere, or for reasons essential to the management of the Area;

The actions permitted will not jeopardize the natural ecological system of the Area;

The actions permitted are in accordance with this Management Plan;

Any management activities are in support of the objectives of the Management Plan;

The permit, or an authorized copy, must be carried within the Area;

Permits shall be valid for a stated period and identify the competent authority.

7(ii) Access to, and movements within or over, the Area

Access to the Area is possible on foot along the coast or by small boat without anchoring. The access routes and the landing site are shown in Map 6.

Pedestrian movements should be kept with caution so as to minimize disturbance to flora and fauna, and should walk on snow or rocky terrain if practical, but taking care not to damage lichens.

Vehicle traffic of any type is not permitted inside the Area.

The operation of aircraft over the Area will be carried out, as a minimum requirement, in compliance with Resolution 2 (2004), “Guidelines for the Operation of Aircraft near Concentrations of Birds”. As a general rule, no aircraft should fly over the ASPA at less than 610 meters (2000 ft), except in cases of emergency or aircraft security. Over flights, however, should be avoided.

Overflight of bird colonies within the Area by Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS) shall not be permitted unless for scientific or operational purposes in compliance with Resolution 4 (2018), and in accordance with a permit issued by an appropriate national authority.

7(iii) Activities which may be conducted within the Area;

Activities which may be conducted within the Area shall not jeopardize ecological, scientific and aesthetic values of the Area. Activities which may be conducted within the Area include:

Compelling scientific research which cannot be undertaken elsewhere;

Essential management activities, including monitoring;

Constraints may be placed on the use of motor-driven tools and any activity likely to generate noise and thereby cause disturbances to nesting birds during the breeding period (from October 1 to March 31);

Activities for educational or outreach purposes (such as documentary reporting (e.g. visual, audio or written) or the production of educational resources or services) that cannot be served elsewhere;

Sampling, which should be the minimum required for approved research programmes.

7(iv) Installation, modification, or removal of structures

No structures will be built and no equipment installed within the Area, with the exception of scientific or management activities, as specified in the permit.

Any scientific equipment installed in the Area should be approved by a permit and clearly identify the permitting country, name of the principal investigator, and the year of installation and date of expected removal. All the equipment should pose a minimum risk of pollution to the Area or a minimum risk of causing disturbances to the flora or to the fauna.

Signs of investigation should not remain after the permit expires. If a specific project cannot be finished within the allowed time period, an extension should be sought that authorizes the continued presence of any object in the Area.

7(v) Location of field camps

The use of the refuge facility located on the shore near the eastern boundary of the Area is strongly encouraged in emergency (see Map 2).

For scientific purposes, temporary camping is permitted within the Area in accordance with a permit. There are no specific restrictions on the precise locality for temporary camp sites within the Area, although it is recommended that initial sites selected should be away from breeding

bird nests.

7(vi) Restriction on material and organisms which may be brought into the Area

In addition to the requirements of the Protocol on Environmental Protection to the Antarctic Treaty, restrictions on materials and organisms which may be brought into the Area are:

No living animals or plant material shall be deliberately introduced into the Area.

No uncooked poultry products or fresh fruit and vegetables are to be taken into the Area.

To minimize the risk of microbial or vegetation introductions from soils at other Antarctic sites, including the station, or from regions outside Antarctica, footwear and any equipment (particularly sampling equipment and markers) to be used in the Area shall be thoroughly cleaned before entering the Area.

No herbicides or pesticides shall be introduced into the Area. Any other chemical product, which shall be introduced with the corresponding permit, shall be removed from the Area upon conclusion of the activity for which the permit was granted. The use and type of chemical products should be documented, as clearly as possible, for the knowledge of other researchers.

Fuel, food, and other material are not to be stored in the Area, unless required for essential purposes connected with the activity for which the permit has been granted, provided it is securely stored so that wildlife cannot have access to it.

To ensure that ecological values of the Area are maintained, special precautions shall be taken against accidentally introducing microbes, invertebrates or plants from other Antarctic sites, including stations, or from regions outside Antarctica.

Further guidance can be found in the *CEP Non-native species manual* (CEP, 2017) and *SCAR's Environmental Code of Conduct for Terrestrial Scientific Field Research in Antarctica* (Resolution 5, 2018).

7(vii) Taking of, or harmful interference with, native flora and fauna

Any taking or harmful interference, except in accordance with a permit, is prohibited and should be consistent with the *SCAR Code of Conduct for the use of Animals for Scientific Purposes in Antarctica* (ATCM XXXIV and CEP XIV, 2011) as a minimum requirement.

Information on taking or harmful interference will be exchanged through the System of Information Exchange of the Antarctic Treaty.–

7(viii) The collection or removal of materials not brought into the Area by the permit holder

Collection or removal of materials from the Area may be only in accordance with a permit and should be limited to the minimum necessary to meet scientific or management needs.

Anything of human origin likely to compromise the values of the Area, which were not brought into the Area by the permit holder or otherwise authorized, may be removed unless the impact of removal is likely to be greater than leaving the material *in situ*: if this is the case, the appropriate authority should be notified.

7(ix) Disposal of waste

All wastes, including all human wastes, shall be removed from the Area.

7(x) Measures that may be necessary to continue to meet the aims of the Management Plan

Permits may be granted to enter the Area to:

carry out biological monitoring and Area inspection activities, which may involve the collection of a small number of samples for scientific analysis or review;

install or maintain signboards, markers, structures or scientific equipment;

carry out protective measures.

Any long-term monitoring sites shall be appropriately marked and the markers or signs maintained.

7(xi) Requirements for reports

The principal permit holder for each issued permit shall submit a report of activities undertaken in the Area.

Such reports should include, as appropriate, the information identified in the visit report form contained in the *Revised Guide to the Preparation of Management Plans for Antarctic Specially Protected Areas* (Resolution 2, 2011).

This report shall be submitted to the authority named in the permit as soon as practicable, but not later than 6 months after the visit has taken place.

Records of such reports should be stored indefinitely and made accessible to any interested Party, SCAR, CCAMLR, and COMNAP if requested, so as to provide necessary information of human activities in the Area to ensure adequate management of the Area.

The appropriate authority should be notified of any activities / measures undertaken, and / or of any materials released and not removed, that were not included in the authorized permit.

8. Supporting documentation

Aguirre, C.A. & Acero, J.M. (1995) Distribution and abundance of birds in the Errera Channel, Antarctic Peninsula during the 1992/93 breeding season. *Mar. Ornithol.* 23, 129-134.

ASOC (2007) Implementing the Madrid Protocol: A case study of Fildes Peninsula, King George Island, XXX ATCM/IP136.

ASOC (2008) Some land-based facilities used to support/manage Antarctic tourism in King George Island, XXXI ATCM/IP41.

Bednarek-Ochyra, H., Vana, R. & Lewis-Smith, R.I. (2000) The liverwort flora of Antarctica. Polish Academy of Sciences, Institute of Botany, Cracow.

Chang, S.K. (2004) Preliminary report on the ecology of the penguins observed in the cold years and a less cold year in the vicinity of King Sejong Station, King George Island off the Antarctic Peninsula. In: Annual report of environmental monitoring on human impacts at the King Sejong Station, Antarctica. KORDI, ECPP 03 102.

Esponda, C.M.G. Coria, N.R. & Montalti, D. (2000) Breeding birds at Halfmoon Island, South Shetland Islands, Antarctica, 1995/96. *Mar. Ornithol.* 28, 59-62.

Hagelin, J.C., and Miller, G.D. (1997) Nest-site selection in South polar skuas: Balancing nest safety and access to resources. *Auk* 114, 638-546.

Hahn, S., Peter, H-U., Quillfeldt, P. & Reinhardt, K. (1998) The birds of the Potter Peninsula, King George Island, South Shetland, Antarctica, 1965–1998, *Mar. Ornithol.* 26, 1-6.

Jablonski, B. (1984) Distribution and number of penguins in the region of King George Island, South Shetland Islands in the breeding season 1980/81. *Polish Polar Research* 5, 17-30.

Kim, D. (2002) Effect of variation in food supply on reproduction in Gentoo (*Pygoscelis papua*) and Chinstrap penguins (*P. antarctica*). p.195-222. In: Annual report of environmental monitoring on human impacts at the King Sejong Station, Antarctica. KORDI EC PP 01 001-B2.

Kim, J.H. Ahn, I.Y., Lee, K.S., Chung, H. & Choi, H.-G. (2007) Vegetation of Barton Peninsula in the neighbourhood of King Sejong Station (King George Island, Maritime Antarctic). *Polar Biol.* 30, 903-916.

Kim J.-H., Chung, H., Kim, J.H., Yoo, J.C. & Ahn, I.Y. (2005) Nest distribution of skuas on Barton and Weaver peninsulas of the King George Island, the Antarctic. *Ocean and Polar Research* 27(4), 443-450.

Lee, J.I., Hur, S.D., Yoo, C.M., Ueo, J.P., Kim, H., Hwang J., Choe, M.Y., Nam, S.H., Kim, Y., Park, B-K., Zheng X. & López- Martínez, J. (2002) Explanatory text of the geological map of Barton and Weaver Peninsulas, King George Island, Antarctica. Korea Ocean Research and Development Institute.

Lee YI, Lim HS & Yoon HI (2004) Geochemistry of soils of King George Island, South Shetland Islands, West Antarctica: implication for pedogenesis in cold polar regions. *Geochim Cosmochim Acta* 68, 4319–4333.

- Lewis-Smith, R.I. and Poncet, S. (1985) New southernmost record for Antarctic flowering plants. *Polar Record* 22, 425-427.
- López- Martínez, J., Serrano, E. & Lee, J.I. (2002) Geomorphological map of Barton and Weaver Peninsulas, King George Island, Antarctica. Korea Ocean Research and Development Institute.
- Lumper, P., and Weidinger, K. (2000) Distribution, numbers and breeding of birds at the Northern Ice-free areas of Nelson Island, South Shetland Islands, 1990–1992. *Mar. Ornithol.* 28, 41-56.
- Ministry of Environment (MOE) (2007) The fundamental study for designation of Antarctic Specially Protected Area. BSPN07030-71-3.
- Ministry of Environment (MOE) (2011) Management of and monitoring on Antarctic Specially Protected Area. Ministry of Environment.
- Ministry of Environment (MOE) (2012) Management of and monitoring on Antarctic Specially Protected Area (II). Ministry of Environment.
- Ministry of Environment (MOE) (2013) Management of and monitoring on Antarctic Specially Protected Area (III). Ministry of Environment.
- Ministry of Environment (MOE) (2014) Development of Environmental Monitoring Techniques of Antarctic Specially Protected Area. Ministry of Environment.
- Ministry of Environment (MOE) (2015) Development of Environmental Monitoring Techniques of Antarctic Specially Protected Area (II). Ministry of Environment.
- Ministry of Environment (MOE) (2016) Development of Environmental Monitoring Techniques of Antarctic Specially Protected Area (III). Ministry of Environment.
- Ministry of Environment (MOE) (2017) Development of Environmental Monitoring Techniques of Antarctic Specially Protected Area (IV). Ministry of Environment.
- Ministry of Environment (MOE) (2018) Development of Environmental Monitoring Techniques of Antarctic Specially Protected Area (V). Ministry of Environment.
- Ministry of Maritime Affairs and Fisheries (MAF) (1997) Overwintering Report of the 8th Korea Antarctic Research Program at King Sejong Station (November 1994-December 1995). BSE 520001-982-7.
- Ministry of Science and Technology (MOST) (1989) A study on Natural Environment in the area around the Korea Antarctic Station, King George Island (II). BSPG00081-246-7.
- Ministry of Science and Technology (MOST) (1992) The Research on Natural Environments and Resources of Antarctica. BSPG 00169-5-485-7.
- Ministry of Science and Technology (MOST) (1993) Overwintering Report of the 4th Korea Antarctic Research Program at King Sejong Station (December 1991-December 1992). BSPN 00221-1-678-7.
- Mönke, R. & Bick, A. (1988) Fachlicher Bericht über die Teilnahme der DDRBiologengruppe an der 31. Sowjetischen Antarktisexpedition (SAE), Station "Bellingshausen", King-George-Island (Südshetland Inseln/Antarktis), Berlin, Potsdam.
- Ochyra, R. (1998) The moss flora of King George Island Antarctica. Polish Academy of Sciences, W. Szafer Institute of Botany, Cracow.
- Øvstedal, D.O. & Lewis-Smith, R.I. (2001) Lichens of Antarctica and South Georgia: a guide to their identification and ecology. Cambridge University Press, Cambridge, P. 411.
- Peter, H.-U., Kaiser, M. & Gebauer, A. (1986) Reisebericht - Teil 2, Wissenschaftliche Ergebnisse der Teilnahme an der 29. Sowjetischen Antarktisexpedition Überwinterungsgruppe, Station Bellingshausen 21.11.1983-18.05.1985, Berlin, Potsdam.
- Peter, H.-U., Busser, C., Mustafa, O & Pfeiffer, S. (2005) Preliminary Results of the Research Project "Risk assessment for the Fildes Peninsula and Ardley Island and the development management plans for designation as ASMA (unpublished survey results presented at the Fildes meeting at INACH).
- Pezzo, F., Olmastroni, S., Corsolini, S., & Focardi, S. (2001) Factors affecting the breeding success of the south polar skua *Catharacta maccormicki* at Edmonson Point, Victoria Land, Antarctica. *Polar Biol* 24, 389-393.
- Rauschert, M., Zippel, D. & Gruner, M. (1987) Reisebericht Teil 2. Fachlicher Bericht über die Teilnahme der Biologengruppe der DDR an der 30. Sowjetischen Antarktisexpedition (SAE), Station "Bellingshausen", King George Island (Südshetlandinseln/Antarktis), unveröffentl. Ber. Berlin, Potsdam.
- Schroeter, B., Kappen, L. Green, T.G.A. & Seppelt, R.D. (1997) Lichens and the Antarctic

- environment: effect of temperature and water availability on photosynthesis. In Ecosystem processes in Antarctic ice-free landscapes, ed. W.B. Lyons, C. Howard-Williams & I. Hawes, pp. 103-117. Rotterdam, Balkema.
- Shuford, W.D. & Spear, L.B. (1988) Survey of Breeding Penguins and other seabirds in the South Shetland Islands, Antarctica, January-February 1987. NOAA Technical Memorandum NMFS-F/NEC-59.
- Takahashi, A., Kokubun N., Mori, Y. & Shin, H-C. (2008) Krill-feeding behaviour of gentoo penguins as shown by animal-borne camera loggers. *Polar Biol.* 31, 1291-1294.
- Trivelpiece, W, Butler, R.G. & Volkman, N.J. (1980) Feeding territories of brown skuas (*Catharacta lonnbergi*). *Auk* 97, 669-676.
- Trivelpiece, W.Z., Trivelpiece, S.G. & Volkman, N.J. (1987) Ecological segregation of adélie, gentoo, Chinstrap penguins at King George Island, Antarctica. *Ecology* 68, 351-361.
- Yoon, M.B. (1990) Observation of birds around King Sejong Station during 1989/90 austral summer. In A study on Natural Environment in the Area Around the Korean Antarctic Station, King George Island (III). pp.433-459. MOST BSPG-00111-317-7.
- Yoo, C.M., Choe, M.Y., Jo, H.R., Kim, Y. & Kim, K.H. (2001) Volcaniclastic sedimentation of the Sejong Formation (Late Paleocene-Eocene), Barton Peninsula, King George Island, Antarctica. *Ocean and Polar Research*, 23, 97-107.
- Vaughan, D.G., Marshall, G.J., Connolley, W.M., King, J.C. & Mulvaney, R. (2001) Devil in the detail. *Science* 293, 1777-1779.



ANNEX I. List of flora in the Site

Taxa

Lichens

Acrospora austroshetlandica (C.W. Dodge) Øvstedal
Bryoria sp.
Buellia anisomera Vain.
Buellia russa (Hue) Darb.
Caloplaca lucens (Nyl.) Zahlbr.
Caloplaca sublobulata (Nyl.) Zahlbr.
Cetraria aculeata (Schreb.) Fr.
Cladonia borealis S. Stenroos
Cladonia chlorophaea (Flörke ex Sommerf.) Spreng.
Cladonia furcata (Huds.) Schaer.
Cladonia gracilis (L.) Willd.
Cladonia merochlorophaea var *novochlorophaea* Sipman
Cladonia pleurota (Flörke) Schaer.
Cladonia pyxidata (L.) Hoffm.
Cladonia scabriuscula (Delise) Nyl.
Haematomma erythromma (Nyl.) Zahlbr.
Himantornia lugubris (Hue.) I. M. Lamb
Huea coralligera (Hue) C. W. Dodge & G. E. Baker
Lecania brialmontii (Vain.) Zahlbr.
Lecania gerlachei (Vain.) Darb.
Lecanora polytropa (Hoffm.) Rabenh.
Lecidea cancriformis C.W. Dodge and G.E. Baker
Lecidella carpathica Körb.
Massalongia carnosa (Dicks.) Körb.
Ochlorenchia frigida (Sw.) Lynge
Pannaria austro-orcadensis Øvstedal
Pertusaria excudens Nyl.
Physcia caesia (Hoffm.) Fürnr.
Physcia dubia (Hoffm.) Lettau
Physconia muscigena (Ach.) Poelt
Placopsis contourtuplicata I. M. Lamb
Porpidia austroshetlandica Hertel
Pseudophebe pubescens (L.) M. Choisy
Psoroma cinnamomeum Malme
Psoroma hypnorum (Vahl) Gray
Ramalina terebrata Hook f, & Taylor
Rhizocarpon geographicum (L.) DC.
Rhizoplaca aspidophora (Vain.) Redón
Rhizoplaca melanophthalma (Ram.) Leuckert & Poelt
Rinodina olivaceobrunnea C.W. Dodge & G. B. Baker
Sphaerophorus globosus (Huds.) Vain.
Stereocaulon alpinum Laurer
Tephromela atra (Huds.) Hafellmer ex Kalb
Tremolecia atrata (Ach.) Hertel
Turgidosculum complicatulum (Nyl.) J. Kohlm. & E. Kohlm
Umbilicaria antarctica Frey & I. M. Lamb
Umbilicaria decussata (Vill.) Zahlbr.
Usnea antarctica Du Rietz
Usnea aurantiaco-atra (Jacq.) Bory
Xanthoria candelaria (L.) Th. Fr.
Xanthoria elegans (Link) Th. Fr.

Mosses

Andreaea depressinervis Cardot
Andreaea gainii Cardot
Andreaea regularis Müll. Hal.
Bartramia patens Brid.
Bryum argenteum Hedw.
Bryum orbiculatifolium Cardot & Broth.
Bryum pseudotriquetrum (Hedw.) C.F. Gaertn. et al.

Ceratodon purpureus (Hedw.) Brid.
Chorisodontium aciphyllum (Hook. f. & Wils.)
Dicranoweisia brevipes (Müll. Hal.) Cardot
Dicranoweisia crispula (Hedw.) Lindb. Ex Milde
Ditrichum hyalinum (Mitt.) Kuntze
Ditrichum lewis-smithii Ochyra
Encalypta rhaptocarpa Schwägr.
Hennediella antarctica (Ångstr.) Ochyra & Matteri
Notoligotrichum trichodon (Hook. f. Wils.) G. L. Sm.
Pohlia drummondii (Müll. Hal.) A. K. Andrews
Pohlia nutans (Hedw.) Lindb.
Pohlia wahlenbergii (Web. & Mohr) A. L. Andrews
Polytrichastrum alpinum (Hedw.) G. L. Sm.
Polytrichum strictum Brid.
Racomitrium sudeticum (Funck) Bruch & Schimp.
Sanionia georgico-uncinata (Müll. Hal.) Ochyra & Hedenäs
Sanionia uncinata (Hedw.) Loeske
Schistidium antarctici (Card.) L. I. Savicz & Smirnova
Syntrichia filaris (Müll. Hal.) Zand.
Syntrichia princeps (De Not.) Mitt.
Syntrichia saxicola (Card.) Zand.
Warnstorfia sarmentosa (Wahlenb.) Hedenäs

Liverworts

Barbilophozia hatcheri (A. Evans) Loeske
Cephalozia badia (Gottsche) Steph.
Cephaloziella varians (Gottsche) Steph.
Herzogobryum teres (Carrington & Pearson) Grolle
Lophozia excisa (Dicks.) Dumort.
Pachyglossa distifidolia Herzog & Grolle

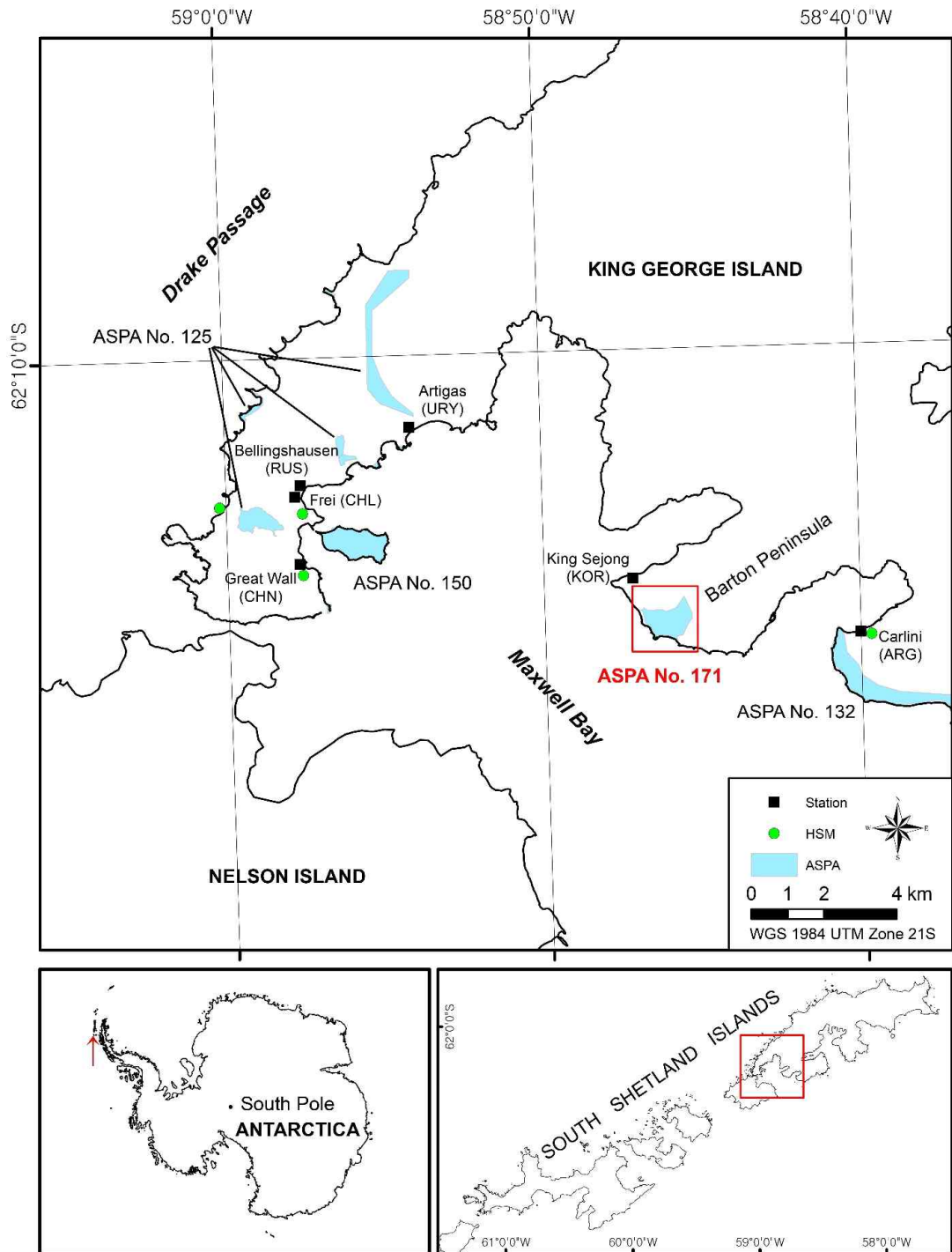
Algae

Prasiola crispa (Ligtf.) Menegh.

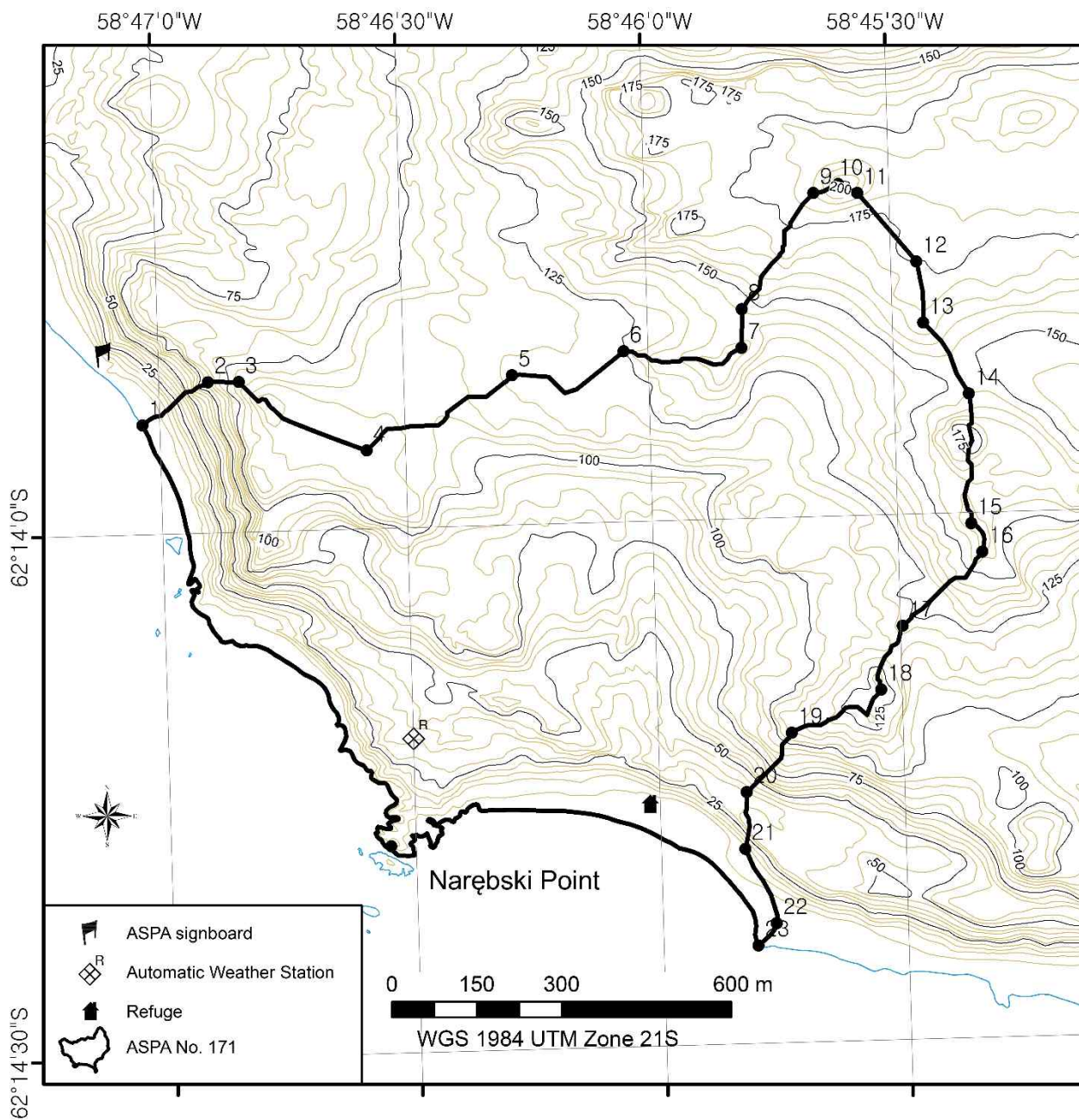
Flowering plant

Deschampsia antarctica Desv.

ANNEX II. Maps

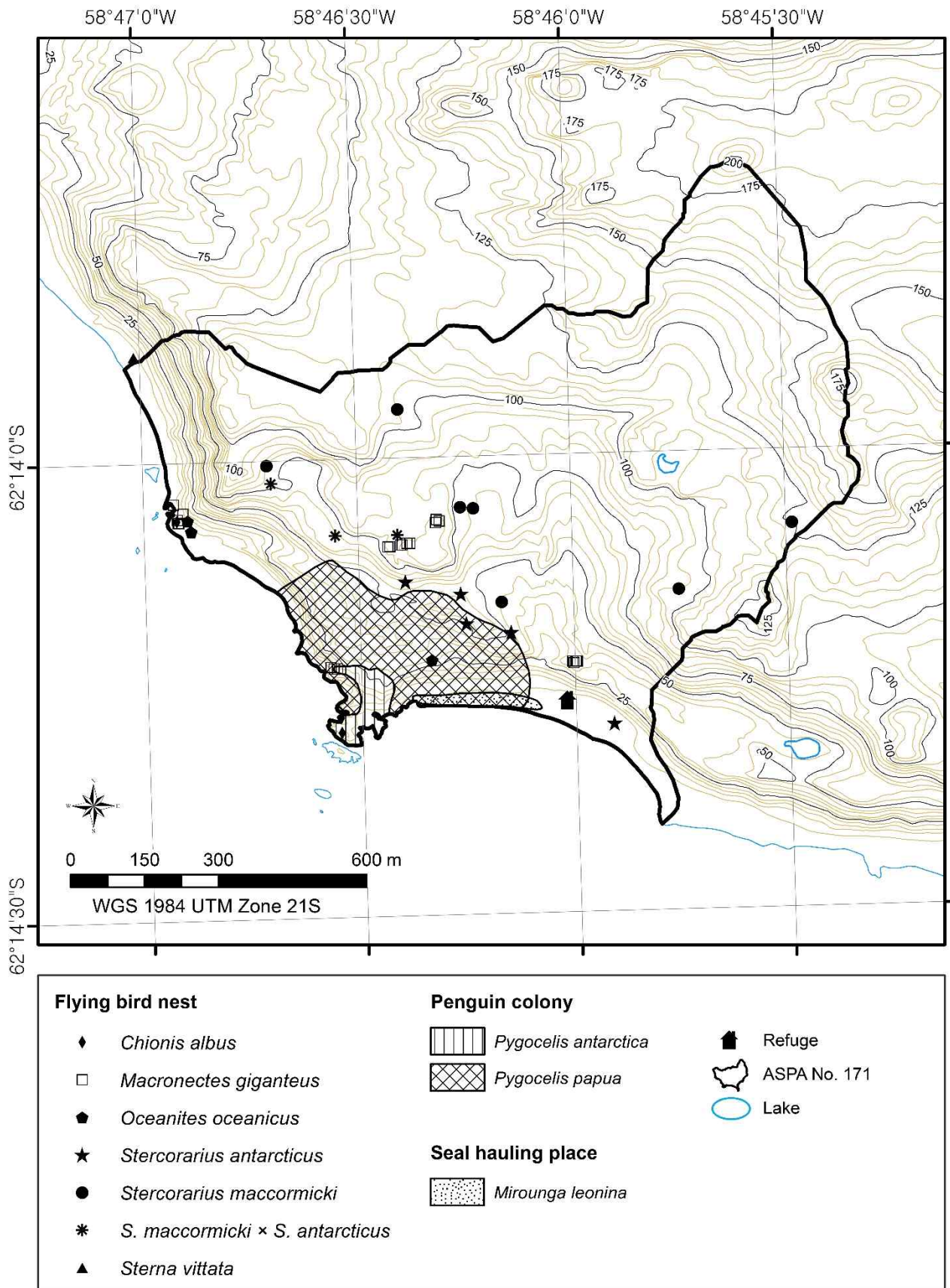


Map 1. Location of Narębski Point (ASPANo. 171) in relation to King George Island and the existing protected areas (ASMA, ASPAs, and HSMs)

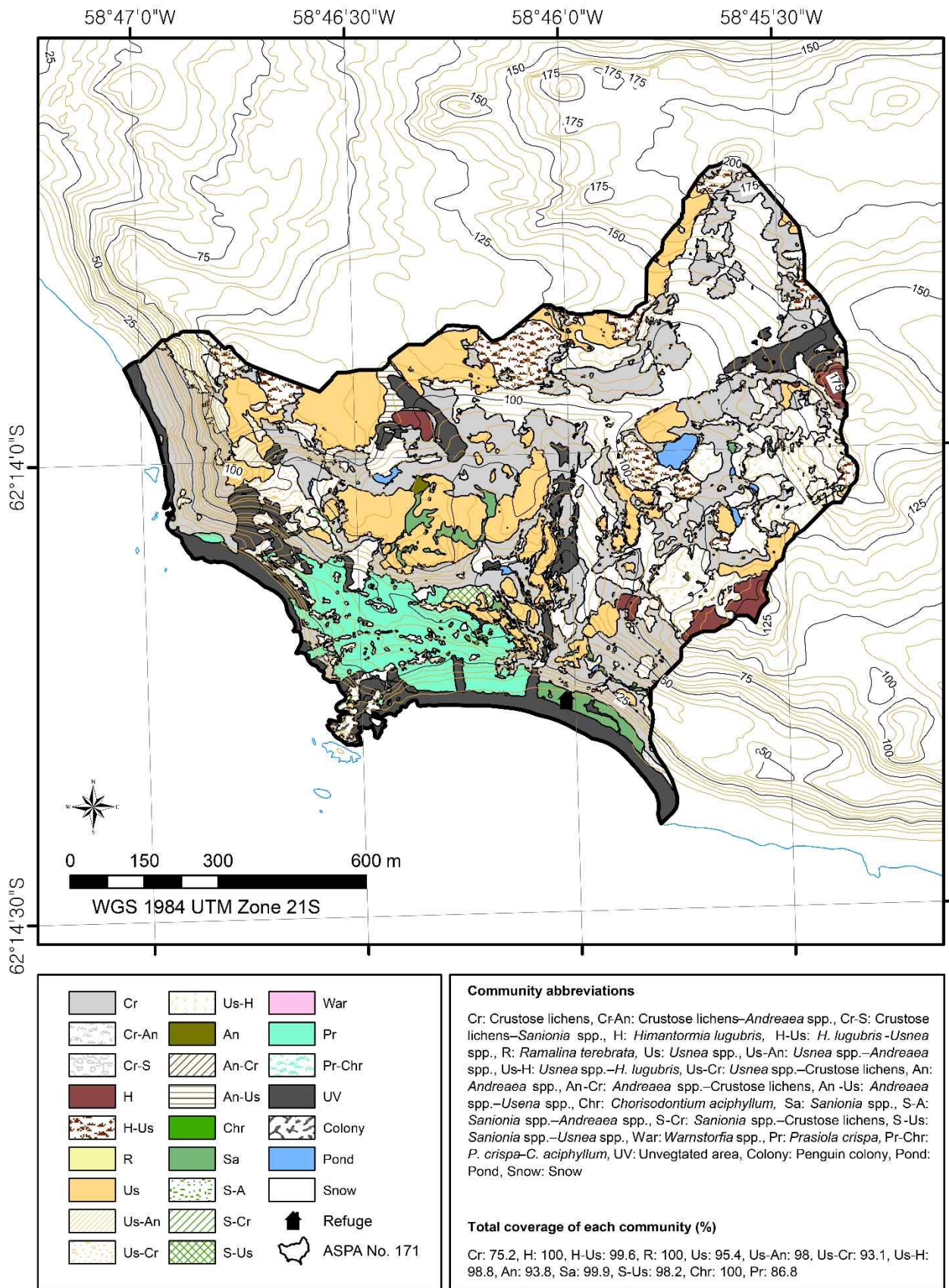


	Latitude	Longitude		Latitude	Longitude
1	62° 13' 53.757" S	58° 47' 02.093" W	13	62° 13' 49.089" S	58° 45' 26.162" W
2	62° 13' 51.395" S	58° 46' 53.906" W	14	62° 13' 53.212" S	58° 45' 20.781" W
3	62° 13' 51.419" S	58° 46' 50.136" W	15	62° 14' 00.629" S	58° 45' 20.934" W
4	62° 13' 55.537" S	58° 46' 34.700" W	16	62° 14' 02.277" S	58° 45' 19.645" W
5	62° 13' 51.459" S	58° 46' 16.650" W	17	62° 14' 06.378" S	58° 45' 29.655" W
6	62° 13' 50.273" S	58° 46' 02.924" W	18	62° 14' 09.993" S	58° 45' 32.489" W
7	62° 13' 50.256" S	58° 45' 48.464" W	19	62° 14' 12.312" S	58° 45' 43.585" W
8	62° 13' 48.041" S	58° 45' 48.312" W	20	62° 14' 15.627" S	58° 45' 49.304" W
9	62° 13' 41.529" S	58° 45' 39.156" W	21	62° 14' 18.883" S	58° 45' 49.666" W
10	62° 13' 41.050" S	58° 45' 36.106" W	22	62° 14' 23.167" S	58° 45' 46.055" W
11	62° 13' 41.592" S	58° 45' 33.772" W	23	62° 14' 24.421" S	58° 45' 48.379" W
12	62° 13' 45.599" S	58° 45' 26.777" W	NP	62° 14' 18.170" S	58° 46' 32.990" W

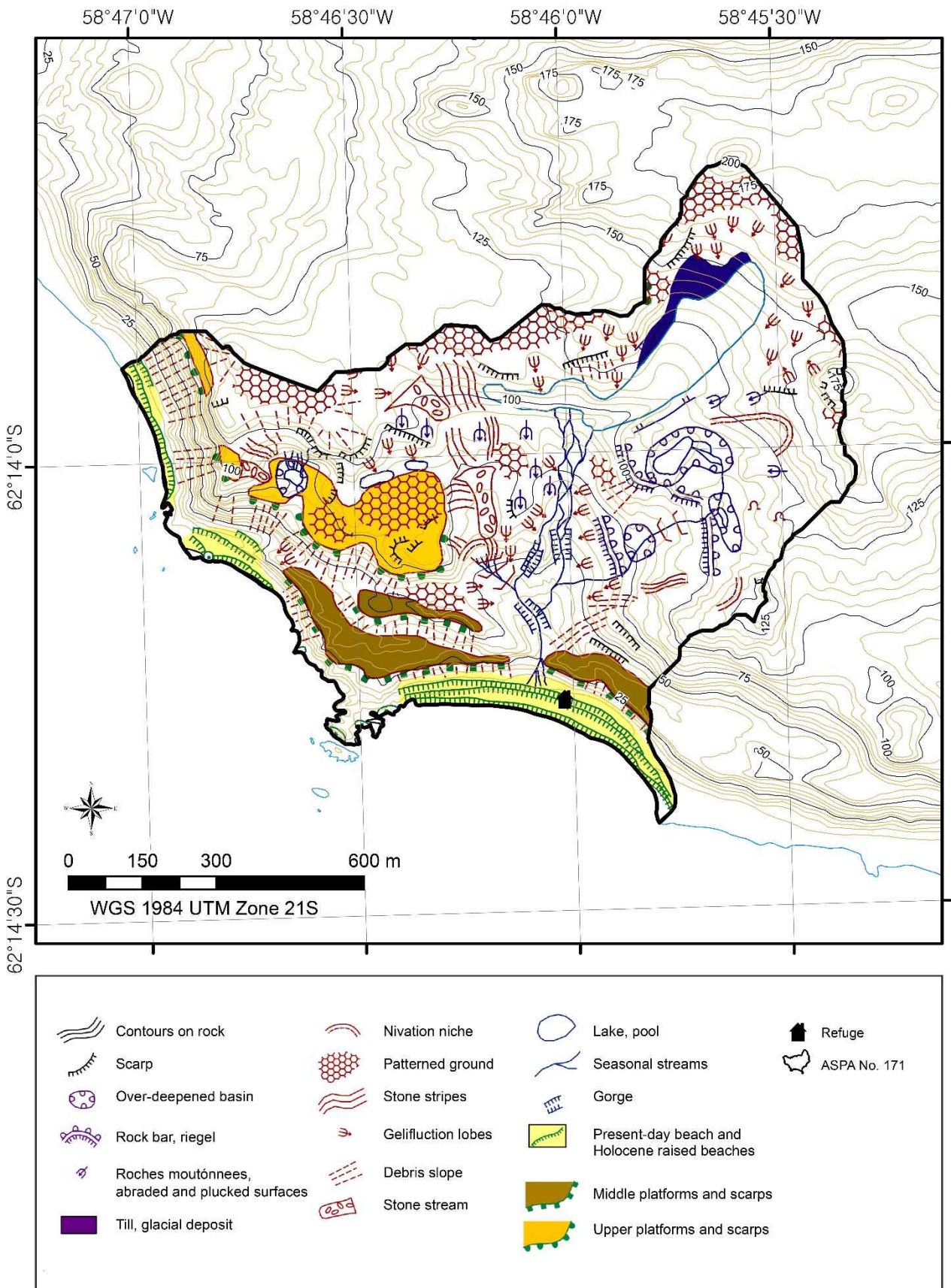
Map 2. Boundary of the ASPA No. 171



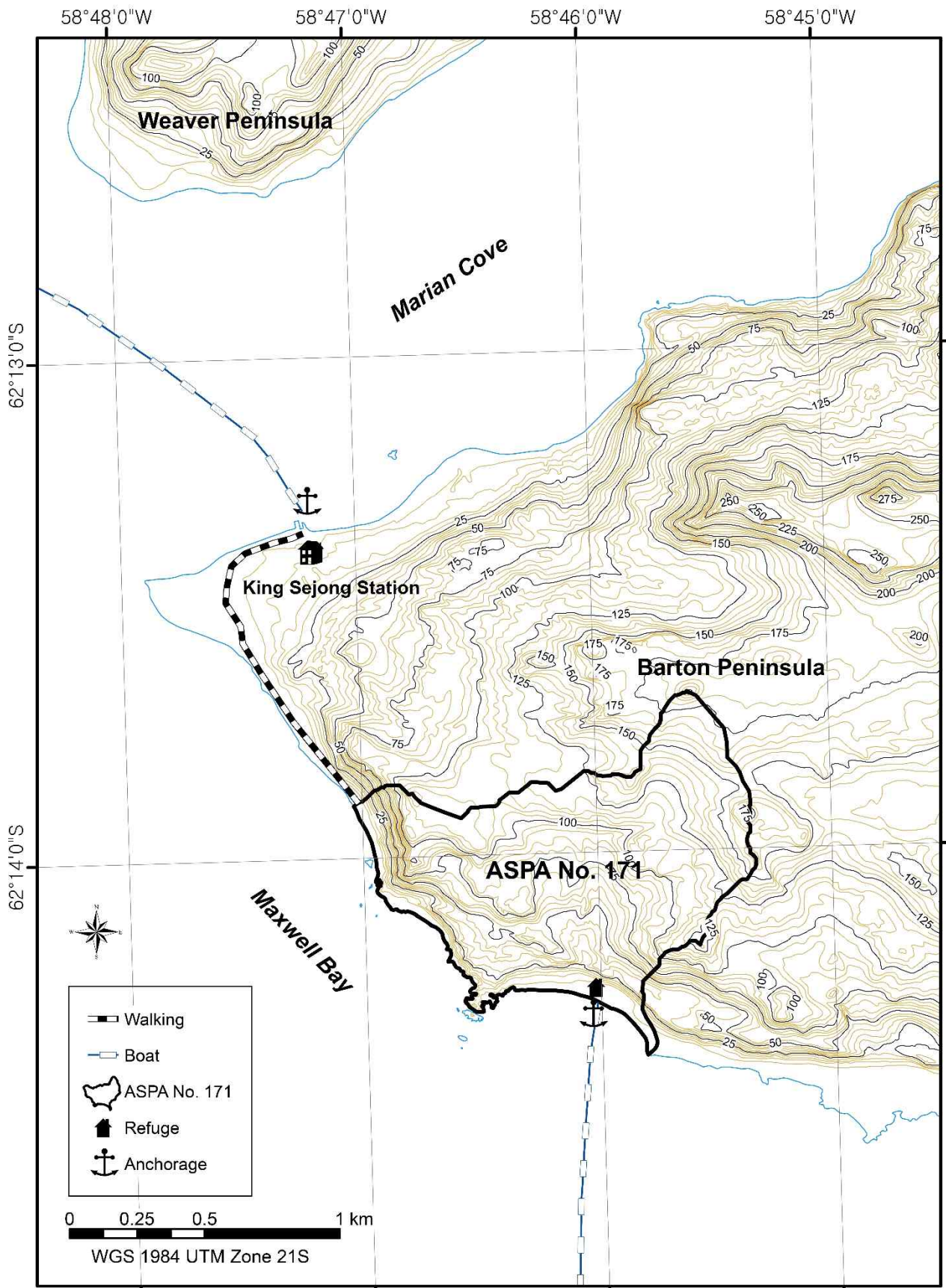
Map 3. Distribution of bird colonies and seal haul-out sites within the ASPA No. 171



Map 4. Distribution of plant communities in the ASPA No. 171



Map 5. Geomorphologic details of the ASPA No. 171



Map 6. Access routes to the ASPA No. 171

남극특별보호구역 No. 171 관리계획서 나레브스키 포인트 (펭귄마을)

Management Plan for Antarctic Specially Protected Area No. 171

NAREBSKI POINT, BARTON PENINSULA, KING GEORGE ISLAND

서론

나레브스키 포인트(Narebski Point)는 킹조지섬(King George Island)의 바톤반도(Barton Peninsula) 남동 해안에 위치하고 있으며, 남위 62°13' 40"~62°14' 23", 서경 58°45' 25"~58°47' 00"에 자리한다. 보호구역의 경계는 북쪽과 동쪽의 산봉우리들과 남서쪽의 해안선으로 쉽게 구분된다.

해당 지역은 독특한 지형으로 인해 경관이 수려하며 육상생태계가 다양하고 복잡하여 육상생물군집을 연구하기에 아주 적합한 곳이다. 특히, 선대류와 지의류가 넓은 지역에 분포하고 있다.

이 지역에는 또한 호수와 개천 등으로 이루어진 집수계(集水界)가 있으며, 이곳에는 다양한 종이 복합적으로 얽혀있는 미생물과 조류(藻類) 집합체가 흔히 발견된다. 이러한 담수자원은 지역 내 다양한 생명체들에 필수적이다. 식생 분포지역의 복잡성과 함께 고도의 생물다양성을 내포하고 있는 육상 식생은 이 지역의 보호 가치를 한층 높여준다.

대한민국 남극연구단의 일원으로, 과학자들은 1980년대부터 이 지역을 정기적으로 방문하여 동식물 및 지질을 연구해왔다. 그러나 최근 수년간 나레브스키 포인트를 과학적 연구 외의 목적으로, 특히 번식기에 인접 기지들로부터의 방문자가 늘고 있으며, 결과적으로 인간의 간섭으로 인한 취약성이 증대되고 있다. 일부 연구에 의하면, 킹조지섬은 관광지로 개발될 잠재성이 있으며(ASOC, 2007, 2008; Peter *et al.*, 2005), 세종기지 방문객들도 1980년대 후반 20명에서 최근 110명 이상으로 증가하였다.

이 지역을 남극특별보호구역으로 지정하고자 하는 주된 이유는 인간의 간섭으로부터 이 지역의 생태학적, 과학적, 미학적 가치를 보호하고자 하는 것이다. 나레브스키 포인트에 서식하고 있는 다양한 생물종과 군집을 지속적으로 보호하고 모니터링 함으로써 적절한 지역적, 세계적 종 보전 전략 수립에 기여하는 한편, 다른 지역들과의 비교연구를 위한 정보도 제공하게 될 것이다.

남극특별보호구역으로 지정된 해는 2009년(Measure 13)이며, 관리계획서는 2014년(Measure 11)과 2019년(Measure H)에 두 차례 개정되었다.

이 지역은 남극대륙 환경구획 구분(Environmental Domains Analysis for the Antarctic continent) (Resolution 3)에 의거해, 인근 보호구역 No. 111, 128, 151과 함께 A구역(Domain A)으로 분류된다. 또한, 이곳은 남극 보존생물지리권역 3 - 북서 남극반도 권역(Antarctic Conservation Biogeographic Region (ACBR) 3 - North-west Antarctic Peninsula Regions)에 속한다(Resolution 3, 2017).

1. 보호대상 가치에 대한 기술

나레브스키 포인트는 이 지역의 뛰어난 환경적 가치를 보호하고, 현재 진행 중이거나 계획 중인 과학 연구를 촉진하기 위해 남극특별보호구역으로 지정되었다.

이 지역은 육상생물군집 연구를 위한 과학적 가치가 매우 높은 곳이다. 펭귄서식지에 대한 모니터링을 포함한 과학 연구는 1980년대 초반 이래로 여러 국가에서 시행되어 왔다. 이들 연구의 결과를 통해 이 지역은 특히 지구 온난화와 인간 활동의 영향과 관련한 비교지역으로서의 잠재적 가치가 있는 것으로 밝혀졌다.

가장 두드러지는 식생은 *Usnea* spp., *Himantormia lugbris*, *Chorisodontium aciphyllum*이 주종을 이루는 지의류(lichens)와 선류(moss) 군락이다. 현존하는 식생으로는 남극현화식물 1종('14년 현재까지 남극에서는 고유 현화식물 2종만이 발견되었음), 지의류 51종, 선류 29종, 태류(liverwort) 6종, 조류(藻類) 1종이 있다.

또 하나의 주요한 특징은 2,800쌍의 턱끈펭귄(킹조지섬 최다 개체수)과 2,300쌍의 켄투펭귄이 이 지역에서 번식을 한다는 점이다(MOE, 2018). 이 지역에는 또한 16종의 조류(鳥類)가 서식하고 있다. 이들 중, 번식조류는 갈색도둑갈매기(*Stercorarius antarcticus lonnbergi*), 남극도둑갈매기(*Stercorarius maccormicki*), 남방큰재갈매기(*Larus dominicanus*), 남극제비갈매기(*Sterna vittata*), 월슨바다제비(*Oceanites oceanicus*), 검은배바다제비(*Fregetta tropica*), 칼집부리물떼새(*Chionis alba*)와 남방큰풀마갈매기(*Macronectes giganteus*) 등 8종이다.

동 지역의 독특한 지형은 풍부하고 다양한 동·식물상과 어우러져 특별한 심미적 가치를 지닌다. 무엇보다도 산봉우리들, 특히 최남단의 봉우리들이 장대한 경관을 이루고 있다.

상기한 이유들을 감안하여 동 지역은 보호되어야 하며 식생, 조류군집, 지질 및 지형학 연구를 포함한 모니터링 연구 외에는 인간 활동에 의한 간섭을 최소화 해야 할 것이다.

보호구역의 전체 면적은 984,951 m²이다.

2. 목표 및 목적

나레브스키 포인트의 관리 목적은 아래와 같다.

- 해당 지역에 대해 인간에 의한 불필요한 교란을 차단함으로써 지역의 가치가 손상되거나 실질적인 위협에 노출되는 것을 방지
- 타 지역에서 수행할 수 없는 과학적 연구 및 동 지역을 대상으로 하는 장기적 생물학 연구의 지속적 수행을 허용
- 동 지역의 자연 생태를 해치지 않는 선에서 그 외 과학 연구, 과학 지원 활동, 교육 목적(교육물 제작을 위한 시청각 및 서술형 다큐멘터리)의 방문을 허용
- 관리계획서 작성을 위한 방문을 허용
- 동 지역의 생태계에 교란을 주거나 위협을 가할 수 있는 외래종과 병원균의 침입을 최대한 방지
- 동 지역의 심미적, 과학적 가치의 보호

3. 관리 활동

해당지역의 가치를 보호하기 위해 아래와 같은 관리 활동을 수행한다.

- 동 지역에 출입하고자 하는 사람은 자국 프로그램(또는 관할당국)의 특별 교육을 통해 관리 계획 내용을 구체적으로 숙지해야 한다(Map 2 참조).
- 보호구역 경계선의 적절한 위치에 출입 제한에 대한 내용이 명시되고 위치와 경계가 표시된 표지판을 설치하여야 한다.
- 동 지역에 방문하는 모든 선박과 비행기에 관리계획서 사본을 비치하여, 선장과 비행사가 위치, 경계, 제한구역에 대해 숙지하고 출입할 수 있도록 한다.

- 동 지역 내 설치되는 모든 표지판뿐 아니라 과학 장비 및 표식물은 적절한 상태로 안전하게 유지되어야 한다.
- 펭귄 및 기타 조류의 개체군 조사를 포함하여 해당 지역 내의 생물학적 환경에 대한 적절한 모니터링이 수행되어야 한다.
- 동 지역 내 사용하지 않는 장비나 재료 등 폐기물은 가능한 빨리 제거해 보호구역의 환경과 가치를 훼손하지 않도록 해야 한다.
- 동 지역이 지속적으로 보호구역으로 지정된 목적에 부합하는지, 유지 및 관리 조치가 적절한지 평가하기 위해 필요한 경우(최소 5년에 1회) 동 지역을 방문해야 한다.
- 지역 내에서 운영되는 국가 남극프로그램들은 동 지역 내 활동이 관리계획의 목표 및 목적에 부합하는 방식으로 수행되는지 여부에 대해 협의 및 정보교환이 될 수 있도록 해야 한다.

4. 지정 기간

무기한

5. 지도와 사진

- **Map 1.** 남극특별보호구역 No. 171 (나레브스키 포인트) 및 주변 보호구역들의 위치
- **Map 2.** 남극특별보호구역 No. 171의 경계
- **Map 3.** 남극특별보호구역 No. 171 내의 조류 개체군 분포 및 기각류 출몰 지점
- **Map 4.** 남극특별보호구역 No. 171의 식생도
- **Map 5.** 남극특별보호구역 No. 171의 지형도
- **Map 6.** 남극특별보호구역 No. 171의 접근 경로

6. 보호구역 개요

6(i) 지리 좌표, 경계 표시, 자연환경 특징

나레브스키 포인트는 킹조지섬 바톤반도 남서쪽 해안에 위치한다. 좌표는 남위 62°13' 40"~62°14' 23", 서경 58°45' 25"~58°47' 00"이다. 경계는 북쪽과 동쪽의 산지와 남서쪽 해안선으로 이루어진다. 남서쪽 경계는 독특한 지형으로 인해 쉽게 구분이 가능하다. 보호구역은 조간대를 제외한 육상 내부지역만을 포함한다.

동 지역은 동·식물상이 풍부하며, 일부 종의 풍부도는 이례적으로 높게 나타난다. 특히 지의류 및 선대류가 해당지역을 넓게 덮고 있다. 또한 턱끈펭귄과 젠투펭귄이 다수 서식하고 있으며, 남방큰돌매기갈매기를 비롯하여 8종의 조류가 번식하고 있다. 지질의 상이함과 암석의 쪼개짐의 차이로 인해 형성된 지형의 기복이나 다양한 해안의 형태는 해당 지역을 넓게 뒤덮고 있는 식생과 어우러져 남극 환경 내에서 보기 드문 아름다운 경관을 만들어 내고 있다.

기후

지역의 기상 자료는 나레브스키 포인트 북동쪽 2 km 지점에 위치한 세종기지의 관측 자료(1988-2017)에서 수집되었다. 기후는 강한 해양성 환경요인의 영향으로 비교적 습하고 온난하다. 연평균 기온은 -1.8 °C (최고 10.5°C, 최저 -25.6°C), 상대습도는 88.2%, 총 강수량은 526.5 mm, 운량은 6.8 Octas이다. 월평균 풍속은 8.0 m/s (일평균 최고 51.9 m/s)이며, 연중 주풍향은 북서 및 동풍이다. 1988년부터 2017년까지 폭풍설(blizzard) 평균 발생 일수는 22.9일 이었다(총 평균 지속시간은 271.6시간)

지질

바톤반도 최하부의 암층서 단위는 세종층(Yoo *et al.*, 2001)으로 이전에는 하부화산암층원으로 분류되었던 것이다. 세종층은 바톤반도 남부 및 남동쪽 절벽에 분포되어 있다(Lee *et al.*, 2002). 세종층은 대부분 남쪽에서 남서쪽 방향의 경사를 보이는 화산쇄설암으로 구성되어 있다. 세종층 위로는 고철질에서 중성의 용암이 이 지역을 포함하여 바톤반도에 널리 분포하고 있다. 이들은 대부분 장석 및 단사회석 반정이 있는 현무암질 안산암 또는 안산암이며 드물게 괴상의

안산암도 나타난다. 두꺼운 리필리응회암층이 용암 사이에 분포하는 경우도 있다. 고철질 암맥들이 반도 남쪽 해안을 따라 세중층을 관입하고 있으며, 나레브스키 포인트도 이 암맥들 중 하나이다. 바톤반도의 토양은 기반암 유형에 따라 4가지로 구분할 수 있는데, 화강섬록암, 현무암질 안산암, 리필리응회암과 세중층이다(Lee *et al.*, 2004). 토양의 경우 조류 서식지 근처를 제외하고는 일반적으로 유기물질과 영양소가 부족하다.

펭귄류

턱끈펭귄(*Pygoscelis antarcticus*)과 젠투펭귄(*Pygoscelis papua*)은 나레브스키 포인트의 바위가 많은 비탈이나 언덕 능선에 집단으로 서식한다.

턱끈펭귄은 이 지역에서 가장 많이 번식하는 종으로 2018/19년에 2,388 동지가 관찰되었다(Fig. 1A). 턱끈펭귄은 11월초 산란을 시작하고 포란기간은 32~43일이다. 산란과 부화가 집중되는 시기는 각각 11월 중순과 12월 중순경으로 추정된다(Kim, 2002). 턱끈펭귄의 동지수는 2012/13년에 최대 3,332개로 조사되었다(MOE, 2013). 1989/90년 이래로 턱끈펭귄의 동지수는 점점 증가하여 1994/95년부터 2018/19년까지 약 2,300~3,300동지를 유지하고 있다(Fig. 1A).

젠투펭귄의 동지수는 1984/85년 500개에서 지속적으로 증가했으며, 2018/19년 총 2,224동지가 관찰되었다(Fig. 1B). 젠투펭귄은 10월 중순 산란을 시작하며 10월말 집중적으로 산란한다. 포란기간은 33-40일이며 12월초에 부화한다(Kim, 2002).

기타 조류(鳥類)

동 지역에는 갈색도둑갈매기(*Stercorarius antarcticus lonnbergi*), 남극도둑갈매기(*Stercorarius maccormicki*), 남방큰재갈매기(*Larus dominicanus*), 남극제비갈매기(*Sterna vittata*), 남방큰풀마갈매기(*Macronectes giganteus*), 율슨바다제비(*Oceanites oceanicus*), 검은배바다제비(*Fregetta tropica*), 칼집부리물떼새(*Chionis albus*) 등 8종의 조류가 번식한다. 또한 아델리펭귄(*Pygoscelis adeliae*), 마카로니펭귄(*Eudyptes chrysolophus*), 남극가마우지(*Phalacrocorax bransfieldensis*), 북극제비갈매기(*Sterna paradisaea*), 알락풀마갈매기(*Daption capense*), 남극풀마갈매기(*Thalassoica antarctica*), 흰풀마갈매기(*Pagodroma nivea*), 남방회색풀마갈매기(*Fulmarus glacialisoides*) 등 8종의 비번식 조류가 관찰된다. Table 1은 조사지 내에서 관찰된 번식조류의 동지수이다.

갈색도둑갈매기와 남극도둑갈매기는 펭귄의 알과 새끼를 먹이로 하며 일부 도둑갈매기들은 펭귄 번식기에 취식 장소로 펭귄서식지를 차지하기도 한다(Trivelpiece *et al.*, 1980; Hagelin and Miller, 1997; Pezzo *et al.*, 2001; Hahn and Peter, 2003). 이 지역에 동지를 트는 남극도둑갈매기들은 새끼를 키우는데 펭귄 알과 펭귄 새끼를 주요 먹이원으로 이용하지 않는다. 그러나 2018/19년 이 지역에서 번식한 모든 갈색도둑갈매기(5쌍)는 펭귄 서식지내에서 먹이를 취한 것

Table 1. 조류 종별 동지 수 (2006/07, 2013/14, 2018/2019년)

국 명	학 명	동지수		
		2006/2007	2013/2014	2018/2019
젠투펭귄	<i>Pygoscelis papua</i>	1,719	2,378	2,224
턱끈펭귄	<i>Pygoscelis antarcticus</i>	2,961	3,157	2,388
갈색도둑갈매기	<i>Stercorarius antarcticus lonnbergi</i>	4	7	5
남극도둑갈매기	<i>Stercorarius maccormicki</i>	27	-	7
남방큰재갈매기	<i>Larus dominicanus</i>	6	-	-
남극제비갈매기	<i>Sterna vittata</i>	41	-	4
남방큰풀마갈매기	<i>Macronectes giganteus</i>	9	5	15
율슨바다제비	<i>Oceanites oceanicus</i>	19	>10	>7
칼집부리물떼새	<i>Chionis albus</i>	2	2	5

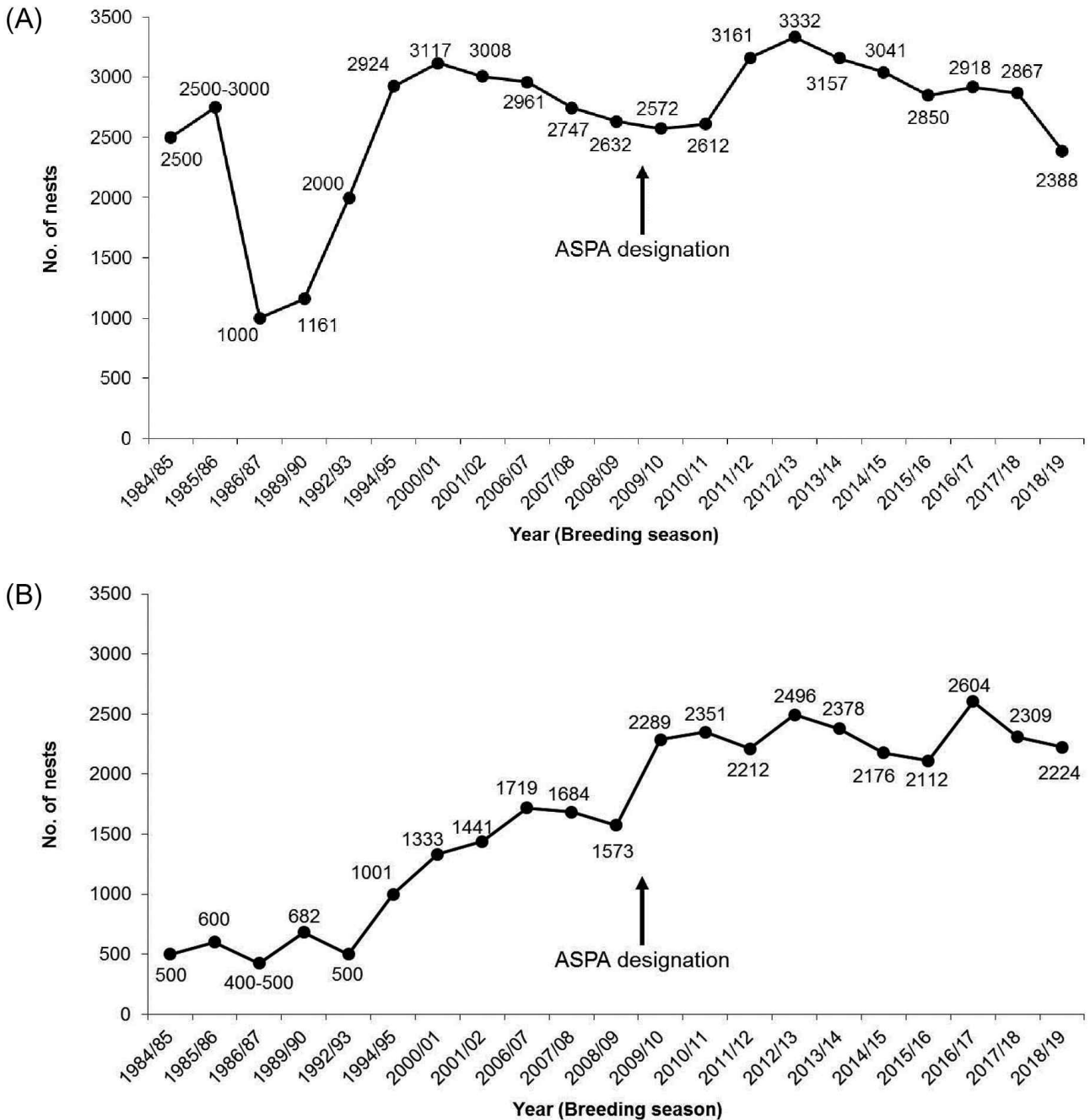


Fig. 1. 나레브스키 포인트에서 서식하는 턱끈펭귄(A)과 젠투펭귄(B)의 둥지수(Peter *et al.* 1986; Rauschert *et al.* 1987; Mönke & Bick 1988; Yoon 1990; MOST 1993; MOMAF 1997; Kim 2002; MOE 2007; MOE 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018)

으로 관찰되었다.

칼집부리물떼새는 번식쌍 수가 증가하여 2018/19년엔 5쌍이 나레브스키 포인트 펭귄 서식지 근처에서 번식하는 것으로 관찰됐다. 칼집부리물떼새는 잡식성으로 바다새 번식지 주변에서 먹이를 구한다. 이들은 펭귄 배설물, 알, 죽은 새끼들을 먹거나 펭귄으로부터 크릴을 빼앗기도 한다.

식생

바톤반도에서 결빙되지 않는 대부분의 지역에는 비교적 풍부한 식생이 분포하고 있으며 대부분이 은화식물 종이다. 또한 이 지역에는 선태류와 지의류가 넓게 분포하고 있다. 가장 두드러진 군락은 *Usnea-Himantormia*가 주종을 이루는 지의류 군락과 *Sanionia-Chorisodontium*이 주종을

이루는 이끼 군락이다. 조류(藻類) 군락은 담수녹조류 *Prasiola crispa*가 주를 이루며 펙귄서식지 주변에 분포한다. 현존하는 식생은 현화식물 1종, 지의류 51종, 선류 29종, 태류 6종, 조류 1종 등이 있다. 조류의 경우 육안으로 확인 가능한 종만 기록하였다. 이 지역 내에서 남조류 및 균류에 관한 연구가 수행되지 않아 이에 대한 정보는 포함되지 않았다. 상세한 식생 목록은 부속서 I에 기술되어 있다.

인간 활동/영향

나레브스키 포인트 인근에는 2곳의 상주 과학기지가 있다. 대한민국이 1988년 건립한 세종기지(62°13'S, 58°47'W), 아르헨티나가 1953년 건립한 칼리니기지(Carlini Station, 62°14'S, 58°40'W)가 연중 운영되고 있다.

6(ii) 보호구역으로의 접근

해안을 따라 도보나 소형 선박으로 보호구역을 출입할 수 있다. 선박 이용 시 정박은 허용되지 않는다. 출입로 및 하선 장소는 Map 6에 제시되어 있다. 어떤 형태의 차량도 보호구역 내의 진입이 허가되지 않는다. 출입 제한은 보호구역 내에서 적용되며, 특별한 출입 조건은 7(ii)에 명시되어 있다.

6(iii) 보호구역 내 및 주변의 구조물 위치

보호구역의 남동쪽 해안에 비상대피소가 있다. 세종기지(62°13'S, 58°47'W; Map 2)는 나레브스키 포인트 북서쪽 2 km에 위치한 가장 인접한 주요 시설이며, 아르헨티나 칼리니기지는 남동쪽으로 5 km 떨어진 곳에 있다.

6(iv) 인접한 다른 보호구역의 위치

- ASMA No. 1 : 어드미럴티만, 킹조지섬, 북동쪽 8 km에 위치
- ASPA No. 125 : 필데스반도, 킹조지섬, 서쪽 11 km에 위치
- ASPA No. 128 : 어드미럴티만 서쪽해안, 킹조지섬, 동쪽 17km에 위치
- ASPA No. 132 : 포터반도, 킹조지섬, 동쪽 5 km에 위치
- ASPA No. 133 : 하모니 포인트, 넬슨섬, 남서쪽 25 km에 위치
- ASPA No. 150 : 아들리섬, 킹조지섬, 서쪽 9 km에 위치
- ASPA No. 151 : 라이온스 럽프, 킹조지섬, 북동쪽 35 km에 위치
- HSM No. 36 : 포터소만에 Eduard Dallmann이 세운 기념비 복제품, 킹조지섬, 동쪽 5 km에 위치
- HSM No. 50 : 1976년 상륙한 연구선 'Progressor Siedlecki' 기념비, 필데스반도, 킹조지섬, 서쪽 10 km에 위치
- HSM No. 51 : 1979년 1월 19일 사망한 다큐멘터리 필름 제작자 W. Puchalski 무덤, 북동쪽 18 km에 위치
- HSM No. 52 : 1985년 2월 20일 중국 장성(Great Wall) 기지 설립 기념비, 필데스반도, 킹조지섬, 서쪽 10 km에 위치.
- HSM No. 82 : 남극조약 조인국 및 국제극지의해(IPYs) 기념 조형물 아래에 설치된 기념비, 서쪽 12 km에 위치
- HSM No. 86 : 중국 장성기지의 첫번째 건물로, 서쪽 10 km에 위치

6(v) 보호구역 내의 특별지역

보호구역 내에 특별지역 없음

7. 승인 조건

7(i) 일반 승인조건

환경보호에 관한 남극조약 의정서 제5부속서 제7조에 의거, 자국의 허가당국이 발급한 허가증이 있는 경우를 제외하고는 보호구역 출입이 금지된다.

보호구역 출입 허가증 발행 조건은 아래와 같다.

- 다른 지역에서 수행할 수 없는 과학적 연구 수행의 경우에만 발급
- 보호구역의 자연생태계를 교란시키지 않는 활동으로 한정
- 관리계획과 일치하는 활동에 한정
- 관리계획의 목적에 합치하는 관리 활동
- 보호구역 내에서 허가증 또는 승인된 사본 소지
- 허가증에 명시된 허가기간 내 유효한 허가증이어야 하며 허가당국 명시

7(ii) 보호구역 접근, 구역내 이동

- 보호구역은 해안선을 따라 도보로 또는 닻을 사용하지 않는 소형 선박을 이용해 접근. 접근 경로와 상륙 장소는 Map 6 참조.
- 도보로 이동 시 동식물에 대한 교란을 최소화하기 위해 주의해야 하며, 되도록이면 눈 위 또는 암석 지대 위로 걷되 지의류를 훼손하지 않도록 한다.
- 보호구역 내에서는 어떤 종류의 차량도 이용할 수 없다.
- 보호구역 상공을 비행하는 항공기는 최소기준으로서 *Guidelines for the Operation of Aircraft near Concentrations of Birds* (Resolution 2, 2004) 을 따라야 한다. 즉, 응급 및 항공안전에 해당하는 상황이 아닌 경우에는 610 m (2,000ft) 이상으로만 비행해야 한다. 그러나, 기본적으로 보호구역 상공에서의 비행은 피해야 한다.
- 무인기를 이용해 보호구역 내의 조류 번식지 위를 비행하는 행위는 과학적인 목적이거나 기지 운영에 관한 일로 당국의 허가를 받지 아니한 경우 Resolution 4 (2018)에 따라 엄격히 금지한다.

7(iii) 보호구역 내에서 수행 가능한 활동

보호구역 내에서는 이 지역의 생태적, 과학적, 심미적 가치를 훼손할 수 있는 일련의 활동을 금한다. 수행 가능한 활동은 아래와 같다.

- 다른 지역에서 수행할 수 없는 괄목할 만한 과학연구
- 모니터링을 포함한 필수적 관리활동
- 번식기 중(10월 1일~3월 31일)에는 번식을 교란시킬 수 있는 동력을 이용한 기구 사용과 소음을 발생시키는 활동을 엄격히 제한
- 동 지역의 자연 생태를 해치지 않는 선에서 그 외 과학 연구, 과학 지원 활동, 교육 목적(교육물 제작을 위한 시청각 및 서술형 다큐멘터리)의 활동
- 승인된 연구계획 수행을 위한 최소한의 시료 채취

7(iv) 구조물의 설치, 변경 및 제거

- 허가증에 명시된 과학 또는 관리 활동을 제외하고 보호구역 내에 구조물 또는 장비를 설치할 수 없다.
- 보호구역 내에 설치한 장비 및 과학연구기기는 허가국, 관리자, 설치일자 및 철거일자가 명시된 허가증을 받아야 한다. 모든 장비는 보호구역의 오염 위험 또는 동식물에 대한 교란 위험이 최소화된 것이어야 한다.
- 허가 만료 후 철거할 경우 설치물의 흔적이 없어야 한다. 만일 과학연구가 허가기간 중 완료되지 않아 장비가 원위치에 남아있어야 하는 경우 허가증의 유효기간을 연장해야 한다.

7(v) 야영장의 위치

- 보호구역 동쪽 경계 근처의 해안에 위치한 대피소 사용을 권장한다(Map 2 참조).
- 과학적 목적을 위한 일시적 야영은 허가증을 받은 경우에 한해서 가능하다. 이 경우 야영 위치에 대해 특별한 제한 사항은 없지만, 조류 번식 등지가 있는 곳을 피해서 야영할 것을 권장한다.

7(vi) 보호구역으로 반입이 제한되는 물질 및 유기물

환경보호에 관한 남극조약 의정서(Protocol on Environmental Protection to the Antarctic Treaty)에서 규정하는 의무사항과 더불어, 다음과 같은 물질과 유기물의 반입을 금한다.

- 살아있는 동식물의 반입은 금지된다.
- 조리되지 않은 가금류, 생과일, 채소류의 반입은 금지된다.
- 다른 기지를 포함한 다른 남극 지역 및 남극 외 지역의 토양으로부터 미생물 또는 식생의 반입 위험을 최소화하기 위해, 보호구역 내에서 사용할 신발류 및 기타 장비들(특히 채집 장비 및 마커)은 보호구역 내에 반입 되기 전에 완전히 세척해야 한다.
- 보호구역 내에 제초제 및 살충제의 반입이 금지된다. 허가증에 따라 반입된 다른 화학제품은 허가된 활동 종료와 함께 보호구역에서 반출해야 한다. 화학물질의 사용 및 유형은 다른 연구자들을 위해 가능한 한 명확하게 문서화해야 한다.
- 연료, 식량 및 기타 물질은 보호구역 내에 보관할 수 없다. 만일 허가된 활동을 위한 필수적인 목적을 위한 경우에는 야생동물이 접근할 수 없도록 안전하게 보관하는 경우에 한하여 가능하다.
- 인근 지역과 기지, 혹은 남극이 아닌 곳에서 의도적이지 않게 유입될 수 있는 미생물, 무척추동물, 식물을 차단하기 위해 각별히 주의하여 이 지역의 생태적 가치를 유지해야 한다.
- 추가적인 가이드라인은 *CEP Non-native species manual* (CEP, 2017)와 *SCAR's Environmental Code of Conduct for Terrestrial Scientific Field Research in Antarctica* (Resolution 5, 2018)에서 확인할 수 있다.

7(vii) 토착 동식물 포획 및 간섭

- 허가되지 않은 포획 및 유해한 간섭은 금지되며, 최소한 *SCAR Code of Conduct for the use of Animals for Scientific Purposes in Antarctica*에 명시된 규정을 따라야 한다.
- 포획 또는 유해한 간섭에 대한 정보는 남극조약 정보교환 시스템을 통해 교환할 수 있다.

7(viii) 허가증 소지자에 의한 보호구역 내에서의 수집 및 제거

- 허가증 소지자에 의해 보호구역 내로 반입되지 않은 것의 수집 또는 제거는 허가증에 따라 이루어져야 하며, 과학적 또는 관리 필요에 따라 최소한의 수집 및 제거에 한정되어야 한다.
- 허가증 소지자에 의해 또는 허가에 의해 반입되지 않은 것으로서, 인간으로부터 기인하며 보호구역의 가치를 훼손하는 것은 제거되어야 한다. 단 제거하는 것이 현재 상태를 유지하는 것보다 큰 영향을 미치는 경우는 제외한다. 다만 이런 경우 관련 당국에 통보해야 한다.

7(ix) 폐기물 처리

- 인간의 배출물을 포함한 모든 폐기물은 보호구역에서 반출되어야 한다.

7(x) 관리계획의 목적을 달성하기 위한 필요조치

다음 사항에 해당하는 경우 보호구역 출입을 허가할 수 있다:

- 생물학적 모니터링 업무수행과 지역 감시활동. 여기에는 과학적 분석이나 검토를 위한 소량 채집이 포함될 수 있다.
- 표지판, 표식물, 시설물, 과학장비의 설치 및 유지보수
- 보호조치 이행
- 장기 모니터링 장소는 적절히 표시되고, 표식물나 표지판이 유지되어야 한다.

7(xi) 보고 의무

- 발급된 허가증 소지자 중 책임자는 보호구역 내에서 수행된 활동에 대한 보고서를 제출해야 한다.
- 보고서에는 수정된 가이드라인(*Revised Guide to the Preparation of Management Plans for Antarctic Specially Protected Areas* (Resolution 2, 2011))에 포함된 양식에 명시된 정보가 포함되어야 한다.
- 보고서는 허가증에 명시된 허가당국에 가능한 신속하게 제출되어야 하며, 보호구역 방문 후 최장 6개월을 넘기지 않아야 한다.
- 보고서에 대한 기록은 영구 보관한다. 요청이 있는 경우 관심 있는 당사국, SCAR, CCAMLR, COMNAP등이 보고서에 접근할 수 있도록 해야 하며, 보호구역의 적절한 관리를 보장하기 위하여 필요한 인간 활동에 관한 정보를 제공해야 한다.
- 허가당국은 보호구역에서 모든 활동과 자재 반입 및 제거가 허가서에 명시된 바와 같이 이뤄졌는지 여부를 인지하여야 한다.

8. 참고문헌

- Aguirre, C.A. and Acero, J.M. 1995. Distribution and abundance of birds in the Errera Channel, Antarctic Peninsula during the 1992/93 breeding season. *Mar. Ornithol.* 23: 129-134.
- ASOC. 2007. Implementing the Madrid Protocol: A case study of Fildes Peninsula, King George Island, XXX ATCM/IP136.
- ASOC. 2008. Some land-based facilities used to support/manage Antarctic tourism in King George Island, XXXI ATCM/IP41.
- Bednarek-Ochyra, H., Vana, R. and Lewis-Smith, R.I. 2000. The liverwort flora of Antarctica. Polish Academy of Sciences, Institute of Botany, Cracow.
- Chang, S.K. 2004. Preliminary report on the ecology of the penguins observed in the cold years and a less cold year in the vicinity of King Sejong Station, King George Island off the Antarctic Peninsula. In: Annual report of environmental monitoring on human impacts at the King Sejong Station, Antarctica. KORDI, ECPP 03 102.
- Esponda, C.M.G. Coria, N.R. and Montalti, D. 2000. Breeding birds at Halfmoon Island, South Shetland Islands, Antarctica, 1995/96. *Mar. Ornithol.* 28: 59-62.
- Hagelin, J.C., and Miller, G.D. 1997. Nest-site selection in South polar skuas: Balancing nest safety and access to resources. *Auk* 114: 638-546.
- Hahn, S., Peter, H-U., Quillfeldt, P. and Reinhardt, K. 1998. The birds of the Potter Peninsula, King George Island, South Shetland, Antarctica, 1965-1998, *Mar. Ornithol.* 26: 1-6.
- Jablonski, B. 1984. Distribution and number of penguins in the region of King George Island, South Shetland Islands in the breeding season 1980/81. *Polish Polar Res.* 5: 17-30.
- Kim, D. 2002. Effect of variation in food supply on reproduction in Gentoo (*Pygoscelis papua*) and Chinstrap penguins (*P. antarctica*). p.195-222. In: Annual report of environmental monitoring on human impacts at the King Sejong Station, Antarctica. KORDI EC PP 01 001-B2.
- Kim, J.H., Ahn, I.Y., Lee, K.S., Chung, H. and Choi, H.-G. 2007. Vegetation of Barton Peninsula in the neighbourhood of King Sejong Station (King George Island, Maritime Antarctic). *Polar Biol.* 30: 903-916.
- Kim J.-H., Chung, H., Kim, J.H., Yoo, J.C. and Ahn, I.Y. 2005. Nest distribution of skuas on Barton and Weaver peninsulas of the King George Island, the Antarctic. *Ocean and Polar Res.* 27(4): 443-450.
- Lee, J.I., Hur, S.D., Yoo, C.M., Ueo, J.P., Kim, H., Hwang J., Choe, M.Y., Nam, S.H., Kim. Y., Park, B-K., Zheng X. and López- Martínez, J. 2002. Explanatory text of the geological map of Barton and Weaver Peninsulas, King George Island, Antarctica. Korea Ocean Research and

Development Institute.

- Lee, Y.I., Lim, H.S. and Yoon, H.I. 2004. Geochemistry of soils of King George Island, South Shetland Islands, West Antarctica: implication for pedogenesis in cold polar regions. *Geochim Cosmochim Acta* 68: 4319–4333.
- Lewis-Smith, R.I. and Poncet, S. 1985. New southernmost record for Antarctic flowering plants. *Polar Record* 22: 425-427.
- López-Martínez, J., Serrano, E. and Lee, J.I. 2002. Geomorphological map of Barton and Weaver Peninsulas, King George Island, Antarctica. Korea Ocean Research and Development Institute.
- Lumper, P., and Weidinger, K. 2000. Distribution, numbers and breeding of birds at the Northern Ice-free areas of Nelson Island, South Shetland Islands, 1990–1992. *Mar. Ornithol.* 28: 41-56.
- Ministry of Environment (MOE). 2007. The fundamental study for designation of Antarctic Specially Protected Area. BSPN07030-71-3.
- Ministry of Environment (MOE). 2011. Management of and monitoring on Antarctic Specially Protected Area. BSPN10110-197-7.
- Ministry of Environment (MOE). 2012. Management of and monitoring on Antarctic Specially Protected Area (II). BSPN11110-235-7.
- Ministry of Environment (MOE). 2013. Management of and monitoring on Antarctic Specially Protected Area (III).
- Ministry of Environment (MOE). 2014. Development of Environmental Monitoring Techniques of Antarctic Specially Protected Area. BSPN13130-138-3.
- Ministry of Environment (MOE). 2015. Development of Environmental Monitoring Techniques of Antarctic Specially Protected Area (II). BSPG14030-057-3.
- Ministry of Environment (MOE). 2016. Development of Environmental Monitoring Techniques of Antarctic Specially Protected Area (III). BSPG15040-096-3.
- Ministry of Environment (MOE). 2017. Development of Environmental Monitoring Techniques of Antarctic Specially Protected Area (IV). BSPG16040-081-3.
- Ministry of Environment (MOE). 2018. Development of Environmental Monitoring Techniques of Antarctic Specially Protected Area (V). BSPG17040-046-3.
- Ministry of Maritime Affairs and Fisheries (MOMAF). 1997. Overwintering Report of the 8th Korea Antarctic Research Program at King Sejong Station (November 1994-December 1995). BSE520001-982-7.
- Ministry of Science and Technology (MOST). 1989. A study on Natural Environment in the area around the Korea Antarctic Station, King George Island (II). BSPG00081-246-7.
- Ministry of Science and Technology (MOST). 1992. The Research on Natural Environments and Resources of Antarctica. BSPG 00169-5-485-7.
- Ministry of Science and Technology (MOST). 1993. Overwintering Report of the 4th Korea Antarctic Research Program at King Sejong Station (December 1991-December 1992). BSPN 00221-1-678-7.
- Mönke, R. and Bick, A. 1988. Fachlicher Bericht über die Teilnahme der DDR Biologengruppe an der 31. Sowjetischen Antarktisexpedition (SAE), Station "Bellingshausen", King George Island (Südshetland Inseln/Antarktis), Berlin, Potsdam.
- Ochyra, R. 1998. The moss flora of King George Island Antarctica. Polish Academy of Sciences, W. Szafer Institute of Botany, Cracow.
- Øvstedal, D.O. and Lewis-Smith, R.I. 2001. Lichens of Antarctica and South Georgia: a guide to

- their identification and ecology. Cambridge University Press, Cambridge, P. 411.
- Peter, H.-U., Kaiser, M. and Gebauer, A. 1986. Reisebericht - Teil 2, Wissenschaftliche Ergebnisse der Teilnahme an der 29. Sowjetischen Antarktisexpedition Überwinterungsgruppe, Station Bellingshausen 21.11.1983-18.05.1985, Berlin, Potsdam.
- Peter, H.-U., Busser, C., Mustafa, O and Pfeiffer, S. 2005. Preliminary Results of the Research Project "Risk assessment for the Fildes Peninsula and Ardley Island and the development management plans for designation as ASMA (unpublished survey results presented at the Fildes meeting at INACH).
- Pezzo, F., Olmastroni, S., Corsolini, S. and Focardi, S. 2001. Factors affecting the breeding success of the south polar skua *Catharacta maccormicki* at Edmonson Point, Victoria Land, Antarctica. *Polar Biol.* 24: 389-393.
- Rauschert, M., Zippel, D. and Gruner, M. 1987. Reisebericht Teil 2. Fachlicher Bericht über die Teilnahme der Biologengruppe der DDR an der 30. Sowjetischen Antarktisexpedition (SAE), Station "Bellingshausen", King George Island (Südshetlandinseln/Antarktis), unveröffentl. Ber. Berlin, Potsdam.
- Schroeter, B., Kappen, L., Green, T.G.A. and Seppelt, R.D. 1997. Lichens and the Antarctic environment: effect of temperature and water availability on photosynthesis. *In: Ecosystem processes in Antarctic ice-free landscapes*, ed. W.B. Lyons, C. Howard-Williams and I. Hawes, pp. 103-117. Rotterdam, Balkema.
- Shuford, W.D. and Spear, L.B. 1988. Survey of Breeding Penguins and other seabirds in the South Shetland Islands, Antarctica, January-February 1987. NOAA Technical Memorandum NMFS-F/NEC-59.
- Takahashi, A., Kokubun N., Mori, Y. and Shin, H-C. 2008. Krill-feeding behaviour of gentoo penguins as shown by animal-borne camera loggers. *Polar Biol.* 31: 1291-1294.
- Trivelpiece, W., Butler, R.G. and Volkman, N.J. 1980. Feeding territories of brown skuas (*Catharacta lonnbergi*). *Auk* 97: 669-676.
- Trivelpiece, W.Z., Trivelpiece, S.G. and Volkman, N.J. 1987. Ecological segregation of adélie, gentoo, Chinstrap penguins at King George Island, Antarctica. *Ecology* 68: 351-361.
- Yoon, M.B. 1990. Observation of birds around King Sejong Station during 1989/90 austral summer. *In: A study on Natural Environment in the Area Around the Korean Antarctic Station, King George Island (III)*. pp.433-459. MOST BSPG00111-317-7.
- Yoo, C.M., Choe, M.Y., Jo, H.R., Kim, Y. and Kim, K.H. 2001. Volcaniclastic sedimentation of the Sejong Formation (Late Paleocene-Eocene), Barton Peninsula, King George Island, Antarctica. *Ocean and Polar Res.* 23: 97-107.
- Vaughan, D.G., Marshall, G.J., Connolley, W.M., King, J.C. and Mulvaney, R. 2001. Devil in the detail. *Science* 293: 1777-1779.

부속서 I. 지역내 식물종 목록

분류군(Taxa)

지의류(Lichens)

- Acrospora austroshetlandica* (C.W. Dodge) Øvstedal
Bryoria sp.
Buellia anisomera Vain.
Buellia russa (Hue) Darb.
Caloplaca lucens (Nyl.) Zahlbr.
Caloplaca sublobulata (Nyl.) Zahlbr.
Cetraria aculeata (Schreb.) Fr.
Cladonia borealis S. Stenroos
Cladonia chlorophaea (Flörke ex Sommerf.) Spreng.
Cladonia furcata (Huds.) Schaer.
Cladonia gracilis (L.) Willd.
Cladonia merochlorophaea var *novochlorophaea* Sipman
Cladonia pleurota (Flörke) Schaer.
Cladonia pyxidata (L.) Hoffm.
Cladonia scabriuscula (Delise) Nyl.
Haematomma erythromma (Nyl.) Zahlbr.
Himantormia lugubris (Hue.) I. M. Lamb
Huea coralligera (Hue) C. W. Dodge & G. E. Baker
Lecania brialmontii (Vain.) Zahlbr.
Lecania gerlachei (Vain.) Darb.
Lecanora polytropa (Hoffm.) Rabenh.
Lecidea cancriformis C.W. Dodge and G.E. Baker
Lecidella carpathica Körb.
Massalongia carnosus (Dicks.) Körb.
Ochlorenchia frigida (Sw.) Lynge
Pannaria austro-orcadensis Øvstedal
Pertusaria excudens Nyl.
Physcia caesia (Hoffm.) Fűrnr.
Physcia dubia (Hoffm.) Lettau
Physconia muscigena (Ach.) Poelt
Placopsis contourtuplicata I. M. Lamb
Porpidia austroshetlandica Hertel
Pseudophebe pubescens (L.) M. Choisy
Psoroma cinnamomeum Malme
Psoroma hypnorum (Vahl) Gray
Ramalina terebrata Hook f. & Taylor
Rhizocarpon geographicum (L.) DC.
Rhizoplaca aspidophora (Vain.) Redón
Rhizoplaca melanophthalma (Ram.) Leuckert & Poelt
Rinodina olivaceobrunnea C.W. Dodge & G. B. Baker
Sphaerophorus globosus (Huds.) Vain.
Stereocaulon alpinum Laurer
Tephromela atra (Huds.) Hafellmer ex Kalb
Tremolecia atrata (Ach.) Hertel
Turgidosculum complicatulum (Nyl.) J. Kohlm. & E. Kohlm
Umbilicaria antarctica Frey & I. M. Lamb
Umbilicaria decussata (Vill.) Zahlbr.

Usnea antarctica Du Rietz
Usnea aurantiaco-atra (Jacq.) Bory
Xanthoria candelaria (L.) Th. Fr.
Xanthoria elegans (Link) Th. Fr.

선류(Mosses)

Andreaea depressinervis Cardot
Andreaea gainii Cardot
Andreaea regularis Müll. Hal.
Bartramia patens Brid.
Bryum argenteum Hedw.
Bryum orbiculatifolium Cardot & Broth.
Bryum pseudotriquetrum (Hedw.) C.F. Gaertn. *et al.*
Ceratodon purpureus (Hedw.) Brid.
Chorisodontium aciphyllum (Hook. f. & Wils.)
Dicranoweisia brevipes (Müll. Hal.) Cardot
Dicranoweisia crispula (Hedw.) Lindb. Ex Milde
Ditrichum hyalinum (Mitt.) Kuntze
Ditrichum lewis-smithii Ochyra
Encalypta raptocarpa Schwägr.
Henediella antarctica (Ångstr.) Ochyra & Matteri
Notoligotrichum trichodon (Hook. f. Wils.) G. L. Sm.
Pohlia drummondii (Müll. Hal.) A. K. Andrews
Pohlia nutans (Hedw.) Lindb.
Pohlia wahlenbergii (Web. & Mohr) A. L. Andrews
Polytrichastrum alpinum (Hedw.) G. L. Sm.
Polytrichum strictum Brid.
Racomitrium sudeticum (Funck) Bruch & Schimp.
Sanionia georgico-uncinata (Müll. Hal.) Ochyra & Hedenäs
Sanionia uncinata (Hedw.) Loeske
Schistidium antarctici (Card.) L. I. Savicz & Smirnova
Syntrichia filaris (Müll. Hal.) Zand.
Syntrichia princeps (De Not.) Mitt.
Syntrichia saxicola (Card.) Zand.
Warnstorfia sarmentosa (Wahlenb.) Hedenäs

태류(Liverworts)

Barbilophozia hatcheri (A. Evans) Loeske
Cephalozia badia (Gottsche) Steph.
Cephaloziella varians (Gottsche) Steph.
Herzogobryum teres (Carrington & Pearson) Grolle
Lophozia excisa (Dicks.) Dumort.
Pachyglossa disstifidolia Herzog & Grolle

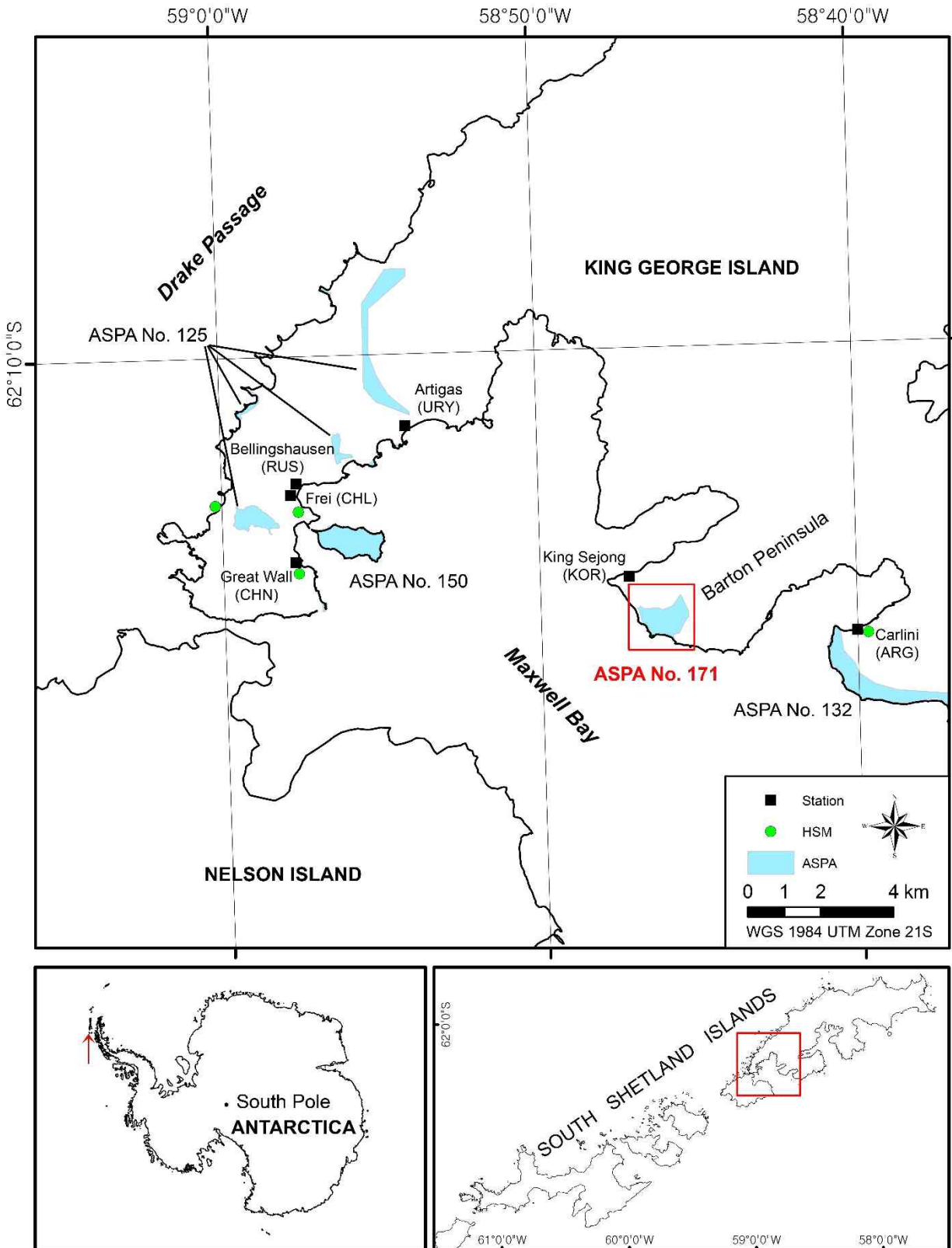
조류(Algae)

Prasiola crispa (Ligtf.) Menegh.

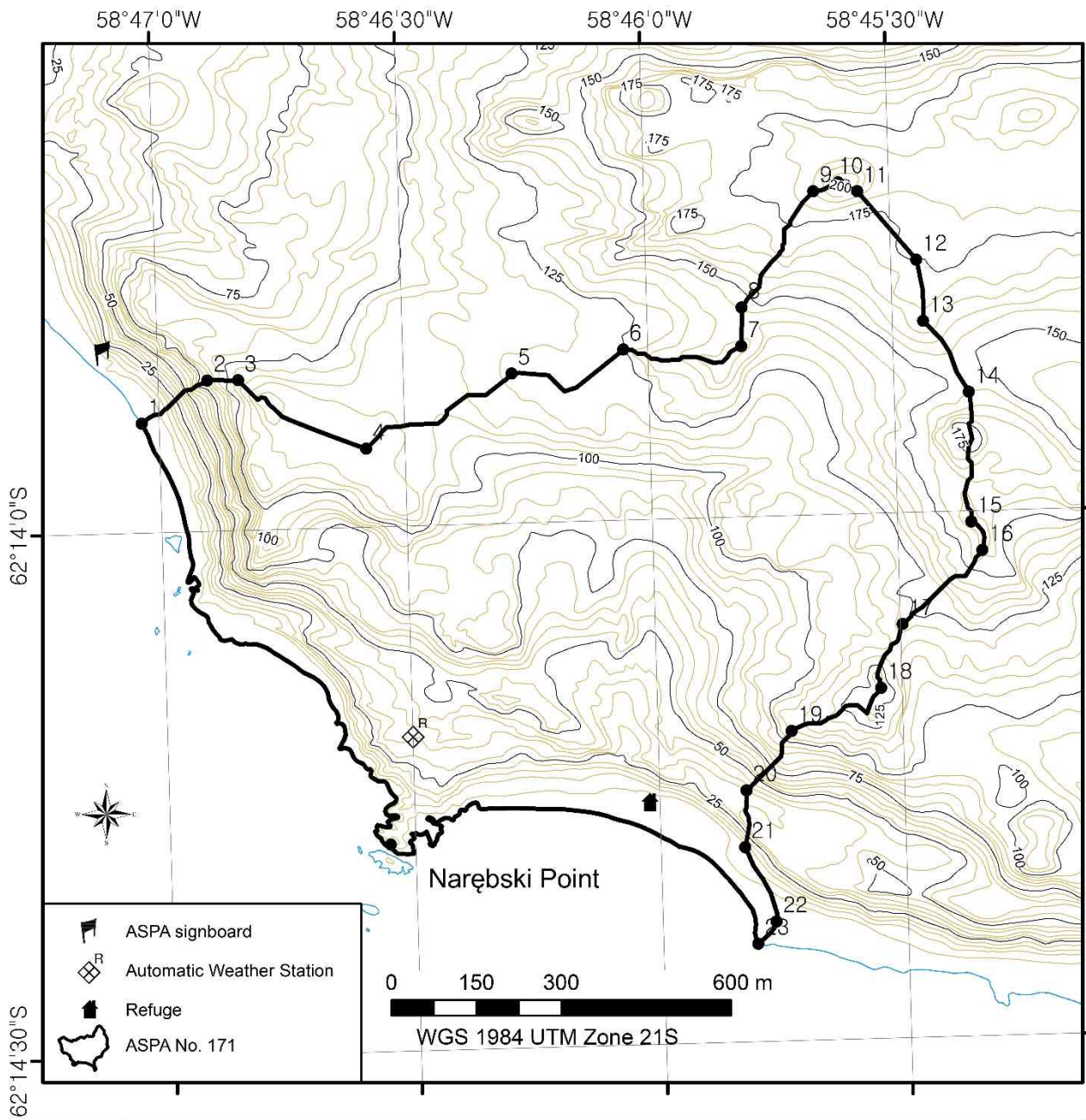
현화식물(Flowering plant)

Deschampsia antarctica Desv

부속서 II. 지도

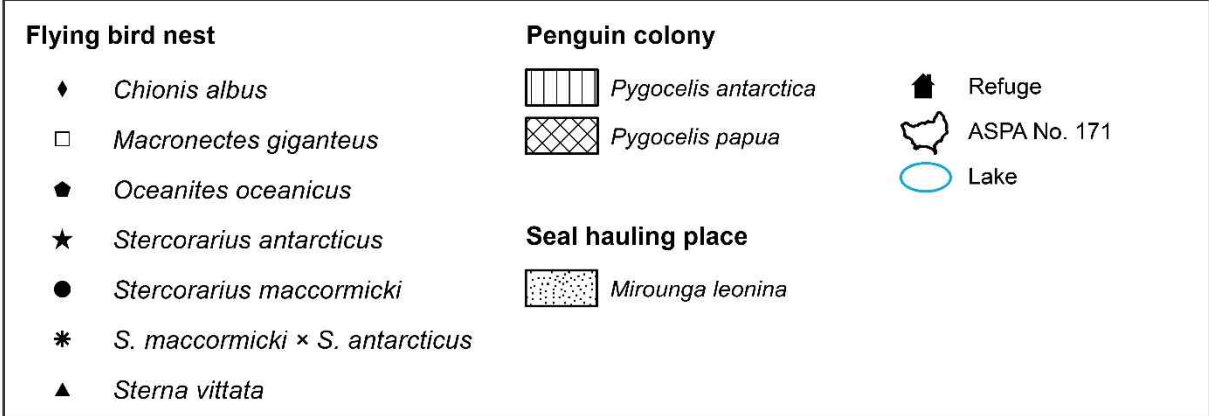
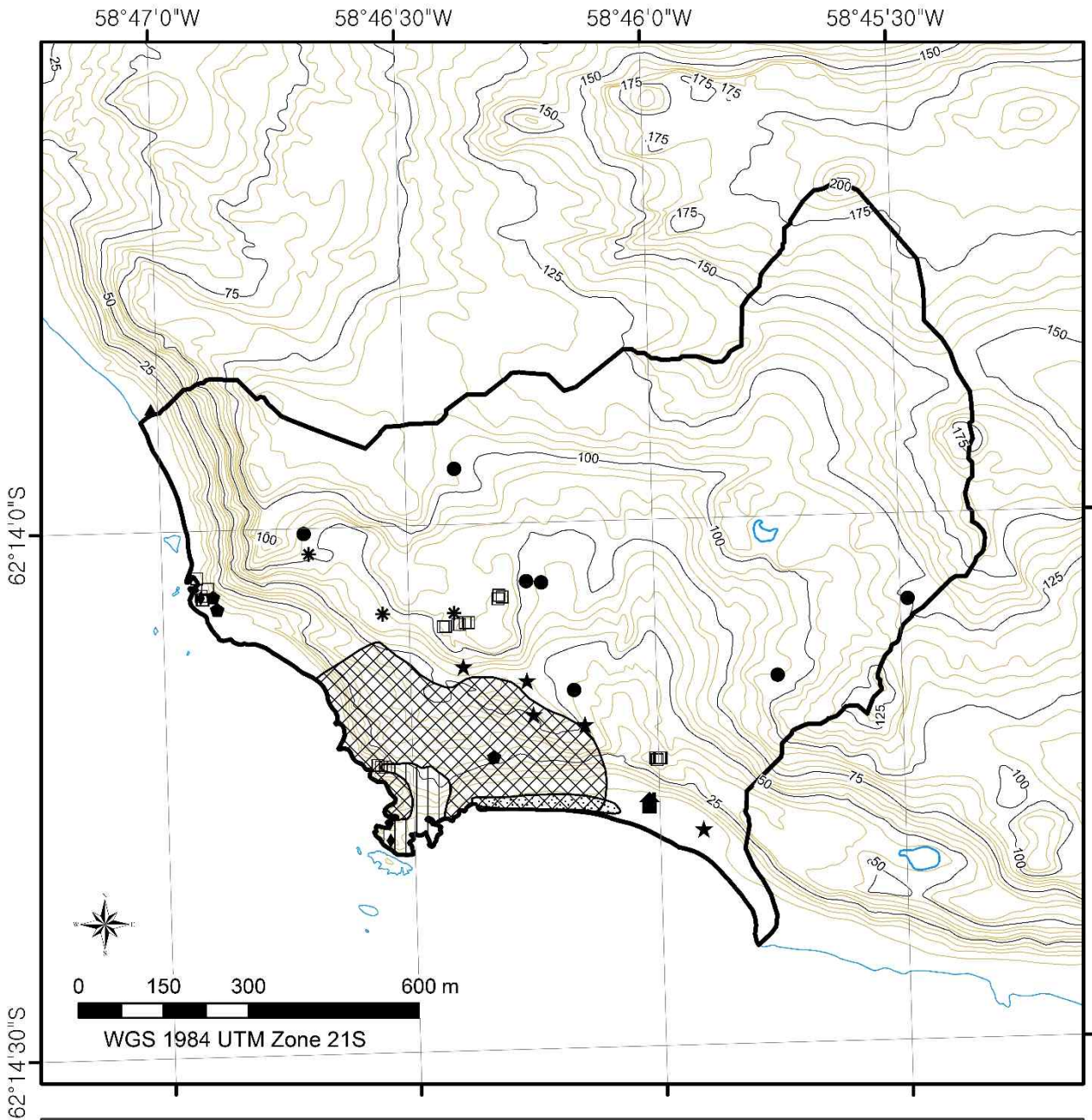


Map 1. 남극특별보호구역 No. 171 (나레브스키 포인트) 및 주변 보호구역들의 위치

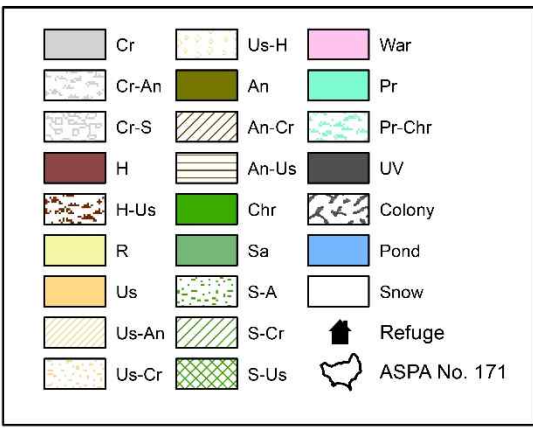
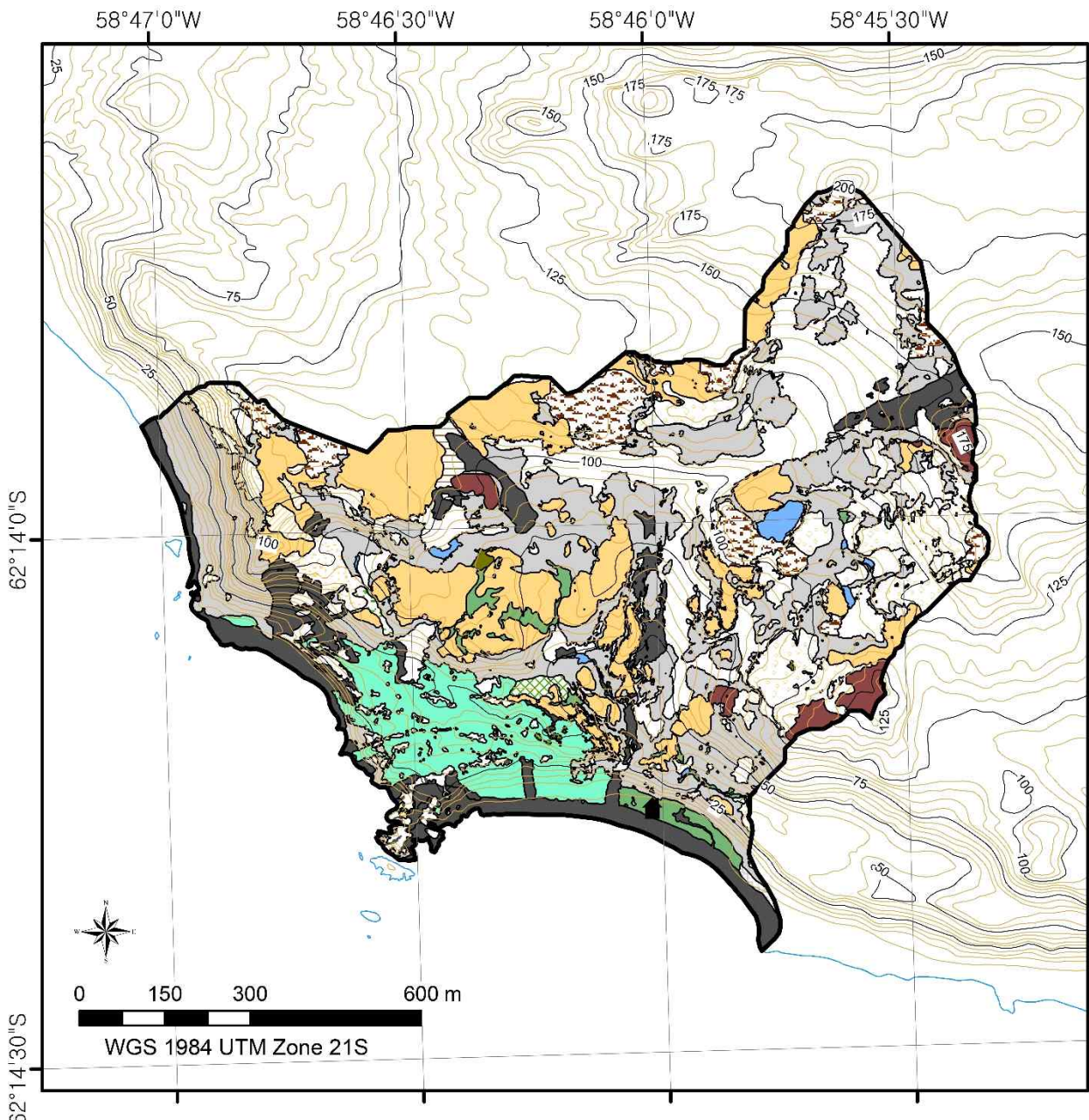


	Latitude	Longitude		Latitude	Longitude
1	62° 13' 53.757" S	58° 47' 02.093" W	13	62° 13' 49.089" S	58° 45' 26.162" W
2	62° 13' 51.395" S	58° 46' 53.906" W	14	62° 13' 53.212" S	58° 45' 20.781" W
3	62° 13' 51.419" S	58° 46' 50.136" W	15	62° 14' 00.629" S	58° 45' 20.934" W
4	62° 13' 55.537" S	58° 46' 34.700" W	16	62° 14' 02.277" S	58° 45' 19.645" W
5	62° 13' 51.459" S	58° 46' 16.650" W	17	62° 14' 06.378" S	58° 45' 29.655" W
6	62° 13' 50.273" S	58° 46' 02.924" W	18	62° 14' 09.993" S	58° 45' 32.489" W
7	62° 13' 50.256" S	58° 45' 48.464" W	19	62° 14' 12.312" S	58° 45' 43.585" W
8	62° 13' 48.041" S	58° 45' 48.312" W	20	62° 14' 15.627" S	58° 45' 49.304" W
9	62° 13' 41.529" S	58° 45' 39.156" W	21	62° 14' 18.883" S	58° 45' 49.666" W
10	62° 13' 41.050" S	58° 45' 36.106" W	22	62° 14' 23.167" S	58° 45' 46.055" W
11	62° 13' 41.592" S	58° 45' 33.772" W	23	62° 14' 24.421" S	58° 45' 48.379" W
12	62° 13' 45.599" S	58° 45' 26.777" W	NP	62° 14' 18.170" S	58° 46' 32.990" W

Map 2. 남극특별보호구역 No. 171의 경계



Map 3. 남극특별보호구역 No. 171 내 조류 개체군 분포 및 기각류 출몰 지점



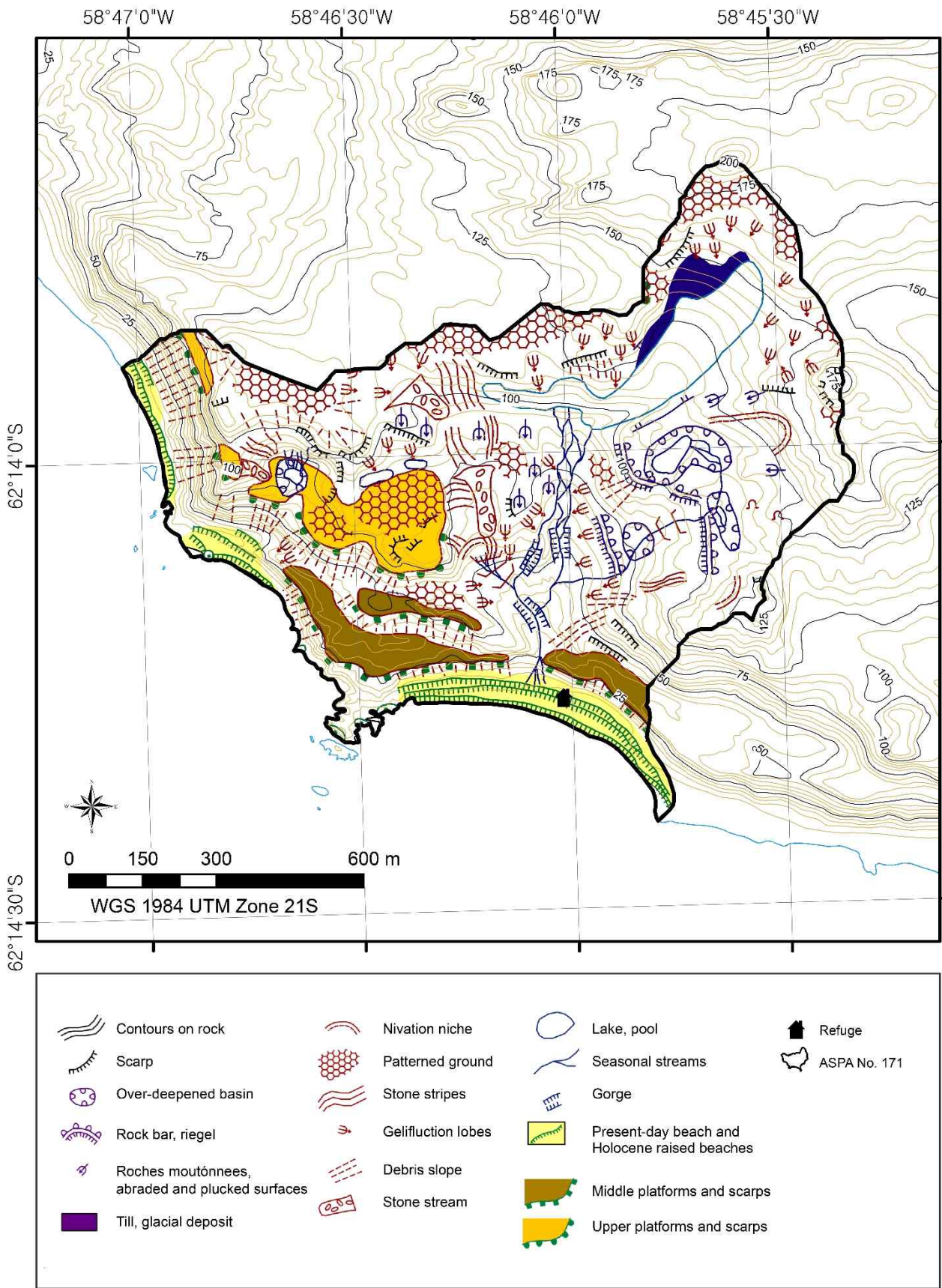
Community abbreviations

Cr: Crustose lichens, CrAn: Crustose lichens-*Andreaea* spp., Cr-S: Crustose lichens-*Sanionia* spp., H: *Himantormia lugubris*, H-Us: *H. lugubris*-*Usnea* spp., R: *Ramalina terebrata*, Us: *Usnea* spp., Us-An: *Usnea* spp.-*Andreaea* spp., Us-H: *Usnea* spp.-*H. lugubris*, Us-Cr: *Usnea* spp.-Crustose lichens, An: *Andreaea* spp., An-Cr: *Andreaea* spp.-Crustose lichens, An-Us: *Andreaea* spp.-*Usnea* spp., Chr: *Chorisodontium aciphyllum*, Sa: *Sanionia* spp., S-A: *Sanionia* spp.-*Andreaea* spp., S-Cr: *Sanionia* spp.-Crustose lichens, S-Us: *Sanionia* spp.-*Usnea* spp., War: *Warnstorfia* spp., Pr: *Prasiola crisper*, Pr-Chr: *P. crisper*-*C. aciphyllum*, UV: Unvegetated area, Colony: Penguin colony, Pond: Pond, Snow: Snow

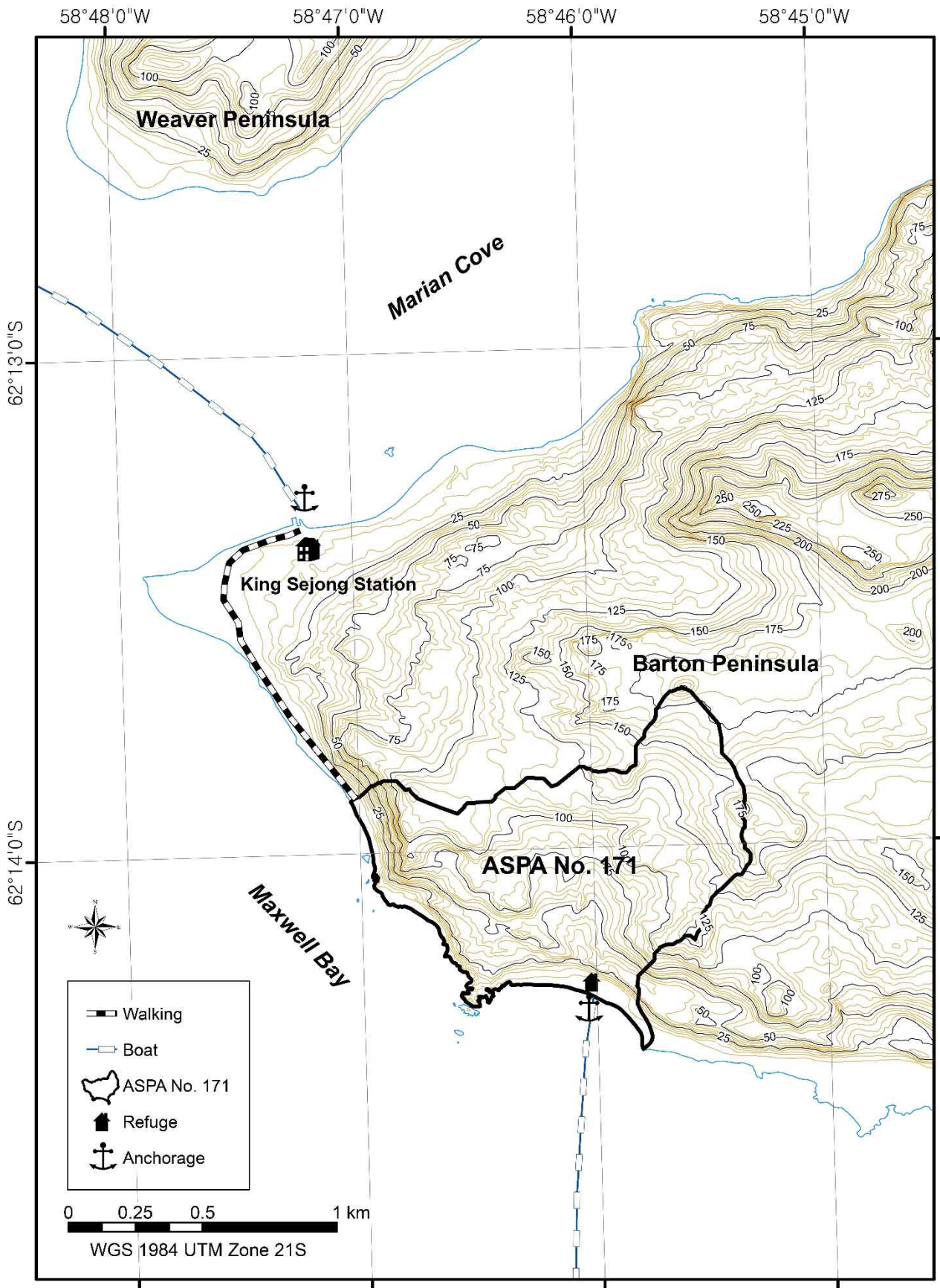
Total coverage of each community (%)

Cr: 75.2, H: 100, H-Us: 99.6, R: 100, Us: 95.4, Us-An: 98, Us-Cr: 93.1, Us-H: 98.8, An: 93.8, Sa: 99.9, S-Us: 98.2, Chr: 100, Pr: 86.8

Map 4. 남극특별보호구역 No. 171의 식생도



Map 5. 남극특별보호구역 No. 171의 지형도



Map 6. 남극특별보호구역 No. 171의 접근 경로



WP 47



**XLII Antarctic Treaty
Consultative Meeting**
Prague • Czech Republic • 2019

ENG

Agenda Item: CEP 9a
Presented by: China, Italy,
Korea
(ROK)
Original: English
Submitted: 17/5/2019



**Proposal for a new Antarctic Specially
Protected Area at Inexpressible Island and
Seaview Bay, Ross Sea**

Attachments: Atcm42_att066_e.doc: ASPA Inexpressible Island Management Plan



ASPAs No. XXX Inexpressible Island and Seaview Bay, Ross Sea	
1. Is a new ASPA proposed?	Yes.
2. Is a new ASMA proposed?	No.
3. Does the proposal relate to an existing ASPA or ASMA?	No.
First designation:	N/A
First adoption of management plan:	N/A
Any revisions to management plan:	N/A
Current management plan:	N/A
Any extensions of expiry dates of management plan:	N/A
Renamed and renumbered by Decision 1 (2002) as:	N/A
4. If the proposal contains a revision of an existing management plan, please indicate the types of amendment:	
(i) major or minor?	N/A
(ii) any changes to the boundaries or co-ordinates?	N/A
(iii) any changes to the maps? If yes, are the changes in the captions only or also in the graphics?	N/A
(iv) any change to the description of the area that is relevant to identifying its location or its boundaries?	N/A
(v) any changes that affect any other ASPA, ASMA or HSM within this area or adjacent to it? In particular, please explain any merger with, incorporation of or abolition of any existing area or site.	N/A
(vi) Other - brief summary of other types of changes, indicating the paragraphs of the management plan in which these are located.	N/A
5. If a new ASPA or ASMA is proposed, does it contain any marine area?	Yes. The total area of the ASPA is 3.31 km ² , of which 0.99 km ² is marine area.
6. If yes, does the proposal require the prior approval of CCAMLR in accordance with Decision 9 (2005)?	Yes.
7. If yes, has the prior approval of CCAMLR been obtained?	No.
If yes, the reference to the relevant paragraph of the relevant CCAMLR Final Report should be given	N/A
8. If the proposal relates to an ASPA, what is the primary reason for designation (<i>ie</i> , which part under Article 3.2 of Annex V)?	(e) areas of particular interest to on-going or planned scientific research
9. If relevant, have you identified the main Environmental Domain represented by the ASPA/ASMA (refer to the 'Environmental Domains Analysis for the Antarctic Continent' appended to Resolution 3 (2008))?	Yes. Domain S (McMurdo-South Victoria Land geologic).
10. If relevant, have you identified the main Antarctic Conservation Biogeographic Region represented by the ASPA/ASMA (refer to the 'Antarctic Conservation Biogeographic Regions' appended to Resolution 6 (2012))?	Yes. ACBR 8 Northern Victoria Land.
If relevant, have you identified any Antarctic Important Bird Areas (Resolution 5 (2015)) represented by the ASPA/ASMA (refer to the 'Important Bird Areas in Antarctica 2015 Summary' appended to ATCM XXXVIII - IP 27 and the full report available at: http://www.era.gs/resources/iba/)?	Yes. IBA178.



Proposal for a new Antarctic Specially Protected Area at Inexpressible Island and Seaview Bay, Ross Sea

Working Paper submitted by China, Italy and Republic of Korea

Summary

China, Italy and the Republic of Korea jointly propose the designation of a new Antarctic Specially Protected Area at Inexpressible Island and Seaview Bay, Ross Sea. The co-authors have prepared the draft ASPA Management Plan and maps annexed to this paper, in accordance with the requirements of Annex V to the Protocol and the Guide to the Preparation of Management Plans for Antarctic Specially Protected Areas (Resolution 2 (2011) for consideration by the CEP.

1. Introduction

Inexpressible Island and Seaview Bay is located in Terra Nova Bay, Victoria Land, Western Ross Sea at 74° 54.2' S, 143° 43.5' E. The proposed area is distinctive and the primary reasons for its designation as an ASPA are that it hosts one of the oldest Adélie penguin (*Pygoscelis adeliae*) colony and an important breeding site of South Polar Skua (*Stercorarius maccormicki*). Such a peculiar ecosystem is related to the adjacent Terra Nova Bay polynya and allows comparison with other nearby sites with different sea ice dynamics along the year. Moreover, in the proposed area, several lakes are influenced by guano nutrient inputs from birds, while others are not impacted.

The first documented record of an Adélie penguin breeding group in the Area was in 1963, and continuous monitoring has been carried out from the 1980s to the present, with so far one of the earliest statistical record of the Adélie penguin in the Ross Sea region. The active penguin colony in the Area has had continuous occupation for the past ~7,000 year, which is the longest existing Adélie penguin colony in the Ross Sea region. The proposed area includes crucial penguins' foraging access area to Terra Nova Bay polynya.

The proposed area is listed as an important bird area (IBA178) by Bird Life International and is described as Domain S (McMurdo-South Victoria Land geologic) based on the Environmental Domains Analysis for the Antarctic continent. Moreover, the proposed area sits within Antarctic Conservation Biogeographic Region (ACBR) 8 Northern Victoria Land.

China, Italy and Korea are jointly proposing the designation of an ASPA in the proposed area for long-term special protection because of the outstanding scientific and ecological values and its potential vulnerability to disturbance from scientific, logistic and tourist activities.

2. Values in need of special protection

The exceptional scientific and ecological values of the Area are based on the following:

- The Adélie penguin colony of Inexpressible Island is one of the longest monitored Adélie penguin population in Ross Sea region since 1963 and lasted in the past 30 years. Long-term population monitoring will provide support for studying the dynamics of breeding penguin populations, and the relationship between populations and climate change.
- It is the longest continuous occupation breeding colony of Adélie penguin in Ross Sea area, and the subfossil bone samples that retain DNA and guano in recent 7,000 years of the Adélie penguin have been cryopreserved in the area. Study on the remains would provide a rich and unique sample library for studying the historical dynamics, climate change and molecular

evolution on the geologic scale.

- The Inexpressible Island penguin's population may act as a source for neighboring subpopulations of Adélie penguin colonies in Edmonson Point and Adélie Cove.
- South Polar Skua nests are distributed around Adélie penguin colony of the proposed area, and the Skuas have a low breeding success in the Terra Nova Bay area in comparison with other areas. Long-term monitoring and research on the reproductive population dynamics, ecology and interspecific relationships of the top trophic level omnivorous South Polar Skua not only supports the conservation of the species, but also helps to reveal the response of lower trophic levels to climate change.
- The Adélie penguin colony located in a high-quality habitat nearby the polynya. The easier foraging access between breeding colonies and sea, could have a positive impact on the feeding efficiency and diet composition of Adélie penguins thus explaining the possible differences in the breeding success rate, and allowing comparison studies with other areas of the Ross Sea.
- The presence of the polynya offers opportunity to study the undisturbed marine food-web structure and functioning under ice free conditions allowing comparisons with the nearby areas where sea ice coverage is more persistent. This proposed area is a reference site concerning studies on the marine food-web structure and the effect of sea ice dynamics on the ecosystem.
- Several fresh-water lakes within the penguin breeding area are present and are influenced by guano input and sea spray, which determine a particular physiochemical and trophic status with higher levels of nutrients. Highly influenced and some not influenced lakes by guano and sprayed sea water would provide references for the comparative limnetic ecological study.
- The beaches of Inexpressible Island have risen by 30 m in the Holocene, and there are the best-preserved ocean and glacial landforms in Terra Nova Bay. The unique geomorphological feature is of great scientific value for studying geological and glacial changes, the evolution of penguin distribution patterns, and Holocene climate change.

3. Boundary proposal

The proposed area is located in the eastern central part of Inexpressible Island, including the Seaview Bay and the northern part of the South Bay. The total area of the proposed ASPA is 3.31 km², of which 2.32 km² is terrestrial and 0.99 km² is marine area. The total extent of the borders is 7.86 km. Eastwards, the boundary of the ASPA is mainly marine, and includes the foraging access routes that penguins use intensively to access the sea. Westwards, the boundary borders the current South Polar skua nesting area and the historical distribution area of the Adélie penguin, including freshwater lakes far away from the birds' nests.

4. Procedures so far undertaken

At CEP XXI Meeting in Buenos Aires, Argentina, China introduced WP 30 *Prior assessment of a Proposed Antarctic Specially Protected Area (ASPA) on the Inexpressible Island*. The Committee agreed that due to the combination of scientific, environmental and historic values present, and the increasing human activities, the area merited to be designated as an ASPA. Italy expressed its interest in joining China as a co-proponent of the ASPA. The Committee encouraged interested Members and Observers to work with China during the intersessional period to develop a draft management plan for submission at CEP XXII.

As a follow-up to the conclusion at CEP XXI Meeting, China and Italy decided that a good opportunity to exchange views on the subject would be through the organization of international workshops on the proposed ASPA. The first workshop was held on October 11-12, 2018 in Xiamen, China and saw the participation of Italy, Korea and New Zealand. A first draft management plan was circulated by China to participants. The workshop agreed on some important issues such as the boundary of the ASPA and values to be protected. It was decided that China, Italy and Korea would be the co-proponents of the ASPA.

The second international workshop on the proposed ASPA was held in Rome, Italy on April 9-10, 2019. China, Korea, New Zealand and United States participated the workshop, Germany provided opinions on the draft management plan. During the workshop a detailed discussion on the revised draft management plan prepared by the co-proponents took place. The final version is attached to this WP. Although fishing is not being carried out within the marine area of the proposed ASPA, the co-proponents decided to forward the draft management plan for consideration by CCAMLR. According to the procedure of CCAMLR, the proposal needs to be evaluated first by the Working Group on Ecosystem Monitoring and Management (WG-EMM). Italy will present it to the WG-EMM-19 on behalf of the co-proponents for discussion.

5. Recommendation

The draft management plan for Antarctic Specially Protected Area at Inexpressible Island and Seaview Bay, is submitted to the CEP for its consideration. China, Italy and Korea recommend that the CEP refer the draft Management Plan to the Subsidiary Group on Management Plans (SGMP) during the intersessional period of 2019-2020.





Management Plan for Antarctic Specially Protected Area No. XXX

INEXPRESSIBLE ISLAND AND SEAVIEW BAY, ROSS SEA

Introduction

Inexpressible Island and Seaview Bay is located in Terra Nova Bay, Victoria Land, Western Ross Sea at 74° 54.2' S, 143° 43.5' E (Map 1). The ASPA (hereinafter also referred to as Area) has an approximate area of 3.31 km², 0.99 km² marine (35 %) and 2.32 km² terrestrial (65%) (Map 2) and was proposed by China, Italy and the Republic of Korea. The Area is distinctive and the primary reasons for its designation as an ASPA are that it hosts one of the oldest Adélie penguin (*Pygoscelis adeliae*) colony and an important breeding site of South Polar Skua (*Stercorarius maccormicki*). The area is listed as an important bird area (IBA178) by BirdLife International (Resolution 5, 2015). Such a peculiar ecosystem is related to the adjacent Terra Nova Bay polynya and allows comparison with other nearby sites with different sea ice dynamics along the year. Moreover, in the ASPA, several lakes are influenced by guano nutrient inputs from birds, while others are not impacted.

The first documented record of an Adélie penguin breeding group in the Area was in 1963, and continuous monitoring has been carried out from the 1980s to the present, with so far one of the earliest statistical record of the Adélie penguin in the Ross Sea region. The active penguin colony in the Area has had continuous occupation for the past ~7,000 years, which is the longest existing Adélie penguin colony in the Ross Sea region. There are more than 20,000 breeding pairs of Adélie penguins, and about 60 South Polar Skua breeding pairs. The proposed ASPA includes crucial penguins' foraging access area to Terra Nova Bay polynya.

The ASPA is described as Domain S (McMurdo-South Victoria Land geologic) based on the Environmental Domains Analysis for the Antarctic continent (Resolution 3, 2008), with ASPA 161 (Terra Nova Bay, Ross Sea) which partially contains Environment U as well. Moreover, the ASPA sits within Antarctic Conservation Biogeographic Region (ACBR) 8 Northern Victoria Land (Resolution 3, 2017).

1. Description of values to be protected

The exceptional scientific and ecological values of the Area are based on the following:

The Adélie penguin colony of Inexpressible Island is one of the Adélie penguin population in Ross Sea region longest monitored in the past 30 years (Woehler and Croxall, 1997). Located in Seaview Bay (74°54'04" S, 163°43'20" E) and South Bay (74°54'40" S, 163°43'31" E), the penguin colony is currently made up by more than 20,000 breeding pairs in Seaview Bay, and about 100 breeding pairs in South Bay respectively (Map 3). The latest record is a total number of 25,089 breeding pairs in 2017 (MOE, 2019). Long-term planned population dynamic monitoring will provide support for studying the dynamics of breeding penguin populations, and the relationship between populations and climate change.

The Adélie penguin breeding colony have the longest continuous occupation history, longer than 7,000 years in the Area (Shepherd et al. 2005; Emslie et al, 2007). Extraction of ancient DNA from remains is important for estimating and correcting molecular evolution rates, and exploring population historical dynamics, genetic structural changes, as well as climate change (Baroni and Hall, 2004; Baroni and Orombelli, 1991; Emslie et al., 2007; Lambert et al., 2002). Subfossil bone samples that retain DNA for 7,000 years of the Adélie penguin have been cryopreserved in the area. In fact, in the current breeding grounds, there is high density (1-5/m²) of well-preserved penguin mummies of different ages, which would provide a rich and unique sample library for studying the historical dynamics, climate change and molecular evolution on the geologic scale. Additionally, penguin guano input in the lacustrine sediment is also ideal for paleoecology research. Sub-fossil remains of elephant seals were also recovered in the area (Hall et al., 2006).

In Terra Nova Bay and surrounding areas (Wood Bay) three colonies of Adélie penguin are present: Edmonson Point (Wood Bay, ASPA 165), Adélie Cove, and Inexpressible Island (c. 2,000, 11,000 and 25,000 pairs, respectively Lyver et al. 2014; Pezzo et al., 2007) located in a stretch of coast of about 75 km in a straight line (Map 1). The bigger Inexpressible Island penguin's population, located in a high quality habitat nearby the polynya, may act as a source for smaller neighboring subpopulations of Adélie penguin colonies (Olmastroni, personal communication).

South Polar Skua nests are distributed around Adélie penguin colony of the ASPA (Map 3). The nests are made up as shallow depressions located on flat ground among glacial boulders in the terraces of different heights formed from Moraine ridge. Up to 60 breeding pairs were recorded (Ainley et al., 1986), a more recent census by Italian (2010) and Chinese (2018) scientists reported 25-29 breeding pairs and 17-34 non breeders in the penguin colony area. Long-term monitoring and research on the reproductive population dynamics, ecology and interspecific relationships of the top trophic level omnivorous South Polar Skua not only supports the conservation of the species, which is known to have a low breeding success in the Terra Nova Bay areas (Pezzo et al., 2001), but also helps to reveal the response of lower trophic levels to climate change.

The vicinity between breeding sites of Adélie penguin and South Polar Skua on Inexpressible Island and Terra Nova Bay polynya, facilitating the foraging access between breeding colonies and sea, could have a positive impact on the feeding efficiency and diet composition of Adélie penguins (Widmann et al., 2015) thus explaining the possible differences in the breeding success rate, the trophic position occupied in the food web and the exposure to pollutants, and allowing comparison studies with other areas of the Ross Sea (Ainley 2002, Ainley et al., 1998, Olmastroni et al 2004a, 2004b, Signa et al., 2018). Notably, ASPAs of Edmonson Point and Cape Hallett (No. 165 and No. 106 respectively), located northward in the Ross Sea both outside the polynya area, include colonies of Adélie penguin and South Polar Skua which are already studied by Italian and Korean scientists respectively, thus representing useful sites for comparisons with similar levels of protection.

This Area is a reference site concerning studies on the marine food-web structure and the effect of sea ice dynamics on the ecosystem. In effect, the presence of the polynya allows to study the undisturbed marine food-web structure and functioning under ice free conditions allowing comparisons over time and space with what is observed in other nearby areas where sea ice coverage is more persistent (Norkko et al., 2007; Cummings et al., 2018; Calizza et al., 2018). The benthic community of Terra Nova Bay (ASPA 161) has been studied for a long time and could offer opportunity for comparison. This provides an important scientific value to the site of Inexpressible Island.

This Area allows comparison studies between lakes influenced by guano nutrient inputs from birds and others not influenced. Indeed, several fresh-water lakes within the penguin breeding area are present and are influenced by guano input and sea spray. Such conditions determine a particular physiochemical and trophic status with higher levels of nutrients, higher-salinity and higher Chl-*a* than the generally oligotrophic freshwater bodies in continental Antarctica (Barbaro et al., 2014, Borghini et al., 2007; Michaud et al., 2012; Wei et al., 2016). High nutrition and historical deposits of guano may generate distinct aquatic communities with low abundance of pico-cyanobacteria and the consistently pronounced abundance of the Gammaproteobacteria. Highly influenced and some not influenced lakes by guano would provide references for the comparative limnetic ecological study.

The beaches of Inexpressible Island have risen by 30 m in the Holocene (Baroni and Orombelli, 1991), and there are the best preserved ocean and glacial landforms in Terra Nova Bay (Baroni and Hall, 2004). Inexpressible Island and Seaview Bay have 14-level coastal terraces at 0-33 m above sea level, with abandoned penguin nests and/or ancient penguin remains distributing at all levels (Baroni and Hall, 2004; Baroni and Orombelli, 1991; Emslie et al., 2007; Lambert et al., 2002). This unique geomorphological feature is of great scientific value for studying geological and glacial changes, the evolution of penguin distribution patterns, and Holocene climate change.

Inexpressible Island and Seaview Bay are accessible by land, sea, and air from the new Chinese planned station in the vicinity of the Area at Inexpressible Island and from nearby research stations in Terra Nova Bay. Flight activity in the region is frequent throughout the summer season with mostly helicopter movements.

The ASPA requires long-term special protection because of the outstanding scientific and ecological values and its potential vulnerability to disturbance from scientific, logistic and tourist activities.

2. Aims and objectives

- avoid degradation of, or substantial risk to, the values of the ASPA by preventing unnecessary

human disturbance to the area;

- allow the ASPA to be used as a reference area for future comparative studies with other breeding populations of Adélie penguins and South Polar Skuas in Terra Nova Bay and neighboring areas, and research and long term monitoring of terrestrial, marine and lacustrine ecosystems, in an international collaboration framework;
- allow to continue studies on historical clues of the evolution of the Adélie penguin and other species subfossil remains and ornithogenic soil;
- promote coordinated research activities ensuring protection from oversampling;
- allow scientific support activities and visits for educational purposes provided that such activities cannot be served elsewhere and that will not jeopardize the natural ecological system in the Area;
- prevent, to the maximum extent practicable, the introduction of non-native species and pathogens that may endanger or alter the local pristine ecosystems;
- allow visits for management purposes in support of the aims of the management plan.

3. Management activities

The following management activities shall be undertaken to protect the values of the ASPA:

- Signs showing the location of the Area (stating the special restrictions that apply) shall be displayed prominently;
- Copies of this Management Plan shall be made available to all stations located within 50 km of the Area, to all vessels and aircraft visiting the Area and/or operating in the vicinity of the adjacent stations, and all pilots and ship captains operating in the region shall be informed of the location, boundaries and restrictions applying to entry and overflight within the Area;
- National programs shall take steps to ensure the boundaries of the Area that apply within are marked on relevant maps and nautical/aeronautical charts;
- Markers, signs or structures erected within the Area for scientific or management purposes shall be secured and maintained in good condition, and removed when no longer required;
- Any abandoned equipment or material shall be removed to the maximum extent possible provided doing so does not adversely impact on the environment and the values of the Area;
- Visits shall be made as necessary (no less than once every five years) to assess whether the Area continues to serve the purposes for which it was designated and to ensure management and maintenance measures are adequate;
- National Antarctic Programs are encouraged to promote international collaboration and to consult together to coordinate sampling and bird mapping activities thus reducing the cumulative impact and preventing oversampling of soil and fauna and flora within the Area;
- National Antarctic Programs operating in the region shall consult together with a view to ensuring that the above provisions are implemented.

4. Period of designation

Designated for an indefinite period

5. Maps

- **Map 1:** ASPA XXX: Inexpressible Island and Seaview Bay – Regional Map.
- **Map 2:** ASPA XXX: Inexpressible Island and Seaview Bay – topographic map with access guidance and bathymetry.
- **Map 3:** ASPA XXX: Inexpressible Island and Seaview Bay – Adélie Penguin Colony.

6. Description of the Area

6(i) Geographical coordinates, boundary markers and natural features

General description

The ASPA is situated in middle Terra Nova Bay (Map 1). The Area includes a bare land area with some lakes, facing Seaview Bay and the northern part of South Bay in Inexpressible Island, and a marine coastal area, which defines the eastern border of the Area (Maps 2 and 3). The strong katabatic winds from the Nansen Ice Shelf opened a large polynya in the eastern waters off the Adélie penguin nesting area, potentially promoting the foraging efficiency and thus the raising of chicks. This Area has a special landform, and mainly includes 14 grades of curved terraces of different heights formed from Moraine ridge stacked by glaciers, and a stepped hail ridge slope formed by the glacial till cover extends to the sea. Different sizes of glacial boulders are distributed in the terraces. The terrestrial area is mainly covered by gravels and cobbles of different size, being mainly larger than 20 cm.

Borders and coordinates

The Area is located in the eastern central part of Inexpressible Island, including the Seaview Bay and the northern part of the South Bay. The total area of the ASPA is 3.31 km², of which 2.32 km² is terrestrial and 0.99 km² is marine area. The total extent of the borders is 7.86 km. Eastwards, the boundary of the ASPA is mainly marine, and includes the foraging access routes that penguins use intensively to access the sea. Westwards, the boundary borders the current South Polar skua nesting area and the historical distribution area of the Adélie penguin, including freshwater lakes far away from the birds' nests.

The eastern boundary of the Area at the NE corner extends from the coordinates B1 on the eastern coast of the Seaview Bay due south for to B8 of the South Bay (Table 1, Map 2). The northern boundary from B1 follows along the coastline to B2, then to B3 and B4, along the foot of the hill to B5. The western boundary is from B5 to B6 (the same longitude with B5), and then to B7 (the same latitude with B8).

Table1. Boundary coordinates of ASPA XXX (see map 2 and 3 for the site)

name	Latitude	Longitude
B1	74°53'46.13"S	163°45'00.00"E
B2	74°53'40.41"S	163°44'31.07"E
B3	74°53'29.99"S	163°43'44.97"E
B4	74°53'14.17"S	163°43'30.65"E
B5	74°53'14.17"S	163°42'11.02"E
B6	74°54'28.93"S	163°42'11.02"E
B7	74°54'46.54"S	163°43'11.11"E
B8	74°54'46.54"S	163°45'00.00"E

Climate

Nine weather stations have been set up in the southern and central parts of Inexpressible Island. According to the data of Manuela Automatic Weather Station (74°56'45.6" S, 163°41'13.2" E, 78 m above sea level), the annual average temperature in the Area is -18.5 °C. The number of days below -40 °C does not exceed 0.1%, the number of days between -30 ~ -15 °C is about 63%, and the number of days between -15 ~ 0° C is 33%. The minimum annual average temperature is -19.2°C (1998), and the maximum is -17.4°C (2012). The average daily temperature in winter is below -35°C, the lowest is -40.6°C (September 2, 1992); the average daily maximum temperature in summer exceeds 0°C, the highest value is 6.9 °C. The average temperature in December was the highest, at -3.6 ± 1.26 °C, the lowest in August, at -26.66 ± 2.87 °C.

The annual average wind speed is 14.2 m/s, the daily average maximum wind speed is 34.2 m/s (July 1989), and the maximum instantaneous wind speed is 45 m/s (February 1985) (Bromwich, 1988). In November, December and January, wind speeds below 15 m/s accounted for 90%. The wind speed has varied according to seasonal changes. The highest monthly average wind speed is in August (16.54 m/s), and the lowest in December (5.20 m/s). A total of 298 strong katabatic wind events occurred in 10 years, of which 49.8% occurred in winter (21% in July), and the average duration was about 10 hours. No strong katabatic wind events were recorded in December and January. The monthly average wind speed of strong katabatic wind is between 25~30 m/s, with the maximum wind speed of above 40 m/s.

According to the observation data of weather stations (74°54'04.02"S, 163°43'45.85"E) located in the ASPA, the average temperature in January is -4.8°C, the average instantaneous wind speed is 5.7 m/s, with the maximum instantaneous wind speed of 18.1 m/s.

Marine area and polynya

Terra Nova Bay is one of the deepest water basins in the Ross Sea, with a maximum depth of about 1,100 m (Buffoni et al., 2002). The ocean circulation in the bay moves parallel to the north through the upper layer in summer, parallel to the coast, and rotates clockwise with depth (Vacchi et al., 2012). The continuous strong katabatic wind and the blocking of the ice floe by Drygalski Ice Tongue formed a huge polynya in the Terra Nova Bay (Bromwich and Kurtz, 1984; Van Woert, 1999), with an average area about 1,300 km² (0-5,000 km², Kurtz and Bromwich, 1983), and up to 2,500 km² in December 2017. The salt discharged from the ice formation increased the salinity of the seawater (up to 34.87 ‰), and the sea surface freezing point was -1.9°C.

The marine portion of the ASPA includes the coastal area facing the Adélie penguin colony, extending for 0.99 km² and less than 50 meters depth (Map 2). The benthic communities of this area are poorly known. Preliminary surveys through underwater cameras indicate a rich macroalgae coverage consisting mainly of *Iridaea cordata* at 5-10 meters depth (M.C. Chiantore, pers.comm.), and associated rich coverage of filamentous aggregates of unknown composition. Some animal organisms were observed during the survey. These include the two small-size fish species *Trematomus bernacchii* and *T. pennellii*, the sea star *Odontaster validus* and amphipods possibly belonging to the family Lysianassidae (M. Vacchi and E. Calizza, pers. comm.).

Freshwater lakes and brackish lagoon

The Area presents a distribution of 6 freshwater lakes and 1 brackish lagoon (Map 3) with a distance from the coast from 0.130 km to 1.16 km, and an estimated total surface of 17,780 m² (range from 97 m² to 8,162 m²). Some of them, in vicinity of the Adélie penguin colony and South Polar Skua, are influenced by guano nutrient input, while others located at a greater distance, may serve as reference of present conditions and for long term comparisons (Blais et al., 2005; Borghini et al., 2007).

Six freshwater lakes in this area were investigated in both 2017/2018 and 2018/2019 summer seasons, the incredibly high nutrients concentration of these lakes, interestingly different from other typical ultra-/oligotrophic polar lakes, was recorded. It showed the difference of nutrient concentrations from three freshwater lakes at a greater distance outside of the area, which were investigated in 2018/2019 summer season too. The concentration of NH₄-N ranged from 0.40 mg/L to 61.22 mg/L, and the concentration of NO₂ ranged from 0.8 to 0.49 mg/L, the freshwater [PO₄] concentration ranged from 0.08 to 17.72 mg/L. The concentration of TOC ranged from 5.12 mg/L to 33.38 mg/L. There were 42 phytoplanktons detected, and the *Bacillariophyta*, *Cyanophyta*, *Chlorophyta* were the dominant phytoplankton taxa. The density ranged from 1.65×10⁴~1.02×10⁷ cells/L. The *Prorodon viridis*, *Urotricha farcta*, *Lacrymaria minima*, *Trachelophyllum sigmoides*, *Colpoda cucullus*, *Vorticella sp.* and *Strobilidium gyrans* were the dominant zooplanktons (Zhang, pers. comm.).

Birds

The latest count of 2017 reported 25,089 breeding pairs of Adélie penguin (*Pygoscelis adeliae*) (MOE, 2019). The penguins are mainly distributed in the central part of Seaview Bay, and there are about 100 breeding pairs (131 breeding pairs in 2017) in South Bay (Map 3). There is not significant genetic divergence of the penguins between the South Bay and Seaview Bay on the basis of SNP (Single Nucleotide Polymorphism) analysis (Zhang, pers. comm.). The first documented record of Adélie penguin with 11,000 breeding pairs in the area was published in 1963, as the one of the earliest statistical record of the Adélie penguin in the Ross Sea so far (Stonehouse, 1969; Woehler and Croxall, 1997). Since the 1980s, scientists from New Zealand, Italy, Korea and China have kept monitoring the population, and an albino Adélie penguin chick was found in Seaview Bay in 2017. By tracking of the GPS satellite tags in 2019, penguin can dispersal to Ross Island in same breeding season (Xia and Zhang, pers. comm.).

In Seaview Bay their breeding grounds are distributed on slopes ranging from width of 10 to 700 meters along the coastline. The nest site is 0.5-33 meters above sea level, and more than 80% of the breeding individuals are distributed between 0.5-10 meters above sea level. During the breeding period, the Adélie penguins carrying food reach the core colony area and then travel 14.4±19.3 minutes to reach the highest breeding area. Adélie penguins nests were built along the low-to-high terraces, composed of many hilly nests of different heights. They come into being as "crèches" with dozens to thousands of penguin chicks on the hills. Studies carried out on chick rearing Adélie penguin showed that diet composition in the Terra Nova Bay area consisted of Antarctic silverfish

(*Pleuragramma antarctica*) which resulted to be the primary prey, while the other main prey was ice krill (*Euphausia crystallorophias*), and to a lesser extent the Antarctic krill (*E. superba*) (Olmastroni et al 2000; 2004a).

The number of 131 breeding pairs of Adélie penguin was recorded in South Bay in 2017. The nest site is located on the southern slope 5-10 meters from the shoreline, 3-10 meters above sea level, and the nest area is no more than 1000 m². All the young chicks are in one single “crèche”.

Scientists from Italy and New Zealand have extracted 15 individual Adélie penguin sub-fossils dating from about 6,100 years ago from the same stratum in the penguin habitat, and have carried out genetic analysis and phylogeny (Shepherd et al., 2005). The remains and fecal samples of Adélie penguins dug in the 14th terrace of Seaview Bay and South Bay have attracted scientific interest from Italy, United States and other countries in the past 30 years. Meanwhile, Chinese scientists have developed a related program in the recent 5 years, and total amount has reached to more than 130 sample copies (see supplementary material) (Baroni and Orombelli, 1991, 1994; Baroni and Hall, 2004; Emslie et al., 2007; Lambert et al., 2002; Lorenzini et al., 2010, 2012; Stuiver, 1981; Whitehouse et al., 1989). These precious materials can provide the possibility for studying climate change and molecular evolution.

Up to 60 breeding pairs of South Polar skua were recorded in the Area (Ainley et al., 1986). The number of mature South Polar Skuas globally is 6,000-15,000 (Birdlife International, 2017), or 5,000-8,000 breeding pairs (de Hoyo et al., 1996). The South Polar skuas mainly breed in the rock belt around the Adélie penguin breeding colony, and in some areas the nests of both bird species present a mosaic distribution (Map 3 for 2018 breeding points). Sometimes gather colony with 20-30 South Polar Skuas is observable. In the survey in late December 2016 and 2017, there were 2 eggs or 2 chicks in each nest of South Polar skuas. However, in the January 2018 survey, only one chick was found in every nest, such phenomena probably as a consequence of conspecific predation (de Hoyo et al., 1992). Similarly, South Polar skuas of Edmonson Point produce 1.9±0.2 eggs, but the reproductive success rate of each breeding pair is only limited to 0.2±0.4. Conspecific aggressive behavior, siblicide (large chicks kill small ones), harsh weather, and late egg laying are the main causes of low reproductive success (Pezzo et al., 2001). The success rate of skua's breeding and the factors affecting reproduction on the Inexpressible Island require further investigation.

In the Area, emperor penguins (*Aptenodytes forsteri*), Wilson's Storm Petrels (*Oceanites oceanicus*), Snow Petrels (*Pagodroma nivea*), Antarctic Petrels (*Thalassoica antarctica*) can also be observed.

Table 2. The population size of Adélie penguins in ASPA XXX (breeding pairs).

Year	Population Size	Reference
1963	11,000	Stonehouse, 1969
1982	9,217	Woehler and Croxall, 1997
1983	17,120	He et al., 2017
1984	24,864	Wilson et al., 2017
1987	28,715	Woehler and Croxall, 1997
1989	23,528	Woehler and Croxall, 1997
1991	20,029	Woehler and Croxall, 1997
2001	24,142	Italy investigation
2012	24,450	Lyver et al., 2014
2017	25,089	MOE, 2019

Mammals

Weddell seals (*Leptonychotes weddellii*), Leopard seals (*Hydrurga leptonyx*) and less frequently Crabeater seals (*Lobodon carcinophagus*) can be observed in the seawaters near the Area. The Weddell seals also often habit near the penguin gathering ground and the lagoon. Leopard seals have been observed regularly preying on penguins (adults and juveniles) in the seawaters in front of the colony (2001 onwards Olmastroni pers. comm.). In 2017, two unusual attacking events by Weddell seals against Adélie penguins were recorded. Subfossil remains of elephant seals indicate a large presence of this species in the past (Hall et al., 2006). At the present time, the occurrence of elephant seals (*Mirounga leonina*) is very rare in Terra Nova Bay (just one record in the last two decades).

Terrestrial invertebrates

Only *Gressittacantha terranova* (Collembola, Entognatha) were recorded by Fanciulli et al. (2001) in the first study on population genetics of Antarctic soil microarthropods and *Acutuncus antarcticus* (Eutardigrada, Hypsibiidae) recorded by Cesari et al. (2016).

Mosses and lichens

Scientists have determined that the biodiversity of mosses and lichens was high in specialized terrestrial habitats in this region (Castello, 2003; Cannone and Seppelt, 2008). A total of nine lichens were recorded in 2016-2017, including the widely distributed species *Buellia frigida* (as the constructive species), except that other species as *Acarospora gwynnii*, *Candelariella flava*, *Lecanora expectans*, *Lecanora fuscobrunnea*, *Umbilicaria decussata*, *Xanthoria elegans* and *Xanthomendoza borealis*. In the south rock ridge of the penguin colony in Seaview Bay, *Bryum argenteum* was sparsely distributed.

Terrestrial algae and microorganisms

The cold-tolerant fungi as *Chrysosporium verrucosum* Tubaki, *Thelebolus microspores* Kimbrough and White yeasts were found from penguin guano and soil in the Area (Del Frate and Caretta, 1990). A fungal strain, isolated from Inexpressible Island, was plate-screened for its ability to produce extracellular enzymes (Fenice et al., 1997). The bacteria in five different lakes from this Area were recorded in 2017/2018 summer season by Illumina Miseq sequencing, genera *Flavobacterium* within Bacteroidetes was the most occurring in all the lakes, and other genus as *Polaribacter* (Bacteroidetes) and Cyanobacteria were very abundant in two of those lakes, respectively. Michaud et al. (2012) have documented in a lake of Inexpressible Island the consistently pronounced abundance of the Gammaproteobacteria (which are typically marine), the lack of Actinobacteria (which are of major importance in freshwater environments), as well as the low abundance of pico-cyanobacteria (whose presence is not favored by relatively high N: P ratio).

Algal species diversity in lakes of the Area is similar to that one of Lake Gondwana and Dry Valleys lakes. The typical prokaryotic (*Synechococcus*) and eukaryotic (*Chlorella*) genera were determined by both flow cytometry and electron microscopy (Andreoli et al., 1992).

In lacustrine sediments pigments confirmed that Cyanophyta was the most important algal group, followed by Chlorophyta and Bacillariophyta (Borghini et al., 2011). The microbial eukaryotes in five different lakes from this area were recorded in 2017/2018 summer season by microscopy and Illumina Miseq sequencing, genus *Geminigera* (Cryptophyceae) was significantly predominant in three lakes, and in the other two lakes were dominant by *Chlamydomonas* (Chlorophyta) and *Spumella* (Chrysophyta).

Geology

The land basement is glacial boulder, the main intrusive rock type is quartz monzonite, and a small amount of quartz monzobiorite. The main outcrops in this area are Quaternary hail deposits and modern coastal accumulation and the Caledonian Paleozoic Ordovician intrusive monzonites and granites (Wang et al., 2014). The surface of the wavy boulders in Seaview Bay and South Bay is the Holocene wind-selected surface (Baroni and Hall, 2004). A coastal terrace at an altitude of 0-33 meters and a coastline of 0-700 meters is formed.

HSM14

The Historic Site and Monument HSM14 is just outside the borders of the Area and related to the Robert Falcon Scott's Terra Nova Expedition (1910-1913), in which the Northern Party, led by Victor Campbell, forcibly overwintered in 1912. The snow cave of 3.7 m × 2.7 m and a height of 1.7 m was dug in March 1912, and it was overwintered under extreme conditions. The snow cave site was designated as the No.14 Antarctic historical site or monument (HSM14) in 1995.

Human activities

Since 1980s there have been human activities near the Area. Gondwana Station (Germany), established in 1983, operates in occasional summers with capacity for approximately 25 personnel, and is 35 km from the area. Mario Zucchelli Station (Italy), established in 1985, operates in summer only with a complement of up to 90 personnel, and is 27 km from the Area. Jang Bogo Station (Korea), 36 km from the Area, operates as a year round station, with a complement of 17 winter personnel and up to 60 in summer since 2014. China intends to establish a year round scientific research station with a complement of 30 winter personnel and up to 80 personnel in summer on Inexpressible Island, which will be 3 km away from the Area.

The current research activities in the Area of nearby scientific stations are focused on the remains of penguins and excavation of ornithogenic soils, the genetic flux, ecology and quantitative monitoring of Adélie penguins and South Polar skua, molecular ecology, paleogeology, plankton, biodiversity survey in terrestrial and marine environment and food web ecology. In the past 10 years, more tourists have visited Inexpressible Island, with an average of 100 individuals during summer 2003-2017 and up to 480 visitors in summer 2005-2006 (see supplementary material) (IAATO, <https://iaato.org/tourism-statistics>)

6(ii) Access to the Area

The Area can be accessed by land, sea or air. There is no specific route to enter the Area by land. Helicopter access is recommended at the suggested landing sites (Map 2) outside the Area. Access from the sea may be by small boats. Transiting through the Area by a small boat should limit to the maximum extent disturbance to wildlife. Small boats entering the waters should preferably anchor between B1-B2, while large vessels should not enter the Area. See section 7(ii) for details. Access should always be chosen to exceed minimum wildlife separation distance and, as far as possible, to minimize disturbance on approach.

6(iii) Location of structures within and adjacent to the Area

No permanent structures are present within or adjacent to the Area. China established temporary field camp within the Area in Campsite 2 (see Map 2) to provide support for scientific research. Two weather stations from Korea and China are present in the Area (see Map 2). A total of nine weather stations are installed on Inexpressible Island and provide detailed weather data. The Area is 27 km away from the Italian Mario Zucchelli Station (74° 41' 39" S, 164° 06' 55" E), 35 km away from the German Gondwana Station (74° 38' 0.7" S, 164° 13' 19" E), and 36 km away from the Korean Jang Bogo Station (74° 37' 15" S, 164° 11' 57" E). China has planned to establish a year-round station at the southern part of Inexpressible Island, 3.5 km and 3 km away from the penguin colonies in Seaview Bay and South Bay, respectively.

6(iv) Location of other specially protected areas in the vicinity

Other protected areas in the vicinity include (see Map 1):

- HSM 14,
- ASPA 161, Terra Nova Bay, 74°45' S, 164°01' E, 16 km to the north
- ASPA 173, Cape Washington & Silverfish Bay, 74° 37' 06" S, 164° 57' 36" E, 48 km to the northwest
- ASPA 175, High Altitude Geothermal sites of the Ross Sea Region, Mount Melbourne, 74°21' S, 164° 42' E, 68 km to the north
- ASPA 165, Edmonson Point, 74° 20' S, 165° 08' E, 76 km to the north

6(v) Special zones within the ASPA

There are no special zones within the Area.

7. Terms and conditions for entry permits

7(i) General permit conditions

Entry into the Area is prohibited except in accordance with a permit issued by an appropriate national authority. Conditions for issuing a permit to enter the Area are that:

- it is issued for compelling conservation, scientific, educational or outreach reasons which cannot be served elsewhere, or for reasons essential to the management of the Area.
- the activities permitted will give due consideration via the environmental impact assessment procedures to the continued protection of the scientific and ecological values of the Area;
- the approved tasks cannot include content that poses threat to the values of protection in the Area;

- the permit shall be issued for a definite period;
- the permit, or a copy, shall be carried when in the Area;
- overflight of bird colonies within the Area by Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS) shall not be permitted unless for scientific or operational purposes, in accordance with a permit issued by an appropriate national authority, and consulting and following as appropriate recommendations contained in the Environmental Guidelines for Operation of RPAS in Antarctica (Resolution 4, 2018);

7(ii) Access to, and movement within or over, the Area

Access into the Area is permitted on foot, by small boat, or by helicopter only for compelling reasons, as authorized by the issued permit. Clothing (particularly all footwear and outer clothing) and field equipment shall be thoroughly cleaned before entering the Area.

Access on foot

No special access routes are designated for access to the Area on foot. Every reasonable effort should be made to minimize disturbance. A minimum distance of 5 m from wildlife is required. If disturbance of wildlife is observed, separation distance should be increased or the activity modified until there is no visible disturbance. Exceptions to this are only allowed when a closer approach distance is authorized in a permit.

Access by vehicle

Vehicles should be prohibited within the Area.

Access by aircraft

The Guidelines for the Operation of Aircraft near Concentrations of Birds in Antarctica Resolution 2 (2004) should be followed at all times. According to the breeding habitats in this area, restrictions on helicopter apply during the period from 15 October through to 15 February inclusive according to strict observance of the following conditions:

- The preferred helicopter approach route and landing sites out of the Area are designated as shown in Map 2. Pilots should avoid overflight of the penguin colony and breeding skua territories. Pilots should follow the designated approach route to the maximum extent practicable and abort the journey should it be likely that conditions would force a route that might lead to overflight of the penguin colony.
- Landing by helicopter may be made within the Area only for supporting scientific field camp and with authorization by permit for purposes allowed for by Management Plan.
- Overflight of the area below 2,000 feet (~610 m) is prohibited, unless authorized by permit for purposes allowed for by the Management Plan. Helicopters with two engines are due to respect a minimum overflight height and horizontal distance of 3,281 feet (1,000 m) to limit disturbance;
- If due to weather conditions or other safety consideration, pilots could not follow the designated approach route and landing sites, pilots should make a reconnaissance of suitable landing sites from above 2,000 feet (~610 m) before descending to land.

Access by small boat

There are no designated route and anchoring point for accessing to the Area by small boat. During the penguin breeding period from 15 October to 15 February, only small boats are permitted to land to the northeast of the Seaview Bay preferably between point B1 and B2 (see Map 2). All the remaining coastline of the Seaview Bay and South Bay in the ASPA is not permitted to land, unless authorized by permit for purposes of irreplaceable scientific research in the ASPA.

7(iii) Activities that may be conducted within the Area

Activities which may be conducted within the Area shall not jeopardize scientific and ecological values of the Area. Activities which may be conducted within the Area include:

- compelling scientific research which cannot be undertaken elsewhere;
- sampling, which should be the minimum required for approved research programs;
- scientific research that will not jeopardize the values of the Area;
- essential management activities, including monitoring and inspection;
- operational activities in support of scientific research or management within or beyond the Area, including visits to assess the effectiveness of the Management Plan and management activities;
- activities for educational or outreach purposes;

7(iv) Installation, modification or removal of structures/equipment

- No structures are to be erected within the Area except for compelling scientific or management reasons and for a pre-established period, as specified in a permit.
- All structures, scientific equipment or markers installed in the Area shall be clearly identified by country, name of the principal investigator, year of installation and date of expected removal. All such items should be free of organisms, propagules (e.g. seeds, eggs) and non-sterile soil, and be made of materials that can withstand the environmental conditions and pose minimal risk of contamination of the Area.
- Installation (including site selection), maintenance, modification or removal of structures or equipment shall be undertaken in a manner that minimizes disturbance to the values of the Area.
- Removal of specific structures/equipment for which the permit has expired shall be the responsibility of the authority which granted the original permit, and shall be a condition of the permit.

7(v) Location of field camps

Permanent field camps are prohibited within the Area. Temporary camping is permitted within the Area in the two designated campsites of site 1 (74°53'43"S, 163°44'09"E) and site 2 (74°54'35.82"S, 163°42'50.71"E) (see Map 3).

7(vi) Restrictions on materials and organisms which may be brought into the Area

In addition to the requirements of the Protocol on Environmental Protection to the Antarctic Treaty, restrictions on materials and organisms which may be brought into the Area are:

- deliberate introduction of animals, plant material, micro-organisms and non-sterile soil into the Area is prohibited. Precautions shall be taken to prevent the accidental introduction of animals, plant material, micro-organisms and non-sterile soil from other biologically distinct regions (within or beyond the Antarctic Treaty area);
- visitors shall ensure that sampling equipment and markers brought into the Area are clean. To the maximum extent practicable, footwear and other equipment used or brought into the Area (including backpacks, carry-bags and tents) shall be thoroughly cleaned before entering the Area. Visitors should also consult and follow as appropriate recommendations contained in the Committee for Environmental Protection *Non-native Species Manual* (Resolution 4, 2016), and in the *SCAR's Environmental Code of Conduct for Terrestrial Scientific Field Research in Antarctica* (Resolution 5, 2018);
- No fresh eggs or fresh poultry products can be introduced in the Area. Cooked poultry wastes shall be completely removed from the Area;
- no herbicides or pesticides shall be brought into the Area;
- fuel, food, chemicals, and other materials shall not be stored in the Area, unless specifically authorized by permit and shall be stored and handled in a way that minimizes the risk of their accidental introduction into the environment;
- all materials introduced shall be for a stated period only and shall be removed by the end of that stated period.

7(vii) Taking of, or harmful interference with, native flora or fauna

Taking of, or harmful interference with, native flora and fauna is prohibited, except in accordance with a permit issued in accordance with Annex II of the Protocol on Environmental Protection to the Antarctic Treaty.

Where animal taking or harmful interference is involved, this should, as a minimum standard, be in accordance with the SCAR's *Code of Conduct for the Use of Animals for Scientific Purposes in Antarctica* (ATCM XXXIV and CEP XIV, 2011).

7(viii) Collection or removal of anything not brought into the Area by the permit holder

Unless specifically authorized by permit, visitors to the Area are prohibited from interfering with or from handling, taking or damaging any anthropogenic material. Similarly, relocation or removal of artefacts for the purposes of preservation and protection is allowable only by permit. Any new or newly identified anthropogenic materials found should be notified to the appropriate national authority.

Collection or removal of anything should be conducted to following conditions:

- material may be collected or removed from the Area only in accordance with a permit and should be limited to the minimum necessary to meet scientific or management needs;
- material of human origin likely to compromise the values of the Area, and which was not brought into the Area by the permit holder or otherwise authorized, may be removed from the Area, unless the impact of removal is likely to be greater than leaving the material *in situ*: if this is the case the appropriate authority must be notified and approval obtained.

7(ix) Disposal of waste

All wastes, including human wastes, shall be removed from the Area.

7(x) Measures that may be necessary to continue to meet the aims of the Management Plan

Permits may be granted to enter the Area to:

- carry out monitoring and Area inspection activities, which may involve the collection of a small number of samples or data for analysis or review;
- install or maintain signposts, markers, structures or scientific equipment;
- carry out protective measures.

7(xi) Requirements for reports

- The principal permit holder for each visit to the Area shall submit a report to the appropriate national authority as soon as practicable, and in accordance with national procedures.
- Such reports should include, as appropriate, the information identified in the visit report form contained in the Revised Guide to the Preparation of Management Plans for Antarctic Specially Protected Areas (Resolution 2, 2011),
- If appropriate, the national authority should also forward a copy of the visit report to the Party that proposed the Management Plan, to assist in managing the Area and reviewing the Management Plan.
- Parties working in the Area are encouraged to exchange information on visit reports annually. Wherever possible, Parties deposit originals or copies of such original visit reports in a publicly accessible archive to maintain a record of usage, for the purpose of any review of the Management Plan and in organizing the scientific use of the Area.

8. Supporting documentation

Abollino, O., Aceto, M., Buoso, S., Gasparon, M., Green, W. J., Malandrino, M., Mentasti, E. (2004). Distribution of major, minor and trace elements in lake environments of Antarctica. *Antarctic Science*, 16(3), 277-291.

Ainley, D.G. (2002). The Adélie penguin: Bellwether of climate change. Columbia University Press, pp 416.

- Ainley, D. G., Morrell, S. H., & Wood, R. C. (1986). South polar skua breeding colonies in the Ross Sea region, Antarctica. *Notornis*, 33(3), 155-63.
- Ainley, D. G., Wilson, P. R., Barton, K. J., Ballard, G., Nur, N., Karl, B. (1998). Diet and foraging effort of Adélie penguins in relation to pack-ice conditions in the southern Ross Sea. *Polar Biology*, 20(5), 311-319.
- Andreoli, C., Scarabel, L., Spini, S., Grassi, C. (1992). The picoplankton in Antarctic lakes of northern Victoria Land during summer 1989–1990. *Polar Biology*, 11(8), 575-582.
- ATCM XXXIV and CEP XIV (2011). SCAR's Code of Conduct for the Use of Animals for Scientific Purposes in Antarctica. IP053, 34th Antarctic Treaty Consultative Meeting 20 Jun 2011 - 01 Jul 2011, 4pp., Buenos Aires, Argentina.
- Barbaro, E., Zangrando, R., Vecchiato, M., Turetta, C., Barbante, C., & Gambaro, A. (2014). D-and L-amino acids in Antarctic lakes: assessment of a very sensitive HPLC-MS method. *Analytical and bioanalytical chemistry*, 406(22), 5259-5270.
- Baroni, C., Hall, B.L. (2004). A new Holocene relative sea-level curve for Terra Nova Bay, Victoria Land, Antarctica. *Journal of Quaternary Science*, 19(4): 377–396.
- Baroni, C., Orombelli, G. (1991). Holocene Raised Beaches at Terra Nova Bay, Victoria Land, Antarctic. *Quaternary Research*, 36: 157-177.
- Baroni, C., Orombelli, G. (1994). Abandoned Penguin rookeries as Holocene paleoclimatic indicators in Antarctica. *Geology*, 22: 23-26.
- BirdLife International. 2017. *Catharacta maccormicki* (amended version of 2016 assessment). The IUCN Red List of Threatened Species 2017: e.T22694218A119402983.
- Blais, J. M., Kimpe, L. E., McMahon, D., Keatley, B. E., Mallory, M. L., Douglas, M. S., Smol, J. P. (2005). Arctic seabirds transport marine-derived contaminants. *Science*, 309(5733), 445-445.
- Borghini, F., Colacevich, A., Bargagli, R. (2007). Water geochemistry and sedimentary pigments in northern Victoria Land lakes, Antarctica. *Polar Biology*, 30(9), 1173-1182.
- Borghini, F., Colacevich, A., Caruso, T., Bargagli, R. (2011). An update on sedimentary pigments in Victoria Land lakes (East Antarctica). *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 43(1), 22-34.
- Bromwich, D.H., Kurtz, D.D. (1984). Katabatic wind forcing of the Terra Nova Bay polynya. *Journal of Geophysical Research*, 89 (C3): 3561–72.
- Bromwich, D.H. (1988). An Extraordinary Katabatic Wind Regime at Terra Nova Bay, Antarctica. *Monthly weather review (American meteorology Society)*, 17: 688-695.
- Budillon, G., Spezie, G. (2000) Thermohaline structure and variability in Terra Nova Bay polynya, Ross Sea. *Antarctic Science*, 12: 493–508.
- Buffoni, G., Cappelletti, A., Picco, P. (2002). An investigation of thermohaline circulation in Terra Nova Bay polynya. *Antarctic Science*, 14 (1): 83-92.
- Cesari M., McInnes S.J., Bertolani R., Rebecchi L., Guidetti R. (2016) Genetic diversity and biogeography of the south polar water bear *Acutuncus antarcticus* (Eutardigrada : Hypsibiidae) – evidence that it is a truly pan-Antarctic species. *Invertebrate Systematics*, 30: 635–649.
- Calizza, E., Careddu, G., Caputi, S. S., Rossi, L., Costantini, M. L. (2018). Time-and depth-wise

trophic niche shifts in Antarctic benthos. PloS one, 13(3): e0194796.

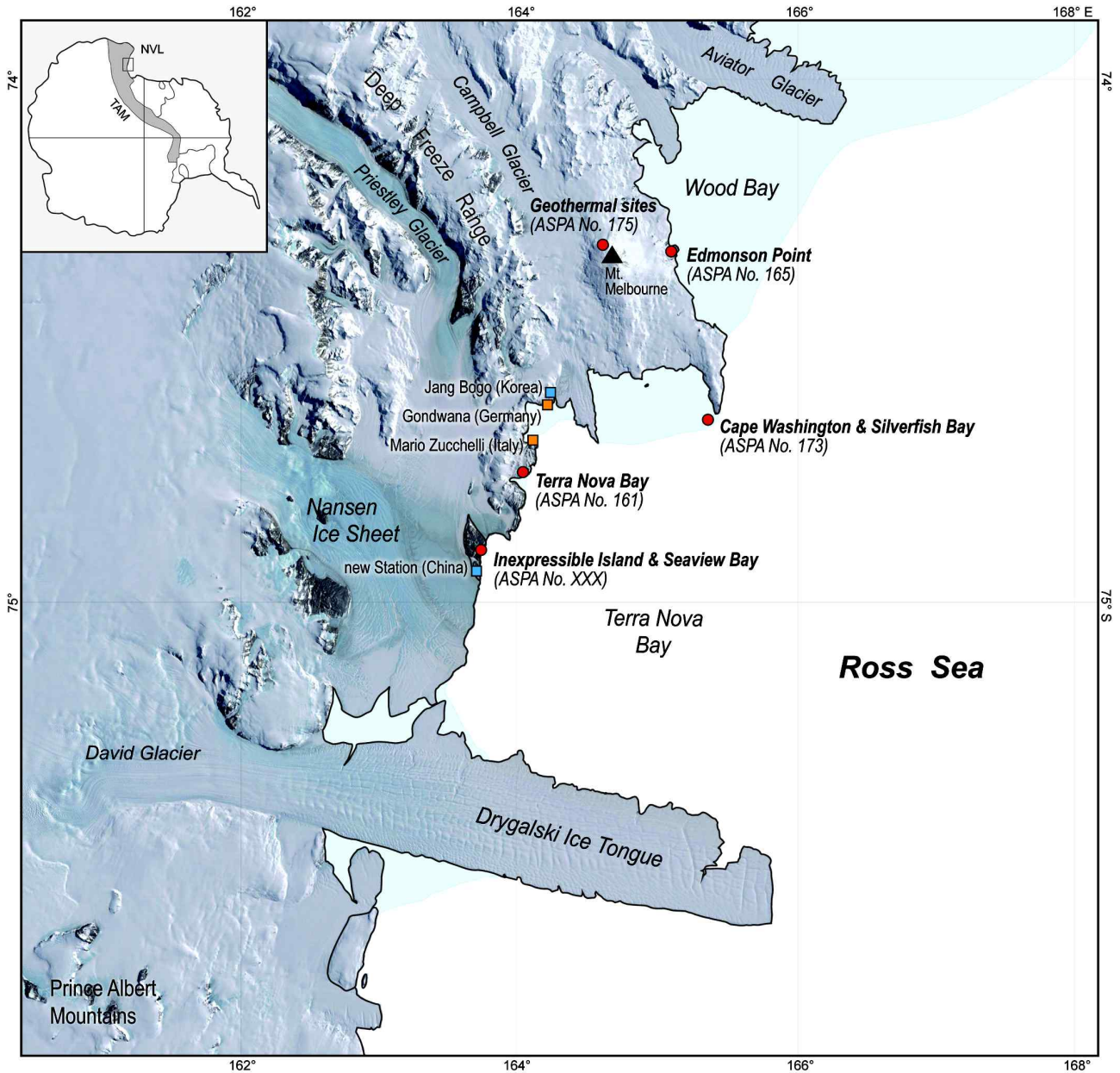
- Cannone, N., Seppelt, R. (2008). A preliminary floristic classification of southern and northern Victoria Land vegetation, continental Antarctica. *Antarctic Science*, 20(6): 553-562.
- Castello, M. (2003). Lichens of Terra Nova Bay area, Northern Victoria land (continental Antarctica). *Studia Geobotanica*, 22: 3-54.
- CEP (2016) Committee for Environmental Protection (CEP). Non-native Species Manual. Edition 2016. Buenos Aires: Secretariat of the Antarctic Treaty, 2016, 41 pp.
- Cummings, V. J., Hewitt, J. E., Thrush, S. F., Marriott, P. M., Halliday, N. J., Norkko, A. M. (2018). Linking Ross Sea coastal benthic communities to environmental conditions: documenting baselines in a spatially variable and changing world. *Frontiers in Marine Science*, 5: art. 232.
- Del Frate, G., Caretta, G. (1990). Fungi isolated from Antarctic material. *Polar Biology* 11: 1- 7.
- Del Hoyo, J., Elliot, A., Sargatal, J. (1992). *Handbook of the Birds of the World*. Barcelona: Lynx Editions.”. Jutglar, Francesc.
- Emslie, S.D., Coats, L., Licht, K. (2007). A 45,000 yr record of Adélie penguins and climate change in the Ross Sea, Antarctica. *Geology*, 35(1): 61-64.
- Fanciulli, P.P., Summa, D., Dallai, R., Frati, F. (2001). High levels of genetic variability and population differentiation in *Gressittacantha terranova* (Collembola, Hexapoda) from Victoria Land, Antarctica. *Antarctic Science*, 13 (3): 246-254.
- Fenice, M., Selbmann, L., Zucconi, L., Onofri, S. (1997). Production of extracellular enzymes by Antarctic fungal strains. *Polar Biology*, 17(3): 275-280.
- Frezzotti, M., Salvatore, M.C., Vittuari, L., Grigioni, P., De Silvestri L. (2001). Satellite Image Map: Northern Foothills and Inexpressible Island Area (Victoria Land, Antarctica). *Terra Antarctica Reports* n° 6, 8 p. + map - ISBN 88-900221-9-1
- Guglielmo, L., Granata, A., Greco, S. (1997). Distribution and abundance of postlarval and juvenile *Pleuragramma antarcticum* (Pisces, Nototheniidae) off Terra Nova bay (Ross sea, antarctica). *Polar Biology*, 19(1): 37-51.
- Hall, B.L., Henderson, G.M., Baroni, C., Kellogg, T.B. (2010). Constant Holocene Southern-Ocean C-14 reservoir ages and ice-shelf flow rates *Earth and Planetary Science Letters*, 296: 115-123.
- He, H., Cheng. X., Li, X.L., Zhu, R.B., Hui, F.M., Wu, W.H, Zhao, T.C., Kang, J., Tang, J.W. (2017). Aerial photography based census of Adélie Penguin and its application in CH₄ and N₂O budget estimation in Victoria Land, Antarctic. *Scientific Reports* 7(1): 12942.
- Kurtz, D.D., Bromwich, D.H. (1983). Satellite observed behaviour of the Terra Nova Bay polynya. *Journal of Geophysical Research*, 88: 9717-22.
- Kurtz, D.D., Bromwich, D.H. (1985) A recurring, atmospherically forced polynya in Terra Nova Bay. In: Jacobs SS (ed.) *Oceanology of the Antarctic continental shelf*. *Antarct Res Ser* 43, American Geophysical Union, Washington DC, pp 177–201.
- Lambert, D., Ritchie, P., Millar, C., Holland, B., Drummond, A., Baroni. C. (2002). Rates of evolution in ancient DNA from Adélie penguins. *Science*, 295: 2270-2273.

- Lorenzini, S., Baneschi, I., Fallick, A.E., Salvatore, M.C., Zanchetta, G., Dallai, L., Baroni, C. (2012). Insights into the Holocene environmental setting of Terra Nova Bay region (Ross Sea, Antarctica) from oxygen isotope geochemistry of Adélie penguin eggshells. *Holocene*, 22: 63-69.
- Lorenzini, S., Baroni, C., Fallick, A.E., Baneschi, I., Salvatore, M.C., Zanchetta, G., Dallai, L., (2010). Stable isotopes reveal Holocene changes in the diet of Adélie penguins in Northern Victoria Land (Ross Sea, Antarctica). *Oecologia*, 164: 911-919.
- Lyver, P.O., Barron, M., Barton, K.J., Ainley, D.G., Pollard, A., et al. (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(3): e91188.
- Michaud, L., Caruso, C., Mangano, S., Interdonato, F., Bruni, V., Lo Giudice, A. (2012). Predominance of *Flavobacterium*, *Pseudomonas*, and *Polaromonas* within the prokaryotic community of freshwater shallow lakes in the northern Victoria Land, East Antarctica. *FEMS microbiology ecology*, 82(2): 391-404.
- Ministry of Environment (MOE) 2019. Environmental monitoring and management of the Antarctic Specially Protected Areas and the Antarctic Stations (5). Korean Ministry of Environment. 292pp.
- Norkko, A., Thrush, S. F., Cummings, V. J., Gibbs, M. M., Andrew, N. L., Norkko, J., Schwarz, A. M. (2007). Trophic structure of coastal Antarctic food webs associated with changes in sea ice and food supply. *Ecology*, 88(11): 2810-2820.
- Olmastroni S., Corsolini S., Pezzo F., Focardi S., Kerry K. (2000). The first five years of Italian-Australian joint programme on the Adélie penguin: an overview. *Italian Journal of Zoology*, 67,supplement 1: 141-145.
- Olmastroni, S., Pezzo F., Bisogno I., Focardi S. (2004a). Interannual variation in the summer diet of Adélie penguin (*Pygoscelis adeliae*) at Edmonson Point. *CCAMLR WG-EMM 04/38*
- Olmastroni S., Pezzo F., Volpi V., Focardi S. (2004b). Effects of weather and sea ice on Adélie penguin reproductive performance. *CCAMLR Science 11:99-109*
- Petz, W., Valbonesi, A., Schiffner, U., Quesada, A., Cynan Ellis-Evans, J. (2007). Ciliate biogeography in Antarctic and Arctic freshwater ecosystems: endemism or global distribution of species? *FEMS Microbiology Ecology*, 59(2): 396-408.
- Pezzo, F., Olmastroni, S., Corsolini, S., Focardi, S.(2001). Factors affecting the breeding success of the south polar skua *Catharacta maccormicki* at Edmonson Point, Victoria Land, Antarctica. *Polar Biology*, 24: 389. <https://doi.org/10.1007/s003000000213>.
- Pezzo, F., Olmastroni, S., Volpi, V., Focardi, S. (2007). Annual variation in reproductive parameters of Adélie penguins at Edmonson Point, Victoria Land, Antarctica. *Polar Biology*, 31: 39-45.
- Shepherd, L. D., Millar, C. D., Ballard, G., Ainley, D. G., Wilson, P. R., Haynes, G. D., Lambert, D. M. (2005). Microevolution and mega-icebergs in the Antarctic. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102(46): 16717-16722.
- Signa, G., Calizza, E., Costantini, M. L., Tramati, C., Caputi, S. S., Mazzola, A., Rossi, L. Vizzini, S. (2018). Horizontal and vertical food web structure drives trace element trophic transfer in Terra Nova Bay, Antarctica. *Environmental Pollution*, 246: 772-781.
- Stonehouse, B. (1969). Air Census of two colonies of Adélie penguins in Ross Dependency,

Antarctic. Polar Record, 14: 471-475.

- Stuiver, M. (1981). History of the marine ice sheet in West Antarctica during the last glaciation: a working hypothesis. The last great ice sheets, 319-436.
- Terauds, A., Chown, S. L., Morgan, F., J. Peat, H., Watts, D. J., Keys, H., ... & Bergstrom, D. M. (2012). Conservation biogeography of the Antarctic. Diversity and Distributions, 18(7): 726-741.
- Vacchi, M., DeVries, A. L., Evans, C. W., Bottaro, M., Ghigliotti, L., Cutroneo, L., Pisano, E. (2012). A nursery area for the Antarctic silverfish *Pleuragramma antarcticum* at Terra Nova Bay (Ross Sea): first estimate of distribution and abundance of eggs and larvae under the seasonal sea-ice. Polar biology, 35(10): 1573-1585.
- Van Woert, M.L. (1999). Wintertime dynamics of the Terra Nova Bay polynya. Journal of Geophysical Research, 104: 1153-69.
- Wang, W., Hu, J.M., Chen, H., Yu, G.W., Zhao, Y., Liu, X.C. (2014). LA-ICP-MS zircon U-Pb ages and geological constraint of intrusive rocks from the Inexpressible Island, Northern Victoria Land, Antarctica. Geological Bulletin of China, 33(12): 2023-2031.
- Wei, Y., Jin Jing, Nie Y, Chen X, Wu L, Fu P, Emslie SD (2016). Sources of organic matter and paleo-environmental implications inferred from carbon isotope compositions of lacustrine sediments at Inexpressible Island, Ross Sea, Antarctica. Advances in Polar Science, 233-244.
- Whitehouse, I., Chinn, T., Hoefle, H. (1989). Radiocarbon dates from raised beaches. Terra Nova Bay, Antarctica. Geologisches Jahrbuch E, 38: 321-334.
- Widmann, M., Kato, A., Raymond, B., Angelier, F., Arthur, B., Chastel, O., Pellé, M., Raclot, T. Ropert-Coudert, Y. (2015). Habitat use and sex-specific foraging behavior of Adélie penguins throughout the breeding season in Adélie Land, East Antarctica. Widmann et al. Movement Ecology, 3: 30.
- Wilson, D.J., Lyver, P.O., Greene, T.C. Whitehead, A.L., Dugger, K.M., Karl, B.J., Barringer, J.R.F., McGarry, R., Pollard, A.M., Ainley, D.G. (2017). South Polar Skua breeding populations in the Ross Sea assessed from demonstrated relationship with Adélie Penguin numbers. Polar Biology. 40: 577.
- Woehler, E.J., Croxall, J.P. (1997). The status and trends of Antarctic and sub-Antarctic seabirds. Marine Ornithology, 25: 43-66.

Map 1. ASPA XXX: Inexpressible Island and Seaview Bay – Regional Map



Map 1: ASPA No. XXX - Inexpressible Island & Seaview Bay - Regional Map

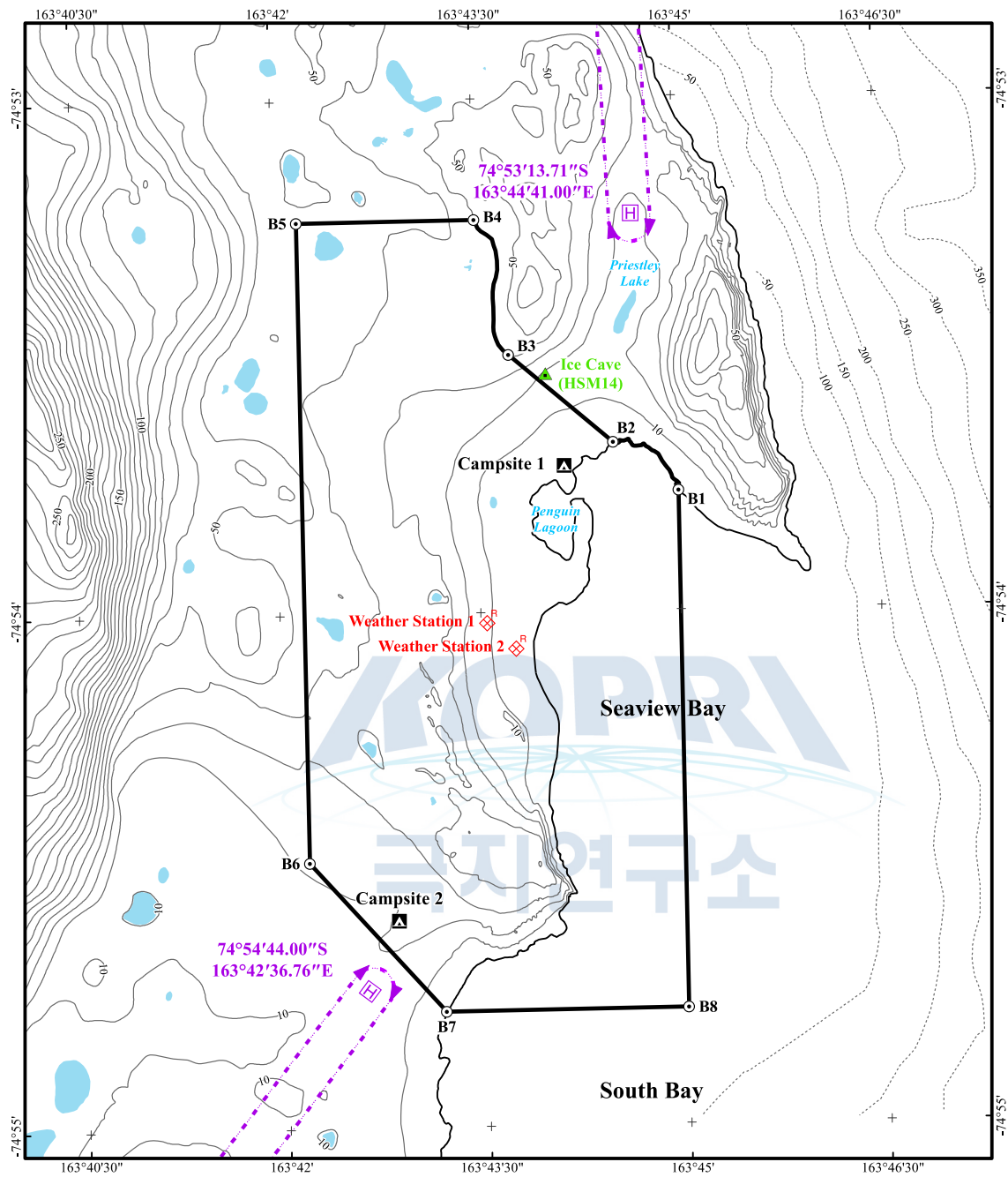
- ASPA
- Year round Station
- Glacier
- Summer Station
- Sea ice

0 10 20 30 40 50 km

Projection: Polar Stereographic
 Spheroid and horizontal datum: WGS84
 Vertical datum: Mean Sea Level
 Straight-vertical Longitude from Pole: 0
 Standard Parallel: -71
 False Easting: 0
 False Northing: 0
 Data sources: LIMA

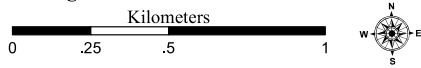


Map 2. ASPA XXX: Inexpressible Island and Seaview Bay – topographic map with access guidance and bathymetry



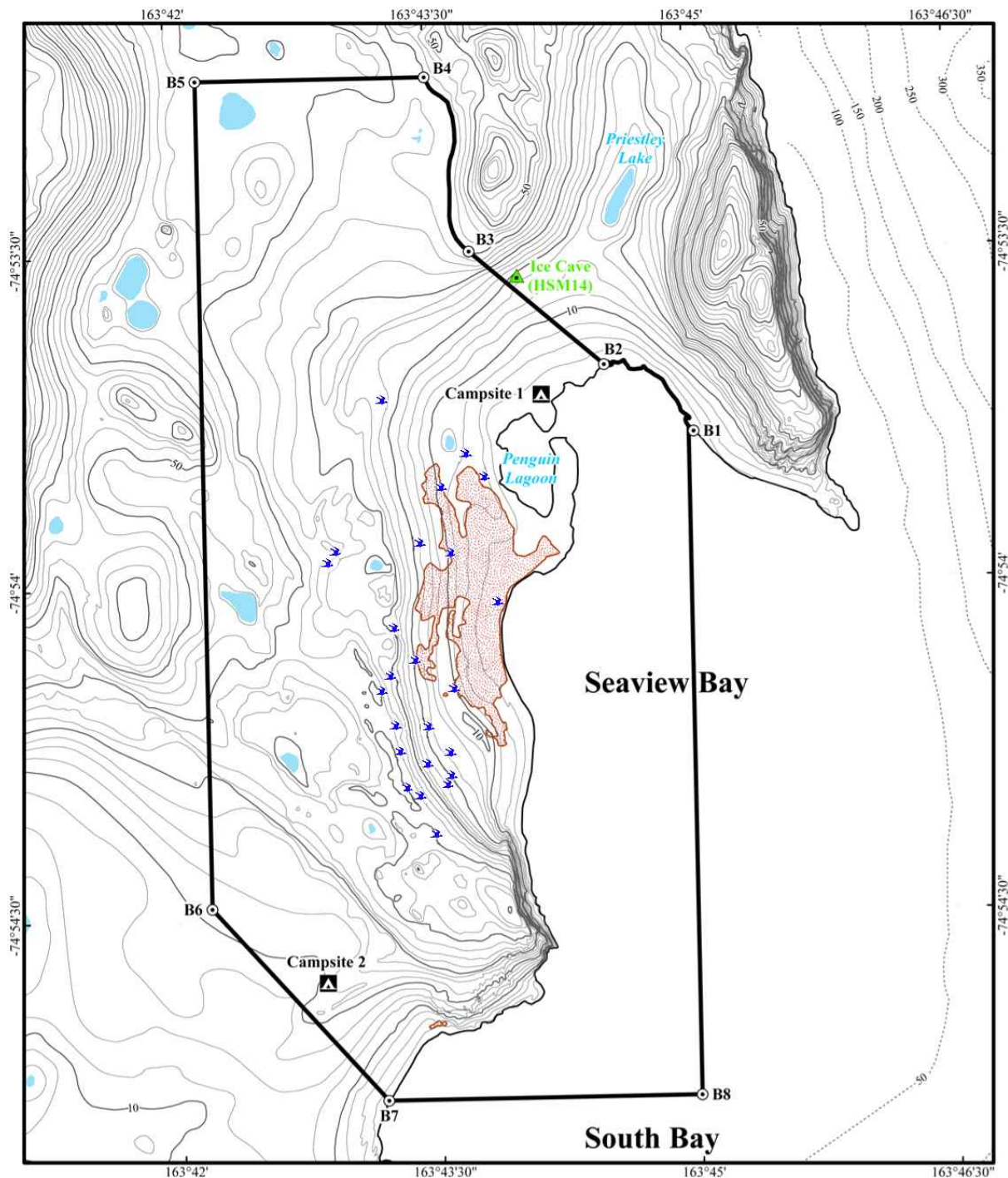
Map2:ASPA XXX–Seaview Bay and South Bay – topographic map with access guidance

- | | | | |
|--|-------------------------|--|--------------------------|
| | Camp | | Ice Cave |
| | Helicopter Landing Site | | ASPA Boundary Point |
| | Weather Station | | Lake |
| | Helicopter Flight Route | | Contour(10m) |
| | ASPA Boundary | | Bathymetric Contour(50m) |



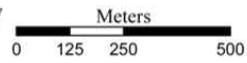
Projection: Transverse Mercator
 Spheroid and horizontal datum: WGS84
 Vertical datum: Mean Sea Level
 Central Meridian: 165°00'E
 Latitude of Origin: 0°00'
 Data sources: Topography: Aircraft Approach: Jan 2013

Map 3. ASPA XXX : Inexpressible Island and Seaview Bay – Adélie Penguin Colony



Map3:ASPA XXX – Seaview Bay and South Bay – Adélie Penguin Colony

- | | |
|--------------------------------|--------------------------|
| Camp | Ice Cave |
| South Polar Skua Breeding Site | ASPA Boundary Point |
| Lake | Contour(2.5m) |
| Penguin Colony | Bathymetric Contour(50m) |
| ASPA Boundary | |



Projection: Transverse Mercator
 Spheroid and horizontal datum: WGS84
 Vertical datum: Mean Sea Level
 Central Meridian: 165°00'E
 Latitude of Origin: 0°00'
 Data sources: Topography: Aircraft Approach: Jan 2013

SUPPLEMENTARY MATERIAL

Supplementary Material of *Proposal for a new Antarctic Specially Protected Area at Inexpressible Island and Seaview Bay, Ross Sea* can be found at the link, including “A Summary of Dated Penguin Guano and Remains on Inexpressible Island” and “Figure: The number of visitors to Inexpressible Island since 2003”. <http://www.chinare.org.cn/difDetailPublic/?id=9800>





Management Plan for Antarctic Specially Protected Area No. XXX

INEXPRESSIBLE ISLAND AND SEAVIEW BAY, ROSS SEA

Introduction

Inexpressible Island and Seaview Bay is located in Terra Nova Bay, Victoria Land, Western Ross Sea at 74° 54.2' S, 143° 43.5' E (Map 1). The ASPA (hereinafter also referred to as Area) has an approximate area of 3.31 km², 0.99 km² marine (35 %) and 2.32 km² terrestrial (65%) (Map 2) and was proposed by China, Italy and the Republic of Korea. The Area is distinctive and the primary reasons for its designation as an ASPA is the need to protect environmental and outstanding scientific values. In particular, this Area hosts one of the oldest Adélie penguin (*Pygoscelis adeliae*) colony and an important breeding site of South Polar Skua (*Stercorarius maccormicki*). The Area was identified as an important bird area (IBA 178) by BirdLife International on the basis of the South Polar Skua colony and the concentration of seabirds, in particular Adélie Penguin (Resolution 5, 2015). Its particular ecosystem is related to the adjacent Terra Nova Bay polynya and allows comparison with other nearby sites with different sea ice dynamics along the year. Moreover, in the ASPA, several lakes are influenced by guano nutrient inputs, while others are not impacted.

The first documented record of an Adélie penguin breeding group in the Area was in 1963, and continuous monitoring has been carried out from the 1980s to the present, with so far one of the earliest statistical record of the Adélie penguin in the Ross Sea region. The active penguin colony in the Area has had continuous occupation for the past ~7,000 years, which is the longest existing Adélie penguin colony in the Ross Sea region. There are more than 20,000 breeding pairs of Adélie penguins. The proposed ASPA includes crucial penguins' foraging access area to Terra Nova Bay polynya. Concerning South Polar Skuas, while up to 60 breeding pairs were reported in the 80's, recent investigation found no more than 30 breeding pairs, resulting in a quite low breeding success of these species in the area.

The ASPA is located within Domain S (McMurdo-South Victoria Land geologic) based on the Environmental Domains Analysis for the Antarctic continent (Resolution 3, 2008). Moreover, the ASPA sits within Antarctic Conservation Biogeographic Region (ACBR) 8 Northern Victoria Land (Resolution 3, 2017).

The marine area of the ASPA is located within the General Protection Zone of the Ross Sea Region Marine Protected Area. The research and monitoring data generated from the ASPA could benefit the scientific work for the RSRMPA.

1. Description of values to be protected

The exceptional scientific and ecological values of the Area are based on the following:

The Adélie penguin colony of Inexpressible Island is one of the longest monitored (over 30 years) Adélie penguin population in the Ross Sea region (Woehler and Croxall, 1997). Located in Seaview Bay (74°54'04" S, 163°43'20" E) and South Bay (74°54'40" S, 163°43'31" E), the penguin colony is currently made up by more than 20,000 breeding pairs in Seaview Bay, and about 100 breeding pairs in South Bay (Map 3). The latest count gives a total number of 29,899 breeding pairs in 2019 (MOE, 2020). Long-term planned population dynamic monitoring will provide support for studying the dynamics of breeding penguin populations, and the relationship between populations and climate change.

The Adélie penguin breeding colony have the longest continuous occupation history, longer than 7,000 years in the Area (Baroni and Orombelli, 1991, 1994; Lambert et al., 2002; Baroni and Hall, 2004; Shepherd et al. 2005; Emslie et al, 2007; Mazgac et al., 2017). Extraction of ancient DNA

from remains is important for estimating and correcting molecular evolution rates, and exploring population historical dynamics, genetic structural changes, as well as climate change (Lambert et al., 2002; 2010; Ritchie et al., 2004; Sheperd et al., 2005; Millar et al., 2008; 2012; Submaranian et al., 2009; Parks et al., 2015). Subfossil bone samples that retain DNA for 7,000 years of the Adélie penguin have been cryopreserved in the area. In fact, in the current breeding grounds, there is high density (1-5/m²) of well-preserved penguin mummies of different ages, which would provide a rich and unique sample library for studying the historical dynamics, climate change and molecular evolution at geological scale. Additionally, penguin guano input in the lacustrine sediment is also ideal for paleoecology research. Sub-fossil remains of southern elephant seals (*Mirounga leonina*) were also recovered in the area (Hall et al., 2006; Koch et al., 2019).

In Terra Nova Bay and surrounding areas (Wood Bay) three colonies of Adélie penguin are present: Edmonson Point (Wood Bay, ASPA 165), Adélie Cove, and Inexpressible Island (c. 2,000, 11,000 and 25,000 pairs, respectively Lyver et al. 2014; Pezzo et al., 2007) located in a stretch of coast of about 75 km in a straight line (Map 1). The bigger Inexpressible Island penguin's population, located in a high-quality habitat nearby the polynya, may act as a source for smaller neighboring subpopulations of Adélie penguin colonies (Olmastroni, personal communication).

South Polar Skua nests are distributed around Adélie penguin colony of the ASPA (Map 3). The nests are shallow depressions located on flat ground among glacial boulders in the terraces of different heights formed from the moraine ridge. Up to 60 breeding pairs have been recorded in the past (Ainley et al., 1986). More recently, census by Italian (2010) and Chinese (2018) scientists reported 25-29 breeding pairs and 17-34 non-breeders in the penguin colony area. Long-term monitoring and research on the reproductive population dynamics, ecology and interspecific relationships of the top trophic level omnivorous South Polar Skua not only supports the conservation of the species, which is known to have a low breeding success in the Terra Nova Bay area (Pezzo et al., 2001), but also helps to reveal the response of their various preys to climate change (Rehinardt et al., 2000; Hahn et al., 2008).

The vicinity between breeding sites of Adélie penguin and South Polar Skua on Inexpressible Island and Terra Nova Bay polynya could enhance the feeding efficiency and determine the diet composition of Adélie penguins, as presence of polynya has been shown to positively influence the foraging ecology of Adélie penguins elsewhere around the continent (e.g. Widmann et al., 2015). This vicinity to the hot spot of the polynya, could explain the possible differences in breeding success (Davis et al., 2017), trophic position and exposure to pollutants, when Inexpressible Island population is compared with other areas of the Ross Sea (Ainley 2002, Ainley et al., 1998, Olmastroni et al., 2004, Signa et al., 2018, Olmastroni et al., in press). Notably, ASPAs of Edmonson Point and Cape Hallett (No.165 and No.106 respectively), located northward in the Ross Sea both outside the polynya area, include colonies of Adélie penguin and South Polar Skua which are already studied by Italian and Korean scientists, thus representing useful sites for comparisons with similar levels of protection.

This Area is a reference site concerning studies on the marine food-web structure and the effect of sea ice dynamics on the benthic and pelagic marine ecosystem. In effect, the presence of the polynya allows to study the undisturbed marine food-web structure and functioning under ice free conditions allowing comparisons over time and space with what is observed in other nearby areas where sea ice coverage is more persistent (Norkko et al., 2007; Mezgec et al., 2017; Cummings et al., 2018; Calizza et al., 2018). The benthic community of Terra Nova Bay (ASPA 161) has been studied for a long time and could offer opportunity for comparison. This provides an important scientific value to the site of Inexpressible Island.

This Area also hosts several freshwater lakes within the penguin colonies, allowing for comparison studies between lakes receiving nutrient inputs from guano and lakes with no inputs. Higher levels of nutrients coupled with higher-salinity, as a result of sea spray, and higher Chl-a produce particular physiochemical and trophic statuses with respect to the other oligotrophic freshwater bodies in continental Antarctica (Barbaro et al., 2014, Borghini et al., 2007; Michaud et al., 2012; Wei et al., 2016). Rich nutrient conditions and historical deposits of guano may generate distinct aquatic communities with low abundance of pico-cyanobacteria and the consistently pronounced abundance of the Gammaproteobacteria.

The beaches of Inexpressible Island have risen by 30 m in the Holocene (Baroni and Orombelli, 1991), and there are the best-preserved ocean landforms in Terra Nova Bay (Baroni and Hall, 2004). Inexpressible Island and Seaview Bay have 14-level coastal terraces at 0-33 m above sea level, with abandoned penguin nests and/or ancient penguin remains distributed at all levels in ornithogenic soils (Orombelli et al., 1990; Baroni and Orombelli, 1991, 1994; Lambert et al., 2002; Baroni and Hall, 2004; Emslie et al., 2007). This unique geomorphological feature is of great

scientific value for studying geological and glacial changes, the evolution of penguin distribution patterns, and Holocene climate change.

Inexpressible Island and Seaview Bay are accessible by land, sea, and air from the new planned Chinese station in the vicinity of the Area and from nearby research stations in Terra Nova Bay. Flight activity in the region is frequent throughout the summer season with mostly helicopter movements.

The ASPA requires long-term special protection because of the outstanding environmental, scientific and ecological values and its potential vulnerability to disturbance from scientific, logistic and tourist activities.

2. Aims and objectives

Management of ASPA XXX Inexpressible Island and Seaview Bay aims to:

- avoid any major changes in the functions and ecosystems of the Area, any degradation of, or substantial risk to, the values of the ASPA by preventing unnecessary human disturbance to the area.
- preserve the environmental values of the ASPA as a reference area for future comparative studies with other breeding populations of Adélie penguins and South Polar Skuas in Terra Nova Bay and neighboring areas, and for research and long-term monitoring of terrestrial, marine and lacustrine ecosystems.
- allow continued studies on historical clues of the evolution of the Adélie penguin and other species subfossil remains and ornithogenic soil.
- allow scientific research respecting the natural ecological system in the Area, promoting international coordination thus ensuring protection from oversampling, especially of soil, fauna and flora to reduce the cumulative impact within the Area.
- allow visits for educational purposes in the Area provided it is for compelling reasons which cannot be served elsewhere and that they will not jeopardize the natural ecological system in the Area.
- prevent, to the maximum extent practicable, the introduction of non-native species and pathogens that may endanger or alter the local pristine ecosystems.
- allow visits for management purposes in support of the aims of the Management Plan.

3. Management activities

The following management activities shall be undertaken to protect the values of the ASPA:

- Signs showing the location and boundaries of the Area (stating the special restrictions that apply) secured and maintained in good condition, and removed when no longer required. They will be placed in such a way as to respect as much as possible the ASPA's aesthetic value.
- Copies of this Management Plan shall be made available to all stations located within 50 km of the Area, to all vessels and aircraft visiting the Area and/or operating in the vicinity of the adjacent stations, and all personnel operating in the region shall be informed of the location, boundaries and restrictions applying to entry and overflight within the Area.
- National programs shall take steps to ensure the boundaries of the Area and the restrictions that apply are marked on relevant maps and nautical/aeronautical charts.
- Any abandoned equipment or material shall be removed to the maximum extent possible provided doing so does not adversely affect the environment and the values of the Area.
- The Area shall be visited, as necessary (no less than once every five years), to assess whether it continues to serve the purposes for which it was designated and to ensure management and maintenance measures are adequate.
- National Antarctic Programs operating in the region shall consult together and share information on foreseen activities to be implemented, in view to minimize the overall impact on the Area.

4. Period of designation

Designated for an indefinite period

5. Maps

- **Map 1:** ASPA XXX: Inexpressible Island and Seaview Bay – Regional Map.
- **Map 2:** ASPA XXX: Inexpressible Island and Seaview Bay – topographic map with access guidance and bathymetry.
- **Map 3:** ASPA XXX: Inexpressible Island and Seaview Bay – Adélie Penguin Colony.

6. Description of the Area

6(i) Geographical coordinates, boundary markers and natural features

General description

The ASPA is situated in middle Terra Nova Bay (Map 1). The area lies in the southern portion of the Island, which is bordered by two ice shelves, The Nansen Ice Sheet to the west and the Hells Gate Ice shelf, this latter being fed by marine ice (Baroni, 1988, Sochez et al., 1991). The Area includes an ice-free area with some lakes, facing Seaview Bay and the northern part of South Bay in Inexpressible Island, and a marine coastal area, which defines the eastern border of the Area (Maps 2 and 3). The strong katabatic winds from the Nansen Ice Shelf and Hells Gate Ice shelf opened a large polynya in the eastern waters off the Adélie penguin nesting area, potentially promoting the foraging efficiency and thus the raising of chicks. This Area has a special landform with well-defined raised beaches, marine sediments, wave-cut terraces and wave-washed bedrock characterizing the ice-free land (Baroni et al., 2004) and mainly includes 14-level coastal curved terraces formed by beach ridges at 0-33 m above sea level. These are one of the best-preserved ocean landforms of Terra Nova Bay (Salvatore et al., 1997; Baroni et al., 2005). Marine deposits ranging in size from boulder to gravel are distributed on the terraces. Patches of finer marine deposits retain marine subfossil shells (*Adamussium colbecki* and *Laternula elliptica*) suitable for radiocarbon dating of beach deposits.

Boundaries and coordinates

The Area is located in the eastern central part of Inexpressible Island, including the Seaview Bay and the northern part of the South Bay. The total area of the ASPA is 3.31 km², of which 2.32 km² is terrestrial and 0.99 km² is marine area. The total extent of the boundaries is 7.86 km. Eastwards, the boundary of the ASPA is mainly marine, and includes the foraging access routes that penguins use intensively to access the sea. Westwards, the boundary borders the current South Polar skua nesting area and the historical distribution area of the Adélie penguin, including freshwater lakes far away from the birds' nests.

The eastern boundary of the Area at the NE corner extends from the coordinates B1 on the eastern coast of the Seaview Bay due south for to B8 of the South Bay (Table 1, Map 2). The northern boundary from B1 follows along the coastline to B2, then to B3 and B4, along the foot of the hill to B5. The western boundary is from B5 to B6 (the same longitude with B5), and then to B7 (the same latitude with B8).

Table1. Boundary coordinates of ASPA XXX (see map 2 and 3 for the site)

name	Latitude	Longitude
B1	74°53'46.13"S	163°45'00.00"E
B2	74°53'40.41"S	163°44'31.07"E
B3	74°53'29.99"S	163°43'44.97"E
B4	74°53'14.17"S	163°43'30.65"E
B5	74°53'14.17"S	163°42'11.02"E
B6	74°54'28.93"S	163°42'11.02"E
B7	74°54'46.54"S	163°43'11.11"E
B8	74°54'46.54"S	163°45'00.00"E

Climate

Eight weather stations have been set up in the southern and central parts of Inexpressible Island, with two of them directly inside of the boundaries of the proposed ASPA. According to the data of Manuela Automatic Weather Station (74°56'45.6" S, 163°41'13.2" E, 78 m above sea level), the annual average temperature in the Area is -18.5°C. The number of days below -40 °C does not exceed 0.1%, the number of days between -30 ~ -15°C is about 63%, and the number of days between -15 ~ 0°C is 33%. The minimum annual average temperature is -19.2°C (1998), and the maximum is -17.4°C (2012). The average daily temperature in winter is below -35°C, the lowest is -40.6°C (September 2, 1992); the average daily maximum temperature in summer exceeds 0°C, the highest value is 6.9 °C. The average temperature in December was the highest, at -3.6 ± 1.26 °C, the lowest in August, at -26.66 ± 2.87 °C.

The annual average wind speed is 14.2 m/s, the daily average maximum wind speed is 34.2 m/s (July 1989), and the maximum instantaneous wind speed is 45 m/s (February 1985) (Bromwich, 1988). In November, December and January, wind speeds below 15 m/s accounted for 90%. The wind speed has varied according to seasonal changes. The highest monthly average wind speed is in August (16.54 m/s), and the lowest in December (5.20 m/s). A total of 298 strong katabatic wind events occurred in 10 years, of which 49.8% occurred in winter (21% in July), and the average duration was about 10 hours. No strong katabatic wind events were recorded in December and January. The monthly average wind speed of strong katabatic wind is between 25~30 m/s, with the maximum wind speed of above 40 m/s.

According to the observation data of weather stations (74°54'04.02"S, 163°43'45.85"E) located in the ASPA, the average temperature in January is -4.8°C, the average instantaneous wind speed is 5.7 m/s, with the maximum instantaneous wind speed of 18.1 m/s.

Marine area and polynya

Terra Nova Bay is one of the deepest water basins in the Ross Sea, with a maximum depth of about 1,100 m (Buffoni et al., 2002). The ocean circulation in the bay moves parallel to the north through the upper layer in summer, parallel to the coast, and rotates clockwise with depth (Vacchi et al., 2012). The strong katabatic wind and the blocking of the ice floe by Drygalski Ice Tongue forms a huge polynya in the Terra Nova Bay (Bromwich and Kurtz, 1984; Van Woert, 1999), with an average area about 1,300 km² (0-5,000 km², Kurtz and Bromwich, 1983), and up to 2,500 km² in December 2017. The salt discharged from the ice formation increased the salinity of the seawater (up to 34.87 ‰), and the sea surface freezing point was -1.9°C.

The marine portion of the ASPA includes the coastal area facing the Adélie penguin colony, extending for 0.99 km² and less than 50 meters depth (Map 2). The benthic communities of this area are poorly known. Preliminary surveys through underwater cameras indicate a rich macroalgae coverage consisting mainly of *Iridaea cordata* at 5-10 meters depth (M.C. Chiantore, pers.comm.), and associated rich coverage of filamentous aggregates of unknown composition. Some animal organisms were observed during the survey. These include the two small-size fish species *Trematomus bernacchii* and *T. pennellii*, the sea star *Odontaster validus* and amphipods possibly belonging to the family Lysianassidae (M. Vacchi and E. Calizza, pers. comm.).

Freshwater lakes and brackish lagoon

The Area presents a distribution of 6 freshwater lakes and 1 brackish lagoon (Map 3) with a distance from the coast from 0.130 km to 1.16 km, and an estimated total surface of 17,780 m² (range from 97 m² to 8,162 m²). Some of them, in vicinity of the Adélie penguin colony and South Polar Skua, are influenced by guano nutrient input, while others located at a greater distance, may serve as reference of present conditions and for long term comparisons (Blais et al., 2005; Borghini et al., 2007).

Six freshwater lakes in this area were investigated in both 2017/2018 and 2018/2019 summer seasons and an incredibly high concentration of nutrients was recorded. The concentration of NH₄-N ranged from 0.40 mg/L to 61.22 mg/L, the concentration of NO₂⁻ ranged 0.8 to 0.49mg/L and the freshwater PO₄³⁻ concentration ranged from 0.08 to 17.72 mg/L. The concentration of TOC ranged from 5.12 mg/L to 33.38 mg/L. These concentrations are high compared to the ones of other typical ultra-oligotrophic polar lakes, including the ones of three freshwater lakes sampled at a greater distance outside of the area in 2018/2019 summer season too. There were 42 phytoplanktons detected, and the *Bacillariophyta*, *Cyanophyta*, *Chlorophyta* were the dominant phytoplankton taxa. The density ranged from 1.65×10^4 ~ 1.02×10^7 cells/L. The *Prorodon viridis*, *Urotricha farcta*, *Lacrymaria minima*, *Trachelophyllum sigmoides*, *Colpoda cucullus*, *Vorticella* sp. and *Strobilidium gyran*s were the dominant zooplankton species (Zhang, pers. comm.).

Birds

The latest count of 2017 reported 25,089 breeding pairs of Adélie penguins (*Pygoscelis adeliae*) (MOE, 2019). The penguins are mainly distributed in the central part of Seaview Bay, and there are about 100 breeding pairs (131 breeding pairs in 2017) in South Bay (Map 3). There is not significant genetic divergence of the penguins between the South Bay and Seaview Bay on the basis of Single Nucleotide Polymorphism analysis (Zhang, pers. comm.). The first documented record of Adélie penguin with 11,000 breeding pairs in the area was published in 1963, one of the earliest statistical record of Adélie penguin in the Ross Sea (Stonehouse, 1969; Woehler and Croxall, 1997). Since the '80s, scientists from New Zealand, Italy, Korea and China have monitored the population. GPS tracking in 2019 showed that penguins disperse to Ross Island within a given breeding season (Xia and Zhang, pers. comm.).

Table 2. The population size of Adélie penguins in ASPA XXX (breeding pairs).

Year	Population Size	Reference
1963	11,000	Stonehouse, 1969
1982	9,217	Woehler and Croxall, 1997
1983	17,120	He et al., 2017
1984	24,864	Wilson et al., 2017
1987	28,715	Woehler and Croxall, 1997
1989	23,528	Woehler and Croxall, 1997
1991	20,029	Woehler and Croxall, 1997
2001	24,142	Olmastroni et al., in press
2012	24,450	Lyver et al., 2014
2017	25,089	MOE, 2019
2019	29,899	MOE, 2020

In Seaview Bay, the penguins breeding grounds are distributed on 10-700 m wide slopes along the coastline. The nest site is 0.5-33 meters above sea level, and more than 80% of the breeding individuals are distributed between 0.5-10 meters above sea level. During the breeding period, the Adélie penguins carrying food reach the core colony area and then travel 14.4±19.3 minutes to reach the highest breeding area. Adélie penguins' nests were built along the low-to-high terraces, composed of many hilly nests of different heights. Later in the season, "crèches" ranging from a dozen to thousands of chicks form on the hills. Studies carried out on chick-rearing Adélie penguin showed that diet composition in the Terra Nova Bay area consisted mainly of Antarctic silverfish (*Pleuragramma antarctica*) and also of ice krill (*Euphausia crystallorophias*), and Antarctic krill (*E. superba*) to a lesser extent (Olmastroni et al, in press).

In South Bay, the nesting site is located on the southern slope 5-10 meters from the shoreline, 3-10 meters above sea level, and the nesting area is no more than 1000 m². Chicks form a single "crèche" there.

Penguin remains have attracted scientific interest from Italy, United States and other countries in the past 30 years (Stuiver, 1981; Whitehouse et al., 1989; Orombelli et al. 1990; Baroni and Orombelli, 1987, 1991, 1994; Baroni and Hall, 2004; Lambert et al., 2002; 2010; Ritchie et al., 2004; Sheperd et al., 2005; Emslie et al., 2007; Millar et al., 2008; Submaranian et al., 2009; Lorenzini et al., 2009; 2010, 2011, 2012, 2014; Parks et al., 2015; Megzec et al., 2017).

Scientists from Italy and New Zealand have extracted in the past 15 individual Adélie penguin sub-fossils, dating from about 6,100 years ago and have carried out genetic analysis and phylogeny (Lambert et al., 2002; 2010; Ritchie et al., 2004; Shepherd et al., 2005; Millar et al., 2008; Submaranian et al., 2009). Several samples of guano and other remains of Adélie penguins, dug in the 14th terrace of Seaview Bay, South Bay and in the outskirts of the colonized area, have been collected by Italian researchers (Orombelli et al., 1990; Baroni and Orombelli, 1991; 1994; Baroni and Hall, 2004). Ornithogenic soils allowed to retrieve relevant information on past environmental conditions and on Holocene Adélie penguin diet, through eggshells, bones, and prey remains (fish bones and ooliths, squid beaks, etc.; Lorenzini et al., 2009; 2010, 2014). Chinese scientists in the last 5 years, collected more than 130 samples (see supplementary material). These precious materials can provide the possibility for studying climate change and molecular evolution.

Up to 60 breeding pairs of South Polar skua were recorded in the Area (Ainley et al., 1986). The number of mature South Polar Skuas globally is 6,000-15,000 (Birdlife International, 2017), or 5,000-8,000 breeding pairs (de Hoyo et al., 1996). The South Polar skuas mainly breed in the rock belt around the Adélie penguin breeding colony, and in some areas the nests of both bird species present a mosaic distribution (Map 3 for 2018 breeding points). Groups of 20-30 South Polar Skuas are sometimes observed. The investigations in late December 2016 and 2017 found that there were 2 eggs and/or 2 chicks in each nest of South Polar skuas. An investigation conducted in January 2018 showed that no more than one chick was found in each nest (Zhang and Xia, pers. comm.), suggesting conspecific predation (de Hoyo et al., 1992). Similarly, South Polar skuas of Edmonson Point produce 1.9 ± 0.2 eggs, but the reproductive success is limited to 0.2 ± 0.4 chicks. Conspecific aggressive behavior, siblicide (large chicks kill small ones), harsh weather, and late egg laying are the main causes of low reproductive success (Pezzo et al., 2001). The breeding success and the factors affecting skua reproduction at Inexpressible Island require further investigation.

In the Area, Emperor penguins (*Aptenodytes forsteri*), Wilson's Storm petrels (*Oceanites oceanicus*), Snow petrels (*Pagodroma nivea*), Antarctic petrels (*Thalassoica antarctica*) can also be observed occasionally. No breeding record for the above avian species in the area exists.

Mammals

Weddell seals (*Leptonychotes weddellii*), Leopard seals (*Hydrurga leptonyx*) and less frequently Crabeater seals (*Lobodon carcinophagus*) can be observed in the seawaters near the Area. Weddell seals are often found resting in the penguin colony. Leopard seals have been observed regularly preying on penguins (adults and juveniles) in the seawaters in front of the colony (2001- onwards, Olmastroni pers. comm.). In 2017, two unusual attacks by Weddell seals against Adélie penguins were observed (Miao, pers. comm.). Subfossil remains of elephant seals indicate a large presence of this species in the past (Hall et al., 2006). At the present time, the occurrence of elephant seals (*Mirounga leonina*) is very rare in Terra Nova Bay (just one record in the last two decades).

Seals remains (bones, skin, internal organ and blubber) were found in the beaches (Baroni and Hall, 2004; Hall et al., 2006; de Bruyn et al., 2009, 2014). Mummified elephant seals (*Mirounga leonina*) in various state of preservation rest on Holocene raised beaches and testify Holocene breeding colonization of the area that crashed ca 1000 yrs ago (Koch et al., 2019).

Terrestrial invertebrates

Only *Gressittacantha terranova* (Collembola, Entognatha) were recorded by Fanciulli et al. (2001) in the first study on population genetics of Antarctic soil microarthropods and *Acutuncus antarcticus* (Eutardigrada, Hypsibiidae) recorded by Cesari et al. (2016).

Mosses and lichens

Scientists have determined that the biodiversity of mosses and lichens was high in specialized terrestrial habitats in this region (Castello, 2003; Cannone and Seppelt, 2008). A total of nine different lichens were recorded in 2016-2017, including the widely-distributed species *Buellia frigida* (as the constructive species), and other species as *Acarospora gwynnii*, *Candelariella flava*, *Lecanora expectans*, *Lecanora fuscobrunnea*, *Umbilicaria decussata*, *Xanthoria elegans* and *Xanthomendoza borealis*. In the south rock ridge of the penguin colony in Seaview Bay, *Bryum argenteum* is sparsely distributed. Lichens develop on marine boulders and cobbles with individual thalli increasing in size as a function of elevation. The maximum size *Buellia* sp. thalli is > 290 mm at 24 m a.s.l. and testifies the increasing age of raised beaches as a function of progressive emersion of coastal areas (Baroni and Orombelli, 1987; Baroni, 1994).

Terrestrial algae and microorganisms

The cold-tolerant fungi as *Chrysosporium verrucosum* Tubaki, *Thelebolus microspores* Kimbrough and White yeasts were found from penguin guano and soil in the Area (Del Frate and Caretta, 1990). A fungal strain, isolated from Inexpressible Island, was plate-screened for its ability to produce extracellular enzymes (Fenice et al., 1997). The bacteria in five different lakes from this Area were recorded in 2017/2018 summer season by Illumina Miseq sequencing, genera *Flavobacterium* within Bacteroidetes was the most occurring in all the lakes, and other genera, such as *Polaribacter* (Bacteroidetes) and Cyanobacteria were very abundant in two of those lakes. Michaud et al. (2012) have documented in a lake of Inexpressible Island the consistently pronounced abundance of the Gammaproteobacteria (which are typically marine), the lack of Actinobacteria (which are of major importance in freshwater environments), as well as the low abundance of pico-cyanobacteria (whose presence is not favored by relatively high N: P ratio).

Algal species diversity in lakes of the Area is similar to that of Lake Gondwana and of Dry Valleys lakes. The typical prokaryotic (*Synechococcus*) and eukaryotic (*Chlorella*) genera were determined by both flow cytometry and electron microscopy (Andreoli et al., 1992).

In lacustrine sediments pigments confirmed that Cyanophyta was the most important algal group, followed by Chlorophyta and Bacillariophyta (Borghini et al., 2011). Microbial eukaryotes in five different lakes from this area were recorded in 2017/2018 summer season by microscopy and Illumina Miseq sequencing. Genus *Geminigera* (Cryptophyceae) was significantly predominant in three lakes, and in the other two lakes *Chlamydomonas* (Chlorophyta) and *Spumella* (Chrysophyta) were dominant.

Geology

The land basement is glacial boulder, the main intrusive rock type is quartz monzonite, and a small amount of quartz monzobiorite. The main outcrops in this area are Quaternary hail deposits and modern coastal accumulation and the Caledonian Paleozoic Ordovician intrusive monzonites and granites (Wang et al., 2014). The surface of the wavy boulders in Seaview Bay and South Bay is the Holocene wind-selected surface (Baroni and Hall, 2004). A coastal terrace at an altitude of 0-33 meters and a coastline of 0-700 meters is formed.

HSM14

The Historic Site and Monument HSM14 is just outside the boundaries of the Area and related to the Robert Falcon Scott's Terra Nova Expedition (1910-1913), in which the Northern Party, led by Victor Campbell, forcibly overwintered in 1912. The snow cave of 3.7 m × 2.7 m and a height of 1.7 m was dug in March 1912, and it offered repair to the crew during the winter under extreme conditions. The snow cave site was designated as the No.14 Antarctic historical site or monument (HSM14) in 1995. An anchorage point for boats is suggested in Map 2 and access to HSM14 is encouraged by small boat. Landing is suggested along the shoreline outside of ASPA borders. The HSM14 location can then be reached on foot from the preferred landing point. The orography of the site and the ice conditions do not allow having a clearly indicated pathway.

Human activities

Since the 80s there have been regular human activities in the Terra Nova Bay area. Gondwana Station (Germany, 74°38'07"S, 164°13'15"E), established in 1983, operates in occasional summers with capacity for approximately 25 personnel, and is 35 km from the Area. Mario Zucchelli Station (Italy, 74°41'43"S, 164°06'55"E), established in 1985, operates in summer only with a complement of up to 100 personnel, and is 27 km from the Area. Jang Bogo Station (ROK, 74°37'26"S, 164°13'40"E), 36 km from the Area, operates as a year-round station, with a complement of 17 winter personnel and up to 60 in summer since 2014. China intends to establish a year-round scientific research station (74°56'04"S, 163°42'52"E) with a complement of 30 winter personnel and up to 80 personnel in summer on Inexpressible Island, which will be about 3 km away from the Area.

The current research activities in the Area of nearby scientific stations are focused on the remains of penguins and excavation of ornithogenic soils, the genetic flux, ecology and quantitative monitoring of Adélie penguins and South Polar skua, molecular ecology, paleogeology, plankton, biodiversity survey in terrestrial and marine environment and food web ecology. In the past 10 years, tourists have visited Inexpressible Island, with an average of 100 individuals per year, between 2003 and 2017 and up to 480 visitors in the 2005-2006 season (see supplementary material) (IAATO, <https://iaato.org/tourism-statistics>)

6(ii) Access to the Area

The Area can be accessed by land, sea or air. There is no specific route to enter the Area by land. Helicopter access is recommended at the suggested landing sites (Map 2) outside the Area. Access from the sea may be by small boats. Transiting through the Area by a small boat should be limited to reduce disturbance to wildlife. Small boats entering the waters should preferably anchor between B1-B2, while large vessels should not enter the Area. See section 7(ii) for details. Access should always be chosen so as to exceed minimum wildlife separation distance and, as far as possible, to minimize disturbance on approach.

6(iii) Location of structures within and adjacent to the Area

No permanent structures are present within or adjacent to the Area. A total of four weather stations are installed around the Area and provide detailed weather data. Two weather stations from Korea (74°54'01.00"S, 163°43'33.00"E) and China (74°54'04.02"S, 163°43'45.85"E) are present in the Area (see Map 2). The other two are located outside the proposed ASPA region (USA-Manuela, ITA-Virginia) and could not be shown in Maps. In Terra Nova Bay area, other weather stations are also located in nearby research stations.

6(iv) Location of other protected areas in the vicinity

- Other protected areas in the vicinity include (see Map 1):
- HSM 14, Site of ice cave at Inexpressible Island, 74°54'S, 163°43'E, on the northern boundary of the Area.
- ASPA 161, Terra Nova Bay, 74°45' S, 164°01' E, 16 km to the north.
- ASPA 173, Cape Washington & Silverfish Bay, 74° 37' 06" S, 164° 57' 36" E, 48 km to the northwest.
- ASPA 175, High Altitude Geothermal sites of the Ross Sea Region, Mount Melbourne, 74°21' S, 164° 42' E, 68 km to the north.
- ASPA 165, Edmonson Point, 74° 20' S, 165° 08' E, 76 km to the north.

Besides the abovementioned-protected areas, CCAMLR has established Ross Sea Region Marine Protected Area. The marine area of the ASPA is located within the General Protection Zone of the RSRMPA.

6(v) Special zones within the ASPA

There are no special zones within the Area.

7. Terms and conditions for entry permits

7(i) General permit conditions

Entry into the Area is prohibited except in accordance with a permit issued by an appropriate national authority. Conditions for issuing a permit to enter the Area are that:

- it is issued for compelling conservation, scientific, educational or outreach reasons which cannot be served elsewhere, or for reasons essential to the management of the Area.
- the activities permitted will give due consideration via the environmental impact assessment procedures to the continued protection of the scientific and ecological values of the Area.
- the actions permitted are in accordance with this Management Plan.
- the permit shall be issued for a definite period.
- the permit, or a copy, shall be carried when in the Area.

7(ii) Access to, and movement within or over, the Area

Access into the Area is permitted on foot, by small boat, or by helicopter only for compelling reasons, as authorized by the issued permit. Clothing (particularly all footwear and outer clothing) and field equipment shall be thoroughly cleaned before entering the Area.

Access on foot

No special access routes are designated for access to the Area on foot but it is required to avoid walking across the raised beaches unless permitted for a compelling scientific purpose. Every reasonable effort should be made to minimize disturbance. A minimum distance of 5 m from wildlife is required. If disturbance of wildlife is observed, separation distance should be increased or the activity modified until there is no visible disturbance. Exceptions to this are only allowed when a closer approach distance is authorized in a permit.

Access by vehicle

Vehicles are prohibited within the Area.

Access by aircraft

The Guidelines for the Operation of Aircraft near Concentrations of Birds in Antarctica Resolution 2 (2004) should be followed at all times. According to the breeding habitats in this area, restrictions on helicopter apply during the period from 15 October through to 15 February inclusive according to strict observance of the following conditions:

- The preferred helicopter approach route and landing sites out of the Area are designated as shown in Map 2. Pilots should avoid overflight of the penguin colony and breeding skua territories. Pilots should follow the designated approach route to the maximum extent practicable and abort the journey should it be likely that conditions would force a route that might lead to overflight of the penguin colony.
- Landing by helicopter within the Area is prohibited, unless authorized by permit for purposes allowed for by this Management Plan
- Overflight of the area below 2,000 feet (~610 m) is prohibited, unless authorized by permit for purposes allowed for by the Management Plan. Helicopters with two engines are due to respect a minimum overflight height and horizontal distance of 3,281 feet (1,000 m) to limit disturbance.
- If due to weather conditions or other safety consideration, pilots could not follow the designated approach route and landing sites, pilots should return to the take off point if possible or land outside the Area. It is allowed to land within the Area only in emergency.
- overflight of bird colonies within the Area by Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS) shall not be permitted unless for scientific or operational purposes, in accordance with a permit issued by an appropriate national authority, and consulting and following as appropriate recommendations contained in the Environmental Guidelines for Operation of RPAS in Antarctica (Resolution 4, 2018).

Access by ships/small boat

There is no designated landing area for small boats that refers to the boats with capacity of 15 personnel or less, such as Zodiac inflatable dinghies or similar size. The ships are suggested to anchor outside of the Area as shown on Map 2 (74°54'02.03"S, 163°45'52.31"E) . During the penguin breeding period from 15 October to 15 February small boats should only land on the coastline to the northeast of Seaview Bay between boundary points B1 and B2. During that period small boat landings in other locations are prohibited, unless authorized by permit for compelling scientific reasons. Approaching to the landing site between boundary points B1 and B2 is required to be at low speed to minimize disturbance and avoid contact with penguins.

Suggested landing point (74°53'50.96"S, 163°45'20.85"E) for visiting the HSM14 is shown on Map 2.

7(iii) Activities that may be conducted within the Area

Activities which may be conducted within the Area shall not jeopardize scientific and ecological values of the Area. Activities which may be conducted within the Area include:

- compelling scientific research which cannot be undertaken elsewhere.
- sampling, which should be the minimum required for approved research programs.
- essential management activities, including monitoring and inspection.
- activities for educational or outreach purposes such as documentary reporting (e.g. visual, audio or written) or the production of educational and outreach resources or services.

7(iv) Installation, modification or removal of structures/equipment

- No structures are to be erected within the Area except for compelling scientific or management reasons and for a pre-established period, as specified in a permit.
- All structures, scientific equipment or markers installed in the Area shall be clearly identified by country, name of the principal investigator, year of installation and date of expected removal. All such items should be free of organisms, propagules (e.g. seeds, eggs) and non-sterile soil, and be made of materials that can withstand the environmental conditions and pose minimal risk of contamination of the Area.
- Installation (including site selection), maintenance, modification or removal of structures or equipment shall be undertaken in a manner that minimizes disturbance to the values of the Area.
- Structures and installations must be removed when they are no longer required, or on the expiry of the permit, whichever is the earlier.
- Removal of specific structures/equipment for which the permit has expired shall be the responsibility of the authority which granted the original permit, and shall be a condition of the permit.

7(v) Location of field camps

Permanent field camps are prohibited within the Area. There has a campsite (74°54'34.76"S, 163°42'03.22"E) locating outside of the Area.

7(vi) Restrictions on materials and organisms which may be brought into the Area

In addition to the requirements of the Protocol on Environmental Protection to the Antarctic Treaty, restrictions on materials and organisms which may be brought into the Area are:

- deliberate introduction of animals, plant material, micro-organisms and non-sterile soil into the Area is prohibited. Precautions shall be taken to prevent the accidental introduction of animals, plant material, micro-organisms and non-sterile soil from other biologically distinct regions (within or beyond the Antarctic Treaty area).
- visitors shall ensure that sampling equipment and markers brought into the Area are clean. To the maximum extent practicable, footwear and other equipment used or brought into the Area (including backpacks, carry-bags and tents) shall be thoroughly cleaned before entering the Area. Visitors should also consult and follow as appropriate recommendations contained in the Committee for Environmental Protection *Non-native Species Manual* (Resolution 4, 2016), and in the *SCAR's Environmental Code of Conduct for Terrestrial Scientific Field Research in Antarctica* (Resolution 5, 2018).
- No fresh eggs or fresh poultry products shall be introduced in the Area. Cooked poultry wastes shall be completely removed from the Area.
- no herbicides or pesticides shall be brought into the Area.
- fuel, food, chemicals, and other materials shall not be stored in the Area, unless specifically authorized by permit and shall be stored and handled in a way that minimizes the risk of their accidental introduction into the environment.
- all materials introduced shall be for a stated period only and shall be removed by the end of that stated period.

7(vii) Taking of, or harmful interference with, native flora or fauna

Taking of, or harmful interference with, native flora and fauna is prohibited, except in accordance with a permit issued in accordance with Annex II of the Protocol on Environmental Protection to the Antarctic Treaty.

Where animal taking or harmful interference is involved, this should, as a minimum standard, be in accordance with the *SCAR's Code of Conduct for the Use of Animals for Scientific Purposes in Antarctica* (Resolution 4, 2019).

7(viii) Collection or removal of anything not brought into the Area by the permit holder

Unless specifically authorized by permit, visitors to the Area are prohibited from interfering with or from handling, taking or damaging any anthropogenic material. Similarly, relocation or removal of artefacts for the purposes of preservation and protection is allowable only by permit. Any new or newly identified anthropogenic materials found should be notified to the appropriate national authority.

Collection or removal of anything should be conducted to following conditions:

- material may be collected or removed from the Area only in accordance with a permit and should be limited to the minimum necessary to meet scientific or management needs.
- material of human origin likely to compromise the values of the Area, and which was not brought into the Area by the permit holder or otherwise authorized, may be removed from the Area, unless the impact of removal is likely to be greater than leaving the material *in situ*: if this is the case the appropriate authority must be notified and approval obtained.

7(ix) Disposal of waste

All wastes, including human wastes, shall be removed from the Area.

7(x) Measures that may be necessary to continue to meet the aims of the Management Plan

Permits may be granted to enter the Area to:

- carry out monitoring and Area inspection activities, which may involve the collection of a small number of samples or data for analysis or review.
- install or maintain signposts, markers, structures or scientific equipment.
- carry out protective measures.

7(xi) Requirements for reports

- The principal permit holder for each visit to the Area shall submit a report to the appropriate national authority as soon as practicable, and in accordance with national procedures.
- Such reports should include, as appropriate, the information identified in the visit report form contained in the Revised Guide to the Preparation of Management Plans for Antarctic Specially Protected Areas (Resolution 2, 2011).
- Wherever possible, the national authority should also forward a copy of the visit report to the Party that proposed the Management Plan, to assist in managing the Area and reviewing the Management Plan.
- Parties working in the Area are encouraged to exchange information on visit reports annually. Wherever possible, Parties deposit originals or copies of such original visit reports in a publicly accessible archive to maintain a record of usage, for the purpose of any review of the Management Plan and in organizing the scientific use of the Area.

8. Supporting documentation

Abollino, O., Aceto, M., Buoso, S., Gasparon, M., Green, W. J., Malandrino, M., Mentasti, E. (2004). Distribution of major, minor and trace elements in lake environments of Antarctica. *Antarctic Science*, 16(3), 277-291.

Ainley, D.G. (2002). The Adélie penguin: Bellwether of climate change. Columbia University Press, pp 416.

Ainley, D. G., Morrell, S. H., & Wood, R. C. (1986). South polar skua breeding colonies in the Ross Sea region, Antarctica. *Notornis*, 33(3), 155-63.

Ainley, D. G., Wilson, P. R., Barton, K. J., Ballard, G., Nur, N., Karl, B. (1998). Diet and foraging effort of Adélie penguins in relation to pack-ice conditions in the southern Ross Sea. *Polar Biology*, 20(5), 311-319.

Andreoli, C., Scarabel, L., Spini, S., Grassi, C. (1992). The picoplankton in Antarctic lakes of

northern Victoria Land during summer 1989–1990. *Polar Biology*, 11(8), 575-582.

- ATCM XLII and CEP XXII (2019). Resolution 4, SCAR's Code of Conduct for the Use of Animals for Scientific Purposes in Antarctica.
- Barbaro, E., Zangrando, R., Vecchiato, M., Turetta, C., Barbante, C., & Gambaro, A. (2014). D-and L-amino acids in Antarctic lakes: assessment of a very sensitive HPLC-MS method. *Analytical and bioanalytical chemistry*, 406(22), 5259-5270.
- Baroni, C., Orombelli, G. (1987). Glacial Geology and Geomorphology of Terra Nova Bay (Antarctica). In: RICCI C.A. (Ed.), Proc. meeting Geosciences in Victoria Land, Antarctica. Siena, 2-3 Sept. 1987. *Mem. Soc. Geol. It.*, 33, 171-193.
- Baroni, C. (1988). The Hells Gate and Backstairs Passage Ice Shelves, Victoria Land - Antarctica. In: RICCI C.A. (Ed.), Proceedings of the meeting Earth Science in Antarctica, Siena 27-28 September 1988. *Mem. Soc. Geol. It.*, 43, 123-144.
- Baroni, C., Orombelli, G. (1991). Holocene Raised Beaches at Terra Nova Bay, Victoria Land, Antarctic. *Quaternary Research*, 36: 157-177.
- Baroni, C.. (1994). Notes on Late-glacial retreat of the Antarctic Ice sheet and Holocene environmental changes along the Victoria land coast.. *Mem. National Institute Polar Research*, Tokyo, Spec. Issue, 50, 85-87.
- Baroni, C., Orombelli, G. (1994). Abandoned Penguin rookeries as Holocene paleoclimatic indicators in Antarctica. *Geology*, 22: 23-26.
- Baroni, C., Hall, B.L. (2004). A new Holocene relative sea-level curve for Terra Nova Bay, Victoria Land, Antarctica. *Journal of Quaternary Science*, 19(4): 377–396.
- Baroni C. (ed.), Biasini A., Bondesan A., Denton G.H., Frezzotti M., Grigioni P., Meneghel, M., Orombelli G., Salvatore M.C., Della Vedova A.M. & Vittuari L. (2005) - Mount Melbourne Quadrangle, Victoria Land, Antarctica 1:250,000 (Antarctic Geomorphological and Glaciological Map Series). In: Haeberli W., Zemp M., Hoelzle M., Frauenfelder R. & Käab A. (eds.), 2005, *Fluctuations of Glaciers 1995-2000 (Vol. VIII)*. IUGG (CCS) / UNEP / UNESCO, World Glacier Monitoring Service, Zurich, Switzerland: 288 pp.
- BirdLife International. 2017. *Catharacta maccormicki* (amended version of 2016 assessment). The IUCN Red List of Threatened Species 2017: e.T22694218A119402983.
- Blais, J. M., Kimpe, L. E., McMahon, D., Keatley, B. E., Mallory, M. L., Douglas, M. S., Smol, J. P. (2005). Arctic seabirds transport marine-derived contaminants. *Science*, 309(5733), 445-445.
- Borghini, F., Colacevich, A., Bargagli, R. (2007). Water geochemistry and sedimentary pigments in northern Victoria Land lakes, Antarctica. *Polar Biology*, 30(9), 1173-1182.
- Borghini, F., Colacevich, A., Caruso, T., Bargagli, R. (2011). An update on sedimentary pigments in Victoria Land lakes (East Antarctica). *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 43(1), 22-34.
- Bromwich, D.H., Kurtz, D.D. (1984). Katabatic wind forcing of the Terra Nova Bay polynya. *Journal of Geophysical Research*, 89 (C3): 3561–72.
- Bromwich, D.H. (1988). An Extraordinary Katabatic Wind Regime at Terra Nova Bay, Antarctica. *Monthly weather review (American meteorology Society)*, 17: 688-695.

- Budillon, G., Spezie, G. (2000) Thermohaline structure and variability in Terra Nova Bay polynya, Ross Sea. *Antarctic Science*, 12: 493–508.
- Buffoni, G., Cappelletti, A., Picco, P. (2002). An investigation of thermohaline circulation in Terra Nova Bay polynya. *Antarctic Science*, 14 (1): 83-92.
- Cesari M., McInnes S.J., Bertolani R., Rebecchi L., Guidetti R. (2016) Genetic diversity and biogeography of the south polar water bear *Acutuncus antarcticus* (Eutardigrada : Hypsibiidae) – evidence that it is a truly pan-Antarctic species. *Invertebrate Systematics*, 30: 635–649.
- Calizza, E., Careddu, G., Caputi, S. S., Rossi, L., Costantini, M. L. (2018). Time-and depth-wise trophic niche shifts in Antarctic benthos. *PloS one*, 13(3): e0194796.
- Cannone, N., Seppelt, R. (2008). A preliminary floristic classification of southern and northern Victoria Land vegetation, continental Antarctica. *Antarctic Science*, 20(6): 553-562.
- Castello, M. (2003). Lichens of Terra Nova Bay area, Northern Victoria land (continental Antarctica). *Studia Geobotanica*, 22: 3-54.
- CEP (2016) Committee for Environmental Protection (CEP). Non-native Species Manual. Edition 2016. Buenos Aires: Secretariat of the Antarctic Treaty, 2016, 41 pp.
- Cummings, V. J., Hewitt, J. E., Thrush, S. F., Marriott, P. M., Halliday, N. J., Norkko, A. M. (2018). Linking Ross Sea coastal benthic communities to environmental conditions: documenting baselines in a spatially variable and changing world. *Frontiers in Marine Science*, 5: art. 232.
- Davis, L.B., HOFMANN, E.E., KLINCK, J.M., PIÑONES, A., DINNIMAN, M.S. 2017. Distributions of krill and Antarctic silverfish and correlations with environmental variables in the western Ross Sea, Antarctica. *Marine Ecology Progress Series*, 584, 10.3354/meps12347
- De Bruyn M., Pinsky M.L., Hall B., Koch P., Baroni C., Hoelzel A. R. (2014) - Rapid increase in southern elephant seal genetic diversity after a founder event. *Proceedings - Royal Society. Biological Sciences*, 281, 20133078-20133085. doi: 10.1098/ rspb.2013.3078
- De Bruyn M., Hall B.L., Chauke L.F., Baroni C., Koch P.L. & Hoelzel A.R. (2009) - Rapid Response of a Marine Mammal Species to Holocene Climate and Habitat Change. *PLoS Genetics*, 5(7): e1000554. doi:10.1371/journal.pgen.1000554
- Del Frate, G., Caretta, G. (1990). Fungi isolated from Antarctic material. *Polar Biology* 11: 1- 7.
- De Hoyo, J., Elliot, A., Sargatal, J. (1992). *Handbook of the Birds of the World*. Barcelona: Lynx Editions. Jutglar, Francesc.
- Emslie, S.D., Coats, L., Licht, K. (2007). A 45,000 yr record of Adélie penguins and climate change in the Ross Sea, Antarctica. *Geology*, 35(1): 61-64.
- Fanciulli, P.P., Summa, D., Dallai, R., Frati, F. (2001). High levels of genetic variability and population differentiation in *Gressittacantha terranova* (Collembola, Hexapoda) from Victoria Land, Antarctica. *Antarctic Science*, 13 (3): 246-254.
- Fenice, M., Selbmann, L., Zucconi, L., Onofri, S. (1997). Production of extracellular enzymes by Antarctic fungal strains. *Polar Biology*, 17(3): 275-280.
- Frezzotti, M., Salvatore, M.C., Vittuari, L., Grigioni, P., De Silvestri L. (2001). Satellite Image Map:

Northern Foothills and Inexpressible Island Area (Victoria Land, Antarctica). Terra Antarctica Reports n° 6, 8 p. + map - ISBN 88-900221-9-1

- Guglielmo, L., Granata, A., Greco, S. (1997). Distribution and abundance of postlarval and juvenile *Pleuragramma antarcticum* (Pisces, Nototheniidae) off Terra Nova bay (Ross sea, antarctica). *Polar Biology*, 19(1): 37-51.
- Hahn, S., Ritz, M. S., & Reinhardt, K. (2008). Marine foraging and annual fish consumption of a south polar skua population in the maritime Antarctic. *Polar Biology*, 31(8), 959-969.
- Hall, B.L., Hoelzel A.R., Baroni C., Denton G.H., Le Boeuf B.J., Overturf B., Töpf A.L. (2006). Holocene elephant seal distribution implies warmer-than-present climate in the Ross Sea. *PNAS*, 103: 10213-10217
- He, H., Cheng, X., Li, X.L., Zhu, R.B., Hui, F.M., Wu, W.H., Zhao, T.C., Kang, J., Tang, J.W. (2017). Aerial photography based census of Adélie Penguin and its application in CH₄ and N₂O budget estimation in Victoria Land, Antarctic. *Scientific Reports* 7(1): 12942.
- Koch P.L., Hall B.L., de Bruyn M., Hoelzel A.R., Baroni C. & Salvatore M.C. (2019) - Mummified and skeletal southern elephant seals (*mirounga leonina*) from the victoria land coast, ross sea, antarctica. *Marine Mammal Science*, 35 (3), 934-956. doi:10.1111/mms.12581
- Kurtz, D.D., Bromwich, D.H. (1983). Satellite observed behaviour of the Terra Nova Bay polynya. *Journal of Geophysical Research*, 88: 9717-22.
- Kurtz, D.D., Bromwich, D.H. (1985) A recurring, atmospherically forced polynya in Terra Nova Bay. In: Jacobs SS (ed.) *Oceanology of the Antarctic continental shelf*. *Antarct Res Ser* 43, American Geophysical Union, Washington DC, pp 177-201.
- Lambert, D., Ritchie, P., Millar, C., Holland, B., Drummond, A., Baroni. C. (2002). Rates of evolution in ancient DNA from Adélie penguins. *Science*, 295: 2270-2273.
- Lee, W. Y., Jung, J.-W, Chung, H., Kim, J.-H. (2019) Weddell seal feeds on Adélie Penguins in the Ross Sea, Antarctica. *Polar Biology*, 42: 1621-1624.
- Lorenzini, S., Baneschi, I., Fallick, A.E., Salvatore, M.C., Zanchetta, G., Dallai, L., Baroni, C. (2012). Insights into the Holocene environmental setting of Terra Nova Bay region (Ross Sea, Antarctica) from oxygen isotope geochemistry of Adélie penguin eggshells. *Holocene*, 22: 63-69.
- Lorenzini, S., Baroni, C., Fallick, A.E., Baneschi, I., Salvatore, M.C., Zanchetta, G., Dallai, L., (2010). Stable isotopes reveal Holocene changes in the diet of Adélie penguins in Northern Victoria Land (Ross Sea, Antarctica). *Oecologia*, 164: 911-919.
- Lorenzini S., Baroni C., Baneschi I., Salvatore M.C., Fallick A.E., Hall B.L. (2014) - Adélie Penguin dietary remains reveal Holocene environmental changes in the western Ross Sea (Antarctica). *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 395, 21 - 28. doi: 10.1016/j.palaeo.2013.12.014
- Lorenzini S., Olmastroni S., Pezzo F., Salvatore M.C. & Baroni C. (2009) - Holocene Adélie Penguin diet in Victoria Land, Antarctica. *Polar Biology*, 32 (7), 1077-1086. doi:10.1007/s00300-009-0607-4
- Lyver, P.O., Barron, M., Barton, K.J., Ainley, D.G., Pollard, A., et al. (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(3): e91188.

- Mezgec K., Stenni B., Crosta X., Masson Delmotte V., Baroni C., Braida M., Ciardini V., Colizza E., Melis, R., Salvatore M.C., Severi M., Scarchilli C., Traversi R., Udisti R., Frezzotti M. (2017) - Holocene sea ice variability driven by wind and polynya efficiency in the Ross Sea. NATURE COMMUNICATIONS, 8, 1-12. doi: 10.1038/s41467-017-01455-x
- Michaud, L., Caruso, C., Mangano, S., Interdonato, F., Bruni, V., Lo Giudice, A. (2012). Predominance of *Flavobacterium*, *Pseudomonas*, and *Polaromonas* within the prokaryotic community of freshwater shallow lakes in the northern Victoria Land, East Antarctica. FEMS microbiology ecology, 82(2): 391-404.
- Millar C.D., Dodd A., Anderson J., Gibb G.C., Ritchie P.A., Baroni C., Woodhams M.D., Hendy M.D., Lambert D.M. (2008) - Mutation and Evolutionary Rates in Adélie Penguins from the Antarctic. PLoS Genetics 4(10): e1000209. doi: 10.1371/journal.pgen.1000209
- Millar C.D., Subramanian S., Heupink T.H., Swaminathan S., Baroni C., Lambert D.M. (2012) - Adélie penguins and temperature changes in Antarctica: a long-term view. Integrative Zoology, 7(2), 113–120. doi: 10.1111/j.1749-4877.2012.00288.x
- Ministry of Environment (MOE) 2019. Environmental monitoring and management of the Antarctic Specially Protected Areas and the Antarctic Stations (5). Korean Ministry of Environment. 292pp.
- Ministry of Environment (MOE) 2020. Environmental monitoring and management of the Antarctic Specially Protected Areas and the Antarctic Stations (6). Korean Ministry of Environment. in press.
- Norkko, A., Thrush, S. F., Cummings, V. J., Gibbs, M. M., Andrew, N. L., Norkko, J., Schwarz, A. M. (2007). Trophic structure of coastal Antarctic food webs associated with changes in sea ice and food supply. Ecology, 88(11): 2810-2820.
- Parks M., Subramanian S., Baroni C., Salvatore M.C., Zhang G., Millar C.D., Lambert D.M. (2015). Ancient population genomics and the study of evolution. Philosophical Transactions Of The Royal Society Of London Series B: Biological Sciences (ISSN:0962-8436) p. 1 - 10 Vol. 370. doi: 10.1098/rstb.2013.0381
- Oлмаstroni S., Pezzo F., Volpi V., Focardi S. (2004). Effects of weather and sea ice on Adélie penguin reproductive performance. CCAMLR Science 11:99-109
- Oлмаstroni S., Fattorini N., Pezzo F., Focardi S. Gone fishing: Adélie penguin site-specific foraging tactics and breeding performance. Antarctic Science, in press.
- Orombelli G., Baroni C. & Denton G.H. (1990) - Late Cenozoic glacial history of the Terra Nova Bay Region, northern Victoria Land, Antarctica. Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria, 13 (2), 139-163.
- Petz, W., Valbonesi, A., Schiffner, U., Quesada, A., Cynan Ellis-Evans, J. (2007). Ciliate biogeography in Antarctic and Arctic freshwater ecosystems: endemism or global distribution of species? FEMS Microbiology Ecology, 59(2): 396-408.
- Pezzo, F., Olмаstroni, S., Corsolini, S., Focardi, S. (2001). Factors affecting the breeding success of

the south polar skua *Catharacta maccormicki* at Edmonson Point, Victoria Land, Antarctica. *Polar Biology*, 24: 389. <https://doi.org/10.1007/s003000000213>.

- Pezzo, F., Olmastroni, S., Volpi, V., Focardi, S. (2007). Annual variation in reproductive parameters of Adélie penguins at Edmonson Point, Victoria Land, Antarctica. *Polar Biology*, 31: 39-45.
- Reinhardt, K., Hahn, S., Peter, H. U., & Wemhoff, H. (2000). A review of the diets of Southern Hemisphere skuas. *Marine ornithology*, 28, 7-19.
- Ritchie P.A., Millar C.D., Gibb G.C., Baroni C., & Lambert D.M. (2004) - Ancient DNA Enables Timing of the Pleistocene Origin and Holocene Expansion of Two Adélie Penguin Lineages in Antarctica. *Molecular Biology and Evolution*, 21 (2), 240-248. doi: 10.1093/molbev/msh012
- Salvatore M.C., Bondesan A., Meneghel M., Baroni C. & Orombelli G. (1997) – Geomorphological sketch map of the Evans Cove Area (Victoria Land, Antarctica). *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, 20 (2), pp. 283-290
- Shepherd, L. D., Millar, C. D., Ballard, G., Ainley, D. G., Wilson, P. R., Haynes, G. D., Lambert, D. M. (2005). Microevolution and mega-icebergs in the Antarctic. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102(46): 16717-16722.
- Signa, G., Calizza, E., Costantini, M. L., Tramati, C., Caputi, S. S., Mazzola, A., Rossi, L. Vizzini, S. (2018). Horizontal and vertical food web structure drives trace element trophic transfer in Terra Nova Bay, Antarctica. *Environmental Pollution*, 246: 772-781.
- Souchez R., Meneghel M., Tison J.L., Lorrain R., Ronveaux D., Baroni C., Lozej A., Tabacco I. & Jouzel J. (1991) - Ice composition evidence of marine ice transfer along the bottom of a small Antarctic ice shelf. *Geophysical Research Letters*, 18 (5), 849-852. doi:10.1029/91GL01077
- Stonehouse, B. (1969). Air Census of two colonies of Adélie penguins in Ross Dependency, Antarctic. *Polar Record*, 14: 471-475.
- Stuiver, M. (1981). History of the marine ice sheet in West Antarctica during the last glaciation: a working hypothesis. *The last great ice sheets*, 319-436.
- Subramanian S., Denver D.R., Millar C.D., Heupink T., Aschrafi A., Emslie D.S., Baroni C., Lambert D.M. (2009) - High mitogenomic evolutionary rates and time dependency. *Trends in Genetics*, 25 (11), 482-486. doi:10.1016/j.tig.2009.09.005
- Terauds, A., Chown, S. L., Morgan, F., J. Peat, H., Watts, D. J., Keys, H., ... & Bergstrom, D. M. (2012). Conservation biogeography of the Antarctic. *Diversity and Distributions*, 18(7): 726-741.
- Vacchi, M., DeVries, A. L., Evans, C. W., Bottaro, M., Ghigliotti, L., Cutroneo, L., Pisano, E. (2012). A nursery area for the Antarctic silverfish *Pleuragramma antarcticum* at Terra Nova Bay (Ross Sea): first estimate of distribution and abundance of eggs and larvae under the seasonal sea-ice. *Polar biology*, 35(10): 1573-1585.
- Van Woert, M.L. (1999). Wintertime dynamics of the Terra Nova Bay polynya. *Journal of Geophysical Research*, 104: 1153-69.
- Wang, W., Hu, J.M., Chen, H., Yu, G.W., Zhao, Y., Liu, X.C. (2014). LA-ICP-MS zircon U-Pb ages and geological constraint of intrusive rocks from the Inexpressible Island, Northern Victoria

Land, Antarctica. Geological Bulletin of China, 33(12): 2023-2031.

Wei, Y., Jin Jing, Nie Y, Chen X, Wu L, Fu P, Emslie SD (2016). Sources of organic matter and paleo-environmental implications inferred from carbon isotope compositions of lacustrine sediments at Inexpressible Island, Ross Sea, Antarctica. *Advances in Polar Science*, 233-244.

Whitehouse, I., Chinn, T., Hoefle, H. (1989). Radiocarbon dates from raised beaches. Terra Nova Bay, Antarctica. *Geologisches Jahrbuch E*, 38: 321-334.

Widmann, M., Kato, A., Raymond, B., Angelier, F., Arthur, B., Chastel, O., Pellé, M., Raclot, T. Ropert-Coudert, Y. (2015). Habitat use and sex-specific foraging behavior of Adélie penguins throughout the breeding season in Adélie Land, East Antarctica. *Widmann et al. Movement Ecology*, 3: 30.'

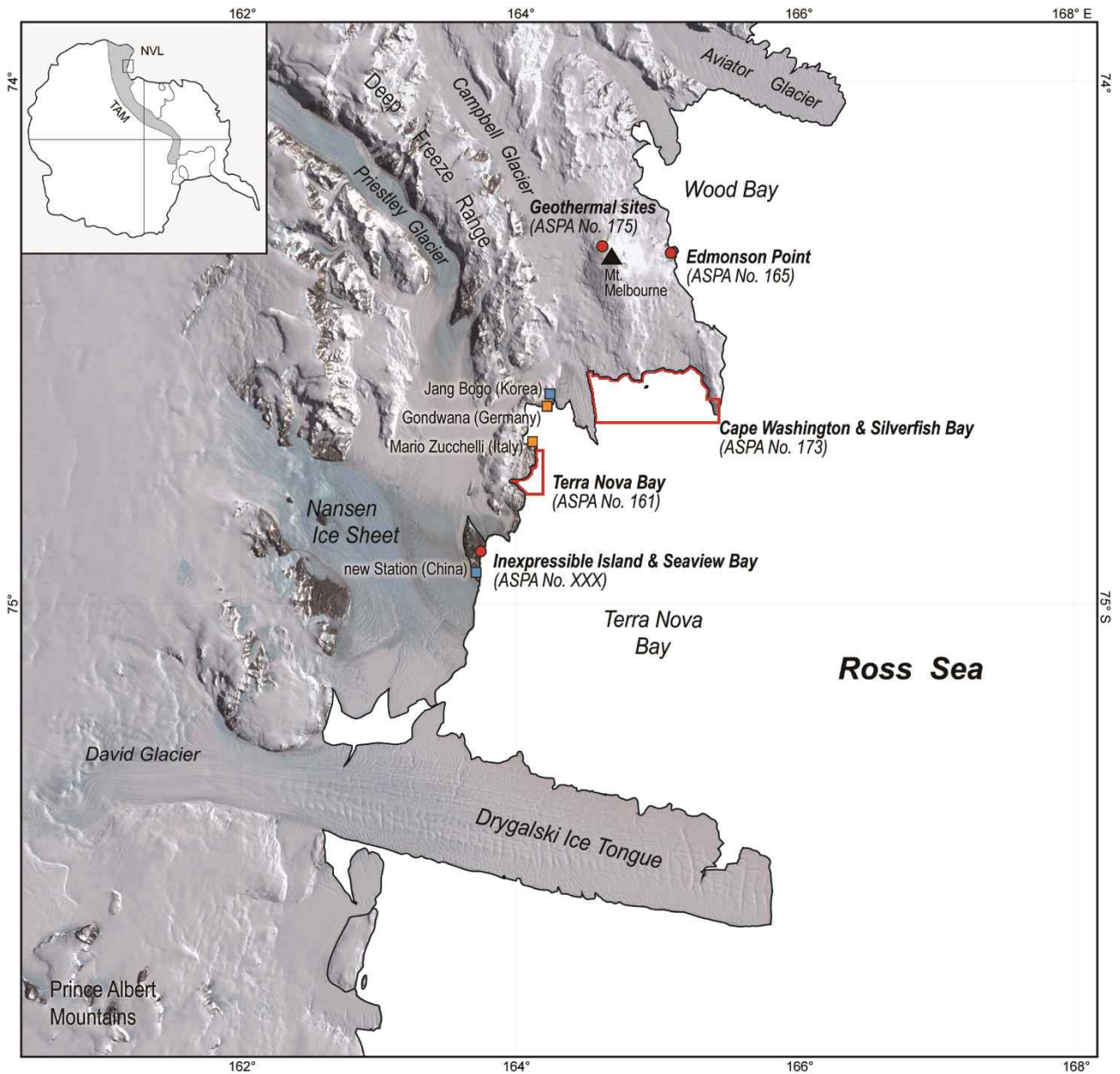
Wilson, D.J., Lyver, P.O., Greene, T.C. Whitehead, A.L., Dugger, K.M., Karl, B.J., Barringer, J.R.F., McGarry, R., Pollard, A.M., Ainley, D.G. (2017). South Polar Skua breeding populations in the Ross Sea assessed from demonstrated relationship with Adélie Penguin numbers. *Polar Biology*. 40: 577.

Woehler, E.J., Croxall, J.P. (1997). The status and trends of Antarctic and sub-Antarctic seabirds. *Marine Ornithology*, 25: 43-66.

SUPPLEMENTARY MATERIAL

Supplementary Material of *Proposal for a new Antarctic Specially Protected Area at Inexpressible Island and Seaview Bay, Ross Sea* can be found at the link, including “A Summary of Dated Penguin Guano and Remains on Inexpressible Island” and “Figure: The number of visitors to Inexpressible Island since 2003”. <http://www.chinare.org.cn/en/difDetailPublic/?id=9800>

Map 1. ASPA XXX: Inexpressible Island and Seaview Bay – Regional Map



Map 1: ASPA No. XXX - Inexpressible Island & Seaview Bay - Regional Map

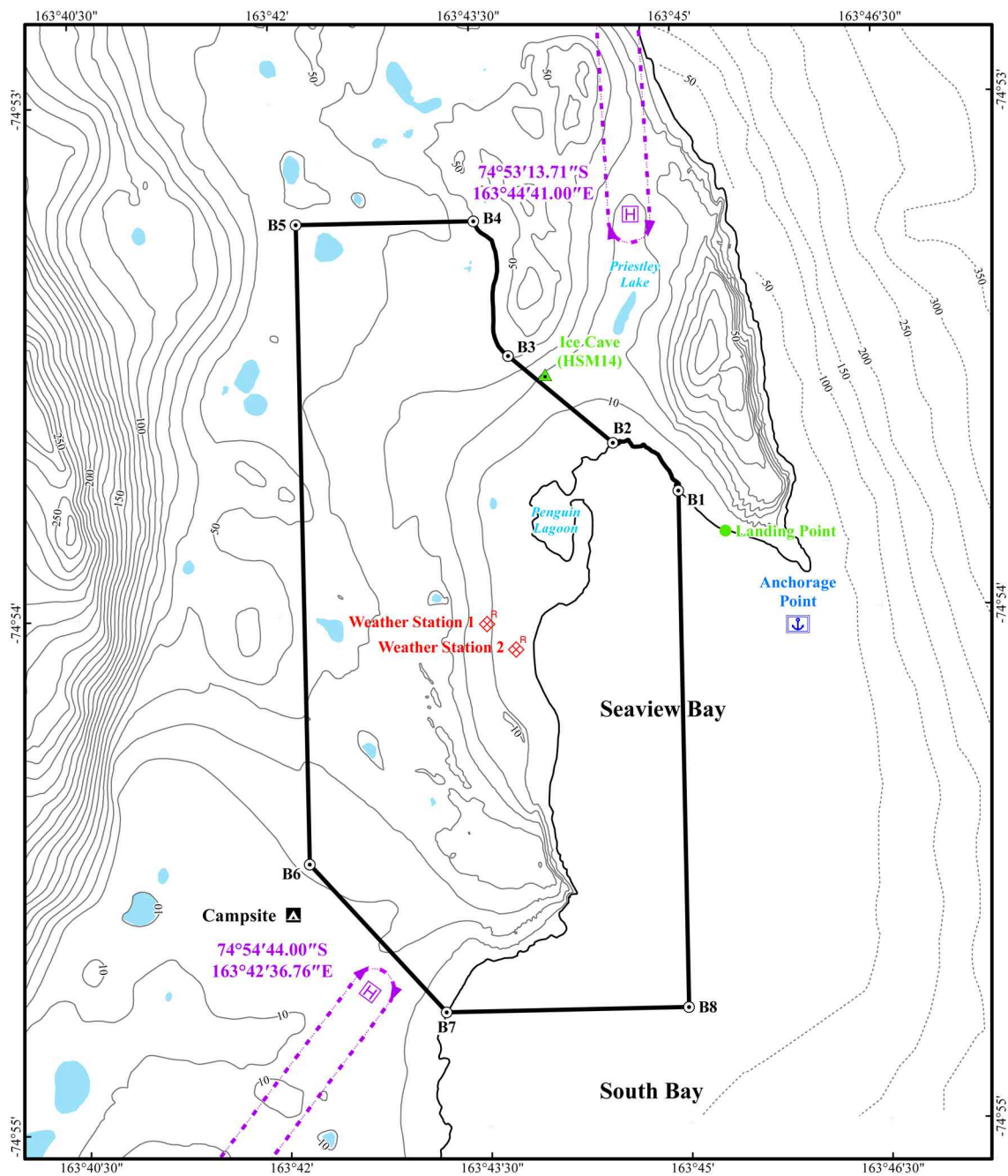
- ASPA
- Year round Station
- Summer Station

0 10 20 30 40 50 km

Projection: Polar Stereographic
 Spheroid and horizontal datum: WGS84
 Vertical datum: Mean Sea Level
 Straight-vertical Longitude from Pole: 0
 Standard Parallel: -71
 False Easting: 0
 False Northing: 0
 Data sources: LIMA



Map 2. ASPA XXX: Inexpressible Island and Seaview Bay – topographic map with access guidance and bathymetry



Map2:ASPA XXX–Seaview Bay and South Bay – topographic map with access guidance and bathymetry

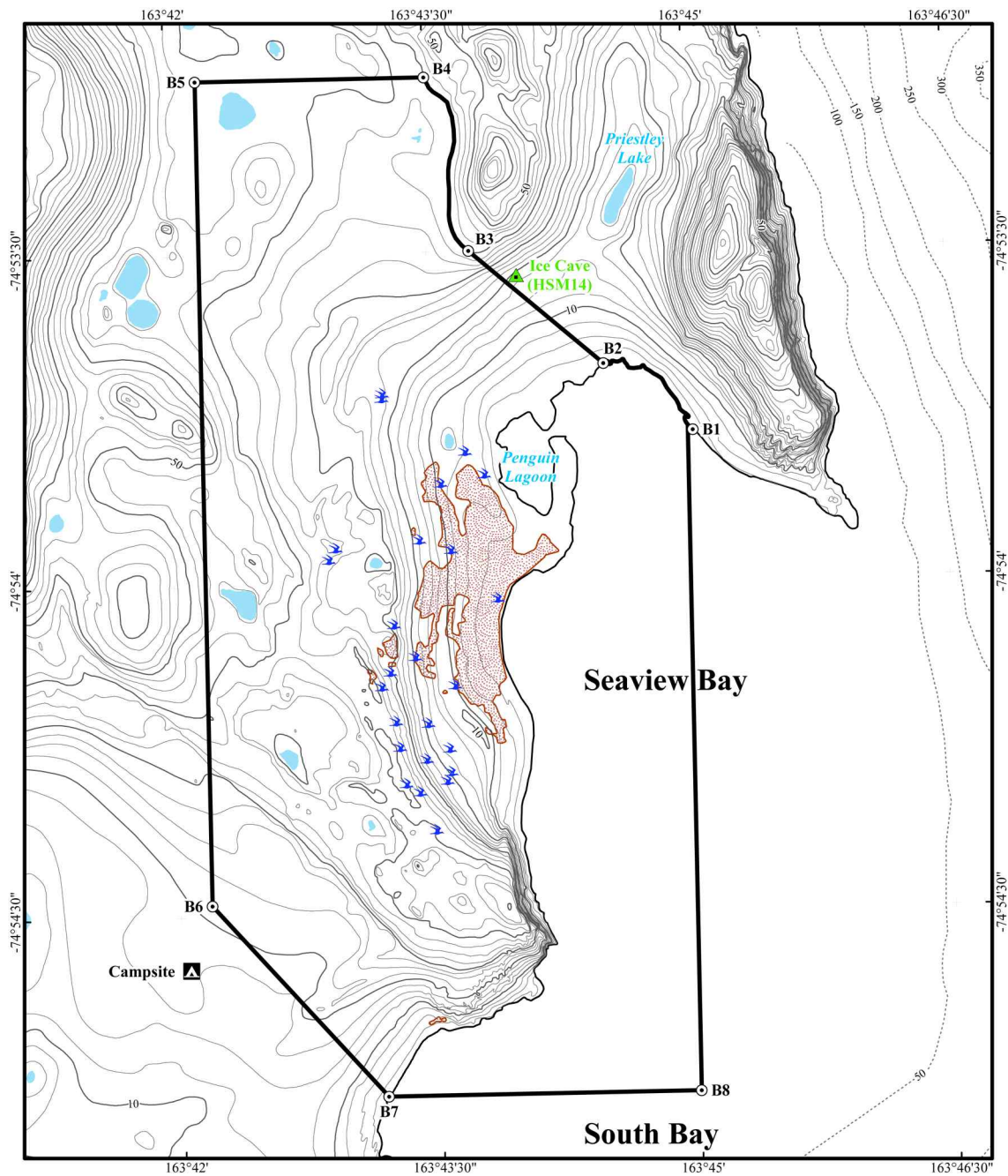
- | | |
|-------------------------|--------------------------|
| Camp | Ice Cave |
| Helicopter Landing Site | ASPA Boundary Point |
| Weather Station | Anchorage Point |
| Landing Point | Contour(10m) |
| Helicopter Flight Route | Bathymetric Contour(50m) |
| Lake | ASPA Boundary |

Kilometers

0 .25 .5 1

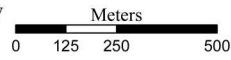
Projection: Transverse Mercator
 Spheroid and horizontal datum: WGS84
 Vertical datum: Mean Sea Level
 Central Meridian: 165°00'E
 Latitude of Origin: 0°00'
 Data sources: Topography: Aircraft Approach: Jan 2013

Map 3. ASPA XXX : Inexpressible Island and Seaview Bay – Adélie Penguin Colony



Map3: ASPA XXX – Seaview Bay and South Bay – Adélie Penguin Colony

- | | |
|--------------------------------|--------------------------|
| Camp | Ice Cave |
| South Polar Skua Breeding Site | ASPA Boundary Point |
| Lake | Contour(2.5m) |
| Penguin Colony | Bathymetric Contour(50m) |
| ASPA Boundary | |



Projection: Transverse Mercator
 Spheroid and horizontal datum: WGS84
 Vertical datum: Mean Sea Level
 Central Meridian: 165°00'E
 Latitude of Origin: 0°00'
 Data sources: Topography: Aircraft Approach: Jan 2013





CCAMLR

Commission for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources
Commission pour la conservation de la faune et la flore marines de l'Antarctique
Комиссия по сохранению морских живых ресурсов Антарктики
Comisión para la Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos

WG-EMM-2019/04

06 June 2019

Original: English

WG-EMM

CEMP 2018/19 data and updated spatial analysis of Area 48

CCAMLR Secretariat



This paper is presented for consideration by CCAMLR and may contain unpublished data, analyses, and/or conclusions subject to change. Data in this paper shall not be cited or used for purposes other than the work of the CAMLR Commission, Scientific Committee or their subsidiary bodies without the permission of the originators and/or owners of the data.

CEMP 2018/19 data and updated spatial analysis of Area 48

CCAMLR Secretariat

Abstract

This paper reports on the CCAMLR Ecosystem Monitoring Program (CEMP) data submissions for the 2018/19 monitoring season detailed by site and species, and includes an update to the Combined Standardised Index (CSI) analysis from 2018 for Area 48. The CSI analysis is a method used to examine spatial patterns of inter-annual variability of the response by krill-dependent predators to changes in the ecosystem. The CSI analysis continues to show evidence of concordance of response to changes in the ecosystem between sites by Subarea, suggesting CEMP data are tracking similar processes.

Introduction

The CCAMLR Ecosystem Monitoring Program (CEMP) was established in 1985 to:

- detect and record significant changes in critical components of the ecosystem, to serve as a basis for the conservation of Antarctic marine living resources; and
- distinguish between changes due to the harvesting of commercial species and changes due to environmental variability, both physical and biological.

CEMP uses indices derived from data on indicator species collected using standard methods, from a range of locations in the CAMLR Convention Area. The selection of indicator species is based on their potential to respond to changes in prey availability or environmental factors and their amenability to regular monitoring (e.g. penguins, flying birds, seals).

In 2015, as part of the discussion on feedback management in the krill fishery, WG-EMM recognised that the data available for determining critical densities of krill might include CEMP data combined with SSMU-scale krill surveys. In order to progress this work, the Secretariat was tasked with (see SC-CAMLR XXXIV Annex 6 paragraph 2.171):

- (i) assisting with assembling data for work by Members on FBM in the coming year, including helping prepare time series of data on krill, CEMP parameters and the fishery and validating those data and providing details on the quality of records as appropriate;
- (ii) assisting with developing and making available metadata records for Members and for providing a conduit between data owners and data users;
- (iii) documenting the spatial and temporal scales of CEMP parameters in different SSMUs in Area 48; and
- (iv) analysing the relationships between those parameters at subarea and area scales in consultation with the e-group (paragraphs 2.143(iv) and 2.172).

In response to the request from SC-CAMLR-XXXIV, this report is divided into the following sections:

- (i) Details on CEMP data that have been submitted for the 2018/19 season,
- (ii) An update on the spatial analysis of CEMP data in Area 48 using Combined Standardised Indices (CSIs).

(i) 2018/19 CEMP data submissions

Data was submitted by 9 Members for 14 CEMP parameters recorded at 16 sites in 2018/19 (Table 1). Mapped site locations are presented in Figures 2 – 5. Following the advice of WG-EMM-12 (SC-CAMLR XXXI, paragraph 2.123) the format of data submission for population data from some sites with multiple colonies continues to be submitted as a single index of population rather than as a series of individual counts.

Data quality assurance routines, including format and logic checking of CEMP data is complete for all data submitted by 27 May 2019. Data on penguin breeding success and chronology from the camera monitoring network is still to be received from some sites, including data from Lions Rump and Marion Island. Discussions with relevant Members on the potential submission of additional CEMP data or designation of new CEMP sites are ongoing.

The CEMP data e-forms were updated intersessionally in consultation with CEMP researchers following recommendations made at WG-EMM-18 (paragraphs 4.4 to 4.6), and used for submission of 2018/19 data. This includes a new e-form for submission of krill length data collected from either A8 penguin diet samples or using other methods, such as opportunistic krill spill collection (see WG-EMM-18/45). Historical data on krill length from Admiralty Bay (from 1978 to 2019), Esperanza Station (from 2016 to 2019) and Stranger Point Station (from 2004 to 2016) were submitted intersessionally. The Secretariat extends their gratitude to these Members for compiling and submitting this data, which is considered in WG-EMM-2019/76.

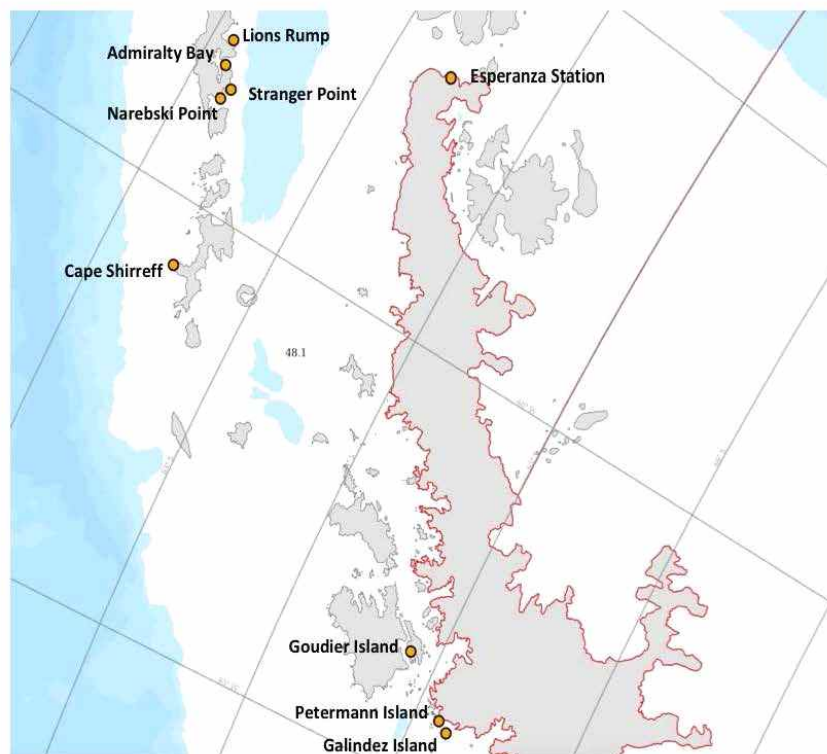


Figure 1: CEMP monitoring sites on the Antarctic Peninsula in Subarea 48.1.

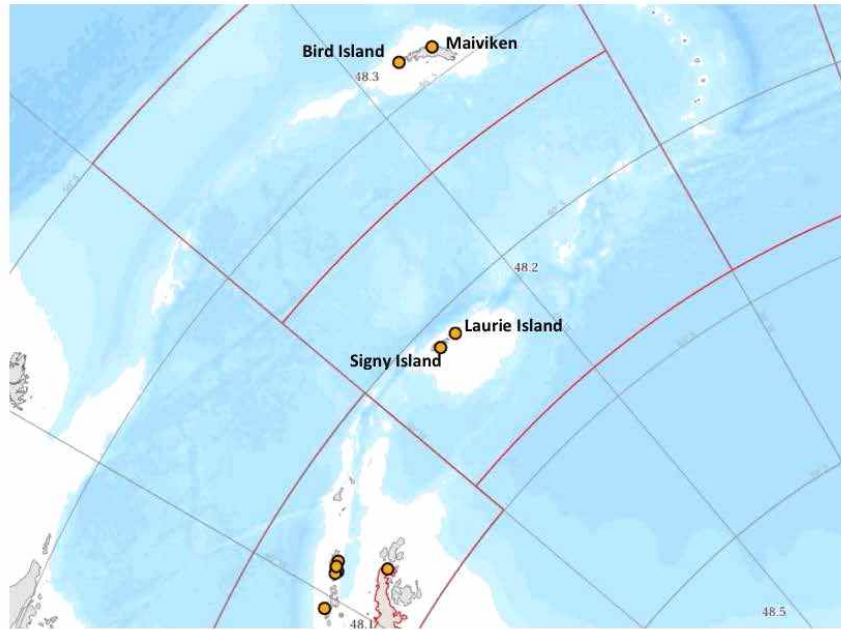


Figure 2: CEMP monitoring sites in South Orkney Islands and South Georgia.



Figure 3: CEMP monitoring sites on East Antarctica.

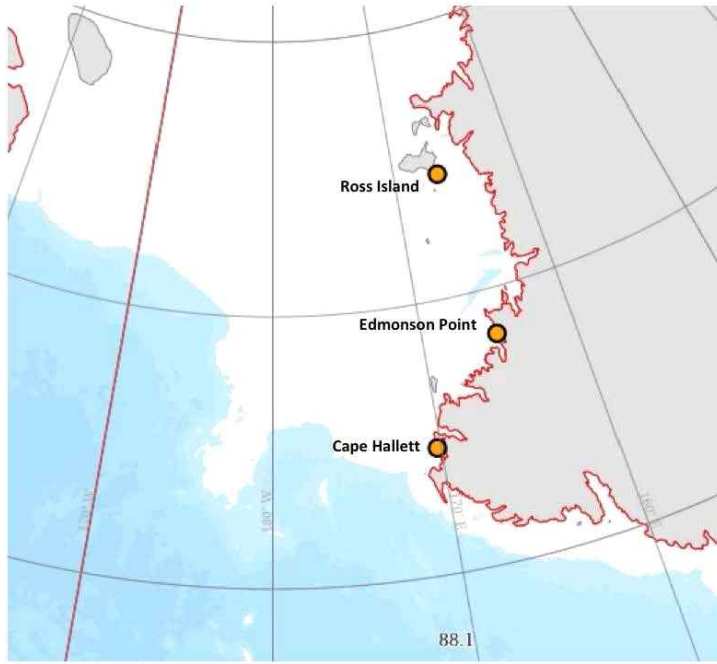


Figure 4: CEMP monitoring sites in Ross Sea in Subarea 88.1.

Table 1: CEMP data submitted for the 2018/19 season. For parameters descriptions see Table 7.

Subarea/ Division	Member	Site	Species	Parameters
48.1	Argentina	Esperanza Station (ESP)	PYD	A1, A2, A3, A6a, A6b, A7, A8, A8kl
	Argentina	Stranger Point Station (SPS)	PYD	A1, A3, A6a, A6b, A7
	Korea	Narebski Point (NPT)	PYN	A3
			PYP	A3
	UK	Goudier Island (GOI)	PYP	A3, A6a
	Ukraine	Galindez Island (GAI)	PYP	A3, A6a, A9
	USA	Cape Sherriff (CSS)	SEA	C1, C2b
			PYN	A3, A5, A6a, A6b, A6c, A7, A8kl, A9
	USA	Admiralty Bay (ADB)	PYP	A3, A5, A6a, A6b, A6c, A8kl, A9
			PYD	A6a, A6b, A7, A9
		PYP	A5, A8kl	
48.2	Argentina	Laurie Island (LAO)	PYD	A1, A3, A6a
	UK	Signy Island (SIO)	PYD	A3, A6a, A7, A8, A9
			PYN	A3, A6a, A7, A8, A9
			PYP	A3, A6a
48.3	UK	Bird Island (BIG)	EUC	A1, A3, A6a, A7, A8
			PYP	A3, A6a, A7
			SEA	C2b
			DIM	B1
	UK	Maiviken (MAI)	PYP	A3, A6a, A7
			SEA	C2b
58.4.2	Australia	Bechervaise Island (BEE)	PYD	A3, A6a, A6c
	Japan	Syowa Station (SYO)	PYD	A3
88.1	Italy	Edmonson Point (EDP)	PYD	A3, A6a
	Korea	Cape Hallett (CHA)	PYD	A3
	New Zealand	Ross Island (ROS)	PYD	A3

*Footnote – CEMP indicator species

CCAMLR code	Scientific name	English name
PYD	<i>Pygoscelis adeliae</i>	Adelie penguin
PYN	<i>Pygoscelis antarctica</i>	chinstrap penguin
PYP	<i>Pygoscelis papua</i>	gentoo penguin
EUC	<i>Eudyptes chrysolophus</i>	macaroni penguin
DIM	<i>Thalassarche melanophrys</i>	black-browed albatross
SEA	<i>Arctocephalus gazelle</i>	Antarctic fur seal

(ii) Combined Standardised Indices (CSIs) in Subarea 48

Changes in predator performance (i.e. changes in reproductive performance) should reflect the response of predators to the status of prey and or the environment. A Combined Standardised Index (CSI) analysis is an approach for combining many CEMP parameters into a single index or statistic that may assist CCAMLR in understanding the effects of fishing on predator populations. This approach also provides a robust method for dealing with datasets with either missing parameters or values in some years (de la Mare and Constable, 2000).

An update to the CSI spatial analysis presented at WG-EMM-18 (paragraph 4.3) was completed in order to contribute to the understanding of the spatial coverage of CEMP data for use in developing feedback management for the krill fishery. Available CEMP data were used in spatial analyses using a CSI to compare patterns of inter-annual variability of krill-dependent predator performance and their response to changes in the ecosystem among sites by Subarea; this was done to examine predators' response as a function of the location/separation distance between sites (WG-EMM-16/09). When selecting response vectors to be included in the CSI, it is important that they reflect homogeneity in the underlying biological processes involved, with consideration to the spatial and temporal scales in particular (Reid et al., 2005). CEMP data were grouped by the temporal scales over which they reflect environmental conditions (Table 7), with parameters identified as being collected at the 'breeding season' or 'summer' scale used for the index. Further details relating to the CEMP data extract made available to Members for analyses prior to WG-EMM-16 and the methodology used to transform data into a suitable format for spatial analyses can be found in WG-EMM-16/08.

Suitable CEMP data for multispecies and/or extended time-series of CEMP parameters for single species was used to produce CSIs for Admiralty Bay (ADB), Bird Island (BIG), Cape Shirreff (CSS), Esperanza Station (ESP), Laurie Island (LAO), Lions Rump (LRP), Maiviken (MAI), Signy Island (SIO) and Stranger Point Station (SPS) (see Table 2 for the CSIs, Table 7 for the parameters included in the relevant CSI and Figures 1 - 4 for a map of the CEMP site locations).

This updated analysis suggests that there is concordance in the response shown in CEMP data to changes in the ecosystem between sites in the same subarea as discussed in previous analyses. While a simple correlation coefficient may not be appropriate for comparison of standardised series of differing durations, when combined with a visual inspection of the time-series (Figures 5 – 7), it does provide some indication of the spatial scale over which congruent responses occur. Overall most of the correlations are positive (and the largest r values are all positive, see Table 3) suggesting that most CEMP data are tracking similar processes.

The apparent increase in concordance of responses in the more recent part of the time series for each Subarea could reflect a consistency in regional changes. It could also be influenced by changes in the parameters that are being measured over time and or the addition of newer CEMP sites that are close to long-term sites with which they are closely correlated.

The concordant responses of CEMP sites in the Bransfield Strait and the difference between the response from these sites and that from Cape Shirreff, which is geographically quite close but with a different foraging environment, as well as the difference in response between sites in the South Orkneys, highlight the need to consider the site-specific foraging behaviour of indicator species. Such considerations may also help to determine the priority for the location of new CEMP sites in this region.

The CSIs presented in the analysis relate only to the 'summer' indices (Table 7). Nevertheless, using the CSI approach in this way offers a convenient approach to the meta-analysis of the CEMP data,

although the examination of the individual site CSIs by experts that work at those sites remains critical to the correct interpretation of the data.

Conclusion

Based on the CSIs, there is little evidence of temporal trends in the reproductive performance of predators. The level of variability in predator response can fluctuate with different time-scales, and thus there is a need to define the appropriate time-scale for which to distinguish trends from inter-annual variability. It is important to continue monitoring efforts and to consider expanding monitoring of krill-dependent predators spatially to contribute to this long-term data series. Further analyses to identify trends that may be developing, as well as the underlying indices driving these trends, including site-specific responses, are required.

References

de la Mare, W.K., and Constable, A.J. 2000. Utilising data from ecosystem monitoring for managing fisheries: development of statistical summaries of indices arising from the CCAMLR Ecosystem Monitoring Program. *CCAMLR Science*, 7: 101-117.

Reid, K., Croxall, J. P., Briggs, D. R., and Murphy, E. J. 2005. Antarctic ecosystem monitoring: quantifying the response of ecosystem indicators to variability in Antarctic krill. *ICES Journal of Marine Science*, 62: 366-373.

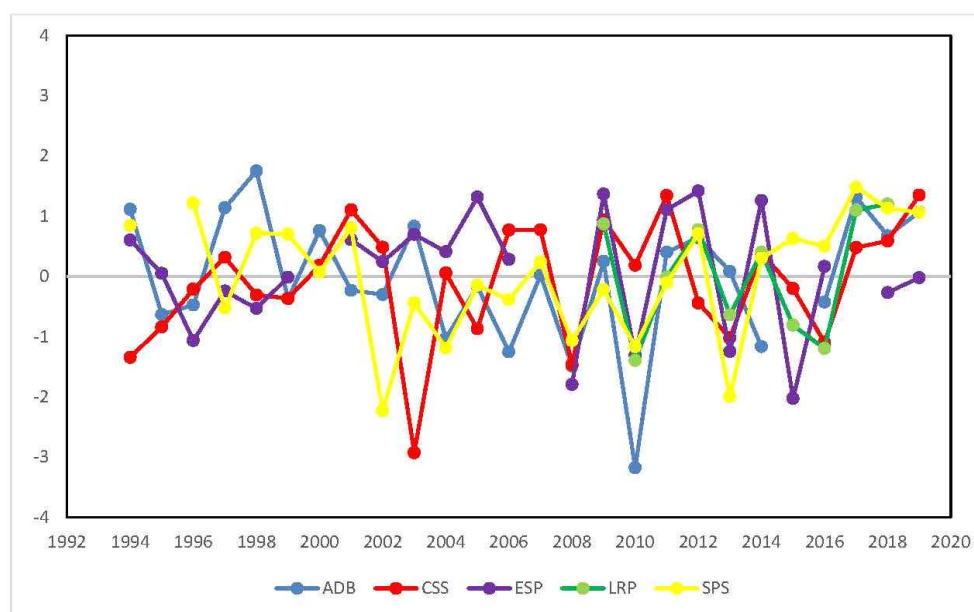


Figure 5: CSIs for CEMP sites in Subarea 48.1 (see Figure 1 for site locations and Table 3 for site codes and names).

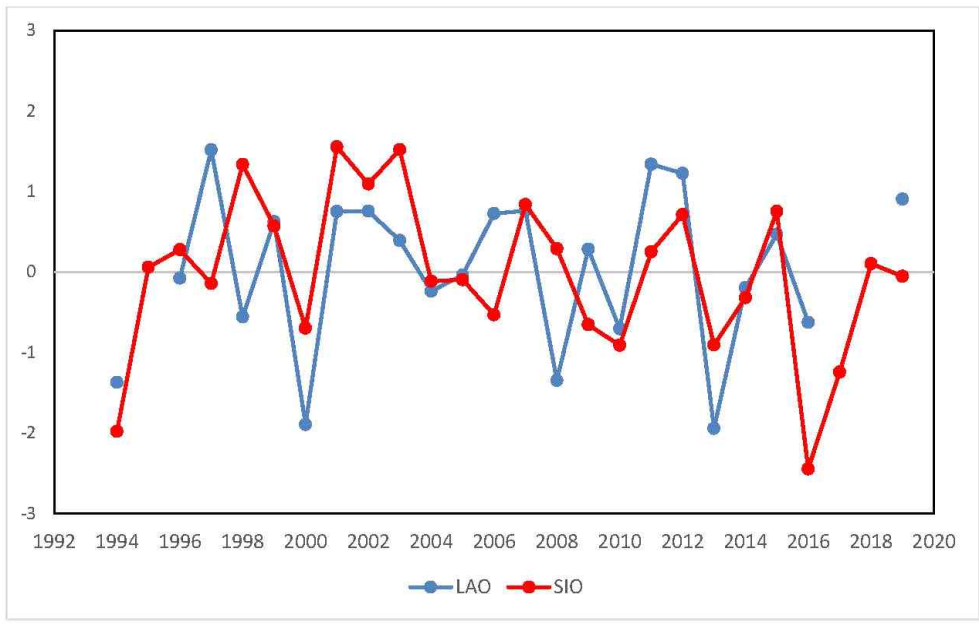


Figure 6: CSIs for CEMP sites in Subarea 48.2 (see Figure 2 for sites locations and Table 3 for site codes and names).

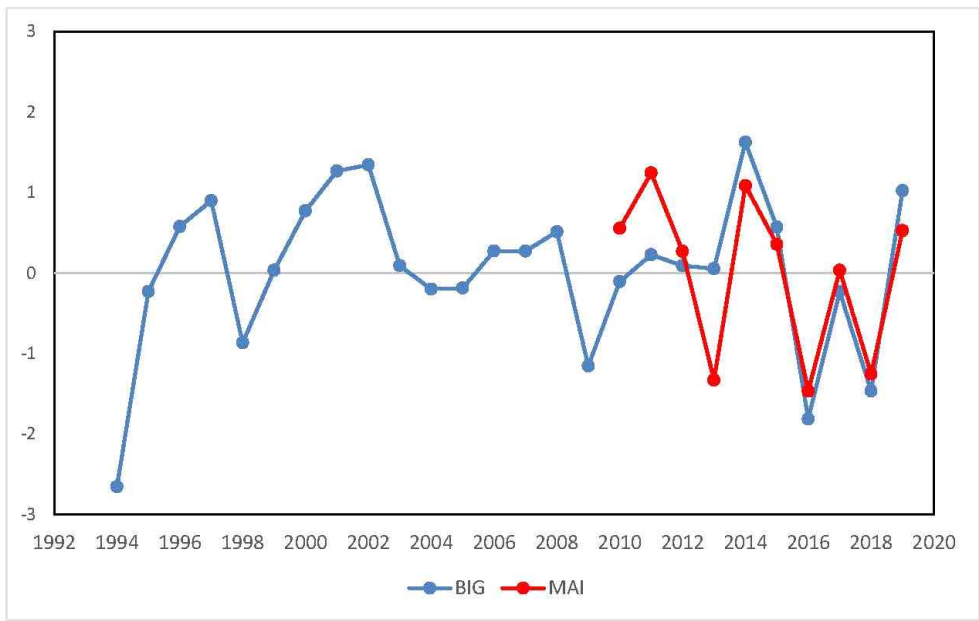


Figure 7: CSIs for CEMP sites in Subarea 48.3 (see Figure 2 for site locations and Table 3 for site codes and names).

Table 2: Annual CSIs based on CEMP data for monitoring sites in Area 48.

Years	ADB	BIG	CSS	ESP	LAO	LRP	MAI	SIO	SPS	All 481
1994	1.114	-2.655	-1.345	0.604	-1.373			-1.981	0.845	0.549
1995	-0.634	-0.232	-0.840	0.051				0.058		-1.213
1996	-0.474	0.577	-0.214	-1.066	-0.078			0.277	1.216	-0.731
1997	1.139	0.896	0.316	-0.244	1.516			-0.144	-0.526	0.922
1998	1.752	-0.868	-0.309	-0.532	-0.560			1.334	0.720	0.492
1999	-0.372	0.031	-0.367	-0.017	0.623			0.571	0.701	-0.468
2000	0.761	0.770	0.181		-1.895			-0.700	0.072	0.470
2001	-0.232	1.266	1.105	0.610	0.752			1.553	0.808	0.517
2002	-0.302	1.341	0.484	0.244	0.755			1.093	-2.230	-0.515
2003	0.834	0.089	-2.931	0.698	0.389			1.518	-0.441	-2.020
2004	-1.032	-0.202	0.056	0.409	-0.240			-0.117	-1.191	-0.641
2005	-0.166	-0.190	-0.870	1.317	-0.041			-0.097	-0.146	-0.418
2006	-1.253	0.272	0.770	0.283	0.725			-0.533	-0.386	0.021
2007	0.020	0.270	0.774		0.760			0.836	0.242	0.732
2008	-1.491	0.511	-1.463	-1.797	-1.349			0.289	-1.067	-1.878
2009	0.250	-1.156	0.940	1.368	0.282	0.872		-0.655	-0.220	1.408
2010	-3.179	-0.108	0.184	-1.310	-0.706	-1.395	0.553	-0.913	-1.165	-1.441
2011	0.404	0.224	1.343	1.107	1.338	-0.014	1.241	0.249	-0.106	1.599
2012	0.643	0.089	-0.441	1.417	1.225	0.775	0.266	0.713	0.709	0.568
2013	0.082	0.052	-1.022	-1.247	-1.944	-0.639	-1.331	-0.907	-1.999	-0.952
2014	-1.167	1.622	0.388	1.260	-0.197	0.401	1.083	-0.320	0.302	0.363
2015		0.568	-0.202	-2.028	0.466	-0.812	0.356	0.752	0.630	-0.593
2016	-0.425	-1.816	-1.099	0.165	-0.627	-1.199	-1.468	-2.448	0.501	-0.833
2017	1.316	-0.235	0.479			1.099	0.032	-1.245	1.481	0.607
2018	0.676	-1.467	0.589	-0.268		1.203	-1.257	0.102	1.131	0.613
2019	1.067	1.021	1.350	-0.022	0.903		0.525	-0.055	1.064	1.192

Table 3: Correlation coefficient (r-values) matrix of CSIs for CEMP sites in Area 48.

	ADB	BIG	CSS	ESP	LAO	LRP	MAI	SIO	SPS
ADB	1.000	-0.210	-0.002	0.301	0.163	0.716	-0.179	0.021	0.453
BIG	-0.210	1.000	0.326	-0.094	0.355	-0.047	0.772	0.422	-0.235
CSS	-0.002	0.326	1.000	0.167	0.458	0.522	0.642	0.055	0.171
ESP	0.301	-0.094	0.167	1.000	0.412	0.644	0.325	-0.018	0.149
LAO	0.163	0.355	0.458	0.412	1.000	0.543	0.677	0.501	0.218
LRP	0.716	-0.047	0.522	0.644	0.543	1.000	0.080	0.337	0.563
MAI	-0.179	0.772	0.642	0.325	0.677	0.080	1.000	0.508	0.110
SIO	0.021	0.422	0.055	-0.018	0.501	0.337	0.508	1.000	-0.027
SPS	0.453	-0.235	0.171	0.149	0.218	0.563	0.110	-0.027	1.000

Table 4: Site codes for active CEMP sites.

Code	Site Name	Area
ADB	Admiralty Bay	48.1
AIP	Anvers Island	48.1
BEE	Bechervaise Island	58.4.2
BIG	Bird Island	48.3
BOI	Bouvet Island	48.6
CHA	Cape Hallett	88.1
CSS	Cape Shirreff	48.1
EDP	Edmonson Point	88.1
ESP	Esperanza Station	48.1
GAI	Galindez Island	48.1
GOI	Goudier Island	48.1
LAO	Laurie Island	48.2
LRP	Lions Rump	48.1
MAI	Maiviken	48.3
MAR	Marion Island	58.7
NPT	Narebski Point	48.1
PTI	Petermann Island	48.1
ROS	Ross Island	88.1
SIO	Signy Island	48.2
SPS	Stranger Point Station	48.1
SYO	Syowa Station	58.4.2

Table 5: Species codes for data on CEMP indicator species collected in Area 48.

CCAMLR code	Scientific name	English name
PYD	<i>Pygoscelis adeliae</i>	Adelie penguin
PYN	<i>Pygoscelis antarctica</i>	chinstrap penguin
PYP	<i>Pygoscelis papua</i>	gentoo penguin
EUC	<i>Eudyptes chrysolophus</i>	macaroni penguin
DIM	<i>Thalassarche melanophrys</i>	black-browed albatross
SEA	<i>Arctocephalus gazella</i>	Antarctic fur seal

Table 6: Index and Standard Deviation description for CEMP parameters.

Parameter	Index	SD
A1	Weighted (by N) mean mass	Pooled standard deviation
A2_1	Weighted (by N) mean duration	Pooled standard deviation
A2_2	Weighted (by N) mean duration	Pooled standard deviation
A3	Point counts	No SD applicable
A5	Weighted (by N) mean duration	Pooled standard deviation
A6a	Point estimates	No SD applicable
A6b	Point estimates	No SD applicable
A6c	Point estimates	No SD applicable
A7	Point estimates	Pooled standard deviation
A8	Mean mass (m) and % krill (k)	SD
A8kl	Mean length	No SD applicable
A9	Age at Crèche (from chronology data)	Pooled standard deviation
B1	Point counts	No SD Single value
B2	Point counts	No SD Single value
C1	Weighted (by N) mean duration	Pooled standard deviation
C2b	Growth deviate for male and female pups	Pooled standard deviation

Table 7: Spatial and temporal categorisation of CEMP indices for Area 48 (see WG-EMM-15 paragraph 2.101 for description of scales).

Index	Description	Temporal Scale		Spatial Scale	
A1	Weight (g) of adult penguin on arrival	WINTER	AREA	AREA	
A2_1	Duration (day) of first incubation shift	SPRING	SUBAREA	SUBAREA	
A2_2	Duration (day) of second incubation shift	SPRING	SSMU	SSMU	
A3	Penguin breeding population size (number of pairs)	MULTI-YEAR	REGIONAL	REGIONAL	SUBAREA
A5A	Duration (h) of penguin foraging trip (mean in 5 day periods)	BREEDING SEASON	SSMU	SSMU	
A6a	Penguin breeding success (chicks fledged per egg laid - Procedure B)	BREEDING SEASON	SSMU	SSMU	SSMU
A6b	Penguin breeding success (% potential chicks - Procedure B)	BREEDING SEASON	SSMU	SSMU	
A6c	Penguin breeding success (chicks fledged per nest - Procedure C)	BREEDING SEASON	SSMU	SSMU	
A7	Penguin chick weight at fledging	BREEDING SEASON	SSMU	SSMU	SSMU
A8	Composition of penguin chick diet	BREEDING SEASON	SSMU	SSMU	SSMU
A8d	Krill length from penguin diet	BREEDING SEASON	SSMU	SSMU	SSMU
A9	Penguin breeding chronology (age at creche)	BREEDING SEASON	SSMU	SSMU	SSMU
B1	Albatross breeding population size (number of pairs)	MULTI-YEAR	SSMU	SSMU	REGIONAL
B2	Albatross breeding success	BREEDING SEASON			AREA
C1	Duration (h) of female fur seal foraging trips	BREEDING SEASON			SSMU
C2b	Growth of fur seal pups	BREEDING SEASON			SSMU
REGIONAL	the scale that encompasses more than one CCAMLR Area				
AREA	the scale approximated by the size of the CCAMLR-2000 Survey				
SUBAREA	the scale approximated by the size of subareas in Area 48; pelagic SSMUs are close in scale to the subarea-scale				
SSMU	the scale approximated by the size of coastal small-scale management units but noting that actual locations of interest may be within one or among more than one SSMU depending on the location				