

남극특별보호구역 모니터링 및 남극기지 환경관리에 관한 연구(10)



2023. 04. 30

환 경 부

제 출 문

환경부장관 귀하

본 보고서를 “남극특별보호구역 모니터링 및 남극기지 환경관리에 관한 연구(10)” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2024. 4. 30

주관연구기관명 : 한국해양과학기술원 부설
극지연구소

총괄연구책임자 : 극지연구소 김지희

연구 원 : 극지연구소 김상희, 김유나
김유민, 김정훈
김종우, 김현철
안서희, 오영근
윤채원, 이경호
이성재, 이혁재
최태진

서울대학교 최창용, 남현영
강화연, 김은정
고종빈

목 차

제 출 문	i
목차	ii
표 목차	v
그림 목차	vii
부록 목차	x
요약문	xi

제 1 장 남극특별보호구역 보호가치 모니터링

제 1 절 세종기지 기반 보호구역의 보호가치 모니터링	3
1. 펭귄마을 보호구역(ASPA No. 171 나레브스키 포인트)의 환경적 가치 모니터링	3
가. 연중 기초환경 변화 관측	3
나. 육상 생물군 다양성 및 개체군 변동 모니터링	19
다. 보호구역에 서식하는 펭귄의 생태 모니터링	49
제 2 절 장보고기지 기반 보호구역의 보호가치 모니터링	80
1. 인익스프레시블섬 보호구역(ASPA No. 178)의 생태적 가치 모니터링	80
가. 연중 기초환경 변화 관측	80
나. 아델리펭귄 개체군 변동 및 번식생태 모니터링	85
다. 보호구역 기타 동물상의 개체군 변동 모니터링	95
라. 보호구역 담수 생태계 다양성 조사	100
2. 특별보호구역 공동제안국 간 국제협력 관계 구축	103
가. 연구 및 지원 협력체제 구축	103
나. 관리계획 개정에 대비한 업무분장	103

제 2 장 남극특별보호구역 및 남극기지 환경관리 기반 구축 및 시행 관리

제 1 절	인익스프레시블섬 보호구역의 안전캠프 구축	108
1.	현장조사 안전성 확보를 위한 기반 구축	108
가.	2차년도 구축 현황	108
나.	안전캠프의 국제 공동활용을 감안한 사용매뉴얼 제작	112
제 2 절	남극특별보호구역 관리계획 이행 및 교육	113
1.	법적 근거 및 이행 현황	113
가.	보호구역 내 활동에 대한 법적 근거	113
나.	이행 현황	114
2.	보호구역(ASPA No. 171, 178)의 관리계획 이행	117
가.	보호구역 출입 허가 및 교육	117
나.	보호구역 출입 신청의 목적 및 출입 현황분석	121
3.	남극특별보호구역 정보 제공 서비스 웹페이지 운영 및 관리	126
가.	목적 및 특징	126
나.	주요 구성 및 내용	127
다.	2023년 개정 및 추가 사항	128
제 3 절	남극과학기지 환경관리지침 시행 관리	130
1.	배경 및 필요성	130
가.	국제 조약 및 의정서	130
나.	국내법 및 시행령	133
2.	환경관리지침의 시행 관리 및 개정	136
가.	폐기물관리지침	136
나.	유류유출방지 비상계획	136
다.	남극특별보호구역 관리계획	136
라.	환경보호 활동지침	137
3.	연 단위 폐기물 관리계획 수립 및 시행 관리	138
가.	세종기지 폐기물 처리 현황	138
나.	장보고기지 폐기물 처리 현황	146

제 3 장 남극 환경보호 관련 국제동향 분석 및 대응

제 1 절	남극조약협약당사국회의 및 환경보호위원회	157
1.	남극조약협약당사국회의(ATCM)	157

가. 개요	157
나. 제 45차 ATCM 결과 및 제 46차 회의 계획	158
2. 환경보호위원회(CEP)	160
가. 개요	160
나. 제 25차 CEP 주요 의제 및 논의 사항	164
다. 제 26차 CEP 대응	176
 제 2 절 기타 남극환경 관련 국제회의	178
1. 국가남극운영자회의 및 해양생물자원보존위원회(CCAMLR)	178
가. 남극해양생물자원보존위원회(CCAMLR)	178
나. 2023년 CCAMLR 동향	181
 참고문헌	185
 부 록	194
부록 1. 2023년 펭귄마을 일별 기상통계량	194
부록 2. 2023년 인익스프레서블섬 일별 기상 통계량	207
부록 3. 젠투펭귄 PIT tag 부착정보 총계	219
부록 4. 턱끈펭귄 PIT tag 부착정보 총계	223
부록 5. 젠투펭귄 추적 정보	230
부록 6. 턱끈펭귄 대상 바이오로거 운영정보	232
부록 7. 젠투펭귄의 섭식이동 지표	235
부록 8. 턱끈펭귄의 섭식이동 지표	243
부록 9. 남극 현장 캠프 환경 및 안전 지침(ASPA No. 178) 영문(초안)	255

표 목차

표 1-1-1. 펭귄마을 기상 모니터링시스템 구성	5
표 1-1-2. 2014/15 이후 하계(12-2월) 세종기지에서 관측된 일사량, 강수량, 블리자드	10
표 1-1-3. MODIS 센서 밴드별 속성	12
표 1-1-3. 펭귄마을에 분포하는 젠투펭귄의 번식소집단의 규모	21
표 1-1-4. 펭귄마을에 분포하는 턱끈펭귄의 번식소집단의 규모	22
표 1-1-5. 펭귄마을에서 번식한 펭귄류의 2023/24 번식지표	26
표 1-1-6. 2023/24년 펭귄마을 내에서 번식하는 조류의 종 및 번식 지표	35
표 1-1-7. 펭귄마을에서 번식하는 조류의 연도별 둥지 수 변화	37
표 1-1-8. GLS 부착개체와 대조군의 재포획률	42
표 1-1-9. 포획된 율슨바다제비의 개체수 및 평균체중	42
표 1-1-10. 펭귄마을의 기타 조류상 조사 결과	45
표 1-1-11. 펭귄마을의 기각류 조사 결과	46
표 1-1-12. 2012/13 ~ 2023/24년 조사기간 중 펭귄마을에서 출현한 동물종 목록	47
표 1-1-13. 젠투펭귄과 턱끈펭귄의 섭식이동시간, 총이동거리, 이동속도의 연간 비교	52
표 1-1-14. 젠투펭귄과 턱끈펭귄의 잠수기록 자료 분석 결과	54
표 1-1-15. 젠투펭귄과 턱끈펭귄의 섭식이동시간, 총이동거리, 이동속도 비교	57
표 1-1-16. 젠투펭귄과 턱끈펭귄의 성별, 종별, 번식단계별, 개체간의 섭식이동 지표 차이를 비교한 일반화선형혼합모델 분석 결과	59
표 1-1-17. 베이지안 혼합모형을 통해 추정된 젠투펭귄의 먹이원 이용 비율	73
표 1-1-18. 베이지안 혼합모형을 통해 추정된 턱끈펭귄 먹이원 이용 비율	74
표 1-1-19. 젠투펭귄의 연도별 PIT tag 부착 및 재발견 개체수	77
표 1-1-20. 턱끈펭귄의 연도별 PIT tag 부착 및 재발견 개체수	77
표 1-1-21. 턱끈펭귄의 회귀율 최적 모델 선정을 위한 AICc 모델 평가 결과	78
표 1-1-22. 선정된 모델을 통해 산출한 턱끈펭귄의 연간 생존율 및 관찰률	78
표 1-2-1. Inexpressible Island 아델리펭귄 개체군 변동	88
표 1-2-2. 인익스프레스블섬에서 번식한 아델리펭귄의 새끼수 및 둥지당 이소 새끼수	91
표 1-2-3. 연도별 남극도독갈매기 번식 지표	98
표 1-2-4. 인익스프레스블섬에서 관찰된 조류 및 포유류	98
표 1-2-5. 각 호수의 진핵생물 다양성 index	101
표 2-2-1. ASPA No. 171 관리계획서 내 관리활동과 이행현황	115

표 2-2-2. ASPA No. 178 관리계획서 내 관리활동과 이행현황	116
표 2-2-1. 2023/24 장보고기지 인근 보호구역 방문 기록	123
표 2-3-1. 남극조약의 주요 구성 및 내용	130
표 2-3-2. 남극조약 환경보호의정서의 구성 및 서명국 조치사항	132
표 2-3-3. 남극조약 환경보호의정서의 부속서 구성 및 서명국 조치사항	133
표 2-3-4. 남극활동 및 환경보호에 관한 법률(국내법) 및 시행령 구성내용	134
표 2-3-5. 남극 환경관리지침의 종류와 국내외 법에 따른 의무 제정 근거	135
표 3-2-1. 장기 모니터링 수행을 위해 CCAMLR에서 지정한 CEMP-sites	180
표 3-2-2. 2022/23년 CEMP-data 제출(문건번호 WG-EMM-2023/24)	182

그림 목차

그림 1-1-1. 펭귄마을 기상모니터링시스템(AWS) 위치	4
그림 1-1-2. 노후고장 상태의 기존 시스템	4
그림 1-1-3. 신규 기상모니터링시스템	4
그림 1-1-4. 2023년 펭귄마을에서 측정된 일평균 기온의 변동	6
그림 1-1-5. 2023년 펭귄마을에서 측정된 월평균기온, 일최저기온, 일최고기온	6
그림 1-1-6. 2014년부터 2022년까지 다년 평균된 펭귄마을의 월평균기온 및 2023년 월평균 기온의 연변화	7
그림 1-1-7. 2023년 1월부터 2023년 3월까지 펭귄마을에서 측정된 일평균풍속	7
그림 1-1-8. 2023년 펭귄마을의 월평균 풍속 및 일최고 풍속	8
그림 1-1-9. 2014년부터 2022년까지 다년 평균된 펭귄마을의 월평균풍속 및 2023년 월평균풍속의 연변화	8
그림 1-1-10. 2023년 1월부터 3월까지 펭귄마을에서 관측된 바람장미	9
그림 1-1-11. 2014년부터 2022년까지 1월~3월 동안 펭귄마을에서 관측된 바람장미	9
그림 1-1-12. 2014년부터 2022년까지 펭귄마을에서 관측된 바람장미	10
그림 1-1-13. 2023년 12월 평균 식물플랑크톤 분포(MODIS)	14
그림 1-1-14. 2024년 1월 평균 식물플랑크톤 농도분포(MODIS)	14
그림 1-1-15. 2023년 12월부터 2024년 1월까지의 평균 식물플랑크톤 분포	15
그림 1-1-16. 2023년 12월 평균 해수온 분포, Quality value 0-2	17
그림 1-1-17. 2024년 1월 평균 해수온 분포, Quality value 0-2	17
그림 1-1-18. 2023년 12월부터 2024년 1월까지의 평균 해수온 분포	18
그림 1-1-19. 2023년 12월부터 2024년 1월까지의 월간 해수온 차이	18
그림 1-1-20. 번식지에서 직접 등지 수 계수, 초경량 비행장치를 이용하여 촬영한 번식지 사진	19
그림 1-1-21. 2023/24년 펭귄마을에 서식하는 펭귄류 2종의 번식소집단 위치 및 번호	20
그림 1-1-22. 번식소집단별 번식지에서 직접 계수한 등지수와 항공사진을 통해 계수한 등지수 비교	23
그림 1-1-23. 번식소집단별 번식지에서 직접 계수한 등지수와 항공사진을 통해 계수한 등지수와 편차	23
그림 1-1-24. 펭귄마을에서 번식하는 젠투펭귄과 턱끈펭귄의 연도별 등지수 변화	25
그림 1-1-25. 새끼를 품고 있는 젠투펭귄과 턱끈펭귄	27
그림 1-1-26. 젠투펭귄과 턱끈펭귄의 연도별 번식성공지표	27
그림 1-1-27. 젠투펭귄과 턱끈펭귄의 평균부화일의 연간변동	28

그림 1-1-28. 2012/13 ~ 2022/23까지 번식 초기인 10월, 11월 월별 누적강수량과 젠투펭귄, 턱끈펭귄의 평균부화일	29
그림 1-1-29. 2012/13 ~ 2023/24까지 번식 초기인 10월, 11월 월평균기온과 젠투펭귄, 턱끈펭귄의 평균부화일	29
그림 1-1-30. 남극특별보호구역 표지판 기준 적설량의 연도별 변화 및 펭귄 마을 집단번식지 내 적설면적의 연도별 변화	31
그림 1-1-31. 펭귄마을에서 번식한 남극제비갈매기, 남방큰재갈매기, 칼집부리물떼새, 남방큰풀마갈매기, 월슨바다제비의 둥지 분포	38
그림 1-1-32. 펭귄마을에서 번식한 갈색도둑갈매기, 남극도둑갈매기의 둥지 분포	39
그림 1-1-33. 펭귄마을의 번식조류	40
그림 1-1-34. 지오로케이터와 부착에 사용한 하네스	41
그림 1-1-35. 월슨바다제비 포획대상지	41
그림 1-1-36. 재포획된 지오로케이터 부착개체의 모습	43
그림 1-1-37. 지오로케이터로 확인된 월슨바다제비 7개체의 연간 이동경로	43
그림 1-1-38. 2023/24년도 번식기동안 펭귄마을에 출현한 조류, 포유류	48
그림 1-1-39. 젠투펭귄의 위치 추적기록	62
그림 1-1-40. 턱끈펭귄의 위치 추적기록	63
그림 1-1-41. 턱끈펭귄의 위치 추적기록	64
그림 1-1-42. 젠투펭귄의 잠수기록	65
그림 1-1-43. 턱끈펭귄의 잠수기록	65
그림 1-1-44. 턱끈펭귄의 잠수기록	66
그림 1-1-45. 턱끈펭귄의 잠수기록	66
그림 1-1-46. 턱끈펭귄의 잠수기록	67
그림 1-1-47. 턱끈펭귄의 잠수기록	68
그림 1-1-48. 혈액내 안정성동위원소 분석을 통해 추정된 젠투펭귄과 턱끈펭귄의 주요 먹이원 2종의 기여도 비율	70
그림 1-1-49. 혈액 내 탄소와 질소 안정성 동위원소 비율을 이용한 먹이생태지위 추정 결과	71
그림 1-1-50. PIT tag를 삽입하는 모습, 삽입한 PIT tag를 인식하는 모습	76
그림 1-1-51. 회귀율 분석대상 3개 번식소집단	76
그림 1-2-1. 2023년 인익스프레서블섬에서 측정된 일평균기온의 변동	81
그림 1-2-2. 2023년 인익스프레서블섬에서 측정된 월평균기온, 일최저기온, 일최고기온	81
그림 1-2-3. 2014년부터 2022년까지 다년 평균된 인익스프레서블섬의 월평균기온 및 2023년 월평균 기온의 연변화.	82
그림 1-2-4. 2023년 인익스프레서블섬에서 측정된 일평균풍속의 변동	82
그림 1-2-5. 2023년 인익스프레서블섬에서 측정된 월평균풍속 및 일최고풍속	83
그림 1-2-6. 2014년부터 2022년까지 다년 평균된 인익스프레서블섬의 월평균풍속	

및 2023년 월평균풍속의 연변화	83
그림 1-2-7. 2023년 1월부터 11월까지 인익스프레시블섬에서 관측된 바람장미 ...	84
그림 1-2-8. 2014년부터 2022년까지 인익스프레시블섬에서 관측된 바람장미	84
그림 1-2-9. 인익스프레시블섬의 아델리펭귄 번식집단 분포	86
그림 1-2-10. 인익스프레시블섬의 항공촬영 이미지에서 등지수 산출 프로세스 ...	86
그림 1-2-11. 인익스프레시블섬에 설치된 무인카메라	87
그림 1-2-12. 인익스프레시블섬에서 번식하는 아델리펭귄의 등지수 변화	89
그림 1-2-13. 인익스프레시블섬에서 포란중인 아델리펭귄	89
그림 1-2-14. 인익스프레시블섬에서 번식하는 아델리펭귄의 번식등지 분포	90
그림 1-2-15. 인익스프레시블섬 아델리펭귄 새끼의 보육원	91
그림 1-2-16. South Bay에 설치한 무인카메라에 확인된 아델리펭귄의 번식지표 .	92
그림 1-2-17. Seaview Bay에 설치한 무인카메라에 확인된 번식지 및 주변환경 ..	93
그림 1-2-18. 아델리펭귄 번식지에 발생한 강설 및 강풍	94
그림 1-2-19. 익스프레시블섬의 남극도독갈매기 번식생태 조사	95
그림 1-2-20. 인익스프레시블섬의 아델리펭귄 및 도독갈매기 등지 분포	97
그림 1-2-21. 인익스프레시블섬에서 관찰된 조류 4종	99
그림 1-2-22. 인익스프레시블섬에서 관찰된 기각류 2종	99
그림 1-2-23. 인익스프레시블섬 연구 지역의 호수 분포 및 사진	100
그림 1-2-24. 각 호수의 Phylum level과 Order level에서 진핵생물 군집 분포도	102
그림 1-2-25. ASPA No. 178의 공동제안국 한국, 중국, 이탈리아의 CEP 대표단 회의	104
그림 2-1-1. 안전 연구캠프 구축 후보지 위치와 항공 사진	109
그림 2-1-2. 안전 캠프 구축 후보지에 반영구 안전모듈 설치 시 현장 배치 계획	109
그림 2-1-3. ASPA No. 178 동쪽 경계 주변에 있는 HSM 14	110
그림 2-1-4. 안전 캠프 구축 후보지에 현장조사를 위해 설치한 임시캠프	110
그림 2-1-5. 안전 캠프 구축 시 모듈 외부에 부착을 위해 제작한 현판	110
그림 2-1-6. 장보고기지에 보관 중인 안전 캠프 모듈 점검. 3개의 컨테이너에 보관중	111
그림 2-1-7. ASPA No. 178 활동을 위한 남극 현장 캠프 환경 및 안전지침 국영문 초안	112
그림 2-2-1. 극지연구소 남극특별보호구역 홈페이지를 통해 제공하고 있는 남극 활동 허가 신청의 허가가 필요한 이유	117
그림 2-2-2. 극지연구소 남극특별보호구역 홈페이지를 통해 제공하고 있는 남극 활동허가신청 요령	118
그림 2-2-3. 37차 세종과학기지 월동연구대를 대상으로 한 환경교육	119
그림 2-2-4. 남극 활동자에게 실시되는 남극환경보호 교육 동영상 자료	120

그림 2-2-5. 남극특별보호구역 웹사이트에서 제공되는 환경지침서 및 관리계획	120
그림 2-2-6. ASPA No. 171에 표시된 표지판의 위치 및 표지판 현황	121
그림 2-2-7. 2023/24년 세종기지 출입인원 기록철	122
그림 2-2-8. 펭귄마을 보호구역의 방문자 통계	122
그림 3-2-1. CCAMLR 협약수역	178
그림 3-2-2. 남극반도 주변의 CEMP-site	179
그림 3-2-3. CCAMLR 사무국에서 생태계모니터링관리작업반에 제출한 CEMP data 수합 및 분석 문건	183
그림 3-2-3. 우리나라가 담당하는 CEMP-site인 나레브스키 포인트(ASPA No. 171) 등록정보	184
그림 3-2-3. CCAMLR 사무국으로부터 접수한 2023/24년 CEMP-data 제출 요청 메일	184

빈 페이지

요 약 문

최근 남극에서 일어나는 기후변화와 인간활동의 증가에 따른 영향에 대한 관심이 전 세계적으로 집중되고 있다. 환경변화에 민감한 남극의 생물 서식지와 생태계를 보호하기 위해 남극조약협의당사국(ATCP: Antarctic Treaty Consultative Party)은 남극조약에 관한 환경보호의정서(Madrid Protocol)를 제정하였으며, 우리나라는 그동안 협의당사국의 일원으로서 남극환경과 생태계 보존을 위한 국제적 노력에 동참하여 왔다.

이러한 노력의 일환으로, 우리나라의 제안으로 세종기지가 위치한 남극 킹조지섬 바톤반도의 나레브스키 포인트(Narębski Point, 일명 ‘펭귄마을’)가 2009년 제32차 남극조약협의당사국회의(ATCM: Antarctic Treaty Consultative Meeting)에서 남극특별 보호구역(ASPA No. 171)으로 지정되었다. 이에 따라 펭귄마을은 우리나라가 국외에서 관리하는 최초의 특별보호구역이 되었으며, 그 후속 조치로서 보호구역의 포괄적 환경연구 및 관리를 위한 중장기계획을 수립하였고(환경부 2009), 2010년 이후 남극특별보호구역의 환경관리 및 장기 모니터링이 수행되고 있다(환경부 2011~2021). ASPA No. 171 보호구역은 지정 이후 어느덧 15년이 경과되어 세 번째 5개년 관리계획 개정작업이 이루어졌다. 세 번째 개정된 관리계획은 금년 4월에 외교부를 통해 제출되었으며, 환경보호위원회(CEP: Committee for Environmental Protection)의 심의를 거쳐 제46차 ATCM에서 승인될 예정이다.

또한 우리나라는 2014년 남극대륙의 테라노바만에 장보고기지가 준공된 이래 그 주변 지역에서도 남극의 자연환경을 보호하고 보전하고자 하는 노력을 기울여 왔다. 국제협력을 통하여 2018년 중국, 이탈리아와 공동으로 인익스프레스블섬 일대의 보호구역 지정을 제안하기에 이르렀으며, 2021년 제43차 ATCM에서 남극특별보호구역(ASPA No. 178 Inexpressible Island and Seaview Bay)으로 지정되었다. 이곳의 환경 모니터링 및 관리 또한 승인된 관리계획에 따라 이탈리아, 중국과 함께 주도적으로 수행하고 있다.

올해의 사업내용 가운데 연구분야로서는 세종기지를 기반으로 한 펭귄마을 보호구역과 장보고기지를 기반으로 한 인익스프레스블섬 보호구역의 생태 모니터링이 주를 이룬다. 그 외 남극 환경보호 및 보호구역 관리와 밀접하게 연관된 보호구역의 관리계획 이행 및 남극기지 환경관리를 위한 제반 사항들에 대한 연차 활동보고, 그리고 남극 환경 관련 국제동향 파악 및 대응 업무가 수행되었다.

펭귄마을 보호구역의 생태 모니터링은 기초환경 변화 관측, 육상 생물군 모니터링, 그리고 펭귄의 생태 모니터링으로 구분할 수 있다.

기초환경 변화 관측은 기상관측과 해양환경 원격 관측으로 나뉜다. 펭귄마을 기상자료는 펭귄마을 노지에 자동기상관측 시스템(AWS)을 설치해 자료를 확보해 활

용하고 있다. 펭귄마을에서 관측된 2023년 연평균기온은 -1.0°C 로 과거 9년의 자료와 비교하였을 때 약 0.8°C 상승하였다. 해양환경은 NASA의 AQUA 위성 자료를 이용해 원격 모니터링을 실시하였으며, 하계 기간인 12월 중 비교적 먼바다에서 엽록소 농도가 높게 나타나고, 1월에는 평균 엽록소 농도가 감소하였다. 해수면 온도의 경우 12월 대비 1월에 평균 해수면온도가 상승하였다.

육상 생물군 모니터링은 펭귄 등 번식조류와 더불어 보호구역에 서식하는 모든 조류와 포유류를 대상으로 수행하였다. 2023/24년 펭귄류의 번식 등지수는 턱끈펭귄 2,271개, 젠투펭귄 2,669개로 확인되었다. 젠투펭귄은 체계적인 모니터링이 시작된 2006/07년도 이래로 39.4%가 증가하여 연간 평균 2.0%씩 증가하고 있는 것으로 나타난 반면, 턱끈펭귄 등지 수는 2006/07년도 이래로 22.1%가 감소하여 연평균 1.5%씩 감소하는 추세를 보였다. 이는 근래 크릴의 감소와 함께 남극반도 전역에서 턱끈펭귄이 감소하고 있다는 여타 조사결과와 유사한 경향성을 보인다.

펭귄류의 번식지표 조사결과, 젠투펭귄의 평균 한배산란수는 1.79개, 등지당 이소새끼수는 1.15였으며, 턱끈펭귄의 평균 한배산란수는 1.87개, 등지당 이소새끼수는 1.24였다. 부화시기의 경우, 젠투펭귄의 평균 부화일은 2023년 12월 19일(351.72), 턱끈펭귄의 평균 부화일은 2023년 12월 23일(355.87)이었다. 체계적인 평균부화일 모니터링이 실시된 2012/13년도 이래로 평균부화일은 10월과 11월 기온 및 강수량과 관련있는 것으로 나타났다. 두 종 모두 누적강수량이 많을수록 평균부화일이 늦어지는 경향이 나타났으며, 평균기온이 높을수록 평균부화일이 빨라지는 경향이 나타났다. 평균부화일의 연간변동은 젠투펭귄에서 훨씬 크게 나타났으며, 매년 번식기 환경에 따라 젠투펭귄이 턱끈펭귄보다 번식 시기를 더 유연하게 조정하는 것으로 생각된다.

펭귄 이외에, 펭귄마을에서 번식한 조류는 남방큰풀마갈매기, 월슨바다제비, 검은배제비갈매기, 칼집부리물떼새, 남방큰재갈매기, 남극제비갈매기, 남극도둑갈매기, 갈색도둑갈매기 등 8종이 확인되었다. 비번식 조류로는 아델리펭귄, 마카로니펭귄, 남극가마우지 3종이 관찰되었다. 기각류의 경우, 남방코끼리물범, 남극물개 등 총 2종이 확인되었으며, 모두 보호구역 해안가를 휴식지로 이용하는 것이 관찰되었다.

펭귄의 회귀율을 파악하기 위하여 2012년 이래 펭귄 체내에 삽입한 PIT tag의 수는 턱끈펭귄 352개체, 젠투펭귄 176개체이며, 턱끈펭귄의 생존율은 약 87.11%, 관찰률은 약 85.03%였다. 이를 통해 산출한 표지 개체들의 3개년간 번식지 회귀율은 약 74.07-87.11%인 것으로 확인되었다. 관찰률을 높은 수준으로 유지하고 개체군 변동 추정의 정확성을 확보하기 위해 향후 지속적이고 균일한 노력의 표지 및 재관찰 조사가 요구된다.

월슨바다제비에 대한 야간 포획조사를 통해 지난 두 번식기에 부착한 총 12개체의 지오로케이터를 회수하였다. 포획조사 과정에서 지오로케이터를 부착하지 않았던 대조군 46개체를 재포획하였으며 체중 감소 등의 문제가 발견되지 않았다. 회수한 7개 데이터를 분석했을 때 최소 이동거리가 약 109,687km였으며, 번식기 이후

대서양으로 이동하여 대부분 북미 동부 연안에서 월동하는 것으로 나타났다.

펭귄마을에서 번식하는 10개체의 젠투펭귄과 17개체의 턱끈펭귄에게 부착된 위치/수심기록계를 통해 각각 140개와 237개의 취식이동을 분석한 결과, 이들의 주요 취식지는 맥스웰만과 번식지 남쪽으로 약 20~40km에 이르는 브랜스필드 해협인 것으로 확인되어, 이곳이 펭귄의 먹이원인 남극크릴이 풍부한 장소로 짐작된다. 젠투펭귄이 평균 11.1시간 동안 등지로부터 최대 16.9km까지 이동하여 평균 10.5시간 동안 16.4km를 이동한 턱끈펭귄보다 멀리 이동하였으나 큰 차이는 확인되지 않았다.

펭귄류의 먹이자원을 파악하기 위해 성별과 연령이 확인된 번식지 젠투펭귄 41개체와 턱끈펭귄 33개체의 혈액 안정성 동위원소비와 잠재 먹이원인 크릴 및 남극은암치의 동위원소비와 비교해본 결과, 두 종 모두 남극은암치에 비해 크릴 동위원소비에 가까워 크릴 이용비율(70% 내외)이 높은 것으로 나타났다. 크릴의 비율은 조사된 모든 연도에 성조에 비해 유조에서 더 높았으며, 이는 크릴이 펭귄의 육추를 위한 주요 먹이자원임을 뜻한다.

안정성 동위원소비의 분포와 표준타원형의 면적을 이용하여 먹이 이용에 대한 생태적 지위 폭(ecological niche width)를 추정해본 결과, 두 종 모두 크릴 의존도가 높았으며, 특히 턱끈펭귄의 크릴 의존도가 높은 것으로 평가되었다. 이는 젠투펭귄이 가용한 먹이에 따라 섭식전략을 비교적 유연하게 대응할 수 있는 것과 달리, 턱끈펭귄은 주요 먹이원인 크릴에 집중하는 섭식전략을 이용함으로써 먹이자원에 대한 생태적 지위의 폭이 상대적으로 좁은 것을 의미한다. 따라서 펭귄마을에서 번식하는 턱끈펭귄의 번식집단 감소 현상이 나타나고 있는 상황에서, 향후 펭귄 개체군 변동과 남극 생태계의 변화를 예측하기 위해서는 특히 턱끈펭귄과 크릴을 중심으로 한 먹이자원의 이용 양상을 지속적으로 모니터링할 필요가 있다.

인익스프레스블의 기상관측 결과 평균풍속은 16.6m/s로 과거 9년보다 0.4m/s 낮게 나타났다. 인익스프레스블섬의 올해 아델리펭귄 등지 수는 26,392개로서 과거에 비해 전반적으로 감소하는 추세를 보였으나 2022년보다 약 150개 증가했으며, 그 새끼 수도 22,864로 예년에 비해 약 3,000개체가 증가한 것으로 관찰되었다. 등지당 이소새끼수 또한 0.87으로 작년 번식기(0.73)보다는 높았으나 그 전 3년(0.96~1.21)에 비해 낮았다.

인익스프레스블섬의 펭귄 번식집단 모니터링을 위해 지난해 11월 설치한 자동 무인 모니터링 카메라 시스템에 의해 촬영된 사진을 바탕으로 아델리펭귄 번식 단계를 추정해보면, 10월 20일에 번식지에 도착하여 11월 19일에 산란하였으며, 12월 16일 부화 후 1월 9일에 처음 보육원이 형성되는 것으로 관찰되었다. 향후 연간 번식과정 모니터링 및 아델리펭귄의 번식 실패 요인 분석을 포함하여 이를 보다 넓은 범위의 연구에 이용할 수 있을 것으로 기대된다.

인익스프레스블섬의 남극도독갈매기 번식 현황을 조사한 결과, 총 73쌍의 남극도독갈매기가 보호구역 내에서 번식하는 것으로 확인되었다. 이는 주로 아델리펭귄 번식집단 주변으로 형성되었다. 과거 이곳의 남극도독갈매기 번식쌍수는 최대 60쌍

까지 기록된 바 있으나, 최근 조사에서는 약 30여 쌍으로 감소한 것으로 보고된 바 있다. 남극도둑갈매기 번식쌍은 증가하는 추세이나 변동이 심한 것으로 확인되어 아델리펭귄과 주변 환경 등을 고려하여 장기적인 모니터링이 필요할 것으로 생각된다. 번식지표의 경우 인익스프레스블섬 방문 일정상의 문제로 동지별 산란한 알의 개수를 정확하게 조사하기 어려웠기 때문에, 확인된 동지수와 새끼 수를 바탕으로 동지당 이소새끼수를 산출하였으며, 총 35의 새끼가 확인되어 번식성공율은 0.48인 것으로 나타났다.

인익스프레스블섬의 동물상 조사 결과, 상기한 2종의 번식조류 외에 월슨바다제비, 황제펭귄 등 2종의 조류와 웨델물범, 표범물범 등 2종의 기각류가 관찰되었다. 월슨바다제비는 해빙이 남아있던 12월 아델리펭귄 번식지에서 1회 관찰되었고, 황제펭귄의 경우 미성조가 털갈이를 위해 육상에 올라와 있는 것이 2월에 1차례 관찰되었다. 웨델물범의 경우 당해 태어난 새끼들의 모습도 관찰되었다. 표범물범은 유빙에서 휴식을 취하거나 해안가에서 펭귄을 사냥하는 모습이 반복적으로 관찰되었다.

한편 우리나라는 남극조약 환경보호 의정서에 의거하여 2004년 ‘남극활동 및 환경보호에 관한 법률’ (약칭 ‘남극활동법’)을 제정하고 남극활동법과 동법시행령에 따라, 세종기지와 장보고기지를 기반으로 한 보호구역들의 환경관리 기반 구축 및 관리계획 이행을 위해 노력하고 있다.

남극 방문예정자들을 대상으로 출국 전 국내에서 남극활동법과 남극조약의 새로운 환경 규범 및 보호구역 준수사항 등을 동영상과 다양한 자료를 통해 대면 또는 비대면 강의로 교육하고 있으며, 보호구역 출입 예정자들에게는 해당 구역의 관리계획서가 제공되고 있다. 특히 2023년 북극과 남미 지역을 포함한 전 세계적인 고병원성 조류독감 유행으로 남극 유입시를 대비하여 ‘남극방문자 조류독감 대응지침’을 남극특별보호구역 웹사이트의 환경지침서 메뉴에 수록하여 누구나 다운로드할 수 있도록 조치하였다.

이러한 환경교육은 남극기지 도착 후 현장에서도 반복 시행되었으며, 보호구역 출입 현황은 기지에서 현장조사를 위해 외출하고자 할 때 의무적으로 휴대해야 하는 무전기 출납시 통신대원에 의해 기록 관리되도록 조치하였다. 장보고기지의 경우 인익스프레스블섬을 비롯하여 다른 보호구역들에 대한 출입기록도 관리하고 있으며, 펭귄 군서지의 경우 대부분 조류 연구자들의 방문으로 한정되었다.

인익스프레스블섬에서는 일정기간 현장에 머물며 조사를 실시해야 하는 우리 연구진들의 안전사고를 방지하기 위하여 안전캠프 모듈 구축이 진행 중이며, 올해에는 현장 답사와 2024/25 시즌에 현장 설치 완료를 위한 장보고기지 부지내 체계적인 자재 정리 및 보관 관리 업무를 수행하였다.

한편 남극기지의 체계적인 환경관리를 위하여 2014년 이래 개발된 각종 환경관리 지침이 현장에 적용되고 있으며, 그 가운데 남극활동법 상 환경부 주관 업무인 폐기물관리지침에 따라 남극 기지별 폐기물 관리계획서를 작성하여 보고서에 수록하

였다. 2023/2024 시즌에 반출된 폐기물 처리결과 보고서는 현재 발생 폐기물이 국내에 도착되지 않은 관계로, 보고서에는 2023년에 처리된 폐기물처리 현황을 담았으며 2024년에 반출된 폐기물 처리 결과는 내년도 보고서에 수록할 예정이다.

2023년 5월 28일~6월 8일 핀란드를 개최국으로 제45차 ATCM이 25차 CEP와 함께 전면 대면 방식으로 개최되었다. 현장에서 많은 논의가 이루어졌으나 지난 해와 마찬가지로 우크라이나-러시아간의 전쟁 및 중국의 일관된 서방 견제 정책과 관련하여 여러 중요 안건이 만장일치 합의에 이르지 못하였다. 제45차 ATCM에서 기후변화와 관련된 의제 및 다년도 계획의 우선순위에 대한 논의가 진행되었고 개최국인 핀란드의 주도로 ‘기후변화와 남극에 관한 선언’이 채택되었다. CEP에서는 환경영향평가의 유효성 개선을 위한 논의가 진행되었으며 초기환경영향평가의 경우 각 당사국이 환경영향평가 시 활동의 성격과 환경영향 수준에 상응하는 조치를 포함하여 제안된 활동의 영향을 최소화하거나 완화하는 것을 권장하게 하고 예비환경평가 수준의 경우 적용 가능할 경우로 제안하여 결의안이 동 ATCM에서 채택되었다. 제46차 ATCM 및 26차 CEP는 2024년 5월 20일~30일까지 인도 코치에서 개최될 예정이며, 남극관광 규제 프레임워크 논의를 위한 특별 작업반(WG3)가 운영될 예정이다. 우리나라는 이에 대응하여 ASPA No 171 나레브스키 포인트 개정 관리계획을 포함한 논의문서(WP: Working Paper)와 조류독감 신속 진단을 통한 확산방지를 위한 보고문건(IP: information Paper)을 포함한 3건의 IP를 제출하였다.

제 1 장

남극특별보호구역 보호가치 모니터링

제 1 절 세종기지 기반 보호구역의 보호가치 모니터링

1. 펭귄마을 보호구역(ASPA No. 171 나레브스키 포인트)의 환경적 가치 모니터링

가. 연중 기초환경 변화 관측

(1) 펭귄마을 기상 모니터링 시스템 개요

기상 모니터링의 목적은 남극특별보호구역(ASPA, Antarctic Specially Protected Area; 이하 ‘보호구역’으로 통칭) No. 171 나레브스키 포인트(Narebski Point, 이하 ‘펭귄마을’로 통칭)의 변화하는 기상환경을 측정하여 펭귄마을 생태계 변화의 원인 분석에 기초자료로 활용하기 위함이다.

펭귄마을 기상모니터링시스템(AWS)은 2014년 1월부터 운영되어 펭귄마을의 기본적인 기상요소를 모니터링하고 있다(62°14'11.87"S 58°46'29.90"W, 그림 1-1-1). 기상 관측요소는 기본적 요소 중 지역적 편차가 큰 바람, 기온, 습도를 선정하였으며, 3 m 높이의 풍향-풍속계와 1.5m 높이의 온/습도계 센서로부터 10초 간격 측정 후 10 분 평균값이 저장된다(표 1-1-1). 저장된 자료는 남극 하계 기간에 연구원이 방문하여 회수하고 그 이외 기간에는 필요시 월동연구대의 협조를 통해 회수하였다. 연속 관측 중 2019년 1월 13일부터 장애가 발생하여 관측이 중단되었다(그림 1-1-2). 2022년 2월 14일에 대기과학 월동연구대원의 협조로 신규 AWS를 설치하여 관측이 재개되었지만(그림 1-1-3), 풍향풍속계의 경우 2023년 3월 19일부터 고장이 나 2024년 1월 23일 교체되었다. 본 보고서에는 2023년 1월부터 2023년 12월까지 1년 동안의 기온과 바람 자료를 분석하였다. 또한 2023년 월평균 기온과 풍속의 연변동을 2014-2022년 월평균 값들의 연변동과 2023년 기상 변동의 특성을 분석하였다. 바람 자료의 경우, 펭귄 마을 과거 자료와 세종기지 자료 간의 선형회귀식으로부터 3월부터 12월까지의 월평균을 추정하였다. 아울러 세종기지에서 관측된 천천일사, 강수량 및 블리자드 발생 정보를 추가하여 기상환경 변화의 이해를 돕고자 하였다. 끝으로 2023년 각 기상 관측요소의 일 통계량을 부록 1에 수록하였다.

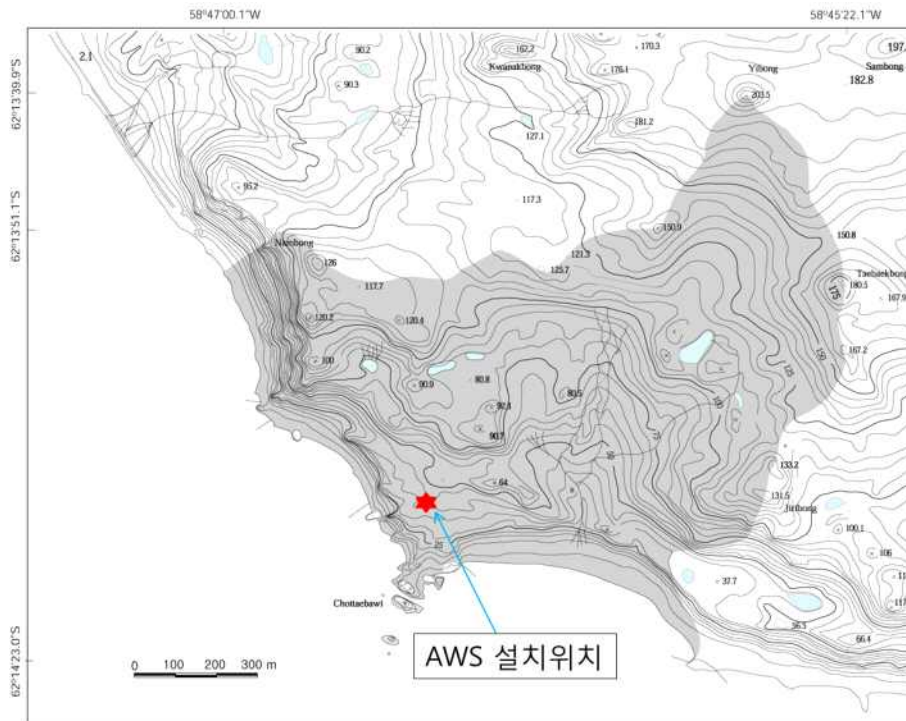


그림 1-1-1. 펭귄마을 기상모니터링시스템(AWS) 위치.



그림 1-1-2. 노후고장 상태의 기존 시스템
(2022년 2월 14일, 교체 전).



그림 1-1-3. 신규 기상모니터링시스템
(2022년 2월 14일 설치).

표 1-1-1. 펭귄마을 기상 모니터링시스템 구성 (2022년 2월 14일 신규 시스템).

장 비	모 델	특 성	
온습도계 (지상 1.5m)	Vaisala HMP155A	측정범위	기온: -80 to $+60^{\circ}\text{C}$ 습도: 0 to 100 %
		정확도	기온: ± 0.226 (-40°C to $+60$) 습도: $\pm 1.7\%$ (0 to 100%)
풍향풍속계 (지상 2m)	RM Young 05103-45 Wind Monitor	측정범위	풍향: 0 to 360°
		정확도	풍속: ± 0.3 ms $^{-1}$ 풍향: $\pm 3^{\circ}$
		사용환경	-50 to $+50^{\circ}\text{C}$
자료집록기	Campbell Scientific CR1000X	사용환경	-40°C to $+70^{\circ}\text{C}$
자료저장장치	자료집록기 내장 메모리	저장기간	약 700일
전 원	솔라 패널 및 충전배터리	발전량	$35\text{W} \times 2 = 70\text{W}$ (기준 20W)
		배터리	12V40Ah (배터리로 5개월 이상 작동)

(2) 펭귄마을 기상환경

그림 1-1-4과 1-1-5는 2023년 1월부터 2023년 12월까지 펭귄마을에서의 일평균 기온과 월평균, 월최저 및 월최고 기온의 연변동을 보여준다. 일평균 기온은 6월에서 10월 변동이 큰 반면 나머지 달은 변화가 작았다. 기온은 수일에서 수십일 주기로 뚜렷한 연변동을 보였는데 이는 펭귄마을 주변을 지나가는 저기압의 통과주기와 관련된 것으로 보인다. 2023년 일평균 최고 기온은 5.4°C (2023년 2월 11일)이었고, 일평균 최저 기온은 -15.0°C (2023년 7월 21일)이었다. 일평균이 영상인 날은 연중 존재하나 대체로 1월에서 3월이 가장 많았다. 한편, 월평균 기온은 1월에 2.7°C 로 가장 높았고, 9월이 -5.1°C 로 가장 낮았다. 자세한 통계값은 부록에 정리되어 있다. 그림 1-1-6은 2023년 월평균 기온의 연변동을 이전 9년 (2014년 - 2022년)의 다년 평균 연변동과 함께 보여준다. 2023년 연평균 기온 (-1.0°C)은 과거 9년의 평균 기온 -1.8°C 보다 약 0.8°C 높았다. 2023년의 경우, 9월과 10월을 제외하고 과거 9년보다 월평균 기온이 지속적으로 높았다. 1월-5월까지는 뚜렷하게 2023년 기온이 높았던 반면, 11월과 12월은 큰 차이를 보이지 않았다.

그림 1-1-7과 1-1-8은 2023년 1월부터 3월까지 펭귄마을에서의 일평균 풍속과 월평균 및 월최고 풍속의 연변동을 보여준다. 일평균 풍속은 하계 기간동안 5-10 ms $^{-1}$ 범위에서 수일에서 수십일 주기로 강한 변동을 보였다. 2023년 일평균 최고 풍속은 14.0 ms $^{-1}$ (1월 2일)이었다. 3월부터 자료는 세종기지 풍속 자료와의 회귀식으로부터 추정되었다. 월평균 풍속은 6.3 ms $^{-1}$ 이상으로 강하였으며 10월까지 풍속은 전반적으로 증가하였으며, 10월 평균 풍속은 9.4 ms $^{-1}$ 로 연중 가장 강하였다. 반면, 월 최고 풍속은 22.6-27.2 ms $^{-1}$ 로 2월을 제외하면 연중 비슷하였다. 자세한 통계값은 부록을 참조하면 된다. 그림 1-1-9는 2023년 월평균 풍속의 연변동을 이전 9년 동안의 다년 월평균값과 함께 나타낸 그림이다. 2023년 1월의 평균 풍속은 (7.9 ms $^{-1}$) 과거 9년동안 평균된 1월의 풍속인 5.7ms $^{-1}$ 보다 약 2.2 ms $^{-1}$ 만큼 강하였으나, 9월과 10월을 제외하면 과거 월평균 풍속과 비슷하였다. 그림 1-1-10, 1-1-11, 그리고 1-1-12는 2023년 1월~3월, 과거 9년의 1월~3월, 그리고 과거 9년에 대한 바람장미이다. 모든 기간에 대하여 북서풍이 우세하며 비슷한 경향을 보였다.

한편 펭귄마을에서 측정되는 기상요소에 더해 펭귄 생태와 관련되는 기상환경을 보다 폭넓게 보기 위해 하계기간(12-2월) 세종기지에서 관측된 강수량, 전천일사량, 블리자드 발생 일수를 정리하였다(표 1-1-2). 우선 2022년 12월부터 2023년 2월까지 하계의 전천일사량은 약 1300.0 MJ/m²을 보여 전체 기간 중 맑은 날이 가장 많았다. 강수량의 경우는 연도별 변동성이 큰 데 2022/23 하계의 경우 103.5mm를 기록해 9개 하계 평균 97mm보다 조금 많았다. 하계 기간 블리자드는 2015/16 하계에 3회 발생을 제외하고는 7년 연속 발생하지 않았다.

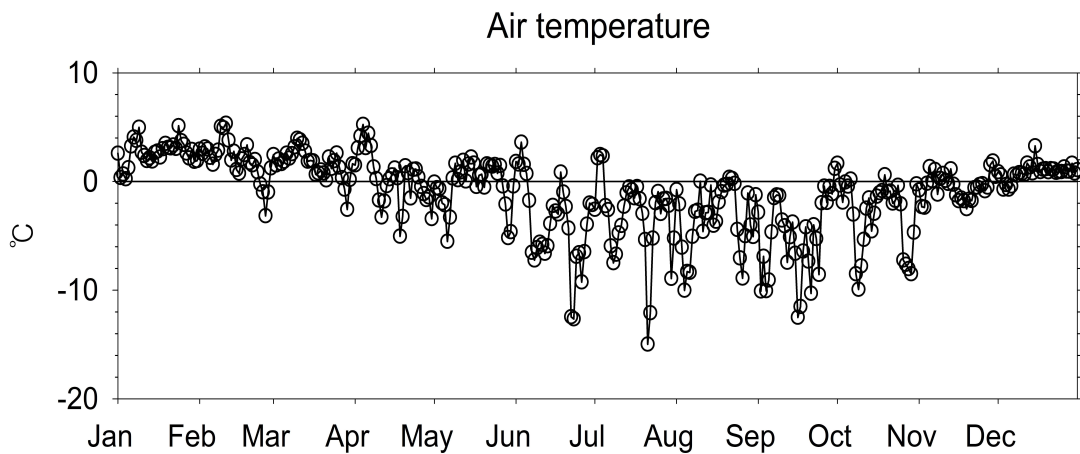


그림 1-1-4. 2023년 펭귄마을에서 측정된 일평균 기온의 변동

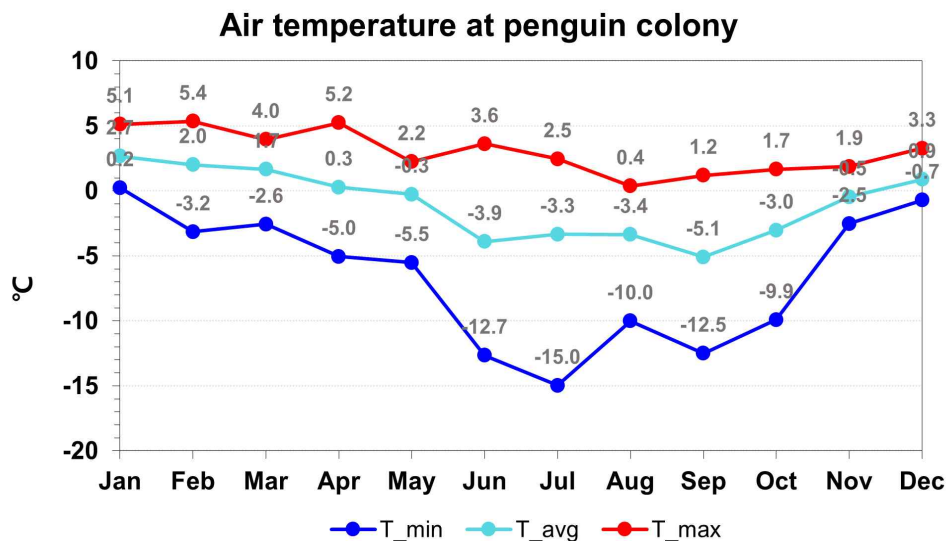


그림 1-1-5. 2023년 펭귄마을에서 측정된 월평균기온 (하늘색), 일최저기온(파란색), 그리고 일최고기온(빨간색)

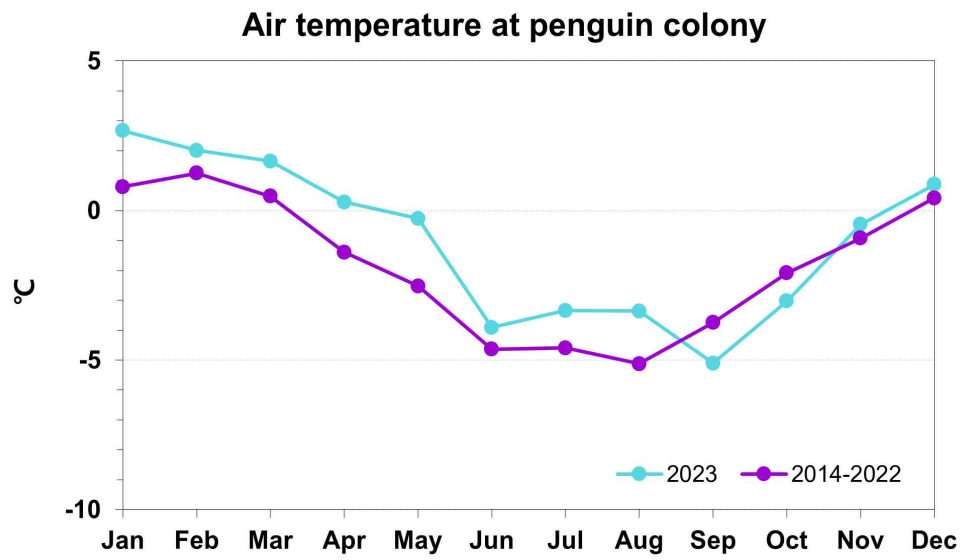


그림 1-1-6. 2014년부터 2022년까지 다년 평균된 펭귄마을의 월평균기온 (보라색) 및 2023년 월평균 기온 (하늘색)의 연변화.

그림 1-1-7. 2023년 1월부터 2023년 3월까지 펭귄마을에서 측정된 일평균풍속.

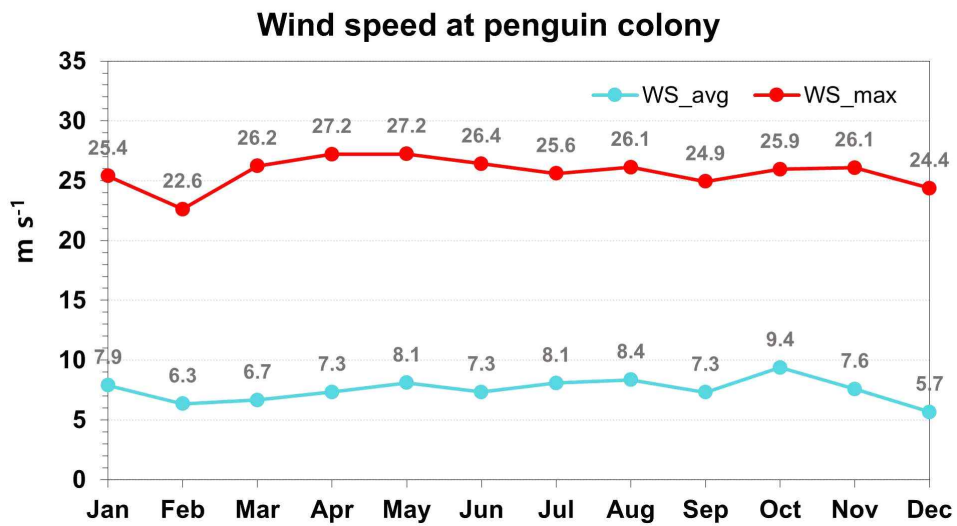


그림 1-1-8. 2023년 펭귄마을의 월평균 풍속 (하늘색) 및 일최고 풍속(빨간색). 3월-12월 자료는 2023년 세종기지 관측자료와 과거 자료에 기반한 두 지역 간 회귀식에 근거하여 추정됨.

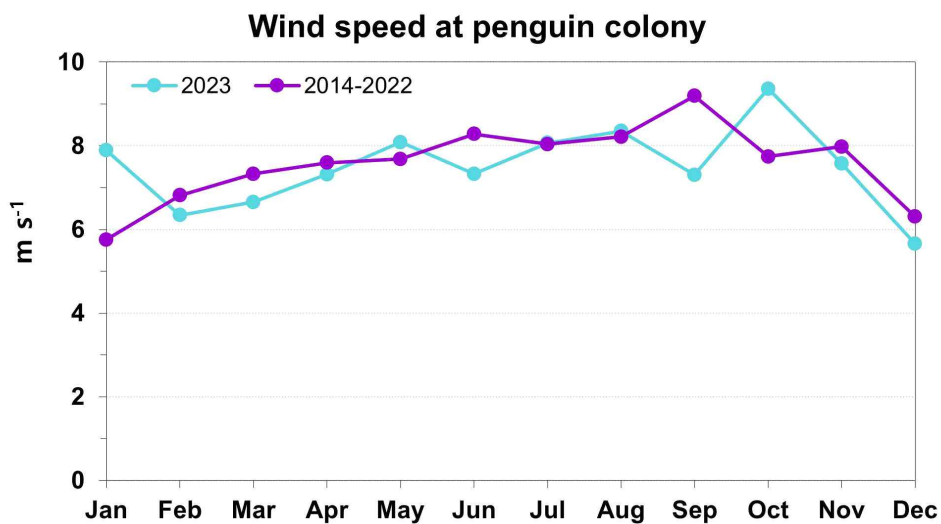


그림 1-1-9. 2014년부터 2022년까지 다년 평균된 펭귄마을의 월평균풍속 (보라색) 및 2023년 월평균풍속 (하늘색)의 연변화.

Penguin colony in 2023 (Jan, Feb, Mar)

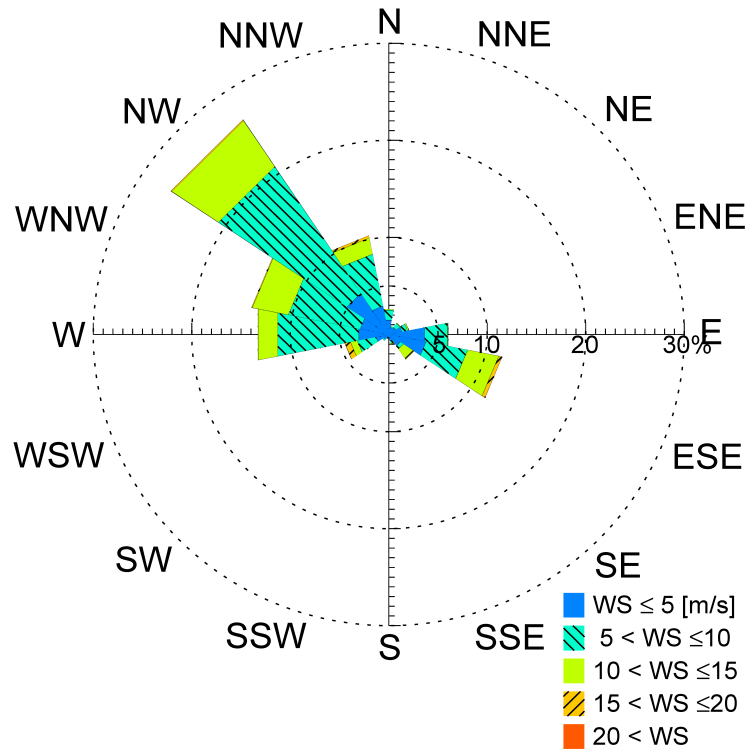


그림 1-1-10. 2023년 1월부터 3월까지 펭귄마을에서 관측된 바람장미.

그림 1-1-11. 2014년부터 2022년까지 1월~3월동안 펭귄마을에서 관측된 바람장미

Penguin colony in 2014-2022

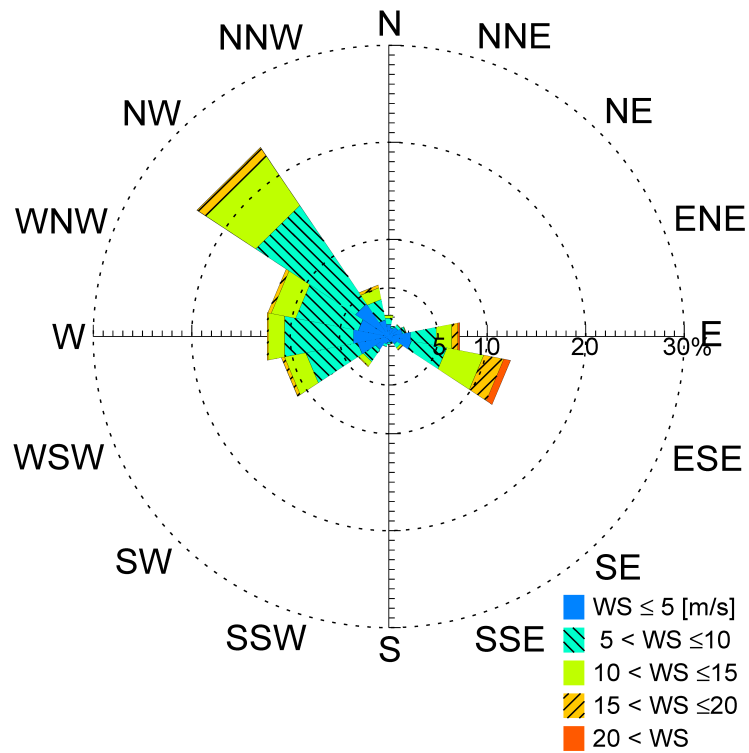


그림 1-1-12. 2014년부터 2022년까지 펭귄마을에서 관측된 바람장미

표 1-1-2. 2014/15 이후 하계(12-2월) 세종기지에서 관측된 일사량, 강수량, 불리자드.

	14/15	15/16	16/17	17/18	18/19	19/20	20/21	21/22	22/23	평균
전천일사량 (MJ/m ²)	1204.2	1261.3	1296.4	1036.8	1186.7	1143.7	1129.6	1200.0	1297.9	1195.2
강수량 (mm)	104.0	72.9	127.6	87.2	92.8	74.8	97.6	117.7	103.5	97.6
불리자드 (횟수/시간)	0/0	3/27.1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0.3/3.0

(3) 해양환경 모니터링 방법

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

NASA(National Aeronautics and Space Administration)에서 운용 중인 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 250m, 500m, 1km 해상도로 관측을 수행하여 한 번에 여러 정보를 복합적으로 얻을 수 있으며, 주요 특징은 해색에 대한 자료를 수집하는 것이다(표 1-1-3). 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, 2023년 12월 1일부터 2024년 1월 31일까지의 월 평균 및 전체평균을 계산하였다. 자료의 공간범위는 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 : NASA의 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 및 MODIS/TERRA 자료가 적도를 기준으로 하루에 1번 관측되는 특성과는 달리 일 평균 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 1-1-3. MODIS 센서 밴드별 속성

종류	밴드	밴드폭(nm)	공간해상도(m)
육상/구름/에어로졸 경계	1	620 - 670	250
	2	841 - 876	250
육상/구름/에어로졸 속성	3	459 - 479	500
	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	1000
	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

(4) 해색 분포 특성

2023년 12월에서 2024년 1월 사이 연구해역에는 총 344장의 MODIS/AQUA 및 MODIS/TERRA Level 2 영상이 존재한다. 이 영상을 MATLAB을 이용하여 월별로 모자이크를 하여 식물플랑크톤의 분포를 나타내었다. 2023년 12월의 연구해역은 총 Level 2 181개 영상이 존재하였다. 월 단위로 분석한 결과, 12월은 평균값 $0.4600 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$, 중앙값 $0.3909 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$, 표준편차 $0.4881 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$, 최대값 $16.3303 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$, 최소값 $0.0427 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ 의 통계값을 보였다. 2024년 1월의 Level 2 자료는 총 163개가 획득되었으며, 평균값 $0.4163 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$, 중앙값 $0.3557 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$, 표준편차 $0.6493 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$, 최대값 $67.1431 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$, 최소값 $0.0509 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ 의 통계값을 가진다. 2023년 12월부터 2024년 1월까지 두 달간의 전체 평균값은 $0.4403 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$, 중앙값 $0.3729 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$, 표준편차 $0.4271 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$, 최대값 $33.8597 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$, 최소값 $0.0427 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ 의 통계값을 나타내었다(그림 1-1-15).

2024년 1월의 경우 2023년 12월 보다 평균값이 $0.0437 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ 낮았으며, 표준편차는 $-0.1612 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ 높았다. 평균값은 두 시기가 유사하게 나타나지만 높은 식물플랑크톤 농도를 가지는 지역이 다른 특징이 드러났다. 2023년 12월의 경우 그림 1-1-13과 같이 킹조지섬 남쪽 연안부터 먼바다까지 대부분 높은 식물플랑크톤 분포가 관측되었으며, 먼바다 특정지역에 특히 높은 식물플랑크톤 농도를 가지는 지역이 발생하였다. 2024년 1월의 경우는 그림 1-1-14와 같이 2023년 12월보다 킹조지섬 주변에서 부분적으로 높은 식물플랑크톤 농도가 관측되었으나, 전체적으로 2023년 12월에 비해서 낮은 농도값을 보여주고 있다. 식물플랑크톤의 공간변화는 시간에 따라 크게 바뀌며, 이 분포는 식물플랑크톤을 기본 먹이로 하는 해양생태계의 시공간 변화에도 영향을 줄 수 있을 것으로 판단된다.

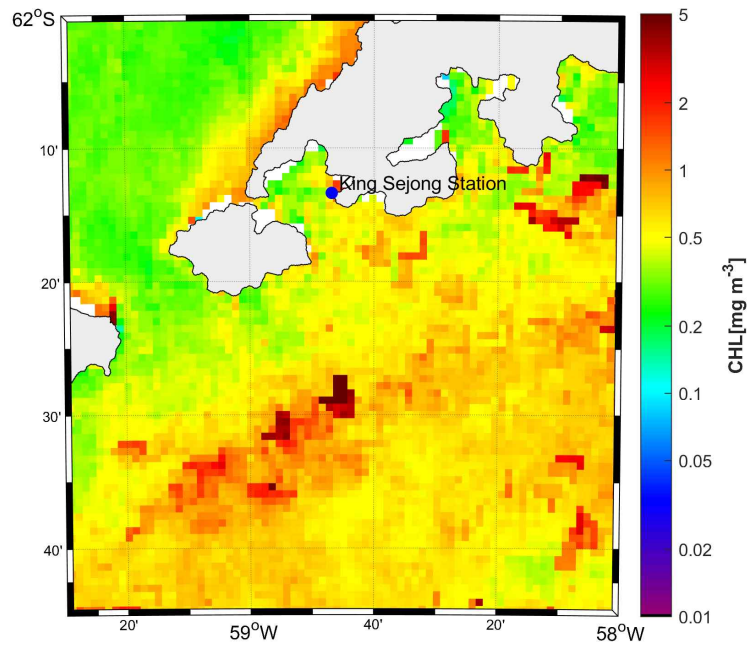


그림 1-1-13. 2023년 12월 평균 식물플랑크톤 분포(MODIS)

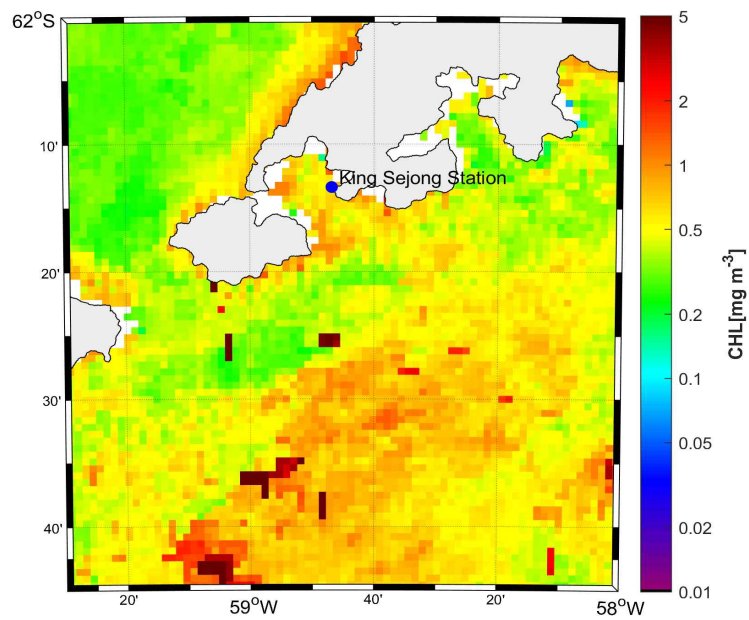


그림 1-1-14. 2024년 1월 평균 식물플랑크톤 농도분포(MODIS)

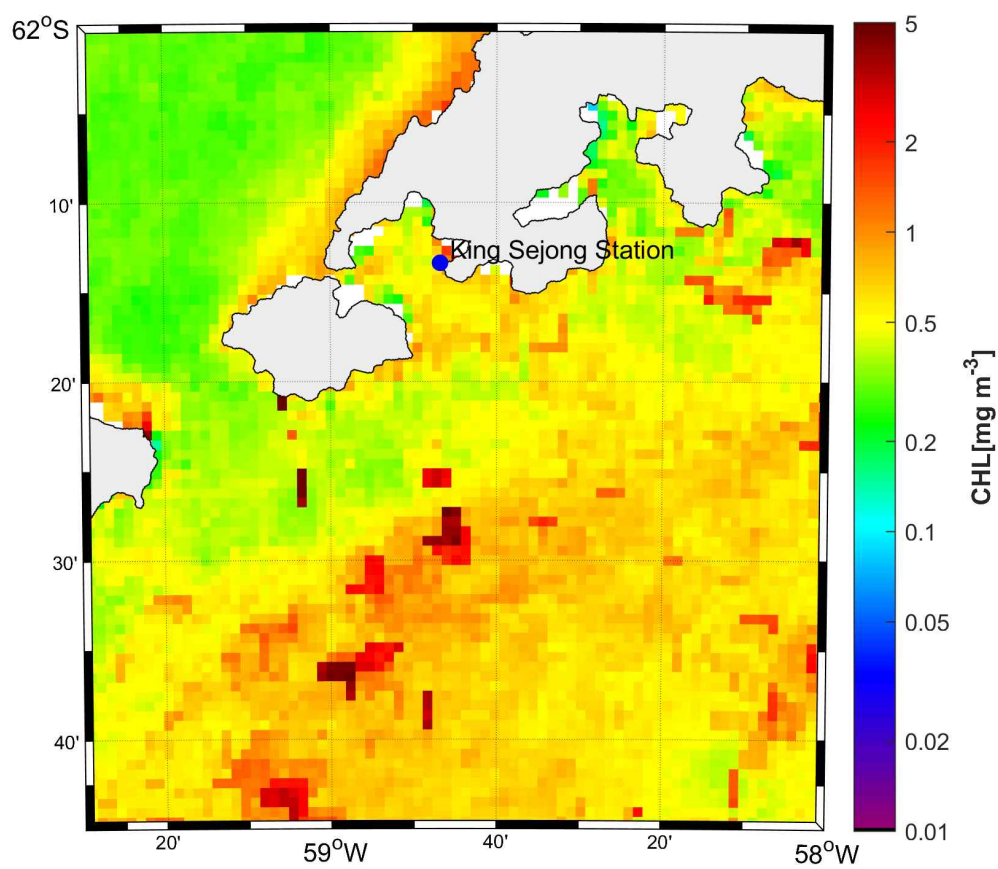


그림 1-1-15. 2023년 12월부터 2024년 1월까지의 평균 식물플랑크톤 분포

(5) 해수온 분포 특성

본 연구에서는 2023년 12월에서 2024년 1월 사이의 해수온 분포특성을 분석해 보았다. 시간변화에 따른 식물플랑크톤의 분포특성은 해수온 변화와 관련이 있다. 해수온 분포특성 연구를 위해 식물플랑크톤과 같은 시공간의 자료를 이용하였다. 2023년 12월에서 2024년 1월 사이 연구 해역에는 총 Level 2 345개의 영상이 존재하였다. MATLAB을 이용하여 월별로 모자이크하여 해수온 자료의 분포를 나타내었다. 2023년 12월부터 2024년 1월까지의 해수온 자료를 살펴보면, 해수온 값이 킹조지섬 주변 해안가를 따라서 비어있는 부분이 존재한다. 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 및 TERRA 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 1-1-16와 그림 1-1-17은 각각 2023년 12월과 2024년 1월의 해수온 품질수준을 0-2의 값을 이용하여 나타낸 것이다.

2023년 12월은 총 182개의 자료를 이용하여 통계 값을 계산하였다. 해수온의 평균은 0.1919 °C, 중앙값 0.2035 °C, 표준편차 0.2952 °C, 최소값 -1.755 °C, 최대값 1.575 °C를 나타내었다. 2024년 1월의 경우 평균이 1.199 °C, 중앙값 1.2025 °C, 표준편차 0.3621 °C, 최소값 -0.38 °C, 최대값 2.3463 °C를 나타내었다.

2023년 12월의 해수온과 2024년 1월을 비교하여 보면 로버트 섬(Robert Island), 넬슨 섬(Nelson Island), 킹조지 섬 남쪽해역을 따라서 해수온이 약 0.5 °C에서 약 1.0 °C로 상승하였으며, 먼 바다의 경우 전체적으로 0.5 °C 이상 증가한 것으로 보인다. 전체평균 해수온은 2023년 12월에 2024년 1월 해수온 온도가 약 1.0 °C 정도 상승하였다. 그림 1-1-19으로 확인해보아도 전달에 비해 전체적으로 0.5 °C에서 1 °C 가 증가한 것을 확인할 수 있다. 해수온의 분포특성과 다른 기후 인자를 함께 분석하면 보다 의미 있는 결과를 도출 할 수 있을 것이다.

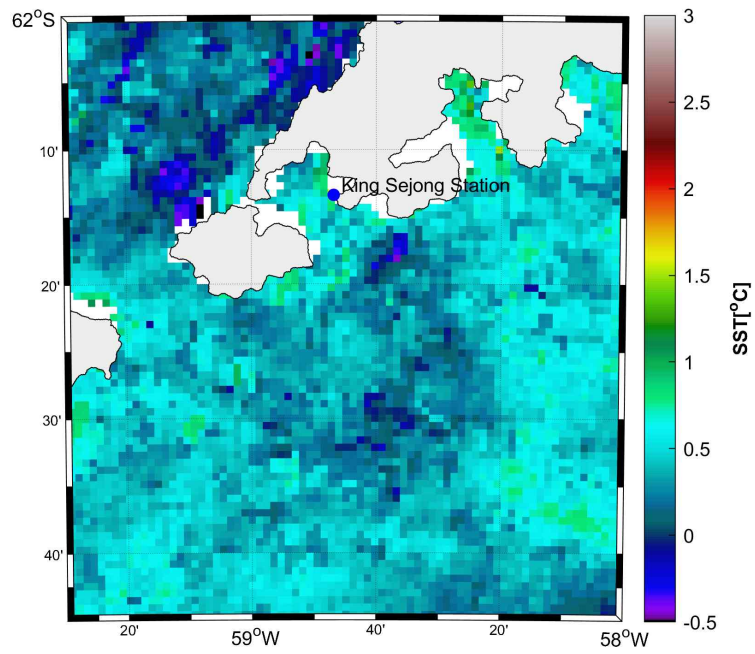


그림 1-1-16. 2023년 12월 평균 해수온 분포, Quality value 0-2

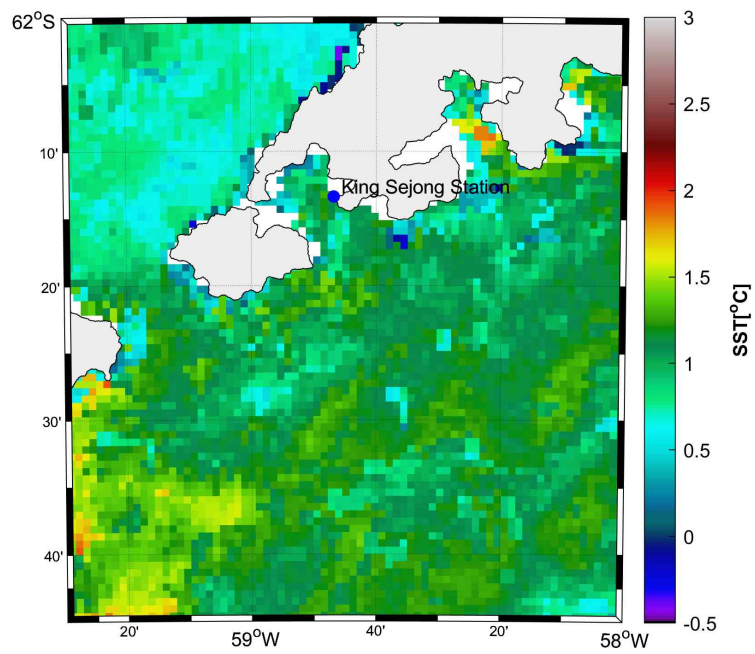


그림 1-1-17. 2024년 1월 평균 해수온 분포, Quality value 0-2

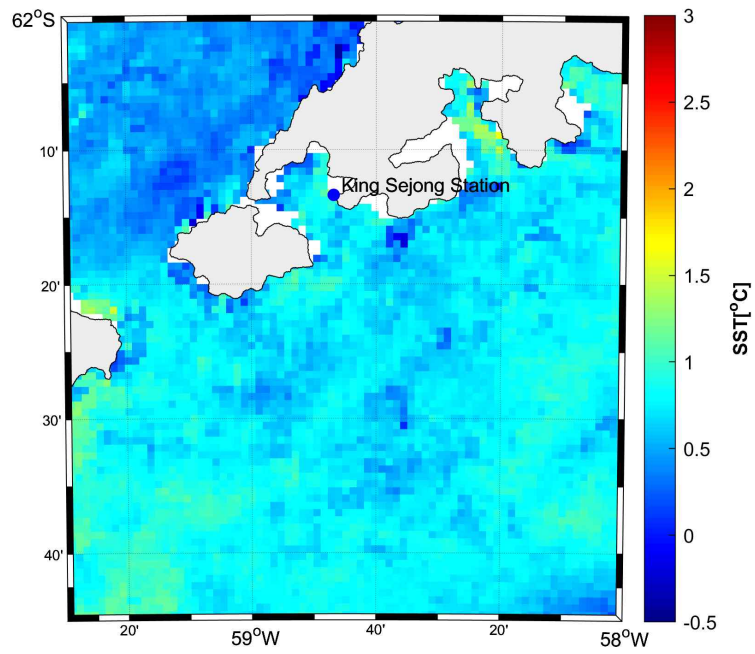


그림 1-1-18. 2023년 12월부터 2024년 1월까지의 평균 해수온 분포, Quality value 0-2

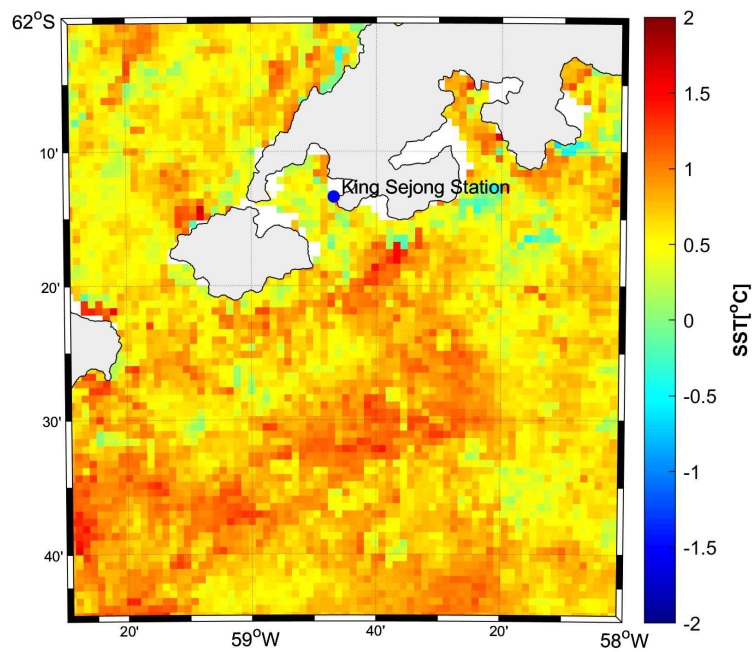


그림 1-1-19. 2023년 12월부터 2024년 1월까지의 월간 해수온 차이, Quality value 0-2

나. 육상 생물군 다양성 및 개체군 변동 모니터링

(1) 펭귄을 비롯한 조류의 번식현황 모니터링

(가) 펭귄 번식집단 모니터링

펭귄마을에서 서식하는 펭귄류는 젠투펭귄(*Pygoscelis papua*)과 턱끈펭귄(*P. antarctica*) 두 종류로, 두 펭귄의 번식집단 모니터링은 CCAMLR (Commission for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources)의 생태계 모니터링 프로그램 표준조사방법(CCAMLR Ecosystem Monitoring Program Standard Methods) A3A (v4)를 기초로 수행하였으며(CCAMLR, 2014), 현장 조사 세부사항은 환경부 기초조사 및 모니터링 (환경부, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023)의 방법을 따라 수행하였다.

각 소집단에서 번식하는 펭귄의 등지 수는 2023년 12월 4일(젠투펭귄), 12월 6일(턱끈펭귄)에 전체 등지 수를 계수하여 산출하였다. 모니터링 과정에서 포란 혹은 육추가 간섭받지 않도록 불필요한 접근은 최대한 배제하였다. 번식 소집단별로 3인이상이 독립적으로 계수를 수행하였으며, 10% 이상의 오차가 발생할 경우 추가 반복조사를 실시하거나 이상값(outlier)을 제외하여 각 번식 소집단의 크기를 추정하였다(CCAMLR, 2014). 또한 펭귄 번식소집단의 분포를 파악하고 번식 등지수 계수의 정확도를 높이기 위해 2023년 12월 7일에 초경량 비행장치(드론, Marvic Air 2S, DJI)를 이용하여 60m 높이에서 번식지를 촬영하였으며, 촬영된 사진을 사진측량 소프트웨어(Agisoft Metashape)를 통해 하나의 고해상도 이미지로 병합한 후 GIS 소프트웨어(QGIS)를 사용하여 번식 소집단의 경계를 표시하였다(그림 1-1-21).

두 펭귄은 해안의 곳 지형을 중심으로 집단번식지를 형성하고 있다. 젠투펭귄은 내륙에 넓게 퍼져 분포하며, 턱끈펭귄은 해안의 암석지대부터 내륙쪽으로 길게 퍼진 형태로 분포하였다(그림 1-1-21).



그림 1-1-20. 번식지에서 직접 등지 수 계수(왼쪽), 초경량 비행장치를 이용하여 촬영한 번식지 사진(오른쪽)

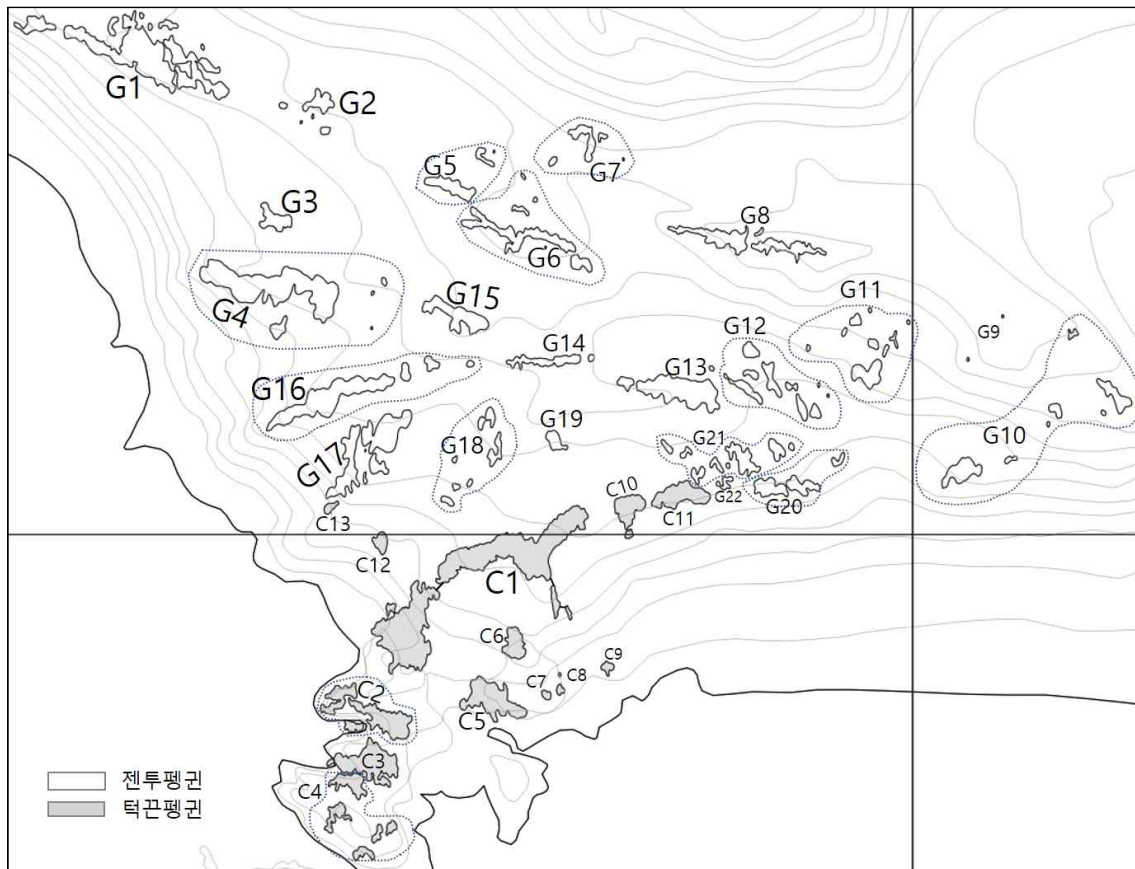


그림 1-1-21. 2023/24년 펭귄마을에 서식하는 펭귄류 2종의 번식소집단 위치 및 번호

2023/24년도 번식기에 번식지에서 직접 계수한 등지수는 젠투펭귄 2,669등지, 턱끈펭귄 2,271등지였다. 항공촬영 사진을 바탕으로 계수한 등지수는 젠투펭귄이 2,784등지, 턱끈펭귄이 평균 2,370등지로, 두 방법간의 편차는 각각 4.3%(변동계수=0.03), 4.4%(변동계수=0.03)였다. 종별 번식소집단을 구성하는 등지수는 젠투펭귄이 평균 127 ± 131 등지(1 ~ 549등지)이고, 턱끈펭귄이 평균 173 ± 302 등지(4 ~ 1140등지)로, 턱끈펭귄이 젠투펭귄에 비해 큰 규모의 번식소집단을 형성하였다(표 1-1-4~5).

표 1-1-4. 펭귄마을에 분포하는 젠투펭귄의 번식소집단의 규모

번식소집단	등지수 (번식지에서 직접 계수)	등지수 (항공사진을 통한 계수)	편차 (변동계수*)
G1	549	561	0.015
G2	52	61	0.113
G3	68	68	0.000
G4	374	396	0.040
G5	60	67	0.078
G6	186	179	0.027
G7	44	52	0.118
G8	215	225	0.032
G9	1	2	0.471
G10	96	97	0.007
G11	70	70	0.000
G12	78	84	0.052
G13	191	196	0.018
G14	38	46	0.135
G15	81	81	0.000
G16	162	150	0.054
G17	212	220	0.026
G18	39	43	0.069
G19	16	17	0.043
G20	49	74	0.287
G21	88	95	0.054
G22			
합계	2,669	2,784	0.030

*변동계수(Coefficient of Variance, CV): 집단간 상대적인 편차를 비교하기 위해 사용함. 표준편차/평균

표 1-1-5. 펭귄마을에 분포하는 턱끈펭귄의 번식소집단의 규모

번식소집단	등지수 (번식지에서 직접 계수)	등지수 (항공사진을 통한 계수)	편차 (변동계수)
C1	1,140	1,192	0.032
C2	257	263	0.016
C3	217	216	0.003
C4	111	131	0.117
C5	161	194	0.131
C6	77	77	0.000
C7	6	7	0.109
C8	4	6	0.283
C9	15	17	0.088
C10	109	111	0.013
C11	112	115	0.019
C12	28	31	0.072
C13	9	10	0.074
G16	1	-	
G20	24	-	
G22			
합계	2,271	2,370	0.030

항공사진 촬영을 통한 계수는 등지의 접근이 어렵거나 소집단의 크기가 매우 커서 직접 계수하기가 어려운 경우에 적용할 수 있는 방법이며, 등지에 접근하지 않아도 되므로 번식 개체에게 주는 스트레스를 경감할 수도 있다(Dunn et al. 2021). 또한 사진의 해상도가 높고 분석자가 포란, 교대 등 대상종의 번식행동에 대한 이해가 충분하다면 사람이 직접 세는 것보다 더 적은 노력으로 더 정확한 개체수 정보를 얻을 수 있다(Ratcliffe et al. 2015, Hodgson et al. 2018).

2023/24년도에 각 번식소집단별로 계수한 두 종 모두에서 항공사진을 통해 계수한 등지수가 직접 계수한 등지수보다 4.3~4.4% 더 높게 나타났다(표 1-1-4~5, 그림 1-1-22). 등지 지역에서 촬영 당시의 좋지 않은 날씨로 인한 해상도 저하로 등지 지역에 있는 비번식개체나 포란중인 개체의 깃이 등지에서 포란중인 번식 개체로 잘못 인식되었을 가능성이 있다. 또는 직접 계수할 때 너무 큰 지역에서 실제보다 적은 수로 계수하거나 음영지역에 있는 개체들이 누락되었을 가능성도 있다.

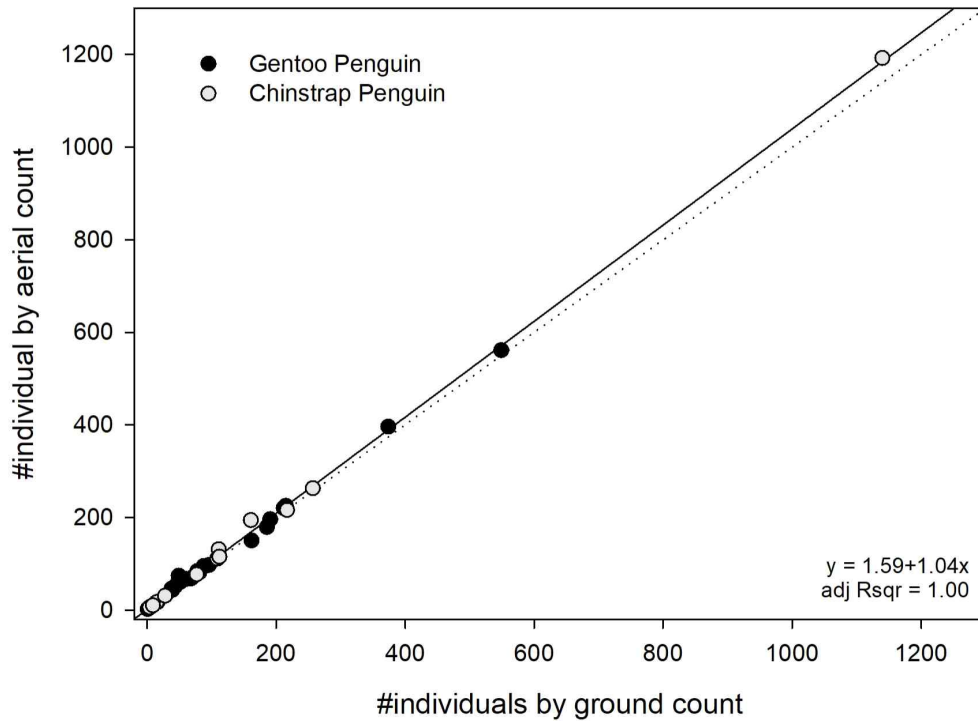


그림 1-1-22. 34개 번식소집단(subcolony)별 번식지에서 직접 계수한 등지수(가로축)와 항공사진을 통해 계수한 등지수(세로축) 비교. 실선: 두 계수방법 사이의 회귀선, 점선: 1:1 직선

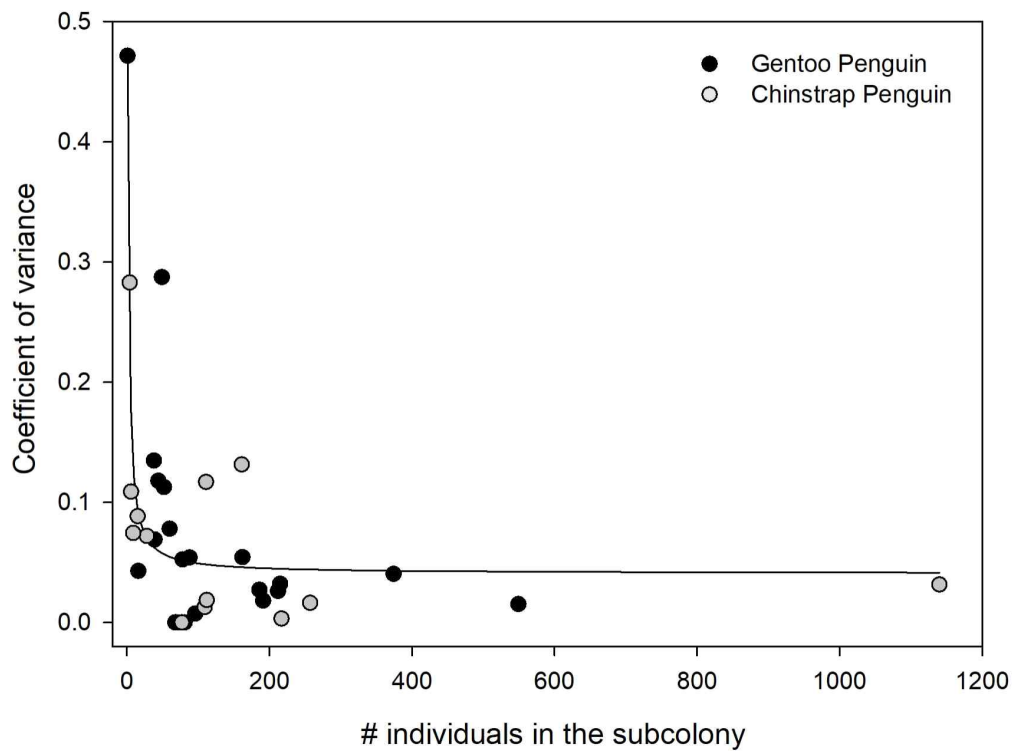


그림 1-1-23. 34개 번식소집단(subcolony)별 번식지에서 직접 계수한 등지수(가로축)와 항공사진을 통해 계수한 등지수와와의 편차(세로축) 그러나 두 계수 방식간의 편차는 번식소집단의 크기별로 다르게 나타났다. 소집

단의 크기가 커질수록 사진상에서 번식 개체로 잘못 인식되거나 직접 계수시 오차가 생겨 두 방식간 편차가 커질 것으로 예상했었으나, 실제로는 번식소집단의 크기와 반비례하여 두 방식간의 편차가 커지는 것으로 나타났다($f=0.04+0.84/x-0.40/x^2$, $\text{adj}R^2=0.64$, $F_{33}=29.92$, $p<0.01$). 아마도 개체수가 작고 집단 내에 더 작은 소집단들이 드문드문 분포하는 번식소집단에서 직접 계수시 오류가 발생했을 가능성이 클 것으로 생각된다. 따라서 항공촬영 사진을 통한 계수 방법은 규모가 큰 번식소집단에서는 직접 계수한 등지수와 보정식 계산을 통해 향후 조사지에서 지속적으로 사용할 수 있을 것으로 판단되며, 적은 수의 등지들이 넓게 분포한 작은 번식소집단의 경우는 오히려 직접 계수하는 방식보다 신뢰하는 결과를 제공해줄 수 있을 것으로 생각된다.

2023/24 펭귄류 번식 등지수는 2022/23년도 대비 각각 220등지, 106등지가 증가한 것으로 확인되었다. 젠투펭귄은 매년 체계적인 모니터링이 시작된 2006/07년도 이래로 39.4%가 증가하여 연간 평균 2.0%씩 증가하고 있는 것으로 나타났다($\text{estimate}=42.9$, $p<0.01$, $R^2=0.52$). 턱끈펭귄은 2012/13년에 3,332등지로 최대 등지수를 기록하였으나 2006/07년도 이래로 22.1%가 감소하여 연평균 1.5%씩 감소하는 추세를 보였다($\text{estimate}=-40.1$, $p=0.01$, $R^2=0.32$). 조사지역 내 젠투펭귄의 증가와 턱끈펭귄의 감소로 인하여 두 펭귄 종의 번식개체군 크기는 2019/20을 기점으로 역전되었다(그림 1-1-24). 턱끈펭귄의 감소추세는 본 조사지역 뿐만 아니라 전세계적으로도 비슷하게 나타나는 것으로 보인다. 조사 기간과 방법에 차이가 있으나 젠투펭귄의 개체군은 증가하거나 (Lynch et al. 2012; Dunn et al., 2016; Dunn et al., 2019) 시기에 따라 증감에 변동이 있는 반면(Quintana and Cirelli, 2000; Pistorius et al. 2010), 턱끈펭귄은 감소하는 추세를 보이고 있으며(Forcada et al., 2006; Hinke et al., 2007; Sander et al., 2007; Barbosa et al., 2012; Lynch et al. 2012; Naveen et al., 2012; Dunn et al., 2016; Herman et al., 2020; Kruger, 2023) 전세계적으로는 35% (Stryker et al., 2020)가 감소한 것으로 보고되었다.

이러한 개체군 감소의 원인은 남극반도 지역에서 펭귄의 주요 먹이원인 크릴(*Euphausia superba*)이 감소하는 현상이 턱끈펭귄의 생존 및 번식에 부정적인 영향을 미친 결과로 추정하고 있다. 크릴은 펭귄마을에 서식하는 두 펭귄종의 주요 먹이자원이다(Volkman et al., 1980; Miller et al., 2010; Rombolá et al., 2010; Panasiuk et al., 2020). 최근 지구 온난화와 그에 따른 해빙 감소, 최근 증가하는 크릴 어업 등이 복합적으로 크릴의 감소에 영향을 미치는 것으로 제기되고 있다(Flores et al., 2012; Atkinson et al., 2019; Krüger et al., 2021; Salmeón et al., 2023). 크릴의 감소는 특히 턱끈펭귄의 감소와 직접적인 연관이 있을 것으로 제기되어 왔다(Trivelpiece et al., 2011; Lynch et al., 2012). 크릴의 감소는 크릴을 주요 먹이로 섭식하는 남극의 모든 동서성 동물의 먹이경쟁 강화를 유발할 것으로 예상되며, 경쟁력이 약한 종은 섭식행동에 더 많은 시간을 투자하게 되어(Miller et al., 2010; Salmeón et al., 2023) 번식성공이 낮아지는(Salmeón et al., 2023) 결과를 가져올 수

있다. 따라서 연간 기후환경의 변동에 따른 펭귄류 번식개체군의 변동을 파악하고 예측하기 위해 두 펭귄 종의 먹이활동 및 번식성공에 관한 지속적인 모니터링이 필요하다. 이와 더불어 번식개체군의 장기적인 변화를 파악하기 위해 성체의 회귀 및 생존률, 펭귄마을에서 태어난 유조의 이소 후 사망률과 보충률(recruitment rate)에 대한 정보가 지속적으로 축적되어야 할 것이다. 이를 위해 2012년부터 수행되고 있는 PIT 칩을 이용한 개체 표지 및 재발견 조사가 확대 수행될 필요가 있다.

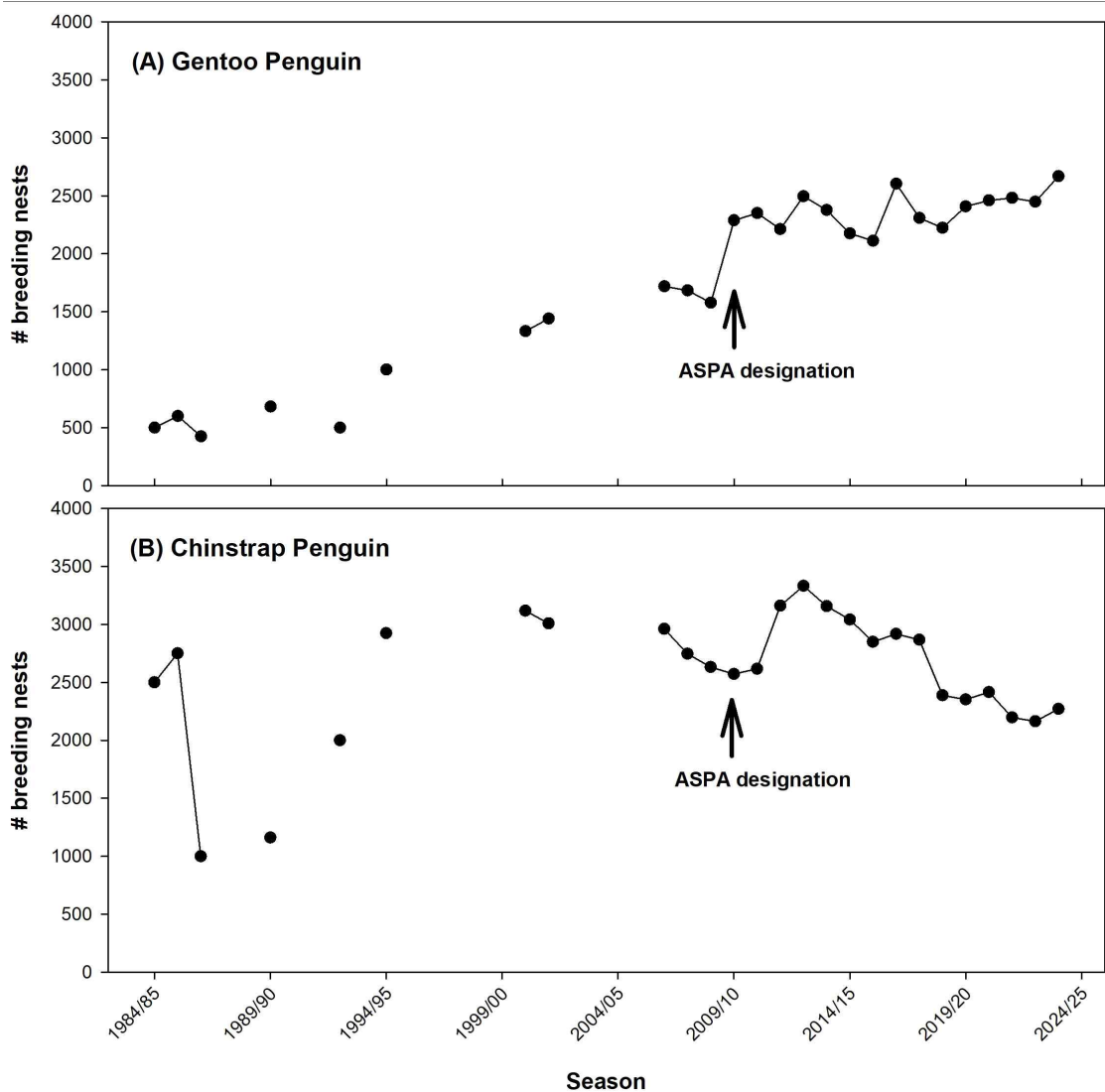


그림 1-1-24. 펭귄마을에서 번식하는 젠투펭귄(A)과 턱끈펭귄(B)의 연도별 등지수 변화

(나) 펭귄류의 번식지표 및 번식일정 모니터링

번식지표(한배산란수, 부화율, 이소율)는 향후 개체군의 증감 추세를 예측할 수 있는 중요한 지표로서, 펭귄류의 번식지표는 CCAMLR의 생태계 모니터링 프로그램 표준조사방법(CEMP Standard Methods) A3A (v4)를 기초로 수행하였으며(CCAMLR

2014), 현장 조사 세부사항은 환경부 기초조사 및 모니터링 (환경부, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023)의 방법을 따라 아래와 같이 산출하였다.

- 한배산란수: 둥지당 산란한 알의 수(펭귄 종당 총 둥지수의 20% 이상 조사)
- 둥지당 이소새끼수: 보육원에 가입한 새끼의 수/총 둥지수

한배산란수, 둥지당 이소새끼수에 추가하여 평균부화일을 추정하였다. 약 5일 간격으로 번식지를 방문하여 각 소집단에서 20% 이상의 둥지를 무작위로 선정 후 부화 여부를 기록하였다. 부화율 조사는 첫 부화가 시작되기 직전부터 종별 전체 둥지의 90% 이상 부화가 완료될 때까지 진행되었다. 젠투펭귄은 2023년 11월 16일부터 2024년 1월 6일까지 총 8차례 부화율 조사를 실시하였으며, 이 중 11월 16일의 조사는 조사진의 현지 도착 이전에 월동대원에 의해 실시되었다. 턱끈펭귄은 2023년 12월 13일부터 2024년 1월 6일까지 역시 8차례 부화율 조사를 실시하였다. 현장에서 수집한 자료를 토대로 로지스틱 회귀분석을 통해 산란된 전체 알 수에서 50% 이상이 부화한 날을 집단의 평균부화일로 추정하였다. 펭귄의 산란시기와 기상환경과의 관계를 파악하기 위해 펭귄마을 AWS와 세종기지에서 측정한 기상자료를 이용하여 2012/13년부터 2023/24년까지의 산란기(10월 ~ 11월)의 평균기온, 강수량과 두 펭귄종의 평균부화일을 비교하였다.

번식지표 조사결과, 젠투펭귄의 한배산란수는 1.79개, 이소새끼수는 1.15개체였으며, 턱끈펭귄의 한배산란수는 1.87개, 이소새끼수는 1.24개체로 확인되었다(표 1-1-6). 두 종 모두 한배산란수와 이소새끼수에서 연도별 변화양상은 확인되지 않았다(젠투펭귄: 한배산란수 - $F_{12}=0.09$, $p=0.77$, 이소새끼수 - $F_{13}=0.02$, $p=0.88$; 턱끈펭귄: 한배산란수 - $F_{12}=0.39$, $p=0.54$, 이소새끼수 - $F_{13}=0.19$, $p=0.67$; 그림 1-1-26).

표 1-1-6. 펭귄마을에서 번식한 펭귄류의 2023/24 번식지표

항목	젠투펭귄	산출기준일	턱끈펭귄	산출기준일
둥지수(A)	2,669	2023.12.04	2,271	2024.12.06
한배산란수(B)	1.79 ± 0.41 (n=1,007)	2023.12.07	1.87 ± 0.34 (n=750)	2023.12.13
총 이소새끼수(C)	3,069	2023.01.23	2,811	2023.01.23
둥지당 이소새끼수(C/A)	1.15	2023.01.23	1.24	2023.01.23



그림 1-1-25. 새끼를 품고 있는 젠투펭귄(왼쪽)과 턱끈펭귄(오른쪽)

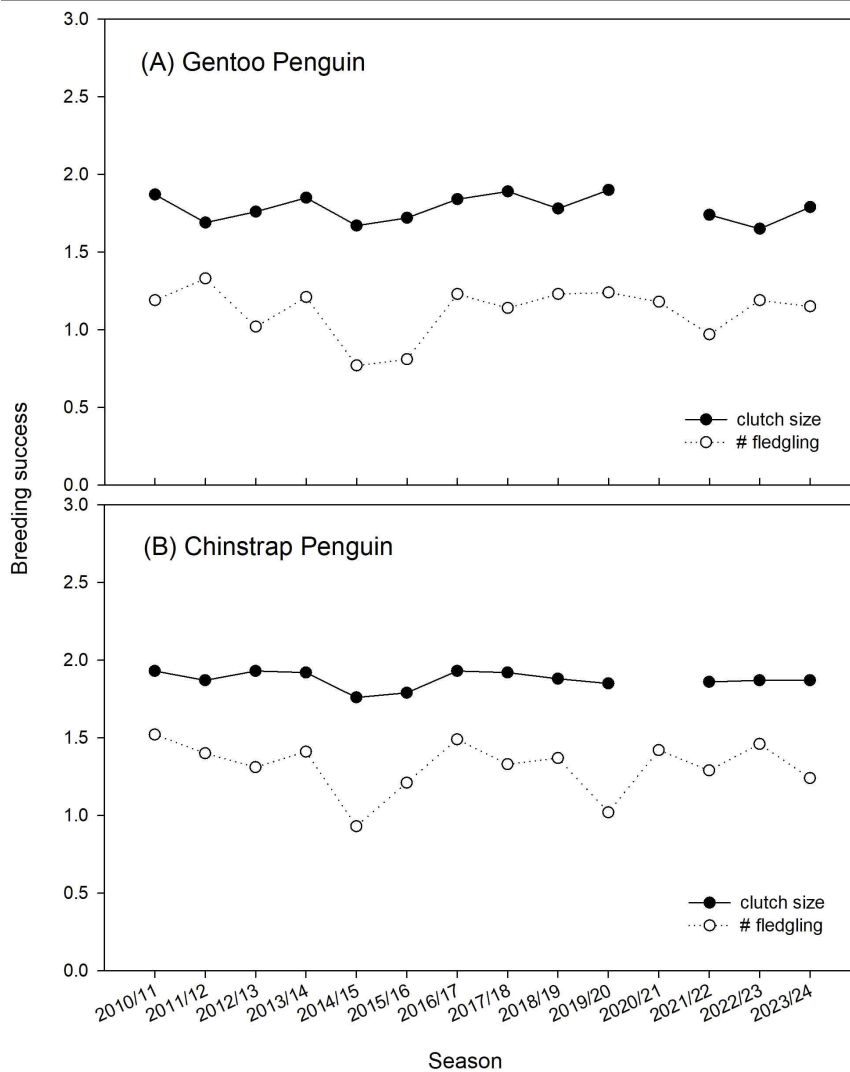


그림 1-1-26. 젠투펭귄(A)과 턱끈펭귄(B)의 연도별 번식성공지표. 한배산란수(●), 이소새끼수(○). 2020/21 번식기의 번식지표는 코로나 19 감염증에 의한 입남극 제한에 따라 월동대에 의해 확인된 결과임

번식일정과 관련된 지표인 평균부화일은 젠투펭귄이 2023년 12월 19일(351.72), 턱끈펭귄이 2023년 12월 23일(355.87)으로 젠투펭귄이 약 4일정도 빨리 부화한 것으로 나타났다. 이에 비해 젠투펭귄의 첫 부화 관찰일은 12월 4일, 턱끈펭귄의 첫 부화 관찰일은 12월 16일로 12일가량 차이가 나 턱끈펭귄의 번식집단이 젠투펭귄에 비해 동시부화성(hatching synchrony)이 높은 것으로 판단된다.

연평균 평균부화일 역시 젠투펭귄이 345.04 ± 8.33 일, 턱끈펭귄이 357.03 ± 3.72 일로 젠투펭귄이 12일 가량 빠른 것으로 나타났다. 2023/24년도 젠투펭귄의 평균부화일은 2022/23년의 12월 1일에 비해 18일이 늦어진 반면, 턱끈펭귄의 평균부화일은 2022/23년의 12월 21일과 비교하여 이를 늦어졌다. 평균부화일의 연간변동은 젠투펭귄에서 훨씬 크게 나타났다(젠투펭귄 CV=0.024, 턱끈펭귄 CV=0.010, 그림 1-1-27). 아직 충분한 자료가 축적된 것은 아니지만 젠투펭귄은 매년 번식기 환경에 따라 턱끈펭귄보다 번식 시기를 더 유연하게 조정하는 것으로 생각된다. 2012/13년 이후로 젠투펭귄의 평균부화일은 유의미한 변화가 나타나지 않았으나, 턱끈펭귄의 평균부화일은 매년 0.66일씩 빨라지는 추세를 보였다($F_{11}=6.63$, $p=0.03$, $\text{adj}R^2=0.36$).

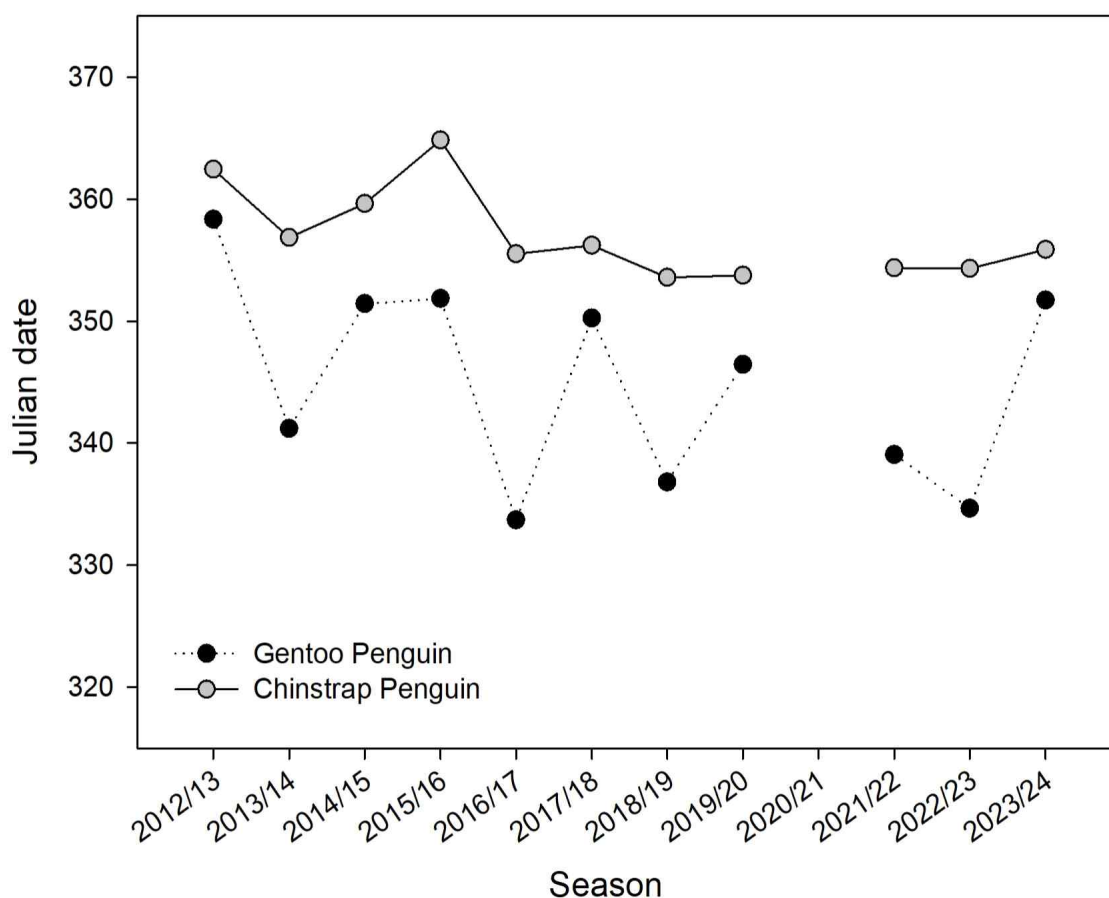


그림 1-1-27. 젠투펭귄(●)과 턱끈펭귄(●)의 평균부화일의 연간변동

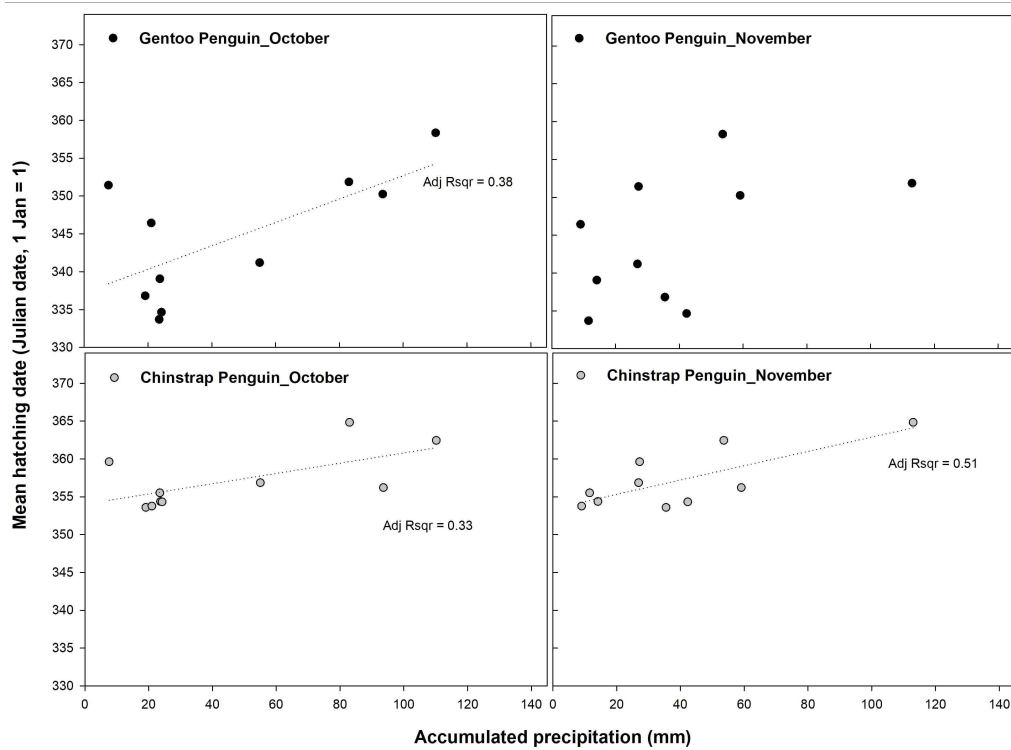


그림 1-1-28. 2012/13 ~ 2022/23까지 번식 초기인 10월(왼쪽), 11월(오른쪽) 월별 누적강수량과 젠투펭귄(위), 턱끈펭귄(아래)의 평균부화일

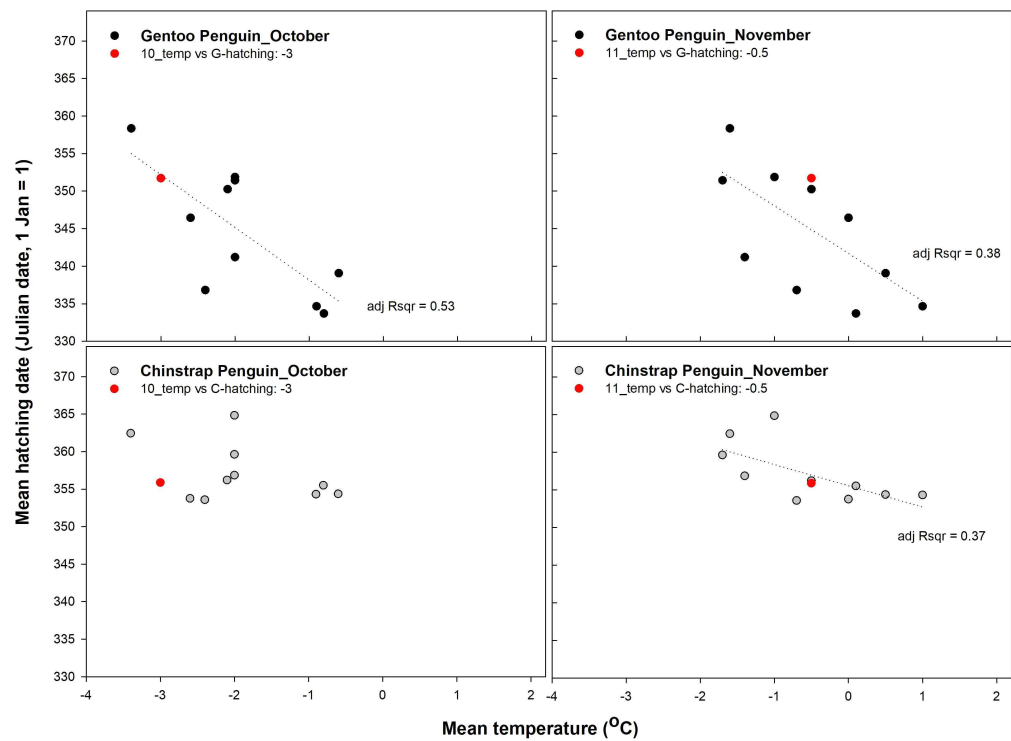


그림 1-1-29. 2012/13 ~ 2023/24까지 번식 초기인 10월(왼쪽), 11월(오른쪽) 월평균기온과 젠투펭귄(위), 턱끈펭귄(아래)의 평균부화일. 2023/24 자료(●)

두 펭귄의 평균부화일을 펭귄들의 번식지 도래일 및 번식 초기인 10월과 11월의 강수량, 평균기온과 비교하였다. 통계적으로 유의한 경우 점선으로 회귀직선을 표시하고 조정된 결정계수(R^2 제곱값)를 같이 표시하였다(그림 1-1-28~29). 두 종 모두 누적강수량이 많을수록 평균부화일이 늦어지는 경향을 보였다. 젠투펭귄은 10월 강수량과 유의한 관계가 있었으며, 턱끈펭귄은 10월보다 11월 강수량과 더 뚜렷한 관계를 보였다. 평균기온 역시 두 종 모두 평균기온이 높을수록 평균부화일이 빨라지는 경향이 나타났다. 평균기온과의 관계 역시 젠투펭귄에서는 10월이 11월보다 높은 설명력을 보였으며, 턱끈펭귄에서는 11월 평균기온과 유의한 관계가 있었다. 이러한 경향은 두 종의 서로 다른 도착시기(젠투펭귄 - 9월, 턱끈펭귄 - 10월; Jang, 2004) 및 이에 따른 첫 산란일의 차이에 기인한 것으로 생각된다. 강수량과 기온 같은 기상 인자들이 복합적으로 번식 생태에 미치는 영향을 파악하기 위해서는 지속적인 모니터링이 필요하다.

2012/13		
2013년 1월 30일		
2013/14		
2014년 1월 3일		
2014/15		
2015년 1월 12일		
2015/16		
	2015년 12월 9일	2015년 12월 7일

그림 1-1-30. 남극특별보호구역(ASPA 171)표지판 기준 적설량의 연도별 변화(왼쪽) 및 펭귄 마을 집단번식지 내 적설면적의 연도별 변화(오른쪽)

2016/17		
	2016년 12월 2일	2016년 12월 2일
2017/18		
	2017년 12월 2일	2017년 12월 2일
2018/19		
	2018년 12월 4일	2018년 12월 4일
2019/20		
	2019년 12월 2일	2019년 12월 4일

그림 1-1-30. 남극특별보호구역(ASPA 171)표지판 기준 적설량의 연도별 변화(왼쪽) 및 펭귄 마을 집단번식지 내 적설면적의 연도별 변화(오른쪽) (계속)

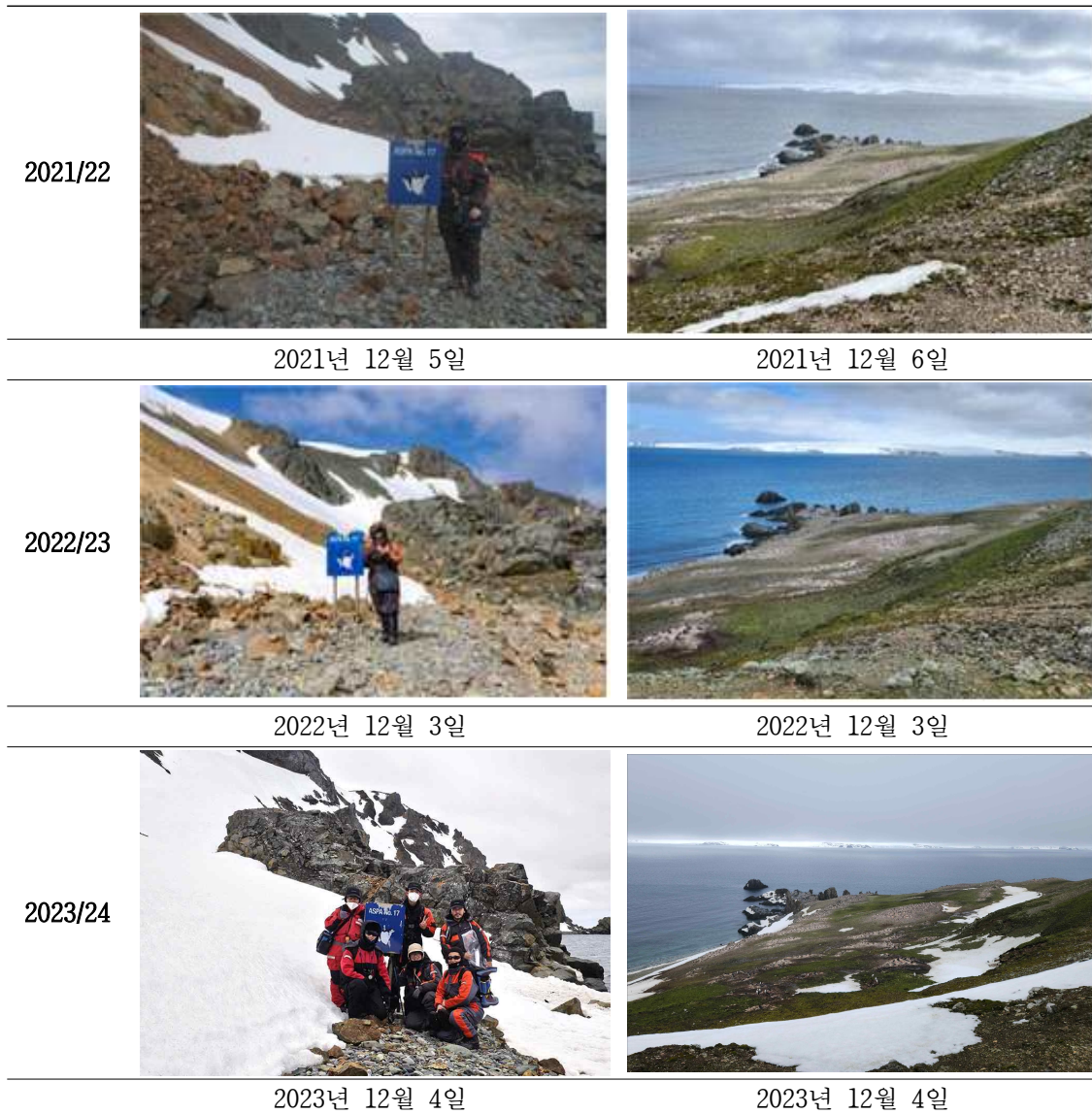


그림 1-1-30. 남극특별보호구역(ASPA 171)표지판 기준 적설량의 연도별 변화(왼쪽) 및 펭귄 마을 집단번식지 내 적설면적의 연도별 변화(오른쪽)

(다) 기타 번식조류의 둥지 분포 및 번식 현황

펭귄마을에는 펭귄류 외에 갈색도둑갈매기(*Stercorarius antarcticus*), 남극도둑갈매기(*S. maccormicki*), 남방큰풀마갈매기(*Macronectes giganteus*), 남방큰재갈매기(*Larus dominicanus*), 남극제비갈매기(*Sterna vittata*), 칼집부리물떼새(*Chionis albus*), 월슨바다제비(*Oceanites oceanicus*), 검은배바다제비(*Fregetta tropica*) 등 8종의 조류가 번식하는 것으로 보고되어 있다. 펭귄마을에서 번식하는 주요 종을 파악하기 위해서 약 7-10일 간격으로 조사지역을 방문하여 번식 중인 조류의 둥지를 확인하고, GPS 좌표를 기록하였으며, 한배산란수 및 새끼 수 등을 기록하였다.

2023/2024년 펭귄마을 내 젠투펭귄과 턱끈펭귄을 제외한 기타 조류의 번식 현황을 조사한 결과, 남방큰풀마갈매기, 월슨바다제비, 검은배바다제비, 칼집부리물떼새, 남방큰재갈매기, 남극제비갈매기, 남극도둑갈매기, 갈색도둑갈매기 8종의 번식을 확인하였다(표 1-1-7, 그림 1-1-31~32). 종별 번식지표를 조사한 결과, 남방큰풀마갈매기는 총 35쌍이 번식하였고, 24개 둥지에서 1개씩의 알을 산란하였으며, 10개 둥지는 번식에 실패하였고 1월 말 총 15개 둥지에서 각각 1씩 총 15의 새끼가 확인되었다. 월슨바다제비와 검은배바다제비의 경우 정확한 번식 개체수는 알 수 없었으나 바위 틈에서 번식기 울음소리가 들렸으며, 둥지 근처에서 포획조사를 실시하여 월슨바다제비는 347개체, 검은배바다제비는 35개체를 포획하였다. 이 중 각각 263개체, 20개체에서 포란반이 2단계 이상으로 뚜렷히 발달한 것으로 기록되었으며(Redfern and Clark, 2001), 이들을 확실히 번식에 참여하는 개체로 판단하여 최소 둥지수를 각각 132둥지, 10둥지로 추정하였다. 칼집부리물떼새는 총 9개의 둥지를 확인했으며, 이 중 3개 둥지가 산란 전에 둥지를 포기하고 근처의 다른 장소로 둥지를 옮겨서 당해 번식에 참여하는 둥지는 총 6개로 확인되었다. 이중 한배산란수가 확인된 5개 둥지의 평균 한배산란수는 2.00 ± 0.82 개로 나타났다. 남극도둑갈매기는 총 10쌍이 번식하여 평균 1.5 ± 0.53 개의 알을 산란하였으나, 조사기간 동안 모든 둥지의 알이 소실되었으며 둥지 주변에서 이소한 새끼가 확인되지는 않았다. 갈색도둑갈매기의 경우 7개의 둥지 주 산란이 확인된 6개 둥지에서 평균 1.17 ± 0.41 개의 알을 산란하였으며, 1개 둥지를 제외하고 5개의 둥지에서 각각 1의 새끼가 확인되었다.

표 1-1-7. 2023/24년 펭귄마을 내에서 번식하는 조류의 종 및 번식 지표

종 명	학 명	둥지수	한배산란수 (둥지수)	유조수 (둥지수)	기준일
남방큰풀마갈매기	<i>Macronectes giganteus</i>	35	1.04 ± 0.20 (n=25)	1.00 ± 0.0 (n=15)	2024-01-22
*월슨바다제비	<i>Oceanites oceanicus</i>	>132	-	-	2024-01-14
*검은배바다제비	<i>Fregetta tropica</i>	>10	-	-	2024-01-14
칼집부리물떼새	<i>Chionis albus</i>	6	2.20 ± 1.10 (n=5)	2.00 ± 0.0 (n=3)	2024-01-22
남방큰재갈매기	<i>Larus dominicanus</i>	2	2.50 ± 0.71 (n=2)	2.00 ± 0.0 (n=2)	2024-01-16
남극제비갈매기	<i>Sterna vittata</i>	2	2.00 ± 0.0 (n=2)	1.00 ± 0.0 (n=1)	2024-01-16
남극도독갈매기	<i>Stercorarius maccormicki</i>	10	1.50 ± 0.53 (n=10)	-	2024-01-13
갈색도독갈매기	<i>Stercorarius antarcticus</i>	6	1.17 ± 0.41 (n=6)	1.00 ± 0.0 (n=5)	2024-01-24
도독갈매기 혼합번식쌍	<i>S. maccormicki</i> × <i>S. antarcticus</i>	1	2.00 ± 0.0 (n=1)	2.00 ± 0.0 (n=1)	2024-01-24

*월슨바다제비와 검은배바다제비는 포획조사 실시 중 포란반이 뚜렷하게 발달한 개체만을 번식 개체로 간주하였고, 암수가 모두 포란에 참여하므로 둥지수는 포란반이 발달한 포획개체의 1/2로 추정하였음

2023/24년도에 번식한 남극도독갈매기 둥지 수는 10개로 지난 2년 동안 많은 번식 쌍이 확인된데 비해 다시 감소한 것으로 나타났으며, 2017/18년 이후 격년 주기로 둥지 수의 증감 현상을 보이는 것으로 나타났다. 올해 번식한 10개 둥지 주변에서 유조가 확인되지 않고 알이 소실된 것으로 보아 모두 번식 실패한 것으로 추정된다. 갈색도독갈매기는 6둥지에서 유조 5개체가 확인되어 남극도독갈매기보다 비교적 높은 번식성공률을 보였다(표 1-1-7). 2021/22년과 2022/23년에는 남방큰풀마갈매기와 남극도독갈매기 모두 많은 둥지가 확인된 것에 비해, 올해는 남극도독갈매기의 둥지 수가 절반 이상 감소한 것으로 나타났다(표 1-1-8). 기존 문헌에 따르면 킹조지섬 내의 남극도독갈매기의 개체수가 다른 종과 달리 안정적으로 유지되는 것으로 보고되며(Krietsch et al. 2016), 2006/07년도부터의 조사결과에 따르면 남극도독갈매기는 번식 둥지수에서 비교적 주기적인 증감 현상을 보이는 듯하다. 올해 특히 많은 눈으로 남극도독갈매기가 주로 번식하는 가야봉과 나비봉 사이의 구역이 12월 말까지 눈이 녹지 않았고, 이러한 환경적 요인이 이들이 번식하는 데 영향을

미쳤을 가능성이 있다. 또한 올해는 모든 둥지가 번식에 실패했기 때문에 번식 결과가 개체군의 변화에 미칠 영향을 파악하기 위해서는 둥지수의 지속적인 모니터링과 함께 번식 성공률 등의 지수를 함께 고려할 필요가 있다.

남방큰재갈매기와 칼집부리물떼새는 올해 각각 2쌍과 6쌍이 번식하였으며, 2006/2007년부터 적은 수의 쌍만이 번식하여 번식 둥지 수의 큰 변화는 없는 것으로 보인다. 남극제비갈매기의 경우, 2013/14년 이후부터 매우 적은 수의 쌍만 번식을 시도하거나 번식 둥지가 관찰되지 않았으며 올해도 2쌍만 번식하는 것이 확인되었다. 이는 상위포식자인 남방큰풀마갈매기와 도둑갈매기류의 번식 쌍 수 증가에 따른 포식압 증가, 해안 지역을 따라 이동하는 연구인력에 의한 간섭 등으로 인해 펭귄마을 내에서의 번식을 포기하고 다른 지역으로 번식지를 옮겼을 가능성도 있다.

표 1-1-8. 펭귄마을에서 번식하는 조류의 연도별 등지 수 변화

종 명	학 명	등지수													
		2006/ 07	2010/ 11	2011/ 12	2012/ 13	2013/ 14	2014/ 15	2015/ 16	2016/ 17	2017/ 18	2018/ 19	2019/ 20	2021/ 22	2022/ 23	2023/ 24
남방큰풀마갈매기	<i>Macronectes giganteus</i>	9	12	11	15	36	23	10	22	18	26	46	34	41	35
월슨바다제비	<i>Oceanites oceanicus</i>	19	>50	0	>5	>1	>1	>3	>2	>1	>7	>3	>3	>41	>132
검은배바다제비	<i>Fregetta tropica</i>	0	>5	0	>1	0	>1	>1	>1	0	>1	0	>1	>3	>10
칼집부리물떼새	<i>Chionis albus</i>	2	1	1	1	1	3	3	1	3	5	2	5	4	6
남방큰재갈매기	<i>Larus dominicanus</i>	6	5	5	3	0	2	0	0	0	0	0	2	3	2
남극제비갈매기	<i>Sterna vittata</i>	41	38	21	15	>1	6	2	>1	1	4	0	1	2	2
남극도독갈매기	<i>Stercorarius maccormicki</i>	27	18	22	0	0	1	47	43	47	7	7	24	34	10
갈색도독갈매기	<i>Stercorarius antarcticus</i>	4	5	5	4	7	8	6	10	7	5	2	5	8	6
도독갈매기 혼합번식쌍	<i>S. maccormicki</i> × <i>S. antarcticus</i>	0	1	1	0	0	0	3	7	1	3	0	3	1	1

*2022/23, 2023/24년도 월슨바다제비와 검은배바다제비의 등지수는 포획조사 실시 중 포란반이 뚜렷하게 발달한 개체만을 번식 개체로 간주하였고, 암수가 모두 포란에 참여하므로 등지수는 포란반이 발달한 포획개체의 1/2로 추정하였음

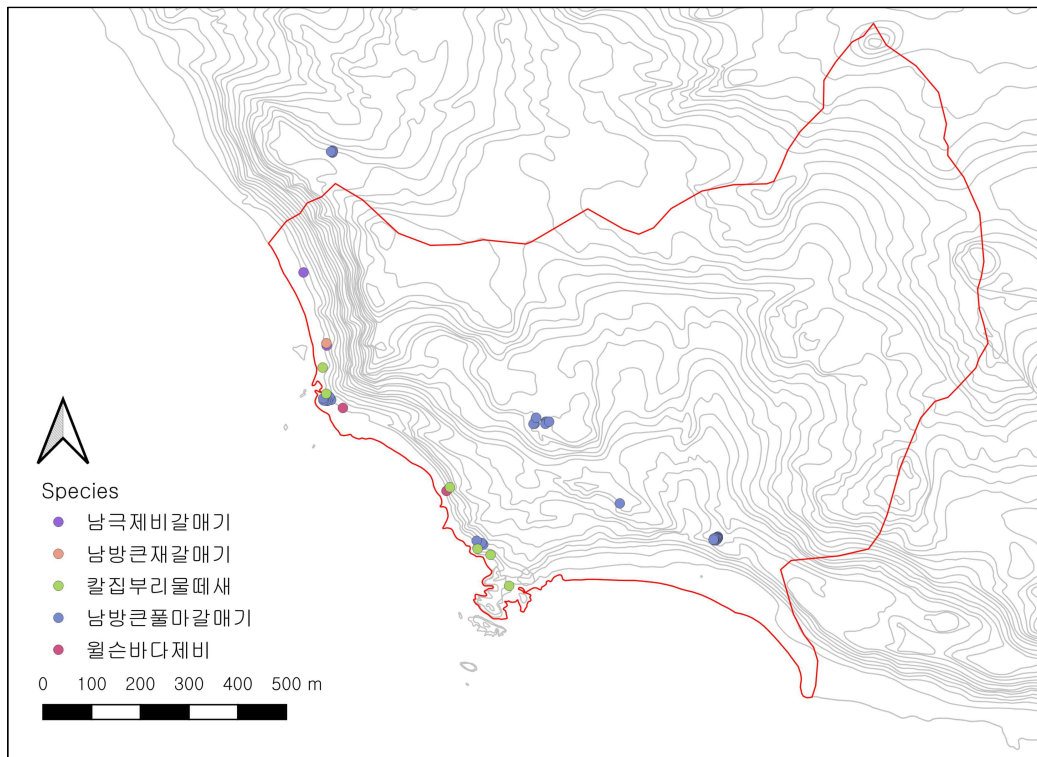


그림 1-1-31. 펭귄마을에서 번식한 남극제비갈매기(Antarctic Tern), 남방큰재갈매기(Kelp Gull), 칼집부리물떼새(Snowy Sheathbill), 남방큰풀마갈매기(Southern Giant Petrel), 윌슨바다제비(Wilson's Storm-petrel)의 둥지 분포

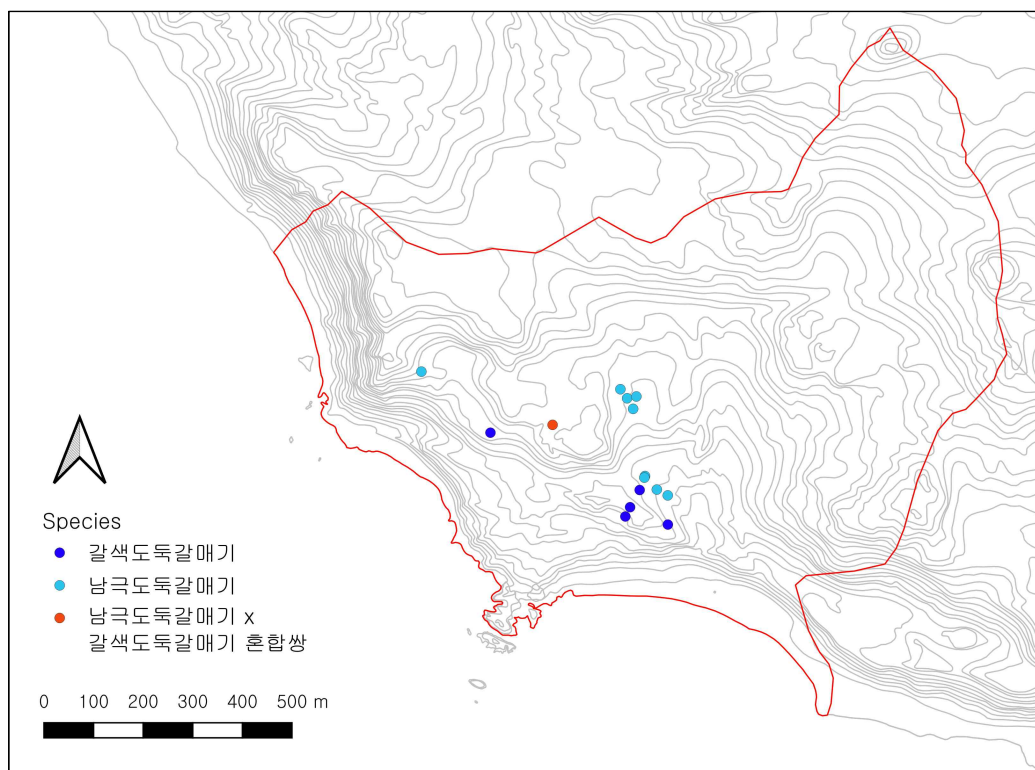


그림 1-1-32. 펭귄마을에서 번식한 갈색도둑갈매기 (Brown Skua), 남극도둑갈매기 (South Polar Skua)의 둥지 분포



남극도독갈매기



갈색도독갈매기



칼집부리물떼새



남방큰폴마갈매기



남극제비갈매기



검은배바다제비



월슨바다제비



남방큰제갈매기

그림 1-1-33. 펭귄마을의 번식조류

(라) 월슨바다제비 이동경로 조사

월슨바다제비의 비번식기 분포와 이동특성을 파악하기 위해 2021/22년 및 2022/23년 번식기에 무게 0.5g 가량의 지오로케이터(geolocator; FL6B47, Lotek, UK)를 총 50개체에 부착하였으며, 2022/23년 번식기에 그 중 10개를 회수하였다(그림 1-1-34). 추가 재포획 및 기기 회수를 위해 월슨바다제비의 포란기인 12월과 1월, 포란 교대 시간인 20시-03시 사이에 6m, 12m 길이의 조류 포획용 그물을 번식지 주변(그림 1-1-35)에 설치하여 총 9회의 포획조사를 실시하였으며, 날개 및 꼬리길이, 체중, 포란반의 상태 등을 기록하고 신규 포획된 개체에는 개체식별용 금속가락지를 부착하였다. 지오로케이터는 조도센서를 통해 약 5분 간격으로 광량을 기록하며, 이를 이용하여 일출과 일몰시간에 따른 위도와 경도를 추정할 수 있다. 재포획 후 회수된 기기에서 다운로드한 데이터는 R 4.2.2 (R Core Team, 2022) 및 SGAT 패키지 (Wotherspoon et al., 2016)를 이용해 분석하였다.

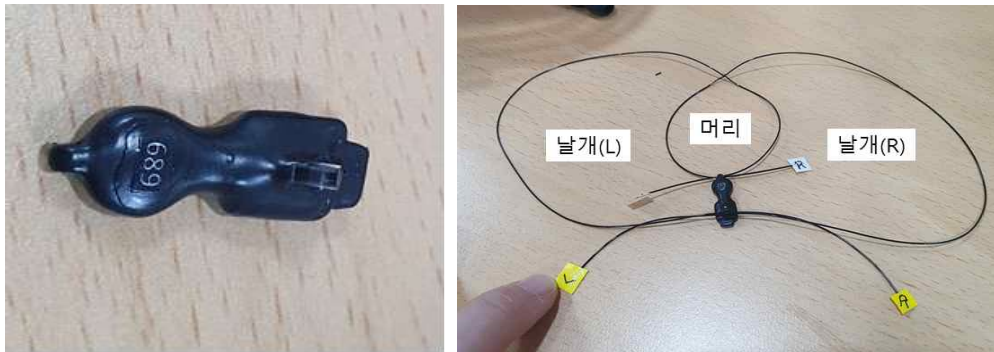


그림 1-1-34. 지오로케이터(왼쪽)와 부착에 사용한 하네스(오른쪽)

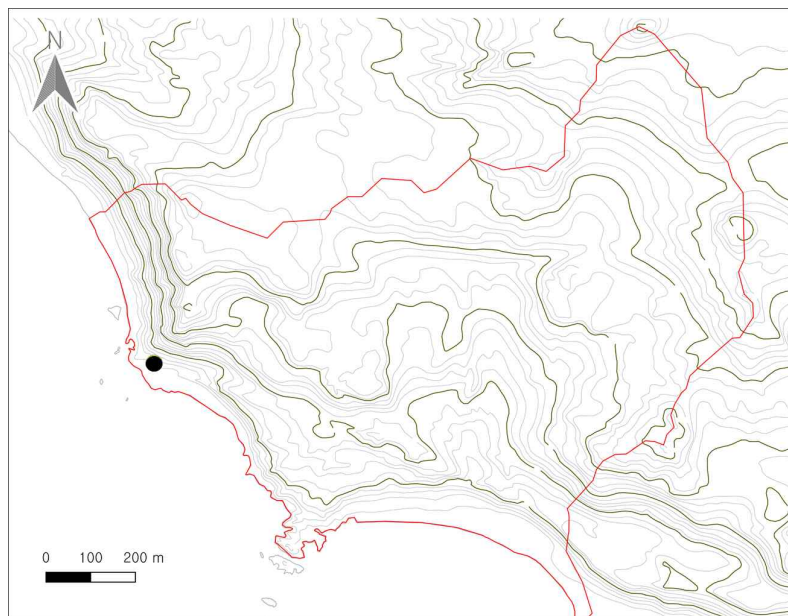


그림 1-1-35. 월슨바다제비 포획대상지 (●)

2023년 12월 5일부터 2024년 1월 22일까지 총 9회의 야간 포획조사를 실시한 결과 지오로케이터를 부착한 40개체 중 12개체가 재포획되어 기기를 회수하였으며, 개체식별용 금속가락지만 부착한 대조군 207개체 중 46개체가 재포획되었다. 그 외에도 2014/15년도에 부착한 F002, F006 유색가락지 부착개체가 재포획되었으며, 신규 포획한 287개체 중 233개체에는 추가로 금속가락지를 부착하였다. 지오로케이터를 부착한 집단과 대조군 간에는 재포획율(Fisher's exact test; $p=0.42$) 및 이전 포획 시점 대비 체중변화(Two-way repeated measure ANOVA; $p=0.67$)의 뚜렷한 차이가 나타나지 않았으며(표 1-1-9~10), 지오로케이터 부착 후 재포획된 개체들에서 비행 능력의 저하나 건강상의 문제도 발견되지 않았다(그림 1-1-36).

표 1-1-9. GLS 부착개체와 대조군의 재포획률(마지막 관찰시점 기준)

재포획률(2023/24)		
GLS 부착	12/40	(30.0%)
2021/22	6/20	(30.0%)
2022/23	6/20	(30.0%)
대조군	46/207	(22.2%)
2021/22	4/27	(14.8%)
2022/23	42/180	(23.3%)

표 1-1-10. 포획된 율슨바다제비의 개체수 및 평균체중

	신규포획 (2023/24)	재포획	
		GLS부착	대조군
전체 개체수	287	12	46
체중	38.31 ± 3.54 (n=219)	38.00 ± 2.32 (n=11)	38.27 ± 2.53 (n=45)
전년도 체중 (2021/22-2022/23)	-	39.17 ± 3.12 (n=11)	38.98 ± 2.98 (n=45)



그림 1-1-36. 재포획된 지오로케이터 부착개체의 모습

2022/23년 회수한 10개의 지오로케이터 중 기기불량을 제외하고 총 7개에서 이동 경로를 분석할 수 있었다. 모든 개체들은 대서양으로 이동하였으며 각 개체별 최소 이동거리는 평균 $109,687 \pm 17,473$ km였다. 대부분 중남미 동부 연안을 따라 북상하여 메인만(Gulf of Maine)을 중심으로 한 북미 동부 지역에서 월동하였으며, 그 중 5개체는 아프리카 북서부를 거쳐 남하한 것으로 확인되었다(그림 1-1-37). 2023/24년 추가로 회수한 데이터는 현재 분석이 진행중이며, 이를 통해 남극특별보호구역에서 번식하는 월슨바다제비의 주요 월동지 및 중간기착지, 체류기간, 북반구와의 지리적 연결성 등을 최초로 파악할 수 있을 것으로 기대된다.

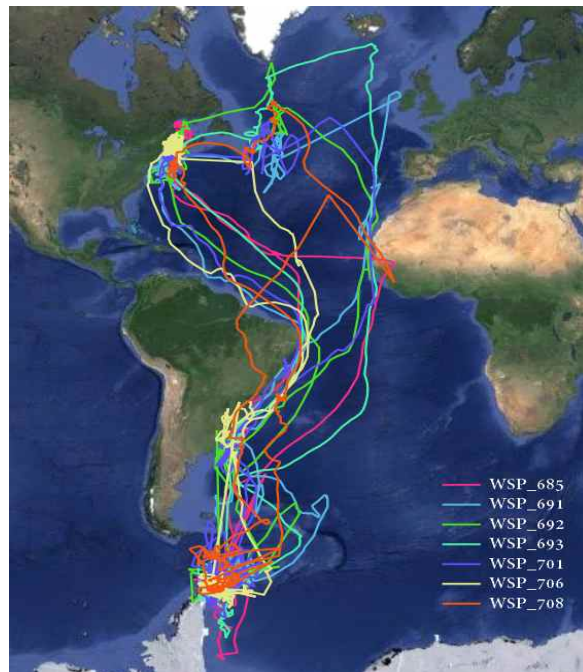


그림 1-1-37. 지오로케이터로 확인된 월슨바다제비 7개체의 연간 이동경로

(2) 펭귄마을 동물상 모니터링

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.

펭귄마을의 조류상 조사결과, 번식 조류 이외에도 아델리펭귄, 마카로니펭귄, 남극가마우지 3종의 비번식 조류가 확인되었다. 따라서 2023/2024년 번식기 펭귄마을 내에는 젠투펭귄, 턱끈펭귄을 포함하여 총 10종의 조류가 번식하였으며, 13종이 출현한 것으로 확인되었다(표 1-1-11, 그림 1-1-38). 기각류의 경우, 남방코끼리물범과 남극물개 2종이 확인되었으며, 모두 보호구역 해안가를 간헐적인 휴식지로 이용하는 것이 관찰되었다 (표 1-1-12, 그림 1-1-39). 따라서 2012/13년도 이후로 현재까지 펭귄마을에 출현한 조류는 총 19종, 포유류는 총 5종으로 기록되었다(표 1-1-13).

표 1-1-11. 펭귄마을의 기타 조류상 조사 결과

종 명	학 명	2023- 12-05	2023- 12-09	2023- 12-16	2023- 12-20	2023- 12-22	2023- 12-23	2023- 12-28	2023- 12-29	2023- 12-31	2024- 01-07	2024- 01-14	2024- 01-17	2024- 01-22	2024- 01-23	2024- 01-25	최대 개체수
아델리펭귄	<i>Pygoscelis adeliae</i>				1												1
마카로니펭귄	<i>Eudyptes chrysolophus</i>								1								1
남방큰폴마갈매기	<i>Macronectes giganteus</i>		34				67				33		49	43	8	11	67
월슨바다제비	<i>Oceanites oceanicus</i>	32*		91*	47*	11*	50*	72*		32*		46*	1	63*	2		91
검은배바다제비	<i>Fregetta tropica</i>			8*	3*		3*	5*		5*		5*		6*			8
남극가마우지	<i>Phalacrocorax bransfieldensis</i>										8		1				8
알락폴마갈매기	<i>Daption capense</i>																0
칼집부리물떼새	<i>Chionis albus</i>		4				4				4		10	12	13		13
남방큰재갈매기	<i>Larus dominicanus</i>		7				6				11		9	8	6		11
남극제비갈매기	<i>Sterna vittata</i>		6				4				2		7	13	11		13
남극도독갈매기	<i>Stercorarius maccormicki</i>		10				28						10	2	6		28
갈색도독갈매기	<i>Stercorarius antarcticus</i>		3				3						6	2	5		6
도독갈매기류	<i>Stercorarius sp.</i>		3														3

* 포획조사에서 기록된 개체수

표 1-1-12. 펭귄마을의 기각류 조사 결과

종 명	학 명	2023- 12-22	2023- 12-28	2023- 12-29	2024- 01-06	2024- 01-07	2024- 01-17	2024- 01-22	2024- 01-23	2024- 01-25	최대 개체수
표범물범	<i>Hydrurga leptonyx</i>										0
남극물개	<i>Arctocephalus gazella</i>									1	1
남방코끼리물범	<i>Mirounga leonina</i>	2	1	1	3	3	4	5	5		6

표 1-1-13. 2012/13년-2023/24년 조사기간 중 펭귄마을에서 출현한 동물종 목록

국 명	학 명	구 분 (○: 출현, ●: 번식)										
		2012/ 13	2013/ 14	2014/ 15	2015/ 16	2016/ 17	2017/ 18	2018/ 19	2019/ 20	2021/ 21	2022/ 23	2023/ 24
조류(19종)												
아델리펭귄	<i>Pygoscelis adeliae</i>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
젠투펭귄	<i>Pygoscelis pupua</i>	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
턱끈펭귄	<i>Pygoscelis antarcticus</i>	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
마카로니펭귄	<i>Eudyptes chrysolophus</i>	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○
록호퍼펭귄	<i>Eudyptes chrysocome</i>					○						
남방큰폴마갈매기	<i>Macronectes giganteus</i>	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
남방회색폴마갈매기	<i>fulmarus glacialoides</i>	○	○									
남극폴마갈매기	<i>Thalassoica antarctica</i>	○										
흰폴마갈매기	<i>Pagodroma nivea</i>	○										
월슨바다제비	<i>Oceanites oceanicus</i>	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
검은배바다제비	<i>Fregetta tropica</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>	●	●	●	●	●	●	●	○	●	●	●
북극제비갈매기	<i>Sterna paradisaea</i>	○	○	○	○	○						
남극도독갈매기	<i>Stercorarius maccormicki</i>	○	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●
갈색도독갈매기	<i>Stercorarius antarcticus</i>	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
포유류(5종)												
표범물범	<i>Hydrurga leptonyx</i>		○	○	○	○				○	○	
웨델물범	<i>Leptonychotes weddellii</i>	○	○	○	○	○	○		○	○		
남방코끼리물범	<i>Mirounga leonina</i>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
게잡이물범	<i>Lobodon carcinophaga</i>		○		○		○					
남극물개	<i>Arctocephalus gazella</i>	○		○	○	○		○	○	○	○	



아델리펭귄



마카로니펭귄



남극가마우지



남방코끼리물범



남극물개

그림 1-1-38. 2023/24년도 번식기동안 펭귄마을에 출현한 조류, 포유류

다. 보호구역에 서식하는 펭귄의 생태 모니터링

(1) 펭귄의 취식지 이용현황 파악

(가) 연구 배경

젠투펭귄과 턱끈펭귄은 암컷과 수컷이 번갈아 가면서 알을 품고, 새끼가 태어나면, 암컷과 수컷 둘다 육추를 하는데, 육추기는 부모 자신의 영양상태를 유지하기 위한 먹이 활동 뿐만 아니라, 새끼에게 먹이 공급을 위한 섭식 활동을 하는 시기이므로, 포란기 보다 육추기 때 섭식여행에 제한을 받는다. 따라서 바닷새가 특정 거리에서 특정 기간동안 섭식을 하는 것을 결정하는 것은 번식 단계 (포란기와 육추기), 번식 상태 (부화와 이소의 성공 여부)에 따라 복잡해질 수 있다. 또한 펭귄의 섭식 여행 결정에 미치는 요인으로 먹이의 가용성과 종내 및 종간 경쟁이 있는데, 이 요인들과 번식 단계 간의 상호작용을 파악하고, 번식기의 부모의 섭식 생태를 이해하는 것은, 그 종의 생존률과 개체군의 동향을 파악하는데 중요하다. 번식기 동안의 번식지의 환경적 요인과, 주요 섭식지의 해양환경과 연관된 주요 먹이원의 생태를 비교 분석하면, 남극해의 기후변동 등과 같은 환경 변화가 펭귄류의 번식 개체군 변동에 미치는 영향을 파악하고 예측하는 것이 가능할 것이다. 본 조사에서는 젠투펭귄과 턱끈펭귄에게 GPS 및 잠수깊이와 가속도계를 부착하여 포란기와 육추기 동안의 두 종의 이동경로, 이동시간과 주요 섭식장소 등을 파악하고, 번식단계에 따른 변화와 연관 변화가 있는지 확인하여, 종내 및 종간 경쟁에 대한 증거가 있는지 조사하는 것을 목표로 하였다.

(나) 조사 대상 종 및 방법

젠투펭귄은 키 51-90cm, 암컷 무게 평균 5.2kg, 수컷 무게 평균 5.6kg 으로 황제펭귄과 왕펭귄 다음으로 세 번째로 큰 펭귄이다. 개체군 및 개체별 간 크기의 차이가 있지만, 보통 수컷이 암컷보다 크며, Lee et al. (2015)에 따르면, 부리높이, 부리길이, 가운데발가락길이, 날개길이의 차이가 확인하여 이들의 측정치로 성별을 구분할 수 있다. 전세계 774,000의 성조가 (Lynch 2013) 46 - 65 S° 에 넓게 분포하고 있는 것으로 추정되며 (Ancel et al. 2013), 개체군간의 차이는 있지만 전체적으로 안정적인 것으로 여겨져 IUCN Redlist에 Least Concern으로 등록 되어 있다 (BirdLife International, 2022).

턱끈펭귄은 젠투펭귄보다 작는데, 암컷의 무게는 평균 5.0kg 수컷의 무게는 평균 4.7kg 이고 (Ancel et al. 2013), 젠투펭귄과 마찬가지로, 신체 길이의 측정치로 성별을 구분할 수 있다 (Lee et al. 2015). 젠투펭귄보다 좀 더 높은 54-64 S° 에 800,000 정도의 많은 개체가 넓게 분포하고 있고 IUCN Redlist에 Least Concern로 등록 되어 있다 (BirdLife International, 2022).

개체 내 연간 변화가 있는지 확인하기 위해, 2022/23년에 조사했던 개체에 Passive Integrated Transponder (PIT) tag를 삽입하였고, 올해 동일한 지역 (젠투펭귄 소집단 G17 과 턱끈펭귄 소집단 C1)을 재방문하여 PIT 리더기로 펭귄들을 스캔하여, PIT가 삽입되어 있는 개체를 중심으로 아직 부화가 시작되지 않은 젠투펭귄 둥지와 턱끈펭귄 둥지를 선정하였고, 알에 A와 B로 표시하였다. 날씨가 나쁘지 않는 한 매일 둥지 조사를 하여 부화일

을 기록하고, 새끼가 태어난 후에 날개 밑에 A 또는 B로 표시하였다. 둥지에 있는 성조를 포획했을 때, 도둑갈매기 등에 의한 포식의 우려로 유조를 함께 포획하여, 무게, 부리높이, 부리길이, 가운데발가락길이, 날개길이를 측정하고, 성조가 핸들링 되는 동안 보온백 또는 천가방에 보관하였다. 조사가 끝난 펭귄은 유조부터 먼저 둥지에 돌려준 후, 성조를 둥지 쪽을 향하게 하여 놓아주었다. 유조가 1kg이상 되었을 때 PIT tag를 목덜미에 삽입하였다.

젠투펭귄 추적에는 Axy-Trek Marine HD (Technosmart, Italy; 무게69g, 이하 TS) 로거를 1초에 한번씩 위성으로부터 얻어진 좌표와 잠수깊이를 기록하도록 설정하였고, 가속도는 초기에 25HZ 주기로 측정하도록 설정하였으나, 배터리소모가 심하여, 추후 1HZ로 변경해주었다. 턱끈펭귄 추적에는 TS와 함께 GPL400-D3GT (Little Leonardo co., Japan; 무게 37.5g)를 사용하였는데, CR123A 리튬배터리를 포함하여, 총 53.5g으로, 1분마다 위성으로부터 얻어진 좌표를 기록하고, 잠수 깊이를 1분에 한번씩 기록하도록 설정하였다. TS로거는 베이스스테이션을 필드에 설치하여, 로거가 근접 거리에 있을 경우 데이터가 원격으로 베이스스테이션으로 저장되는 방식으로, 로거 탈착은 부착일로부터 5일째, 배터리가 3.8V 이하로 떨어질 때쯤부터 시작하였고, GPL400-D3GT는 로거 수거 후에 데이터다운로드가 가능하며, 로깅가능한 시간 (150시간)이 경과한 후부터 탈착을 시도하였다

로거부착을 위해 젠투펭귄을 포획할 때, 둥지 밖에 있는 개체는 뜰채를 이용하였고, 둥지에 있는 개체는 자세를 낮추어 접근 후 발을 먼저 잡았으며, 도망칠 경우 뜰채를 이용하여 포획하였다. 포획된 성조는 천으로 된 버드백에 넣어 진정시킨 후 한 사람이 붙들고, 다른 사람이 등 부위 깃털 아래에 방수테이프(Tesa® tape)를 12~15cm의 4장 정도 겹쳐 넣어 TS로거와 함께 묶었고, 접착제를 사용하여 마무리 하였다. 턱끈펭귄을 포획할 때는 꼬리를 먼저 잡아 머리를 버드백에 넣은 후 TS 로거의 경우, 젠투펭귄과 같은 방법으로 부착과 탈착을 진행하였다. GLP400의 경우 약 10cm길이의 방수테이프 를 6장 정도 겹쳐 붙였고, 접착제를 사용하여 마무리 하였다. 불필요한 동물의 핸들링 빈도를 줄이기 위해, 개체마다 천연염색약으로 가슴이나 배 쪽에 번호를 써 개체 식별이 쉽게 되도록 하였고, 로거 위에도 둥지번호, 로거번호, 로거 부착일을 기록하였다. 탈착시, 부착때와 같은 방법으로 펭귄을 포획하여, 로거를 떼어내고, 무게를 잰 후, 육추기 동안 가능한 연속적으로 로깅이 될 수 있도록, 메모리가 비워지고, 충전된 로거나, 새로운 배터리가 장착된 로거를 부착였다.

2022/23년에 포획한 성조들을 측정하였을 때, 턱끈펭귄의 경우는 13쌍 모두 차이가 확인하여 측정치로 성별을 구별할 수 있었던 반면, 젠투펭귄의 경우 11쌍 중 2쌍만 가능하였기 때문에, 젠투펭귄을 재포획했을 경우, 무게와 함께, 부리높이, 부리길이, 가운데발가락길이, 날개길이를 재측정하였고, 턱끈펭귄은 재포획된 개체는 무게만 측정하고, 새로운 개체만 신체측정을 하였다. 마지막으로 로거를 탈착할 때, 유전자 분석을 통해 성판별을 하기 위해 배면부에서 깃털 수집을 하고, 안정성동위원소 분석을 통해 먹이원 조사를 하기 위해 꼬리깃과 날개 밑 또는 발등에서 혈액샘플을 채집하였다.

바이오로거로부터 획득된 GPS 좌표 자료를 각 제조사의 소프트웨어를 통해 csv형식의 파일로 변환하고, R 4.2.2 (R Core Team 2022)을 활용하여 분석하였다. 자료의 정밀도를 높이기 위해, 4개 미만의 위성에서 포착된 좌표는 예외값으로 분류하여 제거하였다. 펭귄

은 번식기 동안 둥지를 중심으로 섭식여행을 갔다 왔다 하는 central-place foraging species 로 2일 이상 추적이 되었을 때 여러 번의 섭식여행이 포함될 수 있다. 따라서, R package “track2KBA” (Beal et al. 2021)를 이용해, 최소 이동거리 1km 이상, 최소 여행 시간을 3시간으로 설정하고, 둥지로 돌아온 경우만 섭식이동으로 판별하였고, 각 섭식여행 당 둥지를 떠난 날짜와 시간, 둥지로 돌아온 날짜와 시간, 섭식이동시간 (hour), 총이동거리 (km), 둥지로부터의 최대이동거리 (km)를 산출했고, 이동속도(km/h)는 총이동거리를 섭식이동시간으로 나누어 계산했다.

섭식행동에 개체간, 종간, 성별, 번식단계별, 차이가 있는지를 R package “fitdistrplus” (Delignette-Muller et al. 2015)로 감마분포로 나타남을 확인한 후, 종, 성별, 번식단계를 고정효과(fixed effect)로, ID를 임의변수(random effect)로 적용하여 일반화선형혼합모델분석(Generalized linear mixed model analysis)을 R package “lme4” (Bate et al. 2015)로 수행하였다. 2022/23년에는 육추기의 펭귄만 추적하였으므로, 성별의 차이가 없음을 확인 후 펭귄 전체의 종별, 연간 차이를 일반화선형혼합모델분석을 하였다.

수심자료는 Igor Pro software platform (WaveMetrics, USA)의 Ethographer 패키지를 사용하여 평균 잠수 시간 (초), 평균 잠수 후 수면 계류 시간 (초), 평균 잠수 깊이 (m), 지그 재그 잠수 비율 (%)을 얻었다.

(다) 조사 결과

2023년 12월 16일부터 1월 21일까지 펭귄마을에서 번식하는 젠투펭귄 5쌍에 TS 로거를 부착하였고, 각 개체는 최소 2번에서 최대 7번까지 반복해서 포획되었다 (부록5). 수거를 실패한 TS로거 두 개를 제외하면, 최소 3일에서 최대 14일까지 로거가 부착되었지만, 조작 미숙으로 4개의 로거는 3일 후에 기록이 시작된 경우가 있었고, 로깅이 되지 않은 기기도 하나 있었으며, 배터리 수명으로 인해 최소 2일에서 최대 12일까지의 기록이 분석에 이용되었다 (부록 5).

젠투펑귄 10개체의 위치데이터를 통해 알아낸 각 개체의 섭식여행번호(등지번호_개체번호_트랙번호), 등지를 떠난 (출발) 날짜와 시간, 등지로 돌아온 (도착) 날짜와 시간, 섭식 이동시간(시간), 총이동거리(km), 최대이동거리 (km), 시간당 평균이동거리 (km)는 부록7에 제시하고 각 개체의 이동경로는 그림 1-1-39~41에 제시하였다. 젠투펑귄 5쌍으로부터 획득한 140번의 섭식이동 자료를 분석한 결과, 추적된 펑귄들은 섭식을 위해 평균 11.1 ± 5.2 시간을 이동하고, 총이동거리 평균은 38.5 ± 22.9 로 시간당 평균 3.7 ± 2.2 km을 이동한 것으로 나타났다(표 1-1-14). 이들은 펑귄마을에서 평균 16.9 ± 11.0 km 떨어진 곳으로 섭식을 하는 것으로 나타났다(표 1-1-14).

표 1-1-14. 젠투펑귄과 턱끈펑귄의 섭식이동시간, 총이동거리, 이동속도의 연간 비교

섭식이동지표	종	번식년도	섭식이동횟수	평균
섭식이동시간 (hour)	젠투펑귄	2022/23년	117	14.7 ± 17.5 (2.3-173.0)
		2023/24년	140	11.1 ± 5.2 (3.2-35.7)
	턱끈펑귄	2022/23년	209	11.6 ± 9.5 (1.0-123.0)
		2023/24년	237	10.5 ± 8.0 (3.0-92.8)
총이동거리 (km)	젠투펑귄	2022/23년	117	40.6 ± 26.7 (4.4-124.0)
		2023/24년	140	38.5 ± 22.9 (3.8-98.1)
	턱끈펑귄	2022/23년	209	38.7 ± 26.4 (2.1-216.0)
		2023/24년	237	37.5 ± 21.5 (2.7-111.0)
최대이동거리 (km)	젠투펑귄	2022/23년	117	17.8 ± 11.4 (1.6-48.6)
		2023/24년	140	16.9 ± 11.0 (1.6-44.5)
	턱끈펑귄	2022/23년	209	17.5 ± 11.3 (1.1-47.4)
		2023/24년	237	16.4 ± 9.6 (1.3-47.1)
이동속도 (km/h)	젠투펑귄	2022/23년	117	3.3 ± 2.0 (0.1-12.2)
		2023/24년	140	3.7 ± 2.2 (0.2-15.6)
	턱끈펑귄	2022/23년	209	3.4 ± 1.7 (0.3-9.6)
		2023/24년	237	3.8 ± 1.8 (0.3-12.8)

젠투펑귄은 평균 62.3 ± 13.7 초 동안 평균 깊이 $22.4 \pm 6.8\text{m}$ 를 잠수하는 것으로 나타났다, 잠수 후 수면 계류시간은 314.1 ± 120.6 초이며, 지그재그 잠수 비율은 평균 37.9%였다. 최대 잠수깊이는 $108.4 \pm 15.7\text{m}$ 로 나타났다 (표 1-1-15).

2023년 12월 20일부터 1월 21일까지 펑귄마을에서 번식하는 턱끈펑귄 9쌍에게는 TS로 거와 함께 GLP400로거도 사용하였고, 각 개체는 최소 2번에서 최대6번까지 포획되었고, 로거부착 기간은 최소 3일에서 최대 16일이었다 (부록 8). 로깅이 되지 않은 기기 3개를 제외하면, 최소 19시간에서 최대 14일의 자료가 분석에 이용되었으나 (부록 8), 19시간 로깅된 C27의 수컷의 경우, 그 시간동안 섭식여행을 떠나지 않고, 등지에 머문 것으로 결과가 나와, 총 8쌍의 턱끈펑귄의 237번의 섭식여행이 통계분석에 이용되었다 (1-1-14). 해당 개체들은 섭식을 위해 평균 10.5 ± 8.0 시간을 이동하고, 총이동거리 평균은 $37.5 \pm 21.5\text{km}$ 으로 시간당 평균 $3.8 \pm 1.8\text{km}$ 을 이동한 것으로 나타났다, 등지로부터 최대 $16.4 \pm 9.6\text{km}$ 떨어진 곳으로 이동하는 것으로 보인다 (표 1-1-14).

턱끈펑귄은 평균 47.0 ± 12.7 초 동안 평균 깊이 $18.4 \pm 5.2\text{m}$ 를 잠수하는 것으로 나타났다, 잠수 후 수면 계류시간은 474.7 ± 475.0 초이며, 지그재그 잠수 비율은 평균 34.0%였다. 최대 잠수깊이는 $108.4 \pm 15.7\text{m}$ 로 나타났다 (표 1-1-15).

젠투펑귄 암컷들의 평균이동시간은 포란기 때 23.2 ± 7.6 시간, 포란기에서 육추기로 넘어가는 시기 (알 하나가 먼저 부화하고, 다른 하나는 계속 포란 중인 때)에 12.2 ± 2.8 시간, 육추기 때 10.6 ± 5.0 으로 번식이 진행되면서 점점 짧아졌고, 포란기와 육추기의 평균 이동시간의 차이 (12.6시간)는 통계적으로 유의했다 ($p < 0.001$, 표 1-1-16). 젠투펑귄의 수컷들의 경우, 번식기 내내, 암컷보다 평균이동시간이 짧았지만, 통계적으로 유의한 차이는 없었고, 포란기의 평균이동시간 (14.6 ± 6.4)은 육추기의 평균이동시간 (9.8 ± 3.5)보다 긴 것으로 나타났다 ($p < 0.001$, 표 1-1-17). 턱끈펑귄의 암컷들의 평균이동시간은 젠투펑귄의 암컷보다 짧았지만 그 차이는 유의하지 않았고, 젠투펑귄의 암컷들과 비슷하게, 번식이 진행되면서 평균이동시간이 점점 짧아졌고, 포란기와 육추기의 차이 (4.4시간)는 통계적으로 유의했다 ($p < 0.001$, 표 1-1-17). 턱끈펑귄의 수컷은 포란기에서 육추기로 넘어가는 시기에 평균이동시간이 12.0 ± 5.7 시간으로 가장 길었지만, 포란기와 육추기 사이의 차이 (0.8 시간)만 통계적으로 유의했고, 포란기때를 제외하고, 암컷보다 평균이동시간이 길었지만, 그 차이는 유의하지 않았다 ($p < 0.001$, 표 1-1-17). 총이동거리와 최대이동거리는 종별, 성별, 번식단계의 차이는 없었고, 섭식이동시간과 이동속도와 마찬가지로, 임의요인의 영향으로 보아 개체간의 변동폭이 큰 것으로 나타났다 ($p < 0.001$, 표 1-1-17). 이동속도 역시, 종별 및 성별의 차이는 유의하지 않았지만, 젠투펑귄과 턱끈펑귄 모두 포란기 때 훨씬 천천히 이동하는 것으로 나타났다 ($p < 0.001$, 표 1-1-17).

표 1-1-15. 젠투펭귄과 턱끈펭귄의 잠수기록 자료 분석 결과

종	ID	기록 기간	평균 잠수 시간 (초)	잠수 후 수면 계류시 간 (초)	평균 잠수 깊 이 (m)	그레그 잠수 비율 (%)
젠투펭귄		전체	62.3 ± 13.7	314.1 ± 120.6	22.4 ± 6.8	37.9 ± 13.1
	G01_F	2023-12-27 ~ 2024-01-14	85.9	528.8	38.2	27.23
	G01_M	2023-12-17 ~ 2024-01-14	68.8	288.5	21.0	40.95
	G02_F	2023-12-24 ~ 2024-01-12	81.4	345.2	26.4	32.51
	G02_M	2023-12-21 ~ 2024-01-12	50.1	201.0	19.0	27.11
	G05_F	2023-12-17 ~ 2024-01-16	41.2	165.8	13.6	21.96
	G05_M	2023-12-17 ~ 2024-01-15	56.8	336.4	18.1	38.75
	G06_F	2023-12-16 ~ 2024-01-06	54.8	239.2	18.3	41.82
	G06_M	2023-12-22 ~ 2024-01-02	56.5	187.2	19.9	48.17
	G13_F	2023-12-22 ~ 2024-01-14	65.7	453.7	25.9	33.11
	G13_M	2023-12-18 ~ 2023-12-22	61.4	395.4	23.6	67.48
		전체	47.0 ± 12.7	474.7 ± 475.0	18.4 ± 5.2	34.0 ± 11.2
	C00_F	2023-12-21 ~ 2024-01-06	45.4	368.5	12.8	45.67
턱끈펭귄						

C00_M	2023-12-23 ~ 2024-01-05	31.7	2012.9	14.9	21.00
C10_F	2023-12-21 ~ 2024-01-17	50.1	595.6	15.5	39.34
C10_M	2023-12-26 ~ 2024-01-14	54.3	299.3	24.2	25.57
C17_F	2023-12-23 ~ 2024-01-15	64.4	366.5	29.3	31.23
C17_M	2023-12-27 ~ 2024-01-20	34.0	171.4	13.1	17.27
C22_F	2023-12-27 ~ 2024-01-13	53.9	362.2	16.3	33.64
C22_M	2023-12-26 ~ 2024-01-14	44.3	213.9	15.6	29.95
C23_F	2023-12-21 ~ 2024-01-21	9.5	67.0	30.6	31.06
C23_M	2023-12-21 ~ 2024-01-17	47.2	239.7	16.3	32.45
C24_F	2023-12-21 ~ 2024-01-01	52.3	236.4	15.2	41.93
C24_M	2023-12-25 ~ 2024-01-15	58.4	223.3	20.4	30.41
C25_F	2023-12-22 ~ 2024-01-18	45.3	310.7	14.3	38.17
C25_M	2023-12-25 ~ 2024-01-14	56.8	878.1	18.7	27.02
C27_M	2023-12-21 ~ 2023-12-23	47.5	1105.5	19.3	67.72

	C28_F	2023-12-25 ~ 2024-01-13	55.1	409.0	19.8	35.25
	C28_M	2023-12-23 ~ 2024-01-17	49.1	209.4	16.7	30.41

표 1-1-16. 젠투펙권과 턱끈펙권의 섭식이동시간, 총이동거리, 이동속도 비교

섭식이동지 표	종	번식단계	성별	섭식이동횟수	평균
섭식이동시 간 (hour)	젠투펙권	포란	암컷	6	23.2 ± 7.6 (14-35.7)
			수컷	6	14.6 ± 6.4 (5.2-23.7)
		포란 → 육추	암컷	12	12.2 ± 2.8 (7.7-18.8)
			수컷	16	9.8 ± 3.7 (3.7-14.1)
		육추	암컷	61	10.6 ± 5 (3.2-34.7)
			수컷	39	9.8 ± 3.5 (3.6-20.8)
	턱끈펙권	포란	암컷	18	15.1 ± 9.6 (3.3-35.5)
			수컷	14	10.8 ± 8.1 (3.3-26.2)
		포란 → 육추	암컷	21	11.4 ± 5.7 (3.2-21.4)
			수컷	9	12 ± 5.7 (4.3-19)
		육추	암컷	87	9.7 ± 5.8 (3-52.9)
			수컷	88	10 ± 9.8 (3.4-92.8)
총 이동거리 (km)	젠투펙권	포란	암컷	6	37.1 ± 23.5 (9.4-66.1)
			수컷	6	36.9 ± 16.4 (13.7-60.1)
		포란 → 육추	암컷	12	41.3 ± 16.4 (11.8-61)
			수컷	16	42.3 ± 15.4 (6.8-74.8)
		육추	암컷	61	36.3 ± 26.8 (5.6-98.1)
			수컷	39	39.8 ± 22 (3.8-83.7)
	턱끈펙권	포란	암컷	18	42 ± 27.9 (5-99.6)
			수컷	14	36.3 ± 33.3 (8.6-111.1)
		포란 → 육추	암컷	21	47.7 ± 22.4 (11.9-83.9)
			수컷	9	54.4 ± 17.1 (29.2-74.3)
		육추	암컷	87	35.5 ± 17.5 (4.3-81.2)
			수컷	88	34.5 ± 20.5 (2.7-73.4)
최대 이동거리 (km)	젠투펙권	포란	암컷	6	11.9 ± 9 (2.6-22.8)
			수컷	6	14.2 ± 7.8 (3-22.3)
		포란 → 육추	암컷	12	18 ± 7.9 (3.6-28.9)
			수컷	16	19.3 ± 6.9 (3-32.9)
		육추	암컷	61	15.8 ± 13 (1.6-44.5)
			수컷	39	18.4 ± 10.4 (1.9-37.7)
	턱끈펙권	포란	암컷	18	17.6 ± 11.6 (1.9-43.2)
			수컷	14	14.8 ± 13.7 (3.2-47.1)
		포란 → 육추	암컷	21	21.9 ± 10.2 (5.8-38.8)
			수컷	9	23.1 ± 8.9 (12.4-36.8)
		육추	암컷	87	15.1 ± 7.7 (1.9-32.1)
			수컷	88	15.6 ± 9.5 (1.3-34.6)
이동 속도	젠투펙권	포란	암컷	6	1.5 ± 0.9 (0.7-2.9)

(km/h)			수컷	6	3.1 ± 2.3 (1.2-7.1)
		포란 -> 육추	암컷	12	3.4 ± 1.1 (1.2-4.7)
			수컷	16	4.7 ± 2.5 (1.7-11.7)
		육추	암컷	61	3.5 ± 2.4 (0.2-15.6)
			수컷	39	4 ± 1.9 (0.3-8)
	턱끈펭귄	포란	암컷	18	2.7 ± 1.1 (1.1-5.1)
			수컷	14	3.1 ± 0.9 (1.5-4.6)
		포란 -> 육추	암컷	21	4.4 ± 1.5 (1.8-8.7)
			수컷	9	5.5 ± 3.2 (3.3-12.8)
		육추	암컷	87	3.9 ± 1.7 (0.5-10.5)
			수컷	88	3.7 ± 2 (0.3-11.4)

표 1-1-17. 젠투펭귄과 턱끈펭귄의 성별, 종별, 번식단계별, 개체간의 섭식이동 지표 차이를 비교한 일반화선형혼합모델 분석 결과

반응변수	고정변수	추정치	표준편차	t-value	p-value
섭식이동시간 (hour)	(Intercept)	2.292	0.074	31.03	< 0.001
	성별 - 수컷	-0.082	0.086	-0.96	0.34
	종 - 젠투펭귄	0.048	0.088	0.54	0.59
	번식단계 (포란)	0.458	0.106	4.32	< 0.001
	번식단계 (포란 -> 육추)	0.11	0.111	0.99	0.32
총이동거리 (km)	(Intercept)	3.523	0.11	31.92	< 0.001
	성별 - 수컷	0.06	0.127	0.47	0.64
	종 - 젠투펭귄	-0.07	0.132	-0.53	0.6
	번식단계 (포란)	0.162	0.15	1.09	0.28
	번식단계 (포란 -> 육추)	0.28	0.164	1.71	0.09
최대이동거리 (km)	(Intercept)	2.688	0.122	22.02	< 0.001
	성별 - 수컷	0.115	0.141	0.82	0.41
	종 - 젠투펭귄	-0.102	0.146	-0.7	0.48
	번식단계 (포란)	0.034	0.162	0.21	0.84
	번식단계 (포란 -> 육추)	0.289	0.18	1.6	0.11
이동속도 (km/h)	(Intercept)	1.2741	0.0917	13.89	< 0.001
	성별 - 수컷	0.155	0.1054	1.47	0.1412
	종 - 젠투펭귄	-0.1272	0.1091	-1.17	0.2439
	번식단계 (포란)	-0.3336	0.1253	-2.66	0.0077
	번식단계 (포란 -> 육추)	0.2173	0.1327	1.64	0.1015

올해 육추기의 젠투펭귄 11개체의 평균 섭식이동시간 11.1 ± 5.2 은 2022/23년 육추기의 젠투펭귄 12개체의 평균섭식이동시간 14.7 ± 17.5 시간보다 짧았다 (표 1-1-17). 턱끈펭귄 또한 올해 16개체의 평균섭식이동시간 10.5 ± 8.0 은 작년 28쌍의 평균섭식이동시간 11.6 ± 9.5 보다 짧았지만, 이 차이들은 통계적으로 유의하지 않았고 (p -value = 0.038), 시즌과 상관없이, 젠투펭귄의 평균섭식이동시간이 턱끈펭귄의 섭식이동시간보다 긴 것으로 나타났다 (Estimate = 0.255, p -value = 0.038). 총이동거리, 최대이동거리 및 평균이동속도는 중간 및 연간의 차이가 없었다.

(라) 결과에 대한 고찰

펭귄마을에서 번식하는 젠투펭귄과 턱끈펭귄의 주요 섭식장소는 번식지에서 남쪽으로 이어지는 맥스웰만과 브랜스필드해협으로, 지난 연구 결과와 큰 차이는 없었다. 기존의 연구는 육추기의 다수 개체를 평균 3일 정도로 로깅을 하였지만, 2022/23년부터는 개체수를 줄이는 대신 장기간 이동을 추적함으로써, 번식단계에 따라 다른 섭식행동 패턴을 보이는지 확인하고자 하였다. 2022/23년 육추기의 턱끈펭귄의 섭식여행 분석결과는 섭식이동시간, 총이동거리, 최대이동거리에서 성별의 차이보다, 각 개체별의 차이가 크다는 것을 알 수 있었는데, 올해의 경우도 모든 지표에서 개체간의 차이가 크다는 것이 확인되었다. 특히 올해의 조사는 작년과 비슷한 시기에 수행 했으나, 작년보다 부화 시기가 늦어져, 포란기의 펭귄들도 조사에 포함되었고, 섭식이동시간과 이동속도는 포란기와 육추기의 차이가 유의함이 확인되었다. Philips et al (2022)에 따르면 턱끈펭귄은 포란기 후반의 섭식이동거리가 초반보다 짧아지는데, 먼 곳의 먹이 상태가 콜로니 근처의 상태보다 높지만, 먹이주는 빈도와 새끼의 이소 성공률은 비례하고, 번식기 동안 콜로니 근처의 먹이 상태가 향상되므로, 가까운 곳에서 자주 섭식을 하여, 새끼에게 자주 먹이 공급을 해주는 것으로 결정을 내리는 것으로 추정했고, 우리의 결과 역시 이를 뒷받침한다. 뿐만 아니라, 올해는 작년에 연구했던 개체를 재포획하여 개체내의 연간차이의 여부를 확인하려고 했는데, 육추기동안의 섭식이동지표의 연간 차이가 유의하지 않음을 확인하고, 젠투펭귄과 턱끈펭귄 모두 번식시기를 조정하여, 먹이가 풍부한 때에 부화시기를 맞추는 것으로 생각된다.

턱끈펭귄은 포란일은 5-10일 사이로 알려져 있고 (Williams 1995), 포란기 후반의 경우 35시간으로 줄어드는데 (Haftorn 1986), 우리의 연구 결과는 암컷의 경우 15.1시간, 수컷의 경우 10.8시간으로 매우 짧았다. 포란기 초반부터 후반까지의 연구를 통해 포란기 내에서의 변화를 연구하는 것이 필요하며, 부화에 성공한 개체와 실패한 개체와의 차이 및 한배산란수에 따른 차이가 있는지 추가적인 연구와 분석이 필요하다.

젠투펭귄의 평균 잠수 시간은 전해의 조사 결과 (2021/22: 106.6 ± 17.5 초, 2022/23: 88.2 ± 21.2 초)보다 많이 짧았고, South Shetland Islands에서의 2006/7년 조사 결과 (81.4 ± 13.0 초)보다도 짧았다. 또한 평균잠수 깊이도 2022/23년의 $34.5 \pm$

25m 보다 짧은 것으로 보아, 분변 샘플을 통한 먹이 연구로, 주요 섭식종들을 파악하고, 그들의 분포의 수직변화로 인해 얕은 깊이에서도 먹이 사냥이 가능했던 것인지 추가 연구가 필요하겠다. 종별 및 성별에 의한 잠수 자료의 차이가 있는지 알아보고, 다른 연구와의 결과도 통계적으로 비교해보아야 할 것이다.

여러 논문 (Trathan et al. 2008, Lynch et al. 2009, Dunn et al. 2019)에서 관광객들의 방문에 의해 젠투펭귄의 감소된 번식률이 보고된 바 있다. 다행히도 일찍이 펭귄마을이 ASPA로 지정되어 이 번식지에서의 관광객들의 방문은 제한되고 있으나, 2022/23년 조사 결과, 젠투펭귄이 턱끈펭귄보다 조사자의 등장 및 핸들링에 훨씬 민감하게 반응함을 보고 했고, 젠투펭귄의 예민한 반응이 조사자에 의한 방해 뿐만 아니라, 성체의 건강상태 및 소집단내에서의 동지의 위치 등 복합적인 요소에 의해 초래된 것일 수도 있으므로, 추가 연구가 필요함을 제안하였다. 올해 조사에서 젠투펭귄의 회귀율도 턱끈펭귄과 비슷하여, 이전 해의 조사가 다음해의 회귀에 큰 영향을 끼치지 않음을 확인하였으나, 몇몇 개체의 경우 반복적인 핸들링으로 쉽게 동지를 포기함이 확인되므로, 배터리 수명이 높은 로거의 사용으로 반복 포획 횟수를 줄이도록 노력해야할 뿐만 아니라, 개체간의 차이 조사 및 지속적인 회귀율을 조사를 통해 조사자에 의한 장기적인 영향을 연구해야 한다.

남극 생태계의 변화를 예측하기 위한 유용한 생물학적 지표종인 펭귄의 주요 섭식장소, 이동경로와 거리 등의 장기 조사를 통하여, 기후변화에 따른 이들의 번식 및 섭식 전략을 예측하고, 이에 맞는 장기적 보전 정책을 제시하는 노력이 필요하겠다. 또한 펭귄의 주요섭식장소와 선박의 이동량 및 트롤어업의 조업장소와의 관계를 조사하는 것도 필요하겠다. 우리의 조사 지역은 세종기지 및, 다른 여러나라의 기지가 있어 물류배송 선박이 이동하고, 남극관광을 위한 크루즈 선박의 이동경로이며, 맥스웰베이 밖, 브랜스필드해협에서는 조업활동도 이루어진다. Lynch et al. (2010)은 선박의 이동량이 연안에서 섭식하는 젠투펭귄에게 부정적인 영향을 끼칠 수 있음을 보고했고, Crawford et al. (2017)은 젠투펭귄이 트롤어선에서 버려지는 찌꺼기를 먹기 위해 어선 주위에서 활발히 섭식활동을 함으로, 트롤어업에서의 우발적인 사망에 대한 우려를 제기 했다. 다른 종들에 비해 잘 알려지지 않은 펭귄과 어업과의 상호관계를 이해하는 연구를 통하여 지속가능한 관광사업과 어업이 이루어질 수 있도록 기여할 수 있을 것이다.

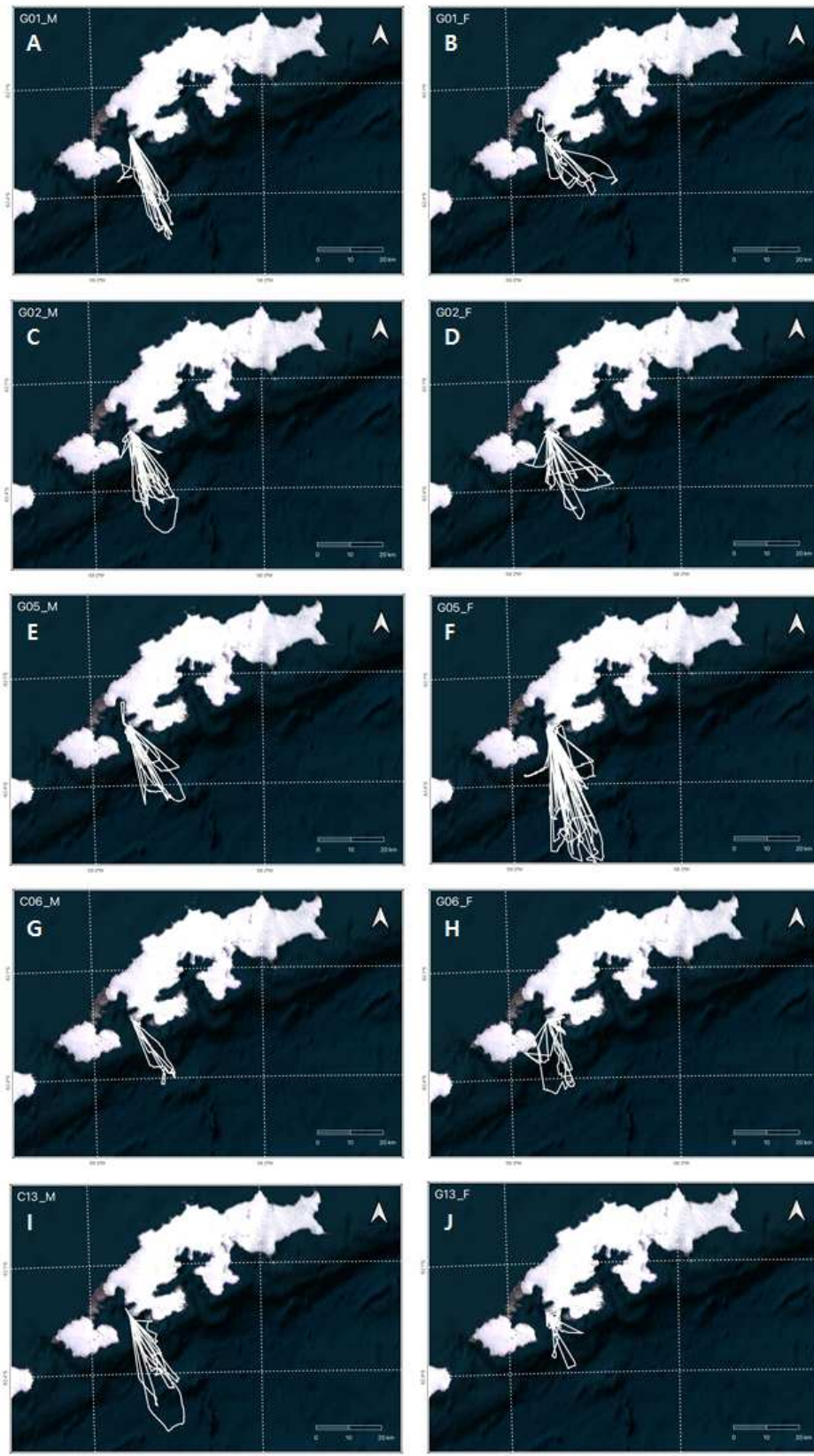


그림 1-1-39. 젠투펭귄의 위치 추적 기록. A. G01_M; B. G01_F; C. G02_M; D. G02_F; E. G05_M; F. G05_F; G. G06_M; H. G06_F; I. G13_M; J. G13_F

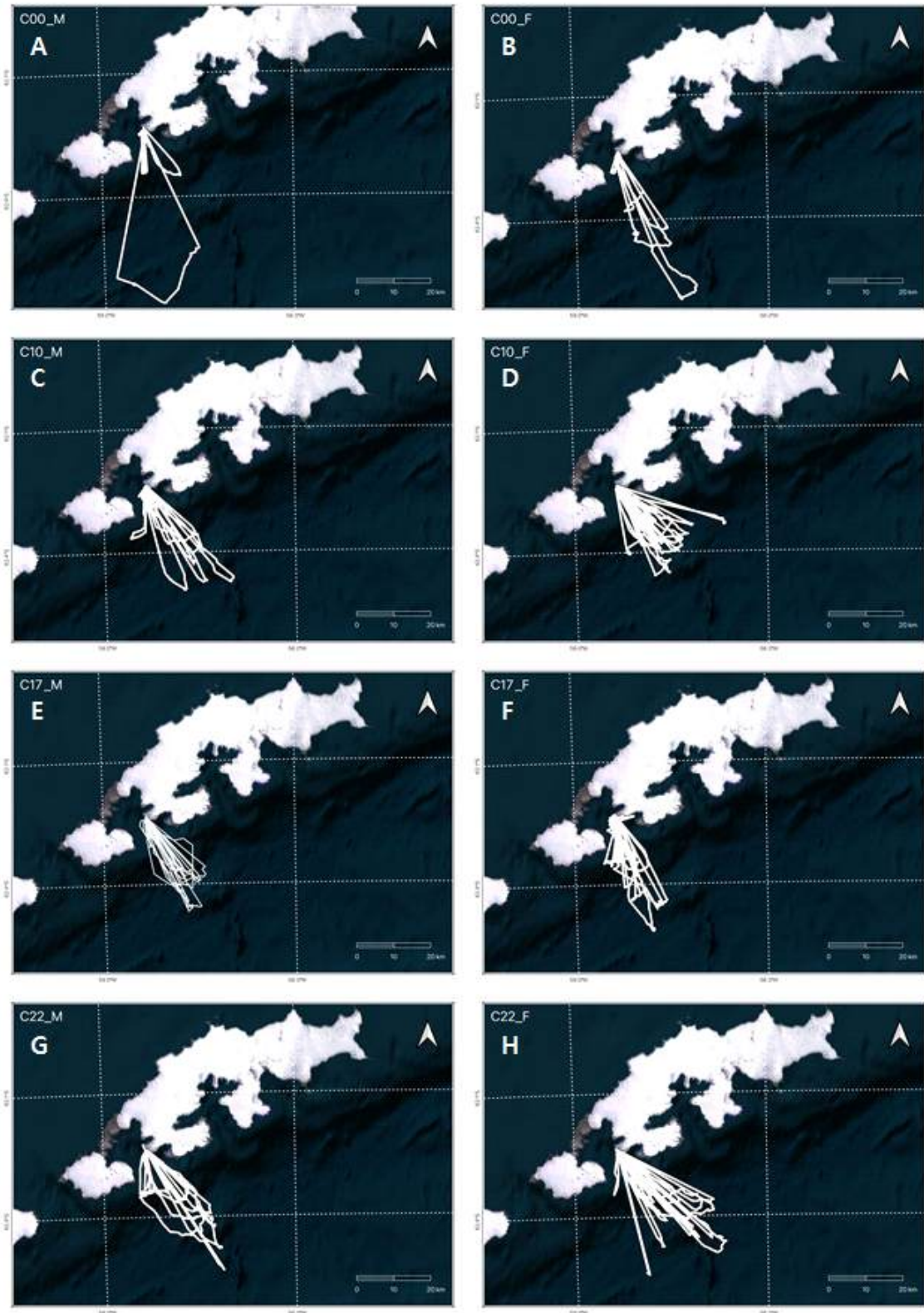


그림 1-1-40. 턱큰펭귄의 위치 추적 기록. A. C00_M; B. C00_F; C. C10_M; D. C10_F; E. C17_M; F. C17_F; G. C22_M; H. C22_F

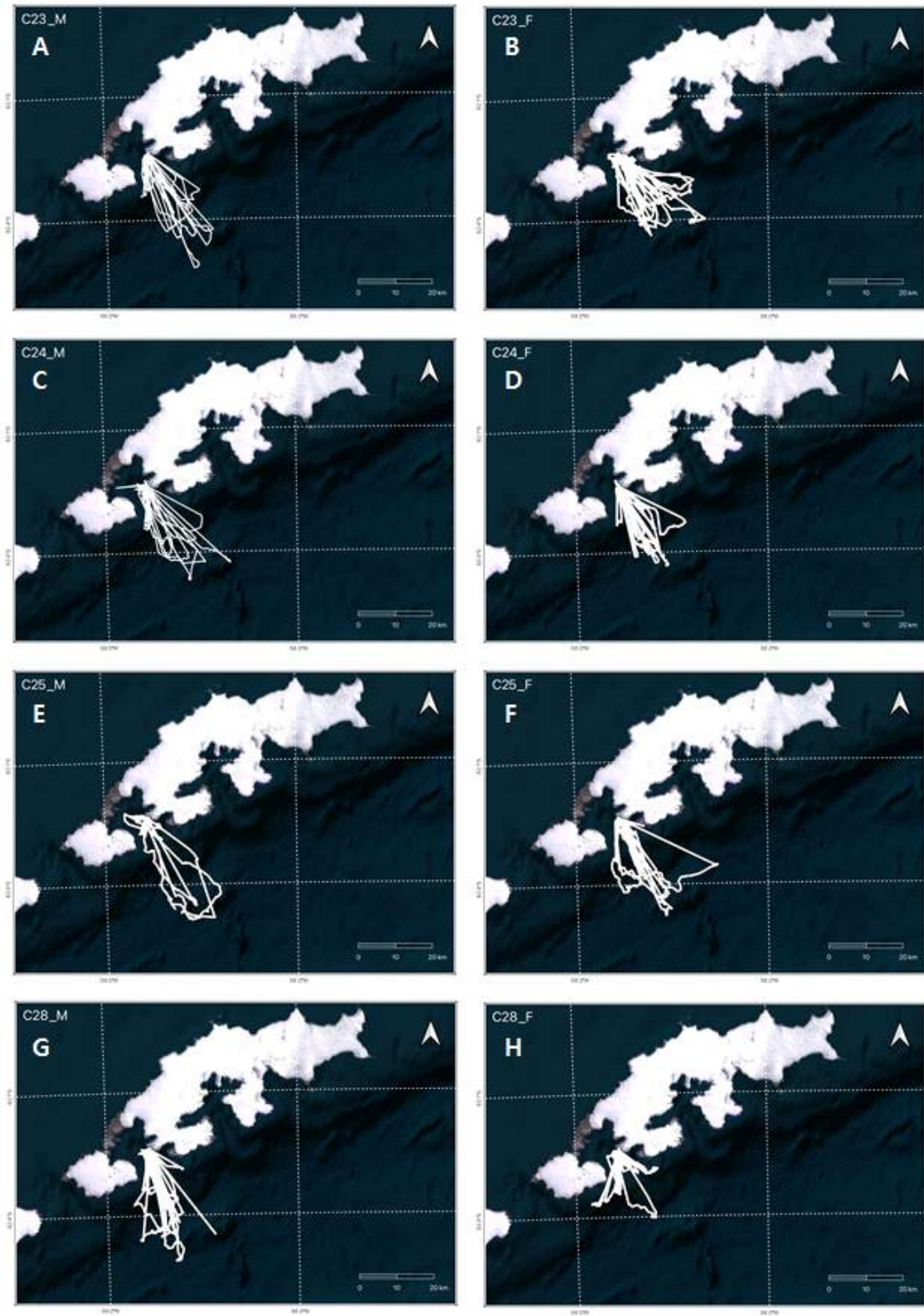


그림 1-1-41. 턱큰펭귄의 위치 추적 기록. A. C23_M; B. C23_F; C. C24_M; D. C24_F; E. C25_M; F. C25_F; G. C28_M; H. C28_F

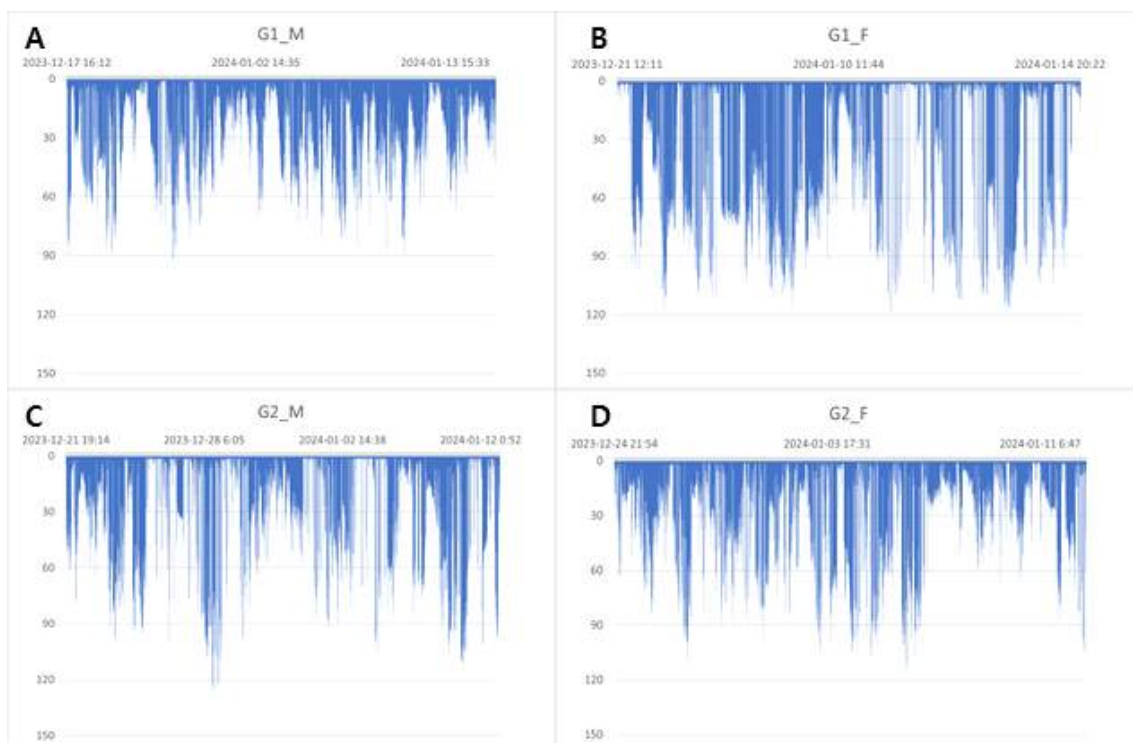


그림 1-1-42. 젠투펭귄의 잠수기록. A. G01_M; B. G01_F; C. G02_M; D. G02_F

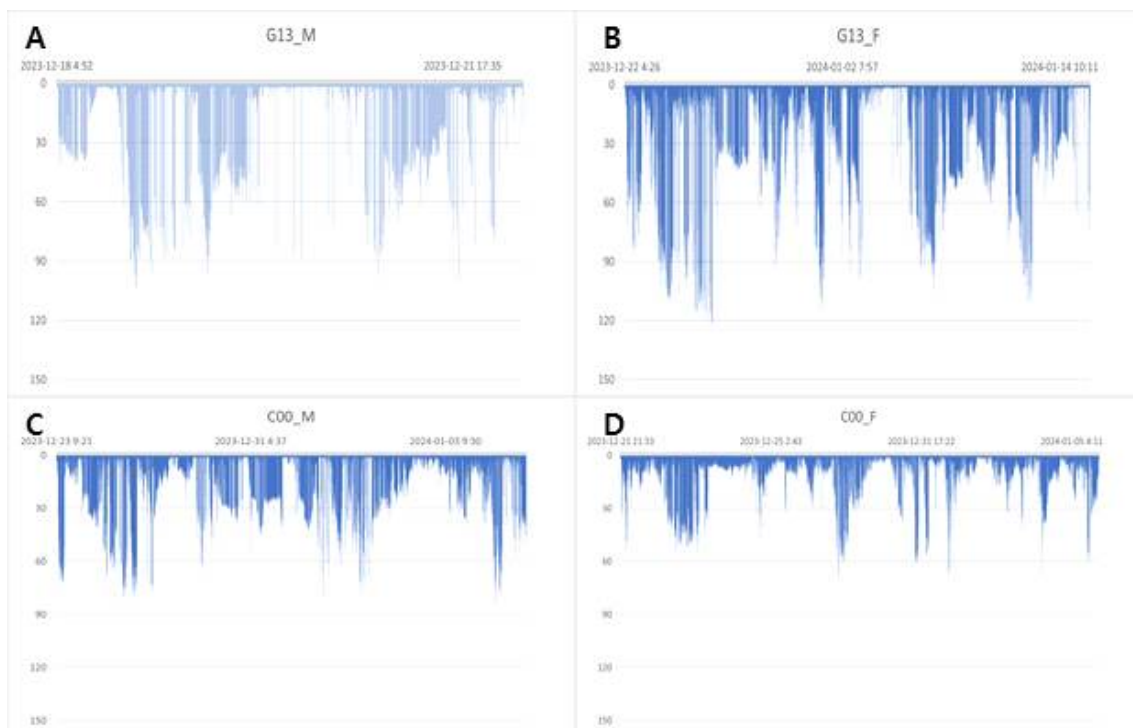


그림 1-1-43. 젠투펭귄과 턱끈펭귄의 잠수기록. A. G13_M; B. G13_F; C. C00_M; D. C00_F

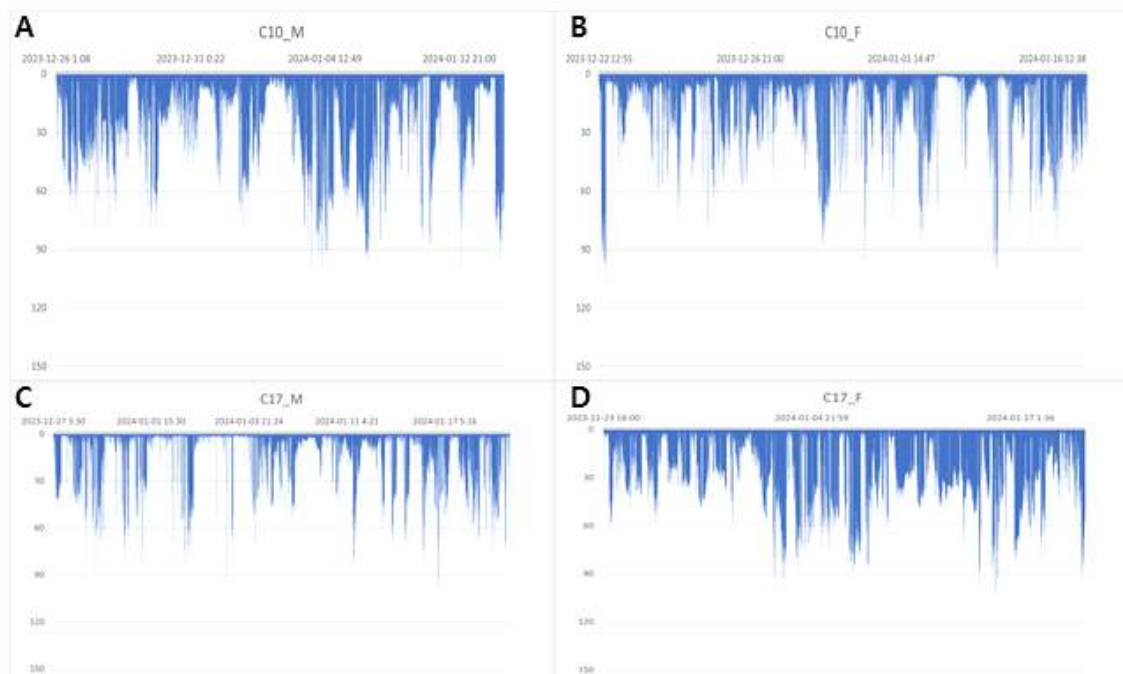


그림 1-1-44. 턱끈펭귄의 잠수기록. A. C10_M; B. C10_F; C. C17_M; D. C17_F

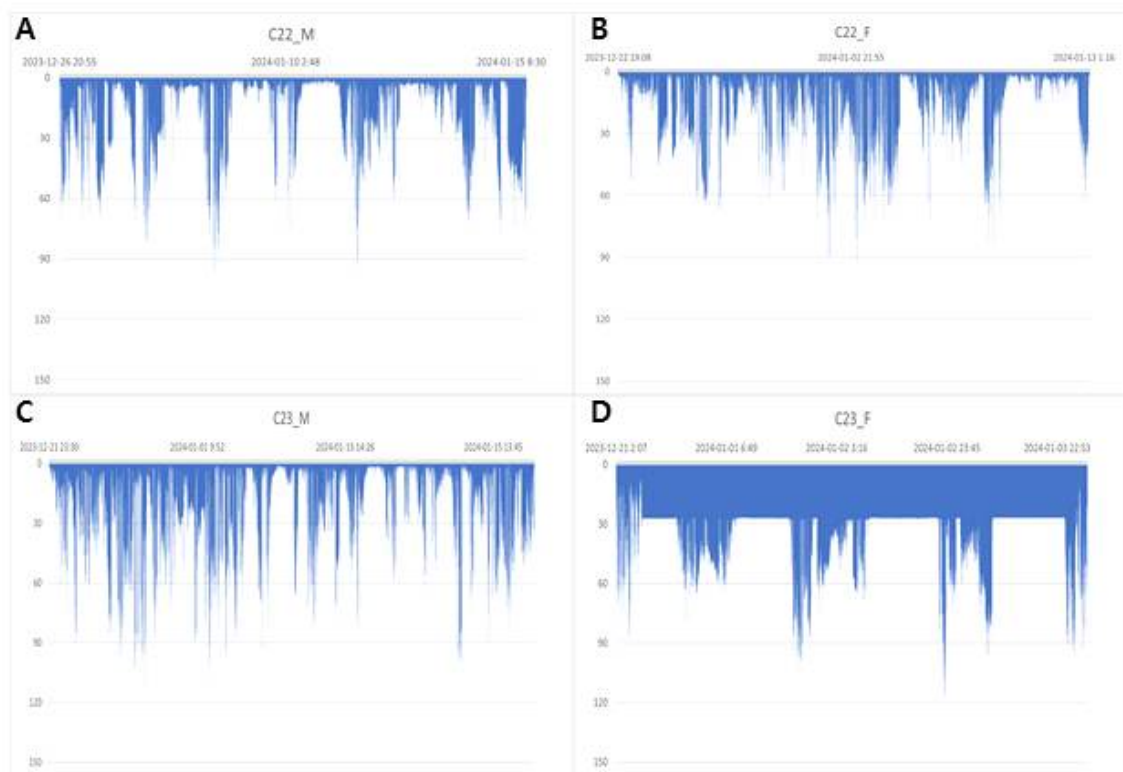


그림 1-1-45. 턱끈펭귄의 잠수기록. A. C22_M; B. C22_F; C. C23_M; D. C23_F

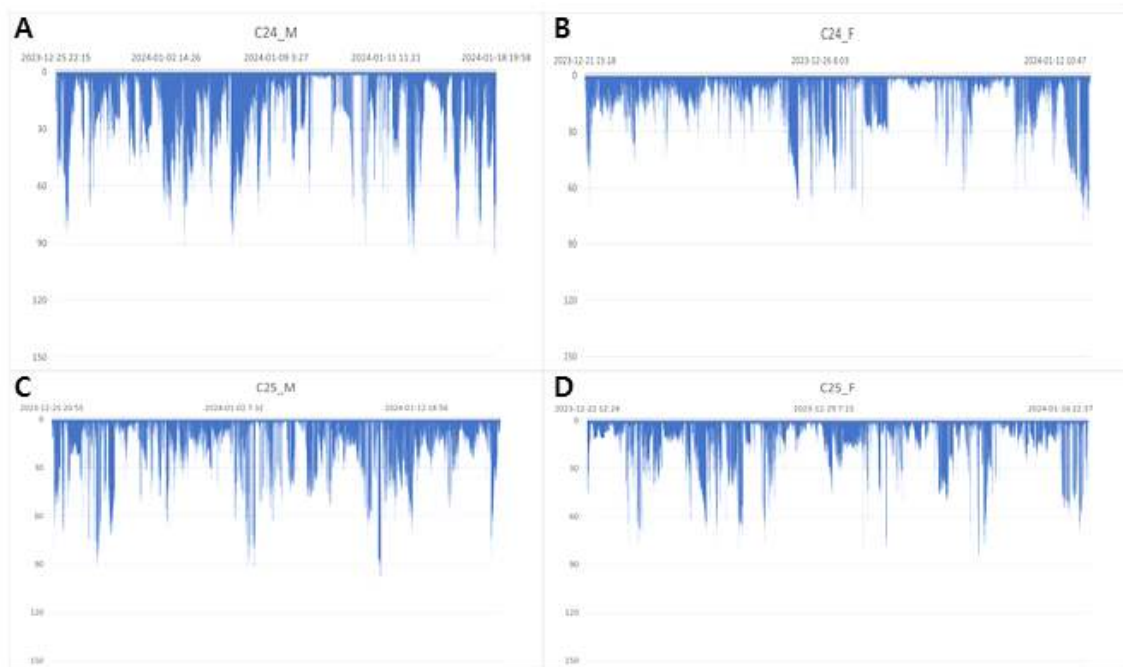


그림 1-1-46. 턱끈펭귄의 잠수기록. A. C24_M; B. C24_F; C. C25_M; D. C25_F

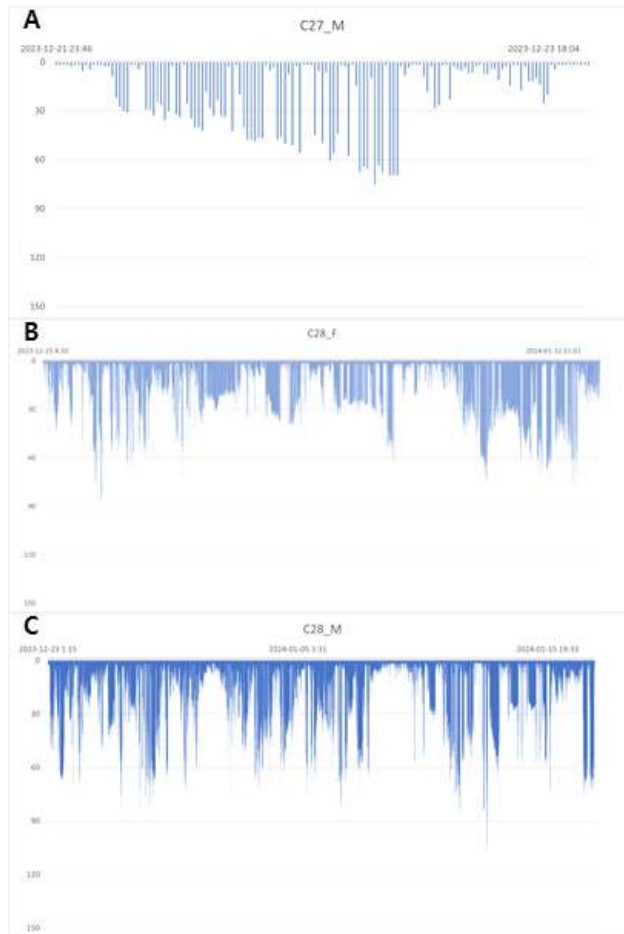


그림 1-1-47. 턱끈펭귄의 잠수기록. A. C27_M; B. C28_F; C. C28_M

(2) 취식지에서 섭취하는 주요 먹이원 조사

자연계에 존재하는 모든 원소는 질량이 다른 동위원소가 낮은 비율로 존재하며, 이들 동위원소 중 구조가 안정적이어서 비율이 유지되는 종류를 안정성 동위원소(stable isotope)라고 한다(West et al. 2006). 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 각각 먹이그물의 영양단계(상위 영양단계일수록 높은 질소 동위원소비)와 먹이원의 광합성 기원(생산자의 광합성 효율에 따라 다른 탄소 동위원소비)에 따라 변화한다(Barquete et al., 2013). 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 먹이원이 체내에 동화되어 생성되므로, 먹이원의 영양소 안정성 동위원소비를 반영한다. 조류의 혈액은 약 2-5주 기간 동안 동화된 먹이의 안정성 동위원소 비율을 반영하므로(Hobson and Clark, 1992; Ogden et al., 2004; Barquete et al., 2013), 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, 1984; Polito et al., 2015). 남극특별보호구역 지역에서 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 ASPA 171 내에서 번식하는 젠투펭귄과 턱끈펭귄 개체군 변동의 원인을 이해하기 위한 자료수집을 위해 장기적인 펭귄의 탄소, 질소 혈액 동위원소비와 그 변화를 분석하여 기록하고 있다.

연도별 먹이원 이용변화 모니터링과 연령과 성별 간 먹이원 이용 양상의 차이를 파악하기 위하여, 젠투펭귄과 턱끈펭귄 성조 및 유조의 혈액 안정성 동위원소 분석을 수행하였다. 육추기 동안의 먹이원 이용을 파악하기 위하여 혈액 채취는 1월 중순에 실시하였으며, 턱끈펭귄의 경우 C1 소집단에서 육추 교대 중인 둥지 10곳을 선택하여 번식쌍인 성조 20개체와 그 유조 18개체를 포획해 혈액을 채취하였고, 상대적으로 인간의 간섭에 더 민감한 젠투펭귄은 둥지 교란을 최소화하기 위해 보육원 형성 후 G1, G17 소집단 지역에서 성조 25개체와 유조 20개체를 무작위로 선택해 혈액을 채취하였다. 성조의 성 판별에는 측정치로부터 Polito et al. (2012) 및 Lee et al. (2015)의 판별식을 이용하였으며, 두 판별식의 결과가 일치한 젠투펭귄 성조 21개체와 턱끈펭귄 성조 15개체를 분석에 포함하였다.

젠투펭귄과 턱끈펭귄의 먹이자원 비율 추정을 위해, 펭귄 혈액과 기존 연구에서 보고된 주요 먹이원의 탄소 및 질소 안정성 동위원소비를 이용하여 베이지안 안정

성 동위원소 혼합모형(Bayesian stable isotope mixing model; 이하 동위원소 혼합모형) 분석을 실시하였다. 동위원소 혼합모형 분석은 R 4.3.2 (R Core Team, 2024)에서 SIBER (Andrew et al., 2011)와 simmr (Parnell and Inger, 2016) 패키지를 활용하였으며, 종, 연령 및 성별에 따른 먹이자원 이용에 차이가 있는지 Kruskal-wallis test & Dunn test를 통해 비교하였다. 먹이원의 안정성 동위원소비는 킹조지섬 지역에서 펭귄 먹이로 기록된 남극은암치(Antarctic Silverfish, *Pleuragramma antarcticum*)와 크릴(*Euphausia superba*)의 알려진 탄소 및 질소 안정성 동위원소비(Polito et al., 2011)를 사용하였다(크릴: 탄소 = $-26.4 \pm 1.4\%$, 질소 = $3.3 \pm 0.6\%$; 남극은암치: 탄소 = $-24.7 \pm 0.4\%$, 질소 = $9.4 \pm 0.5\%$; Volkman et al., 1980). 또한 먹이원과 혈액 간 안정성 동위원소비의 분별계수(discrimination rate)는 Cherel et al. (2005)의 연구에서 보고된 값(탄소 = 0.0% , 질소 = 2.7%)을 이용하였다.

2023/24년 번식기 젠투펭귄(n=41), 턱끈펭귄(n=33) 총 74개체의 혈액 안정성 동위원소비와 잠재 먹이원인 크릴 및 남극은암치의 동위원소비를 모형을 통해 분석한 결과, 두 종 모두 크릴 동위원소비에 가까워 남극은암치에 비해 크릴의 이용 비율이 높은 것으로 나타났다(그림 1-1-48~49).

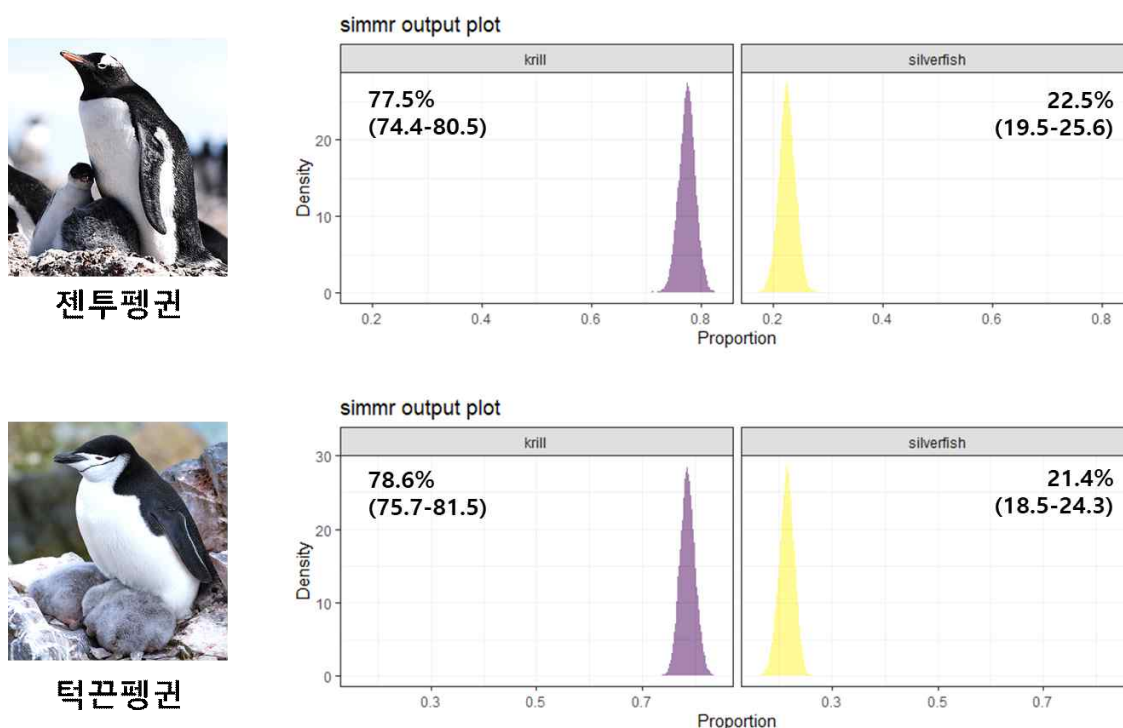


그림 1-1-48. 혈액내 안정성동위원소 분석을 통해 추정한 젠투펭귄(위)과 턱끈펭귄(아래)의 주요 먹이원 2종(크릴, 남극은암치)의 기여도 비율

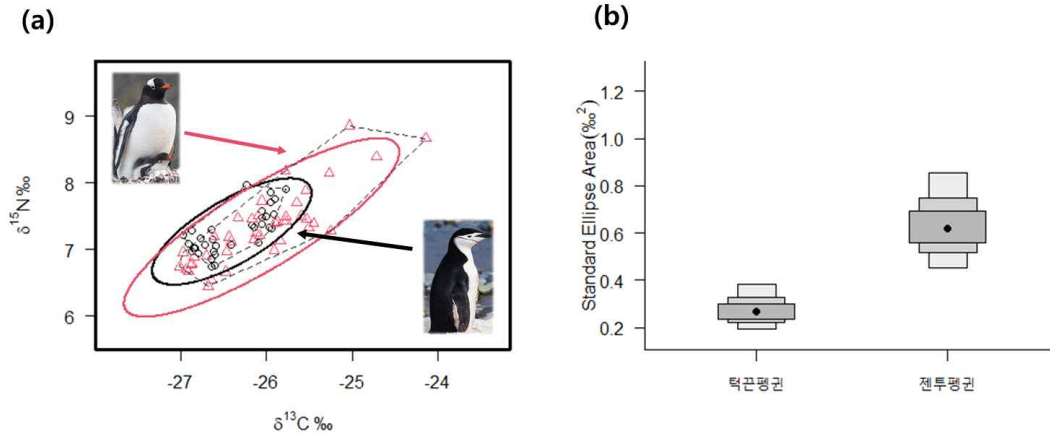


그림 1-1-49. 혈액내 탄소와 질소 안정성동위원소의 비율을 이용한 먹이생태지위 추정 결과. (a) 젠투펭귄(붉은색 삼각형)과 턱끈펭귄(검은색 원)의 동위원소비율 분포와 표준타원형 (젠투펭귄: 굵은 붉은색 원, 턱끈펭귄: 굵은 검은색 원). (b) 동위원소비 분포의 표준타원형 면적에 기반한 펭귄류 2종의 먹이생태지위 폭 비교

젠투펭귄의 혈액 내 안정성 동위원소비를 Kruskal-wallis test를 통해 비교한 결과, 탄소와 질소 안정성 동위원소비 모두 성별 및 연령에 따른 차이가 나타났다(탄소: $df=2$, $\chi^2=26.739$, $p<0.001$, 질소: $df=2$, $\chi^2=15.864$, $p<0.001$). 사후 검정으로 Dunn test 결과 탄소 안정성 동위원소비는 성별에 따른 유의한 차이는 없었고, 성조가 새끼보다 높게 나타났다(수컷-새끼: $p<0.001$, 암컷-새끼: $p<0.001$). 질소 안정성 동위원소비는 성별에 따른 유의한 차이는 나타나지 않았고, 성조 암컷과 새끼의 차이는 없었지만, 성조 수컷의 경우 새끼보다 높게 나타났다($p<0.001$). 턱끈펭귄의 혈액 내 안정성 동위원소비를 연령 및 성별로 비교한 결과, 탄소와 질소 안정성 동위원소비 모두 유의한 차이가 나타났다(탄소: $df=2$, $\chi^2=24.501$, $p<0.001$, 질소: $df=2$, $\chi^2=22.173$, $p<0.001$). Dunn test 결과 탄소 안정성 동위원소비의 경우 암수의 차이는 없었으나 성조가 유조보다 높게 나타났다(수컷-새끼: $p<0.001$, 암컷-새끼: $p<0.001$). 질소 안정성 동위원소비도 성별에 따른 유의한 차이는 없었지만, 성조가 새끼보다 높게 나타났다(수컷-새끼: $p<0.001$, 암컷-새끼: $p<0.001$).

해양생물의 탄소 안정성 동위원소비는 육지에서 가까운 바다/먼바다 또는 저서/표영 등 넓은 범위에서의 서식 지역으로 나타내어, 먹이활동 지역을 파악하는데 이용된다(Quillfeldt et al., 2005). 따라서 연령 및 성별에 따른 탄소 동위원소비의 차이는 성별에 따라 섭식 장소가 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; Barquete et al., 2013), 따라서 2023/24 번식기 동안 젠투펭귄과 턱끈펭귄의 성조는 직접 섭취하는 먹이원에 비해 새끼에게 더 낮은 영양단계의 먹이를 제공했다고 볼 수 있다.

펭귄 혈액의 안정성 동위원소비를 이용하여 주요 먹이로 알려진 크릴과 그보다 상대적으로 영양단계가 높은 남극은암치로 대표되는 어류 먹이원의 이용 비율을 추정된 결과, 두 종 모두 크릴의 비율이 70% 후반대로 남극은암치보다 높게 나타났다(그림 1-1-48, 표 1-1-18~19). 크릴의 비율은 과거 조사결과를 포함해 모든 연도에서 성조에 비해 유조에서 더 높았으며, 이는 크릴이 두 펭귄의 육추를 위한 주요 먹이자원임을 뜻한다. 따라서 이 지역에 번식하는 젠투펭귄과 턱끈펭귄의 번식 성공에 있어 크릴의 가용도가 매우 중요한 요인임을 보여준다.

생태계 내에서 비슷한 먹이 지위를 공유하는 종은 경쟁을 최소화하고 자원을 효율적으로 이용하기 위한 시공간적 지위 분할(niche partitioning)이 일어난다(Hinke et al, 2015). Pygoscelis 속 펭귄에서 이러한 지위 분할은 여러 번식지에서 보고된 바 있으며, 자원 이용 패턴, 먹이 선택, 섭식 장소, 사냥 시 잠수 깊이 등에서 차이가 나타난다(Hinke et al, 2015; Polito et al., 2015; Pickett et al, 2018). 본 조사지에서 안정성 동위원소비의 분포와 표준타원형의 면적을 이용하여 먹이 이용에 대한 생태적지위 폭(ecological niche width)를 추정된 결과(그림 1-1-49), 턱끈펭귄의 먹이지위 폭이 젠투펭귄보다 좁게 나타났다. 이는 젠투펭귄이 가용한 먹이에 따라 섭식전략을 비교적 유연하게 대응할 수 있는 것과 달리, 턱끈펭귄은 주요 먹이원인 크릴에 더 집중하는 섭식 전략을 이용함으로써 먹이자원에 대한 생태적 지위의 폭이 상대적으로 좁은 것을 의미한다. 실제로 젠투펭귄은 턱끈펭귄보다 덩치가 크고 더 깊이 잠수하는 경향이 있으며, 큰 물고기류를 더 많이 잡아먹을 수 있다고 보고되었다(Miller et al, 2010; Willson, 2010; Dimitrijević et al., 2018).

남극 생태계에서 크릴과 같은 핵심 먹이자원의 변화는 펭귄 개체군과 밀접한 관련이 있다(Trivelpiece et al., 2011). 남극 크릴 개체군은 기후 온난화와 해빙 감소로 인해 위협받고 있으며, 최근 수염고래류와 남극 물개의 개체수 회복은 크릴에 대한 남극 해양 생물종의 경쟁을 심화시키고 있다(Dimitrijević et al., 2018). 본 연구에서 크릴의 이용 양상은 종별, 성별, 연령별로 비교적 차이를 보였으나, 나레브스키포인트 남극특별보호구역에서 번식하는 2종의 펭귄 개체군 모두 크릴을 핵심 먹이자원으로 이용하는 것으로 나타났다. 그러나 크릴에 대한 의존도는 턱끈펭귄에서 상대적으로 더 높게 나타났으며, 이는 턱끈펭귄이 젠투펭귄에 비해 남극생태계에서 크릴의 감소에 더 취약할 수 있음을 의미한다(Polito et al, 2015). 따라서 나레브스키포인트 남극특별보호구역에서 번식하는 턱끈펭귄의 번식집단 감소 현상이 나타나고 있는 상황에서, 향후 펭귄 개체군 변동과 남극생태계의 변화를 예측하기 위해서는 특히 턱끈펭귄과 크릴을 중심으로 먹이 자원의 이용 양상을 지속적으로 모니터링할 필요가 있다.

표 1-1-18. 베이저안 혼합모형을 통해 추정된 젠투펙권의 먹이원 이용 비율

구분	먹이에서 크릴의 비율 (95% 신뢰한계)	먹이에서 어류의 비율 (95% 신뢰한계)
전체	77.5 (74.4-80.5)	22.5 (19.5-25.6)
수컷 성조		
2012/13	66.4 (61.2-71.6)	33.6 (28.4-38.8)
2013/14	67.9 (61.3-74.5)	32.1 (25.5-38.7)
2014/15	69.1 (65.1-73.1)	30.9 (26.9-34.9)
2015/16	72.6 (68.9-76.3)	29.2 (26.4-29.2)
2016/17	70.2 (66.6-73.7)	35.2 (28.6-41.8)
2017/18	67.8 (65.0-70.6)	32.2 (29.4-35.0)
2018/19	74.1 (67.9-80.3)	25.9 (19.7-32.1)
2019/20	65.1 (62.0-68.2)	34.9 (31.8-38.0)
2021/22	69.7 (55.7-79.1)	30.3 (20.9-44.3)
2022/23	66.9 (62.6-71.3)	33.1 (28.7-37.4)
2023/24	69.0 (60.7-75.6)	31.0 (24.4-39.3)
암컷 성조		
2012/13	72.9 (69.5-76.3)	27.1 (23.7-30.5)
2013/14	65.9 (51.8-79.9)	34.1 (20.1-48.2)
2014/15	68.2 (64.2-72.1)	31.8 (27.9-35.8)
2015/16	74.3 (69.8-78.7)	30.2 (25.7-30.2)
2016/17	69.2 (66.0-72.4)	37.2 (23.2-51.2)
2017/18	72.0 (69.5-74.5)	28.0 (25.5-30.5)
2018/19	74.2 (71.1-77.2)	25.8 (22.8-28.8)
2019/20	74.3 (72.8-75.8)	25.7 (24.2-27.2)
2021/22	79.1 (72.2-86.3)	20.9 (13.7-27.8)
2022/23	71.4 (65.7-77.1)	28.6 (22.9-34.3)
2023/24	76.5 (66.1-84.7)	23.5 (15.3-33.9)
새끼		
2012/13	78.1 (67.7-88.4)	21.9 (11.6-32.3)
2013/14	78.2 (73.1-83.3)	21.8 (16.7-26.9)
2014/15	71.5 (68.1-75.0)	28.5 (25.0-31.9)
2015/16	74.3 (69.8-78.7)	30.2 (21.3-30.2)
2016/17	73.9 (71.1-76.8)	26.1 (23.2-28.9)
2017/18	74.9 (72.1-77.8)	25.1 (22.2-27.9)
2018/19	80.7 (76.4-85.0)	19.3 (15.0-23.6)
2019/20	73.6 (71.7-75.5)	26.4 (24.5-28.3)
2021/22	65.9 (49.6-77.1)	34.1 (22.9-50.4)
2022/23	73.0 (69.9-76.4)	27.0 (23.6-30.1)
2023/24	82.5 (78.2-86.9)	17.5 (13.1-21.8)

표 1-1-19. 베이지안 혼합모형을 통해 추정된 턱끈펭귄의 먹이원 이용 비율

구분	먹이에서 크릴의 비율 (95% 신뢰한계)	먹이에서 어류의 비율 (95% 신뢰한계)
전체	78.6 (75.7-81.5)	21.4 (18.5-24.3)
수컷 성조		
2012/13	66.7 (62.9-70.5)	33.3 (29.5-37.1)
2013/14	70.8 (64.4-77.1)	29.2 (22.9-35.6)
2014/15	65.0 (61.6-68.3)	35.0 (31.7-38.4)
2015/16	70.2 (66.3-74.0)	29.8 (26.0-33.7)
2016/17	66.2 (63.4-69.1)	33.8 (30.9-36.6)
2017/18	63.7 (61.9-65.5)	36.3 (34.5-38.1)
2018/19	71.8 (67.5-76.1)	28.2 (23.9-32.5)
2019/20	66.1 (65.3-66.9)	33.9 (33.1-34.7)
2021/22	73.4 (68.3-75.0)	26.6 (21.4-31.7)
2022/23	64.2 (58.1-70.2)	35.8 (29.8-41.9)
2023/24	72.7 (60.8-82.0)	27.3 (18.0-39.2)
암컷 성조		
2012/13	74.3 (70.2-78.5)	25.7 (21.5-29.8)
2013/14	67.4 (62.3-72.6)	32.6 (27.4-37.7)
2014/15	67.0 (63.1-70.9)	33.0 (29.1-36.9)
2015/16	71.3 (67.7-74.9)	28.7 (25.1-32.3)
2016/17	69.0 (66.4-71.7)	31.0 (28.3-33.6)
2017/18	67.9 (66.0-69.8)	32.1 (30.2-34.0)
2018/19	74.6 (70.4-86.4)	17.9 (13.6-22.2)
2019/20	68.4 (67.6-69.2)	31.6 (30.8-32.4)
2021/22	73.2 (68.2-78.5)	26.8 (21.5-31.8)
2022/23	69.4 (63.6-75.7)	30.6 (24.3-36.4)
2023/24	73.9 (64.3-82.5)	26.1 (17.5-35.7)
새끼		
2012/13	78.4 (74.5-82.3)	21.6 (17.7-25.5)
2013/14	83.9 (80.4-87.5)	16.1 (12.5-19.6)
2014/15	73.7 (70.6-76.8)	26.3 (23.2-29.4)
2015/16	74.3 (69.8-78.7)	25.7 (21.3-30.2)
2016/17	73.9 (71.2-76.7)	26.1 (23.3-28.8)
2017/18	76.3 (73.4-79.2)	23.7 (20.8-26.6)
2018/19	82.1 (77.8-86.4)	17.9 (13.6-22.2)
2019/20	77.6 (76.8-78.4)	22.4 (21.6-23.2)
2021/22	79.6 (76.1-83.1)	20.4 (16.9-23.9)
2022/23	76.8 (73.3-80.5)	23.2 (19.5-26.7)
2023/24	82.3 (78.3-86.6)	17.7 (13.4-21.7)

(3) 펭귄의 개체인식 연구 및 회귀율 분석

개체군의 변동은 이입(immigration), 이출(emigration), 출생(birth), 사망(death)의 4가지 요소에 의해 발생하므로, 보호구역 내 펭귄의 개체수 변동과 원인을 추정하기 위해서는 출생 외의 요소에 대한 연구가 필요하다. 또한, 개체군의 수명, 생존율, 이동 현황, 서식지 회귀율을 파악하고 기후변화에 의한 영향 등의 장기생태 모니터링을 위해서는 개체 식별을 통한 연구 기반 조성이 요구된다. 선행 연구에서는 펭귄을 대상으로 금속 재질의 개체식별용 날개가락지를 부착하였으며 펭귄마을에서도 날개가락지를 이용한 연구가 진행된 바 있다. 날개가락지는 체외에 부착되어 장거리 식별이 용이하다는 장점이 있으나, 장기적으로 펭귄의 날개를 손상시키고 생존율에 영향을 주는 등 날개가락지의 부정적 효과에 대한 우려가 있어(Petersen et al., 2005) 대안으로 체내에 삽입하는 PIT (Passive Integrated Transponder) tag의 RFID code를 통해 개체를 식별하는 방법이 사용되고 있다(Renner and Davis, 2000).

본 연구는 펭귄마을 내의 추적연구 대상 개체 및 특정 소규모 번식 소집단의 번식 개체들에게 켄투펭귄은 2012/13년도부터, 턱끈펭귄은 2013/14년도부터 PIT tag를 삽입하였으며(그림 1-1-50), 현재까지 부착된 tag 정보 및 이전에 tag가 삽입된 개체의 확인 조사를 실시해 관련 정보를 기록하였다. 또한, tag 부착과 확인 조사가 가장 지속적으로 시행되었던 소규모 턱끈펭귄 번식소집단 3개(C7, C8, C9; 지난 연도 분석 대상이었던 C7a 번식소집단은 금년도에 많은 눈으로 집단이 형성되지 않음)를 대상으로 포획-표지-재포획 방법(Capture-mark-recapture method)을 통해 번식회귀율(Return rate)을 추정하였다(그림 1-1-51). 포획-표지-재포획 자료를 통한 회귀율 추정에는 각 시점에서 새로이 표지하는 개체수 및 표지 개체를 재관찰하기 위해 들이는 노력(detection effort)이 균일해야하므로, 본 연구의 분석에는 대상 번식소집단에 대한 tag 부착과 재관찰 조사의 강도가 비교적 균등했던 2019/20년도부터 2023/24년도까지 총 5개년의 재관찰 기록을 활용하였으며 현장조사가 이루어지지 않은 2020/21년도의 time interval을 반영하였다. 분석에는 Cormack-Jolly-Seber (CJS) 모델을 이용하였다. Cormack-Jolly-Seber 모델은 불특정한 이입/이출이 발생하는 개방 개체군(open population)내에서 표지 개체가 다음 시점까지 살아남을 확률인 생존율(survival rate)과 표지 개체가 다음 시점에 관찰될 확률인 관찰률(encounter rate)을 산출하고 이를 통해 회귀율을 추정할 때 널리 사용되는 방법이다(Pledger et al., 2003; Cooch and White, 2018). 분석에는 ‘Mark 9.0’, ‘R’, ‘Rstudio’, 그리고 R패키지 ‘Rmark’를 활용하였다.



그림 1-1-50. PIT tag를 삽입하는 모습(왼쪽), 삽입한 PIT tag를 인식하는 모습(오른쪽)

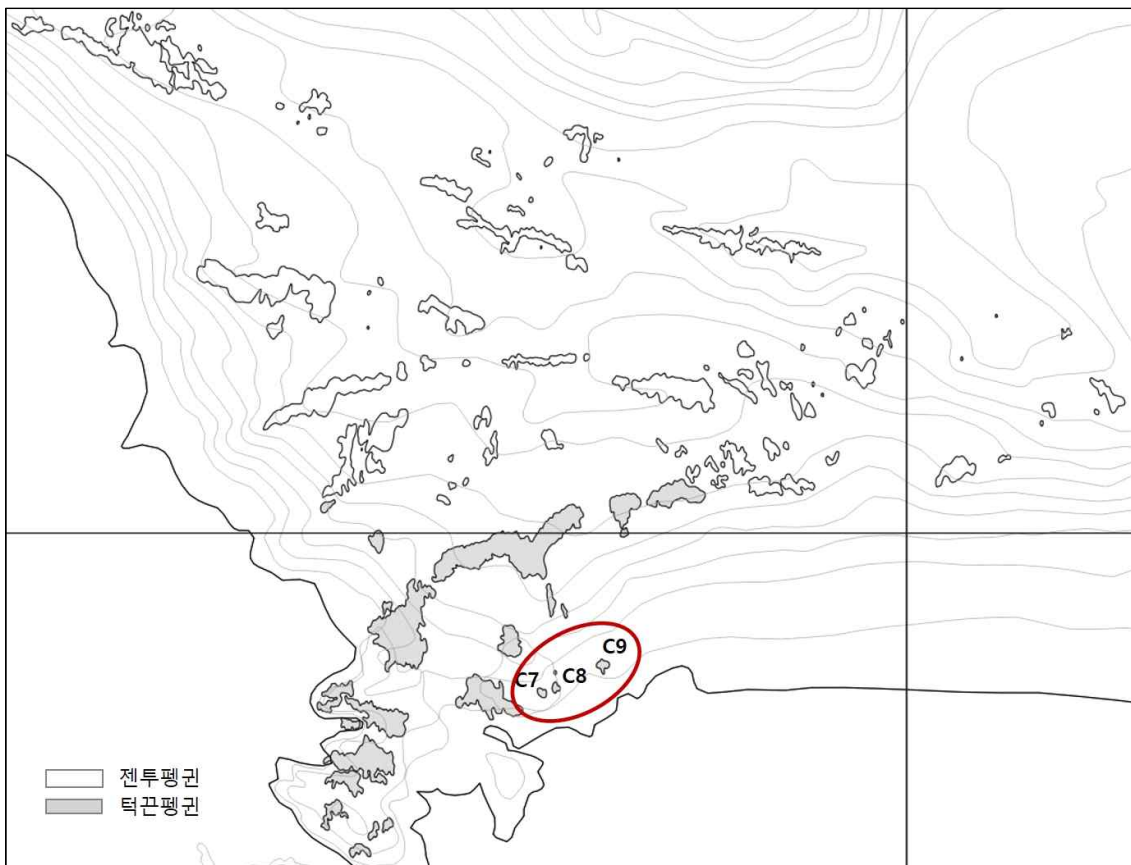


그림 1-1-51. 회귀율 분석 대상 3개 번식소집단(C7, C8, C9). 지난 2022/23년도 분석 대상이었던 C7a 번식소집단은 금년도에 소실되어 개체들이 타 번식소집단으로 분산한 것으로 보임

PIT tag 부착을 시작한 2012/13년도부터 2023/24년도까지의 부착 결과를 종합한 결과, 펭귄마을에서 젠투펭귄 176개체, 턱끈펭귄 총 352개체에 tag를 부착하였으며, 연도별 부착 개체수 및 2023/24년도에 재관찰된 개체수는 아래와 같다(표 1-1-20~21).

표 1-1-20. 젠투펭귄의 연도별 PIT tag 부착 및 재발견 개체수

부착 연도	신규 부착 개체수	누적 부착 개체수	기존 부착개체 중 재관찰 개체수
2012/13	7	7	-
2013/14	26	33	3
2014/15	8	41	3
2015/16	0	41	0
2016/17	0	41	0
2017/18	29	70	0
2018/19	17	87	0
2019/20	10	97	1
2020/21	0	97	-
2021/22	23	120	2
2022/23	25	145	-
2023/24	31	176	-
합계	176		

표 1-1-21. 턱끈펭귄의 연도별 PIT tag 부착 및 재발견 개체수

부착 연도	신규 부착 개체수	누적 부착 개체수	기존 부착개체 중 재관찰 개체수
2013/14	48	48	-
2014/15	4	52	21
2015/16	36	88	11
2016/17	81	169	21
2017/18	19	188	28
2018/19	38	226	84
2019/20	35	261	80
2020/21	-	261	-
2021/22	41	302	64
2022/23	29	331	60
2023/24	21	352	35
합계	352		

턱끈펭귄 3개 번식소집단(C7, C8, C9)의 포획-표지-재포획 기록 분석에서는 생존율

(Survival rate; ϕ)과 관찰률(Encounter rate; p)이 각각 시간(t)에 따라 변화하는 경우와 변화하지 않는 경우를 가정해 총 4개의 추정 모델을 만들고 이에 대한 AICc (small-sample corrected Akaike Information Criterion) 모델 평가를 시행하였다. AICc 값이 낮을수록 상대적으로 적합한 모델이라고 판단할 때(Burnham and Anderson, 2002) 4개 모델 중 연도별 생존율은 일정하며 관찰률은 다른 것으로 가정한 모형 ($\phi(\sim 1)p(\sim 1)$)이 5년간 조사된 자료를 설명하는데 가장 적합한 것으로 나타났다(표 1-1-22). 선택된 모델을 이용해 추정된 턱끈뿔박쥐의 생존율은 약 87.11%, 관찰률은 약 85.03% ~ 100.00%였다(표 1-1-23). 생존율과 관찰률을 통해 추정된 회귀율은 약 74.07% ~ 87.11%로 2017/18년도 ~ 2022/23년도 재관찰 기록으로 분석한 결과(약 32.82% ~ 55.44%)보다 훨씬 높은 값이 산출되었다. 이는 분석 대상 번식소집단 변경(재관찰 조사가 불규칙하게 이루어진 C1을 제외), 분석 대상 기간의 재관찰 조사 노력 차이에 의한 것으로, 2018/19년도까지는 기존 표지 개체의 재관찰을 위한 조사가 번식 생태 모니터링 등과 병행하여 시행되었기에 2019/20년도 이후보다 상대적으로 C7-9 번식소집단에 대한 관찰률이 낮았던 것이 원인으로 생각된다.

표 1-1-22. 턱끈뿔박쥐의 회귀율 최적 모델 선정을 위한 AICc 모델 평가 결과

Model	AICc	Δ AICc	AICc Weights	Model Likelihood	No.of Parameter
$\phi(\sim 1)p(t)$	80.2999	0.0000	0.7270	1.0000	5
$\phi(t)p(t)$	82.2587	1.9588	0.2730	0.3755	6
$\phi(\sim 1)p(\sim 1)$	115.423	35.1231	0.0000	0.0000	2
$\phi(t)p(\sim 1)$	119.5557	39.2558	0.0000	0.0000	5

표 1-1-23. 선정된 모델을 통해 산출한 턱끈뿔박쥐의 연간 생존율(Survival rate; ϕ) 및 관찰률(Encounter rate; p), 회귀율(Return rate; $\phi \cdot p$)

연도		값(%)
생존율 (survival rate; ϕ)	2019/20 ~ 2023/24	87.11
	2020/21(조사 미시행)	-
관찰률 (encounter rate; p)	2021/22	90.85
	2022/23	100.00
	2023/24	85.03
	2020/21(조사 미시행)	-
회귀율 (return rate; $\phi \cdot p$)	2021/22	79.15
	2022/23	87.11
	2023/24	74.07
	2020/21(조사 미시행)	-

Pygoscelis 속의 다른 종을 대상으로 한 기존 연구에서 젖뿔박쥐는 59 ~ 79%, 마카

로니펑귄은 70% ~ 73%(Williams and Rodwell, 1992), 그리고 턱끈펑귄은 암컷 82%, 수컷 94%(Trivelpiece & Trivelpiece, 1990)의 개체가 기존 번식지로 회귀하는 것으로 보고되어 있다. 비교적 균일한 노력의 조사가 이루어진 연도(2019/20 ~ 2023/24)와 번식소집단(C7-9)만을 대상으로 시행한 본 분석은 기존 연구에서 밝혀진 턱끈펑귄의 회귀율과 비슷한 수준의 회귀율(74.07% ~ 87.11%)을 산출하였다. 회귀율 추정 모델은 각 시점에서 표지한 개체수 및 표지 개체를 관찰하기 위해 각 시점에서 조사되는 총 개체수의 영향을 받는다. 본 연구에서 tag를 부착한 개체수는 연도별로 편차가 있으며, 표지 개체 재관찰을 위한 조사 노력(survey effort) 및 장비, 조사 소집단과 총 개체수 또한 일정하지 않은 연도가 있어 오랜 기간 tag 부착 및 조사를 시행하였음에도 분석의 범위에 한계가 있었다. 따라서 향후 회귀율 추정의 정확도 향상과 장기적인 자료의 분석을 위해서는 매년 균일하고 정량적인 표지와 재관찰 조사가 필요하며, 개체군 변동 요인에 관한 고찰을 위해서는 환경 요인과 함께 표지 개체의 성별, 번식 결과 등 다른 변수들의 추가 수집 및 분석이 이루어져야 한다.

제 2 절 인익스프레서블섬 보호구역의 기초환경 모니터링

1. 인익스프레서블섬(ASPA No. 178)의 생태적 가치 모니터링

가. 연중 기초환경 변화 관측

2023년 5월 이후에는 인익스프레서블섬 기상환경 감시를 위해 운영 중인 기상모니터링시스템(AWS)으로부터 바람자료가 회수되지 못하였다. 이에 인익스프레서블섬 기상환경 분석을 위해 미국 남극 프로그램의 자매 프로젝트인 Antarctic Meteorological Research Center and Automatic Weather Station 프로그램에서 1984년부터 운영 중인 인익스프레서블섬 AWS(Manuela, 위도: -74.946 S, 경도: 163.687 E) 10분 간격으로 기록된 자료(<http://amrc.ssec.wisc.edu/>)를 입수하여 2023년 기온과 바람환경의 연변동에 대해 분석하였다. 아울러 2014년부터의 자료도 입수하여 2014-2022년 평균 기상 통계량을 계산하여 2023년 통계량과 비교하여 그 변화를 살펴보았다. 그리고, 2023년 바람, 기온 및 상대 습도에 대한 일 통계량을 부록 2에 수록하였다. 2014년부터 분석한 이유는 인익스프레서블에 이웃한 남극장보고과학기지에서 정규 기상관측이 2014년부터 시작되어 필요시 남극장보고과학기지의 자료를 이용하기 위해서이다.

그림 1-2-1과 1-2-2는 2023년 1월부터 11월까지 인익스프레서블섬에서의 일평균 기온과 월평균, 월최저 및 월최고 기온의 연변동을 보여준다. 일평균 기온은 8월 중순까지 지속적으로 하락하다 이후 지속적으로 상승하였다. 남반구 겨울철에 이 지역은 해가 뜨지 않는 극야 기간임에도 불구하고 간헐적으로 기온이 증가하였으며 9월까지 증감을 반복하였다. 2023년 일평균 최고 기온은 -0.0 °C(1월 10일)로 나타났으며 일평균 최저 기온은 -38.2 °C(8월 22일)이었다. 일평균이 영상인 날은 존재하지 않았다. 한편, 월평균 기온은 연중 영하로 나타났으며, 1월이 -7.8 °C로 가장 높았고, 8월이 -28.7 °C로 가장 낮았다. 자세한 통계값은 부록을 참조하면 된다. 그림 1-2-3은 2023년 월평균 기온의 연변동을 이전 9년(2014년부터 2022년)의 다년 평균값과 함께 나타낸 그림이다. 2023년의 경우, 대부분의 기간동안 과거와 비교하여 낮은 월평균 기온을 기록하였으며 특히 2023년 8월의 낮은 월평균 기온이 두드러졌다.

그림 1-2-4와 1-2-5는 2023년 인익스프레서블섬에서의 일평균 풍속과 월평균 및 월최고 풍속의 연변동을 보여준다. 동계기간과 비교하여 하계기간동안 약한 풍속이 관측되었으며, 풍속의 변동은 동계 기간이 큰 것으로 나타났다. 2023년 일평균 최대

풍속은 36.7 ms^{-1} (6월 8일)이었다. 월평균 풍속은 연중 $7.7\sim19.7 \text{ ms}^{-1}$ 범위에서 나타났다으며, 월 최고 풍속은 $26.0\sim51.0 \text{ ms}^{-1}$ 로 연중 강풍이 부는 지역임을 알 수 있다. 자세한 통계값은 부록을 참조하면 된다. 그림 1-2-6은 2023년 월평균 풍속의 연변동을 이전 9년 (2014년부터 2022년)의 다년 평균값과 비교한 그림이다. 2023년 연평균 풍속 16.6 ms^{-1} 은 과거 9년의 평균 풍속 (16.2 ms^{-1})과 유사하게 나타났다.

그림 1-2-7과 1-2-8는 2023년 (1월~11월)과 2014-2022년의 바람장미이다. 양쪽 모두 서풍이 가장 지배적이다. 2023년의 바람장미는 과거 9년의 바람장미와 거의 같으며, 이는 인익스프레서블 섬의 바람이 내륙으로부터 연안으로 불어나오는 활강풍의 영향이 지배적인 곳에 위치함을 의미한다.

그림 1-2-1. 2023년 인익스프레서블섬에서 측정된 일평균기온의 변동.

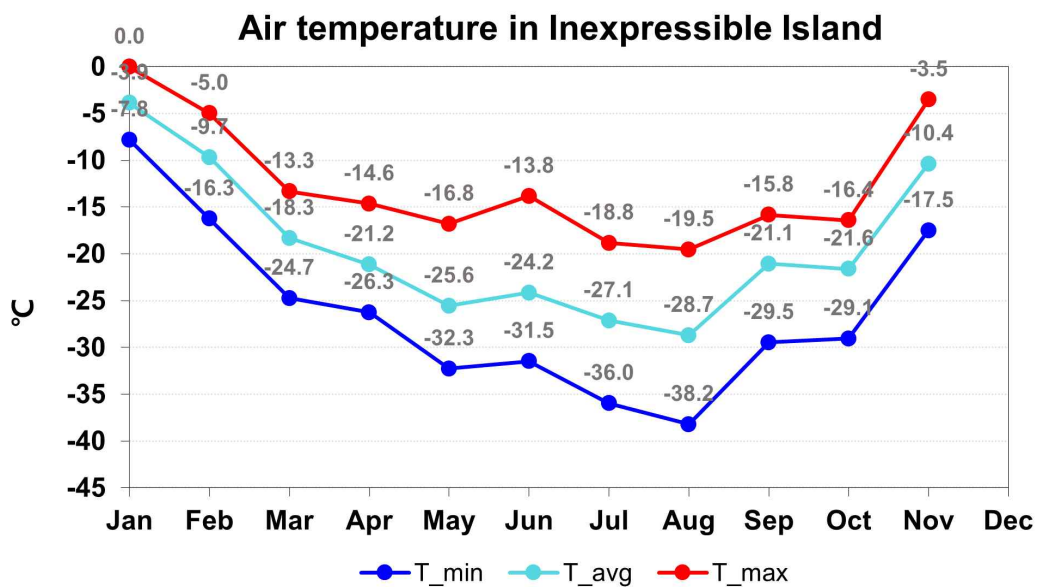


그림 1-2-2. 2023년 인익스프레서블섬에서 측정된 월평균기온 (하늘색), 일최저기온(파란색), 그리고 일최고기온(빨간색).

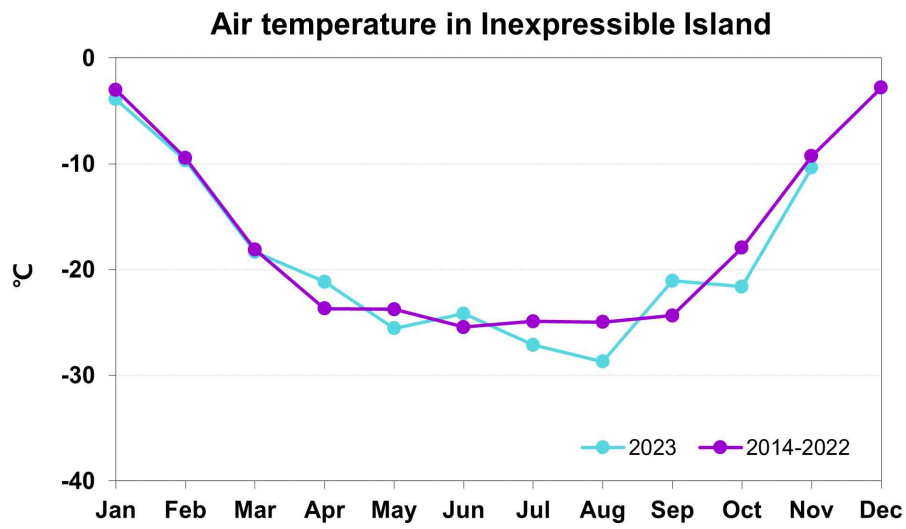


그림 1-2-3. 2014년부터 2022년까지 다년 평균된 인익스프레서블섬의 월평균기온 (보라색) 및 2023년 월평균 기온 (하늘색)의 연변화.

그림 1-2-4. 2023년 인익스프레서블섬에서 측정된 일평균풍속의 변동.

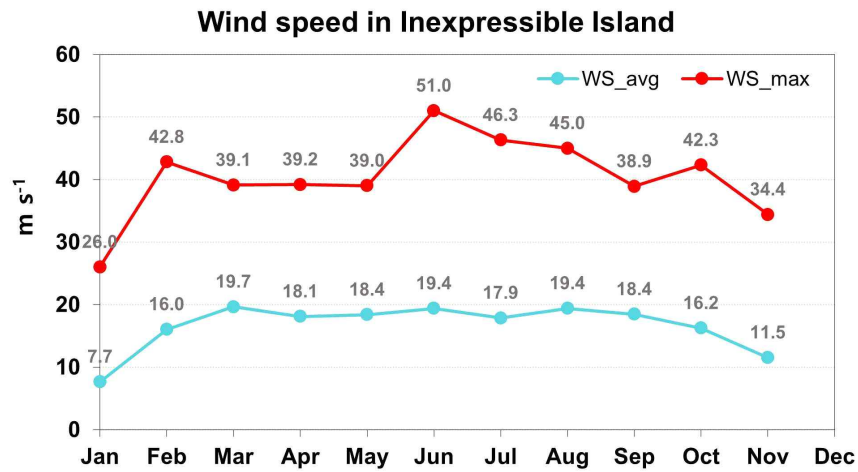


그림 1-2-5. 2023년 인익스프레서블섬에서 측정된 월평균풍속 (하늘색) 및 일최고풍속(빨간색).

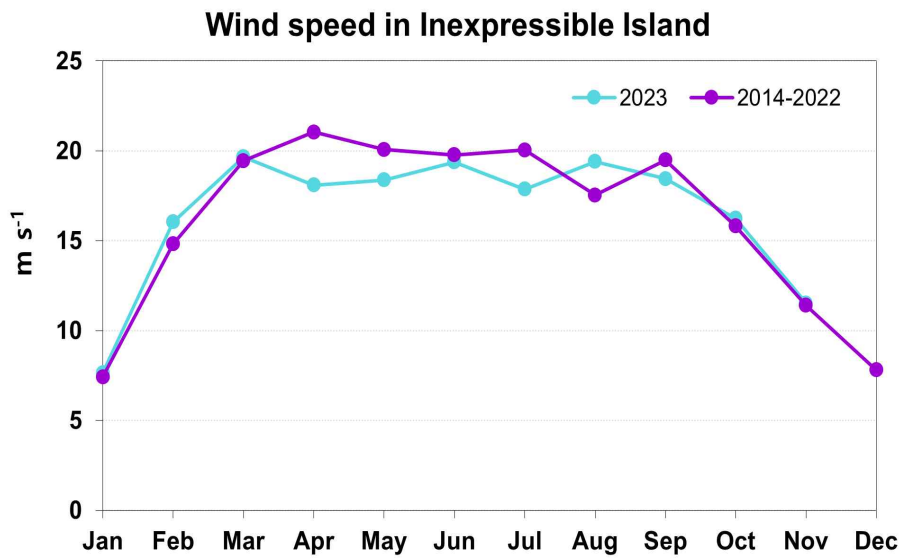


그림 1-2-6. 2014년부터 2022년까지 다년 평균된 인익스프레서블섬의 월평균풍속 (보라색) 및 2023년 월평균풍속 (하늘색)의 연변화

그림 1-2-7. 2023년 1월부터 11월까지 인익스프레스블섬에서 관측된 바람장미.

그림 1-2-8. 2014년부터 2022년까지 인익스프레스블섬에서 관측된 바람장미.

나. 아델리펭귄 개체군 변동 및 번식생태 모니터링

(1) 아델리펭귄 군서지의 개체군 변동 및 번식현황 조사

인익스프레스블섬(ASPA No. 178)의 아델리펭귄 번식집단은 크게 Seaview Bay와 South Bay 두 지역으로 나누어져 있으며, 약 1.1km 떨어진 번식지 사이에는 바위언덕이 위치하고 있다. 주 번식집단인 Seaview Bay에서 아델리펭귄 번식소집단은 해안에서 내륙 쪽 언덕까지 넓게 분포하고 있으며, 해안가에 인접한 South Bay에는 4개의 번식소집단이 분포하고 있다(그림 1-2-9). 아델리펭귄의 번식집단 개체군 변동을 파악하기 위하여 선행연구와 본 연구결과를 정리하였다.

펭귄 군서지에서 연구자들의 방문조사를 통한 현장조사는 많은 인력이 필요하며, 많은 시간이 소요된다. 특히 약 30,000쌍의 아델리펭귄이 번식하는 인익스프레스블섬과 같은 큰 규모의 펭귄 군서지의 경우 조사결과와 정밀도가 낮게 나타난다. 반면에 항공촬영을 이용하면 상대적으로 적은 인력과 시간을 들여 높은 정밀도의 조사 결과를 도출할 수 있다.

남극해양생물자원보존위원회의 CCAMLR Ecosystem Monitoring Program (CEMP) 표준조사방법에서는 유인항공기 촬영을 통한 개체군 조사가 제시되어 있으나 기술이 발전함에 따라 무인항공기를 이용하는 방법이 적용되는 추세이다. 드론은 헬리콥터에 비해 소음도 적고, 이미지 해상도도 높아 더욱 정밀한 개체군 파악이 가능할 것으로 기대하고 있다. 따라서 더욱 효율적이며 정밀하게 인익스프레스블섬에서 번식하는 아델리펭귄의 둥지수 및 새끼수 파악을 위하여 무인항공기(Unmanned Aerial Vehicle, UAV)를 이용하여 항공촬영을 실시하였다.

아델리펭귄의 둥지수 및 새끼수 파악을 위한 항공촬영시 무인항공기 운용 가이드라인을 준수하여 운행하였다. 아델리펭귄에게 영향을 미칠 수 있는 교란을 최소화하기 위해 무인항공기의 비행고도를 약 100m가량을 유지하며 수평으로 이동하며 번식지 전체를 촬영하였다. 둥지 수 파악을 위한 항공촬영은 포란기인 2023년 11월 22일에 이루어졌으며, 아델리펭귄의 새끼수 파악을 위한 항공촬영은 보육원 형성기인 2024년 1월 16일에 실시하였다.

항공촬영을 통하여 획득한 이미지들은 인익스프레스블섬의 번식지 전체를 분석할 수 있도록 하나의 고해상도 이미지로 병합 후 GIS 소프트웨어(Qgis)를 사용하여 둥지와 새끼의 위치를 표시하였다(그림 1-2-10). 표시된 둥지의 지점들은 소프트웨어에서 자동으로 계산되었으며, 두 번의 검토를 거쳐 둥지수와 새끼수를 계산하였다. 이를 바탕으로 인익스프레스블섬 아델리펭귄 군서지의 번식성공율(새끼수/둥지수)를 도출하였다.

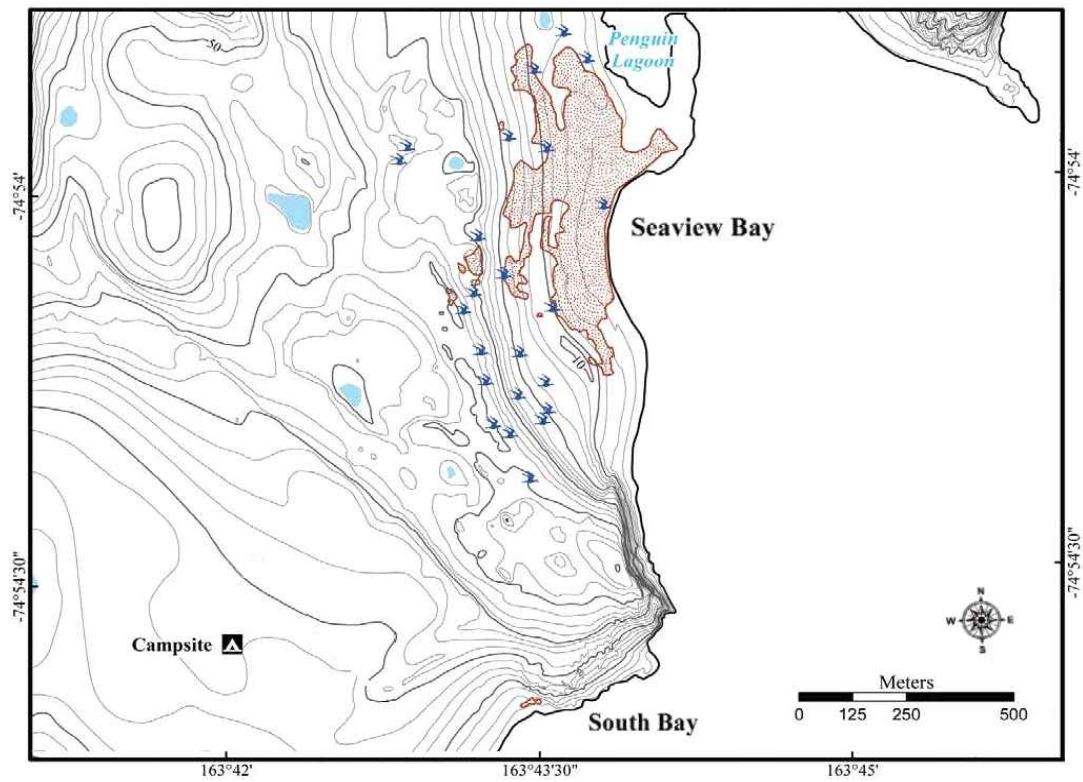


그림 1-2-9. 인익스프레스블섬의 아델리펭귄 번식집단 분포

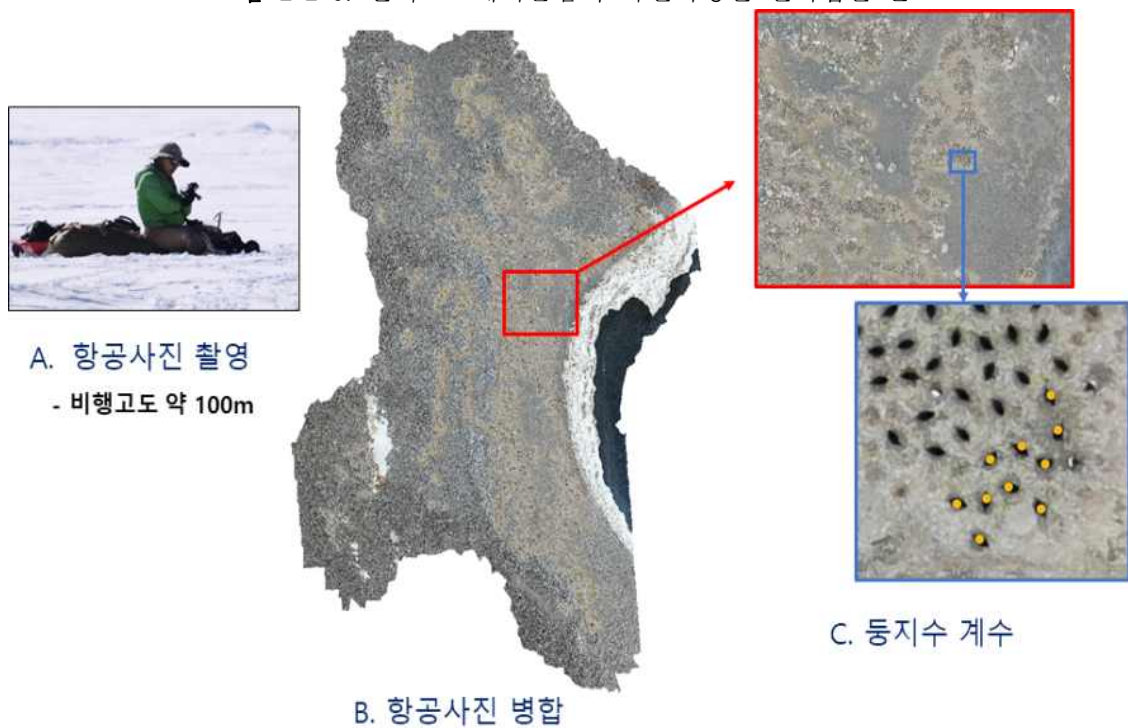


그림 1-2-10. 인익스프레스블섬의 항공촬영 이미지에서 둥지수 산출 프로세스

인익스프레스블섬 아델리펭귄의 번식연주기 등의 번식지표 및 군서지 주변 환경 파악을 위하여 무인카메라를 설치하고 1시간에 1번씩 사진촬영을 실시하였다. 아델리펭귄의 번식지 도착시기와 산란시기, 부화시기, 보육원 형성시기의 구체적인 관찰과 번식지 주변 해빙환경 및 적설상태 모니터링을 위하여 Seaview Bay와 South Bay에 총 5대의 무인카메라를 설치 하였다(그림 1-2-11). 이미지 분석 시 아델리펭귄이 처음 번식지에서 관찰된 날짜를 번식지 도착일, 50% 이상의 둥지가 포란할 때를 산란일, 처음 새끼가 관찰된 날짜를 최초 부화일, 새끼가 어미 품을 나와 둥지 바깥에 있는 것이 처음 관찰된 날짜를 최초 보육원 형성일로 판단하였다.

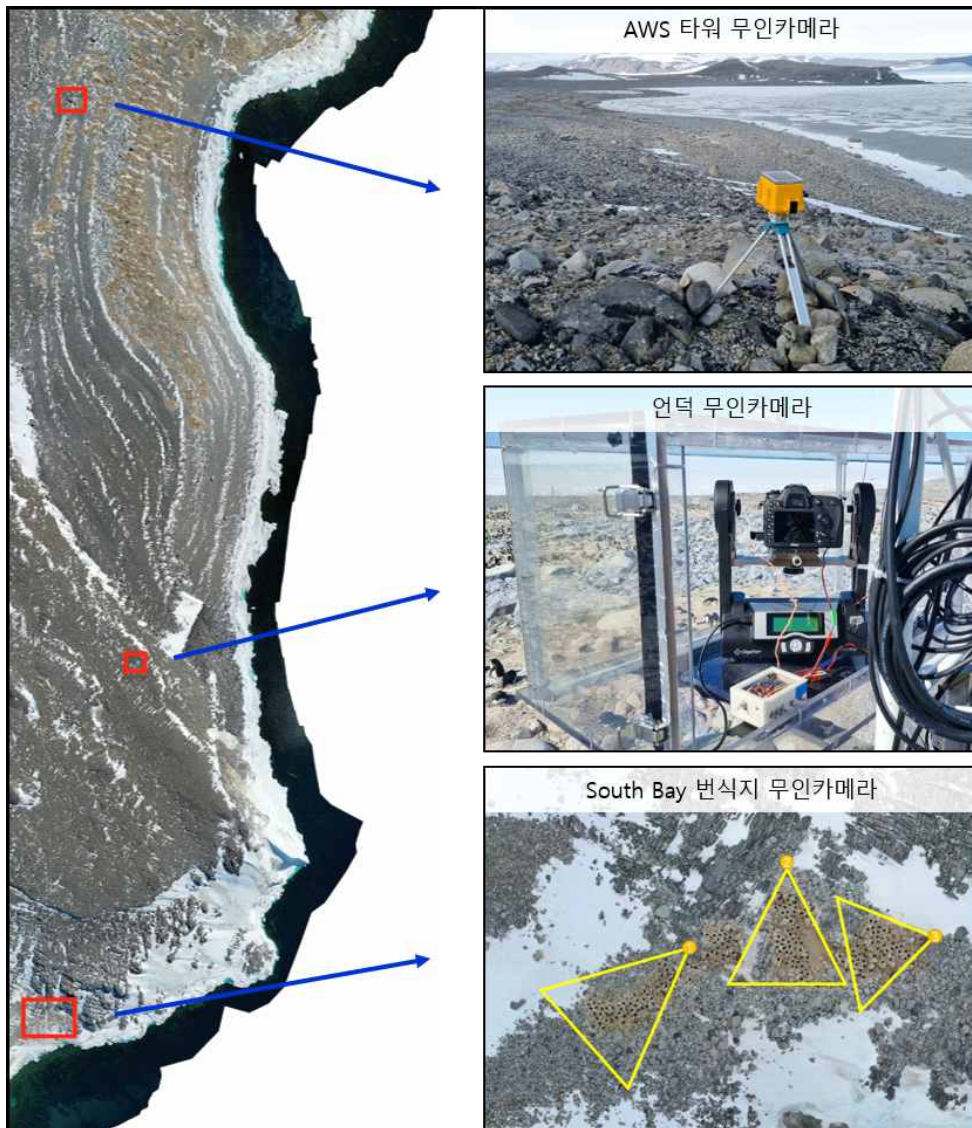


그림 1-2-11. 인익스프레스블섬에 설치된 무인카메라

(2) 아델리펭귄 번식집단 변동과 등지수 및 번식지표

아델리펭귄 번식집단 개체군 변동을 파악을 위하여 1982년부터 2023년까지의 자료를 정리한 결과 번식쌍과 등지수는 매년 큰 폭으로 변동하는 것으로 나타났다(표 1-2-1). 인익스프레스블섬에는 약 9,000 ~ 37,000쌍의 아델리펭귄이 번식하는 것으로 보고되었다. 그 중 1982년에 가장 적은 9,217쌍이 확인되었다. 본 연구를 통하여 모니터링을 시작한 2017년부터 2023년 까지는 약 25,000 ~ 37,000쌍이 확인 되었다. 2018년에 가장 많은 37,161쌍이 확인되었으며, 2017년에 25,089쌍이 확인되어 가장 적은 등지수를 보였다(그림 1-2-12). 2023/24년 아델리펭귄의 번식쌍은 이전 번식시기인 2022/2023에 비해 약 150쌍 증가한 26,392쌍으로 확인되었다(그림 1-2-13, 그림 1-2-14).

표 1-2-1. Inexpressible Island 아델리펭귄 개체군 변동

조사년도	등지수	출 처
1982	9,217	Woehler & Croxall, 1998
1983	17,120	He et al. 2017
1984	24,864	Lyver et al., 2014
1986	19,974	Lyver et al., 2014
1987	28,047	Lyver et al., 2014
1989	23,528	Lyver et al., 2014
1991	20,029	Lyver et al., 2014
1992	20,881	Lyver et al., 2014
1993	22,336	Lyver et al., 2014
1998	19,938	Lyver et al., 2014
2001	27,967	Lyver et al., 2014
2002	18,313	Lyver et al., 2014
2005	33,968	Lyver et al., 2014
2006	27,347	Lyver et al., 2014
2012	24,450	Lyver et al., 2014
2013	36,117	Lyver et al., 2014
2017	25,089	환경부(극지연구소) / 항공촬영 분석
2018	37,161	환경부(극지연구소) / 항공촬영 분석
2019	29,899	환경부(극지연구소) / 항공촬영 분석
2021	30,181	환경부(극지연구소) / 항공촬영 분석
2022	26,240	환경부(극지연구소) / 항공촬영 분석
2023	26,392	환경부(극지연구소) / 항공촬영 분석

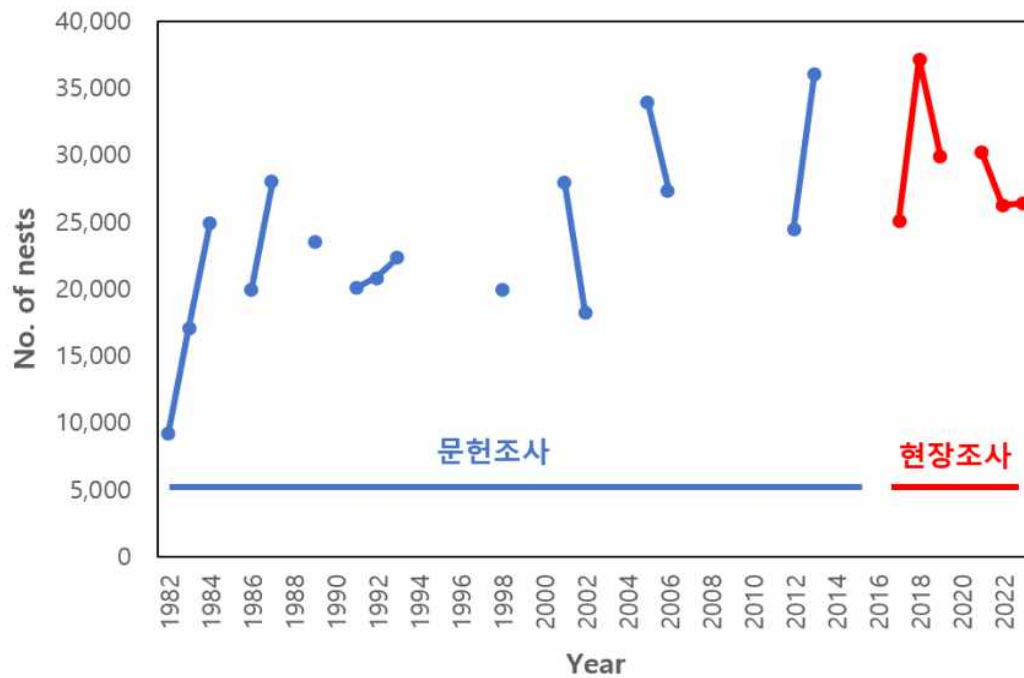


그림 1-2-12. 인익스프레시블섬에서 번식하는 아델리펭귄의 둥지수 변화



그림 1-2-13. 인익스프레시블섬에서 포란중인 아델리펭귄

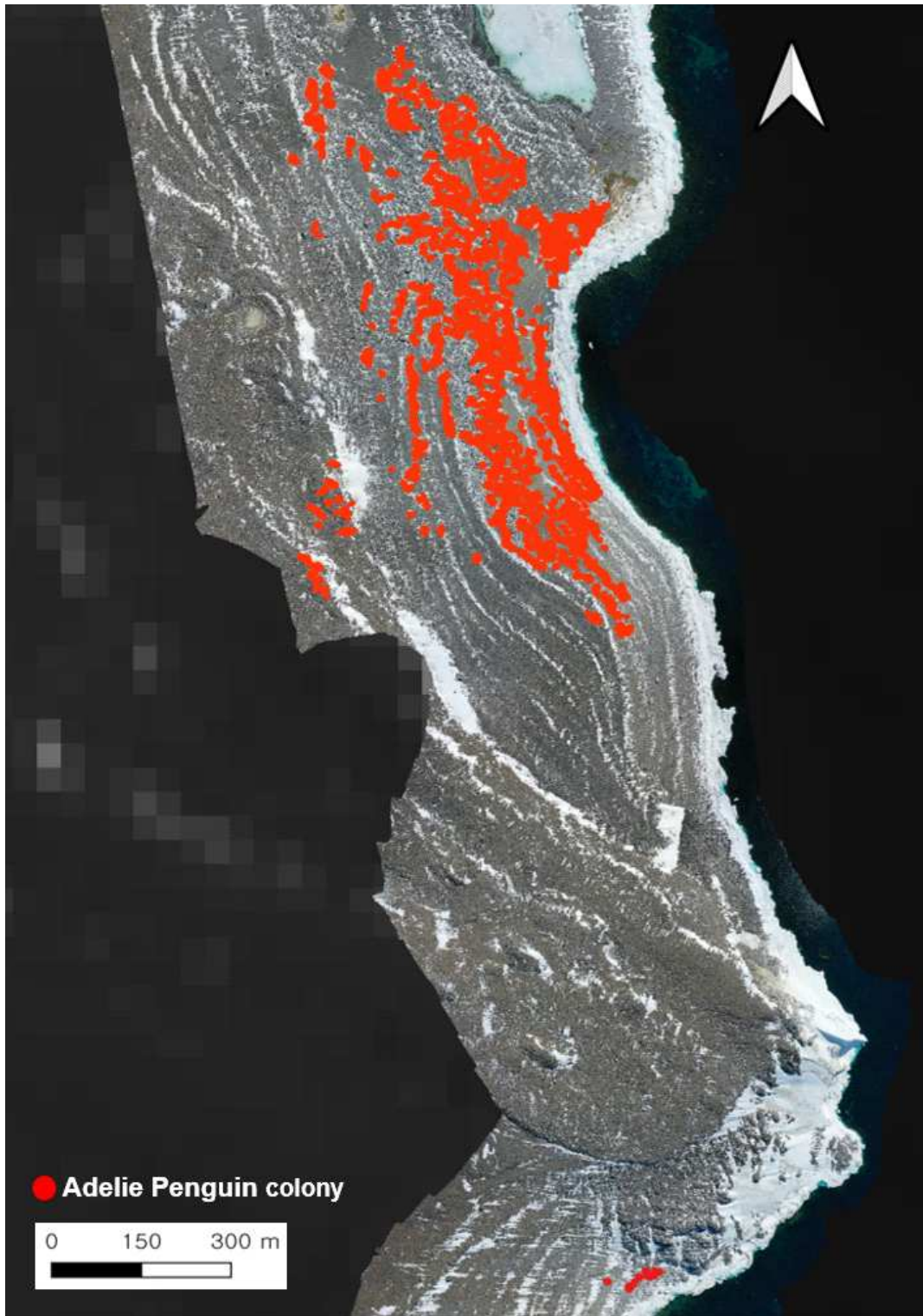


그림 1-2-14. 인익스프레스블섬에서 번식하는 아델리펭귄의 번식둥지 분포

인익스프레스블섬(ASPA No. 178)에서 번식하는 아델리펭귄의 새끼수 산출을 위하여 보육원이 형성된 시기인 2024년 1월 16일에 항공촬영을 실시하였다(그림 1-2-15). 그 결과 2023/24년에는 총 22,864의 새끼를 확인하였으며, 이는 2022/23년의 19,227보다 3,637의 새끼가 증가한 것으로 나타났다. 하지만 본 연구에서 수행한 과거 조사결과와 비교하였을 때, 인익스프레스블섬의 아델리펭귄 새끼수는 2018/19년 44,845, 2019/20년 31,969, 2021/22년 29,756로 두 번째로 적은 새끼수로 확인되었다(표 1-2-2).

또한 2023/24년 등지당 이소 새끼수(새끼수/등지수)는 0.87로 확인되었으며, 총 26,392개의 등지에서 2,2864의 새끼가 이소하여 등지당 0.87가 보육원에 가입한 것으로 나타났다. 과거 번식 조사결과와 비교하였을 때, 2022/23년의 등지당 이소 새끼수(0.73)에 비해 증가하였으나, 2018/19년 1.21, 2019/20년 1.07, 2021/22년 0.96로 새끼수와 마찬가지로 두 번째로 적은 등지당 이소 새끼수를 기록하였다(표 1-2-2).

표 1-2-2. 인익스프레스블섬에서 번식한 아델리펭귄의 새끼수 및 등지당 이소 새끼수

항공촬영일	새끼수	등지당 이소 새끼수(새끼/등지)
2019/01/11	44,845	1.21
2020/01/21	31,969	1.07
2022/02/02	29,756	0.96
2023/01/21	19,227	0.73
2024/01/16	22,864	0.87



그림 1-2-15. 인익스프레스블섬 아델리펭귄 새끼의 보육원

인익스프레스블섬 아델리펭귄의 번식지표 및 군서지 주변 환경 파악을 위하여 무인카메라를 설치하고 획득한 사진을 분석하였다. 이중 South Bay의 번식소집단 주

변에 설치한 무인카메라에 촬영된 사진을 바탕으로 아델리펭귄의 번식지 도래일과, 산란시기, 부화시기, 보육원 형성시기를 파악하였다. 그 결과 아델리펭귄의 번식지 도래일은 2023년 10월 20일, 산란일은 2023년 11월 19일로 확인되었다. 그리고 첫 부화일은 2023년 12월 13일과 12월 17일, 12월 18일로 평균 12월 16일로 나타났으며, 첫 보육원 형성일은 2024년 1월 8일과 1월 9일, 1월 11일로 평균 1월 9.3일로 확인되었다(그림 1-2-16). 또한, 무인카메라를 통하여 번식지에 강설이나 강풍 발생 등의 환경 요인의 변화에 대해서도 확인할 수 있었다.



그림 1-2-16. South Bay에 설치한 무인카메라에 확인된 아델리펭귄의 번식지표: 번식지 도착(왼쪽 위), 산란(오른쪽 위), 부화일(왼쪽 아래) 및 보육원 형성(오른쪽 아래)

Seaview Bay에 설치된 무인카메라를 이용하여 모니터링한 결과에서도 시기별 아델리펭귄의 도래일과 도거일을 비교적 정확하게 파악할 수 있었으며, 번식지의 전반적인 상황과 번식지 주변 환경도 모니터링 가능하였다. 2023년 2월 말에 촬영된

사진을 확인한 결과 대부분의 아델리펭귄이 번식지를 떠난 것을 확인할 수 있었으며, 3월 말 사진에서는 해빙이 생성되고 있는 것을 확인하였다. 그리고 2023/24 시즌에 무인카메라에 촬영된 10월 말 사진에서 일부 아델리펭귄들이 번식지로 도래한 것을 확인하였으며, 11월 말에는 대부분의 아델리펭귄이 둥지를 형성하고 산란한 것을 확인하였다 (그림 1-2-17).

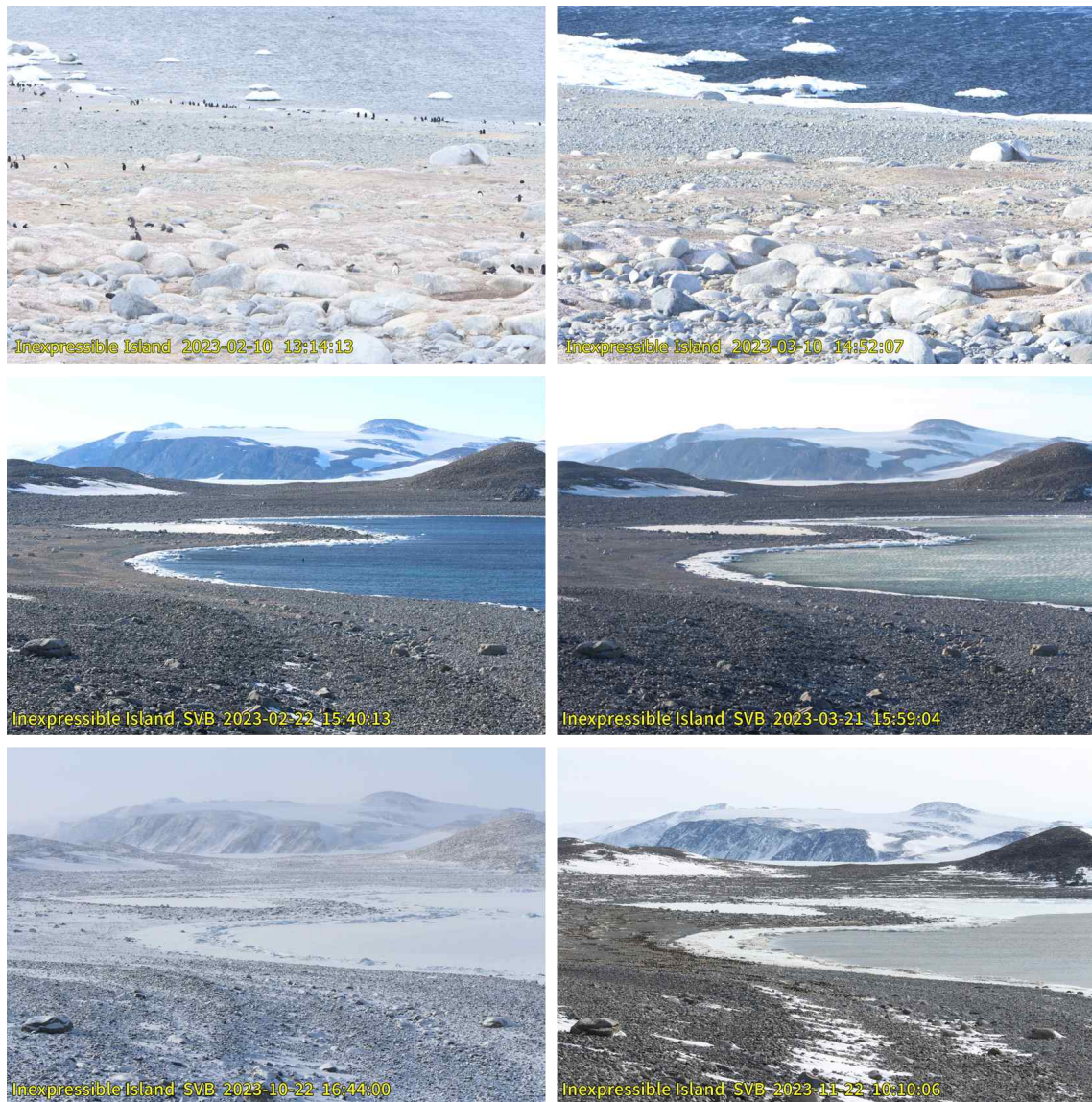


그림 1-2-17. Seaview Bay에 설치한 무인카메라에 확인된 번식지 및 주변환경

2023/24년에 관찰된 조사결과와 기존의 조사결과를 비교한 결과, 전반적으로 인익스프레시블섬의 아델리펭귄 개체군은 지속적으로 감소하는 추세를 보이는 것으로 나타났다. 아델리펭귄의 번식지표 중 둥지수와 새끼수, 둥지당 이소 새끼수 모두 감소하는 것으로 확인되어 지속적인 모니터링이 필요할 것으로 생각된다. 이러한 감소요인으로는 현장상황에 따른 조사강도와 둥지 주변을 맴도는 남극도독갈매기에

의한 포식에 영향을 받는 것으로 판단된다. 그리고 번식지에 발생하는 강설이나 강풍 등의 환경요인도 아델리펭귄의 번식포기 및 실패를 유발하는 것으로 추정된다 (그림 1-2-18). 따라서 아델리펭귄 번식지 모니터링 시 현장상황, 드론촬영 시기 및 환경 등 다양한 요인을 고려하고 표준화하여 중장기적인 모니터링이 필요할 것으로 판단된다.



그림 1-2-18. 아델리펭귄 번식지에 발생한 강설 및 강풍

다. 보호구역 기타 동물상의 개체군 변동 모니터링

(1) 남극도독갈매기 번식생태 모니터링

1980년대에 인익스프레시블섬에는 남극도독갈매기가 약 60쌍 번식하는 것으로 보고되었다. 2023/24년 남극도독갈매기의 번식생태 모니터링을 위해서 인익스프레시블섬의 남극도독갈매기의 둥지 및 새끼 조사를 실시하였다. 2023년 11월 22일, 12월 2일, 12월 11일에 남극도독갈매기의 둥지 조사를 실시하였으며, 둥지 발견 시 GPS 위치를 기록하고 알의 개수를 확인하였다. 2023년 12월 28, 12월 31일, 2024년 1월 9일, 1월 10일, 1월 16일, 1월 23일, 1월 24일, 2월 1일에 남극도독갈매기의 새끼수 조사를 실시하였으며, 새끼 발견 시 포획하여 오른쪽 발목에 플라스틱 가락지를 부착하였다(그림 1-2-19). 그리고 조사된 둥지 수 및 새끼수를 바탕으로 둥지당 이소 새끼수(새끼수/둥지수)를 산출하였다.



그림 1-2-19. 익스프레시블섬의 남극도독갈매기 번식생태 조사: 알(왼쪽 위), 부화(오른쪽 위), 부모와 새끼(왼쪽 중간), 남극도독갈매기 새끼(오른쪽 중간), 가락지부착한 새끼(왼쪽 아래), 이소하여 비행중인 새끼(오른쪽 아래)

인익스프레스블섬의 남극도독갈매기 번식 현황을 조사한 결과, 총 73쌍의 남극도독갈매기가 남극특별보호구역 내 번식하는 것으로 확인되었다. 이는 2022/23년에 비해 22쌍이 증가한 수치이며, 가장 많은 둥지수가 확인되었다. 인익스프레스블섬의 남극도독갈매기 둥지는 대부분 펭귄 번식집단 경계를 따라 형성된 것을 확인하였다. 2023/24년에 관찰된 73 둥지는 모두 Seaview Bay에서 확인되었으며, South Bay에서 남극도독갈매기 둥지는 확인하지 못하였다(그림 1-2-20). 인익스프레스블섬에서 남극도독갈매기 번식쌍수는 최대 60쌍까지 관찰 되었으나, 최근 조사에서 약 30여 쌍으로 감소하였던 것으로 보고되었다. 2021/22년 42쌍과 2022/23년 51쌍, 2023/24년 73쌍을 확인하여 증가하는 추세이나 변동이 심할 것으로 확인되어 아델리펭귄과 주변 환경 등을 고려하여 장기적인 모니터링이 필요할 것으로 생각된다.



그림 1-2-20. 인익스프레시블섬의 아델리펭귄 및 도둑갈매기 둥지 분포

남극도둑갈매기의 번식 지표는 현장조사 시 확인된 둥지수와 새끼수를 바탕으로 둥지당 이소 새끼수(새끼수/둥지수)를 산출한 결과, 총 35의 새끼가 확인되었으며 번식성공율은 0.48로 나타났다(표 1-2-3). 남극도둑갈매기의 낮은 번식성공률은 낮은 산란, 동종포식, 형제살해, 날씨 등의 환경요인에 따른 것으로 보고되었다(Pezo et al., 2001). 본 연구에서 2022/23년에 비하여 둥지수가 증가한 반면에 번식성공률은 상대적으로 낮게 확인되었는데 이는 번식기간 중 강풍과 강설 등의 환경요인으로 인한 것으로 추정된다. 이와 같은 혹독한 환경요인은 무인카메라에 촬영된 사진에서도 확인할 수 있었다(그림 1-2-18).

또한, 인익스프레시블섬의 남극도둑갈매기 번식성공율을 다른 지역과 비교하였을 때, Ross Island 보다는 높은 편이며(Cape Crozier: 0.33, Cape Bird: 0.38; Wood

1971, Hagelin and Miller 1997), Cape Hallett 보다는 다소 낮은 것으로 보고되었다(>0.7 ; Trillmiach 1978). 이는 번식성공율이 높은 지역의 남극도독갈매기가 아델리펭귄 번식집단 주변에 세력권을 형성하여 높은 영양의 먹이원을 지속적으로 공급할 수 있었으며, 번식지 주변의 해빙이 상대적으로 빨리 녹아 해양성 먹이원을 취식하기 용이하기 때문인 것으로 생각된다.

표 1-2-3. 연도별 남극도독갈매기 번식 지표

조사년도	등지수	새끼수	등지당 이소 새끼수(새끼/등지)
2021/22	42	22	0.52
2022/23	51	32	0.63
2023/24	73	35	0.48

(2) 월별 조류 및 기각류 모니터링

2023/24년 인익스프레스리블섬 방문 시 도보로 이동하며, 쌍안경(8×21)과 육안을 통해 조류와 기각류를 관찰하고 기록하였다. 현장조사는 2023년 11월부터 2024년 2월까지 총 17회 방문하였으며, 그 중 6일의 연구캠프가 포함된다. 현장조사 시 관찰된 조류와 기각류 종은 월별로 정리하였으며, 기각류의 경우 월별 최대 개체수를 조사하여 기록하였다.

인익스프레스리블섬의 조류상 조사 결과, 아델리펭귄과 남극도독갈매기 2종의 번식 조류와 월슨바다제비, 황제펭귄 등 총 4종을 확인하였다(표 1-2-4, 그림 1-2-21). 월슨바다제비는 12월에 아델리펭귄 번식지 주변 해안가에서 1개체가 1회 관찰되었고, 황제펭귄의 경우 미성조 1개체가 육상에 올라와 털갈이 중인 것을 2월에 1차례 관찰하였다. 기각류는 웨델물범, 표범물범 2종을 확인하였으며, 2023/24년에는 게잡이 물범은 관찰되지 않았다(그림 1-2-22). 웨델물범의 경우 당해 태어난 새끼들의 모습도 관찰되었다. 표범물범은 해안가에서 펭귄을 사냥하는 모습이 반복적으로 관찰되었으며, 그 외 시간에는 해빙 위에서 휴식을 취하는 것을 확인하였다.

표 1-2-4. 인익스프레스리블섬에서 관찰된 조류 및 포유류

조류					
국명	학명	11월	12월	1월	2월
아델리펭귄	<i>Pygoscelis adeliae</i>	○	○	○	○
남극도독갈매기	<i>Stercorarius maccormicki</i>	○	○	○	○
월슨바다제비	<i>Oceanites oceanicus</i>		○		
황제펭귄	<i>Aptenodytes forsteri</i>				○
기각류					
국명	학명	11월	12월	1월	2월
웨델물범	<i>Leptonychotes weddellii</i>		8	12	8
표범물범	<i>Hydrurga leptonyx</i>		2	2	

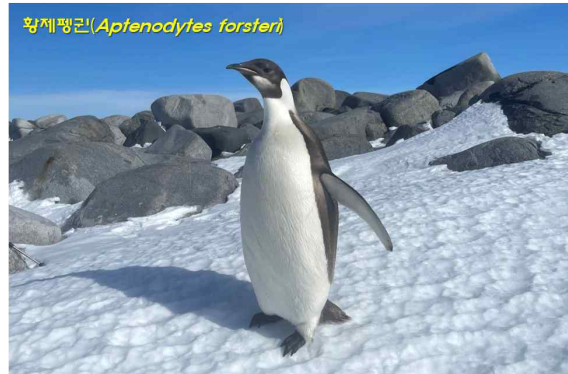


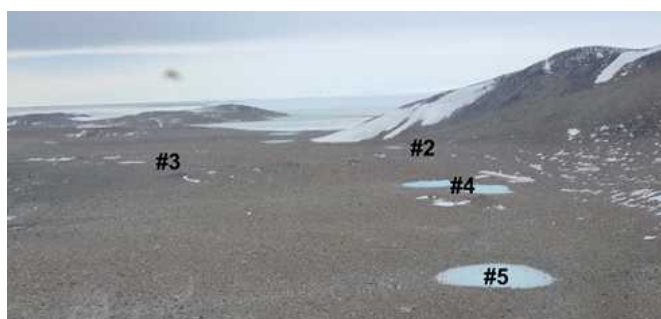
그림 1-2-21. 인익스프레스블섬에서 관찰된 조류 4종



그림 1-2-22. 인익스프레스블섬에서 관찰된 기각류 2종: 웨델물범(위), 표범물범(아래)

라. 보호구역 담수생태계 다양성

인익스프레시블 섬에는 다양한 환경 구배가 이루어져 있을 것으로 추정되는 담수호가 다수 존재하며, 이러한 호수는 남극 육상생태계에서 생물 다양성 및 생태계 순환적 측면에서 과학적 연구 가치가 크다. 따라서 인익스프레시블 섬의 보호구역 내 담수호 2개와 기수호 1개, 보호구역 외 담수호 4개를 장기 모니터링 연구 지역으로 선정하고, 2022년 1월 현장 조사를 실시하여 각 호수별 2L의 물 시료 확보 및 4개 호수에서 퇴적물 시료를 확보한 바 있다(그림 1-2-19). 이들 7개 호수의 물 및 퇴적물 시료에 대하여 지난해 16S rRNA (ribosomal RNA) 와 ITS (Internal Transcribed Spacer) 유전자를 이용하여 미생물과 진핵생물 군집분석을 실시하였으며, 올해에는 동물을 포함한 보다 다양한 진핵생물 분류군에서의 종 다양성을 조사하기 위해 18S rRNA 유전자의 v4 부위를 타겟으로 메타바코딩 분석을 진행하였다.



연구지역 호수 분포1

Sites	Latitude	Longitude
#002	74° 54'29.55"S	163° 41'8.78"E
#003	74° 54'0.34"S	163° 42'21.43"E
#004	74° 53'33.96"S	163° 41'47.82"E
#005	74° 53'18.69"S	163° 42'22.7"E
#006	74° 53'0.41"S	163° 43'2.05"E
#007	74° 53'22.06"S	163° 44'39.8"E
#008	74° 53'45.29"S	163° 43'59.98"E

연구지역 호수 정보



연구지역 호수 분포2



기수호 (#008) 내
퇴적 유기물 (drift algae)

그림 1-2-23. 인익스프레시블섬 연구 지역의 호수 분포 및 사진

개별 증폭체 서열 변이체 (Amplicon Sequence Variant, ASV)를 구축한 결과 평균 길이 416bp의 총 4,460개 ASV가 확인되었다. ASV 개수로 확인한 종 풍부도는 #004, 005, 006 호수에서는 물에 비해 퇴적물에서, #007, 008 호수에서는 퇴적물에 비해 물에서 높게 나타났다. 종 풍부도와 종 균등도를 함께 대변하는 Shannon과 Simpson Index 분석 결과, 가장 높은 다양성을 보인 시료는 #006 호수의 퇴적물이었고 가장 낮은 다양성은 #008 호수의 퇴적물 시료로, 두 시료간 다양성은 2배 이상 차이를 보였다(표 1-2-5).

BLAST identity 97% 기준으로 분류군을 할당하여 각 호수별 군집구조를 분석해본 결과, #002, 006 호수 물에서는 Cryptophyceae (은편모조류)가, #003, 004, 005 호수 물에서는 Rotifera (윤형동물)가, #005, 006 호수 퇴적물에서는 Cercozoa (아메바편모충류)가 우점하고 있었고, #007, 008 호수에서는 물과 퇴적물 시료 모두에서 Chlorophyta (녹조류)가 우점하는 등, 호수별 종다양성과 군집구조 차이가 크게 나타남을 확인하였다(그림 1-2-24).

표 1-2-5. 각 호수의 진핵생물 다양성 index

Sample	Observed ASV	Shannon index	Simpson index
IEX_W002_18S	559	5.03	0.9
IEX_W003_18S	497	5.42	0.95
IEX_W004_18S	533	6.03	0.96
IEX_S004_18S	879	8.26	0.99
IEX_W005_18S	460	5.67	0.95
IEX_S005_18S	761	8.38	0.99
IEX_W006_18S	632	6.24	0.97
IEX_S006_18S	679	8.43	0.99
IEX_W007_18S	723	6.56	0.97
IEX_S007_18S	640	7.13	0.98
IEX_W008_18S	294	4.35	0.91
IEX_S008_18S	176	3.78	0.85

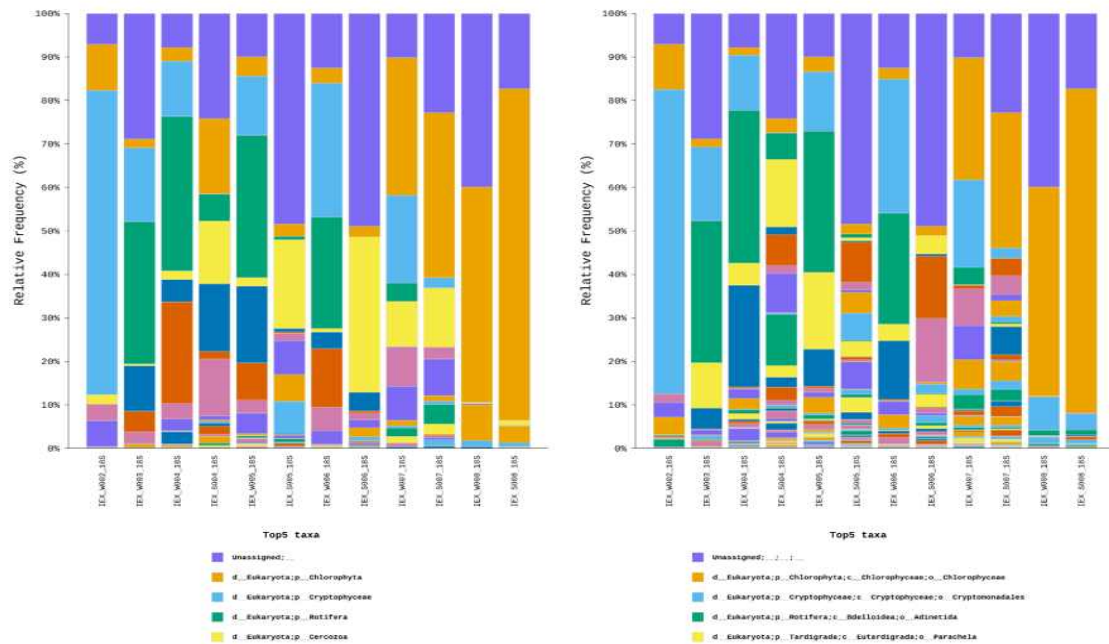


그림 1-2-24. 각 호수의 Phylum level(좌)과 Order level(우)에서 진핵생물 군집 분포도

전체 호수에서 나타난 동물 분류군을 살펴본 결과, Arthropoda (절지동물), Mollusca (연체동물), Nematozoa (선형동물), Platyhelminthes (편형동물), Rotifera (윤형동물), Tardigrada (완보동물), Vertebrata (척추동물)를 포함한 총 7개 문에 속하는 18종이 확인되었으며, 한 가지 주목할 만 한 점은 #008 호수에서는 동물 분류군이 전혀 확인되지 않았다는 점이다. 기수호인 #008 호수에는 육안으로 확인 가능할 만큼 많은 조류가 퇴적되어 있었고(그림 1-2-19), 유전자 데이터 분석 결과에서도 녹조류인 *Chlamydomonas* sp.가 80% 이상을 차지하고 있었다. 이러한 특정 종의 대량 증식은 종다양성에 영향을 미치게 되므로 다른 호수와 군집구조에 차이를 가져왔을 수 있으나, 우점종에 의한 시퀀싱 bias 가능성도 배제할 수 없다. 따라서 동물 특이적으로 사용되는 미토콘드리아 COI 유전자를 이용한 메타바코딩 분석을 추가로 진행하여 18S rRNA 유전자 결과와 비교할 계획이다.

제 2 절 장보고기지 기반 보호구역의 보호가치 모니터링

2. 공동제안국간 국제협력 관계 구축

가. 연구 및 지원 협력체계 구축

인익스프레스블섬 및 씨뷰만 보호구역(ASPA No. 178)은 우리나라, 중국, 이탈리아가 공동으로 관리하는 보호구역으로 보호가치의 모니터링과 해당 구역에서만 수행 가능한 연구활동을 위해 3국간 협력체계 구축이 필요하다. 특히 인익스프레스블섬에 연중 운영할 월동연구기지를 건설하고 있는 중국과의 지원 협력을 통해 안전 캠프의 구축 지원과 우리 연구팀의 안전 확보 및 향후 활발한 연구 협력을 진행할 수 있을 것으로 예상된다. 2022년 5월 23일부터 27일까지 열린 제24차 환경보호위원회(CEP)를 통해 3국간 네트워크 구축을 논의하고자 하였으나, 이탈리아와 중국의 대표단 사정으로 만남이 이루어지지 못하였다. 이에 우리 연구팀은 제45차 ATCM과 함께 2023년 5월 28일부터 6월 2일까지 핀란드 헬싱키에서 개최될 예정인 제25차 CEP 기간에 보호구역 관리와 모니터링을 위한 협력체계 구축과 관련하여 논의할 것을 요청하였고, 5월 31일 CEP 회의 일정 종료 후 3국간 회의를 주도하였다.

우리 대표는 회의에서 ASPA 178 관리그룹 구축을 제안하였고 매년 ATCM 회의 기간을 활용하여 정기적인 관리그룹 회의를 통해 보호구역에서의 활동 정보 및 현안 사항, 협력 사항 등을 공유하는 데 합의하였다.

나. 관리계획 개정에 대비한 업무 분장 협의

ASPA No. 178의 관리계획(measure 21)은 제5부속서 제6조 3항에 따라 5년마다 재검토를 통해 필요시 개정되거나 수정사항이 없을 경우 이를 ATCM에 보고하고 기존의 관리계획을 유지하게 된다. 해당 관리계획의 첫 검토 결과는 2026년 일본에서 개최될 예정인 제28차 제출하여 CEP의 심의를 통해 제48차 ATCM의 승인을 획득하는 절차를 거쳐야 한다. 이를 위해 우리나라를 포함한 제안국들은 관리계획에 제시한 보호가치를 모니터링하고 그 보호가치의 유지 여부와 관리계획의 실효성 등을 검토하여야 한다. ASPA No. 178의 관리계획에 제시된 보호 대상 가치는 과학적 가치와 생태적 가치로 다음 6가지로 구분될 수 있다.

- ① 아델리펭귄 개체군
- ② 아델리펭귄 미라 및 펭귄서식지 과거 퇴적물
- ③ 남극도둑갈매기 개체군

- ④ 폴리나 지역의 해양생태계
- ⑤ 펭귄 군서지 내외의 담수호의 독특한 군집 특성
- ⑥ 홀로세 기후변화 연구에 적합한 독특한 지리적 특성

우리나라 연구팀은 본 과업을 통해 ① 아델리펭귄 개체군, ③ 남극도독갈매기 개체군, ⑤ 펭귄 군서지 내외의 담수호의 독특한 군집 특성을 수행 중으로 ASPA No. 178의 생태적 가치 모니터링을 중점적으로 수행하고 있다. 우리 연구팀은 중국과 이탈리아의 CEP 대표단에게 ASPA No. 178에서 2022/23년 하계기간 동안 조사한 항목들에 대해 공유하고 이를 토대로 25차 CEP 회의 시 논의할 것을 제안하였다.

그 결과, 지난해 5월 28일부터 1주일간 개최된 25차 CEP 회의 기간 중 우리 CEP 대표 주제로 ‘ASPA 178 관리그룹’을 결성하고 첫 회의를 가졌으며 각국의 활동 사항을 공유하였다.



그림 1-2-25. ASPA No. 178의 공동제안국 한국, 중국, 이탈리아의 CEP 대표단 회의(2023.05.31., 헬싱키, 제1회 ASPA 178 관리그룹 회의)

(1) 각국의 2022/23 시즌 활동 정보

○ 한국의 연구 및 모니터링 활동과 내년도 계획

A. 2022/23 시즌 연구 및 모니터링 활동

- 아델리펭귄: 번식생태 모니터링, 로거를 활용한 섭식행동 추적, 먹이원 연구, 개체군 변동 연구 수행
- 남극도독갈매기: 번식개체군 모니터링, 로거를 활용한 섭식행동 추적, 먹이원 연구
- 기각류: 기각류 종과 개체군 모니터링, 먹이와 먹이활동 연구

- 호수 미생물 연구: 담수 생태계 다양성 연구 수행
- B. 다음 시즌 계획
 - 대부분 이번 시즌과 동일한 항목에 대해 연구하고자 함
- 이탈리아의 연구 및 모니터링 활동과 내년도 계획
 - A. 2022/23 시즌 연구 및 모니터링 활동
 - 먹이망을 구성하는 요소들을 판별하기 위한 안정동위원소 분석을 활용한 연구 진행
 - 생물계와 비생물계에서 오염 연구를 위한 각각의 프로젝트 수행
 - B. 다음 시즌 계획
 - 아직까지 다음 시즌 현장 연구활동 계획 없으나, 연구는 지속할 예정
- 중국의 연구 및 모니터링 활동과 내년도 계획
 - A. 2022/23 시즌 연구 및 모니터링 활동
 - 아델리펭귄 개체군 연구 수행
 - 남극도독갈매기 개체군 연구 수행
 - 호수 및 수생 생태계 연구 진행
 - B. 다음 시즌 계획
 - COVID-19와 신기지 건설로 연구활동에 제한이 많았음
 - 향후 관련 연구를 지속할 계획임

이탈리아 연구팀의 경우 자국 연구팀의 상황에 따라 ASPA 178 관리계획에 따른 보호가치 모니터링 보다는 오염물질 모니터링을 수행하고 있으나 관리계획 초안 작성 당시 보호구역의 폴리나 생태계에 관심을 보인 바 있어 향후 연구 범위를 넓힐 가능성은 있으나 당분간은 확장 계획이 없는 것으로 보인다. 중국의 경우 우리나라 연구팀이 수행하고 있는 항목들과 상당히 중복되고 있어 각국의 중점 항목을 정리하자고 제안하였으나 인익스프레스블섬 현장의 환경 조건에 따라 한 연구팀이 달성할 수 있는 성과가 제한적이므로 이 구역의 보호가치 모니터링을 제대로 수행하기 위해서 동일 항목에 대한 조사가 필요한 점에 동의하였다. ASPA 178 관리그룹 첫 번째 회의에서 합의한 사항은 아래와 같다.

- ① 매년 ATCM에서 정기적인 관리그룹 회의를 하기로 함
- ② ASPA 178에 대한 다음 시즌 연구와 모니터링 활동에 대해 미리 공유함
- ③ 3국이 업무 분장을 하는 것보다는 현장 환경 조건에 따라 각국 연구팀의 활동을 완수하기 어려울 수 있으므로 각국이 획득한 자료를 공유하기로 함
- ④ ASPA 178 관리계획 이행과 검토에 있어서 각국의 남극 환경과 관련된 문제들을 공유하기로 함
- ⑤ 테라노바 지역에서 3국의 활동지역이 중복되므로 안전을 위해 헬리콥터 및 무인기 운항에 대한 정보를 공유하기로 함. 국가남극프로그램운영자회의(COMNAP)에서 각국 대표들이 해당 문제를 논의하도록 전달하기로 함

제 2 장

남극특별보호구역 및 남극기지 환경관리 기반 구축 및 시행 관리

제 1 절 인익스프레스시블섬 보호구역의 안전캠프 구축

1. 현장조사 안전성 확보를 위한 기반 구축

가. 2차년도 구축 현황

인익스프레스시블섬 ASPA No. 178 지역의 보호가치를 장기적으로 모니터링하기 위해서는 최소한 매년 2회, 각 5일 이상의 연구 캠핑이 진행되어야 한다. 인익스프레스시블섬의 연평균 풍속은 14.2 m/s로, 강풍 또는 블리자드와 같은 기상 문제에 따른 헬기 이동 제한이 자주 발생하는 지역이다. 이 지역의 장기 모니터링을 위해서는 안전하고 효율적인 연구 캠프의 운영이 필수적이다. 현장 환경 조건을 고려하여 연구원의 안전과 연구의 연속성 확보를 위해서도 연구장비 및 일부 캠핑 물자를 보관할 수 있는 공간을 확보해야 한다.

지난 2021/22 시즌과 2022/23 시즌에 연구 캠프를 위해 설치하였던 텐트가 강풍에 손상된 바 있으며, 중국이 자국의 다섯 번째 월동기지(친링기지, 2024년 2월 7일 개소)에서 접근이 용이한 South Bay 인근에 설치한 애플돔도 강풍에 손상된 바 있다.

이에 지난해 장보고기지에서 접근성이 용이하고 아델리펭귄 주요 번식지가 위치한 Seaview Bay 보호구역 북동쪽 경계면의 해안선 인접지역에 안전 연구캠프 후보지를 선정하였다. 선정된 후보지는 서쪽 언덕이 강풍을 막아주고 큰 바위가 없이 넓은 평지를 이루어 헬리콥터 착륙이 가능한 장점도 있지만, 과거 탐험대가 머물렀던 얼음집의 유적(HSM 14, Campbell's Igloo)을 보기 위해 유람선을 타고 방문하여 상륙하는 관광객들의 이동로에서 가까워 캠프 구축시 보호구역 경계에 대한 이정표가 될 수 있다(그림 2-1-1~2-1-4). ASPA No. 178은 눈에 띄는 지형에 의해 경계가 구분되지 않아 GPS가 없는 경우 실수로 보호구역 내로 진입할 가능성이 높다. 안전 캠프 후보지는 우리나라가 설치할 반영구 모듈을 통해 관광객들을 포함한 방문객들에게 보호구역 경계를 알릴 수 있고 우리나라의 남극환경보존 노력을 홍보할 수 있는 장점을 가지고 있다. 안전 캠프의 반영구 모듈은 보호구역 외부에 위치하지만 ASPA No. 178의 관리계획에 따라 설치물에 대해 요구하고 있는 정보를 현장 구축 완료 시 현판에 표시하였다(그림 2-1-5).

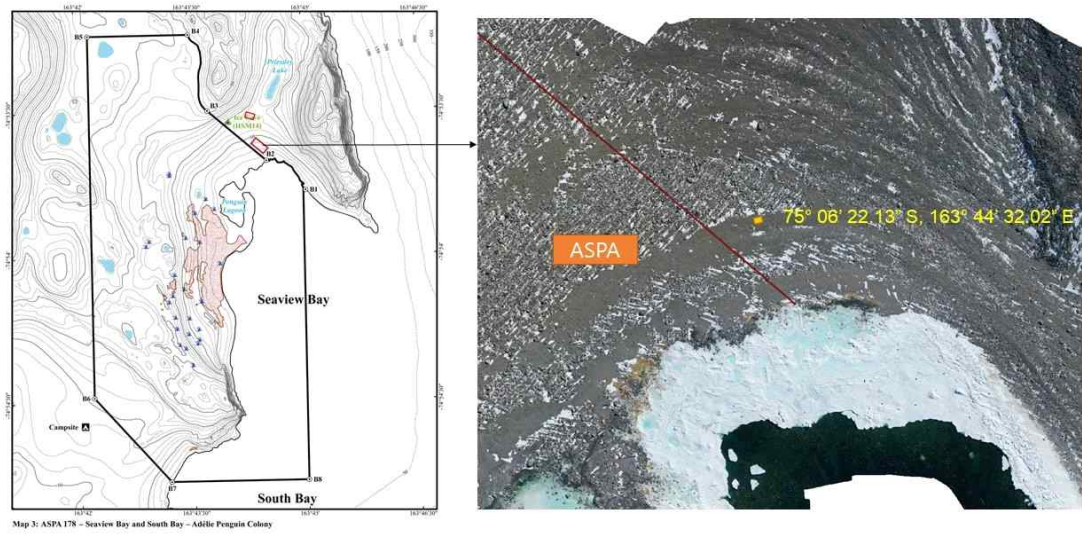


그림 2-1-1. 안전 연구캠프 구축 후보지 위치와 항공 사진

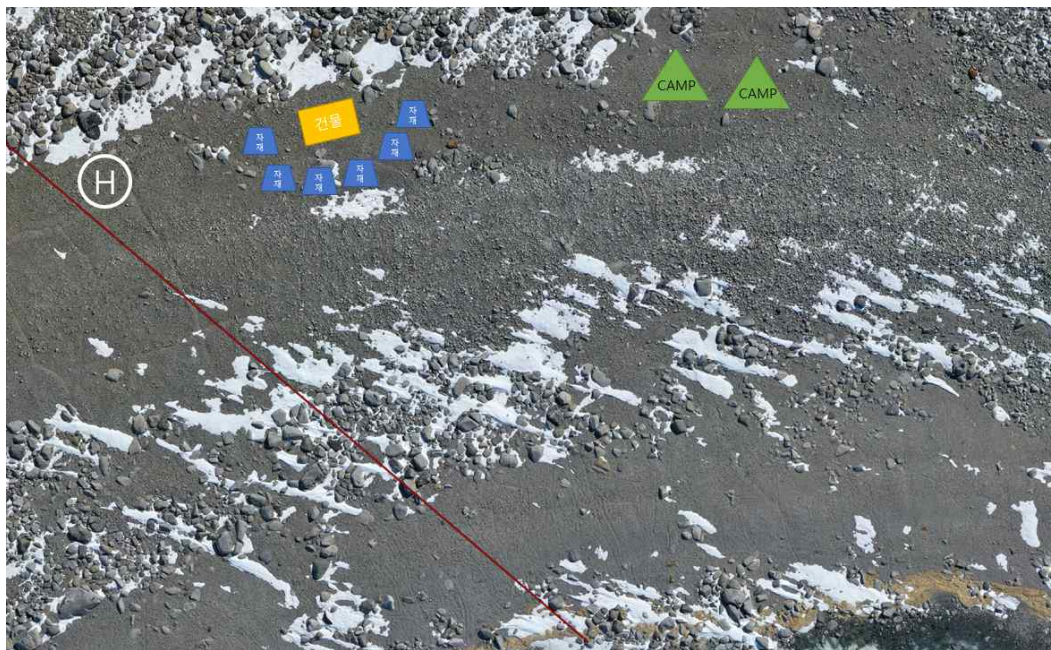


그림 2-1-2. 안전 캠프 구축 후보지에 반영구 안전모듈 설치 시 현장 배치 계획



그림 2-1-3. ASPA No. 178 동쪽 경계 주변에 있는 HSM 14.



그림 2-1-4. 안전 캠프 구축 후보지에 현장조사를 위해 설치한 임시캠프 (2024년 1월).



그림 2-1-5. 안전 캠프 구축 시 모듈 외부에 부착을 위해 제작한 현판

안전 모듈의 규모는 약 4 m x 6 m x 3 m이며, 지붕에 태양광 패널(용량: 약 3 kW)을 부착하여 사용 시 효율적인 에너지 공급과 유류 소모로 인한 환경 영향을 최소로 할 수 있도록 제작되었으며, 2022년 10월 화물선 선적 이전에 조심 시험을 실시하고 문제점을 보완한 하였다. 화물선 이동 시 남극해의 거친 해상에서 자재의 안전을 확보할 수 있도록 자재별 포장 방법을 달리 적용하였고, 남극 현장에서 헬기 운송을 위해 남극장보고기지지에서 임차하여 사용하고 있는 헬기(AS 350)의 운송 능력을 고려하여 500 kg 이하 단위로 포장하였다. 2022/23 시즌에는 모듈 설치에 필요한 대부분의 자재를 극지연구소에서 장보고기지 증축을 위해 임차한 화물선에 선적하여 장보고기지까지 운반할 계획이었으나, 기지 앞 해빙(sea ice)이 예년에 비해 매우 이른 시기에 깨져나가 해빙 위로의 하역이 불가능하였다. 건설자재를 적재한 화물선은 화물을 실은 채 뉴질랜드 크라이스트처치로 회항하였으며 자재는 크라이스트처치 리틀톤항에 일시 보관하였고 쇄빙연구선 아라온호 2항차에 안전 모듈 자재는 모두 다시 선적하여 현재 장보고기지에 보관 중이다.

당초 2023/24 하계시즌에 아라온을 이용하여 인익스프레시블섬 현장 바로 앞 해안까지 이동한 후 헬기 운송을 통해 안전하고 신속하게 설치할 수 있도록 계획이었으나, 장보고기지 증축 공사가 1년 더 연기되면서 2024/25년 하계 시즌에 안전 모듈 설치가 가능할 것으로 보인다.

2023/24 현장조사 기간 동안 장보고기지에 보관되어있는 자재들을 확인하고 다음 시즌 설치에 문제가 없도록 점검하였다.



그림 2-1-6. 장보고기지에 보관 중인 안전 캠프 모듈 점검. 3개의 컨테이너에 보관 중

나. 안전캠프의 공동활용을 위한 사용 매뉴얼 초안 작성

안전 캠프 모듈은 ASPA No. 178 경계 인근에 설치하는 만큼 ASPA 관리계획에 따른 환경 지침을 준수하여야 한다. 따라서 남극 현장 캠프에서의 환경지침은 ASPA No. 178의 관리계획과 남극조약 시스템 및 관련 기구(COMNAP, SCAR 등)에서 제공하는 다양한 환경 지침을 참고하여 지난해 ‘남극 현장 캠프 환경 및 안전 지침 _ASPA No. 178’의 국문 초안을 작성한 바 있다.

인익스프레시블섬 남극 현장 캠프에 반영구적으로 설치할 안전 모듈은 연구 활동을 수행하는 데 필요한 공간과 블리자드 등의 악기상 시 수일간의 대피에 필요한 장소로 사용될 예정이다. ASPA No. 178 구역의 생태적 보호가치를 모니터링하고 있는 국내 연구팀뿐만 아니라 주변 지역에서 활동하는 국내의 연구팀이 활용할 수 있도록 개방될 예정이다. 따라서 안전 캠프 사용 매뉴얼을 제공하여 안전 모듈의 활용도와 유지관리 효율을 높이하고자 한다. 사용 지침은 극지연구소에서 운영중인 ASPA No. 105 내에 위치한 Cape Hallett 안전 캠프의 예를 참고하여 작성하였고, 국문 초안을 바탕으로 국제 공동 활용을 위한 영문 초안을 작성하였다(부록 5). 작성된 지침 초안은 2024/25 하계시즌에 인익스프레시블섬 안전 모듈을 설치한 후에 해당 모듈에 맞게 수정할 예정이다.

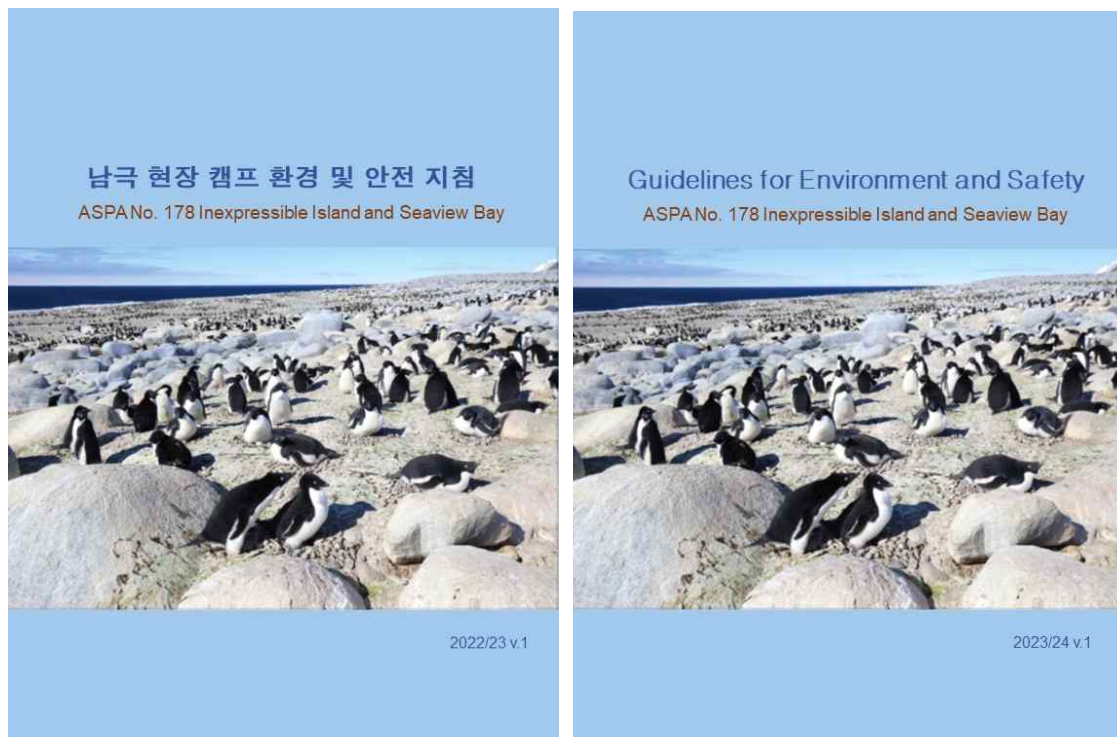


그림 2-1-7. ASPA No. 178 활동을 위한 남극 현장 캠프 환경 및 안전 지침 국영문 초안

제 2 절 남극특별보호구역 관리계획 이행 및 교육

1. 법적 근거 및 이행 현황

가. 보호구역 내 활동에 대한 법적근거

우리나라는 남극조약 및 ‘환경보호에 관한 남극조약 의정서(Madrid Protocol)’의 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’ (약칭 ‘남극활동법’) 중 남극특별보호구역에서의 활동에 대한 법적 근거는 제3장(남극 환경의 보호), 제14조(남극특별보호구역 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 남극조약협약당사국회의에서 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 승인

서 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 남극조약협약당사국회의에서 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 제14조 제2항의 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

(1) ASPA No. 171 나레브스키 포인트(펭귄마을)

세종기지 인근 펭귄마을 보호구역(ASPA 171)의 관리 목적은 해당 지역에 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 심

미적, 과학적 가치를 보호하는 것이다. 관리계획서 상에는 총 6개항의 관리활동이 명시되어 있으며, 이를 토대로 남극특별보호구역인 펭귄마을의 관리가 이행되었다. 관리계획서 상의 관리활동과 이에 관한 이행현황은 표 2-2-1에 나타나있다.

표 2-2-1. ASPA No. 171 관리계획서 내 관리활동과 이행현황

계획서 상의 관리활동	이행현황
•동 지역에 출입하고자 하는 사람은 자국 프로그램(또는 관할당국)의 특별 교육을 통해 관리계획 내용을 구체적으로 숙지해야 한다.	•출국 전 방문예정자 사전교육 및 세종기지 현장에서 보호구역 및 환경관리에 대한 재교육 실시
•보호구역 경계선의 적절한 위치에 출입 제한에 대한 내용이 명시되고 위치와 경계가 표시된 표지판을 설치하여야 한다.	•관리계획서상에 명시된 이동경로의 경계에 표지판 설치
•동 지역에 방문하는 모든 선박과 비행기에 관리계획서 사본을 비치하여, 선장과 비행사가 위치, 경계, 제한구역에 대해 숙지하고 출입할 수 있도록 한다.	•주변 기지 운영국을 비롯하여 항공기, 선박 운항 주체들에 대하여 지속적인 안내 및 정보 업데이트
•동 지역 내 설치되는 모든 표지판 뿐 아니라 과학 장비 및 표식물은 적절한 상태로 안전하게 유지되어야 한다.	•월동 및 하계연구원들에 의해 주기적으로 점검
•펭귄 및 기타 조류의 개체군 조사를 포함하여 해당 지역 내의 생물학적 환경에 대한 적절한 모니터링이 수행되어야 한다.	•보호구역 지정을 위한 예비조사(2006/07년) 이후로 매년 펭귄 및 조류의 동지수 및 번식생태조사
•동 지역 내 사용하지 않는 장비나 재료 등 폐기물은 가능한 빨리 제거해 보호구역의 환경과 가치를 훼손하지 않도록 해야 한다.	•철저한 폐기물 관리 진행
•동 지역이 지속적으로 보호구역으로 지정된 목적에 부합하는지, 유지 및 관리조치가 적정한지 평가하기 위해 필요한 경우(최소 5년에 1회) 동 지역을 방문해야 한다.	•매년 보호가치 모니터링 연구 수행 •구역 내 식생조사는 5년 주기로 조사
•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.	•2014, 2019년 두 차례에 걸쳐 관리계획 개정. 2024년 46차 ATCM (5/20-30일)에 개정관리계획제출 •독일 예나대학과 아들리섬 펭귄 모니터링 정보교환 및 비교분석

(2) ASPA No 178 인익스프레스리블섬 보호구역

인익스프레스리블섬 보호구역의 관리목적은 해당지역에 대해 인간에 의한 불필요한 교란을 차단함으로써 지역의 가치가 손상되거나 실질적인 위험에 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 보호구역의 관리가 이행되었다. 관리계획서 상의 관리활동과 이에 관한 이행현황은 표 2-2-2와 같다.

표 2-2-2. ASPA No. 178 관리계획서 내 관리활동과 이행현황

계획서 상의 관리활동	이행현황
•구역의 위치와 경계를 표시하는 표지판 (적용되는 특수 제한사항 명시)은 양호한 상태로 확보 및 유지하며, 더 이상 필요치 않은 경우 제거한다. 구역의 미적 가치를 최대한 해치지 않는 방향으로 배치한다.	•2024/25 시즌에 구축 예정인 안전캠프 모듈 외벽에 보호구역 안내 표지판 부착 예정
•구역으로부터 50km 이내에 위치한 모든 기지들과 구역을 방문하는 선박 및 항공기들은 이 관리계획의 사본을 소지해야 하며, 구역 내에서 활동을 계획하는 모든 사람들에게 구역 진입 및 상공 비행에 적용되는 위치, 경계 및 제한사항을 주지시켜야 한다.	•출국 전 방문예정자 사전교육 및 장보고 기지 현장에서 보호구역 및 환경관리에 대한 재교육 실시 •헬리콥터 조종사들에게 비행금지구역 및 접근로에 대한 브리핑(영문 관리계획서 다운로드 안내)
•국가 프로그램들은 구역의 경계와 적용되는 제한사항이 관련 지도 및 해상/항공 차트에 표시되도록 조치를 취해야 한다.	•국/영문 관리계획서 배포 •관련 지도들에 반영
•폐기된 장비나 자재는 환경 및 구역 가치에 악영향을 미치지 않는 한 최대한 제거되어야 한다.	•폐기된 자재 회수 및 처리
•필요한 경우(5년에 한 번 이상) 구역을 방문하여 지정된 목적에 부합하는지 여부를 평가하고 관리 및 유지관리 조치가 적절한지 확인한다.	•관리계획 상 보호구역의 주요 환경인자 모니터링 및 환경관리 수행 •관리계획 5개년 개정을 위한 모니터링 자료 축적
•구역에서 운영되는 국가프로그램들은 구역에 미치는 전체 영향을 최소화하기 위해 함께 협의하고 이행될 예상 활동에 대한 정보를 공유한다.	•공동제안국인 중국, 이탈리아와 업무협약의 개시 - ASPA No. 178 관리그룹 구성(2023년 45차 ATCM 회의 시)

2. 보호구역(ASPA No. 171, 178)의 관리계획 이행

가. 보호구역 출입 허가 및 교육

(1) 남극활동허가신청

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

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·빙붕(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 2-2-1. 극지연구소 남극특별보호구역 홈페이지를 통해 제공하고 있는 남극활동허가 신청의 허가가 필요한 이유

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(남극토착동식물 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 남극특별보구역 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 2-2-2. 극지연구소 남극특별보호구역 홈페이지를 통해 제공하고 있는
남극활동허가신청 요령

(2) 환경 교육

극지연구소는 우리나라 극지연구 전문기관으로 남극과 북극에서 과학기지를 운영하고 있으며, 남북극 기지를 기반으로 활동하고자 하는 연구소 내외부 인원을 대상으로 극지 환경관련 교육을 포함한 일반교육과 안전교육을 실시하고 있다. 극지연구소를 통해 북극과 남극에서 활동을 희망하는 내국인은 필수적으로 두 과정을 이수하여야 하며, 교육 받은지 5년이 경과한 경우 재교육을 받아야 방문이 가능하다. 특히 남극에서의 활동은 남극조약과 환경보호의정서 및 그 부속서, 국내법인 ‘남극활동법’을 준수해야하므로 이에 대한 전반적인 교육을 실시하고 있다. 남극활동시 남극특별보호구역(ASPA)에서의 활동을 계획하고 있는 경우, 해당 ASPA의 관리계획을 숙지하도록 안내하고 있으며, 계획 중인 활동이 관리계획에서 허용 가능한 범위에 포함되는지 확인하고 특히 해당 구역에 제한구역 또는 금지구역은 없는지 각 관리계획의 특성을 파악하도록 안내하고 있다. 우리나라가 관리하고있는 ASPA No. 171과 178의 경우, 각각 세종기지과 장보고기지 월동연구대를 통해 관리하고 있으며, 기지를 통해 보호구역에 출입하는 경우 활동의 목적과 시기, 활동인원, 활동허가서의 사본 지참 여부를 확인하도록 월동연구대 교육을 통해 안내하고 있다.

남극활동인원이 극지연구소 뿐만 아니라 외부 연구기관 및 대학의 연구자들로 다양화 되면서 하계연구대의 교육을 온라인으로 진행하고 있으나, 보호구역과 기지 환경관리에 중요한 역할을 수행하고 있는 월동연구대의 경우 대면 교육을 통해 환경교육을 강화하였다(그림 2-2-3).



그림 2-2-3. 37차 세종과학기지 월동연구대를 대상으로 한 환경교육(2023.10.27)

환경보호 교육에는 본 과업을 통해 제작한 남극조약 전반과 환경보호의정서, 특별보호구역에 관한 내용을 담은 동영상(그림 2-2-4)이 교육자료의 일부로 활용되고 있다. 또한 환경지침서 및 2023년까지 지정된 남극의 보호구역 101~179까지의 관리계획서를 남극특별보호구역 웹사이트를 통해 제공하고 있다(그림 2-2-5).



그림 2-2-4. 남극 활동자에게 실시되는 남극환경보호 교육 동영상 자료

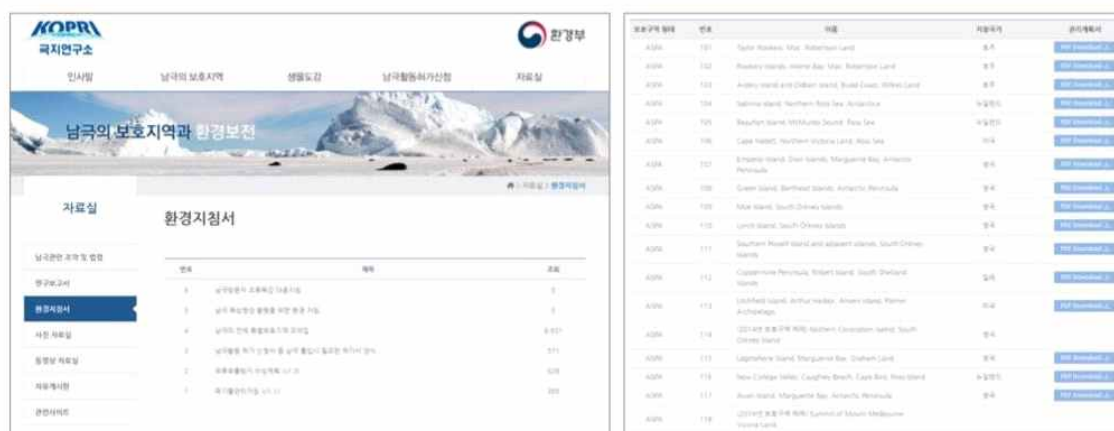


그림 2-2-5. 극지연구소 남극특별보호구역 웹사이트에서 제공되는 환경지침서 및 관리계획

(3) 시설물 관리

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

극지연구소와 환경부는 펭귄마을이 보호구역으로 지정된 해인 2009년에 세종기지로부터의 육상 접근로(관리계획 Map 6)의 경계지점에 남극특별보호구역 안내 표지판을 설치한 바 있다(그림 2-2-6).

기존의 표지판은 남극의 환경과 보호구역의 위치 특성상 강한 바람과 염분의 영

향을 심하게 받아 그림 2-2-6과 같이 표면이 손상된 상태로 조속한 교체가 필요해 보인다. 그림과 같이 페인트가 벗겨지는 경우 미세플라스틱과 같은 오염원이 되므로 남극 해안 환경에서 더 내구성이 있고 환경에 유해하지 않은 재질의 선정과 제작이 필요하다.

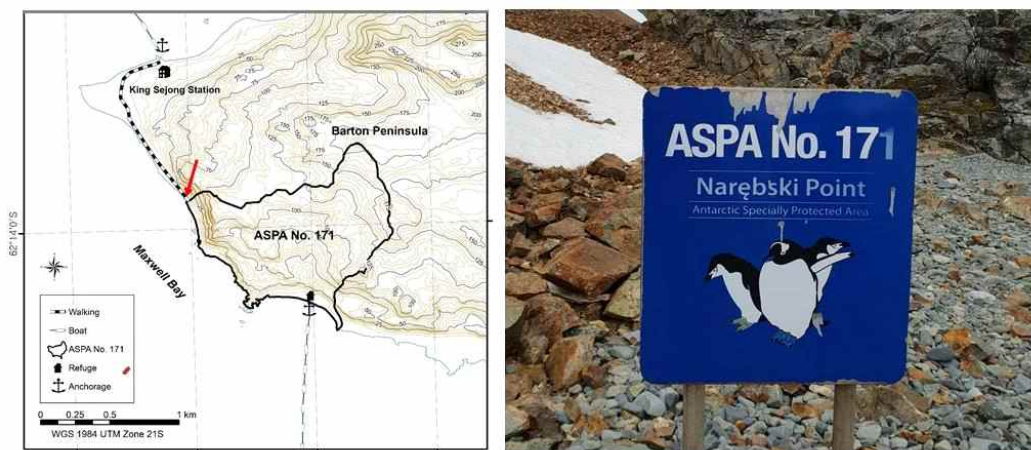


그림 2-2-6. ASPA No. 171관리계획서의 Map 6일부)에 표시된 표지판의 위치(붉은 화살표) 및 표지판 현황

나. 보호구역 출입 신청의 목적 및 출입 현황분석

(1) 세종기지 현황분석

최근 남극연구의 증가와 함께 세종기지를 방문하는 연구자가 증가함에 따라, 외교부에 남극특별보호구역 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 출입관리대장에는 출입목적, 인원, 시간 등을 기록하도록 하였다(그림 2-2-7).

그간의 기록을 분석한 결과는 그림 2-2-8과 같으며, 하계연구대는 2023년 12월 4일부터 2024년 2월 26일까지 보호구역을 방문하였다. 이 기간 동안 보호구역의 출입 혹은 무전 횟수는 총 280명(중복계수), 하루 평균 3.89명으로 확인되었다. 대부분 펭귄 연구자들의 방문이 주를 이루었으며, 2022/23보다 일부 감소한 수치이다.

남극특별보호구역 (ASPA) 방문 현황 기록									
No.	날짜 (Date)	인원수 (No. of visitors)	명단 (Name)	ASPA No	방문 목적 (purpose of visit)	허가증 소지? (holding a permit?)	방문시간 (visit time)	복귀시간 (return time)	특이 사항 (remark)
1	22.12.01	3	김해나, 김재희, 이혜재	150	ASPA 내의 펭귄 개체군 내공 비교를 위한 방문 및 사진 촬영	○	10:30	12:00 (복귀 후 장 11)	인공물인 크루저 를 발견함
2	23.12.16	5	김해나, 김재희, 이혜재, 이윤찬, 윤채원	171	조식연구	○	13:30	1	
3	23.12.16	3	강화연, 남현영, 김은경	171	·펭귄 부화율 조사 ·바다제비 복귀기 채취	○	15:00		
4	23.12.19	4	김해나, 김재희, 이혜찬, 윤채원	171	조식연구	○	08:30	13:00	
5	23.12.19	6	황준영, 한보석, 임종훈, 강은수, 이병환, 이관웅	171	비상 대미소 점검	○	15:30	16:00	
6	23.12.20	4	김해나, 강규정, 김재희, 이윤찬	171	조식연구	○	13:30	18:00	
7	23.12.20	3	강화연, 남현영, 김은경	171	·펭귄 부화율 조사 ·바다제비 포획 (아간)	○	15:00	03:00	
8	23.12.21	3	김해나, 김재희, 윤채원	171	펭귄 추적연구	○	09:00	12:00	

그림 2-2-7. 2023/24년 세종기지 출입인원 기록철(예시)

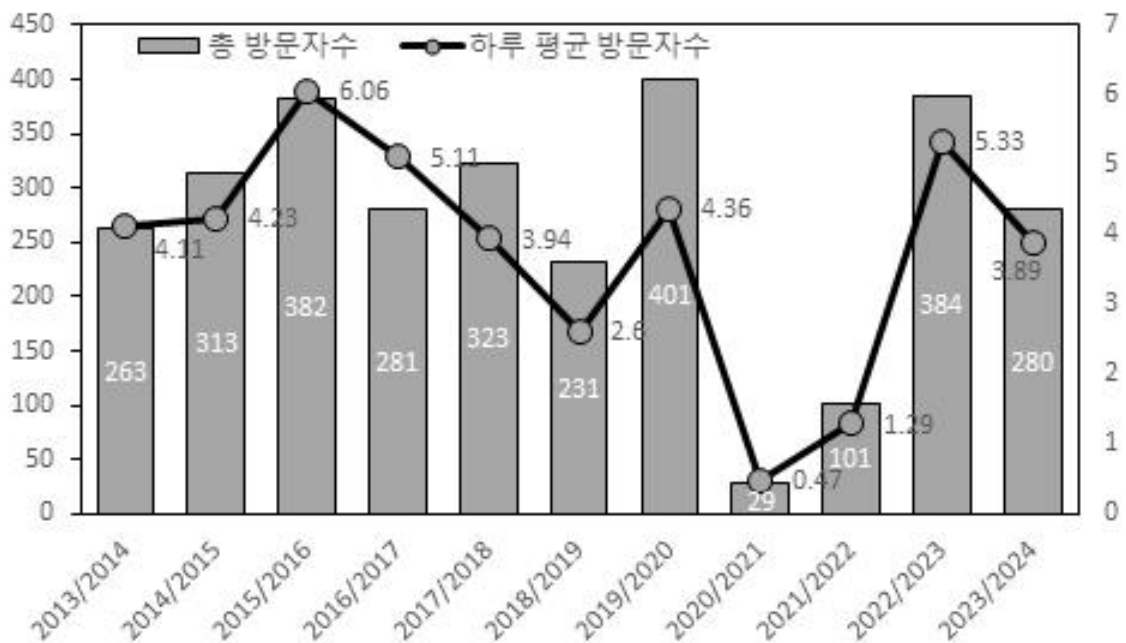


그림 2-2-8. 펭귄마을 보호구역의 방문자 통계. 2013/14: 2013.12.17.~2014.02.28.(64일간), 2014/15: 2014.12.09.~2015.02.20(74일간), 2015/16: 2015.12.02.~2016.02.02(63일간), 2016/17: 2016.12.01.~2017.02.01(63일간), 2017/18: 2017.12.01.~2018.02.20(82일간), 2018/19: 2018.12.10.~2019.03.09(90일간), 2019/20: 2019.12.02~2020.03.02(92일간), 2020/21: 2020.10.31~2020.12.31(62일간), 2021/22: 2021.12.10.~2022.02.25.(78일간), 2022/23: 2022.12.2.~2023.3.16.(106일간), 2023/24: 2023.12.04.~2024.02.26.(86일간)

(2) 장보고기지 현황분석

인익스프레스블섬은 신규 보호구역으로 승인되고 보호구역 일련번호 부여 등 최종 승인문서는 2021년 연말에 발간되었다. 신규 보호구역의 관리계획은 공동제안국인 한국, 중국, 이탈리아를 비롯해, 미국, 뉴질랜드, 독일 등 여러 회원국의 전문가들이 참여한 가운데 마련되었으며, 제43차 ATCM에서 승인되었다. 따라서 장보고기지에서는 신규 보호구역 관리계획을 준수하고 있다.

신규 남극특별보호구역인 인익스프레스블섬은 하계 연구기간(11월~이듬해 3월) 동안 연구 목적으로 출입하는 연구자의 수가 제한적이어서 세종기지의 펭귄마을과 비교하여 펭귄 등 번식조류에 대한 인간의 간섭이 상대적으로 적을 것으로 예상된다. 그러나 펭귄마을과 마찬가지로 남극특별보호구역의 연구자 출입 현황을 파악하기 위해, 장보고기지 통신실의 ‘남극장보고과학기지 출입/이동 현황’을 참고하여 방문 시 목적과 인원 등을 기록하였다.

2023/24년 기록을 분석한 결과, 2023년 11월 07일부터 2024년 3월 12일까지의 하계 활동 기간 중 23회의 보호구역 방문이 있었다. 방문기간 동안 총 출입인원은 103명(중복계수)이었으며 1회 방문 시 하루 평균 4.5명이 방문한 것으로 확인되었다. 방문자 대부분은 펭귄을 비롯한 남극도둑갈매기, 물범 등의 생태 조사를 위한 연구자 혹은 장비 설치 및 유지 보수를 위한 인원이었다.

또한 장보고기지 인근에는 인익스프레스블섬 보호구역 외에도 다수의 보호구역이 존재하는데, 2023/24 시즌 우리나라 연구팀들은 케이프 할렛(ASPA. No. 106)과 멜버른 화산(ASPA. No. 118), 케이프 어데어(ASPA. No. 159), 에드몬슨 포인트(ASPA. No. 165), 케이프 워싱턴 및 실버피쉬베이(ASPA. No. 173), 인익스프레스블섬(ASPA. No. 178) 등 총 6곳의 보호구역을 방문하였다. 이를 방문 목적에 따라 구분해보면 펭귄 생태 조사를 위한 방문이 5곳에서 이루어져 가장 많은 것으로 나타났다(표 2-2-3).

표 2-2-3. 2023/24 장보고기지 인근 보호구역 방문 기록

일 자	출발 시간	복귀 시간		활동 목적	인원
2023-11-07	9:49	12:05	인익스프레스블, 케이프워싱턴	하계활동지역 답사	5
2023-11-08	13:15	14:59	케이프워싱턴	하계활동지역 답사	10
2023-11-08	15:15	18:05	멜버른	지질 조사 및 샘플링	4
2023-11-10	9:23	18:09	콜먼섬	장비 설치 및 유지보수	4
2023-11-14	9:56	11:37	멜버른	장비 설치 및 유지보수	3
2023-11-17	9:00	17:57	멜버른	장비 설치 및 유지보수	6
2023-11-18	8:35	18:35	케이프로켓	펭귄 생태 조사	4
2023-11-18	9:08	14:45	멜버른,리트만 화산	시료채취	3
2023-11-18	15:20	17:32	멜버른	장비 설치 및 유지보수	4
2023-11-19	9:57	17:30	케이프워싱턴	장비 설치 및 유지보수	6

2023-11-19	13:13	18:38	멜버른	시료채취	6
2023-11-20	9:53	15:28	멜버른	장비 설치 및 유지보수	6
2023-11-22	8:55	17:40	인익스프레서블	지리조사	4
2023-11-22	9:54	16:55	멜버른	장비 설치 및 유지보수	4
2023-11-22	13:05	17:58	인익스프레서블	펭귄 생태 조사	3
2023-11-23	8:34	18:26	콜먼섬	펭귄 생태 조사	4
2023-11-23	9:05	14:59	케이프워싱턴	펭귄 생태 조사	4
2023-11-23	12:58	16:05	멜버른	장비 설치 및 유지보수	3
2023-11-23	13:43	16:37	에드몬슨 포인트	장비 설치 및 유지보수	5
2023-11-24	9:00	15:31	인익스프레서블	지형조사	3
2023-11-24	13:09	14:53	멜버른,리트만 화산	장비 설치 및 유지보수	4
2023-11-26	8:30	18:33	케이프 아테어, 케이프 할렛	펭귄 생태 조사	4
2023-11-27	15:10	19:00	인익스프레서블	펭귄 생태 조사	4
2023-11-28	9:35	16:44	케이프워싱턴	펭귄 생태 조사	5
2023-11-28	9:35	16:52	케이프워싱턴	영상촬영	3
2023-11-28	10:21	13:12	멜버른	장비 설치 및 유지보수	4
2023-12-01	14:09	18:42	케이프워싱턴	펭귄 생태 조사	9
2023-12-01	15:37	18:14	케이프워싱턴	장비 설치 및 유지보수	5
2023-12-02	9:09	11:51	인익스프레서블	펭귄 생태 조사	5
2023-12-02	10:08	17:57	멜버른	장비 설치 및 유지보수	6
2023-12-04	13:37	17:32	케이프워싱턴	펭귄 생태 조사	4
2023-12-04	14:12	15:03	인익스프레서블	펭귄 생태 조사	4
2023-12-06	8:56	17:42	멜버른	장비 설치 및 유지보수	8
2023-12-06	14:17	15:37	케이프워싱턴	헬기용 짐벌 테스트 비행	2
2023-12-09	10:06	14:05	케이프워싱턴	펭귄 및 기각류 생태 조사	9
2023-12-09	11:00	11:38	멜버른	장비 설치 및 유지보수	4
2023-12-09	12:54	18:05	케이프워싱턴	황제펭귄 촬영	4
2023-12-10	12:59	18:14	멜버른	장비 설치 및 유지보수	8
2023-12-10	16:36	18:39	멜버른	장비 설치 및 유지보수	2
2023-12-11	13:04	17:50	인익스프레서블	남극도둑갈매기 및 기각류 생태 조사	5
2023-12-12	9:28	15:18	케이프할렛	펭귄 생태 조사	5
2023-12-20	8:49	14:30	케이프할렛	펭귄 생태 조사	5
2023-12-23	13:58	21:42	에드먼스포인트, 케이프워싱턴	펭귄 생태 조사	5
2023-12-27	13:11	17:48	케이프워싱턴	펭귄 생태 조사	5
2023-12-28	9:47	10:50	인익스프레서블	펭귄 생태 조사	5
2023-12-29	11:02	14:42	인익스프레서블	펭귄 생태 조사	6
2024-01-02	12:34	15:32	인익스프레서블	펭귄 생태 조사	5

2024-01-04	11:10	16:57	케이프위싱턴	어류 및 기각류 생태 조사	5
2024-01-08	11:07	16:49	케이프위싱턴	기각류 생태 조사	5
2024-01-09	13:01	17:36	인익스프레서블	스쿠아 및 기각류 생태 조사	5
2024-01-10	13:01	16:47	인익스프레서블	스쿠아 생태 조사	5
2024-01-10	13:31	14:40	멜버른	장비 설치 및 유지보수	4
2024-01-11	10:30	17:03	케이프위싱턴	기각류 생태 조사	5
2024-01-13	12:56	18:01	실버피쉬베이	기각류 생태 조사	5
2024-01-15	9:57	11:25	멜버른	장비 설치 및 유지보수	4
2024-01-15	10:00	15:35	실버피쉬베이	기각류 생태 조사	5
2024-01-16	9:58	16:48	인익스프레서블	스쿠아 생태 조사	5
2024-01-19	10:55	13:01	멜버른	장비 설치 및 유지보수	4
2024-01-20	9:03	17:28	케이프할렛	펭귄 생태 조사	6
2024-01-21	10:06	13:55	인익스프레서블, 아텔리코브	펭귄 생태 조사	5
2024-01-23	9:03	10:51	인익스프레서블	스쿠아 생태 조사	3
2024-01-23	13:24	17:02	인익스프레서블	스쿠아 생태 조사	2
2024-01-24	11:51	16:59	인익스프레서블	스쿠아 생태 조사	4
2024-01-26	9:02	13:18	케이프할렛	펭귄 생태 조사	5
2024-01-29	13:35	16:20	에드먼스포인트, 케이프위싱턴	펭귄 생태 조사	4
2024-01-31	13:09	16:33	아텔리코브, 인익스프레서블	펭귄 생태 조사	5
2024-02-01	10:03	16:30	인익스프레서블	펭귄 생태 조사	5
2024-02-19	9:58	12:25	인익스프레서블	장비점검 및 기각류 생태 조사	5
2024-02-21	15:01	17:37	인익스프레서블	장비 설치 및 유지보수	6
2024-02-22	13:33	16:48	인익스프레서블	기각류 생태 조사	4
2024-03-03	9:54	11:49	케이프위싱턴	장비 설치 및 유지보수	3

3. 남극특별보호구역 정보 제공 서비스 웹페이지 운영 및 관리

우리 국민들에게 남극의 자연환경과 특별보호구역에 대한 이해를 돕기 위하여 [남극의 보호지역과 환경보전]이란 웹사이트를 구축하였으며, 원활한 수시 업데이트를 고려해 서버는 극지연구소 외부에 별도로 두었다.

웹사이트에는 보호구역과 관련한 관리계획, 환경지침서, 연구보고서, 남극방문 허가절차 및 방법, 관련 사진 및 동영상 등 각종 정보를 수록하였다.

가. 목적 및 특징

- 남극의 자연환경과 보호지역에 대한 이해 도모
- 우리 국민의 출입을 고려한 사전정보 제공 및 허가시 활용
- 웹호스팅 : 외부 독립 사이트를 이용하여 편성 및 운용의 안정성 도모 및 소통 기능 강화



나. 주요 구성 및 내용

- 남극의 보호지역 소개
 - 보호지역의 구분 및 정의, 법적 근거
- 보호지역 정보 집대성 : 관리계획 자료 취합 및 한글 요약 제공
 - 맵에서 지역을 검색하여 개별 요약 정보를 확인하고, 클릭시 상세페이지로 이동할 수 있도록 디자인



- 2024년 3월 현재 효력이 있는 ASPA 75개, ASMA 7개의 관리계획 업데이트
- 보호구역별 관리계획 PDF 다운로드
- 우리나라 기지 주변 보호구역의 경우 한글 관리계획서 PDF 제공
- 생물도감 : 웹 기반의 동식물 도감(도서는 PDF 다운로드 가능)
- 조류/포유류 22종 수록, 식물(지의류/선대류) 62종
- 자료실
 - 남극 관련 조약 및 법령
 - 연구보고서 및 각종 남극 환경지침서
 - 교육홍보 동영상, 사진, 동영상 게시
- 관리계획서 수록
 - 기지 인근 ASPA 상세설명
 - 생물상 및 사진 포함
 - 주요지역 한글관리지침서 제공
- 남극활동허가신청 절차 및 방법 안내
 - 허가가 필요한 이유
 - 허가신청 요령(양식 다운로드)
 - 여행시 유의할 점 소개

다. 2023년 개정 및 추가 사항

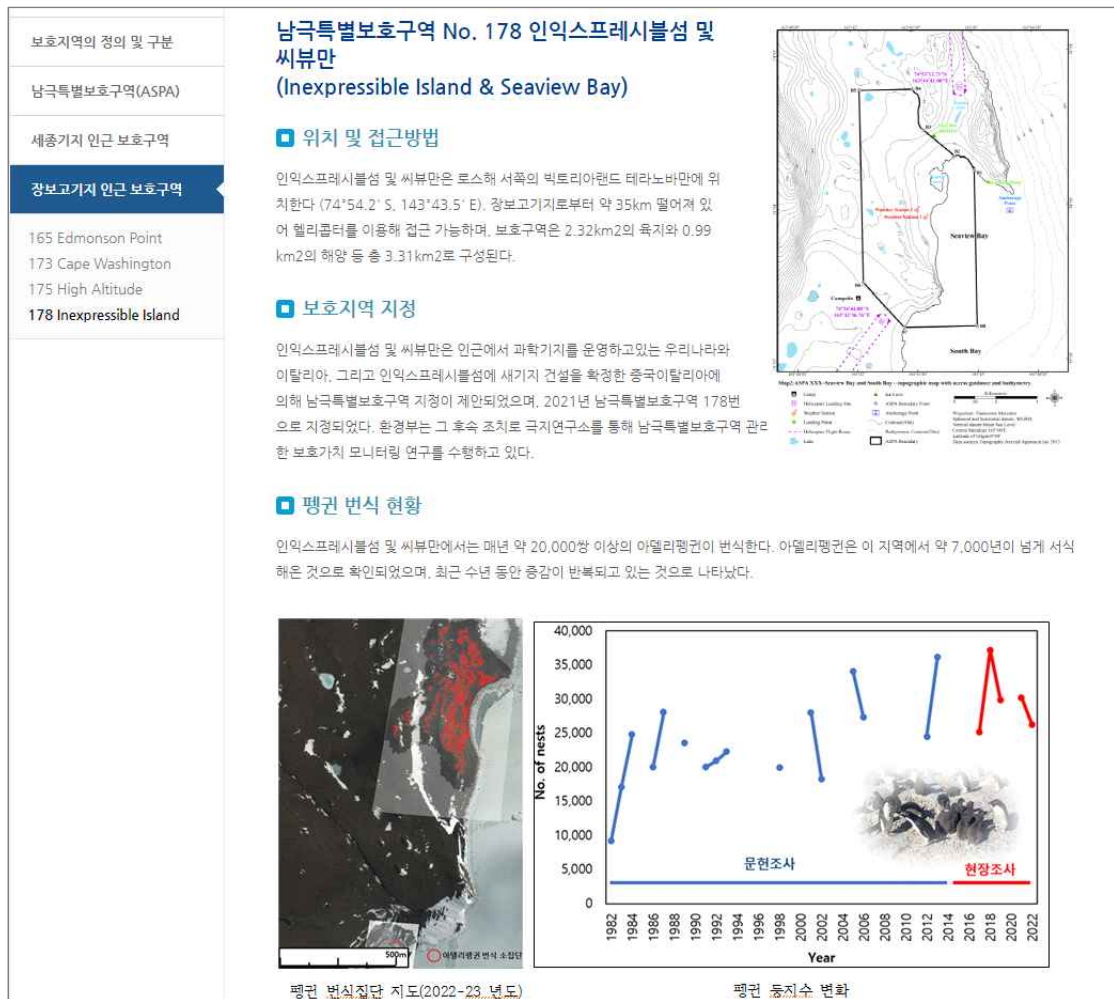
(1) 인사말

- ASPA 178번의 지정(2021년)에 따른 관련 내용 추가
- 사진 교체

(2) 남극의 보호지역

- 남극특별보호구역(ASPA) 및 특별관리구역 목록 최신 업데이트
 - 철회된 관리구역 4개 제외 75개 최근 개정 관리계획 pdf 업로드
- 장보고기지 인근 보호구역 업데이트
 - 장보고기지 인근 멜버른 화산 (ASPA 175의 일부) 추가 소개
 - 장보고기지와 멜버른화산 이미지 추가
 - 멜버른 화산 보호구역의 출입 금지구역 소개 등
 - 인익스프레스블섬 ASPA 178 페이지 추가

남극의 보호지역 보호지역의 정의 및 구분 남극특별보호구역(ASPA) 세종기지 인근 보호구역 장보고기지 인근 보호구역 165 Edmonson Point 173 Cape Washington 175 High Altitude 178 Inexpressible Island	장보고기지 인근 보호구역 남극특별보호구역 No. 175 High Altitude Geothermal Sites of the Ross Sea Region (Including parts of the summits of Mount Erebus, Ross Island and Mount Melbourne and Mount Rittmann, northern Victoria Land) □ 위치 및 접근방법 남극특별보호구역 175번은 로스해 지역 지열(화산) 활동이 진행 중인 고지대를 포괄하고 있으며, 에레부스 화산 정상부(77°31' S, 167°06' E)와 멜버른 화산 정상부(74°21' S, 164°06' E), 그리고 리트만 화산 정상부(73°28' S, 165°37' E)가 이에 해당한다. 장보고기지에서 약 30km 거리에 위치한 멜버른 화산은 헬리콥터를 이용해 접근 가능하다. □ 보호지역 지정 멜버른 화산 지열지역의 토양과 여기에 서식하는 독특하고 다양한 생물군집은 1987년 뉴질랜드와 이탈리아에 의해 특별 과학적 관심지역(SSSI)으로 지정되어 SSSI No. 24로 지정되었고 이후 1991년 SSSI No. 24로 클리프라인 구역(Cryptogam Ridge)이 특별보호구역(SPA) 22번으로 지정되었다. 그후 2002년 환경보호의경서 제5부속서 발효 이후 결정 1(2002)에 따라 남극특별보호구역(ASPA) 118a와 118b로 재설정 되었다. 이후 2008년 이전의 SPA No. 22 구역내에 제한구역과 출입 금지구역을 추가하여 로스해 지역 다른 2개의 화산과 함께 ASPA 175번으로 지정되었다. 
---	---



(3) 자료실

- 남극관련 조약 및 법령
 - 국내법 최근 개정파일 업로드
- 연구보고서
 - 2023_ASPA 연구보고서(극지연구소) 업로드
- 환경지침서
 - 남극 육상현장 활동을 위한 환경 지침 업로드
 - 남극방문자 조류독감 대응지침 업로드

제 3 절 남극과학기지 환경관리지침 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 제안으로 12개 원초 서명국에 의해 체결되어 1961년 발효되었다. 남극조약 사무국은 현재 아르헨티나 부에노스아이레스에 위치하고 있으며, 전임 사무총장을 두고 있다.

표 2-3-1. 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	남극조약협회의와 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 2-3-1).

ATCM에서 제안된 조치(Measure)들은 남극에 대한 규정 및 운영규범을 구성한다. 이런 조치들은 과거 권고안(Recommendation)으로 지칭되었지만, 1995년 서울에서 개최된 ATCM에서 규제 및 제재 수단과 연계되지 않은 조치들까지도 채택하기로 합의됨으로써 권고안들은 별도 추가 승인 없이 효력을 발휘하게 되었다. 이후 논의되는 법적 구속력을 가진 ASPA 관리계획과 같은 조치들은 ‘Measure’로 지칭하게 되었고, ATCM이나 CEP의 운영에 관한 사항들은 결정(Decision)으로, 권고사항 등은 결의(Resolution)로 분류하고 있다.

(2) 환경보호의정서

남극의 자연환경 보호는 협의당사국간 상호협약의 협력의 주요 주제가 되어왔다.

1991년 10월 4일 마드리드에서 개최된 남극조약협의당사국 특별회의(SATCM XI-4)에서 『남극조약에 관한 환경보호의정서(The Protocol on Environmental Protection to the Antarctic Treaty, 일명 Madrid Protocol)』(이하 ‘의정서’라 한다)이 최종 합의 되었다. 1996년 모든 협의당사국이 비준을 마치고 1998년 의정서의 효력이 발생함에 따라 서명국들의 협약준수가 의무화되었다.

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

의정서에 첨부된 6개의 부속서(Annex)에는 의정서 기본틀의 필수요소들이 담겨 있으며 그 내용은 표 2-3-3과 같다.

한편, 1998년 의정서가 발효되면서 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 2-3-2. 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 2-3-3. 남극조약 환경보호의정서의 부속서 구성 및 서명국 조치사항

구 분	내 용	조치사항	비 고
제1부속서 (환경영향평가)	남극내 모든 활동에 대한 환경영향평가의 개략적 절차	남극활동 전 환경영향을 고려할 수 있도록 적절한 국내 절차 마련	외교부 고시(2021-7호) 남극환경영향평가 서 작성에 관한 세부 지침
제2부속서 (남극 동식물 보존)	남극 동·식물군 보호를 위한 절차	자국민의 활동규범 규정 및 안내 필요	남극활동 전 환경교육 등
제3부속서 (폐기물 처리 및 관리)	남극조약 지역에서 발생하는 모든 폐기물의 관리 및 제거에 관한 규정	폐기물 처리 및 관리계획 수립 및 시행, 보고 필요	시행
제4부속서 (해양오염 방지)	남극 조약지역에서 운항하는 남극 운송을 지원하거나 관여하고 있는 선박의 해양오염 방지에 관한 규정	관련 규정에 따라 선박 운항	남극활동법 제16조 반영
제5부속서 (구역 보호 및 관리)	보호구역의 정의 및 관리계획서 작성, 채택 및 지정 절차, 허가 및 정보 교환 등에 대한 규정	지정국의 모니터링 및 관리계획의 주기적 검토 의무	신규 지정에 따른 지침마련 필요
제6부속서	환경 사고시 제기되는 책임	당사국 선박의 환경사고 위험 저감을 위한 예방 조치의무, 비상계획 수립, 환경 사고 발생시 복구 및 배상 책임에 관한 의무 등	우리나라는 아직 비준 준비 중

나. 국내법 및 시행령

환경보호의정서 조항 중에는 서명국의 조치가 필요한 사항들이 존재한다(표 2-3-3). 우리나라는 1996년 의정서를 비준하였으며, 2004년 『남극활동 및 환경보호에 관한 법률』(약칭 ‘남극활동법’) 제정과 2005년 동법 시행령 공포를 통해 의정서 제13조와 제22조의 요구사항들을 충족시킨 바 있다. 그 구성내용은 표 2-3-4와 같다.

남극활동법 및 시행령 발효를 통해 우리나라의 남극활동 진흥을 위한 근거를 마련하고 우리 국민의 남극에서의 활동에 따른 허가 및 제한조치를 규정하고 있으나, 국제규범에 따른 분야별 환경관리 시행지침을 마련하고 체계적으로 관리하는 시스템의 구축에 있어서는 보완이 필요하다.

남극 환경보호의정서와 남극활동법에 근거하여 의무적으로 마련되어야 할 남극 환경관리지침의 종류는 표 2-3-5와 같으며, 분야별 현황은 다음과 같다.

표 2-3-4. 남극활동 및 환경보호에 관한 법률(국내법) 및 시행령 구성내용

장	구 분	남극활동법	시행령
1	총 칙	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 2-3-5. 남극 환경관리지침의 종류와 국내외 법에 따른 의무 제정 근거

종 류	남극 환경보호 의정서	남극 활동법	시행령	주무부처
폐기물 관리 지침(매뉴얼)	제3부속서 폐기물 처리 및 관리	15조	18-22조	환경부
유류 유출 비상계획	제4부속서 해양오염 방지	16조	21조	해수부
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/ 해수부

2. 환경관리지침의 시행 관리 및 개정

가. 폐기물관리지침

‘09년 환경부 정책과제를 통해 초안이 마련된 바 있으나, 실현 가능하고 효율적인 방안이 지속적으로 반영되어야 함에도 불구하고 이후 관련사업이 보호구역 환경 모니터링과 관리에만 초점이 맞춰져 진행되어 지침의 보완은 이루어지지 못하였다.

2014년 사업개편과 더불어, 개정된 폐기물관리지침서가 현장에서 지침을 시행하는 세종기지 및 장보고기지 월동연구대를 포함하여 극지연구소 기지운영실에 제공되어 현장에 처음으로 적용되기에 이르렀다.

현재 극지연구소에서는 ‘남극과학기지 운영 및 남극활동에 관한 요령’ 제31조 폐기물 관리를 위한 지침으로 활용 중이며 폐기물로 인한 환경 영향을 줄이기 위해 활동을 위한 물품 구매시 폐기물 발생량, 환경유해성, 재활용성, 취급 용이성 등을 고려하여 물품을 선택하고 있다. 기지 운영 담당부서에서는 당해연도 기지 폐기물 운송 및 처리계획을 수립하여 시행하고 있다.

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. 유류 유출방지 비상계획은 방제장비의 확보 및 운영 방안, 유출시 경보 장치의 검사 절차 및 방법, 유출 시나리오별 대응 억제 및 복구절차, 유류 유출 대응시 행동 수칙, 유출 사고시 보고체계, 관련 교육훈련 계획으로 구성되어있다.

유류유출 방지 비상 계획은 국가남극프로그램 운영자인 극지연구소 ‘남극과학기지 운영 및 남극 활동에 관한 요령’ 제 30조에 따라 남극기지 운영에 적용되고 있으며, 남극조약시스템에서 관련 규정이 개정되거나 추가 될 경우 보완하여 개정할 예정이다.

다. 남극특별보호구역 관리계획

우리나라가 제안하여 2009년 지정된 ASPA No. 171 나레브스키 포인트의 관리계획(measure 13)은 환경보호의정서 제5부속서 6조(지정절차) 3항에 따라 매 5년마다 재검토하고 개정하고 있다. 관리계획 개정안은 환경보호위원회의 동의를 거쳐 ATCM의 승인으로 효력이 발생된다. 현재 ASAP No. 171은 2019년 두 번째 개정된 관리계획(Measure 8, 2019)에 따라 관리되고 있으며, 2024년 세 번째 개정안은 46차 ATCM (26차 CEP)에 제출될 예정이며 승인 후 적용될 예정이다.

동남극 북빅토리아랜드 테라노바만 인익스프레스블섬에 우리나라, 중국, 이탈리아가 제안하여 2021년 제43차 ATCM에서 지정된 ASPA No. 178 인익스프레스블섬

및 씨뷰만의 관리계획(Measrue 21)은 현재 현장활동 및 관리에 적용되고 있으며, 2026년 재검토를 거쳐 필요시 개정될 예정이다.

라. 환경보호 활동지침

‘09년 환경부 정책과제를 통해 제정된 이래, 2014년 개정된 야외활동 매뉴얼은 현재 연구단의 남극 활동매뉴얼에 삽입되어 활동되어 왔으며, 남극조약 시스템의 환경관련 규정의 개정 또는 신규 채택된 내용들을 반영하여 업데이트되고 있다.

남극 환경보호를 위한 활동지침은 남극과학연구위원회(SCAR) 및 국가남극프로그램 운영자 위원회(COMNAP)의 최근 권고나 지침을 반영하여 개정할 예정이며, 극지연구소의 환경보호 관련 타 과제에서 도출된 환경 지침 등의 시행 여부도 관리하고 있다.

최근 극지연구소에서 SCAR의 행동강령(Resolution 5, 2018)을 기반으로 남극기지 및 육상에서 활동하는 연구원과 방문자들이 참고할 수 있도록 마련한 ‘남극 육상현장 활동을 위한 환경 지침’ 과 2023/24 시즌 남극의 고병원성 조류독감 유행에 대비한 SCAR와 COMNAP의 지침을 반영한 ‘남극방문자 조류독감 대응지침’ 등이 해당한다. 이들 지침은 남극특별보호구역 웹사이트의 자료실에서도 제공하고 있어 극지연구소 인원 뿐만 아니라 남극의 환경보호에 관심있는 모든 국민들이 활용할 수 있도록 하였다.

3. 연 단위 폐기물 관리계획 수립 및 시행 관리

가. 세종기지 폐기물 처리 현황

(1) 2022년 폐기물 처리결과 보고서

2022년 폐기물 처리 결과보고서			
기지명		남극세종과학기지	
1. 폐기물 발생 현황			
가. 수집 및 처리			
(폐기물의 수집)			
◦ 남극세종과학기지 발생 폐기물은 연중 기지 내 각 지정 장소에서 일괄 수집되어 1차 포장이 진행되고, 반출 전 분류별 무게 재근 후 컨테이너에 선적하여 반출 진행			
◦ 폐기물 중 소각 가능한 폐지 및 일부 식자재는 소각기를 활용 소각물(재) 형태로 반출을 하며, 식자재 용기 등으로 보급된 각종 알루미늄 캔은 압축기를 활용 부피를 최소화			
(폐기물의 운송)			
◦ 연구소에서는 남극세종과학기지에서 1년간 소요되는 물자의 보급 및 기지 내 물품 반출을 위하여 연 1회 선박을 임차·활용 중			
◦ 기지 반출 폐기물은 동 선박을 통하여 남극세종과학기지 입·출을 위한 경유지(칠레 푼타아레나스)로 일괄 운송되며, 경유지 도착 후 연구소의 현지 에이전트(AGUNSA) 통제 하에 에이전트 소유 야드로 운송되어 처리 전까지 보관			
(폐기물의 처리)			
◦ 해상으로 운송하여 국내로 반입된 폐기물은 우리연구소 야드에 1차 보관 후, 처리업체 선정 및 처리 일정을 조율하여 처리 업체에 일괄 위탁 처리 시행			
◦ 에이전트(AGUNSA)는 연구소 요청에 따라 현지에서 주관 하에 폐기물 처리업체를 선정하고 운송일정 등을 계획하여 폐기물 처리 후 관련 자료를 연구소에 통보			
나. 발생 폐기물			
폐기물 구분	수 량	단 위	비 고
일반	345.51	CBM	소각재, 혼합폐기물 및 공사폐기물 포함
폐유	12.24	CBM	
폐유리	9.20	CBM	
PVC	16.09	CBM	
고철	18.39	CBM	
합 계	401.43	CBM	
다. 발생량 분석			
(월별 폐기물 발생량 편차 원인)			
◦ 하계연구 수행을 위해 기지 체류 인원이 증가하는 상반기에 폐기물 집중 발생			
※ 남극세종과학기지 관리계획서 붙임#2 월별 폐기물 분석량 참조			

2. 수송 및 처리					
수송편		화물선(LENGA)			
수송일정	출발(선적)	2022. 12. 18.(남극세종과학기지)			
	도착(하역)	2022. 12. 23.(칠레/푼타아레나스)			
처리지역		칠레/푼타아레나스			
처리업체	업체명	AGENCIAS UNIVERSALES S.A. (AGUNSA)			
	주소	Av. Independencia 772, Casilla 60-D Punta Arenas, CHILE			
	연락처	(56-61)617313			
	이메일	agenciapuntaarenas@agunsa.cl			
처리방법		기지 폐기물 일괄 위탁 및 분류에 따른 매립, 소각 및 재활용 처리			
3. 특이사항					
(칠레 현지 반출 폐기물 처리) ○ 2022년 세종기지 발생 폐기물은 2022년 12월에 임차선박에 선적하여 칠레 푼타아레나스로 반출되었으나 코로나19 여파로 칠레 세관 및 관련 기관 검사 등 폐기물 처리 절차가 상당히 지연됨 ○ 2023년 10월에 칠레 현지대행사에서는 2022년 세종기지 반출 폐기물 처리를 완료함					
4. 업무처리 담당자					
직 책		성 명	전화번호	이메일	비 고
기 지	대 장	안재우	032-770-8459	jwahn@kopri.re.kr	
	담 당	권도윤	010-9600-5424	rok.doru@gmail.com	
연구소	부서장	최선웅	032-770-8510	suchoi@kopri.re.kr	
	담 당	강민구	032-770-8515	mgkang@kopri.re.kr	
※ 별첨 : 폐기물 사진 및 처리확인서 사본 각 1부 상기와 같이 남극기지 폐기물 처리 결과보고서를 제출합니다. 2023 년 12 월 22 일 극지연구소장 : 신 형 철 환경부장관 귀하					



붙임# 1

세종기지 반출 폐기물 칠레 현지 처리 사진

□ 폐기물 처리 사진



부임# 2

세종기지 반출 폐기물 칠레 현지 처리 증빙 서류

□ 폐기물 처리 영수증



GARBAGE DISPOSAL RECEIPT

Agencias Universales S.A. (AGUNSA) certified that Korea Polar Research Institute (KOPRI) delivered 14 containers with 410,43 cbm of garbage from Korean Antarctic bases. Garbage disposed as follows:

Category	Quantity (cbm)
General Waste	343,01
Steel & Metals	18,39
wood	11,50
Oil	12,24
Glass	9,20
Plastic (PVC)	16,09

Garbage was delivered as per Chilean regulations to public spill area under government treatment/administration.

The garbage was inspected by agriculture Officer and Custom Officer prior to leave storage area, all approved in good order.



NICOLAS OYARZUN MARZAN

Jefe Servicios Logísticos Punta Arenas
Tel: +56 61 2617315
Cel: +56 9 94325260
Mail: nicolas.oyarzun@agunsa.com

(2) 2023년도 폐기물 관리계획서

2023년 폐기물 관리계획서					
기지명		남극세종과학기지			
1. 생활폐기물 발생 현황					
구 분	종 류		수 량	단 위	중 량 (kg)
지정 폐기물	재활용	배터리	-	-	2,375
	위탁	폐유	34	DRUM	5,450
	소 계				7,825
일반 폐기물	재활용	고철	14	WOOD BOX	11,338
		유리	2	WOOD BOX	1,335
		플라스틱	16	WOOD BOX	4,151
	매립	폐 식기류	1	WOOD BOX	566
		목재	-		465
		소각재	3	WOOD BOX	1,530
	소 계				19,385
공사 폐기물	공사폐기물		4	CONTAINER	25,524
	소 계				25,524
합 계					52,734
2. 기타 폐기물					
○ 세종기지 구명복탈의실, 해수펌프실 철거 폐기물 1TEU 반출(공사폐기물 포함)/칠레 현지 처리 예정 ○ 세종기지 주변 장기 보관 폐기물 3TEU 반출(공사폐기물 포함)/칠레 현지 처리 예정					
3. 수송 및 처리 계획					
수송편		화물선 (LENGA)			
수송일정	출발예정일	2023.12.14			
	도착예정일	2023.12.18			
처리지역	국가명	칠레			
	도시명	폰타아레나스			
처리에정 업체명		칠레 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	전동민	032-770-8500	dmjin@kopri.re.kr	
	담 당	서주원	032-770-8442	sjw@kopri.re.kr	
연구소	부서장	최선웅	032-770-8510	suchoi@kopri.re.kr	
	담 당	강민구	032-770-8515	mgkang@kopri.re.kr	
상기와 같이 남극기지 폐기물 관리계획을 제출합니다. 2023 년 12 월 31 일 극지연구소장 : 신 형 철  환경부장관 귀하					

붙임# 1

기지 내 폐기물 처리 사진



기지 야적장 폐기물 정리1



기지 야적장 폐기물 정리2



구명복 탈의실 철거 폐기물 정리



해수펌프실 철거 폐기물 정리



소각로 정비 및 보수



폐기물 박스 정리



폐기물 우드박스 계량



폐유 드럼 입고

붙임# 2
월별 주요 폐기물 발생량

(단위 : kg)

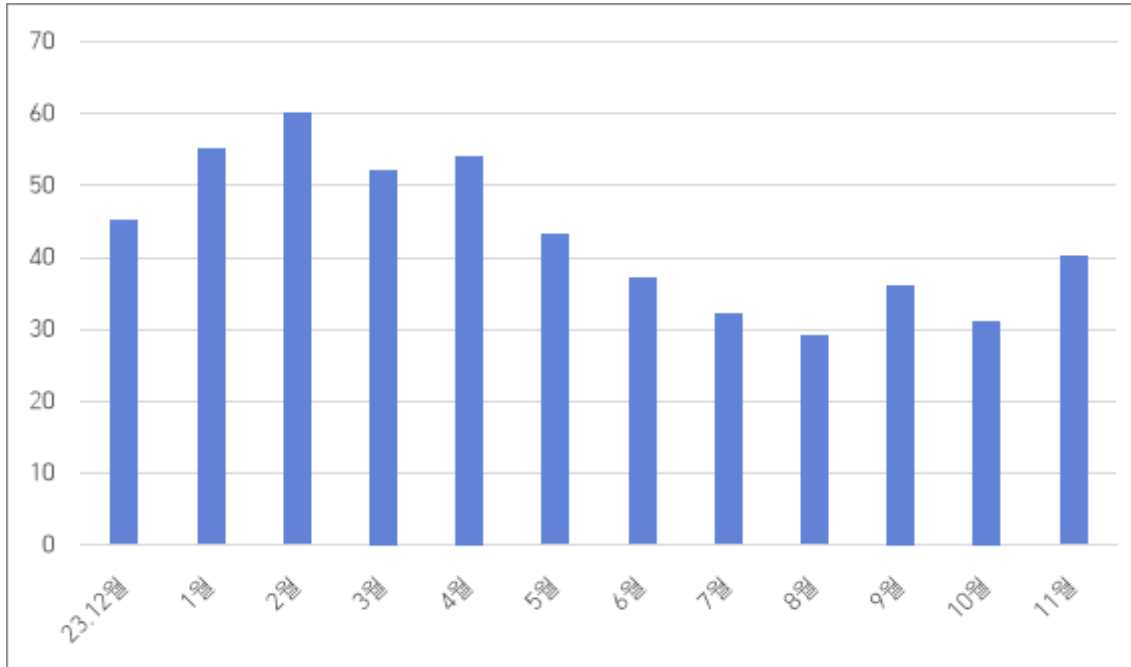
일 자	재(소각)	고 철	PVC	유 리	기 타
2023년 3월	-	3,127	1,592	670	○ 폐배터리 - 2,375kg
2023년 6월	-	3,198	1,445	-	○ 폐목 : 465kg
2022년 11월	1,530	5013	1,114	662	○폐유 - 5,450kg(34 Drum) ○ 야적장 폐기물 - 25,524kg ○ 폐식기류 - 566kg
합 계	1,530	11,338	4,151	1,335	

* 36차 월동연구대(2022. 12월 ~ 2023. 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



※ 제 36차 월동연구대(2022. 12월 ~ 2023. 11월 근무) 측정 기준

나. 장보고기지 폐기물 처리 현황

(1) 2022년 폐기물 처리 결과보고서

2022년 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	종 류	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 식사서비스 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 채빙연구선 '아라온'호 방문 시, 폐기물 컨테이너 일괄 선적·운송 진행 - 폐기물 수집장소에는 수집된 폐기물을 2차 패키징할 수 있는 수출용 우드박스(규격 : 2,200×950×1,100mm) 및 공드럼(200L) 상시 비치				
(폐기물의 처리)				
채빙연구선'아라온'호를 통하여 반출된 폐기물은 연구소 야드 1차 보관 후, 처리업체 선정 및 운송일정 조율을 거쳐 처리업체 일괄 위탁 처리				
나. 발생 폐기물				
구 분	종 류	수 량	단 위	중 량 (kg)
지정 폐기물	배터리	1	SET	60
	폐유기용제	1	SET	150
	소 계			210
일반 폐기물	폐합성수지	4	SET	25,830
	종이	1	SET	2,230
	고철	1	SET	8,040
	유리병		SET	550
	목재	2	SET	2,810
	소 계			39,460
합 계				39,670
다. 발생량 분석				
2022년도 월별 발생량 미 측정 - 극저온의 기온으로 외부활동에 어려움이 있어 수집단계에서 폐기물을 계량·하기에는 어려움이 있음				

2. 수송 및 처리					
수송편		선박 ARAON			
수송일정	출발(선적)	2022. 12. 19.(남극장보고과학기지) ※ 선적 후, 국내 입항까지 남극세종과학기지 인력 및 화물 수송 등 활동 수행			
	도착(하역)	2023. 4. 28.(대한민국/광양)			
	입고	2023. 5. 4.(극지연구소 야외 보관장소 운송)			
	이관(처리)	2023. 7. 12.(폐기물 수집 업체 수거) / 2022. 7. 20.(최종 처리 완료)			
처리지역		대한민국/인천			
처리업체	업체명	진석산업			
	주소	인천 남동구 인주대로 857			
	담당자	한운수			
	연락처	032-469-5159			
처리방법		위탁 처리업체 주관 하에 폐기물 분류에 따른 일괄 처리			
3. 특이사항					
○ 폐기물은 '배출자-운반자-처리자'의 3자 계약을 체결하여 처리함 ○ 상기 3자 계약에 의해 처리자가 최종 폐기물을 처리하나 폐기물의 종류별 처리장은 상이함 ▪ 계약업체에서 수거한 폐기물은 운송차량에 최대량을 상차하여 처리장에 입고되므로 폐기물의 발생 시기에 따른 처리량 구분은 어려움					
4. 업무처리 담당자					
	직 책	성 명	전화번호	이메일	비 고
기 지	대 장	한세종	032-760-5521	ihansj@kopri.re.kr	
	담 당	김형준	032-770-8460	kimhj@kopri.re.kr	
연구소	부서장	최선웅	032-770-8510	suchoi@kopri.re.kr	
	담 당	서태선	032-770-8555	jamisu@kopri.re.kr	
상기와 같이 남극기지 폐기물 처리 결과보고서를 제출합니다. 2023 년 7 월 20 일 극지연구소장 : 강 성 호 환경부장관 귀하					



별임# 1

장보고기지 반출 폐기물 처리 사진



냉동폐식자재 컨테이너 출고



우드박스 포장 폐기물 컨테이너 출고



폐지 컨테이너 출고



고철



폐유기물제



목재 수거



유리병



주변정리

☐ 폐기물 처리 확인서

[illegible]

폐합성수지(12,030kg)

계 랑 증 명 서			
일	시	2023년 07월 12일	
관	장	군	
교	단	서면동	
주	체	국립문교소	
문	명	소	
종	종	11:25	4,300원
상	상	11:25	3,800원
리	부		원
금	회	합	8,100원
			(81)
서기관 김희진 서기관 김희진 서기관 김희진 서기관 김희진 서기관 김희진 서기관 김희진 서기관 김희진 서기관 김희진 서기관 김희진			

고철(4,880kg)

계량증명서 (매출자료)		
일 고		
계 량 일 차	2023년 07월 13일	
차 량 판 주	95조1543	
거 래 처 럼	국지연호	
품 목	폐유유	
운 반 업 체	진해산업	
총 출 량	08시 00분	15,170 kg
공 차 출 량	09시 20분	12,360 kg
합 출 량		2,810 kg
상기와 같이 계량 하였음을 증명함		
 (주) 효산에너지 HYOSAN ENERGY CO., LTD.		
경기도 화성시 장안면 오송정안로 1032 (과기도 우정서 장안면 장안리 107-1) TEL : 031-358-0616 FAX : 031-358-0617		

■ 배출자 보관용 인계내역

배출자	인계번호	2307401301	사업자등록번호	134-82-06870
	업 소 명	한국해양과학기술원 부산 극지연구소		
	소 개 지	(406-840)인원광역시 연수구 송도리대로 26 (송도동) (Tel: 032-770-8741)		
	폐기물종류	그 밖의 폐유기용제 (04-02-09)	성상	액상
	취락량 (단위)	160.300 kg	취락방법(코트)	(2102)고온소각(취락) (2102)
	인계번호생성일시	2023-07-20 16:17	확정여부(일시)	확정 2023-07-20 16:17
	인계일자	2023-07-21	과장번호	86로1708
	인 계 자	정도영		
운반자	업 소 명	(주)유니환경	사업자등록번호	137-81-80230
	소 개 지	(23600) 인천광역시 동구 보개로 29 (만석동,유니환경) (Tel: 032-679-4408)		
	과장번호		운반일자	
	보관장소			
처리자	업 소 명	코어엔텍(주)	사업자등록번호	739-86-02684
	사무실소재지	(429-848) 경기도 시흥시 소정로원로 6 (정자동 1235-7) (Tel: 031-488-1207)		
	작업소재지			
	시 설 명	일반소각시설, 고온소각시설, 증발/농축시설		
	처리방법(코트)	(2102)고온소각(취락) (2102)		

※ 이 출력물은 시스템 내용과 상이할 수 있으나 시스템에 입력된 내역을 반드시 확인하여주시기 바랍니다. 미확인으로 인해 발생하는 문제에 대해서는 폐기물 배출업체에 모든 책임이 있습니다.
(관련근거 : 폐기물관리법 제17조 사업장폐기물배출자의 의무)

※ 처리자인수주 2일 이내 확정등록(취락량 입력)을 하지 않을 경우 폐기물관리법 제66조에 따라 행정처분을 받을 수 있습니다. (사업장일반, 지정폐기물 및 수출입신고 폐기물, 건설폐기물)

※ 처리자인수주 1일 이내 확정등록(취락량 입력)을 하지 않을 경우 폐기물처리국가감리동 및 그 처리제한범위를 제32조에 따라 행정처분을 받을 수 있습니다. (수출입허가 폐기물)

※ 배출자는 폐기물 배출 전 반드시 인계서 과장을 하여야 합니다.

(출력일시 : 2023-07-24 16:13)



올바로시스템

폐유기용제(150kg)

(2) 2023년 폐기물 관리계획서

2023년 폐기물 관리계획서					
기지명		남극장보고과학기지			
1. 폐기물 발생 현황					
구 분	종 류		수 량	단 위	중 량 (kg)
지정 폐기물	재활용	배터리	4	PALLET	1,580
		폐유	34	DRUM	6,800
	위탁	오수슬러지	25	DRUM	3,200
		실험폐액(산)	5	통	100
	소 계				11,680
일반 폐기물	재활용	고철	4	WOOD BOX	3,021
		유리	3	WOOD BOX	1,747
		종이	1	Container	3,000
		플라스틱	5	WOOD BOX	1,362
	매립	폐식자재	4	Container	22,400
		생활쓰레기	20	WOOD BOX	5,907
	소 계				37,437
합 계					49,117
2. 기타 폐기물 (건축 폐기물 등 특기사항이 있는 경우 기술)					
- 탈각재, 폐필터, 폐걸레: 3,110 kg - 의료폐기물: 10 kg - 폐차량운반구: 2,765 kg					
3. 수송 및 처리 계획					
수송편		쇄빙연구선 아라온호 (남극장보고기지 → 한국)			
수송일정	출발예정일	2023년 12월 10일			
	도착예정일	2024년 5월 7일			
처리지역	국가명	대한민국			
	도시명	인천			
처리예정 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	허순도	032-760-5461	sdhur@kopri.re.kr	
	담 당	최성철	032-770-8483	scchoi@kopri.re.kr	
연구소	부서장	최선웅	032-770-8510	suchoi@kopri.re.kr	
	담 당	서태선	032-770-8555	jamisu@kopri.re.kr	
상기와 같이 남극기지 폐기물 관리계획을 제출합니다. 2023 년 12 월 31 일 극지연구소장 : 신 형 철					
환경부장관 귀하					

붙임# 1

기지 내 폐기물 처리 사진



반출폐기물 분류 및 중량 측정



컨테이너 입고 작업



폐유 드럼 정리 및 컨테이너 입고



실험 폐액 정리



폐식자재 정리



캔 등 고철류 압축기 활용



우드박스형 반출폐기물 컨테이너 입고



반출폐배터리 아라온 선적

붙임# 2

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

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	1대	99 KG/회	

○ 폐기물 처리 및 관리

- 폐기물 관리는 「남극조약 환경보호 의정서」를 기본으로 이루어지고 있으며, 기지 체류자의 인식 재고를 위하여 실내 폐기물 수집장소에 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

제 3 장

남극 환경보호 관련 국제동향 분석 및 대응

제 1 절 남극조약협의당사국회의 및 환경보호위원회

1. 남극조약협의당사국회의(ATCM)

가. 개요¹⁾

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 남극조약협의당사국회의(Antarctic Treaty Consultative Meeting : ATCM)이다. ATCM은 1961년 7월에 호주 캔버라에서 제1차 회의가 개최된 이래로, 격년 또는 매년 개최되고 있으며, 2024년에는 46차 회의가 인도의 코치에서 개최될 예정이다.

ATCM의 참가 주체는 협의당사국(Consultative Parties),³⁾ 비협의당사국(Non-Consultative Parties),⁴⁾ 옵서버(Observers), 그리고 초청전문가(Invited Experts) 등으로 구분할 수 있다.⁵⁾ 남극연구과학위원회(Scientific Committee on Antarctic

1) 신형철, 서원상, “남극조약협의당사국회의(ATCM)의 주요 이슈 및 동향”, Polar Brief, No. 3 (2015), 3~6면 주요내용 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 과학연구활동의 실시’에 의해 남극지역에 대한 자국의 관심을 표시하고 있는 동안 남극조약 제9조 제1항의 회의(ATCM)에 대표자를 파견할 수 있는데, 이러한 당사국을 협의당사국이라 한다. 2022년 4월 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) 2023년 4월 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, 슬로베니아, 아이슬란드, 산마리노, 코스타리카 등 27개국이다.

5) 우리나라는 1986년 11월에 남극조약에 가입하였고, 남극세종과학기지(1988년 2월 준공) 등 인프라 및 연구활동 실적을 바탕으로 1989년 10월 협의당사국 지위를 획득하였다.

Research: SCAR), 남극해양생물보존위원회(Commission for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources: CCAMLR), 국가남극운영자대표회의(Council of Managers of National Antarctic Programs: COMNAP) 등이 옵서버로서 참가하고 있으며, 남극 및 남빙양 보호연합(Antarctic and Southern Ocean Coalition: ASOC), 국제남극관광운영자협회(International Association of Antarctica Tour Operators: IAATO) 등 민간단체들 및 국제수로국(International Hydrographic Organization: IHO), 기후변화에 관한 정부간 협의체(Intergovernmental Panel on Climate Change: IPCC), 국제자연보존연맹(International Union for Conservation of Nature: IUCN), 유엔환경계획(United Nations Environment Programme: UNEP), 세계기상기구(World Meteorological Organization: WMO) 등의 국제기구도 초청전문가 자격으로 참여하고 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, ATCM은 남극조약 및 환경보호의정서의 이행과 남극조약 지역의 관리를 위하여 조치(Measure), 결정(Decision), 결의(Resolution) 등의 규정 내지 지침(regulation and guideline)을 채택한다.⁶⁾ 모든 의사결정은 협의당사국의 동의(consensus)로 이루어지며 조치는 법적 구속력을 갖지만, ATCM 및 사무국의 운영과 내부 이슈 등에 관한 결정과 권고적 성격의 결의는 법적 구속력은 없다. 그러나 결정과 결의 또한 당사국들의 동의에 의해 의결된 만큼 사회적 구속력을 가지고 있다고 볼 수 있으며, 당사국들은 이를 준수하기 위해 노력하고 있다.

나. 제45차 ATCM 결과 및 제46차 회의 계획

제45차 남극조약협의당사국 회의는 핀란드를 개최국으로하여 2023년 5월 28~6월 8일까지 완전 대면 방식으로 개최되었다. 우리나라는 총 10개의 문서를 제출하였으며 5건의 국제협력에서 비롯한 공동문건으로 우리나라가 제안하거나 타 당사국 또는 SCAR의 제안으로 공동 제출하였다. 45차 ATCM에서는 남극 내 관공활동이 증가하는데 대비하여 관광을 위한 특별 작업반을 운영하였으며, 사전적 조치로 관광운영자의 정보고유 시스템 검토, 영구시설 건설 방지, 모니터링 강화 등 관광 규제를 위한 포괄적 기틀 개발을 위한 필요성이 제기되었다. 이에 2024년 제46차 ATCM 기간에 2일을 할애하여 특별위킹 그룹(WG3)을 별도로 개최하기로 결정하였다.

전년도와 유사한 수준으로 러시아의 우크라이나 침공을 규탄하는 발언과 러시아의 남극의 ‘정치화’에 대한 반박이 일부 논의 중 제기되기도 하였다. 러시아-우크라이나 전쟁의 여파로 신규 협의당사국 지위를 신청한 벨라루스와 캐나다에 대한 판단은 합의에 이르지 못했으며 다음 회의에 재상정하기로 하였다.

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

개최국인 핀란드의 주도로 ‘기후변화와 남극에 관한 선언’이 제안되었으며 동 회의에서 채택되었다.

남극조약협의당사국 회의는 2023년 제45차까지 크게 전체회의(Plenary), 정책, 법률 및 제도 등을 다루는 제1작업반(Working Group 1)과 과학, 운영 및 관광을 다루는 제2작업반으로 구분하여 진행되었으나, 앞에서 언급한 바와 같이 관광 규제를 위한 프레임워크 마련을 위해 제46차 ATCM에서 특별작업반 3을 운영할 예정이다. 제46차 ATCM은 인도의 코치(Kochi)에서 2024년 5월 20일부터 30일까지 개최된다. ATCM의 각 그룹 회의에서 다룰 예정인 잠정 의제는 표 3-1-1과 같다.

표 3-1-1. 제45차 ATCM 본회의 및 작업 그룹별 잠정의제

총회(Plenary)
1) 개회
2) 의장단 선출 및 작업반 설치
3) 의제 채택, 사안의 배정 및 다년도 전략 업무 계획 심의
4) 남극조약체제의 운영-당사국, 옵서버 및 전문가 보고서 제출
5) 환경보호위원회 보고
6) 남극조약체제의 운영
a) 벨라루스의 협의당사국 지위 신청(44차 안전 재상정)
b) 캐나다의 협의당사국 지위 신청(44차 안전 재상정)
c) IMO Polar Code 이행 (신규)
d) 기후변화 (신규)
제1작업반: (정책, 법률, 제도)
6) 남극조약체제의 운영
c) 일반 사안들
7) 남극조약체제의 운영: 사무국관련 업무
8) 배상책임
9) 남극지역 생물자원탐사
10) 정보교환
11) 교육
12) 다년도 전략업무계획
a) 정책, 법제도 우선순위 (신규)
제2작업반: (과학, 운영, 관광)
12) 다년도 전략업무계획
a) 과학, 운영 및 관광 우선순위 (신규)
13) 남극내 안전문제
14) 남극조약 및 환경보호의정서상 사찰활동
15) 과학 안전, 미래과학 과제, 과학협력 및 촉진
16) 남극조약지역에서의 기후변화의 영향
17) 남극조약지역에서의 관광 및 비정부기구 활동
특별 작업반 3
18) 관광 프레임워크 개발
전체회의
18) 제47차 남극조약협의당사국회의 준비

-
- 19) 기타 사항
 - 20) 최종보고서 채택
 - 21) 폐회
-

2. 환경보호위원회(CEP)

가. 개요⁷⁾

(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 1980년 5월 20일 채택되었고(호주 Canberra) 모든 당사국들의 비준으로 1982년 4월 7일 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 호주와 프랑스를 비롯한 뉴질랜드, 미국, 스웨덴, 칠레 등이 6편의 관련 문서를 제출하면서 남극 환경보호를 위한 포괄적 시스템의 확립 필요성이 제기되었고 이듬해 제11차 남극조약협약당사국 특별회의(SATCM, Antarctic Treaty Special Consultative Meeting)를 개최할 것을 결정하였다. 이를 통해 남극환경과 이에 종속된 생태계의 보호를 위해 남극조약 시스템에 이미 존재하는 환경관련 원리들을 검토하고 확장하기 위한 논의에 본격적으로 착수할 계기가 마련되었다.⁸⁾

환경보호의정서의 최종 합의는 남극광물자원 활동을 금지하는 내용을 담고 있는 제7조의 개정과 관련된 제25조에 대한 합의에 난항을 겪었으나, 1991년 10월 4일

7) 김지희, “남극조약 체제의 발전과정과 환경보호위원회의 역할과 전망”, Ocean and Polar Research 2018. Vol 40: 259-270 일부 발췌

8) Recommendation ATCM XV-1(Paris, 1989) : 남극을 자연보존과 과학의 장으로 확립하기 위하여 남극 환경보호를 위한 포괄적 협의회의 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 남극조약협약당사국 특별회의를 개최하고 회의에서 중점적으로 검토하고 논의할 내용을 담아 채택됨

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.

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. 2023년 현재 보호구역에 관한 제5부속서를 포함하여 5개의 부속서가 발표된 상태이며, CRAMRA 제8조에 근간을 둔 환경사고의 배상 책임에 관한 제6부속서는 2005년에 채택된 이후 모든 협의당사국들의 비준을 기다리고 있다. 칠레와 프랑스가 2021년 제6부속서를 비준함에 따라 현재까지 총 19개 협의당사국이 비준 완료하였고, 발효를 위해 채택 이후에 협의당사국의 지위를 얻은 체코를 제외한 나머지 9개 협의당사국(아르헨티나, 벨기에, 브라질, 불가리아, 중국, 인도, 일본, 한국, 미국)의 추가 비준이 필요한 상황이다. 제6부속서의 채택에 우리나라도 동의한 만큼, 이미 비준한 당사국들의 사례를 참고하여 국가적 위상을 위해 조속히 국내 비준 절차에 착수할 필요가 있어 보인다. 근래 우리나라는 장보고 기지의 환경친화적 건설 및 모범적 운영, 남극외래종 퇴치를 위한 전방위적 노력 등의 결과로 환경보호위원회에서 그 위상이 높아지고 있다.

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

환경보호위원회 회원국은 1998년 27개국¹¹⁾에서 2021년 8월 오스트리아가 비준을 마쳐 2023년 현재 42개국으로 증가하였다(www.ats.aq).

(2) 환경보호위원회의 기능

위원회의 기능은 의정서 제12조에 명시되어있으며 다음의 내용을 포함한다.

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

10) 의정서 제11조 제3항은 위원회의 옵서버 자격을 회원국이 아닌 당사국에 개방할 것을 규정하고 있으며, 제4항에서는 남극과학위원회(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.

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.

환경보호위원회는 남극에서 인간의 활동을 규제하기 위한 다수의 조치들을 마련하여 ATCM에서 채택하도록 권고하고 있으며, 회의에서 채택된 백여 개의 조치, 결정, 결의 중 40% 이상이 의정서 발효 이후 환경보호위원회의 자문을 통해 채택되었다. 환경보호위원회가 개발한 모든 지침과 절차들은 ‘CEP Handbook’으로 집약되어 있으며, 주기적으로 업데이트되어 남극조약사무국 웹사이트(www.ats.aq)에서 제공되고 있다.

(3) 환경보호위원회 주요 의제

제1차 위원회의 주요 의제는 글자 그대로 의정서에 명시된 위원회의 기능에 부합된 의제들로 구성되었다(표 3-1-2). 위원회에 제출되는 문서의 형식은 ATCM 본회의와 마찬가지로 WP¹²⁾, IP¹³⁾, BP¹⁴⁾로 구성된다. 첫 위원회에는 WP(Working paper) 12건, IP(Information paper) 29건이 제출되었다. 당시 의정서에 첨부되지 못한 제5부속

12) Working Paper(WP) : ATCM이나 CEP에서 안전으로 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 45일 전에 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.

서(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 주요 의제로 논의 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 CEP 의제로 다루어지지 않고 제1작업반의 의제로 다루어지고 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. 이후 2018년 에콰도르가 국내 사정으로 회의 개최를 철회하여 긴급히 조약사무국을 운영하고있는 아르헨티나가 부에노스아이레스에서 회의기간을 단축하여 개최한 21차 CEP(41차 ATCM)의 축소(14개 의제)된 위원회를 제외하고 매년 개회와 폐회를 포함하여 17개 의제를 다루고 있다(표 4-1-2).

우리나라는 2003년 마드리드에서 개최된 6차 위원회(26차 ATCM)부터 문서를 제출하기 시작하였으며, 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 쇄빙연구선 아라온호와 장보고기지 건설에 힘입은 우리나라의 과학 활동 영역 확대와 더불어 우리의 활동에 대한 위원회의 관심도 증대되었다.

1988년 제1차 CEP 의제	2024년 제25차 CEP 잠정 의제
1. 의사 규칙 2. 의장단 선출 3. 안건 채택 및 작업 시간표	1. 개회 2. 의제 채택 3. CEP 향후 업무에 대한 전략적 논의 ¹⁶⁾

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.

4. CEP 작업계획 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 워크숍 보고 g) 자료와 정보교환 h) 환경모니터링 i) 남극 환경보고서(SAER)의 상태 5. CEP 운영 6. 보고서의 채택	
---	--

2017년 20차 위원회(40차 ATCM)부터는 세종기지가 위치한 킹조지섬에 유입된 외래곤충 퇴치를 위해 국제공동 노력을 위한 WP와 IP를 꾸준히 제출하고 있으며, 퇴치 매뉴얼 개발을 위한 연구를 진행하면서 국제 공동 연구와 문서 제출을 주도하고 있다.

나. 제25차 CEP 주요 의제 및 논의 사항

2023년 5월 28~6월 1일까지 헬싱키에서 개최된 제25차 CEP 회의 중 주요 논의 사항은 주요 의제별로 다음과 같이 논의 되었다.

(1) 의제 3. CEP 향후 업무에 대한 전략적 논의

- CEP 5개년 업무계획에 관하여 각 의제의 마지막 부분에서 CEP 업무계획 및 기 후변화 대응업무프로그램(CCRWP)에 추가할 사항들이 논의되었음. 5개년 업무계

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 텔 리에서 개최된 10차 회의에서 잠정계획이 제시되었으며 이후 지속적으로 갱신되고 있다.

획이 부록 1(Appendix 1)로 보고서에 첨부될 예정임

- 지난 24차 위원회에서 WP 27(노르웨이)에서 제기된 CEP 전략적 우선순위와 5개년 업무계획 재검토 필요성에 대해 회기간 논의를 진행한 바 있음. 회기간에 마련된 CEP 5개년 업무계획논의 결과를 바탕으로 이번 25차 CEP 직전(5.25~26)에 핀란드의 지원으로 진행된 비공식 워크숍을 통해 나온 논의 결과를 정리하여 권고사항을 담아 의장(노르웨이)은 WP 62 (CEP strategic priorities and the 5-year work plan: Outcomes and recommendations from the intersessional discussions and workshop)와 결과를 IP 150으로 제출함
 - 관련 내용에 대해 CEP에서 논의하였고 다음 회기간 협의체(ICG)의 구성과 위임사항 등에 대해 이견이 없었음. 노르웨이를 위원장으로 한 2023/24 ICG를 통해 논의 후 차기 26차 CEP (2024년)에서 확정될 예정임

(2) 의제 4. CEP 운영

- 포괄적 환경영향평가 초안의 CEP 검토 절차 개정에 대한 논의(WP021) 시 마지막 제안사항인 “번역: 4개국 공식 언어로 번역될 수 있도록 제안자가 ATCM 165일 전 CEE 초안을 사무국에 제출할 것 권장”에 대해 미국을 비롯한 여러 당사국들이 CEE 준비시 시간 제약에 대해 언급함
 - CEE 초안의 ATCM 165일 이전 제출에 대한 사항은 권고사항이며, 제출 기한 의무는 Annex 1의 120을 따를 것임
 - 165일전 제출 권고사항은 CEE 검토 절차 4항에 반영됨
 - CEE 초안 검토 절차 개정안은 CEP 보고서에 부록(Appendix 2)로 첨부됨

(3) 의제 5. 다른 기구와의 협력

- 위원회의 옵서버로 참여한 남극해양생물자원보존위원회(CCAMLR), 남극연구과학위원회(SCAR), 국가남극프로그램운영자회의(COMNAP), 초청전문가그룹으로 참여한 세계기상기구(WMO), 국제남극관광운영자협회(IAATO), 남극 및 남대양 연합(ASOC)은 각 기구의 연간활동, 새로운 프로그램 및 위원회 관련 업무를 보고함
- CCAMLR는 CEP 옵서버 SC-CAMLR 보고(IP 06)로 2022/2023 기간 동안 CEP의 업무와 관련하여 CCAMLR가 수행한 활동을 보고함
 - 과학 기술 능력 강화, 전략 계획 수립, 기후변화, 생물 다양성, 특별 보호가 필요한 남극 중, 공간 관리, 생태계 모니터링 및 해양 쓰레기가 포함됨
 - 주목할 만한 점은 최근 SC-CAMLR를 위한 5년 전략계획 개발, SC-CAMLR 작업 그룹을 위한 위임사항 개정, 기후변화를 명시적으로 고려한 것과 25차 CEP에서 논의된 해양 쓰레기 데이터의 더욱 상세한 보고가 있음
- 남극연구과학위원회(SCAR)는 2023 연례보고서(IP 10)를 통해 2021년 진행한 SCAR 우선순위 과학프로그램 활동을 인포그래픽(IP 10의 첨부 1)과 함께 보고함
 - (배경) SCAR의 임무는 남극 연구 추진, 남극에서의 관측을 포함한 모든 측면에

대한 과학적 지식, 이해 및 교육을 촉진하는 것임. SCAR는 남극 조약체제와 기타 기관에 독립적이고 객관적인 과학적 조언과 정보를 제공하며 과학 공동체 내에서 남극 연구 정보의 주요 국제 교류역할을 담당함

- CEP이 업무와 관련된 최근의 활동을 보고함
- CEP의 목적을 지원하는 3가지 프로그램이 결과를 제공할 것임
- 남극조약 체제에 대한 우선 순위가 높은 주제에 초점을 맞춘 과학 연구프로그램(Ant-ICON, AntClimnow 및 INSTANT)의 전략적 개발에 대한 입장을 제시할 것임
- 극지 환경이 플라스틱 그룹(Plastic-AG)이 생성한 레포지토리를 통해 남극과 아남극 지역의 플라스틱 오염에 중점을 둔 국가 및 국제 프로젝트를 요약하도록 함
- 전문가 그룹 SKEG 승인. 크릴 생물학과 생태학에 대한 이해를 향상시키고 크릴 어업 관리에 중요한 과학적 정보를 제공하는 데 도움을 주기 위해 연구 방향을 설정하고 협력을 촉진하는 포럼을 제공하는 것을 목표로, CCAMLR와 크릴 과학 커뮤니티 간의 연결 통로가 되고자함

(4) 의제 6. 환경 손상의 복원과 개선

- 우리나라는 뉴질랜드, 미국과 함께 IP 66을 제출하고, 케이프 할렛(ASPA No. 106)지역에서의 생태계 회복 조사 결과에 대해 당사국들과 공유함
 - 1973년 케이프 할렛 기지가 철거된 지 46년 후 기지 부지내에 아델리펭귄 개체군이 회복된 것을 보고하고, 과거 인간 간섭 지역의 복원시 펭귄 군서지 복원을 위한 정화 노력의 중요성과 이러한 남극 지역에서의 환경 계획, 환경영향평가 및 장기 모니터링의 중요성을 강조함
- 남극조약 사무국은 환경보호 의정서 제3 부속서 9조 3항의 요구 사항에 따라 과거 활동 지역의 지도를 작성하고 발표함. 해당 지도는 EIES (정보교환시스템)에 올라온 정보를 반영한 것임을 강조하고, 당사국들이 다양한 기준으로 제공한 정보에 따라 작성된 것으로 사용에 한계가 있음을 밝힘. 회원국들의 피드백을 요청함

(5) 의제 7. 환경에 대한 기후변화의 합의

a. 전략적 접근

- SCAR는 2022년 10년마다 개정하는 남극 기후변화와 환경 보고서(ACCE)로부터 제기된 18가지 권고사항과 우선순위 조치들을 요약하여 제시함(WP 42 rev. 1)
 - SCAR는 중대한 연구 요구사항들에 대응하기 위한 협력적인 국제적 대응의 즉각적 이행의 필요성을 강조함. 이는 새로운 자료들이 최소 해빙기록을 시사하고, 남극 심층수의 변화 예측, 육지 및 해양생태계의 변화, 향후 5년 이내 세계 평균 지표 온도가 산업화 이전 수준에서 1.5도 이상 상승할 것에 비추어 특히 중요함

- CEP와 ATCM에 현재의 이해와 기후변화 및 그 영향에 대한 예측에 대한 이용 가능한 최상의 과학에 기반하여 정기적인 조언을 제공할 것을 재확인함
 - 회원국들에게 2022 ACCE 10년간의 요약 권고사항을 이행학 연구 커뮤니티와의 접점을 유지하여 연구결과로부터 핵심 메시지를 이해하고 정책과 행동 개발에 필요한 과학 정보에 대해 고민하고 권고사항들과 우선순위 조치에 대한 진척도에 대해 정기적인 평가 방법을 고려할 것을 권장함
 - 국가남극프로그램 운영자 협의회(COMNAP)은 기후변화로 인한 환경변화의 도전 과제에 대응하기 위해 취한 몇 가지 노력을 소개하고 위원회에 8가지 사항을 권고함(WP 29)
 - 인프라의 취약성 평가, 에너지 효율성 실천 및 새로운 기술 개발 포함이 포함됨
 - 이러한 기술들은 남극 국가 프로그램에서 비교적 낮은 수준으로 탄소 배출을 줄이는 동시에 남극에서 인간 생명의 안전을 위협하거나 과학에 영향을 미치지 않음
 - COMNAP은 현재의 생물 안전 지침이 기후변화 맥락에서 남극과 주변 해양 환경을 보호하는데 충분치 않을 수 있다는 사실을 인식함
 - 호주는 벨기에, 프랑스, 일본, 뉴질랜드, 노르웨이, 스페인, 영국, 미국, SCAR, ASOC, IAATO와 함께 남극 육상 다양성에 대한 위협요인 관리에 관한 문서를 제출함
 - 현재 추세로는 2100년까지 약 65%의 육상 종 그룹과 육상 연관 해양 조류가 감소할 것임을 언급하고, 여러 가능한 위협 관리 전략의 효과를 평가한 결과, 기후변화를 효과적으로 완화하는 글로벌 정책에 영향을 미치는 것이 가장 큰 이점을 가져올 것임
 - 남극 지역 내 활동으로 인한 위협을 최소화하는 일련의 조치들도 매우 유익할 것으로 나타남을 보고함. 그러한 결과가 CEP/ATCM 공동 세션에서 기후변화 대응을 위한 글로벌 행동을 안내하고 지원하는데 중요한 역할을 할 것이며, CEP 5개년 업무 계획과 CCRWP의 이행에 대한 위원회의 업무와 관련이 있음을 강조함
 - 남극 인프라 운영으로 인한 탄소 발자국, 영향 저감 대책은 인프라 운영 개선에 실질적인 영향을 줄 수 있는 부분으로 향후 COMNAP 등에서 남극기지 운영의 탈탄소에 대한 적극적인 권장과 이행 노력 촉구가 있을 것으로 판단되며 이에 대한 국가 및 운영자의 장기적인 대책 마련이 필요할 것으로 보임
- b. 기후변화대응 업무프로그램(CCRWP)의 이행과 검토
- 지난해 24차 위원회는 기후변화대응 부속그룹(SGCCR)의 위원장(영국)이 2021-22년 회기간 논의 내용과 함께 부속그룹 논의를 통해 개정된 기후변화대응 업무프로그램(CCRWP)과 결의 4(2015)에 따라 위원회가 ATCM에 제출할 수 있도록 CCRWP의 연례 진행 보고서 초안을 각각 첨부 A, B로 제출(WP 37)하고 위원회

의 승인을 요청한 바 있으나 SGCCR이 준비한 개정 CCRWP가 중국의 반대로 합의에 도달하지 못하여 기존 CCRWP 2016을 그대로 유지할 것임을 결론 내린 바 있음

- 위원회는 CCRWP의 이행과 검토와 관련하여 다음 사항을 ATCM에 자문함
 - 위원회는 CCRWP (2016) 이행 지속에 대해 ATCM에 자문하고, 진행 중인 연구와 관련되거나 주기적으로 위원회에 제공되는 다음 이행 조치(action)들을 논의함
 - Action 1b. 남빙양과 지역간 이동하는 선박에 대한 적합성을 확인하기 위한 IMO 생물 방제 지침 검토 [참고, WP 14(호주, 뉴질랜드, 영국) 평형수 및 선박 생물부착에 관한 IMO와 ATS의 지침 및 합의 검토]
 - Action 2a. 현재와 미래의 변화의 이해를 증진하고 대응을 안내하기 위한 연구의 지원과 이행 [예, IP 45 (호주, 벨기에, 프랑스, 일본, 뉴질랜드, 노르웨이, 스페인, 영국, 미국, SCAR, ASOC, IAATO) 남극 육상 생물 다양성에 대한 위협 관리]
 - Action 2b/3b. 협력 노력을 포함하여 변화의 장기 모니터링 지원 및 이행. [예, WP 49 rev. 1. (SCAR, 뉴질랜드, 호주, 이탈리아, 한국, 미국) 남극 연안 및 육상 관측 시스템 (ANTOS)]
 - Action 2e. 기후변화 위험 지역에 최적의 실용적인 적응 조치를 제공하는지 검토하기 위해 필요한 경우 기존의 관리 도구를 검토하고 수정 [예, WP 47 (인도) 2022-2023 회기간 SGMP (관리계획 검토 그룹) 활동 보고]
 - Action 5b. HSM/유적 ASPA에 대한 기후변화의 위험성 평가. [예, IP102 (d 아르헨티나, 호주, 뉴질랜드, 노르웨이, 영국, SCAR) 남극 유산에 대한 기후변화 영향의 위험성 분석: 진행 중인 업무 업데이트]
 - Action 6a. 기후변화로 인해 위험에 처한 해양 및 육상 종에 대한 국가 연구 프로그램 독려 [예, WP 52 (영국, 프랑스, 독일, 미국) 황제펭귄에 대한 해빙 축소 영향에 대한 5년간의 평가]
- 위원회는 SGCCR의 권고 사항들에 대해 동의하고 회원국들의 참여를 독려했으며, 다음 6가지 우선순위 활동에 대해 다음 회기간에 SGCCR에서 수행할 것을 동의함
 - 기후 취약 남극 종의 상태를 평가하는 작업 지원(Action 6c)
 - 보호 지역 설립 및 관리를 위한 문서에서 기후변화 고려 사항에 대한 지침 개발(Action 2e)
 - 외래종(Non-Native Species, NNS) 매뉴얼을 최신 동향으로 업데이트 유지(Action 1a)
 - SC-CAMLR와 해양 영역에서의 기후변화 대응 조정 강화(Action 3e)
 - 남극 지역의 과거 활동 사이트의 오염 정화(Action 5f)
 - 남극 기존 및 예상 인프라에 대한 기후변화 위험 평가 및 관련 환경 영향 고

려, 기후변화 영향과 연결된 EIA 지침을 고려하여 예를 들어 제안된 장기 시설이 기후변화에 대해 적절하게 유지되도록 보장 (Action 5a 및 5d)

(6) 의제 8. 환경영향평가

a. 포괄적 환경영향평가 초안

- 아르헨티나는 남극 반도 던디섬에 위치한 페트럴기지 개발 프로젝트를 위한 포괄적 환경영향평가서(CEE) 초안을 제출하고 재개발 프로젝트의 필요성과 계획을 발표함(WP 61)
 - 아르헨티나 남극청(DNA)은 자국의 남극프로그램의 기지, 지상시설 및 기지 지원 시설의 과학 및 운영 활동을 유지하기 위해 페트럴기지의 시설 개조, 신규 활주로 건설, 태양광 발전소 건설, 물 공급을 위한 호수 사용 및 소비 개선을 포함한 사항을 제시함
 - 아르헨티나는 1998 환경보호 의정서 채택 이후 처음으로 CEE를 수행하였음을 밝힘(아르헨티나는 영유권 주장국으로 1904년 첫 남극기지를 건설한 이래, 1998년 이전에 14개의 남극기지를 남극반도 지역에 건설하였음)
 - 제안된 활동은 2023/2024 하계시즌부터 2028/2029 시즌까지 진행될 예정임
- 뉴질랜드(Ceisha Poirot)는 아르헨티나가 제출한 페트럴기지 재개발 프로젝트의 포괄적환경영향평가서 초안(draft CEE)을 검토하기 위한 회기간협의체(ICG)를 운영하고 위임사항에 따른 검토 결과와 CEP에 대한 제언을 문서로 제출(WP 32)하고, CEE 초안의 본문에서 제안된 활동을 설명하고 지원하는 정보가 부족하여 활동의 환경 영향이 식별되었는지, 제안된 완화 조치가 적절한지 평가하기 어렵다고 지적함
- 아르헨티나가 제안된 활동을 진행하기로 결정한 경우 최종 CEE에 추가 정보 또는 명확한 내용을 제공해야함을 지적함

b. 기타 환경영향평가 문제들

- 영국은 회기간에 남극 환경영향평가의 유효성 개선을 위한 논의를 진행하고 논의 결과와 결의안을 제안함(WP 40) 회기간 논의 결과를 바탕으로 위원회에 다음 사항을 권고함
 - 회원국들이 Information paper를 통해 EIA 프로세스 운영과 관련된 템플릿, 지침 및 기타 문서를 공유하도록 지속적으로 권고할 것
 - 예비 및 초기환경향평가(IEE) 단계에서 저감방안을 포함하는 것에 대한 결의안을 채택하도록 ATCM에 권고할 것
 - 남극조약 사무국에 누적 영향평가에 대한 이전 CEP 논의 종합 요약을 준비하도록 요청할 것. 누적 영향평가 개선 작업의 첫단계가 됨
 - CEP 5개년 업무계획을 업데이트하여 남극 환경 영향평가 체계의 유효성을 개선하기 위한 조치와 관련된 업무 프로그램을 적절히 추진할 것을 권고함

- 다수의 당사국들은 권고 사항을 지지하고 누적영향 평가의 중요성을 강조함. 일부 당사국들은 예비 평가 단계에서 저감방안의 해석과 관련된 어려움을 강조하였으며, 각국의 국내 법률 및 절차에서 IEE뿐만 아니라 예비단계에 대한 다른 접근방식을 강조함. 당사국들은 예비 환경 평가에 대해서는 유연성이 필요하다는 것을 지적함
- 위원회는 남극 환경 영향 평가의 효능 증진에 관한 결의(안)에 동의함. 또한 위원회는 남극 EIA 시스템의 효율성을 향상시키는 데 대한 추가 작업 계획을 환영하고, 특히 일관성, 누적 영향 평가, 모니터링, 그리고 활동이 변경될 때 EIA 문서를 수정하거나 새로운 EIA를 수행해야 할 임계점에 대한 작업 계획을 환영함
- 결의(안)은 IEE의 경우 각 당사국이 환경 영향평가 시 활동의 성격과 환경 영향의 수준에 상응하는 조치의 식별을 포함하여, 제안된 활동의 영향을 최소화하거나 완화하는 것을 권장하게하고 예비 환경 평가 수준의 경우 적용 가능할 경우로 제안함(Resolution C 2023으로 ATCM에서 채택됨)

(7) 의제 9. 구역 보호와 관리계획

a. 관리계획

- i. 관리계획 검토를 위한 부속 기구(SGMP)에서 검토를 거친 관리계획 초안
- SGMP 위임사항 1번~3번에 따라 위원회가 ASPA No. 152 (Western Bransfield Strait)와 No. 153 (Eastern Dallmann Bay)을 통합하여 관리할 관리계획 개정안과 신규 보호구역 예정지(parts of the Western Sør Rondane Mountains, Dronning Maud Land, East Antarctica)의 관리계획 개정안을 승인해줄 것을 권고함
 - ASPA 152와 153의 통합 관리계획에 대하여 결정 9(2005)에 따라 CCAMLR와 관련된 활동을 방해하거나 영향을 줄 수 있는 지역이 포함된 ASPA와 ASMA의 설정에 CCAMLR의 승인을 먼저 득하게 되어있어 미국은 지난해 보고 하였으나 CCAMLR에서 만장일치에 도달하지 못하여 25차 CEP에서 재논의하고 합의 후 다시 SC-CAMLR에 제출해야함을 언급함
 - 미국은 SC-CAMLR에서 이의를 제기한 중국과 합의하여 기존의 두 지역의 면적을 유지하고 표층수면을 보호하는 것으로 수정하여 위원회의 만장일치 동의를 얻음. 다음 SC-CAMLR의 동의를 얻어 46차 ATCM에서 승인될 수 있도록 제출할 예정임
 - 벨기에가 제출한 관리계획에 설정된 ‘금지구역(Prohibited zone)’의 설정에 대하여 중국은 제5 부속서는 인간의 방해를 방지하고자 하는 것이지 인간의 존재를 금지하고자 하는 것이 아님을 주목하고, 연구와 모니터링 활동을 제한하는 금지구역대신 참고 지역으로 활용할 것을 제안함. 이에 다수의 당사국들은 제1 부속서는 ASPA 내에 금지구역을 지정하여 인간의 간섭으로부터 보호할 수 있는 지역을 포함할 수 있음을 언급하고, 해당 지역은 좁은 지역으로 과학

연구를 제약하지 않을 것이며 미래 연구를 위해 금지구역으로 설정하는 것이 합당함을 언급함

- 금지구역의 설정은 다른 ASPA(예, ASPA 175)에서도 향후 과학연구를 위한 지역으로 도입하고 있음. 벨기에는 신규 ASPA의 금지구역을 50년동안 설정하여 향후 과학기술 발전이 더욱 이루어져 미래세대 연구를 위한 reference 지역으로 지정하고자 함
- 벨기에는 중국과 합의하여 금지구역을 제한구역(restricted zone)으로 변경하여 위원회의 동의들 득함
- 칠레가 제출한 3개의 관리계획에 대해서 아직 검토 중임을 언급함
 - ASPA No. 125: Fildes Peninsula, King George (25 de Mayo) Island
 - ASPA No. 146: South Bay, Doumer Island, Palmer Archipelago
 - ASPA No. 150: Ardley Island (Ardley Peninsula), Maxwell Bay, King George (25 de Mayo) Island
- 칠레는 이들 관리 계획의 개정을 위한 업무 요약을 언급하고 관심있는 당사국들의 기여를 요청함. 몇몇 당사국들이 협력 의지를 표명하였으며 우루과이는 칠레의 관리 계획 개정에 조정 역할 담당을 제안함

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

- 위원회는 SGMP가 검토하지 않은 15개 ASPA와 1개 ASMA에 대한 관리계획 개정안을 검토함
- 1개 ASMA 개정안과 15개의 ASPA 개정안이 위원회의 동의를 얻어 ATCM의 승인을 위해 제출됨
 - ASMA 1, Admiralty Bay, King George Island (브라질, 에콰도르, 페루, 폴란드, 미국 WP 59)
 - ASPA 108, Green Island, Berthelot Islands, Antarctic Peninsula (영국 WP 05)
 - ASPA 117, Avian Island, Marguerite Bay, Antarctic Peninsula (영국 WP 06)
 - ASPA 122, Arrival Heights, Hut Point Peninsula, Ross Island (미국 WP 02)
 - ASPA 123, Barwick and Balham Valleys, Southern Victoria Land (미국 WP 23)
 - ASPA 132, Potter Peninsula, King George Island, South Shetland Islands (아르헨티나 WP 54)
 - ASPA 137, Northwest White Island, McMurdo Sound (미국 WP 20)
 - ASPA 138, Linnaeus Terrace, Asgard Range, Victoria Land (미국 WP 26)

- ASPA 145, Port Foster, Deception Island, South Shetland Islands (칠레, 스페인 WP 51)
- ASPA 147, Ablation Valley and Ganymede Heights, Alexander Island (영국 WP 07)
- ASPA 149, Cape Shirreff and San Telmo Island, Livingston Island, South Shetland Islands (미국 WP 45)
- ASPA 156, Lewis Bay, Mount Erebus, Ross Island (뉴질랜드 WP 28)
- ASPA 165, Edmonson Point, Wood Bay, Victoria Land, Ross Sea (이탈리아 WP 01)
- ASPA 168, Mount Harding, Grove Mountains, East Antarctica (중국 WP 37)
- ASPA 170, Marion Nunataks, Charcot Island, Antarctic Peninsula (영국 WP 08)
- ASPA 172, Lower Taylor Glacier and Blood Falls, McMurdo Dry Valleys, Victoria Land (미국 WP 24)

iii. 신규 보호구역/관리구역 관리계획

- 독일과 미국은 북동 남극 반도의 Danger Islands의 관리 계획 초안 마련을 위한 비공식 ICG의 결과를 보고하고 신규 ASPA를 제안함 (WP 11)
 - 제안국들은 지난 24차 위원회에 해당 지역에 대한 사전평가를 제출한 바 있으며, 이번 위원회에 관리 계획 초안을 제출함
 - 해당지역은 해양 조류의 수와 다양성이 뛰어나 생태학적, 과학적 가치가 높음
- 벨기에, 터르키에, 영국은 남극반도 Marguerite Bay의 Horseshoe Island의 Farrier Col 지역에 신규 ASPA 지정을 위한 관리 계획 초안을 제출함(WP 60 rev.1)
 - 제안국들은 지난 24차 위원회에 해당 지역에 대한 사전평가를 제출한 바 있으며, 이번 위원회에 관리 계획 초안을 제출함
 - 해당 지역의 대표 보호가치는 36,000년 전 호수 퇴적물과 9,000년 이상의 생물 기록임
- 위원회는 두 건의 신규 ASPA 관리 계획 초안이 SGMP에서 검토되는 것에 동의하고 이를 ATCM에 자문함

iv . 신규 보호구역 제안을 위한 사전 평가와 관련된 문서들

- 우크라이나는 남극반도 지역의 Argentine Islands와 Kyiv Peninsula 지역에 신규 ASPA 지정을 위한 사전 평가 자료를 제출함(WP 58)
 - 우크라이나가 제안하고자 하는 지역은 13개의 sub-area로 산재되어 있음
 - 해당지역은 인간 영향 지역에 대한 대조구를 제공하고 장기 연구를 위한 중요

한 지역으로 그 보호가치를 설정함

- 일부 당사국들(중국, 미국)은 보호가치의 핵심이 분명하지 않다는 점과 보호 구역이 산재 되어있어 관리계획의 이행에 어려움이 있을 수 있다고 언급하고, 지역을 나누어 순차적으로 지정하는 방안을 제안함. 일부 당사국들(영국 등)은 육상 생물이 산재하는 지역으로 보호구역을 여러개의 작은 구역으로 지정하는 것이 타당하다고 언급함
- 위원회는 우크라이나가 구역의 보호를 위해 더 분명한 프레임워크를 지속적으 개발할 것을 독려함

v . 지역 보호/관리를 위한 관리계획관련 기타 문제

- 칠레는 지난 21차 위원회(WP 11, IP 9)와 24차 위원회(IP 127, IP 128)에 이어 ASPA 144 (Chile Bay)의 현황(IP 70)을 제출하고 해당 ASPA의 지정 해제를 재 요청함(WP 50)
 - 기존 보호구역은 저서동물 연구에서 대조군으로 가치가 높았으나 연구종료로 더 이상 보호 명분이 없음. 연구 결과에서도 특별한 보호 조치가 지속 되어야 할 상당한 다른 가치가 발견되지 않았음
 - 스페인과 ASOC은 연구가 끝났더라도 보호가치는 그대로 이므로 유지하는 것에 대해 고려할 필요가 있으며, 한 연구 과제를 위해 보호지역을 설정하는 것이 아니라 전반적인 환경과 가치를 고려하여 지정하는 것이 바람직하다고 언급
 - 위원회는 칠레가 보호구역 지정 해지 지침(de-designation guidelines)에 따라 평가한 것에 사의를 표하고 ASPA 144의 지정 해지에 동의하면서 이러한 결정은 가볍게 결정되어서는 안된다는 점을 강조하고 해당 지역은 모든 지역에 적용되는 환경보호 의정서의 포괄적이고 일반적인 보호를 받게 될 것임을 언급함
- 독일과 미국은 동남극 Dronning Maud Land의 Otto-von-Gruber-Gebirge 지역에 신규 ASPA로 제안 예정인 보호구역 후보지의 관리 계획의 초안을 구체화하고 이를 보고함(IP 60)
 - 지난 24차 위원회에서 언급한 바(WP 12)와 같이 해당 지역의 관리계획 초안을 마련 중이며, 무인항공기를 이용하여 흰폴마갈매기(Snow petrel) 군서지 촬영 후 영상 제작 및 무인카메라를 통한 모니터링을 실시 하였음
 - 25차 위원회 이후 비공식 ICG를 운영하여 관리계획 초안에 대한 당사국들의 의견을 수렴하여 SGMP에 제출하고 26차 위원회에서 논의를 진행할 예정임
 - 러시아는 해당 지역에서 1969년 이래 USSR이 연구를 진행했음을 언급하고, 신규 ASPA 제안에 미국, 독일과 함께 할 준비가 되어있음을 언급함

b. 사적지 및 기념물

- 뉴질랜드, 영국, 노르웨이는 남극의 사적지 및 역사적 기념물 HSM 68의 보급품을 뉴질랜드 컨테베리 박물관에 재배치하고 이를 보고함(WP 27)
 - 뉴질랜드 기지에 보관하고 있던 HSM 68의 보급창고를 HSM 가이드라인을 준수하여 크라이스트처치에 위치한 컨테베리 박물관에 재배치함
 - 아르헨티나는 HSM 관리지침에는 기념물을 이동하거나 파손하면 안된다(제5부속서 8조 4항)고 되어있으므로 남극 기념물 보존을 위해 부득이 이동시킬 때에 필요한 가이드라인 필요성에 대하여 언급함
 - 위원회는 HSM의 보존 상태의 개정에 동의하고 제5 부속서 8조 4항의 조항을 강조하며 HSM의 보존과 관리를 위해 남극 외부로 재배치가 필요한 경우를 대비한 가이드라인 개발의 필요성에 주목함
- 영국은 지난 24차 위원회에 HSM 93 Endurance 난파선의 보전 관리계획(WP 53)을 제출하고 위원회가 해당 HSM의 보호를 위한 보존 관리계획 개발에 자문을 제공해 줄 것과 당사국들의 참여를 요청함
 - 영국은 지난 24차 위원회에 제출한 WP 47을 개정하고 진행 상황을 설명함
 - Endurance 난파선의 보전 관리계획을 개정하고, 발견 장소의 남극특별보호구역 지정 가능성을 검토함
 - 일부 당사국들은 ASPA 지정을 위해서는 실질적인 적용과 규범적인 문제를 고려할 필요성이 있음을 언급함

(8) 의제 10. 남극 동식물 보존

a. 검역 및 외래종

- 미국은 남극에서 고병원성 조류독감의 예방과 탐지를 위한 감시 및 협력 방안에 대한 문서를 제출하고 위원회에 다음 사항을 권고함(WP 03)
 - 고병원성 조류독감(HPAI)의 가장 큰 세계적 확산에 대한 우려와 이로 인해 남극에 도입될 가능성에 대한 정보를 제공하고 다음 사항을 위원회에 권고함
 - 당사국들이 자국의 남극프로그램을 통해 HPAI의 도입이나 확산을 탐지하고 예방하기 위한 절차를 개발하고 실행할 것을 권고함
 - 남극에서의 HPAI 탐지 정보를 공유하도록 당사국들을 독려함. 탐지 정보는 발병 위치, 해당 종, 영향을 받은 개체의 대략적인 수, 그리고 관찰된 증상을 포함
 - SCAR 남극 야생동물 건강 워킹 그룹(AWHWG)에게 남극의 고유 조류와 포유류에 대한 HPAI의 잠재적 영향에 대한 정보를 CEP에 업데이트 해주기를 요청함
- 칠레는 자국의 마젤란 지역에서 HPAI의 모니터링과 남극에서의 행동 프로토콜 이행에 관한 IP 122를 언급하고 유입 방지 지침과 조치를 개발 중이며 당사국들에게 공유할 것임을 언급함
- 한국은 WP 3의 권고사항들을 지지하고 두 번째 권고사항(남극에서의 HPAI의 탐

지 정보를 공유하도록 당사국들을 독려함. 탐지 정보는 발병 위치, 해당 종, 영향을 받은 개체의 대략적인 수, 관찰된 증상을 포함)과 밀접한 관련 있는 IP 23 rev. 1의 내용과 제안사항을 설명하고 당사국들의 참여를 제안함

- 이탈리아는 우리의 조류독감 조기 감지 계획과 테스트 키트에 관심을 표함
- COMNAP은 HPAI에 대한 특별 지침을 준비하고 있는 국가 프로그램과 함께 HPAI에 대한 지침을 선제적으로 공유할 것임을 언급하고 다음 연례 회의에서 정보를 공유할 것임을 언급함
- 조류 인플루엔자 남극 유입 방지 및 확산에 대한 대비는 매우 중요한 이슈로 위원회는 ATCM에 조류 인플루엔자 도입시 남극 조류에 대한 심각한 영향에 대한 우려를 전달하고 WP 3의 권고사항을 전달할 예정임

b. 특별 보호종

- 미국은 WP 9를 통해 자국의 황제펭귄의 보호종 지정을 알리고 회원국들도 국내 법률을 통해 남극 종의 보호에 기여할 것을 독려하고, 지난해 WP 34와 함께 제출된 황제펭귄 남극특별보호종 Action Plan 초안을 이행하고, 27차 CEP에서 황제펭귄 특별보호종 지정을 제고 하는 것을 목표로 황제펭귄의 현황에 대한 연구 결과를 보고해 줄 것을 권고함
- 우리나라를 포함한 여러 국가들이 황제펭귄 남극특별보호종 지정을 재상정하는데 동의하였으나 중국은 자연현상(기후변화)으로 인한 황제펭귄의 감소는 우리가 어쩔 수 없는 부분이고, 과학적 근거에 기반하여 인위적 영향에 의한 감소가 확실할 경우 지지하겠다는 의견을 밝힘
- 중국의 발언의 내용은 지난해와 비슷하긴 하지만 그 태도가 어느 정도 전환된 것으로 보임

(8) 의제 11. 환경 모니터링과 보고

- 네덜란드는 프랑스, 벨기에와 함께 환경 모니터링에 관한 국제적인 틀 마련의 필요성을 제안하고 이를 위해 ICG의 설립과 위임사항을 제안함(WP 17)
- 모니터링은 또한 남극 조약의 환경보호 의정서(Environment Protocol, 제 3조 2항)의 의무 사항이며, 많은 당사국이 국가 프로그램에 모니터링 활동을 포함하고 있으나 일관된 틀, 조정 메카니즘 및 적절한 자원의 부족으로 통합된 결과를 통해 남극 환경의 전반적인 동향을 파악하기에 어려움
- 당사국들은 체계적이고 조정된 접근방법이 남극과 환경영향평가에서 전반적인 모니터링에 유용할 것임을 언급함
- 몇몇 당사국들은 남극 대륙 전반에 대한 통합된 모니터링 시스템의 개발은 이루기 어려울 것이며, 환경모니터링이 시간과 비용을 요구하며 각 당사국들이 서로 다른 접근과 이행의 형태가 다름을 강조함
- 위원회는 환경모니터링을 위한 국제적 틀 개발 논의를 위한 회기간 협의체

(ICG)운영을 결정하고 우루과이의 자원하여 ICG를 운영할 예정임

- SCAR는 뉴질랜드, 호주, 한국, 미국과 함께 남극 연안 및 육상 관측 시스템 (ANTOS)에 대해 소개하고 당사국들의 참여를 독려함(WP 49)
 - ANTOS는 남극의 생태계의 변화를 추적하기 위해 남극 활동국들의 거점을 기반으로 생물학적 현황 데이터를 수집하고 공유하는 이니셔티브임
 - 지난 2014년 SCAR의 활동그룹(Action Group)의 일환으로 설립되었으며, 2016년 전문가그룹(Expert Group)으로 승격되었음
 - 우리나라 극지연구소는 지난 2018년부터 ANTOS 데이터베이스의 관리를 담당해 오고 있음
 - 동 프로그램은 남극과 아남극의 육상 및 근해에서 관측 네트워크 구축, 연구 및 데이터 공유 촉진, 국제 관측 프로그램 간 연계, 남극특별보호구역(ASPA)의 지정 등을 정책결정을 위한 근거 제공 등을 목표로 함

다. 제26차 CEP 대응

올해 핀란드 헬싱키에서 제46차 ATCM과 함께 개최되는 제26차 CEP는 2024년 5월 20일(월)에 시작하여 6월 2일 금요일에 보고서 채택을 끝으로 종료될 예정이며, 보고서는 ATCM 본 회의에 다음주 월요일에 상정되어 채택될 예정이다.

우리나라는 제26차 CEP에 1건의 논의 문서(WP: Working Paper)와 3건의 보고문서 (IP: Information Paper)를 외교부를 통해 제출할 예정이다. WP는 우리나라가 관리하고 있는 남극특별보호구역(ASPA) 171 나레브스키 포인트의 관리계획 개정에 관한 문서로, 남극조약과 「환경보호에 관한 남극조약 의정서(부속서 5)」에 따라, ASPA 지정을 제안한 국가는 해당 구역의 관리계획을 수립하여 모니터링하고, 5년마다 검토하여 개정할 의무에 따른 것이다. 우리나라는 본 과업을 통해 지난 5년간 수행한 연구 결과를 바탕으로 관리계획의 실효성을 검토하고 개정안을 마련하였다. 개정 관리계획은 동 지역 생태계 연구결과와 관련 논문, 조류독감 관련 조치, 환경보전을 위해 추가된 ATCM 지침 등을 반영하였다.

한편 킹조지섬에 자리한 7개 기지에 유입되어 번식하고 있는 외래종 겨울각다귀를 세종과학기지서 성공적으로 박멸 경과를 보고하는 문서를 작성하였다. 문서에는 그간의 경험과 연구결과를 바탕으로 마련한 박멸 매뉴얼이 당사국 및 회원국들과 공유를 위해 첨부되었다.

지난 25차 우리나라는 IP 23을 제출하여 남극지역에서 조류 독감 신속진단을 통해 유입 감시 및 확산 방지를 위한 당사국간의 공동노력을 제안한 바 있다. 그 후속으로 우리나라 세종기지 인근 기지 운영국인 칠레, 러시아, 우루과이와 협력하여 킹조지섬 내 조류독감 발병 여부를 모니터링하고 그 결과를 보고하는 문서를 제출할 예정이다. 2023/24 하계 시즌에 킹조지섬 내 조류독감 발병사례는 확인되지 않았다. 한편 우리나라의 남극활동 운영으로 인한 고병원성 조류독감의 유입 및 확산 방지를 위한 연구자 및 대원들의 조치 사항을 담은 문서를 ATCM 의제 13과 함께

CEP 10a 검역 및 외래종 의제에 제출할 예정이다.

당사국들이 남극조약사무국을 통해 제출할 문서는 2024년 4월 20일 문서 제출 기한 이후 모두 확보하여 CEP 의제를 분석하여 제26차 회의에 대응할 수 있도록 자료를 작성할 예정이다.

제 2 절 기타 남극환경 관련 국제회의

1. 국가남극운영자회의 및 해양생물자원보존위원회

가. 남극해양생물자원보존위원회(CCAMLR)

(1) CCAMLR 설립 배경

ATCM은 1980년의 특별회의에서(5월 20일) 남극해양생물자원의 보존 및 합리적 이용을 목적으로 CCAMLR 협약을 채택하였으며, 이 협약은 1982년 4월 7일부터 발효되었다. 2022년 에콰도르가 정회원이 되면서 2024년 현재까지 미국, 일본, 호주, 영국, 뉴질랜드, 노르웨이 등 27개국이 가입하였으며 CCAMLR 협약수역에서 조업을 해오던 우리나라는 1985년 4월 28일에 가입하였다(그림 3-2-1).

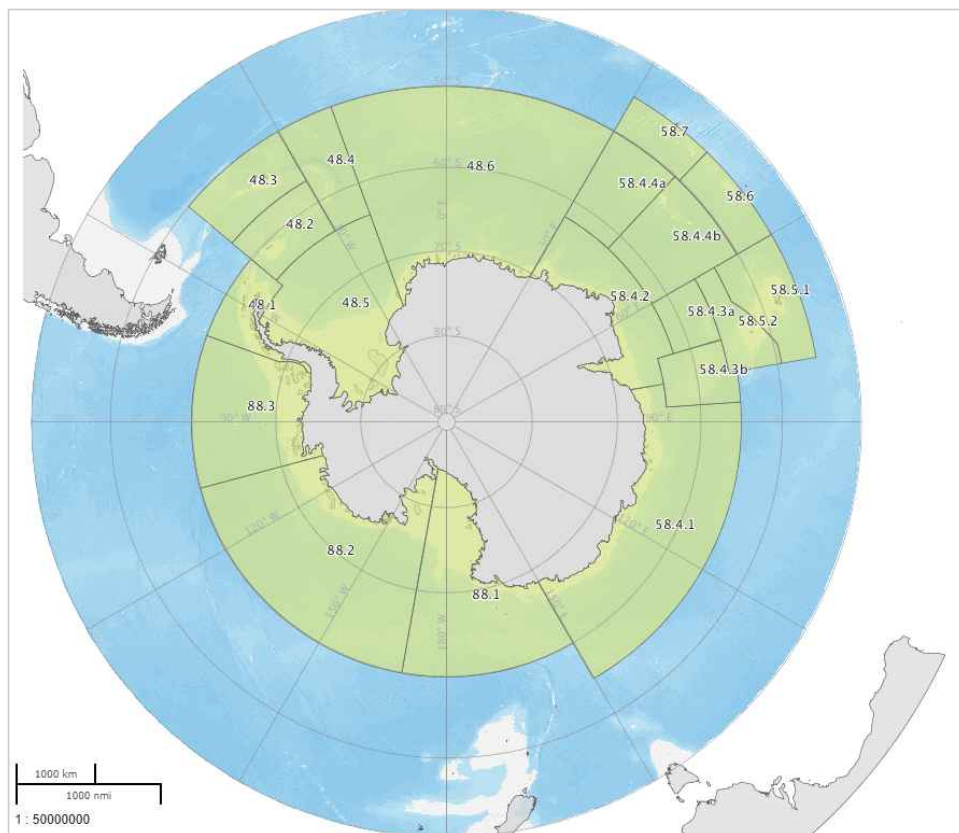


그림 3-2-1. CCAMLR 협약수역. 우리나라의 주요 조업이 수행되는 48.1해역(남극크릴) 및 88.1 해역(남극이빨고기)

(2) CCAMLR 생태계 모니터링 프로그램(CCAMLR Ecosystem Monitoring Program, CEMP)

CCAMLR에서는 남극해양생물자원의 보존을 위해 해양생태계의 주요 구성원들의 변화상을 모니터링하는 장기프로그램(CEMP)을 운영하고 있다. CEMP에서는 주요 구성원들의 생태적 변화가 환경변화에서 기인된 것인지 상업적 조업에 의한 것인지 판별하기 위해 장기 모니터링 자료를 수집하고 분석하고 있다. CCAMLR 사무국은 균질한 자료를 획득하기 위해 CEMP 표준 모니터링 방법을 제정하였으며, 자료의 수집 및 효율적인 관리를 위해 CEMP-자료 제출 양식을 회원국에 제공하고 있다. 장기 모니터링 수행을 위해 주요 펭귄 번식지들이 CEMP-site로 지정되었으며, 우리나라에서 조사를 수행하고 있는 펭귄마을(나레브스키 포인트)은 2017년에, 케이프 할렛은 2018년에 우리나라가 제안하여 지정되었으며, 2024년 현재 35개 지역이 지정되어 있다 (그림 3-2-3, 표 3-2-1).

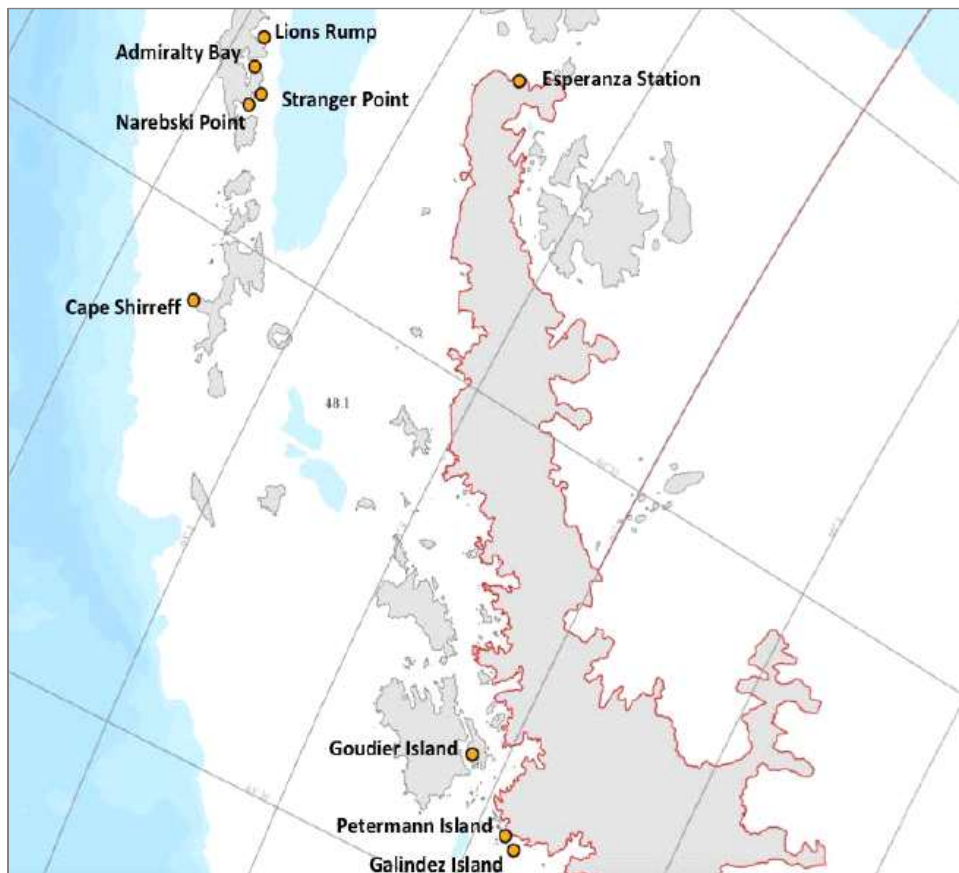


그림 3-2-2 남극반도 주변의 CEMP-site (<https://gis.ccamlr.org/>)

표 3-2-1. 장기 모니터링 수행을 위해 CCAMLR에서 지정한 CEMP-sites

코드	CEMP-site	관리국	CCAMLR 협약 수역
ESP	Esperanza Station (Hope Bay)	Argentina	48.1
LAO	Laurie Island	Argentina	48.2
SPS	Stranger Point (King George Island)	Argentina	48.1
PBA	Paradise Bay	Argentina	48.1
MBO	Marambio (Penguin Point)	Argentina	48.1
CCO	Cierva Cove (Cierva Point)	Argentina	48.1
MRO	Mar Rock	Argentina	48.1
SHI	Shirley Island (Casey Station)	Australia	58.4.1
BEE	Bechervaise Island	Australia	58.4.2
VIM	Verner Island (Mawson Station)	Australia	58.4.2
MGI	Maggs Island	Australia	58.4.2
GDI	Gardner Island	Australia	58.4.2
HOI	Hop Island	Australia	58.4.2
SIG	Steinnes Island Group	Australia	58.4.2
BLP	Blakeney Point	Australia	58.4.1
ODI	Odbert Island	Australia	58.4.1
PIS	Petrel Island (Dumont d'Urville Station)	France	58.4.1
GOI	Goudier Island	UK	48.1
SIO	Signy Island	UK	48.2
BIG	Bird Island	UK	48.3
MAI	Maiviken	UK	48.3
EDP	Edmonson Point	Italy	88.1
SYO	Syowa Station	Japan	58.4.2
NPT	Narebski Point	Korea	48.1
CHA	Cape Hallett	Korea	88.1
BOI	Bouvet Island	Norway	48.6
ROS	Ross Island	New Zealand	88.1
LRP	Lions Rump (King George Island)	Poland	48.1
PTI	Petermann Island	Ukraine	48.1
GAI	Galindez Island	Ukraine	48.1
YAL	Yalour Island	Ukraine	48.1
CSS	Cape Shirreff	US	48.1
ADB	Admiralty Bay	US	48.1
ARD	Ardley Island	Uruguay	48.1
MAR	Marion Island	South Africa	58.7

나. 2023년 CCAMLR 동향

(1) 과학위원회(SC-CAMLR) (2023.10.16.-20, 호주 CCAMLR 사무국)

- 2022년 제14차 남극과학위원회 회의에서 미국은 보호 목표가 같고 과학적 가치가 유사한 두 남극 보호구역(ASPA 152번과 153번)을 하나로 통합할 것을 제안
- 2022년 과학위원회에서 이 제안에 대한 합의 도출 무산
- 2023년 환경보호위원회(CEP)는 2개의 보호 하위 지역을 원래 크기로 유지하고 수직경계 조정을 통해 20m의 수면 아래의 경계를 설정하여 해당지역 위로 선박의 자유로운 이동을 허용하는 수정계획 승인
- 미국은 2023년 과학위원회에 수정된 관리계획서 제출 (문건 SC-CAMLR-42/12)
- 과학위원회는 ASPA 관리계획을 승인하고, 최종 승인을 위해 이 사항을 ATCM에 전달할 것을 권고

(2) CCAMLR 생태계모니터링관리작업반(WG-EMM) (2023.7.3.-14, 인도 고치)

- CCAMLR 사무국에 22/23년 CEMP data 제출
- CCAMLR 사무국에서 회원국들의 CEMP data 수합 및 분석 내용 보고(문건번호 WG-EMM-2023/24)(그림 3-2-3, 표 3-2-2)

(3) 23/24년 CCAMLR에 ASPA No. 171 나레브스키 포인트의 모니터링 자료 제출 계획

- 나레브스키 포인트의 CEMP-site 코드명: NPT(Narebski Point) (그림3-2-4)
- CCAMLR 사무국의 요청으로 2024년 5월 3일까지 모니터링자료(CEMP-data) 제출 예정 (그림 3-2-5)
- CEMP 표준조사 방법(Method A3B)에 의거하여 산출된 젠투펭귄과 턱끈펭귄의 둥지수 자료 제공

표 3-2-2. 2022/23년 CEMP-data 제출(문건번호 WG-EMM-2023/24)

Subarea/ Division	Member	Site	Species	Parameters
48.1	Argentina	Esperanza Station (ESP)	PYD	A1, A2, A3, A6b, A7
		Stranger Point Station (SPS)	PYD	A6b
	United Kingdom	Goudier Island (GOI)	PYP	A6a
	Republic of Korea	Narebski Point (NPT)	PYN	A3
			PYP	A3
	Poland	Admiralty Bay (ADB)	PYD	A6b
			PYN	A6b, A9
		Lions Rump (LRP)	PYD	A6b, A9
			PYP	A6b, A9
	Uruguay	Ardley Island (ARD)	PYD	A3, A6c
			PYP	A3, A6c, A7
	United States of America	Admiralty Bay (ADB)	PYD	A6a, A6b, A7, A8_KL, A9
			PYN	A6a
			PYP	A6a, A6b, A8_KL, A9
		Cape Shirreff (CSS)	PYN	A3
			PYP	A3
			SEA	C1*
48.2	Argentina	Laurie Island (LAO)	PYD	A3, A6a
	United Kingdom	Signy Island (SIO)	PYD	A7
			PYN	A6a, A7
48.3	United Kingdom	Bird Island (BIG)	DIM	B1a
			EUC	A1, A3, A6a, A7
			PYP	A3, A6, A7
			SEA	C1, C2b
		Maiviken (MAI)	PYP	A3, A6a, A7
			SEA	C2b
88.1	Italy	Edmonson Point (EDP)	PYD	A3
	Republic of Korea	Cape Hallett (CHA)	PYD	A3
	New Zealand	Ross Island (ROS)	PYD	A3
58.4.1	France	Petrel Island (PIS)	PYD	A1, A2, A5, A9
58.4.2	Australia	Bechervaise Island (BEE)	PYD	A6c
		Gardner Island (GDI)	PYD	A6c
		Hop Island (HOI)	PYD	A6c
	Japan	Syowa Station (SYO)	PYD	A3



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-2023/24

15 June 2023

Original: English

WG-EMM

Summary of CCAMLR Ecosystem Monitoring Program (CEMP) data holdings through the 2022/23 monitoring season

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.

그림 3-2-3. CCAMLR 사무국에서 생태계모니터링관리작업반에 제출한 CEMP data 수합 및 분석 문건(문건번호 WG-EMM-2023/24)

Raw attribute set (unformatted)



Administered_By	Korea, Republic of
CES_Code	NPT
CES_Description	Narebski Point is a headland on the southeast coast of the Barton Peninsula, at the southwestern end of King George Island in the South Shetland Islands (Subarea 48.1). Research is conducted out of the South Korean King Sejong Station. Breeding population size is monitored for gentoo and chinstrap penguins.
CES_ID	29
CES_Latitude	-62.23725
CES_Longitude	-58.77434
CES_Name	Narebski Point
CreatedBy	dbo
CreatedOn	2018-02-20T06:37:08.653Z
ModifiedBy	dbo
ModifiedOn	2018-02-20T06:37:08.653Z
Statistical_Area	Subarea 48.1

그림 3-2-4. 우리나라가 담당하는 CEMP-site인 나레브스키 포인트(ASPA No. 171) 등록정보 (<https://gis.ccamlr.org/>).



Claire Van Werven <claire.vanwerven@ccamlr.org>

03-22 (금), 오전 6:49

Douglas Krause - NOAA Federal <douglas.krause@noaa.gov>; +22 개 더 ✕



전체 회신 | ▼

추가 작업 플래그 지정. 2024년 3월 22일 금요일부터 시작합니다. 기한은 2024년 3월 22일 금요일까지입니다.

Dear researchers,

In preparation for this year's meeting of WG-EMM (2024), I am advising you that CEMP data for the 2023/24 season should be submitted to the Secretariat no later than the 3rd of May. This data submission deadline will allow the Secretariat to process and analyse the CEMP data and to prepare annual reports and or analyses for WG-EMM by the deadline for the submission of meeting documents.

Please ensure that all CEMP data are submitted using the latest data forms, noting that the e-forms are routinely updated each year - these can be found online via the CCAMLR website ([CCAMLR data forms](#) | [CCAMLR](#)).

All data should be submitted to claire.vanwerven@ccamlr.org and data@ccamlr.org.

If you have any queries or difficulties meeting the deadline, please do not hesitate to let me know.

Best regards,



Claire van Werven
Research, Monitoring and Compliance Analyst
Commission for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources
Phone +61 3 6210 1130
Web www.ccamlr.org
Email claire.vanwerven@ccamlr.org

...

그림 3-2-5. CCAMLR 사무국으로부터 접수한 2023/24년 CEMP-data 제출 요청 메일

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.
- 환경부. 2019. 남극특별보호구역 모니터링 및 남극기지 환경관리에 관한 연구(5). 환경부.
- 환경부. 2020. 남극특별보호구역 모니터링 및 남극기지 환경관리에 관한 연구(6). 환경부.
- 환경부. 2021. 남극특별보호구역 모니터링 및 남극기지 환경관리에 관한 연구(7). 환경부.
- 환경부. 2022. 남극특별보호구역 모니터링 및 남극기지 환경관리에 관한 연구(8). 환경부.
- 환경부. 2023. 남극특별보호구역 모니터링 및 남극기지 환경관리에 관한 연구(9). 환경부.
- 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.
- Andrew, L.J., Andrew, C.P., Richard, I, and Stuart, B, 2011. Comparing isotopic niche widths among and within communities: SIBER - Stable Isotope Bayesian Ellipses in R. *Journal of Animal Ecology* 80: 595-602.
- Atkinson, A., Hill, S.L., Pakhomov, E., Siegel, V., Reiss, C.S., Loeb, V.J., Steinberg, D.K., Schmidt, K., Tarling, G.A., Gerrish, L., Sailey, S.F. 2019. Krill (*Euphausia superba*) distribution contracts southward during rapid regional warming. *Nature Climate Change* 9: 142-147.

- Bates, D., Machler, M., Bolker, B., and Walker, S. 2015. Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. *Journal of Statistical Software*, 67(1), 1-48. doi: 10.18637/jss.v067.i01
- Barbosa, A., Benzal, J., De León, A., Moreno, J. 2012. Population decline of chinstrap penguins (*Pygoscelis antactica*) on Deception Island, South Shetlands, Antarctica. *Polar Biology* 35: 1453-1457.
- BirdLife International (2022) IUCN Red List for birds.
- Barquete, V., Strauss, V., Ryan, P.G. 2013. Stable isotope turnover in blood and claws: a case study in captive African penguins. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 448: 121-127.
- Burnham, B.P. & Anderson, D.R. 2002. Model selection and multimodel inference: A practical information - Theoretic approach (2nd edition). Springer-Verlag New York, Inc.
- CCAMLR. 2004. Commission for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources: Standard Methods. CCAMLR
- CCAMLR. 2014. Commission for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources: Standard Methods, revised. CCAMLR.
- 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/>.
- Crawford, R. J. M., Ellenberg, U., Frere, E., Hagen, C., Baird, K., Brewin, P. Crofts, S., Glass, J., Mattern, T. and Pompert, J. 2017. Tangled and drowned: A global review of penguin bycatch in fisheries. *Endangered Species Research* 34: 373-396.
- Croxall, J. P. 1984. Seabirds, p. 533-616. In R. M. Laws [ed.], *Antarctic ecology*, Vol. 2. Academic Press, London.
- Delignette-Muller, M. L., Dutang, C., Pouillot, R., Denis, J. B., and Delignette-Muller, M. M. L. 2015. Package 'fitdistrplus' . *Journal of Statistical Software*, 64: 1-34.
- 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.
- Dimitrijević, D., Paiva, V.H., Ramos, J.A., Seco, J., Ceia, F.R., Chipev, N. et al. 2018. Isotopic niches of sympatric Gentoo and Chinstrap Penguins: evidence of competition for Antarctic krill?. *Polar Biology* 41: 1655-1669.
- Dunn, M.J., Adlard, S., Taylor, A.P., Wood, A.G., Trathan, P.N., Ratcliffe, N. 2021. Un-crewed aerial vehicle population survey of the three sympatrically breeding seabird species at Signy Island, South Orkney Islands. *Polar Biology* 44: 717-727.
- Dunn, M. J., Forcada, J., Jackson, J. A., Waluda, C. M., Nichol, C. and Trathan, P. N. 2019. A long-term study of gentoo penguin (*Pygoscelis papua*) population trends at a major Antarctic tourist site, Goudier Island, Port Lockroy. *Biodiversity and Conservation* 28(1): 37-53.
- Flores, F., Atkinson, A., Kawaguchi, S., Krafft, B.A., Milinevsky, G. Nicol, S, Reiss, C., Tarling, G.A., Werner, R., Bravo Rebolledo, E. et al. 2012. Impact of climate change on antarctic krill. *Marine Ecology Progress Series*. 458: 1-19.
- Forcada, J., Trathan, P.N., Reid, K., Murphy, E.J., Croxall, J.P. 2006. Contrasting population changes in sympatric penguin species in association with climate warming. *Global Change Biology* 12: 411-423.
- Hagelin, J. C., & Miller, G. D. (1997). Nest-site selection in south polar skuas: balancing nest safety and access to resources. *The Auk*, 114(4), 638-645.
- Herman, R., Borowicz, A., Lynch, M., Trathan, P., Hart, T., Lynch, H. 2020. Update on the global abundance and distribution of breeding Gentoo Penguins (*Pygoscelis papua*). *Polar Biology*. 43: 1947-1956.
- Hinke, J.T., Salwicka, K., Trivelpiece, S.G., Watters, G.M., Trivelpiece, W.Z. 2007. Divergent responses of *Pygoscelis* penguins reveal a common environmental driver. *Oecologia* 153: 845-855.
- Hinke, J.T., Polito, M.J., Goebel, M.E., Jarvis, S., Reiss, C.S., Thorrold, S.R., et al. 2015. Spatial and isotopic niche partitioning during winter in chinstrap and Adélie penguins from the South Shetland Islands. *Ecosphere* 6: 1-32.
- Hobson K., Clark R. 1992. Assessing avian diets using stable isotopes: I. Turnover of ^{13}C in tissues. *Condor* 94:181-188.

- Hodgson, J.C., Mott, R., Baylis, S.M., Pham, T.T., Wotherspoon, S., Kilpatrick, A.D., Segaran, R.R., Reid, I., Terauds, A., Koh, L.P. 2018. Drones count wildlife more accurately and precisely than humans. *Methods in Ecology and Evolution* 9: 1160–1167.
- Jang, 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. *Ocean and Polar Research* 26: 87–101.
- Jenouvrier, S., H. Weimerskirch, C. Barbraud, Y. Park, and B. Cazelles. 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.
- Kim, Y., Jung, J. W., Kim, J. U., Oh, Y. S., Chung, H., & Kim, J. H. (2022). Dietary niche partitioning in brown skuas (*Stercorarius lonnbergi*) during the chick-rearing period at Narebski Point on King George Island, Antarctica. *Polar Biology*, 45(1), 153–158.
- Krietsch, J., Esefeld, J., Braun, C., Lisovski, S., Peter, H-U., Long-term dataset reveals declines in breeding success and high fluctuations in the number of breeding pairs in two species breeding on King George Island. *Polar Biology* 39: 573–582.
- Krüger, L. 2023. Decreasing trends of Chinstrap Penguin breeding colonies in a region of major and ongoing rapid environmental changes suggest population level vulnerability. *Diversity* 15: 327.
- Krüger, L. Huerta, M.F., Santa Cruz, F., Cárdenas, C.A. 2021. Antarctic krill fishery effects over penguin populations under adverse climate conditions: Implications for the management of fishing practices. *Ambio* 50: 560–571.
- Laake, J. 2013. RMark: An R Interface for Analysis of Capture-Recapture Data with MARK. AFSC Processed Rep. 2013–01, Alaska Fish. Sci. Cent., NOAA, Natl. Mar. Fish. Serv., Seattle, WA.
- Lee, W.Y., Jung, J.W., Han, Y.D., Chung, H., Kim, J.H. 2015. A new sex determination method using morphological traits in adult chinstrap and gentoo penguins on King George Island, Antarctica. *Animal Cells and Systems* 19: 156–159.

- Lescroel, A. and Bost, C.A. 2005. Foraging under contrasted oceanographic conditions: the Gentoo Penguin at Kerguelen Archipelago. *Marine Ecology Progress Series* 302: 245-261.
- 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.
- Lynch, H. J., Crosbie, K., Fagan, W. F. and Naveen, R. 2010. Population trends and reproductive success at a frequently visited penguin colony on the western Antarctic Peninsula. *Polar Biology* 33: 493-503.
- Lynch, H.J., Fagan, W.F., Naveen, R., Trivelpiece, S.G., and Trivelpiece, W.Z. 2009. Timing of clutch initiation in *Pygoscelis* penguins on the Antarctic Peninsula: Towards an improved understanding of off-peak census correction factors. *CCAMLR Science* 16: 149-165.
- 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.
- Naveen, R., Lynch, H.J., Forrest, S., Mueller, T., Polito, M. 2012. First direct, site-wide penguin survey at Deception Island, Antarctica, suggests significant declines in breeding chinstrap penguins. *Polar Biology* 35: 1879-1888.
- Ogden, L.J.E., Hobson, K.A., Lank, D.B. 2004. Blood isotopic ($\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$) turnover and diet-tissue fractionation factors in captive dunlin (*Calidris alpina pacifica*). *Auk* 121: 170-177.
- Panasiuk, A., Wawrzynek-Borejko, J., Musiał, A., Korczak-Abshire, M., 2020. *Antarctic Science* 32: 21-28.
- Parnell, A.C. & Inger, R. 2016. *simmr*: A stable isotope mixing model. R Package version 0.4.1.

- Petersen, S.L. & Branch, G.M. & Ainley, David & Boersma, P. & Cooper, J. & Woehler, Eric. 2005. Is Flipper banding of penguins a problem? *Marine Ornithology* 33, 75-79.
- Pickett, E.P., Fraser, W.R., Patterson-Fraser, D.L., Cimino, M.A., Torres, L.G., Friedlaender, A.S. 2018. Spatial niche partitioning may promote coexistence of *Pygoscelis* penguins as climate-induced sympatry occurs. *Ecology and Evolution* 8: 9764-9778.
- 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.
- Pledger, S., Pollock, K. H., & Norris, J. L. 2003. Open capture-recapture models with heterogeneity: I. Cormack-Jolly-Seber model. *Biometrics* 59(4), 786-794.
- Polito, M.J., Clucas, G.V., Hart, T., Trivelpiece, W.Z., 2012. A simplified method of determining the sex of *Pygoscelis* penguins using bill measurements. *Marine Ornithology* 40: 89-94.
- 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.J., Trivelpiece, W.Z., Patterson, W.P., Karnovsky, N.J., Reiss, C.S., Emslie, S.D. 2015. Contrasting specialist and generalist patterns facilitate foraging niche partitioning in sympatric populations of *Pygoscelis* penguins. *Marine Ecology Progress Series* 519: 221-237.
- 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
- Quintana, R.D., Cirelli, V. 2000. Breeding dynamics of a Gentoo Penguin *Pygoscelis papua* population at Cierva Point, Antarctic Peninsula. *Marine Ornithology* 28: 29-3
- Ratcliffe, N., Guihen, D., Robst, J., Crofts, S., Stanworth, A., Enderlein, P. 2015. A protocol for the aerial survey of penguin colonies using UAVs. *Jounral of Unmanned Vehicle Systems* 3: 95-101.
- R Core Team. 2022. R: A language and environment for statistical computing.
- R Core Team. 2024. R: A language and environment for statistical computing.
- Redfern, C.P.F., Clark, J.A. 2001. Ringer' s Manuel. British Trust for Ornithology, Thetford.

- Renner, M., Davis, L.S., & Aib, N. 2000. Marking penguins with implanted transponders. *Notornis* 47, 163-165.
- Rombolá, E.F., Marschoff, E., Coria, N. 2010. Inter-annual variability in Chinstrap penguin diet at South Shetland and South Orkneys Islands. *Polar Biology* 33: 799-806.
- Salmerón, N., Belle, S., Santa Cruz, F., Alegria, N., Finger, J.V.G., Corá, D.H., Petry, M.V., Hernández, C., Cárdenas, C.A. Krüger, L. Contrasting environmental conditions precluded lower availability of Antarctic krill affecting breeding chinstrap penguins in the Antarctic Peninsula. *Scientific Reports* 13: 5265.
- Sander, M., Balbão, T.C., Polito, M.J., Costa, E.S., Carneiro, A.P.B. 2007. Recent decrease in chinstrap penguin (*Pygoscelis antarctica*) populations at two of Admiralty Bay's islets on King George Island, South Shetland Islands, Antarctica. *Polar Biology* 30: 659-661.
- So, J.E., Halda J.P., Hong S.G., Jur J.-S. Kim, J.H. 2023. The revision of lichen flora around Maxwell Bay, King George Island, Maritime Antarctic. *Journal of Microbiology* 61, 159-173.
- Smith, R.C., and Stammerjohn, S.E. 2001. Variation on surface air temperature and sea ice extent in the western Antarctic Peninsula (WAP) region. *Annals of Glaciology* 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.
- Strycker, N., Wethington, M., Borowicz, A., Forrest, S., Witharana, C., Hart, T., Lynch, H.J. 2020. A global population assessment of the Chinstrap penguin (*Pygoscelis antarctica*). *Scientific Reports* 10: 19474.
- Tenaza, R. 1971. Behavior and nesting success relative to nest location in Adelie penguins (*Pygoscelis adeliae*). *The Condor*, 73: 81-92.
- Trathan, P.N., Forcada, J., Atkinson, R., Downie, R.H., and Shears, J.R. 2008. Population assessments of gentoo penguins (*Pygoscelis papua*) breeding at an important Antarctic tourist site, Goudier Island, Port Lockroy, Palmer Archipelago, Antarctica. *Biological Conservation* 141: 3019-3028.

- 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., J.T. Hinke, A.K. Miller, C.S. Reiss, S.G. Trivelpiece, and G.M. Watters. 2011. Variability in krill biomass links harvesting and climate warming to penguin population changes in Antarctica. PNAS, 108(18): 7625-7628.
- Trillmich, F. (1978). Feeding territories and breeding success of South Polar Skuas. The auk, 95(1), 23-33.
- Volkman, N.J., Presler, P. and Trivelpiece, W.Z. 1980. Diets of Pygoscelid penguins at King George Island, Antarctica. Condor, 82: 373-378.
- West, J.B., Bowen, G.J., Cerling, T.E., Ehleringer, J.R. 2006. Stable isotopes as one of nature's ecological recorders. Trends in Ecology & Evolution 21: 408-414.
- 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
- Wilson, R.P., 2010. Resource partitioning and niche hyper-volume overlap in free-living Pygoscelid penguins. Functional Ecology 2010: 649-657.
- Wood, R. C. (1971). Population dynamics of breeding South Polar Skuas of unknown age. The Auk, 88(4), 805-814.
- Wootherspoon, S., Sumner, M., and Lisovski, S. 2016. SGAT: solar/satellite geolocation for animal tracking. Accessed at: <https://github.com/SWotherspoon/SGAT>.
- Zuur, A. F., Ieno, E. N., Walker, N. J., Saveliev, A. A., and Smith, G. M. 2009. Mixed Effects Models and Extensions in Ecology with R. New York, NY: Springer

부록

부록 1. 2023년 펭귄마을 일별 기상 통계량.

Y	M	D	Wind speed(m/s)			Temperature(°C)			Relative humidity(%)		
			Avg	Min	Max	Avg	Min	Max	Avg	Min	Max
2023	1	1	5.41	0.44	12.12	2.60	1.54	3.78	85.49	73.85	94.10
2023	1	2	13.98	9.89	18.99	0.36	-0.05	1.37	93.26	78.63	98.80
2023	1	3	7.60	0.00	14.14	0.68	-0.57	2.36	84.41	74.07	92.20
2023	1	4	3.12	0.01	8.35	0.23	-0.92	2.47	89.85	72.02	96.70
2023	1	5	4.11	0.38	7.37	1.25	0.04	2.63	82.88	70.29	94.90
2023	1	6	7.54	2.77	16.13	3.26	1.73	4.69	85.38	69.65	96.60
2023	1	7	10.59	7.35	14.01	4.08	3.00	6.48	87.01	69.71	94.30
2023	1	8	8.82	5.91	14.90	3.77	1.86	6.63	89.97	68.71	98.60
2023	1	9	7.36	0.69	12.33	4.98	2.82	8.01	86.68	69.85	97.80
2023	1	10	10.60	4.08	20.04	2.68	1.39	6.92	85.08	62.39	98.30
2023	1	11	10.72	4.67	19.62	2.38	1.64	3.03	83.99	67.72	98.20
2023	1	12	8.40	4.26	13.00	1.92	1.15	2.70	92.70	83.50	98.70
2023	1	13	7.10	1.73	12.28	2.17	1.23	4.28	94.57	82.10	98.80
2023	1	14	4.25	2.18	10.12	1.87	1.25	3.00	92.49	74.23	98.50
2023	1	15	10.62	6.86	14.83	2.66	2.01	3.28	85.43	64.29	97.70
2023	1	16	8.12	5.96	11.04	2.78	1.06	4.20	87.27	79.66	94.80
2023	1	17	8.31	5.72	12.55	2.24	0.53	3.46	83.18	75.71	93.20
2023	1	18	11.42	6.32	18.11	3.01	0.86	4.13	85.99	73.11	98.30
2023	1	19	10.60	5.57	15.70	3.49	3.05	4.11	91.26	85.60	97.10
2023	1	20	9.30	4.60	12.81	3.11	2.38	4.43	89.02	82.80	94.90
2023	1	21	8.81	4.94	12.95	3.07	2.59	3.60	92.77	87.20	97.30
2023	1	22	10.92	7.43	15.45	3.34	2.51	4.60	90.07	77.45	98.10
2023	1	23	8.05	4.20	11.81	3.03	2.26	3.87	89.20	72.53	98.30
2023	1	24	6.09	2.51	9.36	5.12	3.07	7.47	82.07	61.34	98.60
2023	1	25	4.90	0.00	9.32	3.74	1.35	7.05	92.03	80.90	98.40
2023	1	26	6.44	0.05	11.16	3.40	2.27	5.35	90.38	79.67	96.40
2023	1	27	6.31	0.00	10.62	2.60	0.00	5.84	91.02	80.40	96.40
2023	1	28	4.72	1.79	7.76	2.14	1.36	3.84	87.35	74.11	95.50
2023	1	29	6.13	0.00	10.99	2.92	0.58	5.07	91.97	71.49	96.80

Y	M	D	Wind speed(m/s)			Temperature(°C)			Relative humidity(%)		
			Avg	Min	Max	Avg	Min	Max	Avg	Min	Max
2023	1	30	7.18	0.00	11.53	1.84	0.30	2.84	90.32	82.10	96.80
2023	1	31	7.16	0.03	12.71	1.92	0.44	3.23	88.33	77.64	97.40
2023	2	1	9.86	5.88	12.66	2.96	2.24	3.47	97.11	92.10	98.90
2023	2	2	7.44	2.66	12.02	2.58	2.02	3.45	91.85	85.20	98.30
2023	2	3	9.80	5.69	13.89	3.17	2.35	4.68	96.13	88.60	98.70
2023	2	4	7.02	4.26	10.07	2.98	1.16	4.59	91.64	80.60	97.40
2023	2	5	4.60	0.01	8.16	2.21	1.35	3.05	95.36	87.10	97.90
2023	2	6	4.13	0.00	9.76	1.57	0.76	3.16	88.28	77.77	95.70
2023	2	7	4.09	0.01	8.37	2.47	1.53	3.86	84.04	62.02	97.70
2023	2	8	3.80	0.24	7.60	2.87	2.06	5.04	90.23	70.91	97.10
2023	2	9	6.34	0.78	13.00	5.07	3.02	6.34	79.38	60.76	91.90
2023	2	10	9.21	0.88	13.73	4.93	3.58	8.64	84.94	65.00	92.10
2023	2	11	4.43	0.00	10.66	5.35	2.08	9.40	81.87	55.47	96.60
2023	2	12	7.55	1.71	11.64	3.80	1.78	7.77	90.87	70.07	98.00
2023	2	13	4.06	0.25	9.87	1.96	0.23	3.98	93.15	76.62	98.90
2023	2	14	2.34	0.00	4.54	2.77	1.98	3.85	82.41	65.01	91.00
2023	2	15	10.13	0.85	14.55	1.09	-0.16	4.45	84.23	71.17	94.80
2023	2	16	6.29	0.59	14.63	0.75	-0.42	2.55	76.89	70.61	89.80
2023	2	17	6.00	1.67	14.31	2.06	1.33	2.99	83.24	72.68	94.50
2023	2	18	7.88	4.53	14.79	2.46	1.48	3.51	90.82	79.46	98.30
2023	2	19	8.10	3.75	11.52	3.35	1.61	3.98	94.09	87.20	97.50
2023	2	20	6.60	4.32	9.55	1.72	0.85	3.00	82.03	68.70	96.40
2023	2	21	4.81	0.52	10.41	1.51	0.26	2.83	75.51	63.56	90.40
2023	2	22	5.13	0.00	13.76	2.01	0.44	4.39	92.83	81.30	97.50
2023	2	23	8.80	0.24	17.58	0.87	-1.98	4.68	91.53	73.13	98.30
2023	2	24	2.93	0.02	5.94	-0.24	-0.97	0.87	84.99	72.71	96.20
2023	2	25	8.28	0.12	14.18	-0.97	-2.82	1.36	80.46	73.19	90.30
2023	2	26	7.20	0.59	14.38	-3.16	-4.91	-1.40	69.55	58.72	77.35
2023	2	27	4.83	1.46	8.48	-0.98	-1.98	0.70	70.01	55.42	78.50
2023	2	28	5.88	2.26	11.54	1.24	0.14	2.89	74.04	64.08	84.60

Y	M	D	Wind speed(m/s)			Temperature(°C)			Relative humidity(%)		
			Avg	Min	Max	Avg	Min	Max	Avg	Min	Max
2023	3	1	5.28	1.08	12.88	2.46	0.16	4.18	86.65	76.66	97.10
2023	3	2	6.69	0.22	11.27	1.50	0.17	2.63	91.89	84.30	97.70
2023	3	3	6.10	0.32	11.88	2.05	0.69	3.88	87.12	75.57	96.00
2023	3	4	3.21	0.01	6.77	1.64	0.60	4.02	85.59	73.76	95.10
2023	3	5	4.07	1.51	6.37	1.85	0.82	3.26	84.72	66.04	95.20
2023	3	6	4.99	0.54	8.87	2.59	1.67	3.40	77.34	60.75	90.00
2023	3	7	3.36	0.21	7.56	2.13	0.99	3.71	83.63	73.44	89.60
2023	3	8	4.17	0.26	7.60	2.55	0.97	4.05	81.29	65.03	92.60
2023	3	9	8.69	5.08	12.89	3.18	2.57	4.94	86.79	66.45	95.40
2023	3	10	6.64	0.66	11.24	3.95	2.85	5.54	86.27	74.19	93.80
2023	3	11	10.79	8.07	14.26	3.83	2.45	6.42	85.16	75.49	93.90
2023	3	12	11.90	6.04	17.63	3.51	2.67	5.37	86.22	79.05	93.90
2023	3	13	9.29	5.79	13.59	2.79	1.94	3.60	85.84	77.80	93.00
2023	3	14	9.22	4.76	12.52	1.85	0.09	3.09	82.71	74.59	92.90
2023	3	15	6.96	0.05	13.87	1.93	0.82	3.74	83.56	60.66	97.10
2023	3	16	6.41	0.00	10.47	1.89	-0.32	3.07	84.56	52.61	95.00
2023	3	17	4.10	0.28	8.20	0.66	-0.21	1.24	82.43	68.76	92.00
2023	3	18	5.36	0.05	13.81	0.78	-0.23	1.94	76.45	64.17	96.40
2023	3	19	9.22	4.10	11.97	1.05	0.23	2.45	85.91	69.76	97.60
2023	3	20				0.76	-0.47	1.59	85.66	71.54	97.60
2023	3	21				0.13	-1.43	1.24	80.19	65.92	94.70
2023	3	22				2.24	0.36	3.35	90.57	77.71	96.40
2023	3	23				1.19	0.34	1.97	80.01	68.18	92.50
2023	3	24				1.89	1.22	2.38	86.08	68.08	97.90
2023	3	25				2.61	1.01	4.47	90.08	82.30	97.00
2023	3	26				1.32	0.40	2.26	92.30	84.30	97.60
2023	3	27				0.34	-0.31	1.01	81.54	67.07	94.30
2023	3	28				-0.72	-2.71	0.89	77.86	67.17	93.40
2023	3	29				-2.57	-4.71	-0.80	78.10	66.39	93.10
2023	3	30				0.17	-2.70	1.62	78.85	65.93	88.50

Y	M	D	Wind speed(m/s)			Temperature(°C)			Relative humidity(%)		
			Avg	Min	Max	Avg	Min	Max	Avg	Min	Max
2023	3	31				1.62	1.16	2.17	94.30	84.40	98.30
2023	4	1				1.51	0.78	3.66	82.60	69.41	96.50
2023	4	2				3.08	1.44	4.93	93.40	86.40	97.80
2023	4	3				4.18	1.70	8.19	86.85	54.02	96.70
2023	4	4				5.24	3.05	9.24	76.25	52.67	96.70
2023	4	5				3.11	2.48	4.24	86.45	76.61	91.70
2023	4	6				4.43	2.71	8.51	78.87	47.17	95.80
2023	4	7				3.30	2.64	4.71	85.09	74.17	91.30
2023	4	8				1.32	-0.55	2.84	85.71	75.30	95.10
2023	4	9				0.25	-3.14	2.09	87.74	74.98	96.50
2023	4	10				-1.71	-3.17	-0.39	81.70	69.24	92.20
2023	4	11				-3.28	-4.75	-0.55	73.23	56.06	92.50
2023	4	12				-1.80	-3.71	-0.69	65.47	49.66	79.68
2023	4	13				-0.39	-1.66	1.08	80.16	52.08	93.40
2023	4	14				0.24	-0.48	1.30	93.68	83.20	98.10
2023	4	15				0.58	-0.59	1.84	95.38	85.90	98.50
2023	4	16				1.22	-0.07	1.92	96.83	90.70	98.50
2023	4	17				0.33	-1.56	1.55	89.08	77.67	96.50
2023	4	18				-5.05	-6.53	-0.31	82.60	64.23	91.80
2023	4	19				-3.23	-5.13	1.50	74.85	61.12	92.00
2023	4	20				1.43	0.69	2.85	89.02	75.18	94.90
2023	4	21				0.80	-2.17	1.55	91.59	86.20	97.50
2023	4	22				-1.52	-3.48	-0.17	84.83	68.10	95.10
2023	4	23				1.11	-0.75	2.59	87.48	76.83	97.60
2023	4	24				1.13	0.53	1.59	88.68	79.79	97.80
2023	4	25				0.41	-0.85	1.15	89.03	76.93	94.60
2023	4	26				-0.48	-1.64	0.61	78.41	67.19	88.80
2023	4	27				-1.12	-2.19	-0.65	70.62	55.86	83.70
2023	4	28				-1.68	-2.53	-1.12	78.37	66.63	94.50
2023	4	29				-1.43	-2.52	-0.94	76.00	58.00	95.60

Y	M	D	Wind speed(m/s)			Temperature(°C)			Relative humidity(%)		
			Avg	Min	Max	Avg	Min	Max	Avg	Min	Max
2023	4	30				-3.43	-5.30	-1.44	80.44	62.62	95.60
2023	5	1				-0.07	-3.76	2.00	87.41	72.99	95.30
2023	5	2				-0.59	-1.55	0.68	83.45	64.98	95.50
2023	5	3				-0.67	-3.69	1.91	90.78	78.84	98.60
2023	5	4				-1.99	-2.94	-0.74	73.58	57.56	95.30
2023	5	5				-2.16	-3.36	-1.51	73.82	62.42	91.80
2023	5	6				-5.52	-9.09	1.61	87.52	77.12	97.80
2023	5	7				-3.30	-8.36	-0.03	83.02	68.64	94.80
2023	5	8				0.31	-2.95	2.93	93.55	86.60	97.30
2023	5	9				1.66	0.14	3.57	93.75	82.20	98.20
2023	5	10				0.15	-0.61	0.67	86.28	72.90	98.70
2023	5	11				0.88	-1.35	2.53	92.14	77.93	99.00
2023	5	12				1.92	0.45	3.43	92.96	87.00	97.70
2023	5	13				0.03	-0.91	0.75	83.48	67.71	97.30
2023	5	14				1.59	0.10	5.48	92.75	69.31	98.50
2023	5	15				2.24	0.38	4.16	92.08	63.66	98.40
2023	5	16				1.68	-0.89	5.88	92.05	63.09	98.10
2023	5	17				-0.47	-1.53	0.26	75.98	57.71	91.00
2023	5	18				0.56	-1.04	2.28	84.64	59.37	97.90
2023	5	19				0.66	0.07	1.80	89.81	75.92	97.10
2023	5	20				-0.53	-1.44	0.22	82.88	65.24	96.90
2023	5	21				1.61	-1.37	3.66	83.77	72.41	92.40
2023	5	22				1.51	0.73	3.42	85.54	66.19	94.30
2023	5	23				1.41	0.87	2.41	83.05	71.21	91.90
2023	5	24				1.55	0.88	2.63	80.52	65.25	91.30
2023	5	25				0.75	-0.66	2.24	80.94	59.18	91.20
2023	5	26				1.45	-0.09	3.47	87.36	69.19	95.70
2023	5	27				-0.42	-1.54	0.94	89.81	73.90	97.60
2023	5	28				-2.08	-3.59	-0.93	87.99	78.44	95.70
2023	5	29				-5.17	-6.71	-3.59	80.29	74.77	87.20

Y	M	D	Wind speed(m/s)			Temperature(°C)			Relative humidity(%)		
			Avg	Min	Max	Avg	Min	Max	Avg	Min	Max
2023	5	30				-4.64	-6.59	-3.36	73.05	61.76	80.60
2023	5	31				-0.42	-4.11	3.94	87.73	77.56	95.00
2023	6	1				1.83	0.76	5.29	93.65	77.85	98.20
2023	6	2				1.59	-0.69	3.10	90.36	85.40	97.30
2023	6	3				3.61	1.08	6.20	76.26	52.56	87.80
2023	6	4				1.57	-1.08	4.43	92.31	77.29	98.70
2023	6	5				0.72	-2.31	4.61	89.06	64.87	98.50
2023	6	6				-1.75	-3.10	0.27	88.34	51.61	97.30
2023	6	7				-6.53	-8.03	-3.06	90.52	86.60	94.30
2023	6	8				-7.23	-8.39	-6.61	81.37	75.27	88.60
2023	6	9				-6.10	-7.25	-4.62	72.23	64.45	83.00
2023	6	10				-5.61	-6.85	-4.00	83.98	68.19	94.90
2023	6	11				-5.81	-9.06	-2.76	79.11	63.19	92.20
2023	6	12				-6.62	-8.07	-4.74	78.30	63.67	88.00
2023	6	13				-5.93	-8.84	-3.60	67.69	61.51	75.72
2023	6	14				-3.88	-5.47	-1.66	71.95	65.63	84.50
2023	6	15				-2.22	-6.50	1.19	88.21	71.13	97.20
2023	6	16				-2.74	-6.39	0.54	90.50	78.27	97.10
2023	6	17				-3.00	-5.47	0.60	87.93	76.87	95.90
2023	6	18				0.86	-0.51	2.96	83.87	74.61	93.60
2023	6	19				-0.99	-1.74	0.05	88.66	75.12	98.40
2023	6	20				-2.33	-8.67	-0.21	79.12	69.07	92.40
2023	6	21				-4.29	-7.25	-2.42	84.57	70.34	94.40
2023	6	22				-12.46	-15.41	-7.35	86.14	83.30	91.00
2023	6	23				-12.66	-14.18	-10.92	79.78	67.07	87.60
2023	6	24				-6.90	-11.17	-3.12	82.79	72.08	93.30
2023	6	25				-6.57	-13.95	-1.18	90.32	78.66	97.60
2023	6	26				-9.25	-13.37	-4.48	74.56	58.16	93.90
2023	6	27				-6.48	-10.30	-4.08	70.50	51.68	78.95
2023	6	28				-3.95	-4.59	-2.22	72.48	64.94	86.80

Y	M	D	Wind speed(m/s)			Temperature(°C)			Relative humidity(%)		
			Avg	Min	Max	Avg	Min	Max	Avg	Min	Max
2023	6	29				-2.00	-2.60	-1.08	82.66	76.51	94.20
2023	6	30				-2.14	-2.99	-1.45	91.74	82.70	96.50
2023	7	1				-2.57	-4.49	2.57	73.99	57.36	93.40
2023	7	2				2.17	0.10	3.51	86.66	73.47	95.50
2023	7	3				2.45	0.33	4.61	84.14	67.66	96.80
2023	7	4				2.34	0.84	4.05	82.91	62.34	91.10
2023	7	5				-2.23	-7.07	1.46	90.04	77.25	98.40
2023	7	6				-2.60	-5.03	-1.15	87.94	74.04	97.40
2023	7	7				-5.95	-9.20	-1.98	77.97	60.56	94.30
2023	7	8				-7.49	-10.85	-3.33	81.99	68.11	93.40
2023	7	9				-6.70	-9.33	-4.44	91.94	85.30	94.90
2023	7	10				-4.75	-7.04	-3.63	89.71	83.00	94.50
2023	7	11				-4.06	-5.27	-2.92	92.82	86.10	95.90
2023	7	12				-2.29	-3.14	-1.32	95.24	91.20	97.30
2023	7	13				-1.06	-2.74	-0.06	87.62	74.01	96.10
2023	7	14				-0.52	-2.76	0.96	86.47	77.65	94.10
2023	7	15				-0.77	-2.64	0.96	88.68	80.20	94.20
2023	7	16				-1.52	-2.77	0.28	87.66	75.28	97.50
2023	7	17				-0.48	-1.66	0.44	91.96	77.09	98.80
2023	7	18				-1.61	-3.20	0.03	95.09	85.80	98.90
2023	7	19				-2.94	-4.05	-2.09	78.37	66.25	95.00
2023	7	20				-5.35	-13.83	-0.52	84.64	64.18	94.50
2023	7	21				-14.97	-15.80	-13.57	81.06	71.85	85.70
2023	7	22				-12.09	-15.93	-8.53	73.04	63.14	84.30
2023	7	23				-5.22	-10.26	-2.95	73.99	65.14	81.10
2023	7	24				-1.97	-3.09	-0.72	80.93	73.14	91.90
2023	7	25				-0.94	-1.46	-0.48	89.76	72.56	97.00
2023	7	26				-2.96	-4.87	-0.85	76.97	62.93	96.80
2023	7	27				-1.61	-3.16	-0.70	87.00	68.62	95.00
2023	7	28				-1.58	-3.08	-0.31	79.99	57.37	96.30

Y	M	D	Wind speed(m/s)			Temperature(°C)			Relative humidity(%)		
			Avg	Min	Max	Avg	Min	Max	Avg	Min	Max
2023	7	29				-2.20	-8.27	1.04	91.03	74.73	97.40
2023	7	30				-8.93	-10.72	-4.55	83.82	65.72	90.20
2023	7	31				-5.21	-9.12	-2.71	75.42	64.65	85.60
2023	8	1				-0.76	-2.76	0.51	90.72	78.49	97.90
2023	8	2				-2.08	-7.75	0.71	85.77	62.28	97.10
2023	8	3				-6.06	-8.41	-4.61	68.53	54.85	83.30
2023	8	4				-10.01	-12.99	-5.97	74.45	48.07	89.70
2023	8	5				-8.30	-11.21	-6.55	73.16	58.16	88.40
2023	8	6				-8.37	-10.60	-5.91	72.87	59.62	89.50
2023	8	7				-5.06	-5.68	-4.63	75.26	61.45	86.80
2023	8	8				-2.76	-4.94	-1.61	86.05	72.71	95.60
2023	8	9				-2.66	-4.14	1.04	89.46	72.09	96.10
2023	8	10				0.01	-3.64	1.44	95.99	91.00	98.80
2023	8	11				-4.60	-5.75	-1.90	81.07	69.01	95.90
2023	8	12				-2.89	-5.39	-0.77	81.26	62.95	97.00
2023	8	13				-2.85	-5.00	-0.90	80.87	66.74	96.60
2023	8	14				-0.34	-1.17	0.92	95.22	89.70	98.50
2023	8	15				-4.04	-6.24	-0.87	85.93	71.04	97.80
2023	8	16				-3.67	-4.40	-2.65	78.05	66.89	93.40
2023	8	17				-1.89	-2.63	-1.22	88.70	78.69	98.00
2023	8	18				-0.95	-1.70	-0.52	93.99	86.00	97.70
2023	8	19				-0.35	-1.50	1.49	88.59	79.72	95.00
2023	8	20				-0.28	-1.13	0.46	97.39	92.80	98.80
2023	8	21				0.37	-0.32	1.31	92.87	84.70	98.90
2023	8	22				0.27	-0.26	0.86	89.59	86.70	93.10
2023	8	23				-0.19	-0.63	0.67	88.78	85.30	93.80
2023	8	24				-4.43	-8.38	-1.06	82.81	65.20	96.40
2023	8	25				-7.04	-9.75	-5.32	81.73	67.19	91.90
2023	8	26				-8.90	-9.91	-5.95	73.29	59.21	83.00
2023	8	27				-5.00	-6.30	-2.50	71.03	60.15	80.40

Y	M	D	Wind speed(m/s)			Temperature(°C)			Relative humidity(%)		
			Avg	Min	Max	Avg	Min	Max	Avg	Min	Max
2023	8	28				-1.07	-2.91	1.02	92.85	74.25	97.80
2023	8	29				-4.01	-6.47	-2.42	91.22	79.61	95.50
2023	8	30				-5.08	-6.94	-3.47	83.78	74.97	93.70
2023	8	31				-1.24	-3.82	1.53	92.74	84.30	97.10
2023	9	1				-2.84	-7.17	0.32	91.75	82.00	96.90
2023	9	2				-10.09	-11.23	-7.11	83.64	72.77	89.30
2023	9	3				-6.90	-10.43	-3.32	81.77	65.39	91.70
2023	9	4				-10.06	-15.26	-3.82	82.87	71.09	91.10
2023	9	5				-9.08	-14.69	-4.87	80.82	74.74	86.70
2023	9	6				-4.65	-5.36	-1.87	82.91	74.70	87.80
2023	9	7				-1.50	-2.02	-0.94	87.71	74.02	95.00
2023	9	8				-1.24	-2.06	-0.65	86.29	80.10	96.70
2023	9	9				-1.29	-4.72	0.82	90.77	78.33	97.60
2023	9	10				-3.55	-4.80	-1.91	83.35	65.93	95.00
2023	9	11				-4.08	-5.13	-2.16	85.86	66.79	91.20
2023	9	12				-7.44	-9.64	-2.93	77.16	51.22	93.80
2023	9	13				-5.11	-6.82	-2.04	72.62	49.85	86.90
2023	9	14				-3.75	-5.55	-1.54	83.74	65.58	95.70
2023	9	15				-6.61	-9.98	-3.19	85.40	68.09	95.30
2023	9	16				-12.50	-14.62	-9.13	76.86	66.11	84.10
2023	9	17				-11.52	-14.20	-7.52	68.14	56.28	77.44
2023	9	18				-6.41	-8.04	-5.29	70.39	63.81	85.10
2023	9	19				-4.19	-5.86	-1.88	82.97	69.68	95.70
2023	9	20				-7.34	-12.27	-2.91	82.72	70.73	92.60
2023	9	21				-10.29	-14.01	-5.84	71.62	60.71	85.30
2023	9	22				-3.99	-6.02	-1.48	84.22	70.88	96.30
2023	9	23				-5.27	-9.35	-1.65	86.50	79.73	92.40
2023	9	24				-8.56	-10.34	-2.94	79.74	73.32	89.30
2023	9	25				-1.96	-3.15	-1.10	90.53	75.83	97.80
2023	9	26				-0.44	-2.46	0.44	93.50	79.37	98.50

Y	M	D	Wind speed(m/s)			Temperature(°C)			Relative humidity(%)		
			Avg	Min	Max	Avg	Min	Max	Avg	Min	Max
2023	9	27				-1.94	-3.55	0.46	83.63	73.00	93.20
2023	9	28				-0.47	-1.45	0.17	91.74	72.06	96.50
2023	9	29				-1.15	-2.16	0.97	81.70	67.36	93.70
2023	9	30				1.19	0.24	3.10	94.89	80.80	98.50
2023	10	1				1.66	-1.21	5.34	90.10	77.18	97.00
2023	10	2				-0.33	-2.37	1.41	90.35	71.73	96.60
2023	10	3				-1.91	-3.30	-0.18	84.00	59.58	97.90
2023	10	4				-0.06	-0.67	0.25	97.80	94.80	99.20
2023	10	5				-0.45	-1.04	1.39	92.98	87.70	97.20
2023	10	6				0.21	-0.83	1.04	91.14	80.50	98.20
2023	10	7				-3.01	-6.95	-0.77	89.16	64.14	96.30
2023	10	8				-8.50	-9.58	-6.61	87.91	83.20	91.10
2023	10	9				-9.92	-10.64	-8.97	81.84	73.23	88.40
2023	10	10				-7.79	-9.25	-5.82	79.78	68.47	90.00
2023	10	11				-5.34	-7.69	-3.38	77.70	67.33	92.50
2023	10	12				-2.47	-3.54	-0.01	79.92	65.15	92.60
2023	10	13				-1.53	-3.40	0.04	87.08	74.39	95.60
2023	10	14				-4.57	-6.57	-1.74	73.65	57.03	90.00
2023	10	15				-2.93	-5.01	-0.49	78.54	51.03	97.20
2023	10	16				-1.36	-2.00	-0.55	89.81	79.94	95.30
2023	10	17				-1.04	-2.47	-0.04	87.56	74.26	96.60
2023	10	18				-0.84	-2.49	1.39	82.97	73.09	97.20
2023	10	19				0.60	-0.41	2.19	94.48	74.43	98.80
2023	10	20				-0.98	-2.42	0.49	76.96	60.35	94.40
2023	10	21				-0.89	-3.43	1.20	79.19	44.61	96.40
2023	10	22				-2.00	-4.11	-0.45	90.13	73.02	98.80
2023	10	23				-1.75	-3.63	0.39	87.06	70.53	98.70
2023	10	24				-0.36	-2.25	0.81	95.70	78.33	98.30
2023	10	25				-2.07	-4.99	1.29	93.56	84.80	98.30
2023	10	26				-7.24	-8.53	-4.97	87.76	78.22	92.30

Y	M	D	Wind speed(m/s)			Temperature(°C)			Relative humidity(%)		
			Avg	Min	Max	Avg	Min	Max	Avg	Min	Max
2023	10	27				-7.63	-8.46	-6.72	78.94	69.62	87.70
2023	10	28				-8.02	-10.10	-6.20	80.93	67.80	88.80
2023	10	29				-8.51	-9.24	-7.92	72.98	62.83	81.00
2023	10	30				-4.68	-7.97	-0.42	73.40	60.53	87.10
2023	10	31				-0.23	-0.87	0.56	93.16	84.50	97.60
2023	11	1				-0.79	-1.99	0.76	82.14	70.00	91.50
2023	11	2				-2.32	-3.65	-0.19	80.83	64.56	98.00
2023	11	3				-2.38	-3.68	-0.41	84.02	68.13	95.10
2023	11	4				-0.17	-1.10	0.76	90.36	72.32	97.70
2023	11	5				1.36	-0.12	3.22	89.88	74.82	98.60
2023	11	6				0.07	-1.05	2.07	89.30	75.09	95.60
2023	11	7				1.10	0.22	2.76	90.31	72.78	98.60
2023	11	8				-1.17	-2.52	0.80	79.31	56.49	96.50
2023	11	9				0.27	-0.36	1.69	89.68	73.79	97.60
2023	11	10				0.72	-0.11	2.17	94.34	81.40	99.00
2023	11	11				0.09	-1.34	1.87	93.46	82.00	99.20
2023	11	12				-0.20	-1.41	1.48	84.75	76.05	93.10
2023	11	13				1.15	0.55	2.04	90.56	77.49	97.70
2023	11	14				-0.26	-1.15	1.26	85.29	73.39	96.90
2023	11	15				-1.25	-2.34	0.52	74.17	56.08	86.40
2023	11	16				-1.78	-2.41	-0.92	67.68	46.68	76.27
2023	11	17				-1.54	-2.68	-0.27	65.76	47.70	88.30
2023	11	18				-1.77	-2.75	-0.22	77.45	59.51	94.40
2023	11	19				-2.52	-3.24	-2.04	80.72	74.00	87.00
2023	11	20				-1.65	-2.63	-0.76	79.20	74.01	87.90
2023	11	21				-1.76	-2.72	-0.50	90.04	76.18	96.60
2023	11	22				-0.58	-1.59	0.68	80.96	68.37	95.70
2023	11	23				-0.52	-1.54	0.60	85.32	76.80	91.90
2023	11	24				-0.30	-0.94	0.63	83.80	75.43	95.80
2023	11	25				-0.22	-1.07	1.47	84.36	69.80	89.80

Y	M	D	Wind speed(m/s)			Temperature(°C)			Relative humidity(%)		
			Avg	Min	Max	Avg	Min	Max	Avg	Min	Max
2023	11	26				-0.86	-2.24	0.11	90.86	68.01	98.70
2023	11	27				-0.52	-2.63	0.43	83.92	75.87	95.60
2023	11	28				1.54	0.44	4.51	92.52	68.95	98.10
2023	11	29				1.87	-0.26	3.74	91.15	80.80	98.60
2023	11	30				0.47	-1.05	3.13	94.81	78.53	99.50
2023	12	1				0.88	-1.33	5.09	93.25	65.53	99.30
2023	12	2				0.59	-0.78	2.28	90.70	79.44	98.90
2023	12	3				-0.72	-2.00	1.03	88.97	79.34	96.50
2023	12	4				-0.29	-1.32	1.42	85.02	78.86	94.50
2023	12	5				-0.72	-1.39	0.35	93.25	73.17	99.00
2023	12	6				-0.43	-2.68	1.09	78.97	66.10	88.90
2023	12	7				0.66	-0.29	2.49	79.03	57.18	87.90
2023	12	8				0.56	-0.18	1.48	86.06	67.21	98.50
2023	12	9				0.79	0.16	1.70	96.51	83.70	99.80
2023	12	10				0.74	-0.21	2.03	95.34	86.60	99.70
2023	12	11				0.65	-0.11	1.45	88.30	78.85	97.70
2023	12	12				1.68	1.03	2.41	93.40	86.70	98.90
2023	12	13				1.33	0.32	2.31	94.87	86.10	99.20
2023	12	14				0.78	0.27	1.60	95.15	87.90	98.70
2023	12	15				3.28	1.59	5.27	84.51	65.79	95.30
2023	12	16				1.55	0.22	4.94	95.41	77.79	99.50
2023	12	17				0.90	0.48	1.73	93.80	87.60	98.20
2023	12	18				1.12	0.26	2.16	93.14	80.90	99.30
2023	12	19				1.16	0.21	2.25	96.79	88.10	99.80
2023	12	20				0.89	0.21	1.89	83.06	73.21	91.00
2023	12	21				1.16	0.23	2.94	80.10	61.73	91.20
2023	12	22				1.14	0.05	2.32	90.38	73.42	99.70
2023	12	23				0.83	-0.29	2.75	83.12	71.65	93.80
2023	12	24				0.89	-0.39	2.20	87.64	73.11	96.20
2023	12	25				0.91	-0.86	3.59	83.45	74.01	91.80

Y	M	D	Wind speed(m/s)			Temperature(°C)			Relative humidity(%)		
			Avg	Min	Max	Avg	Min	Max	Avg	Min	Max
2023	12	26				1.33	0.63	3.69	88.98	75.99	99.30
2023	12	27				0.94	0.04	1.87	81.67	71.06	89.20
2023	12	28				0.93	-0.08	2.36	77.81	65.26	88.20
2023	12	29				1.66	0.43	3.09	74.49	56.23	90.80
2023	12	30				0.76	-0.92	3.17	82.97	68.76	95.80
2023	12	31				1.07	0.10	2.37	69.75	58.59	77.29

부록 2. 2023년 인익스프레스블섬 일별 기상 통계량 (2023년 1월 1일 - 2023년 11월 30일, 출처: <http://amrc.ssec.wisc.edu/aws/>).

Y	M	D	Wind speed(m/s)			Temperature(°C)			Relative humidity(%)		
			Avg	Min	Max	Avg	Min	Max	Avg	Min	Max
2023	1	1	17.53	8.60	26.00	-2.56	-4.90	-0.50	49.69	43.70	62.00
2023	1	2	10.68	1.50	21.60	-1.66	-3.50	1.80	58.94	38.00	82.50
2023	1	3	6.32	2.20	15.50	-1.31	-2.90	2.00	69.75	34.00	87.00
2023	1	4	2.94	0.10	5.90	-1.56	-2.40	-0.30	70.44	64.00	80.00
2023	1	5	2.56	0.00	5.90	-1.49	-2.40	0.10	76.79	60.00	95.00
2023	1	6	1.73	0.10	4.10	-2.00	-3.20	0.00	79.55	63.00	92.00
2023	1	7	4.50	0.60	11.40	-0.99	-3.60	1.80	68.86	41.00	89.00
2023	1	8	7.23	1.40	18.90	-1.80	-4.60	0.00	64.43	39.40	82.00
2023	1	9	9.98	1.90	18.40	-1.17	-3.90	2.30	55.15	35.00	86.20
2023	1	10	9.66	2.90	19.30	-0.03	-2.30	2.70	44.36	25.00	77.10
2023	1	11	4.15	0.10	11.80	-0.91	-2.80	1.80	65.10	42.70	88.00
2023	1	12	2.84	0.80	4.40	-2.58	-5.20	1.50	79.19	44.00	97.00
2023	1	13	7.82	0.60	20.00	-2.60	-3.70	-0.90	65.82	40.00	86.10
2023	1	14	15.31	3.20	20.30	-1.79	-4.30	1.00	47.98	39.00	61.00
2023	1	15	5.92	1.30	14.80	-4.93	-6.50	-2.50	70.06	43.00	83.00
2023	1	16	6.42	1.50	13.50	-3.64	-6.10	-1.30	56.52	38.00	84.00
2023	1	17	8.28	0.30	16.20	-4.14	-6.70	-1.10	48.44	38.50	67.60
2023	1	18	6.10	0.80	12.70	-3.77	-6.30	-1.00	52.34	35.00	83.00
2023	1	19	3.43	0.20	7.90	-4.94	-7.80	-3.20	74.63	48.00	94.70
2023	1	20	5.54	1.00	11.60	-6.06	-8.30	-3.50	84.46	57.00	95.00
2023	1	21	10.59	1.70	17.20	-6.61	-9.10	-1.70	59.15	40.00	68.00
2023	1	22	4.39	2.30	7.70	-6.32	-9.70	-3.50	62.28	52.00	82.00
2023	1	23	4.67	0.20	9.80	-6.15	-9.40	-3.70	74.04	53.00	92.00
2023	1	24	8.34	1.00	14.20	-7.80	-10.60	-5.10	54.73	43.00	65.40

Y	M	D	Wind speed(m/s)			Temperature(°C)			Relative humidity(%)		
			Avg	Min	Max	Avg	Min	Max	Avg	Min	Max
2023	1	25	15.68	9.10	23.00	-7.63	-10.20	-5.00	62.54	50.00	72.80
2023	1	26	12.59	7.00	19.50	-7.07	-9.70	-4.60	56.71	47.00	67.00
2023	1	27	6.56	1.80	13.20	-4.25	-6.60	-3.00	83.22	56.00	97.10
2023	1	28	6.20	1.00	12.40	-4.69	-7.20	-1.00	76.21	58.00	94.00
2023	1	29	7.16	0.10	14.80	-5.10	-8.80	-2.00	63.72	43.70	89.00
2023	1	30	8.11	0.00	16.70	-6.91	-9.30	-2.00	56.30	43.00	72.00
2023	1	31	14.11	7.20	22.70	-7.82	-10.40	-4.70	59.15	49.00	70.90
2023	2	1	21.97	13.60	29.00	-8.93	-12.30	-5.80	65.10	55.10	77.00
2023	2	2	17.37	6.20	30.20	-9.59	-11.70	-7.80	59.84	48.00	68.60
2023	2	3	16.31	8.10	24.60	-8.42	-11.20	-5.50	53.29	45.00	62.00
2023	2	4	10.43	3.00	20.60	-8.09	-10.90	-5.30	51.60	40.00	69.00
2023	2	5	10.45	4.40	17.70	-8.68	-11.60	-6.80	49.35	39.00	67.30
2023	2	6	9.56	4.00	16.30	-7.28	-10.80	-3.30	49.82	37.00	61.30
2023	2	7	12.13	7.40	20.20	-7.35	-10.90	-4.30	49.30	41.00	58.00
2023	2	8	13.34	8.80	20.30	-8.40	-11.10	-5.80	50.38	40.60	60.00
2023	2	9	6.90	4.00	12.00	-7.41	-10.00	-5.00	54.48	40.00	66.00
2023	2	10	13.38	4.50	21.70	-9.24	-12.50	-6.90	49.61	39.00	62.00
2023	2	11	22.69	16.80	31.50	-10.25	-13.90	-7.30	43.65	39.00	55.80
2023	2	12	15.84	3.70	24.60	-8.11	-10.50	-6.10	49.23	38.00	64.50
2023	2	13	16.14	4.90	27.30	-6.55	-9.30	-3.80	43.00	36.00	54.00
2023	2	14	21.30	15.20	30.80	-5.07	-7.60	-2.60	39.30	34.00	47.00
2023	2	15	20.92	15.60	25.60	-4.98	-7.40	-2.40	38.63	34.00	45.00
2023	2	16	16.82	5.20	23.80	-7.96	-11.50	-4.10	43.07	37.00	62.90
2023	2	17	18.59	10.40	26.20	-9.72	-12.80	-6.60	41.59	33.00	49.00
2023	2	18	18.76	10.80	24.60	-12.20	-15.80	-8.80	43.34	36.80	56.00
2023	2	19	12.19	5.80	22.50	-9.05	-11.60	-7.40	48.07	39.00	59.00

Y	M	D	Wind speed(m/s)			Temperature(°C)			Relative humidity(%)		
			Avg	Min	Max	Avg	Min	Max	Avg	Min	Max
2023	2	20	17.24	11.70	23.50	-10.89	-14.30	-6.30	45.80	35.00	63.00
2023	2	21	15.12	10.80	19.70	-11.32	-13.80	-9.80	52.96	46.00	62.00
2023	2	22	24.81	12.70	42.80	-9.62	-15.00	-5.70	41.69	32.40	55.00
2023	2	23	18.84	8.80	32.40	-13.48	-15.50	-11.40	48.17	35.30	86.10
2023	2	24	8.43	3.30	13.50	-12.58	-16.10	-10.10	83.63	69.00	90.00
2023	2	25	12.90	7.20	19.20	-15.85	-16.70	-14.50	69.25	57.00	80.10
2023	2	26	11.75	6.60	16.50	-12.52	-14.50	-9.60	65.81	58.00	75.00
2023	2	27	20.84	7.30	37.90	-11.58	-16.90	-6.60	70.28	53.80	84.00
2023	2	28	24.01	17.90	34.80	-16.26	-18.10	-14.50	42.44	38.00	63.80
2023	3	1	26.96	20.80	33.00	-13.33	-14.60	-12.30	37.76	34.00	43.00
2023	3	2	25.93	19.50	34.40	-15.51	-19.30	-10.90	38.87	33.00	46.00
2023	3	3	24.97	21.50	28.80	-17.90	-20.00	-15.20	40.63	37.00	44.00
2023	3	4	29.34	16.00	38.20	-18.17	-20.20	-15.30	38.20	34.00	45.00
2023	3	5	32.25	21.50	38.20	-17.62	-19.70	-15.50	34.64	30.00	39.00
2023	3	6	29.25	17.90	38.30	-16.16	-19.40	-14.70	35.77	30.00	46.50
2023	3	7	28.29	19.40	37.50	-19.86	-21.10	-16.90	38.24	28.00	44.00
2023	3	8	21.40	9.80	34.50	-17.41	-19.00	-15.40	37.98	32.00	46.10
2023	3	9	29.20	18.50	36.20	-13.52	-16.00	-12.30	35.71	30.00	45.00
2023	3	10	15.51	10.00	21.50	-13.95	-16.80	-10.40	44.94	40.00	53.00
2023	3	11	15.02	10.60	18.70	-16.19	-18.30	-13.30	44.34	40.00	50.00
2023	3	12	11.94	6.50	16.50	-16.67	-18.10	-15.30	47.14	39.00	57.00
2023	3	13	8.85	2.90	17.90	-17.24	-20.50	-14.70	56.67	43.70	79.50
2023	3	14	21.80	11.00	28.20	-19.48	-22.20	-16.50	36.95	32.00	47.30
2023	3	15	14.08	8.60	23.40	-22.78	-25.90	-19.10	43.49	36.80	51.10
2023	3	16	11.77	7.90	18.30	-20.85	-23.40	-17.80	52.01	39.00	63.30
2023	3	17	7.39	2.10	15.60	-18.49	-20.30	-16.80	67.75	44.00	83.00
2023	3	18	7.27	0.50	17.70	-15.49	-17.70	-12.00	51.45	37.00	66.60
2023	3	19	21.86	0.60	39.10	-16.66	-21.10	-10.60	44.40	37.00	65.00
2023	3	20	25.98	17.50	36.60	-18.44	-20.80	-13.80	38.23	31.70	44.00
2023	3	21	17.33	2.20	34.10	-14.39	-18.30	-11.90	49.98	29.50	84.00

Y	M	D	Wind speed(m/s)			Temperature(°C)			Relative humidity(%)		
			Avg	Min	Max	Avg	Min	Max	Avg	Min	Max
2023	3	22	4.80	1.40	7.00	-18.20	-19.80	-17.80	80.61	55.00	84.00
2023	3	23	16.35	4.20	22.60	-19.86	-21.40	-17.80	64.19	50.00	71.20
2023	3	24	16.08	6.60	23.20	-21.86	-23.90	-20.10	54.58	43.90	65.00
2023	3	25	15.98	9.80	19.40	-24.73	-26.40	-21.80	44.34	41.00	49.50
2023	3	26	17.83	12.20	23.40	-23.56	-25.90	-20.00	43.69	37.30	53.00
2023	3	27	14.21	4.10	23.60	-21.06	-24.10	-19.40	42.52	36.00	51.00
2023	3	28	18.11	8.20	30.50	-20.00	-23.10	-17.80	47.21	35.00	61.00
2023	3	29	30.47	19.90	38.50	-19.30	-23.90	-15.40	36.54	28.00	43.00
2023	3	30	23.76	15.90	38.60	-21.63	-23.50	-18.80	40.34	29.80	49.90
2023	3	31	25.40	15.00	38.50	-18.01	-19.30	-16.30	34.18	29.00	44.00
2023	4	1	20.93	3.50	27.20	-16.69	-18.50	-14.00	40.55	37.00	45.00
2023	4	2	5.06	2.00	12.80	-16.97	-19.00	-13.40	76.97	36.00	84.00
2023	4	3	3.15	0.00	6.50	-15.87	-17.70	-13.00	76.05	63.00	86.00
2023	4	4	9.49	0.80	23.50	-17.06	-18.50	-14.50	76.26	52.00	85.00
2023	4	5	11.75	2.50	20.60	-15.30	-20.40	-12.90	62.80	40.40	82.00
2023	4	6	9.20	1.30	19.40	-20.52	-22.00	-18.90	57.15	45.00	76.80
2023	4	7	18.83	14.80	21.40	-17.98	-20.00	-15.40	47.96	39.00	55.00
2023	4	8	11.31	0.40	25.20	-14.65	-19.20	-12.60	51.79	37.20	74.00
2023	4	9	14.03	3.80	20.40	-22.28	-25.10	-17.30	48.42	40.00	54.00
2023	4	10	16.83	9.90	19.90	-23.74	-24.90	-22.80	45.32	42.00	52.00
2023	4	11	18.06	9.00	26.40	-23.91	-24.80	-22.80	44.76	39.80	51.00
2023	4	12	30.26	22.30	39.20	-21.83	-23.80	-19.70	38.25	30.00	47.00
2023	4	13	24.06	15.50	34.30	-22.41	-26.40	-19.10	43.95	30.00	71.00
2023	4	14	25.50	19.90	30.80	-23.76	-25.10	-22.70	41.39	37.00	48.00
2023	4	15	23.76	5.40	35.10	-22.03	-24.40	-19.40	40.13	35.00	45.00
2023	4	16	12.53	2.10	31.00	-17.89	-20.80	-16.10	56.78	34.00	83.00
2023	4	17	23.08	3.50	30.40	-21.25	-23.10	-18.40	60.02	34.00	81.00
2023	4	18	27.67	19.90	34.30	-23.62	-27.10	-19.00	40.07	31.00	49.00
2023	4	19	25.00	17.10	30.10	-26.25	-27.50	-23.70	40.68	35.00	47.00
2023	4	20	23.31	13.30	29.70	-24.33	-25.80	-23.00	39.74	34.00	45.50

Y	M	D	Wind speed(m/s)			Temperature(°C)			Relative humidity(%)		
			Avg	Min	Max	Avg	Min	Max	Avg	Min	Max
2023	4	21	15.09	10.00	24.30	-23.37	-26.00	-21.40	46.62	37.00	59.00
2023	4	22	14.56	8.60	18.90	-17.49	-22.10	-14.20	53.13	45.00	62.20
2023	4	23	14.27	8.20	20.00	-19.18	-22.80	-16.80	50.59	44.00	59.00
2023	4	24	19.30	12.40	26.80	-22.23	-24.50	-20.00	45.94	41.00	59.00
2023	4	25	24.97	16.70	29.90	-25.63	-27.00	-24.10	43.97	40.00	49.00
2023	4	26	21.85	11.90	28.30	-22.62	-25.40	-20.20	41.79	36.00	53.00
2023	4	27	22.93	14.80	32.60	-22.05	-24.10	-20.30	41.90	34.00	49.00
2023	4	28	14.85	10.30	19.90	-24.86	-26.00	-23.60	46.30	42.00	52.40
2023	4	29	13.57	6.40	24.00	-23.52	-25.40	-21.70	43.27	32.00	54.00
2023	4	30	27.47	21.80	32.90	-25.23	-27.80	-23.40	37.36	32.00	41.00
2023	5	1	19.36	10.70	30.90	-25.32	-27.20	-22.20	42.88	33.00	55.60
2023	5	2	21.10	15.80	27.10	-24.31	-26.90	-22.40	42.49	37.00	48.00
2023	5	3	14.91	10.90	22.20	-23.95	-27.20	-22.10	48.99	42.00	55.00
2023	5	4	21.03	14.90	26.00	-24.25	-25.80	-22.00	42.17	37.20	52.00
2023	5	5	20.19	15.30	26.30	-27.19	-29.70	-25.10	43.74	37.00	55.10
2023	5	6	19.89	14.80	26.30	-27.22	-29.90	-25.00	45.89	40.80	51.80
2023	5	7	22.21	4.30	29.20	-25.72	-26.70	-23.20	38.97	30.00	46.00
2023	5	8	28.40	7.60	36.60	-27.83	-32.50	-21.50	43.38	28.00	66.00
2023	5	9	22.99	18.20	28.20	-26.54	-30.60	-24.80	40.00	34.00	44.00
2023	5	10	20.50	11.40	25.60	-25.04	-27.90	-22.20	40.07	33.00	49.00
2023	5	11	25.49	15.50	33.60	-23.66	-25.60	-21.50	38.78	33.00	49.00
2023	5	12	25.87	15.70	34.50	-23.88	-25.40	-21.90	37.38	31.90	43.00
2023	5	13	25.19	16.40	31.70	-25.80	-27.20	-24.70	39.95	37.00	43.00
2023	5	14	21.28	10.90	30.70	-26.37	-27.60	-24.50	40.81	37.00	52.00
2023	5	15	18.81	10.90	26.90	-28.12	-30.40	-24.30	43.59	37.00	53.00
2023	5	16	19.09	10.60	29.00	-24.64	-28.30	-23.00	39.99	35.00	48.10
2023	5	17	16.40	11.20	23.00	-24.26	-26.00	-21.50	43.90	35.70	50.00
2023	5	18	19.21	15.10	25.30	-26.49	-29.20	-23.40	40.04	34.00	45.00
2023	5	19	21.23	14.00	24.20	-31.14	-32.60	-29.00	37.78	34.00	49.00
2023	5	20	22.43	15.10	27.40	-32.27	-33.20	-30.00	36.42	32.00	41.00

Y	M	D	Wind speed(m/s)			Temperature(°C)			Relative humidity(%)		
			Avg	Min	Max	Avg	Min	Max	Avg	Min	Max
2023	5	21	14.44	2.80	25.40	-28.65	-30.20	-27.20	40.56	31.00	73.60
2023	5	22	4.98	1.00	7.90	-26.45	-28.90	-22.70	74.73	70.90	78.00
2023	5	23	6.11	2.40	10.60	-24.91	-27.10	-20.80	76.31	71.00	80.00
2023	5	24	6.47	1.00	13.50	-16.84	-20.70	-13.90	78.00	57.00	86.00
2023	5	25	7.06	0.20	14.70	-16.80	-21.10	-13.00	65.36	45.00	85.00
2023	5	26	17.77	2.00	26.70	-20.67	-22.40	-18.90	72.57	58.10	82.20
2023	5	27	10.11	2.20	21.90	-24.66	-27.00	-19.90	65.77	55.30	80.50
2023	5	28	16.75	10.90	22.70	-27.14	-28.40	-25.70	64.67	57.00	72.00
2023	5	29	9.54	0.10	29.30	-24.38	-28.30	-21.00	50.83	29.00	70.00
2023	5	30	22.38	10.50	35.30	-26.98	-31.90	-20.40	70.02	31.30	77.00
2023	5	31	28.53	21.70	39.00	-30.95	-32.10	-30.20	70.77	65.00	76.00
2023	6	1	19.72	12.10	27.00	-30.31	-31.90	-27.80	57.63	46.00	67.00
2023	6	2	6.32	1.20	12.40	-27.17	-28.20	-26.30	62.60	40.90	75.30
2023	6	3	17.72	3.10	31.80	-29.42	-32.30	-26.90	68.02	59.20	75.00
2023	6	4	29.93	8.20	38.20	-28.54	-31.50	-24.60	58.47	40.00	69.00
2023	6	5	14.01	3.10	30.70	-25.64	-30.70	-18.60	70.21	44.00	82.00
2023	6	6	22.27	10.40	31.30	-25.76	-27.80	-22.60	50.54	36.00	75.10
2023	6	7	27.11	19.20	38.90	-22.96	-28.70	-18.10	49.00	37.00	70.00
2023	6	8	36.73	26.30	51.00	-19.44	-24.00	-15.10	41.26	35.60	47.00
2023	6	9	29.54	18.50	38.20	-17.12	-19.30	-14.60	43.99	35.00	54.00
2023	6	10	22.41	7.30	31.60	-13.83	-17.40	-11.90	38.51	30.00	47.00
2023	6	11	10.92	5.20	20.50	-13.98	-16.30	-9.80	45.34	29.00	82.00
2023	6	12	6.45	1.50	15.50	-17.28	-21.10	-14.40	54.60	37.00	86.00
2023	6	13	20.45	4.20	31.40	-18.87	-22.40	-15.00	45.09	32.00	81.00
2023	6	14	26.59	13.30	35.60	-22.67	-24.70	-17.80	43.88	32.00	58.00
2023	6	15	12.08	1.80	30.30	-17.75	-20.70	-14.10	57.02	35.00	86.00
2023	6	16	5.90	0.30	18.20	-21.69	-24.80	-19.30	65.94	44.00	82.10
2023	6	17	10.80	5.20	16.60	-24.45	-28.30	-22.30	61.80	45.00	76.00
2023	6	18	21.24	13.40	27.40	-22.67	-24.80	-21.50	70.46	58.00	77.00
2023	6	19	23.29	10.30	29.80	-24.65	-28.60	-20.70	55.77	36.00	74.00

Y	M	D	Wind speed(m/s)			Temperature(°C)			Relative humidity(%)		
			Avg	Min	Max	Avg	Min	Max	Avg	Min	Max
2023	6	20	21.73	12.30	29.60	-28.37	-30.00	-26.20	48.37	39.00	65.20
2023	6	21	23.54	19.60	32.00	-28.21	-29.80	-25.40	38.80	33.80	41.00
2023	6	22	25.08	20.30	30.40	-29.30	-30.50	-27.80	39.29	37.00	42.00
2023	6	23	24.76	13.40	34.60	-30.15	-31.40	-25.80	45.13	35.00	66.00
2023	6	24	21.89	15.70	31.20	-26.00	-27.90	-24.80	41.11	36.00	47.00
2023	6	25	26.36	13.30	33.50	-27.09	-28.80	-25.00	39.64	35.00	47.00
2023	6	26	11.30	5.20	18.50	-25.79	-27.30	-24.00	52.14	38.30	76.30
2023	6	27	6.02	0.80	28.70	-23.74	-26.70	-19.10	72.51	55.00	81.90
2023	6	28	27.08	15.90	33.80	-23.33	-24.50	-22.00	50.18	31.00	77.00
2023	6	29	22.20	7.20	35.30	-27.38	-33.00	-21.80	45.25	31.00	69.00
2023	6	30	7.81	2.00	13.30	-31.47	-33.10	-28.40	48.83	35.20	59.00
2023	7	1	3.39	0.10	7.00	-28.86	-30.80	-24.90	71.09	57.00	77.00
2023	7	2	3.74	0.40	17.20	-24.66	-27.40	-20.40	75.83	69.00	80.00
2023	7	3	14.66	5.60	23.40	-18.83	-21.00	-16.90	63.15	49.00	76.00
2023	7	4	8.20	0.90	19.50	-22.09	-27.90	-18.10	71.27	48.00	81.00
2023	7	5	12.08	0.60	34.10	-23.78	-27.80	-20.30	71.48	59.00	82.00
2023	7	6	18.96	2.20	30.60	-27.10	-29.10	-24.30	64.47	52.00	79.00
2023	7	7	32.38	25.70	42.50	-25.79	-27.60	-24.40	44.21	35.40	69.00
2023	7	8	33.99	14.40	40.50	-23.64	-25.40	-22.40	40.41	31.70	62.10
2023	7	9	31.74	7.40	44.60	-23.64	-27.00	-16.80	44.39	32.00	76.00
2023	7	10	11.25	1.40	20.50	-25.77	-27.70	-23.10	61.21	40.00	78.00
2023	7	11	3.08	0.10	8.30	-22.06	-25.30	-19.00	44.52	29.00	63.00
2023	7	12	2.53	0.00	4.90	-21.98	-29.20	-17.50	65.43	32.80	84.00
2023	7	13	12.61	0.50	30.40	-26.74	-28.80	-23.60	62.86	43.00	77.00
2023	7	14	28.83	18.70	41.10	-24.87	-28.40	-21.20	36.40	28.00	54.00
2023	7	15	24.90	16.50	36.80	-24.24	-26.50	-21.00	40.64	28.00	51.00
2023	7	16	13.12	2.30	21.50	-22.57	-25.40	-20.10	48.63	41.00	77.00
2023	7	17	16.63	2.70	37.50	-20.39	-24.30	-18.70	49.26	33.00	82.00
2023	7	18	27.55	17.70	38.70	-22.14	-28.10	-19.00	36.61	33.00	43.00
2023	7	19	23.14	4.90	35.40	-29.30	-30.80	-27.10	39.79	31.00	55.00

Y	M	D	Wind speed(m/s)			Temperature(°C)			Relative humidity(%)		
			Avg	Min	Max	Avg	Min	Max	Avg	Min	Max
2023	7	20	33.98	25.70	39.80	-30.85	-32.40	-28.70	29.26	27.00	32.00
2023	7	21	31.12	22.10	37.90	-30.27	-32.70	-25.30	33.51	28.00	40.00
2023	7	22	34.51	19.40	46.30	-28.14	-34.80	-22.70	40.83	26.00	68.00
2023	7	23	19.84	11.40	28.90	-35.96	-37.20	-33.10	53.73	40.80	67.40
2023	7	24	4.40	0.80	11.70	-34.37	-35.70	-32.60	57.85	40.00	70.00
2023	7	25	7.69	0.80	24.10	-33.18	-38.20	-31.00	65.89	53.00	72.00
2023	7	26	13.05	3.00	23.10	-34.48	-38.70	-32.80	52.70	36.80	69.00
2023	7	27	16.18	6.00	28.60	-31.50	-35.10	-28.80	42.91	29.00	56.00
2023	7	28	3.82	0.70	7.20	-30.04	-31.80	-27.40	60.92	39.00	73.00
2023	7	29	24.08	3.60	40.80	-27.99	-29.80	-26.30	45.58	36.00	70.00
2023	7	30	27.26	16.90	39.60	-31.94	-35.20	-29.20	46.04	38.00	59.00
2023	7	31	15.22	8.90	24.90	-34.30	-36.30	-31.50	48.52	36.00	58.00
2023	8	1	14.10	9.50	18.50	-32.57	-34.20	-31.00	42.73	37.00	49.00
2023	8	2	14.58	7.00	19.50	-30.14	-31.90	-28.30	45.44	37.00	68.00
2023	8	3	7.98	3.20	18.80	-27.79	-29.80	-25.40	67.46	49.00	75.00
2023	8	4	34.23	15.30	43.40	-23.87	-28.70	-21.00	40.96	29.00	75.00
2023	8	5	33.67	23.00	45.00	-19.82	-22.50	-16.10	31.73	26.00	35.00
2023	8	6	30.78	23.00	38.40	-19.53	-22.70	-17.20	32.02	27.00	41.00
2023	8	7	12.01	3.10	34.70	-26.00	-31.20	-22.00	58.28	35.00	78.00
2023	8	8	7.35	3.10	26.70	-31.48	-32.30	-29.60	71.30	70.00	73.00
2023	8	9	26.33	13.70	37.60	-32.21	-36.20	-28.90	50.44	35.00	71.00
2023	8	10	19.60	1.40	39.50	-29.88	-34.00	-28.10	49.91	32.80	76.00
2023	8	11	9.23	0.70	27.00	-32.05	-35.50	-28.10	57.02	33.00	70.30
2023	8	12	20.95	1.50	33.80	-29.61	-35.00	-26.50	41.67	31.00	68.40
2023	8	13	25.02	12.80	35.70	-33.46	-36.50	-30.90	57.14	34.00	69.00
2023	8	14	23.19	1.40	35.00	-29.61	-32.70	-23.90	56.50	33.00	74.00
2023	8	15	31.45	17.80	41.40	-25.05	-26.60	-23.40	45.06	32.00	69.60
2023	8	16	32.60	27.60	37.90	-24.32	-26.10	-23.10	33.78	29.00	41.50
2023	8	17	26.58	17.40	36.50	-29.65	-34.40	-24.50	37.48	30.00	49.00
2023	8	18	23.61	15.90	31.90	-32.29	-34.30	-29.80	37.64	29.00	44.50

Y	M	D	Wind speed(m/s)			Temperature(°C)			Relative humidity(%)		
			Avg	Min	Max	Avg	Min	Max	Avg	Min	Max
2023	8	19	29.29	24.70	33.60	-34.24	-36.00	-30.00	35.61	30.00	44.00
2023	8	20	14.71	7.90	26.50	-36.32	-38.00	-34.60	38.15	33.00	44.00
2023	8	21	24.88	16.10	29.10	-36.60	-37.50	-35.40	36.35	33.00	42.00
2023	8	22	20.02	15.20	26.70	-38.21	-40.20	-35.40	45.20	37.00	52.00
2023	8	23	20.46	2.60	33.10	-33.74	-39.70	-29.40	39.87	29.00	70.60
2023	8	24	9.20	3.30	17.30	-32.16	-35.10	-28.00	68.34	63.00	71.00
2023	8	25	14.77	0.00	29.50	-27.58	-30.10	-23.10	65.12	39.00	75.00
2023	8	26	10.52	1.70	19.90	-25.94	-28.30	-22.40	68.18	59.00	76.00
2023	8	27	16.25	7.10	27.90	-22.38	-24.80	-20.50	61.41	45.00	74.00
2023	8	28	9.73	0.90	22.00	-22.63	-24.60	-19.90	65.96	42.90	79.00
2023	8	29	8.55	2.70	14.80	-21.71	-24.60	-19.10	63.21	50.00	80.00
2023	8	30	7.95	0.90	16.30	-21.88	-24.70	-18.80	67.63	56.00	82.00
2023	8	31	21.90	12.60	28.10	-27.11	-28.70	-24.60	70.08	56.00	74.00
2023	9	1	13.81	4.20	26.20	-26.95	-28.90	-26.00	43.51	33.30	56.00
2023	9	2	19.73	7.90	29.70	-29.47	-30.80	-27.60	44.74	37.00	59.00
2023	9	3	26.04	21.00	30.90	-27.23	-29.50	-23.50	40.53	36.70	47.00
2023	9	4	25.27	18.90	30.80	-20.18	-23.30	-17.90	37.51	34.00	46.00
2023	9	5	29.63	22.60	38.90	-23.27	-25.10	-20.50	33.99	30.40	43.00
2023	9	6	27.59	20.70	35.00	-23.50	-24.90	-22.60	31.45	28.00	34.00
2023	9	7	12.07	1.30	25.00	-28.93	-32.40	-23.90	54.10	31.00	79.10
2023	9	8	22.60	18.30	27.60	-27.39	-32.30	-21.50	55.66	35.00	69.00
2023	9	9	18.45	9.50	28.30	-22.02	-23.80	-20.30	42.81	35.00	54.00
2023	9	10	15.39	8.40	26.80	-19.46	-21.40	-17.50	43.58	38.00	52.00
2023	9	11	21.48	15.30	26.80	-22.14	-24.50	-18.30	46.15	37.00	59.00
2023	9	12	15.89	3.20	25.90	-20.01	-23.10	-15.10	54.25	45.00	78.00
2023	9	13	12.48	5.70	23.00	-15.83	-22.90	-11.60	82.91	76.00	89.00
2023	9	14	22.08	10.70	35.90	-16.88	-18.30	-12.70	78.17	62.00	86.00
2023	9	15	24.18	10.40	33.80	-18.50	-20.60	-16.20	63.28	41.00	74.00
2023	9	16	20.03	11.10	27.20	-20.15	-22.30	-18.30	48.98	37.00	72.00
2023	9	17	19.11	13.10	26.70	-18.55	-20.20	-16.50	54.18	42.80	73.40

Y	M	D	Wind speed(m/s)			Temperature(°C)			Relative humidity(%)		
			Avg	Min	Max	Avg	Min	Max	Avg	Min	Max
2023	9	18	15.14	10.20	24.90	-17.05	-20.60	-14.70	52.66	44.00	63.00
2023	9	19	21.54	13.40	26.70	-20.75	-23.00	-17.90	49.02	43.00	57.00
2023	9	20	18.98	13.10	28.50	-20.48	-22.50	-17.60	49.68	40.00	63.00
2023	9	21	14.48	2.20	21.10	-15.98	-18.30	-10.50	57.51	39.00	89.00
2023	9	22	23.00	8.10	34.80	-17.82	-22.00	-12.80	75.03	45.00	87.00
2023	9	23	25.08	13.00	35.60	-18.10	-21.40	-16.20	42.12	34.00	52.00
2023	9	24	19.30	11.80	24.50	-19.96	-23.60	-16.20	43.87	39.00	53.00
2023	9	25	23.81	13.90	33.30	-24.17	-25.60	-21.00	45.29	35.00	63.00
2023	9	26	16.41	9.70	23.50	-20.79	-23.50	-17.90	49.02	42.00	58.00
2023	9	27	10.93	4.70	18.20	-19.82	-22.40	-17.50	53.98	46.00	64.00
2023	9	28	10.00	5.50	13.30	-20.06	-21.50	-17.00	60.50	50.00	72.00
2023	9	29	4.28	1.40	8.60	-17.60	-20.20	-14.70	57.91	48.00	77.00
2023	9	30	4.58	1.00	11.60	-18.64	-21.50	-17.10	61.21	51.00	78.50
2023	10	1	9.18	1.10	16.70	-19.58	-21.70	-16.20	53.45	44.00	73.00
2023	10	2	21.36	15.10	26.10	-23.06	-25.80	-19.50	45.31	41.50	49.00
2023	10	3	20.56	18.00	23.00	-25.62	-28.20	-22.90	42.17	37.00	45.00
2023	10	4	22.54	17.90	28.10	-26.82	-29.40	-24.50	41.06	38.00	44.00
2023	10	5	28.46	18.50	32.90	-29.05	-31.20	-26.60	39.56	37.00	43.00
2023	10	6	19.36	14.30	24.50	-28.67	-30.50	-26.70	40.02	37.70	43.00
2023	10	7	14.91	5.10	21.30	-27.46	-29.80	-24.60	42.17	37.00	49.00
2023	10	8	24.31	12.60	34.20	-28.12	-30.50	-25.30	40.85	34.00	56.00
2023	10	9	18.77	6.10	34.10	-26.35	-28.90	-22.20	37.59	26.00	43.00
2023	10	10	17.55	12.20	24.70	-22.33	-26.70	-19.20	45.12	37.00	52.80
2023	10	11	19.23	10.90	27.00	-18.38	-21.10	-14.60	46.04	38.00	58.70
2023	10	12	11.22	2.20	25.00	-18.90	-20.80	-17.00	62.40	36.00	82.00
2023	10	13	13.00	6.30	24.70	-21.82	-24.30	-18.90	69.33	61.00	78.80
2023	10	14	23.75	12.80	31.60	-19.93	-22.10	-17.30	51.23	35.00	73.00
2023	10	15	27.39	21.10	31.50	-21.89	-24.30	-18.90	35.87	31.90	40.00
2023	10	16	12.39	3.30	22.90	-19.91	-21.80	-18.00	44.38	33.00	62.00
2023	10	17	5.78	3.60	9.40	-17.41	-19.60	-16.40	81.70	59.00	85.00

Y	M	D	Wind speed(m/s)			Temperature(°C)			Relative humidity(%)		
			Avg	Min	Max	Avg	Min	Max	Avg	Min	Max
2023	10	18	2.84	0.00	6.60	-16.43	-17.90	-15.30	82.99	76.40	86.00
2023	10	19	1.75	0.10	3.10	-17.89	-19.60	-15.80	81.56	77.00	87.00
2023	10	20	2.38	1.00	3.90	-20.12	-22.20	-18.30	80.08	77.00	82.00
2023	10	21	2.66	0.80	5.00	-20.46	-23.00	-18.70	79.43	76.00	82.00
2023	10	22	4.79	1.10	11.30	-22.59	-26.60	-19.00	69.76	51.00	80.00
2023	10	23	5.32	0.30	10.80	-22.31	-26.70	-17.60	56.43	40.50	67.20
2023	10	24	15.30	5.90	27.60	-21.11	-22.70	-18.60	59.30	46.00	73.00
2023	10	25	28.40	19.40	36.10	-20.97	-22.90	-18.50	71.98	58.60	76.00
2023	10	26	19.54	14.60	29.60	-18.71	-21.20	-16.30	63.96	55.00	72.00
2023	10	27	18.62	10.10	25.60	-18.57	-20.00	-17.40	61.95	55.00	69.00
2023	10	28	25.09	18.90	31.80	-18.02	-20.90	-14.40	51.06	37.80	69.00
2023	10	29	34.65	21.10	42.30	-21.56	-24.20	-18.60	37.82	33.00	45.00
2023	10	30	23.31	8.00	36.00	-18.41	-21.10	-15.70	35.91	30.00	47.00
2023	10	31	8.86	3.40	14.10	-17.37	-19.00	-15.40	56.05	38.00	78.00
2023	11	1	9.26	2.00	24.10	-16.72	-17.40	-15.90	75.18	58.00	83.10
2023	11	2	21.33	13.00	26.70	-15.34	-18.10	-12.70	44.46	33.00	75.50
2023	11	3	8.22	2.80	14.50	-17.50	-20.30	-15.00	53.88	43.00	77.00
2023	11	4	8.62	2.90	18.70	-16.89	-18.90	-15.30	66.42	48.00	83.00
2023	11	5	18.72	13.80	25.00	-15.24	-17.30	-13.30	43.45	37.00	60.00
2023	11	6	10.37	3.90	17.90	-13.89	-17.00	-11.50	49.83	39.00	63.50
2023	11	7	16.59	4.20	27.00	-11.83	-16.00	-7.10	43.59	36.00	53.00
2023	11	8	12.56	5.70	25.20	-10.01	-13.30	-6.40	50.32	38.00	60.20
2023	11	9	12.92	5.40	20.60	-6.52	-10.20	-3.10	42.82	32.00	62.00
2023	11	10	7.18	2.70	13.20	-7.93	-10.70	-4.40	71.11	31.00	93.00
2023	11	11	7.56	2.60	11.20	-9.25	-11.40	-7.50	86.50	62.90	92.20
2023	11	12	16.78	8.70	26.90	-11.80	-16.20	-7.20	72.37	55.00	82.00
2023	11	13	18.03	12.30	25.70	-14.45	-18.30	-10.60	68.26	55.00	77.00
2023	11	14	7.43	3.30	12.70	-12.12	-14.40	-10.30	63.17	49.00	86.00
2023	11	15	3.54	0.00	9.90	-12.19	-15.60	-10.00	65.52	53.00	80.00
2023	11	16	7.94	0.10	16.40	-11.51	-14.40	-8.00	56.27	44.80	68.00

Y	M	D	Wind speed(m/s)			Temperature(°C)			Relative humidity(%)		
			Avg	Min	Max	Avg	Min	Max	Avg	Min	Max
2023	11	17	16.13	8.50	25.00	-11.02	-14.20	-8.30	61.32	44.00	74.00
2023	11	18	23.60	19.30	29.80	-12.32	-16.30	-8.50	69.23	59.00	76.20
2023	11	19	23.64	2.30	34.40	-9.79	-12.60	-7.30	40.13	27.90	63.30
2023	11	20	19.98	14.30	26.90	-8.74	-11.60	-6.40	40.53	33.00	47.20
2023	11	21	8.61	1.70	18.00	-6.30	-8.50	-3.50	47.56	38.00	65.00
2023	11	22	14.13	2.40	24.30	-7.35	-11.60	-3.30	40.61	28.00	49.00
2023	11	23	11.09	1.30	24.60	-7.68	-10.80	-4.40	43.73	32.00	55.00
2023	11	24	7.92	0.90	14.60	-8.37	-11.50	-5.30	50.89	31.00	81.00
2023	11	25	9.63	1.20	25.30	-7.95	-11.10	-4.90	51.51	33.00	89.00
2023	11	26	8.76	2.30	21.40	-8.83	-12.50	-5.10	54.66	38.00	82.00
2023	11	27	3.36	0.30	11.30	-7.80	-9.30	-5.60	43.96	33.80	60.00
2023	11	28	2.87	0.10	8.20	-4.47	-6.90	-3.00	45.18	28.70	74.00
2023	11	29	3.47	0.40	8.40	-3.93	-5.20	-2.40	64.30	43.80	87.00
2023	11	30	5.45	0.30	14.90	-3.52	-6.20	-1.90	66.63	45.00	85.00

부록 3. 젠투펄권 PIT tag 부착정보 총계(*번식소집단 번호가 연도에 따라 유동적임)

RFID Serial No.	부착일자	부착 번식소집단
410100012254481	2013-01-27	G35
410100012254549	2013-01-27	G35
410100012254698	2013-01-27	G35
410100012254708	2013-01-27	G35
410100012254738	2013-01-27	G35
410100012254744	2013-01-27	G35
410100012254792	2013-01-27	G35
410100012314092	2013-12-30	G50
410100012314399	2013-12-30	G50
410100012314005	2013-12-30	G50
410100012314130	2013-12-30	G50
410100012314145	2013-12-30	G50
410100012314034	2013-12-30	G50
410100012314036	2013-12-30	G50
410100012314039	2013-12-30	G50
410100012314352	2013-12-30	G50
410100012314188	2013-12-30	G50
410100012314189	2013-12-30	G50
410100012314393	2014-01-21	G46
410100012314011	2014-01-21	G46
410100012314400	2014-01-21	G46
410100012314155	2014-01-21	G46
410100012314390	2014-01-21	G46
410100012314182	2014-01-21	G46
410100012314135	2014-01-21	G46
410100012314165	2014-01-21	G46
410100012314371	2014-01-21	G46
410100012314391	2014-01-21	G46
410100012314385	2014-01-21	G46
410100012314396	2014-01-21	G46
410100012314193	2014-01-21	G46
410100012314169	2014-01-21	G46
410100012314200	2014-01-21	G46
410100012243361	2015-01-14	G20-21
410100012254639	2015-01-14	G20-21
410100012254683	2015-01-14	G20-21
410100012254584	2015-01-14	G20-21
410100012254474	2015-01-14	G20-21
410100012254680	2015-01-14	G20-21
410100012254596	2015-01-14	G20-21
410100012254563	2015-01-14	G20-21
410100012454283	2018-01-10	G4-1
410100012454305	2018-01-10	G4-1
410100012454303	2018-01-10	G4-1
410100012454379	2018-01-10	G4-1
410100012454483	2018-01-10	G4-1
410100012454296	2018-01-10	G4-1

RFID Serial No.	부착일자	부착 번식소집단
410100012454313	2018-01-10	G16-1
410100012454314	2018-01-10	G16-1
410100012454284	2018-01-10	G16-1
410100012454262	2018-01-10	G16-1
410100012454481	2018-01-10	G16-1
410100012454260	2018-01-10	G16-1
410100012454280	2018-01-10	G16-1
410100012454522	2018-01-10	G16-1
410100012454212	2018-01-10	G16-1
410100012454579	2018-01-11	G4-1
410100012454225	2018-01-11	G4-1
410100012454290	2018-01-11	G4-1
410100012454357	2018-01-11	G4-1
410100012454272	2018-01-11	G16-1
410100012454485	2018-01-11	G16-1
410100012454266	2018-01-13	G16-1
410100012458248	2018-01-13	G16-1
410100012454381	2018-01-13	G16-1
410100012454380	2018-01-14	G4-1
410100012454473	2018-01-14	G16-1
410100012458390	2018-01-16	G4-1
410100012454196	2018-01-16	G16-1
410100012454219	2018-01-16	G16-1
410100012314350	2018-12-25	G4
410100012949873	2018-12-26	G13
410100012951153	2018-12-26	G13
410100012951147	2018-12-26	G13
410100013029391	2018-12-26	G13
410100012949907	2018-12-26	G16
410100012949999	2018-12-26	G16
410100012949898	2018-12-26	G16
410100012351506	2018-12-26	G16
410100012949831	2018-12-26	G16
410100012462501	2018-12-27	G17
410100012462601	2018-12-27	G17
410100012462602	2018-12-27	G17
410100012462603	2018-12-27	G16
410100012462604	2018-12-27	G16
410100012462605	2018-12-27	G17
410100012462606	2018-12-27	G17
410100012462645	2019-12-25	G4
410100012462646	2019-12-25	G4
410100012462640	2019-12-26	G4
410100012462652	2019-12-26	G4
410100012462648	2019-12-26	G4
410100012462701	2019-12-29	G4
410100012462702	2019-12-29	G4
410100012462660	2019-12-30	G4

RFID Serial No.	부착일자	부착 번식소집단
410100012462650	2019-12-30	G4
410100012454587	2021-12-21	G16
410100012465172	2021-12-21	G16
410100012465120	2021-12-21	G16
410100012465086	2021-12-21	G16
410100012454382	2021-12-21	G16
410100012465272	2021-12-21	G16
410100012465176	2021-12-21	G16
410100012465129	2021-12-21	G16
410100012465088	2021-12-21	G16
410100012458216	2021-12-25	G16
410100012318196	2021-12-26	G16
410100012283787	2021-12-26	G16
410100012283475	2021-12-26	G16
410100012283430	2021-12-26	G16
410100012283588	2022-01-21	G16
410100012283681	2022-01-21	G16
410100012283401	2022-01-21	G16
410100012283510	2022-01-21	G16
410100012462631	2022-01-21	G16
410100012462629	2022-01-21	G16
410100012283630	2022-01-21	G16
410100012454220	2022-01-21	G16
410100012462632	2022-01-21	G16
410100012465097	2023-12-18	G17
410100012465166	2023-12-16	G17
410100012465171	2023-12-17	G17
410100012465193	2023-12-16	G17
410100012465219	2023-12-17	G17
410100012465111	2023-12-16	G17
410100012462602	2023-12-16	G17
410100012465151	2023-12-17	G17
410100012465120	2023-12-21	G17
410100012465086	2023-12-16	G17
410100012496390	2023-12-27	G1
410100012496389	2023-12-27	G1
410100012496388	2023-12-27	G1
410100012496387	2023-12-27	G1
410100012496386	2023-12-27	G1
410100012496385	2023-12-28	G1
410100012496382	2023-12-28	G1
410100012496383	2023-12-28	G1
410100012496384	2023-12-28	G1
410100012465145	2023-12-28	G1
410100012465122	2023-12-28	G1
410100012465136	2023-12-28	G1
410100012457975	2023-12-28	G1

RFID Serial No.	부착일자	부착 번식소집단
410100012465101	2023-12-28	G1
410100012496381	2023-12-28	G1
410100012496401	2024-01-15	G1
410100012465112	2024-01-15	G1
410100012283440	2024-01-15	G1
410100012465137	2024-01-15	G1
410100012465210	2024-01-15	G1
410100012496403	2024-01-15	G1
410100012496402	2024-01-15	G1
410100012496408	2024-01-15	G1
410100012496407	2024-01-15	G1
410100012496406	2024-01-15	G1
410100012496405	2024-01-15	G1
410100012496409	2024-01-15	G1

부록 4. 턱끈펭귄 PIT tag 부착정보 총계

RFID Serial No.	부착일자	부착 번식소집단
410100012314166	2014-01-22	C7
410100012314185	2014-01-22	C7
410100012314187	2014-01-22	C7
410100012314192	2014-01-22	C7
410100012314198	2014-01-22	C7
410100012314199	2014-01-22	C7
410100012314205	2014-01-22	C7
410100012314265	2014-01-22	C7
410100012314296	2014-01-22	C7
410100012314320	2014-01-22	C7
410100012314323	2014-01-22	C7
410100012314376	2014-01-22	C7
410100012314379	2014-01-22	C7
410100012314161	2014-01-22	C8
410100012314164	2014-01-22	C8
410100012314167	2014-01-22	C8
410100012314208	2014-01-22	C8
410100012314279	2014-01-22	C8
410100012314326	2014-01-22	C8
410100012314331	2014-01-22	C8
410100012314336	2014-01-22	C8
410100012314381	2014-01-22	C8
410100012314395	2014-01-22	C8
410100012314108	2014-01-25	C12
410100012314175	2014-01-25	C12
410100012314183	2014-01-25	C12
410100012314365	2014-01-25	C12
410100012314397	2014-01-25	C12
410100012314026	2014-01-29	C9
410100012314052	2014-01-29	C9
410100012314171	2014-01-29	C9
410100012314172	2014-01-29	C9
410100012314173	2014-01-29	C9
410100012314174	2014-01-29	C9
410100012314176	2014-01-29	C9
410100012314178	2014-01-29	C9
410100012314179	2014-01-29	C9
410100012314180	2014-01-29	C9
410100012314184	2014-01-29	C9
410100012314186	2014-01-29	C9
410100012314190	2014-01-29	C9
410100012314194	2014-01-29	C9
410100012314195	2014-01-29	C9
410100012314196	2014-01-29	C9
410100012314197	2014-01-29	C9
410100012314201	2014-01-29	C9
410100012314368	2014-01-29	C9
410100012314369	2014-01-29	C9

RFID Serial No.	부착일자	부착 번식소집단
410100012254410	2014-12-29	C1
410100012254518	2014-12-29	C10
410100012254578	2015-01-01	C1
410100012254655	2015-01-01	C1
410100012254421	2015-12-08	C8
410100012254519	2015-12-08	C8
410100012254552	2015-12-08	C8
410100012254591	2015-12-08	C8
410100012254726	2015-12-08	C8
410100012254406	2015-12-09	C12
410100012254475	2015-12-09	C12
410100012254561	2015-12-09	C12
410100012254597	2015-12-09	C12
410100012254637	2015-12-09	C12
410100012254652	2015-12-09	C12
410100012254685	2015-12-09	C12
410100012254439	2015-12-31	C1
410100012254487	2015-12-31	C1
410100012254697	2015-12-31	C1
410100012351483	2015-12-31	C1
410100012351502	2015-12-31	C1
410100012351505	2015-12-31	C1
410100012254595	2016-01-01	C1
410100012254739	2016-01-01	C1
410100012254588	2016-01-08	C1
410100012351445	2016-01-08	C1
410100012351450	2016-01-08	C1
410100012351453	2016-01-08	C1
410100012351456	2016-01-08	C1
410100012351514	2016-01-08	C1
410100012314150	2016-01-09	C1
410100012351513	2016-01-09	C1
410100012254437	2016-01-17	C1
410100012314191	2016-01-17	C1
410100012351431	2016-01-17	C1
410100012351451	2016-01-17	C1
410100012351507	2016-01-17	C1
410100012351511	2016-01-17	C1
410100012351448	2016-01-19	C1
410100012351512	2016-01-19	C1
410100012254572	2017-01-02	C1
410100012254587	2017-01-02	C1
410100012254660	2017-01-02	C1
410100012254711	2017-01-02	C1
410100012254712	2017-01-02	C1
410100012351509	2017-01-02	C1
410100012351510	2017-01-02	C1
410100012351449	2017-01-03	C1
410100012351466	2017-01-07	C1

RFID Serial No.	부착일자	부착 번식소집단
410100012949819	2017-01-07	C1
410100012949932	2017-01-07	C1
410100012949933	2017-01-09	C1
410100012351408	2017-01-09	C9
410100012351413	2017-01-09	C9
410100012351416	2017-01-09	C9
410100012351423	2017-01-09	C9
410100012351426	2017-01-09	C9
410100012351438	2017-01-09	C9
410100012351461	2017-01-09	C9
410100012951152	2017-01-10	C7
410100013029336	2017-01-10	C7
410100012949871	2017-01-10	C8
410100012949878	2017-01-12	C7
410100013029301	2017-01-12	C7
410100013029338	2017-01-12	C7
410100012949879	2017-01-12	C8
410100012949925	2017-01-12	C8
410100012951141	2017-01-12	C8
410100013029334	2017-01-12	C8
410100012949814	2017-01-12	C9
410100012949823	2017-01-12	C9
410100012949876	2017-01-12	C9
410100012949921	2017-01-12	C9
410100012949978	2017-01-12	C9
410100012949982	2017-01-12	C9
410100012950001	2017-01-12	C9
410100013029333	2017-01-12	C9
410100013029344	2017-01-12	C9
410100013029393	2017-01-12	C9
410100012314387	2017-01-13	C7
410100012351414	2017-01-13	C7
410100012351418	2017-01-13	C7
410100012351424	2017-01-13	C7
410100012351518	2017-01-13	C7
410100012351527	2017-01-13	C7
410100012351530	2017-01-13	C7
410100012351434	2017-01-13	C8
410100012351440	2017-01-13	C8
410100012314170	2017-01-13	C9
410100012351415	2017-01-13	C9
410100012949832	2017-01-14	C1
410100012949833	2017-01-14	C1
410100012949840	2017-01-14	C1
410100012949954	2017-01-14	C1
410100012951146	2017-01-14	C1
410100012314372	2017-01-14	C7
410100012351419	2017-01-14	C7
410100012351430	2017-01-14	C7

RFID Serial No.	부착일자	부착 번식소집단
410100012351436	2017-01-14	C7
410100012351441	2017-01-14	C7
410100012351463	2017-01-14	C7
410100012351508	2017-01-14	C7
410100012351429	2017-01-14	C8
410100012351516	2017-01-14	C8
410100012314378	2017-01-14	C9
410100012314383	2017-01-14	C9
410100012351427	2017-01-14	C9
410100012351442	2017-01-14	C9
410100012351447	2017-01-14	C9
410100012351459	2017-01-14	C9
410100012949908	2017-01-17	C1
410100012314327	2017-01-17	C9
410100012949839	2017-01-17	C9
410100012949870	2017-01-24	C1
410100012949891	2017-01-24	C1
410100012949897	2017-01-24	C1
410100012949815	2017-01-25	C1
410100012949877	2017-01-25	C1
410100012949977	2017-01-25	C1
410100013029335	2017-01-25	C1
410100013052254	2017-12-31	C1
410100013052259	2017-12-31	C1
410100013052260	2017-12-31	C1
410100013052251	2017-12-31	C1
410100013052256	2018-01-01	C1
410100012454292	2018-01-10	C7
410100012454405	2018-01-10	C7
410100012454433	2018-01-10	C7
410100012454389	2018-01-10	C7
410100012454279	2018-01-10	C7
410100012454286	2018-01-10	C9
410100012454294	2018-01-10	C9
410100012314162	2018-01-14	C1
410100013052212	2018-01-14	C1
410100013052215	2018-01-14	C1
410100013052213	2018-01-18	C1
410100013052223	2018-01-19	C1
410100012462693	2018-12-15	C1
410100012462612	2018-12-15	C1
410100012462613	2018-12-15	C1
410100012462615	2018-12-17	C1
410100012462616	2018-12-17	C1
410100012462614	2018-12-17	C1
410100012462617	2018-12-17	C1
410100012462731	2018-12-18	C1
410100012462691	2018-12-18	C1
410100012462692	2018-12-18	C1

RFID Serial No.	부착일자	부착 번식소집단
410100012462694	2018-12-18	C1
410100012462732	2018-12-20	C6
410100012462733	2018-12-20	C6
410100012462510	2018-12-24	C1
410100012462509	2018-12-24	C1
410100012462508	2018-12-24	C1
410100012462507	2018-12-24	C1
410100012462503	2018-12-24	C1
410100012462506	2018-12-24	C1
410100012254535	2018-12-25	C1
410100012462734	2018-12-25	C1
410100012462502	2018-12-25	C1
410100012462737	2018-12-31	C2
410100012462738	2018-12-31	C2
410100012462735	2018-12-31	C1
410100012462736	2018-12-31	C1
410100012462737	2018-12-31	C2
410100012462738	2018-12-31	C2
410100012949824	2019-01-02	C1
410100012462739	2019-01-02	C1
410100012462740	2019-01-02	C3
410100012462619	2019-01-02	C3
410100012462607	2019-01-02	C2
410100012462608	2019-01-02	C2
410100012462618	2019-01-07	C2
410100012462609	2019-01-07	C2
410100012462710	2019-01-07	C2
410100012462610	2019-01-07	C2
410100012462611	2019-01-08	C2
410100012462709	2019-01-07	C2
410100013052229	2019-12-12	C9
410100013052228	2019-12-12	C9
410100013052227	2019-12-12	C9
410100013052226	2019-12-12	C7
410100013052224	2019-12-12	C7a
410100013052222	2019-12-12	C7a
410100013052263	2019-12-16	C8
410100013052268	2019-12-16	C7
410100013052267	2019-12-16	C7a
410100013052265	2019-12-16	C7a
410100013052270	2019-12-16	C9
410100013052262	2019-12-16	C9
410100013052216	2019-12-16	C9
410100013052217	2019-12-16	C9
410100012462647	2019-12-27	C7a
410100013052218	2019-12-20	C1
410100013052264	2019-12-20	C1
410100013052261	2019-12-20	C1
410100013052220	2019-12-20	C1

RFID Serial No.	부착일자	부착 번식소집단
410100013052221	2019-12-20	C1
410100013052269	2019-12-20	C1
410100013052257	2019-12-20	C1
410100012462649	2019-12-20	C1
410100012462641	2019-12-22	C1
410100012462642	2019-12-22	C1
410100012462643	2019-12-22	C1
410100012462644	2019-12-22	C1
410100012462695	2019-12-29	C1
410100012462696	2019-12-29	C1
410100012462697	2019-12-29	C1
410100012462698	2019-12-29	C1
410100012462699	2019-12-29	C1
410100012462700	2019-12-29	C1
410100012462651	2019-12-30	C1
410100012462653	2019-12-30	C1
410100012465242	2021-12-15	C9
410100012465247	2021-12-15	C9
410100012457965	2021-12-15	C9
410100012454271	2021-12-13	C9
410100012465264	2021-12-13	C9
410100012465280	2021-12-24	C9
410100012283766	2021-12-29	C1
410100012283774	2021-12-29	C1
410100012283545	2021-12-29	C1
410100012283533	2021-12-29	C1
410100012283465	2021-12-29	C1
410100012283645	2021-12-29	C1
410100012462639	2021-12-29	C1
410100012283680	2021-12-29	C1
410100012283522	2021-12-29	C1
410100012283794	2021-12-29	C1
410100012283798	2022-01-06	C1
410100012283586	2022-01-06	C1
410100012283731	2022-01-06	C1
410100012462621	2022-01-06	C1
410100012283564	2022-01-06	C1
410100012283700	2022-01-06	C1
410100012283692	2022-01-06	C1
410100012283469	2022-01-06	C1
410100012283776	2022-01-06	C1
410100012462620	2022-01-06	C1
410100012317868	2022-01-21	C1
410100012283487	2022-01-21	C1
410100012283504	2022-01-21	C1
410100012318164	2022-01-21	C1
410100012318195	2022-01-21	C1
410100012317942	2022-01-21	C1
410100012318129	2022-01-21	C1

RFID Serial No.	부착일자	부착 번식소집단
410100012318132	2022-01-21	C1
410100012283562	2022-01-21	C1
410100012283755	2022-01-21	C1
410100012283462	2022-01-21	C1
410100012283448	2022-01-21	C1
410100012283619	2022-01-21	C1
410100012283467	2022-01-21	C1
410100012283477	2022-01-21	C1
410100012465100	2023-12-20	C1
410100012465139	2023-12-21	C1
410100012465117	2023-12-21	C1
410100012465214	2023-12-20	C1
410100012465105	2023-12-22	C1
410100012465127	2023-12-20	C1
410100012465188	2023-12-22	C1
410100012465083	2023-12-20	C1
410100012458454	2023-12-20	C1
410100012458033	2023-12-21	C1
410100012458087	2023-12-21	C1
410100012465215	2023-12-20	C1
410100012458218	2023-12-21	C1
410100012465226	2023-12-22	C1
410100012454288	2023-12-20	C1
410100012465155	2023-12-20	C1
410100012465081	2023-12-24	C1
410100012465140	2023-12-22	C1
410100012487516	2023-12-07	C9
410100012454465	2023-12-07	C9
410100012465170	2023-12-07	C9
410100012465164	2023-12-07	C9
410100012465209	2023-12-07	C7
410100012465221	2023-12-07	C7
410100012487558	2023-12-07	C7
410100012454463	2023-12-16	C9
410100012465273	2023-12-16	C9
410100012283526	2023-12-16	C9
410100012465147	2023-12-16	C8
410100012465223	2023-12-16	C7
410100012465202	2023-12-16	C7
410100012465188	2023-12-27	C1
410100012487584	2024-01-21	C1
410100012487585	2024-01-21	C1
410100012487586	2024-01-21	C1
410100012487587	2024-01-21	C1
410100012487588	2024-01-21	C1
410100012487589	2024-01-21	C1

부록 32 젠투펑권 추적 정보

등지번호	성별	신규/재포획	PIT 번호 (4101000-)	로거 번호	로거 부착 일시	로거 탈착 일시	로거 총 부착 기간 (시:분)	분석한 총 자료 기간 (시:분)
G01	암컷	재포획	12465097	84	2023-12-18 17:40	2023-12-24 16:01	142:21	93:45
				72	2023-12-26 15:35	2024-01-10 11:09	355:34	295:37
				98	2024-01-10 11:09	2024-01-15 11:30	120:21	120:21
	수컷	재포획	12465166	96	2023-12-16 16:20	2023-12-27 15:05	262:45	100:56
				75	2023-12-27 15:15	2024-01-02 11:25	140:10	139:56
				86	2024-01-02 11:25	2024-01-06 14:39	99:14	99:07
				3	2024-01-06 14:39	2024-01-11 15:39	121:00	73:57
				72	2024-01-11 15:39	2024-01-16 14:30	118:51	118:43
G02	암컷	재포획	12465171	90	2023-12-17 10:40	2023-12-29 14:00	291:20	66:07
				87	2023-12-29 14:00	2024-01-07 10:01	212:01	209:39
				71	2024-01-07 10:01	2024-01-12 15:30	125:29	124:29
	수컷	재포획	12465193	94	2023-12-16 15:50	분실		50:31
				75	2023-12-21 10:00	2023-12-26 17:00	127:00	124:48
				70	2023-12-26 17:00	2024-01-06 15:15	262:15	219:19
				75	2024-01-06 15:15	2024-01-13 14:25	167:10	148:02
G05	암컷	재포획	12465219	99	2023-12-17 11:45	2023-12-25 14:16	194:31	124:35
				81	2023-12-26 16:39	2024-01-02 11:00	162:21	161:13
				96	2024-01-02 11:15	2024-01-07 09:20	118:05	117:24
				97	2024-01-07 09:20	2024-01-12 13:58	124:38	110:41
				84	2024-01-12 13:58	2024-01-21 20:02	222:04	172:51
	수컷	재포획	12465111	92	2023-12-16 16:49	2023-12-24 16:21	191:32	고장
				91	2023-12-27 14:38	2024-01-01 15:57	121:19	89:49
				79	2024-01-01 15:57	2024-01-06 13:54	117:57	117:45

				84	2024-01-06 13:54	2024-01-11 15:15	121:21	121:04
				81	2024-01-11 15:15	2024-01-17 10:25	139:10	138:57
G06	암컷	재 포획	12462602	98	2023-12-16 15:27	2023-12-27 15:32	264:05	225:06
				97	2023-12-27 15:32	2024-01-06 14:17	238:45	227:24
	수컷	신규	12465151	88	2023-12-17 11:03	2023-12-24 16:12	173:09	172:40
				99	2023-12-26 15:25	2024-01-07 09:43	282:18	167:03
G13	암컷	재 포획	12465120	72	2023-12-21 09:30	2023-12-25 14:25	100:55	100:07
			12465120	84	2023-12-26 16:27	2024-01-02 10:50	162:23	162:13
			12465120	91	2024-01-02 10:50	2024-01-06 13:34	98:44	98:41
			12465120	81	2024-01-06 13:52	2024-01-10 11:30	93:38	93:27
			12465120	99	2024-01-10 11:30	2024-01-15 10:49	119:19	119:07
			12465086	95	2023-12-16 15:15	2023-12-28 14:14	286:59	139:17
	수컷	재 포획	12465086	73	2023-12-28 14:14	분 실		130:56

부록 33 턱끈펭귄 대상 바이오로거 운영정보 (*GLP400 또는 TS로거는 번호만 제시)

둥지번호	성별	신규/재포획	PIT 번호 (4101000-)	로거 번호	로거 부착 일시	로거 탈착 일시	로거 부착 기간 (시:분)	분석한 자료 기간 (시:분)
C00	암컷	재포획	12465100	77	2023-12-20 15:50	2023-12-27 16:23	168:33	168:31
				79	2023-12-27 16:23	2023-12-31 09:30	89:07	88:46
				71	2023-12-31 09:30	2024-01-06 15:50	150:20	149:53
	수컷	재포획	12465139	74	2023-12-21 11:30	2023-12-26 14:32	123:02	68:05
				21024*	2023-12-26 14:32	2024-01-01 14:25	143:53	138:43
				85	2024-01-01 14:25	2024-01-16 09:52	355:27	108:53
C10	암컷	재포획	12465117	79	2024-01-13 14:45	2024-01-20 15:00	168:15	123:53
				79	2023-12-21 10:55	2023-12-26 14:32	123:37	123:08
				88	2023-12-26 14:32	2024-01-07 12:30	285:58	204:48
				20022*	2024-01-07 12:30	2024-01-13 14:43	146:13	26:16
	수컷	재포획	12465214	89	2023-12-20 14:55	2024-01-01 14:06	287:11	166:16
				0	2024-01-01 14:06	2024-01-10 10:08	212:02	172:21
C17	암컷	재포획	12465105	6	2024-01-10 10:20	2024-01-16 15:35	149:15	148:10
				2	2023-12-22 14:35	2023-12-28 14:47	144:12	139:18
				3	2023-12-28 15:02	2024-01-02 13:12	118:10	117:15
				77	2024-01-02 13:32	2024-01-12 14:55	241:23	189:00
				95	2024-01-12 15:06	2024-01-21 20:00	220:54	219:17
	수컷	재포획	12465127	91	2023-12-20 15:05	2023-12-26 14:42	143:37	고장
				85	2023-12-26 14:42	2023-12-31 10:32	115:50	114:33
				20020*	2023-12-31 10:32	2024-01-07 12:02	169:30	87:41
				89	2024-01-07 12:02	2024-01-12 14:42	122:40	102:26
C22	암컷	재포획	12465188	3	2024-01-12 14:50	2024-01-20 15:00	192:10	171:08
				73	2023-12-22 14:15	2023-12-27 16:45	122:30	122:21

C23				74	2023-12-27 16:45	2023-12-31 09:40	88:55	88:43
				2	2023-12-31 09:40	2024-01-07 11:13	169:33	165:24
				79	2024-01-07 11:30	2024-01-12 14:30	123:00	122:25
				96	2024-01-12 14:37	2024-01-20 15:00	192:23	148:15
	수컷	재 포 획	12465083	86	2023-12-20 14:15	2024-01-01 14:41	288:26	167:19
				92	2024-01-01 14:41	2024-01-10 10:51	212:10	61:45
				88	2024-01-10 11:00	2024-01-17 11:10	168:10	167:35
	암컷	재 포 획	12458454	97	2023-12-20 15:20	2023-12-26 14:52	143:32	142:59
				21025*	2023-12-26 14:52	2023-12-31 10:45	115:53	115:51
				21027*	2023-12-31 10:45	2024-01-11 14:20	267:35	59:04
				78	2024-01-11 14:46	2024-01-21 20:26	245:40	244:01
	수컷	재 포 획	12458033	71	2023-12-21 11:05	2023-12-28 15:51	172:46	154:16
				98	2023-12-28 16:07	2024-01-07 11:38	235:31	206:09
				91	2024-01-07 12:00	2024-01-12 15:10	123:10	122:13
				92	2024-01-12 15:22	2024-01-20 15:00	191:38	145:15
C24	암컷	재 포 획	12458087	3	2023-12-21 10:35	2023-12-27 17:20	150:45	150:34
				78	2023-12-27 17:20	2024-01-10 09:48	328:28	고장
				2	2024-01-10 10:05	2024-01-16 15:16	149:11	149:02
	수컷	신 규	12465215	87	2023-12-20 14:30	2023-12-28 15:15	192:45	72:23
				77	2023-12-28 15:15	2024-01-01 15:00	95:45	95:42
				74	2024-01-01 15:00	2024-01-07 12:44	141:44	140:51
				20021*	2024-01-07 12:44	2024-01-13 14:59	146:15	89:56
				71	2024-01-13 15:01	2024-01-20 15:00	167:59	147:45
C25	암컷	재 포 획	12458218	78	2023-12-21 16:10	2023-12-26 14:52	118:42	118:18
				92	2023-12-26 14:52	2023-12-31 10:25	115:33	114:35
				95	2023-12-31 10:25	2024-01-11 14:50	268:25	252:24

	수컷	재포획	12465226	0	2024-01-11 15:03	2024-01-21 20:35	245:32	92:07
				6	2023-12-22 14:50	2023-12-28 15:35	144:45	144:52
				96	2023-12-28 15:48	2024-01-01 15:21	95:33	95:30
				20023*	2024-01-01 15:29	2024-01-10 10:25	210:56	100:24
				74	2024-01-10 10:40	2024-01-16 10:45	144:05	144:03
C27	암컷	신규	12454288	81	2023-12-20 16:55	2023-12-24 14:58	94:03	고장
	수컷	신규	12465155	85	2023-12-20 17:15	2023-12-24 14:58	93:43	19:43
C28	암컷	신규	12465081	1	2023-12-24 14:50	2024-01-10 09:28	402:38	346:08
				87	2024-01-10 09:45	2024-01-16 10:08	144:23	143:21
	수컷	재포획	12465140	0	2023-12-22 15:05	2023-12-31 10:10	211:05	155:56
				6	2023-12-31 10:10	2024-01-07 10:42	168:32	168:23
				70	2024-01-07 10:42	2024-01-20 15:00	316:18	210:30

부록 34 젠투펭귄의 섭식이동 지표. 섭식이동 ID는 등지번호_개체의 성별 (F: 암컷/M:수컷)_섭식이동순서로 표기하였음

섭식이동 ID	출발일시	도착일시	섭식이 동시간 (hour)	총이동 거리 (km)	최대이 동거리 (km)	이동속 도 (km/h)	번식기	번식상태
G01_F_01	2023-12-23 17:48:21	2023-12-24 07:09:03	13.3	10.9	2.6	0.8	육추	새끼 2
G01_F_02	2023-12-28 14:38:40	2023-12-29 04:17:48	13.7	9.4	1.6	0.7	육추	새끼 2
G01_F_03	2023-12-30 12:29:16	2023-12-30 19:32:51	7.1	16.4	5.5	2.3	육추	새끼 2
G01_F_04	2023-12-31 12:22:31	2023-12-31 22:41:27	10.3	33.9	13.1	3.3	육추	새끼 2
G01_F_05	2024-01-01 13:20:32	2024-01-01 19:38:30	6.3	18.7	8.5	3.0	육추	새끼 2
G01_F_06	2024-01-02 09:30:00	2024-01-02 19:15:29	9.8	25.2	7.4	2.6	육추	새끼 2
G01_F_07	2024-01-03 11:32:38	2024-01-03 22:44:00	11.2	27.7	8.4	2.5	육추	새끼 2
G01_F_08	2024-01-04 12:32:25	2024-01-05 02:17:55	13.8	51.8	22.5	3.8	육추	새끼 2
G01_F_09	2024-01-05 17:31:50	2024-01-06 00:56:30	7.4	15.6	5.1	2.1	육추	새끼 2
G01_F_10	2024-01-06 15:49:05	2024-01-08 02:31:07	34.7	8.0	4.0	0.2	육추	새끼 2
G01_F_11	2024-01-11 05:11:39	2024-01-11 22:44:32	17.5	58.8	25.2	3.3	육추	새끼 2
G01_F_12	2024-01-12 13:14:48	2024-01-12 21:50:30	8.6	25.0	10.5	2.9	육추	새끼 2
G01_F_13	2024-01-13 12:37:56	2024-01-14 01:24:01	12.8	47.9	18.8	3.8	육추	새끼 2
G01_F_14	2024-01-14 13:04:15	2024-01-14 23:39:02	10.6	38.9	17.2	3.7	육추	새끼 2
G01_M_01	2023-12-17 16:43:10	2023-12-18 13:30:04	20.8	50.8	14.4	2.4	육추	알 2개
G01_M_02	2023-12-28 01:00:03	2023-12-28 12:04:16	11.1	3.8	1.9	0.3	육추	새끼 2
G01_M_03	2023-12-29 07:46:57	2023-12-29 19:21:33	11.6	61.9	29.4	5.3	육추	새끼 2
G01_M_04	2023-12-30 20:53:52	2023-12-31 11:28:10	14.6	6.5	3.3	0.4	육추	새끼 2

G01_M_05	2024-01-01 22:14:35	2024-01-02 05:50:24	7.6	18.2	9.1	2.4	육추	새끼 2
G01_M_06	2024-01-02 21:08:16	2024-01-03 09:18:00	12.2	50.9	22.5	4.2	육추	새끼 2
G01_M_07	2024-01-04 00:08:45	2024-01-04 10:14:17	10.1	8.9	4.5	0.9	육추	새끼 2
G01_M_08	2024-01-05 05:06:58	2024-01-05 15:31:35	10.4	54.5	26.6	5.2	육추	새끼 2
G01_M_09	2024-01-06 07:31:30	2024-01-06 14:08:29	6.6	52.8	26.0	8.0	육추	새끼 2
G01_M_10	2024-01-07 01:25:42	2024-01-07 14:20:29	12.9	60.8	29.8	4.7	육추	새끼 2
G01_M_11	2024-01-08 04:01:02	2024-01-08 16:22:28	12.4	69.3	33.6	5.6	육추	새끼 2
G01_M_12	2024-01-09 04:19:02	2024-01-09 14:59:01	10.7	66.2	32.3	6.2	육추	새끼 2
G01_M_13	2024-01-12 03:07:40	2024-01-12 11:22:49	8.3	51.4	24.4	6.2	육추	새끼 2
G01_M_14	2024-01-14 02:51:42	2024-01-14 12:11:59	9.3	49.1	22.6	5.3	육추	새끼 2
G01_M_15	2024-01-15 01:01:12	2024-01-15 14:56:39	13.9	64.6	30.3	4.6	육추	새끼 2
G01_M_16	2024-01-16 00:37:40	2024-01-16 12:58:03	12.3	38.3	19.0	3.1	육추	새끼 2
G02_F_01	2023-12-24 22:30:27	2023-12-25 11:57:52	13.5	60.3	28.9	4.5	포란 -> 육추	알 1, 새끼 1
G02_F_02	2023-12-26 09:18:31	2023-12-26 19:24:33	10.1	39	17.9	3.9	포란 -> 육추	알 1, 새끼 1
G02_F_03	2023-12-30 06:58:14	2023-12-30 18:17:30	11.3	33.1	12.3	2.9	포란 -> 육추	알 1, 새끼 1
G02_F_04	2023-12-31 11:12:38	2023-12-31 23:20:01	12.1	57.3	25.4	4.7	포란 -> 육추	알 1, 새끼 1
G02_F_05	2024-01-01 15:25:23	2024-01-02 01:06:50	9.7	35.9	17.7	3.7	포란 -> 육추	알 1, 새끼 1
G02_F_06	2024-01-02 23:10:06	2024-01-03 17:58:09	18.8	59.1	23.8	3.1	포란 -> 육추	알 1, 새끼 1
G02_F_07	2024-01-04 07:39:20	2024-01-04 21:54:33	14.3	61	25.8	4.3	포란 -> 육추	알 1, 새끼 1

G02_F_08	2024-01-05 14:43:54	2024-01-06 03:25:29	12.7	46.4	21.6	3.7	포란 -> 육추	알 1, 새끼 1
G02_F_09	2024-01-06 16:12:01	2024-01-07 02:14:39	10	37.5	17.2	3.7	포란 -> 육추	알 1, 새끼 1
G02_F_10	2024-01-09 01:12:02	2024-01-09 13:47:05	12.6	38.4	16.4	3	포란 -> 육추	알 1, 새끼 1
G02_F_11	2024-01-10 22:27:03	2024-01-11 12:16:04	13.8	16.4	5.3	1.2	포란 -> 육추	알 1, 새끼 1
G02_F_12	2024-01-12 06:06:30	2024-01-12 13:51:05	7.7	11.8	3.6	1.5	포란 -> 육추	알 1, 새끼 1
G02_M_01	2023-12-17 07:39:58	2023-12-18 07:21:03	23.7	27.4	8.5	1.2	포란	알 2
G02_M_02	2023-12-21 19:29:53	2023-12-21 23:32:31	4	6.8	3	1.7	포란 -> 육추	알 1, 새끼 1
G02_M_03	2023-12-23 04:22:25	2023-12-23 09:41:24	5.3	49.8	24.6	9.4	포란 -> 육추	알 1, 새끼 1
G02_M_04	2023-12-24 08:38:43	2023-12-24 20:40:57	12	37.8	17.8	3.1	포란 -> 육추	알 1, 새끼 1
G02_M_05	2023-12-25 16:48:22	2023-12-26 01:55:29	9.1	40.6	18.8	4.4	포란 -> 육추	알 1, 새끼 1
G02_M_06	2023-12-27 00:51:41	2023-12-27 14:00:31	13.1	47.5	21.9	3.6	포란 -> 육추	알 1, 새끼 1
G02_M_07	2023-12-28 09:15:00	2023-12-28 15:37:30	6.4	23.5	10.3	3.7	포란 -> 육추	알 1, 새끼 1
G02_M_08	2023-12-29 11:49:37	2023-12-30 00:44:00	12.9	40.4	17.3	3.1	포란 -> 육추	알 1, 새끼 1
G02_M_09	2023-12-30 18:47:30	2023-12-31 08:16:03	13.5	49.4	21.8	3.7	포란 -> 육추	알 1, 새끼 1
G02_M_10	2024-01-01 02:25:14	2024-01-01 14:00:29	11.6	52.3	24.1	4.5	포란 -> 육추	알 1, 새끼 1
G02_M_11	2024-01-02 08:24:30	2024-01-02 22:00:31	13.6	74.8	32.9	5.5	포란 -> 육추	알 1, 새끼 1
G02_M_12	2024-01-03 19:41:12	2024-01-04 04:51:05	9.2	37.1	17.2	4	포란 -> 육추	알 1, 새끼 1
G02_M_13	2024-01-07 06:13:18	2024-01-07 20:18:02	14.1	57	24	4	포란 -> 육추	알 1, 새끼 1
G02_M_14	2024-01-08	2024-01-08	13.4	50.1	23	3.7	포란	알 1,

	10:04:07	23:29:55						-> 육추	새끼 1
G02_M_15	2024-01-09 20:40:30	2024-01-10 00:20:29	3.7	43	21	11.7		포란 -> 육추	알 1, 새끼 1
G02_M_16	2024-01-11 17:02:29	2024-01-12 01:11:03	8.1	42.8	20	5.3		포란 -> 육추	알 1, 새끼 1
G02_M_17	2024-01-12 14:55:14	2024-01-12 21:06:59	6.2	24.4	11.6	3.9		포란 -> 육추	알 1, 새끼 1
G05_F_01	2023-12-17 21:33:53	2023-12-18 20:02:32	22.5	16.5	3.5	0.7		포란	알 2
G05_F_02	2023-12-19 22:57:39	2023-12-20 19:39:29	20.7	23.3	6.8	1.1		포란	알 2
G05_F_03	2023-12-21 22:26:00	2023-12-22 12:26:29	14	9.4	2.6	0.7		포란	알 2
G05_F_04	2023-12-27 04:37:33	2023-12-27 22:30:39	17.9	98.1	44.4	5.5		육추	새끼 2
G05_F_05	2023-12-28 14:03:06	2023-12-28 23:48:21	9.8	41.7	17.1	4.3		육추	새끼 2
G05_F_06	2023-12-29 16:07:01	2023-12-29 23:51:26	7.7	61.4	28.8	7.9		육추	새끼 2
G05_F_07	2023-12-30 13:42:22	2023-12-31 00:53:09	11.2	50.6	22.3	4.5		육추	새끼 2
G05_F_08	2023-12-31 12:59:16	2024-01-01 02:49:01	13.8	75.5	36.2	5.5		육추	새끼 2
G05_F_09	2024-01-01 15:22:01	2024-01-02 00:48:31	9.4	42.2	20.1	4.5		육추	새끼 2
G05_F_10	2024-01-02 17:22:49	2024-01-03 12:09:53	18.8	75.5	35.6	4		육추	새끼 2
G05_F_11	2024-01-04 16:57:30	2024-01-04 22:06:30	5.2	80.3	40.1	15.6		육추	새끼 2
G05_F_12	2024-01-05 12:32:55	2024-01-05 23:17:03	10.7	42.4	17.6	3.9		육추	새끼 2
G05_F_13	2024-01-06 16:23:28	2024-01-07 03:02:40	10.7	91.7	44.5	8.6		육추	새끼 2
G05_F_14	2024-01-08 02:06:29	2024-01-08 21:41:55	19.6	82.3	38.3	4.2		육추	새끼 2
G05_F_15	2024-01-09 05:08:24	2024-01-09 21:16:10	16.1	89.4	42.8	5.5		육추	새끼 2
G05_F_16	2024-01-10 12:32:30	2024-01-11 01:57:32	13.4	10.9	5.6	0.8		육추	새끼 2

G05_F_17	2024-01-11 23:27:35	2024-01-12 13:37:19	14.2	89.6	38.6	6.3	육추	새끼	2
G05_F_18	2024-01-13 06:38:13	2024-01-13 18:05:12	11.4	56.3	26.5	4.9	육추	새끼	2
G05_F_19	2024-01-14 06:05:56	2024-01-14 18:41:56	12.6	62.7	26.6	5	육추	새끼	2
G05_F_20	2024-01-15 09:55:02	2024-01-15 21:27:31	11.5	76.8	37.2	6.7	육추	새끼	2
G05_F_21	2024-01-16 09:17:31	2024-01-16 16:36:01	7.3	48.2	22.7	6.6	육추	새끼	2
G05_F_22	2024-01-17 01:10:05	2024-01-17 16:35:40	15.4	83.8	36.2	5.4	육추	새끼	2
G05_F_23	2024-01-18 06:54:10	2024-01-18 17:27:41	10.6	47.4	21	4.5	육추	새끼	2
G05_F_24	2024-01-19 07:19:25	2024-01-19 22:14:48	14.9	64	31.5	4.3	육추	새끼	2
G05_M_01	2023-12-29 06:48:35	2023-12-29 10:27:04	3.6	5.6	2.7	1.5	육추	새끼	2
G05_M_02	2023-12-31 05:18:39	2023-12-31 11:34:35	6.3	9.3	4.6	1.5	육추	새끼	2
G05_M_03	2024-01-02 05:15:11	2024-01-02 15:18:44	10.1	49.8	24.3	4.9	육추	새끼	2
G05_M_04	2024-01-03 13:05:23	2024-01-03 20:10:30	7.1	18.5	6.7	2.6	육추	새끼	2
G05_M_05	2024-01-04 23:08:29	2024-01-05 11:21:55	12.2	50.9	25.3	4.2	육추	새끼	2
G05_M_06	2024-01-06 02:17:03	2024-01-06 10:58:30	8.7	25.6	12.7	2.9	육추	새끼	2
G05_M_07	2024-01-07 08:29:01	2024-01-07 16:14:12	7.8	49.2	22.3	6.3	육추	새끼	2
G05_M_08	2024-01-08 22:37:15	2024-01-09 02:36:33	4	9.7	4.2	2.4	육추	새끼	2
G05_M_09	2024-01-09 22:43:33	2024-01-10 11:05:33	12.4	60.9	27.6	4.9	육추	새끼	2
G05_M_10	2024-01-11 03:07:02	2024-01-11 15:08:03	12	55.4	25.2	4.6	육추	새끼	2
G05_M_11	2024-01-12 15:52:03	2024-01-12 20:35:57	4.7	22.9	9.7	4.8	육추	새끼	2
G05_M_12	2024-01-13 19:39:56	2024-01-14 02:33:06	6.9	31.7	13.7	4.6	육추	새끼	2
G05_M_13	2024-01-14	2024-01-15	9.4	43	19.4	4.6	육추	새끼	2

	19:16:59	04:41:20						
G05_M_14	2024-01-16 17:47:27	2024-01-16 23:35:29	5.8	18.6	7.6	3.2	육추	새끼 2
G06_F_01	2023-12-17 09:18:27	2023-12-18 20:59:12	35.7	53.6	13.7	1.5	포란	알 2개
G06_F_02	2023-12-19 15:35:24	2023-12-20 19:27:42	27.9	66.1	22.8	2.4	포란	알 2개
G06_F_03	2023-12-21 18:01:26	2023-12-22 12:39:32	18.6	53.4	21.9	2.9	포란	알 2개
G06_F_04	2023-12-28 06:32:32	2023-12-28 17:18:02	10.8	34.1	13.2	3.2	육추	새끼 1, 죽은 새끼 1
G06_F_05	2023-12-29 11:06:38	2023-12-29 19:01:34	7.9	15.4	7.1	1.9	육추	새끼 1, 죽은 새끼 1
G06_F_06	2023-12-30 11:32:15	2023-12-30 19:35:33	8.1	12.3	6.2	1.5	육추	새끼 1, 죽은 새끼 1
G06_F_07	2023-12-31 10:23:21	2023-12-31 16:20:32	6	18.8	6.5	3.2	육추	새끼 1, 죽은 새끼 1
G06_F_08	2024-01-01 14:47:12	2024-01-01 17:58:33	3.2	10.2	4.4	3.2	육추	새끼 1, 죽은 새끼 1
G06_F_09	2024-01-02 08:46:58	2024-01-02 17:51:16	9.1	13	4.1	1.4	육추	새끼 1, 죽은 새끼 1
G06_F_10	2024-01-03 08:29:08	2024-01-03 15:56:30	7.5	15.4	5.2	2.1	육추	새끼 1, 죽은 새끼 1
G06_F_11	2024-01-04 00:49:56	2024-01-04 12:30:59	11.7	35.7	17	3.1	육추	새끼 1, 죽은 새끼 1
G06_F_12	2024-01-05 08:11:59	2024-01-05 15:15:13	7.1	11.5	4.1	1.6	육추	새끼 1, 죽은 새끼 1
G06_M_01	2023-12-19 00:16:04	2023-12-19 12:00:31	11.7	13.7	3	1.2	포란	알 2
G06_M_02	2023-12-21 03:41:24	2023-12-21 15:33:29	11.9	49.7	22.3	4.2	포란	알 2
G06_M_03	2023-12-22 15:46:05	2023-12-23 10:08:23	18.4	60.1	22.3	3.3	포란	알 2
G06_M_04	2023-12-24 07:13:19	2023-12-24 12:22:29	5.2	36.4	17.3	7.1	포란	알 2
G06_M_05	2023-12-27 10:34:30	2023-12-27 20:17:58	9.7	8.2	4.2	0.8	육추	새끼 1, 죽은 새끼 1
G06_M_06	2023-12-28	2023-12-29	3.7	6.2	3.2	1.7	육추	새끼 1, 죽은

	20:29:32	00:10:04						새끼 1
G13_F_01	2023-12-23	2023-12-23	9.7	39.2	18.1	4	육추	새끼 2
	05:36:08	15:20:18						
G13_F_02	2023-12-25	2023-12-25	8	30.2	13.7	3.8	육추	새끼 1, 죽은 새끼 1
	06:35:34	14:34:30						
G13_F_03	2023-12-27	2023-12-27	8.5	27.7	12.6	3.2	육추	새끼 1, 죽은 새끼 1
	07:02:04	15:33:36						
G13_F_04	2023-12-28	2023-12-28	5.7	14.3	4.8	2.5	육추	새끼 1, 죽은 새끼 1
	15:25:00	21:09:31						
G13_F_05	2023-12-29	2023-12-29	5.7	16.2	4.2	2.8	육추	새끼 1, 죽은 새끼 1
	18:03:06	23:48:00						
G13_F_06	2023-12-30	2023-12-31	6.9	16.8	4.4	2.4	육추	새끼 1, 죽은 새끼 1
	19:58:50	02:53:16						
G13_F_07	2024-01-02	2024-01-02	10.6	24.5	5.6	2.3	육추	새끼 1, 죽은 새끼 1
	01:33:43	12:07:40						
G13_F_08	2024-01-03	2024-01-03	9.3	7.9	3.9	0.9	육추	새끼 1, 죽은 새끼 1
	04:59:36	14:16:30						
G13_F_09	2024-01-05	2024-01-06	5.1	5.6	2.8	1.1	육추	새끼 1, 죽은 새끼 1
	21:52:00	02:58:57						
G13_F_10	2024-01-06	2024-01-07	5.4	11.9	4.8	2.2	육추	새끼 1, 죽은 새끼 1
	18:41:10	00:03:16						
G13_F_11	2024-01-07	2024-01-08	6.7	14.8	4.7	2.2	육추	새끼 1, 죽은 새끼 1
	19:13:57	01:55:01						
G13_F_12	2024-01-08	2024-01-09	5.4	17	7.3	3.2	육추	새끼 1, 죽은 새끼 1
	22:03:51	03:25:39						
G13_F_13	2024-01-09	2024-01-10	8.3	18.5	3.9	2.2	육추	새끼 1, 죽은 새끼 1
	16:54:50	01:10:40						
G13_F_14	2024-01-10	2024-01-11	19.4	15.9	4.3	0.8	육추	새끼 1, 죽은 새끼 1
	16:57:56	12:23:30						
G13_F_15	2024-01-12	2024-01-12	5.9	8.2	4.1	1.4	육추	새끼 1, 죽은 새끼 1
	05:47:29	11:41:05						
G13_F_16	2024-01-13	2024-01-13	9.6	12.7	6.3	1.3	육추	새끼 1, 죽은 새끼 1
	07:37:29	17:11:58						
G13_F_17	2024-01-14	2024-01-14	7.4	7.9	3.9	1.1	육추	새끼 1, 죽은 새끼 1
	07:15:57	14:37:05						
G13_M_01	2023-12-18	2023-12-18	16.8	34.2	11.9	2	포란	알 2개
	05:48:37	22:36:31						

G13_M_02	2023-12-20 05:01:16	2023-12-20 13:53:03	8.9	44.1	20.5	5	육추	새끼 2
G13_M_03	2023-12-21 11:59:37	2023-12-21 22:16:49	10.3	52.8	25.4	5.1	육추	새끼 2
G13_M_04	2023-12-31 08:00:16	2023-12-31 23:29:51	15.5	83.7	37.7	5.4	육추	새끼 1, 죽은 새끼 1
G13_M_05	2024-01-01 16:59:10	2024-01-02 00:28:04	7.5	47.6	20.5	6.4	육추	새끼 1, 죽은 새끼 1
G13_M_06	2024-01-02 15:58:43	2024-01-03 03:28:29	11.5	61.4	29.2	5.3	육추	새끼 1, 죽은 새끼 1
G13_M_07	2024-01-03 15:28:01	2024-01-04 01:47:30	10.3	56.3	26.2	5.5	육추	새끼 1, 죽은 새끼 1
G13_M_08	2024-01-04 15:12:07	2024-01-04 22:48:39	7.6	33.9	15.3	4.5	육추	새끼 1, 죽은 새끼 1

부록 35 턱끈팬권의 섭식이동 지표. 섭식이동 ID는 동지번호_개체의 성별 (F: 암컷/M:수컷)_섭식이동순서로 표기하였음

섭식이동 ID	출발일시	도착일시	섭식이 동시간 (hour)	총이동 거리 (km)	최대이 동거리 (km)	이동속도 (km/h)	번식 단계	번식상 태
C00_F_01	2023-12-21 21:56:30	2023-12-22 21:47:19	23.8	69.9	28.6	2.9	포란	알 1
C00_F_02	2023-12-24 22:27:47	2023-12-25 09:20:04	10.9	39.4	15.9	3.6	포란	알 1
C00_F_03	2023-12-26 11:23:17	2023-12-27 14:24:31	27	99.6	43.2	3.7	포란	알 1
C00_F_04	2023-12-31 17:28:54	2023-12-31 20:48:17	3.3	16.9	5.6	5.1	포란	알 1
C00_F_05	2024-01-01 16:52:34	2024-01-02 11:50:05	19	52.6	24.3	2.8	포란	알 1
C00_M_01	2023-12-30 06:59:40	2023-12-30 13:13:03	6.2	28.4	11.2	4.6	포란	알 1
C00_M_02	2023-12-31 06:39:06	2023-12-31 14:48:03	8.1	35.6	11.7	4.4	포란	알 1
C00_M_03	2024-01-01 07:55:14	2024-01-01 20:16:10	12.3	25.9	11.6	2.1	포란	알 1
C00_M_04	2024-01-02 13:30:26	2024-01-02 16:45:36	3.3	9.3	4.6	2.8	포란	알 1
C00_M_05	2024-01-03 16:01:40	2024-01-04 18:13:31	26.2	111.1	47.1	4.2	포란	알 1
C10_F_01	2023-12-22 13:06:15	2023-12-23 10:32:10	21.4	72.9	26.3	3.4	포란 -> 육추	알 1, 새끼 1
C10_F_02	2023-12-24 08:16:49	2023-12-24 18:09:40	9.9	52	23	5.3	육추	새끼 2
C10_F_03	2023-12-25 10:22:01	2023-12-26 00:13:57	13.9	50.2	22.8	3.6	육추	새끼 2
C10_F_04	2023-12-26 21:41:54	2023-12-27 10:31:01	12.8	45.9	20.5	3.6	육추	새끼 2
C10_F_05	2023-12-28 01:15:33	2023-12-28 08:07:48	6.9	36.8	17.9	5.4	육추	새끼 2
C10_F_06	2023-12-28 20:50:59	2023-12-29 09:51:08	13	42.3	18.2	3.3	육추	새끼 2
C10_F_07	2023-12-30 05:44:53	2023-12-30 20:18:01	14.6	65.2	30.7	4.5	육추	새끼 2
C10_F_08	2023-12-31 12:44:48	2024-01-01 01:08:29	12.4	52.3	24	4.2	육추	새끼 2

C10_F_09	2024-01-01 09:22:03	2024-01-01 19:04:53	9.7	44.2	20.6	4.6	육추	새끼	2
C10_F_10	2024-01-02 06:41:01	2024-01-02 20:09:29	13.5	58.1	27.3	4.3	육추	새끼	2
C10_F_11	2024-01-07 00:02:56	2024-01-07 15:30:00	15.5	45.7	21.9	3	육추	새끼	2
C10_F_12	2024-01-07 21:28:28	2024-01-08 09:01:40	11.6	49	22.6	4.2	육추	새끼	2
C10_F_13	2024-01-13 22:51:18	2024-01-14 09:36:00	10.7	43.5	19.4	4.1	육추	새끼	2
C10_F_14	2024-01-14 21:48:11	2024-01-15 09:46:03	12	43.1	18.8	3.6	육추	새끼	2
C10_F_15	2024-01-16 01:07:33	2024-01-16 11:07:31	10	54.2	23.7	5.4	육추	새끼	2
C10_F_16	2024-01-16 18:25:11	2024-01-16 22:20:02	3.9	17.1	6.9	4.4	육추	새끼	2
C10_F_17	2024-01-17 09:16:01	2024-01-17 15:57:25	6.7	31.6	13.8	4.7	육추	새끼	2
C10_F_18	2024-01-18 09:55:32	2024-01-18 15:58:31	6	32.6	14	5.4	육추	새끼	2
C10_M_01	2023-12-26 01:21:15	2023-12-26 20:05:17	18.7	73.4	34.6	3.9	육추	새끼	2
C10_M_02	2023-12-27 12:19:43	2023-12-27 16:46:35	4.4	9	4.4	2	육추	새끼	2
C10_M_03	2023-12-28 09:30:41	2023-12-28 18:34:24	9.1	34.1	14.9	3.8	육추	새끼	2
C10_M_04	2023-12-29 11:29:12	2023-12-30 01:06:55	13.6	63.4	30	4.7	육추	새끼	2
C10_M_05	2023-12-30 21:21:54	2023-12-31 12:00:53	14.6	64.9	30.4	4.4	육추	새끼	2
C10_M_06	2024-01-01 02:01:31	2024-01-01 06:40:30	4.6	15.8	6.2	3.4	육추	새끼	2
C10_M_07	2024-01-01 21:17:37	2024-01-02 02:01:24	4.7	2.7	1.4	0.6	육추	새끼	2
C10_M_08	2024-01-06 22:06:00	2024-01-07 03:14:31	5.1	4.7	2.4	0.9	육추	새끼	2
C10_M_09	2024-01-07 15:38:10	2024-01-07 19:53:24	4.3	7.6	3.4	1.8	육추	새끼	2
C10_M_10	2024-01-08 10:21:28	2024-01-08 16:36:01	6.2	16.4	7.2	2.6	육추	새끼	2
C10_M_11	2024-01-10	2024-01-11	5.9	14.1	6	2.4	육추	새끼	2

	19:20:11	01:15:30							
C10_M_12	2024-01-12 01:32:25	2024-01-12 10:13:02	8.7	30.7	13.6	3.5	육추	새끼	2
C10_M_13	2024-01-13 10:22:13	2024-01-13 21:45:11	11.4	53.6	24.8	4.7	육추	새끼	2
C10_M_14	2024-01-14 10:43:42	2024-01-14 20:24:44	9.7	45.1	18.4	4.7	육추	새끼	2
C10_M_15	2024-01-15 10:08:41	2024-01-15 20:18:47	10.2	48.7	22.2	4.8	육추	새끼	2
C10_M_16	2024-01-16 12:21:39	2024-01-16 15:45:00	3.4	7	2.1	2.1	육추	새끼	2
C17_F_01	2023-12-23 20:36:03	2023-12-23 23:48:21	3.2	26	12.5	8.1	포란 -> 육추	알 1, 새끼	1
C17_F_02	2023-12-25 12:18:52	2023-12-25 18:50:38	6.5	11.9	5.8	1.8	포란 -> 육추	알 1, 새끼	1
C17_F_03	2023-12-27 06:21:36	2023-12-27 11:53:51	5.5	4.3	2.1	0.8	육추	새끼	2
C17_F_04	2023-12-28 05:40:43	2023-12-28 11:20:57	5.7	10.2	4.6	1.8	육추	새끼	2
C17_F_05	2024-01-01 05:00:04	2024-01-01 14:45:30	9.8	22.8	10.8	2.3	육추	새끼	2
C17_F_06	2024-01-01 23:34:00	2024-01-02 11:58:47	12.4	32.2	14.4	2.6	육추	새끼	2
C17_F_07	2024-01-03 06:02:25	2024-01-03 20:37:45	14.6	61.8	26.9	4.2	육추	새끼	2
C17_F_08	2024-01-04 16:29:52	2024-01-04 20:26:17	3.9	41.5	19	10.5	육추	새끼	2
C17_F_09	2024-01-05 10:47:40	2024-01-05 20:39:21	9.9	51.5	22.7	5.2	육추	새끼	2
C17_F_10	2024-01-06 08:50:08	2024-01-06 23:57:37	15.1	68.3	32.1	4.5	육추	새끼	2
C17_F_11	2024-01-07 11:04:10	2024-01-07 18:52:00	7.8	27.4	12	3.5	육추	새끼	2
C17_F_12	2024-01-08 09:59:47	2024-01-08 23:47:39	13.8	61.1	26.2	4.4	육추	새끼	2
C17_F_13	2024-01-09 09:39:56	2024-01-09 17:30:30	7.8	25.9	11.5	3.3	육추	새끼	2
C17_F_14	2024-01-10 13:19:45	2024-01-12 18:15:29	52.9	23.9	11.8	0.5	육추	새끼	2
C17_F_15	2024-01-13	2024-01-13	7.6	28.8	13.1	3.8	육추	새끼	2

	09:51:11	17:28:02							
C17_F_16	2024-01-14 02:34:00	2024-01-14 14:36:42	12	44.4	13.6	3.7	육추	새끼	2
C17_F_17	2024-01-15 08:18:39	2024-01-15 14:47:01	6.5	35.7	12.4	5.5	육추	새끼	2
C17_F_18	2024-01-16 05:30:14	2024-01-16 08:33:19	3.1	9.6	4.3	3.2	육추	새끼	2
C17_F_19	2024-01-16 19:18:10	2024-01-17 03:34:35	8.3	36.7	15.7	4.4	육추	새끼	2
C17_F_20	2024-01-17 21:25:56	2024-01-18 02:02:33	4.6	13.3	4.3	2.9	육추	새끼	2
C17_F_21	2024-01-19 18:37:03	2024-01-19 22:20:32	3.7	8.1	2.8	2.2	육추	새끼	2
C17_M_01	2023-12-30 14:14:46	2023-12-31 01:45:32	11.5	14.7	7.3	1.3	육추	새끼	2
C17_M_02	2023-12-31 12:46:53	2023-12-31 17:10:53	4.4	19	7.9	4.3	육추	새끼	2
C17_M_03	2024-01-01 12:03:24	2024-01-01 17:33:23	5.5	37.7	17.1	6.9	육추	새끼	2
C17_M_04	2024-01-02 09:46:55	2024-01-02 20:38:48	10.9	50.1	22.3	4.6	육추	새끼	2
C17_M_05	2024-01-03 18:36:37	2024-01-07 15:26:00	92.8	55.7	25.5	0.6	육추	새끼	2
C17_M_06	2024-01-07 20:10:44	2024-01-08 09:14:31	13.1	61	28.3	4.7	육추	새끼	2
C17_M_07	2024-01-09 00:43:09	2024-01-09 07:38:30	6.9	17.2	8.1	2.5	육추	새끼	2
C17_M_08	2024-01-09 19:09:47	2024-01-10 09:17:31	14.1	63.9	27.9	4.5	육추	새끼	2
C17_M_09	2024-01-11 00:21:52	2024-01-11 08:54:04	8.5	41.9	20.2	4.9	육추	새끼	2
C17_M_10	2024-01-12 20:46:57	2024-01-13 08:33:52	11.8	41.2	20	3.5	육추	새끼	2
C17_M_11	2024-01-13 22:07:02	2024-01-14 01:28:55	3.4	33.9	16.7	10.1	육추	새끼	2
C17_M_12	2024-01-14 18:51:54	2024-01-14 22:21:05	3.5	39.6	18.5	11.4	육추	새끼	2
C17_M_13	2024-01-15 18:11:24	2024-01-16 01:13:18	7	48.6	22.4	6.9	육추	새끼	2
C17_M_14	2024-01-16 09:04:31	2024-01-16 18:58:12	9.9	47	22.4	4.8	육추	새끼	2

C17_M_15	2024-01-18 05:52:32	2024-01-18 10:16:31	4.4	17.3	8.1	3.9	육추	새끼	2
C17_M_16	2024-01-18 14:46:03	2024-01-18 21:48:54	7	36.3	17.7	5.1	육추	새끼	2
C17_M_17	2024-01-19 06:27:17	2024-01-19 17:21:54	10.9	54.9	22.8	5	육추	새끼	2
C22_F_01	2023-12-25 10:29:31	2023-12-25 16:12:03	5.7	25.3	12	4.4	포란 -> 육추	알 새끼	1, 1
C22_F_02	2023-12-26 13:01:44	2023-12-26 18:00:29	5	21.4	10.2	4.3	포란 -> 육추	알 새끼	1, 1
C22_F_03	2023-12-27 11:19:04	2023-12-27 16:48:09	5.5	19.7	9.3	3.6	포란 -> 육추	알 새끼	1, 1
C22_F_04	2023-12-28 20:53:53	2023-12-29 09:21:34	12.5	48.1	23.2	3.9	포란 -> 육추	알 새끼	1, 1
C22_F_05	2023-12-30 17:02:02	2023-12-31 01:12:04	8.2	70.7	34.8	8.7	포란 -> 육추	알 새끼	1, 1
C22_F_06	2024-01-01 07:03:30	2024-01-01 15:19:58	8.3	36.2	17	4.4	포란 -> 육추	알 새끼	1, 1
C22_F_07	2024-01-02 15:49:59	2024-01-03 02:56:26	11.1	62.2	30.1	5.6	포란 -> 육추	알 새끼	1, 1
C22_F_08	2024-01-04 11:39:27	2024-01-05 02:44:34	15.1	65.6	32.2	4.3	포란 -> 육추	알 새끼	1, 1
C22_F_09	2024-01-06 04:47:53	2024-01-06 10:44:29	5.9	26.8	12.5	4.5	포란 -> 육추	알 새끼	1, 1
C22_F_10	2024-01-06 20:55:33	2024-01-07 09:53:32	13	59.9	28.9	4.6	포란 -> 육추	알 새끼	1, 1
C22_F_11	2024-01-08 11:03:12	2024-01-09 03:45:34	16.7	71.5	34.7	4.3	포란 -> 육추	알 새끼	1, 1
C22_F_12	2024-01-10 01:07:07	2024-01-10 20:40:46	19.6	70.3	30.5	3.6	포란 -> 육추	알 새끼	1, 1
C22_F_13	2024-01-11 13:08:01	2024-01-12 08:58:51	19.8	83.9	38.8	4.2	포란 -> 육추	알 새끼	1, 1
C22_F_14	2024-01-13 08:38:26	2024-01-14 00:03:32	15.4	61.2	29.1	4	포란 -> 육추	알 새끼	1, 1
C22_F_15	2024-01-14 13:59:27	2024-01-14 22:52:00	8.9	42.5	18.8	4.8	포란 -> 육추	알 새끼	1, 1
C22_F_16	2024-01-15	2024-01-16	19.8	68.9	27.2	3.5	포란 ->	알 새끼	1, 1

	15:52:50	11:41:31					육추	
C22_F_17	2024-01-17 08:16:48	2024-01-17 16:22:41	8.1	21.3	9.4	2.6	포란 -> 육추	알 1, 새끼 1
C22_F_18	2024-01-18 00:36:52	2024-01-18 10:21:17	9.7	34.4	16.2	3.5	포란 -> 육추	알 1, 새끼 1
C22_M_01	2023-12-26 21:07:27	2023-12-27 08:02:58	10.9	38.7	16.6	3.5	포란 -> 육추	알 1, 새끼 1
C22_M_02	2023-12-28 12:45:06	2023-12-28 18:45:30	6	29.2	12.4	4.9	포란 -> 육추	알 1, 새끼 1
C22_M_03	2023-12-29 10:42:38	2023-12-30 05:43:33	19	69.1	26.6	3.6	포란 -> 육추	알 1, 새끼 1
C22_M_04	2023-12-31 09:03:41	2024-01-01 03:23:30	18.3	74.2	33.3	4	포란 -> 육추	알 1, 새끼 1
C22_M_05	2024-01-08 12:07:55	2024-01-08 17:56:29	5.8	74.3	36.8	12.8	포란 -> 육추	알 1, 새끼 1
C22_M_06	2024-01-10 23:20:00	2024-01-11 11:17:11	12	57.2	24.5	4.8	포란 -> 육추	알 1, 새끼 1
C22_M_07	2024-01-12 12:24:26	2024-01-13 06:12:30	17.8	63.4	27.7	3.6	포란 -> 육추	알 1, 새끼 1
C22_M_08	2024-01-14 06:52:31	2024-01-14 11:09:30	4.3	37.1	16.9	8.7	포란 -> 육추	알 1, 새끼 1
C22_M_09	2024-01-15 00:36:28	2024-01-15 14:30:30	13.9	45.9	12.9	3.3	포란 -> 육추	알 1, 새끼 1
C23_F_01	2023-12-22 12:51:09	2023-12-22 20:01:30	7.2	11.4	4.8	1.6	육추	새끼 2
C23_F_02	2023-12-23 15:05:46	2023-12-23 22:55:55	7.8	45.1	19.8	5.8	육추	새끼 2
C23_F_03	2023-12-24 21:39:03	2023-12-25 04:44:25	7.1	10.8	4.8	1.5	육추	새끼 2
C23_F_04	2023-12-27 02:10:20	2023-12-27 12:10:20	10	49.8	22.3	5	육추	새끼 2
C23_F_05	2023-12-28 00:53:31	2023-12-28 05:35:39	4.7	46	19.4	9.8	육추	새끼 2
C23_F_06	2023-12-29 01:28:33	2023-12-29 09:17:33	7.8	47.1	20.3	6	육추	새끼 2
C23_F_07	2023-12-30 00:01:09	2023-12-30 07:05:02	7.1	56.6	23.7	8	육추	새끼 2
C23_F_08	2023-12-30	2023-12-31	15.2	47.4	17.7	3.1	육추	새끼 2

	18:41:57	09:56:21							
C23_F_09	2023-12-31 22:21:04	2024-01-01 08:27:00	10.1	62.1	22.1	6.1	육추	새끼	2
C23_F_10	2024-01-01 19:11:44	2024-01-02 08:34:30	13.4	81.2	21.3	6.1	육추	새끼	2
C23_F_11	2024-01-03 03:01:14	2024-01-03 07:54:34	4.9	26.5	10.2	5.4	육추	새끼	2
C23_F_12	2024-01-12 06:52:09	2024-01-12 23:43:27	16.9	71.7	29.3	4.3	육추	새끼	2
C23_F_13	2024-01-13 09:34:17	2024-01-13 22:30:25	12.9	53.3	23.3	4.1	육추	새끼	2
C23_F_14	2024-01-14 17:08:53	2024-01-14 21:23:04	4.2	8.9	2.4	2.1	육추	새끼	2
C23_F_15	2024-01-15 12:23:44	2024-01-15 23:52:33	11.5	47.6	19.4	4.1	육추	새끼	2
C23_F_16	2024-01-16 10:21:47	2024-01-16 17:47:31	7.4	19.6	7.4	2.6	육추	새끼	2
C23_F_17	2024-01-17 10:14:19	2024-01-17 20:28:25	10.2	49.2	21.4	4.8	육추	새끼	2
C23_F_18	2024-01-18 10:29:44	2024-01-18 19:12:11	8.7	24	7.9	2.8	육추	새끼	2
C23_F_19	2024-01-19 07:36:46	2024-01-19 20:29:25	12.9	44.2	17	3.4	육추	새끼	2
C23_F_20	2024-01-20 10:24:31	2024-01-20 20:17:21	9.9	41.7	18	4.2	육추	새끼	2
C23_F_21	2024-01-21 09:13:07	2024-01-21 20:11:11	11	16.5	8	1.5	육추	새끼	2
C23_M_01	2023-12-22 21:26:26	2023-12-23 08:49:03	11.4	36.3	17.6	3.2	육추	새끼	2
C23_M_02	2023-12-25 09:48:24	2023-12-25 15:20:01	5.5	6.8	3.4	1.2	육추	새끼	2
C23_M_03	2023-12-26 05:54:28	2023-12-27 00:46:01	18.9	14.4	6.9	0.8	육추	새끼	2
C23_M_04	2023-12-27 16:57:29	2023-12-27 23:35:55	6.6	18.4	9.2	2.8	육추	새끼	2
C23_M_05	2023-12-29 10:42:43	2023-12-30 00:09:36	13.4	57.9	25.5	4.3	육추	새끼	2
C23_M_06	2023-12-31 11:15:04	2023-12-31 18:55:16	7.7	26.8	10.2	3.5	육추	새끼	2
C23_M_07	2024-01-01 11:21:36	2024-01-01 16:22:21	5	26.4	11.9	5.3	육추	새끼	2

C23_M_08	2024-01-02 14:33:10	2024-01-02 21:34:18	7	52.9	24.3	7.5	육추	새끼	2
C23_M_09	2024-01-03 10:08:04	2024-01-04 00:44:46	14.6	63.5	29.5	4.3	육추	새끼	2
C23_M_10	2024-01-08 01:31:45	2024-01-08 08:45:04	7.2	7.1	3.5	1	육추	새끼	2
C23_M_11	2024-01-08 23:14:36	2024-01-09 11:07:26	11.9	51.3	21.7	4.3	육추	새끼	2
C23_M_12	2024-01-09 21:44:05	2024-01-10 09:34:32	11.8	57.3	27	4.8	육추	새끼	2
C23_M_13	2024-01-10 23:30:09	2024-01-11 03:48:21	4.3	11.6	5.1	2.7	육추	새끼	2
C23_M_14	2024-01-11 20:09:05	2024-01-12 05:58:33	9.8	68.9	33.4	7	육추	새끼	2
C23_M_15	2024-01-13 23:20:35	2024-01-14 05:59:00	6.6	7.7	3.6	1.2	육추	새끼	2
C23_M_16	2024-01-15 03:42:07	2024-01-15 12:00:30	8.3	43.2	18.9	5.2	육추	새끼	2
C23_M_17	2024-01-16 01:06:37	2024-01-16 09:26:01	8.3	27.3	11.9	3.3	육추	새끼	2
C23_M_18	2024-01-16 19:04:22	2024-01-17 08:43:01	13.6	40.8	17.6	3	육추	새끼	2
C23_M_19	2024-01-17 21:57:01	2024-01-18 10:10:33	12.2	44.4	21.1	3.6	육추	새끼	2
C24_F_01	2023-12-21 15:41:30	2023-12-22 06:37:30	14.9	43.2	20.3	2.9	육추	새끼	2
C24_F_02	2023-12-23 05:12:39	2023-12-23 10:49:51	5.6	40.2	19.7	7.2	육추	새끼	2
C24_F_03	2023-12-24 02:18:06	2023-12-24 14:49:29	12.5	44.2	20.9	3.5	육추	새끼	2
C24_F_04	2023-12-25 05:56:14	2023-12-25 17:17:25	11.4	33.8	15.5	3	육추	새끼	2
C24_F_05	2023-12-26 07:30:49	2023-12-26 17:34:01	10.1	33.2	15.3	3.3	육추	새끼	2
C24_F_06	2023-12-27 09:32:10	2023-12-27 18:08:19	8.6	22.8	10.6	2.6	육추	새끼	2
C24_F_07	2024-01-10 20:33:21	2024-01-11 09:29:32	12.9	49.8	23.2	3.8	육추	새끼	2
C24_F_08	2024-01-12 07:03:44	2024-01-12 14:34:39	7.5	23.8	10	3.2	육추	새끼	2
C24_F_09	2024-01-12	2024-01-13	9.7	43.5	20.7	4.5	육추	새끼	2

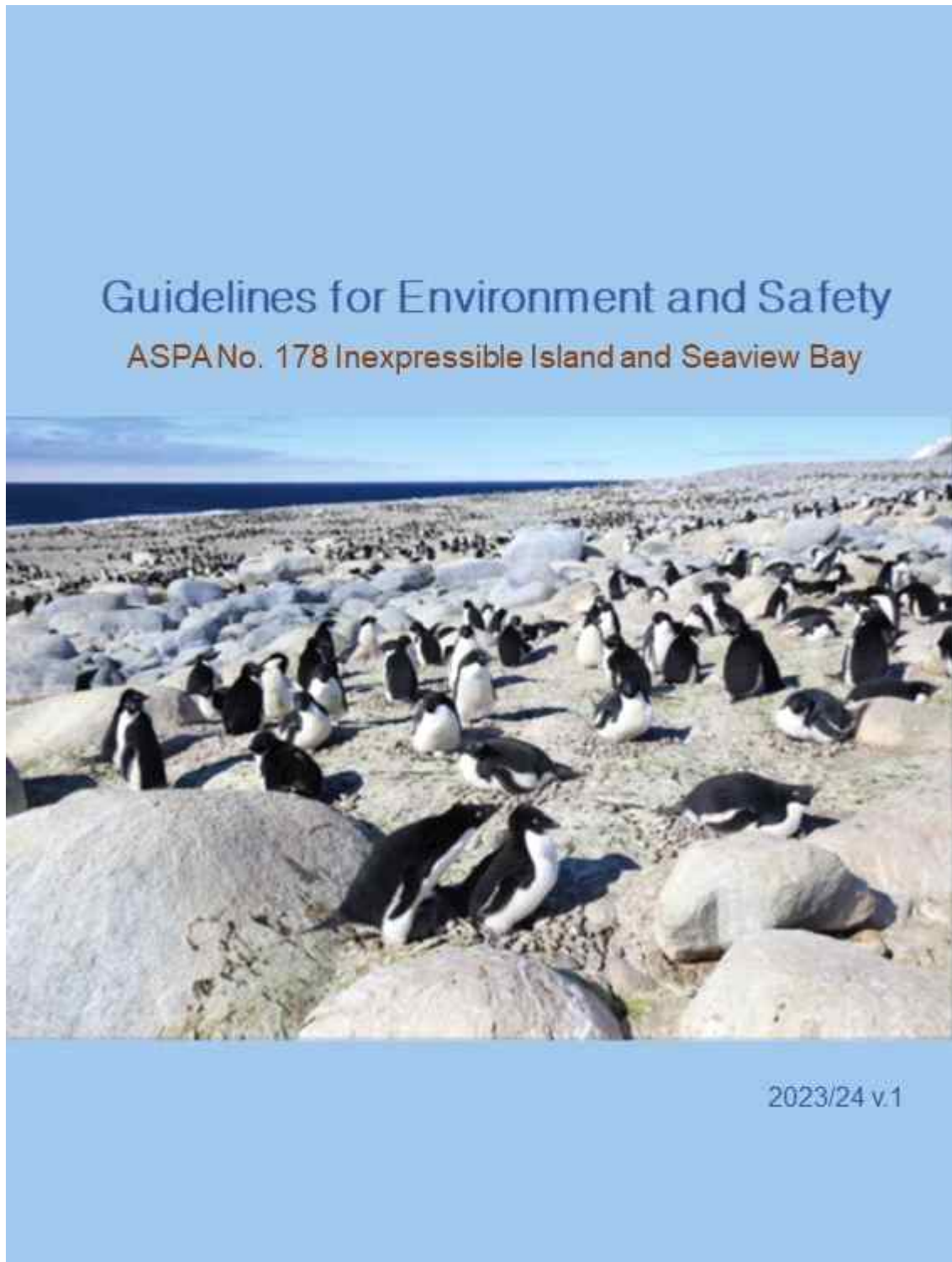
	22:24:27	08:09:02							
C24_F_10	2024-01-13 16:39:47	2024-01-14 06:19:04	13.7	56.9	25.2	4.2	육추	새끼	2
C24_F_11	2024-01-14 14:48:43	2024-01-15 01:43:29	10.9	49.8	20.6	4.6	육추	새끼	2
C24_F_12	2024-01-15 09:34:46	2024-01-15 13:57:27	4.4	18.2	8.5	4.1	육추	새끼	2
C24_M_01	2023-12-25 22:33:36	2023-12-26 02:20:53	3.8	7.1	2.6	1.9	육추	새끼	2
C24_M_02	2023-12-26 19:31:25	2023-12-27 08:02:17	12.5	42.3	19.2	3.4	육추	새끼	2
C24_M_03	2023-12-28 06:08:06	2023-12-28 11:38:01	5.5	19.7	9.4	3.6	육추	새끼	2
C24_M_04	2023-12-29 09:17:29	2023-12-29 16:44:50	7.5	43.9	20.1	5.9	육추	새끼	2
C24_M_05	2023-12-30 09:11:26	2023-12-30 14:54:29	5.7	6	3	1	육추	새끼	2
C24_M_06	2023-12-31 11:31:26	2023-12-31 17:29:39	6	22.7	9.6	3.8	육추	새끼	2
C24_M_07	2024-01-01 06:09:31	2024-01-01 13:18:26	7.1	22.4	10.5	3.1	육추	새끼	2
C24_M_08	2024-01-02 06:10:28	2024-01-02 10:03:32	3.9	8.6	4.3	2.2	육추	새끼	2
C24_M_09	2024-01-03 04:33:35	2024-01-03 20:48:03	16.2	60.2	25.6	3.7	육추	새끼	2
C24_M_10	2024-01-04 11:20:58	2024-01-05 02:42:13	15.4	63.4	30.3	4.1	육추	새끼	2
C24_M_11	2024-01-05 16:52:34	2024-01-06 03:35:33	10.7	41.3	18.2	3.9	육추	새끼	2
C24_M_12	2024-01-06 14:55:50	2024-01-07 05:34:54	14.7	61.5	27.8	4.2	육추	새끼	2
C24_M_13	2024-01-07 21:37:57	2024-01-08 02:04:05	4.4	10.8	3	2.4	육추	새끼	2
C24_M_14	2024-01-08 21:57:08	2024-01-09 03:07:04	5.2	13.4	2.7	2.6	육추	새끼	2
C24_M_15	2024-01-09 07:29:04	2024-01-09 14:50:57	7.4	29.4	11.8	4	육추	새끼	2
C24_M_16	2024-01-10 07:36:17	2024-01-10 21:34:57	14	52.5	22.3	3.8	육추	새끼	2
C24_M_17	2024-01-14 07:13:37	2024-01-14 13:51:29	6.6	7.4	3.7	1.1	육추	새끼	2

C24_M_18	2024-01-15 02:26:08	2024-01-15 08:22:51	5.9	7.6	3.6	1.3	육추	새끼	2
C24_M_19	2024-01-15 14:46:36	2024-01-16 10:51:30	20.1	43	17.7	2.1	육추	새끼	2
C24_M_20	2024-01-17 09:41:20	2024-01-17 16:46:30	7.1	9.9	4.9	1.4	육추	새끼	2
C24_M_21	2024-01-19 10:26:44	2024-01-19 19:12:29	8.8	2.7	1.3	0.3	육추	새끼	2
C25_F_01	2023-12-22 13:56:33	2023-12-22 20:26:51	6.5	13.7	7.1	2.1	포란	알	2
C25_F_02	2023-12-23 07:43:04	2023-12-23 21:39:35	13.9	51.1	20.2	3.7	포란	알	2
C25_F_03	2023-12-25 05:54:49	2023-12-25 17:16:03	11.4	34.8	15.6	3.1	포란	알	2
C25_F_04	2023-12-28 10:15:15	2023-12-29 16:42:47	30.5	68.4	29.3	2.2	포란	알	2
C25_F_05	2024-01-01 06:00:08	2024-01-01 15:07:04	9.1	30.2	11.8	3.3	포란	알	2
C25_F_06	2024-01-03 06:43:00	2024-01-04 00:03:40	17.3	59	26.5	3.4	포란	알	2
C25_F_07	2024-01-05 11:54:22	2024-01-06 12:12:24	24.3	62	24.9	2.6	포란	알	2
C25_F_08	2024-01-07 16:36:29	2024-01-07 20:27:19	3.8	5	1.9	1.3	포란	알	2
C25_F_09	2024-01-08 07:36:54	2024-01-08 19:51:31	12.2	45.9	18	3.7	포란	알	2
C25_F_10	2024-01-10 06:49:22	2024-01-11 18:16:29	35.5	79.4	29.6	2.2	포란	알	2
C25_F_11	2024-01-12 05:47:29	2024-01-12 11:41:05	5.9	8.1	4.1	1.4	포란	알	2
C25_F_12	2024-01-13 07:37:29	2024-01-13 17:11:58	9.6	12.6	6.3	1.3	포란	알	2
C25_F_13	2024-01-14 07:15:57	2024-01-14 14:37:05	7.4	7.9	3.8	1.1	포란	알	2
C25_M_01	2023-12-26 12:47:10	2023-12-26 22:40:18	9.9	14.6	6.9	1.5	포란	알	2
C25_M_02	2023-12-27 20:59:32	2023-12-28 01:32:59	4.6	12.8	4.9	2.8	포란	알	2
C25_M_03	2023-12-29 22:28:05	2023-12-30 02:00:53	3.5	11	4.8	3.1	포란	알	2
C25_M_04	2023-12-30	2023-12-30	4.6	8.6	3.2	1.9	포란	알	2

	07:17:07	11:52:04						
C25_M_05	2023-12-31 07:44:26	2024-01-01 00:00:50	16.3	62.7	27	3.9	포란	알 2
C25_M_06	2024-01-02 07:58:41	2024-01-02 13:51:04	5.9	18.1	6.4	3.1	포란	알 2
C25_M_07	2024-01-04 08:24:07	2024-01-05 09:49:39	25.4	85	30.4	3.3	포란	알 2
C25_M_08	2024-01-12 09:28:37	2024-01-13 05:54:46	20.4	74.1	32.3	3.6	포란	알 2
C25_M_09	2024-01-14 19:38:53	2024-01-14 23:50:33	4.2	10.9	4.6	2.6	포란	알 2
C28_F_01	2023-12-25 05:47:49	2023-12-25 08:49:55	3	5.6	1.9	1.8	육추	새끼 2
C28_F_02	2023-12-26 05:18:03	2023-12-26 09:01:31	3.7	9.4	2.4	2.5	육추	새끼 2
C28_F_03	2023-12-26 19:47:25	2023-12-27 08:50:40	13.1	47.6	20.8	3.6	육추	새끼 2
C28_F_04	2023-12-28 05:22:12	2023-12-28 14:41:29	9.3	25.4	10.1	2.7	육추	새끼 2
C28_F_05	2023-12-29 06:28:51	2023-12-29 14:31:30	8	26	11.5	3.2	육추	새끼 2
C28_F_06	2023-12-30 09:54:31	2023-12-30 17:08:30	7.2	23.1	10.4	3.2	육추	새끼 2
C28_F_07	2023-12-31 07:48:07	2023-12-31 16:41:59	8.9	28.4	10.3	3.2	육추	새끼 2
C28_F_08	2024-01-01 07:36:50	2024-01-01 17:11:33	9.6	31.7	11.9	3.3	육추	새끼 2
C28_F_09	2024-01-02 08:37:37	2024-01-02 17:15:39	8.6	33.4	14.3	3.9	육추	새끼 2
C28_F_10	2024-01-03 07:17:01	2024-01-03 10:39:08	3.4	16.1	7.3	4.8	육추	새끼 2
C28_F_11	2024-01-04 05:57:55	2024-01-04 16:47:29	10.8	37.9	16.4	3.5	육추	새끼 2
C28_F_12	2024-01-05 07:47:35	2024-01-05 11:59:29	4.2	7.5	2.5	1.8	육추	새끼 2
C28_F_13	2024-01-06 06:24:36	2024-01-06 11:29:47	5.1	6.1	2.2	1.2	육추	새끼 2
C28_F_14	2024-01-10 15:47:57	2024-01-10 21:16:27	5.5	18.6	8	3.4	육추	새끼 2
C28_F_15	2024-01-12 01:49:47	2024-01-12 09:47:57	8	16.6	5.8	2.1	육추	새끼 2

C28_F_16	2024-01-13 05:47:24	2024-01-13 13:36:25	7.8	21.6	9.2	2.8	육추	새끼	2
C28_F_17	2024-01-14 07:08:29	2024-01-14 15:06:48	8	31.1	11.6	3.9	육추	새끼	2
C28_F_18	2024-01-15 06:29:35	2024-01-15 10:56:28	4.4	9.9	3.8	2.2	육추	새끼	2
C28_M_01	2023-12-26 10:36:59	2023-12-26 18:41:23	8.1	12.2	6.1	1.5	육추	새끼	2
C28_M_02	2023-12-27 16:51:31	2023-12-28 00:43:11	7.9	58.2	29.1	7.4	육추	새끼	2
C28_M_03	2024-01-01 18:29:50	2024-01-02 07:26:00	12.9	46.1	19.7	3.6	육추	새끼	2
C28_M_04	2024-01-02 18:54:50	2024-01-03 04:11:24	9.3	33.5	15.7	3.6	육추	새끼	2
C28_M_05	2024-01-03 17:21:31	2024-01-04 04:06:03	10.7	43.6	21.5	4.1	육추	새끼	2
C28_M_06	2024-01-04 21:13:16	2024-01-05 05:32:28	8.3	52.6	24	6.3	육추	새끼	2
C28_M_07	2024-01-05 13:33:37	2024-01-06 02:24:52	12.9	52	24.1	4	육추	새끼	2
C28_M_08	2024-01-06 14:18:29	2024-01-07 03:41:39	13.4	68.8	31.3	5.1	육추	새끼	2
C28_M_09	2024-01-07 23:51:07	2024-01-08 06:55:31	7.1	6.5	3.1	0.9	육추	새끼	2
C28_M_10	2024-01-08 20:11:09	2024-01-09 08:48:24	12.6	59.6	27.5	4.7	육추	새끼	2
C28_M_11	2024-01-10 08:51:09	2024-01-10 13:59:43	5.1	23.6	10.6	4.6	육추	새끼	2
C28_M_12	2024-01-11 08:48:31	2024-01-12 00:15:58	15.5	58.8	25	3.8	육추	새끼	2
C28_M_13	2024-01-12 12:18:55	2024-01-12 19:12:01	6.9	30.9	12.2	4.5	육추	새끼	2
C28_M_14	2024-01-13 15:04:06	2024-01-13 20:29:21	5.4	25.4	11.2	4.7	육추	새끼	2
C28_M_15	2024-01-14 16:41:00	2024-01-15 05:23:06	12.7	56.6	22.5	4.5	육추	새끼	2

부록 9. 남극 현장 캠프 환경 및 안전 지침(ASPA No. 178) 영문



Remark

All Antarctic activities shall be carried out in compliance with environmental principles in accordance with the domestic law of 'Act on Antarctic Activities and Environmental Protection' and Protocol on Environmental Protection to the Antarctic Treaty. In particular, all activities within an Antarctic Specially Protected Area (ASPA) shall be performed in compliance with the ASPA management plan as a Measure adopted by Antarctic Treaty Consultative Meeting . This guideline is prepared for visitors planning terrestrial field research in Antarctica, especially in ASPA No. 106 Cape Hallett. It based on the ASPA management plan and various environmental guidelines provided by Antarctic Treaty System and related organizations. This guideline is prepared for visitors planning terrestrial field research in Antarctica, especially in ASPA No. 178 Inexpressible Island and Seaview Bay. It based on the ASPA management plan and various environmental guidelines provided by Antarctic Treaty System and related organizations.



Inexpressible Island and Seaview Bay (ASPA No. 178)

CONTENTS

Environmental Guidelines on ASPA No. 178 Management Plan

1. Values to be protected	01
2. Aims and objectives	02
3. Management activities	03
4. Special guidelines in the ASPA No. 178	04
Access to, and movement within or over, the Area	04
Activities that may be conducted within the Area	08
Installation, modification or removal of structures / equipment	08
Location of field camps	08
Restrictions on materials and organisms	10
Taking of, or harmful interference with, native flora or fauna	11
Collection or removal of materials not brought into the Area by the permit holder	11
Disposal of waste	12
Reports	12

Safety Camp Usage Guidelines

1. Camp area management strategies	15
2. Safety module location and module facilities	16
3. Precautions for using safety module	19
4. Actions to take after using the safety module	22

References

Abbreviations

Contact Points

Environmental Guidelines on Management Plan

(ASPANo. 178 Inexpressible Island and Seaview Bay)

1. Values to be protected

- Adélie penguin (*Pygoscelis adeliae*) colony (IBA No. 178)
- The paleoecological value of Adélie penguin mummies and past sediment deposits in penguin habitats. Important for exploring population dynamics, genetic structure changes, and climate change.
- Conservation and population monitoring target for South Polar skuas with low breeding success rates in the Terra Nova Bay area due to climate change.
- A crucial control group for comparative studies of Adélie penguin and South Polar skua populations with surrounding protected areas.
- The marine ecosystem of the Southeast Antarctic polynya. An optimal site for studies on the impact of marine food chain structure and sea ice dynamics on benthic and pelagic marine ecosystems.
- Unique community characteristics of freshwater lakes located within and outside penguin colonies. Comparative study areas for lakes with (eutrophic) and without (oligotrophic) nutrient supply from guano within the colony.
- Unique geographical features suitable for Holocene climate change research.

2. Aims and Objectives

Management of ASPA 178 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

- 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. Special Guidelines in ASPA No. 178

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.
- 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.

Access by aircraft

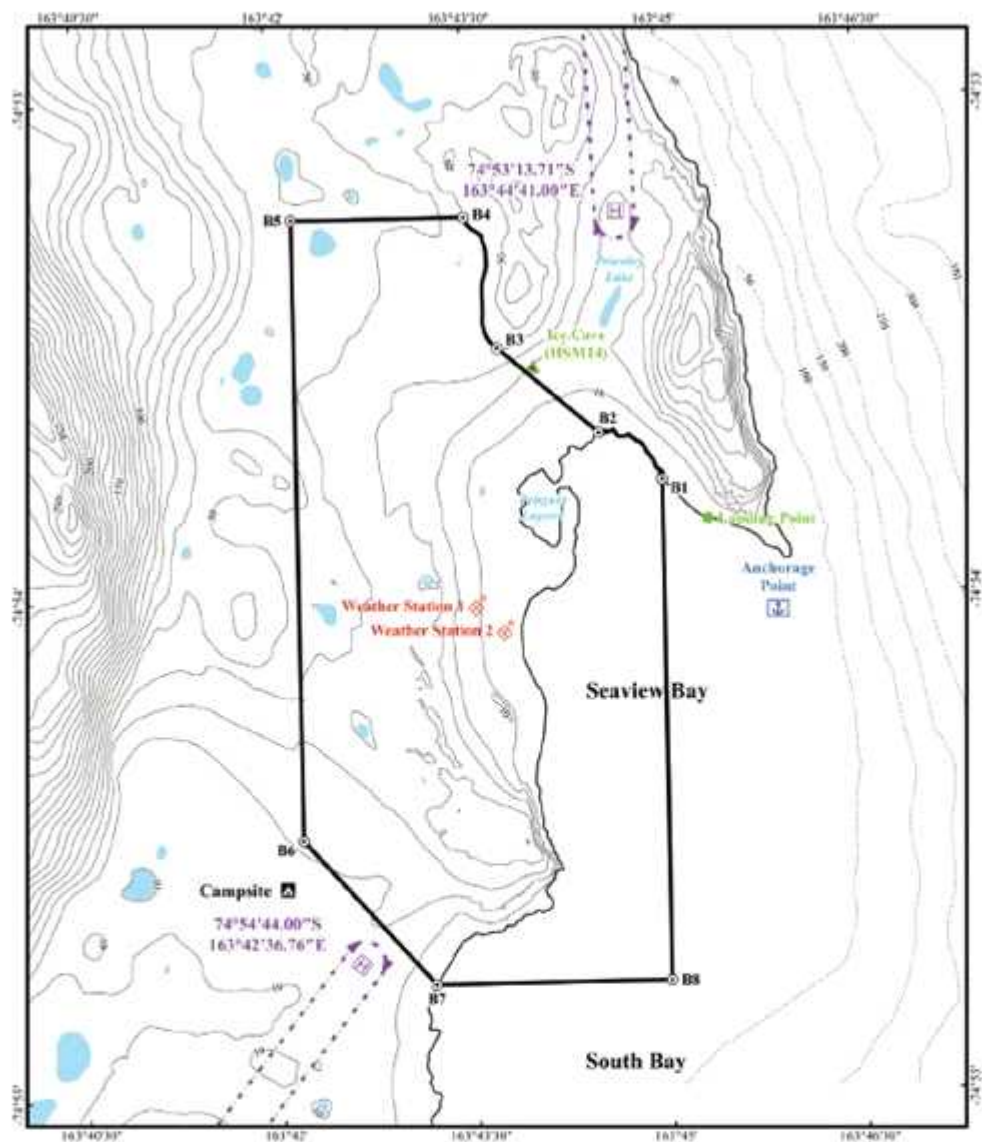
According to the breeding habitats in this area, restrictions on helicopter apply during the period from 15 October through to 15 February inclusive according to strict observance of the following conditions.

- 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 ship/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 in Management Plan (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 s 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.



Map 2: ASPA 178 – Seaview Bay and South Bay – topographic map with access guidance and bathymetry





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.
- 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.

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.

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.



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.

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).

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.

Disposal of waste

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

Measures that may be necessary to continue to meet the aims of the Management Plan

- 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.

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.

Appendix 2. Antarctic Specially Protected Area (ASPA) visit report form (Resolution 2, 2011)

- 1) ASPA number:
- 2) ASPA name:
- 3) Permit number:
- 4) Permit period:
- 5) National authority issuing Permit:
- 6) Date Report filed:
- 7) Contact details for Principal Permit Holder:
 - Name:
 - Job Title or Position:
 - Phone number:
 - Email:
- 8) Number of people
 - Permitted to enter the Area:
 - That actually entered the Area:
- 9) List of all persons who entered the Area under the current Permit:
- 10) Objectives of the visit to the Area under the current Permit:
- 11) Date(s) and duration of visit(s) under the current Permit:
- 12) Mode of transport to/from and within the Area:
- 13) Summary of activities conducted in the Area:

- 14) Descriptions and locations of samples collected (type, quantity, and details of any Permits for sample collection):
- 15) Descriptions and locations of markers, instrumentation or equipment installed or removed, or any material released into the environment (noting how new installations are intended to remain in the Area):
- 16) Measures taken during this visit to ensure compliance with the Management Plan:
- 17) On an attached photocopy of the map of the Area, please show (as applicable): camp site location(s), land/sea/air movements or routes, sampling sites, installations, deliberate release of materials, any impacts, and features of special significance not previously recorded. GPS coordinates should be provided for such locations wherever possible:
- 18) Any other comment or information, such as:
 - Observations of human effects on the Area, distinguishing between those resulting from the visit and those due to previous visitors:
 - Evaluation of whether the values for which the Area was designated are being adequately protected:
 - Features of special significance that have not been previously recorded for the Area:
 - Recommendations on further management measures needed to protect the values of the Area, including

Safety Camp Usage Guidelines

1. Camp Area Management Strategies

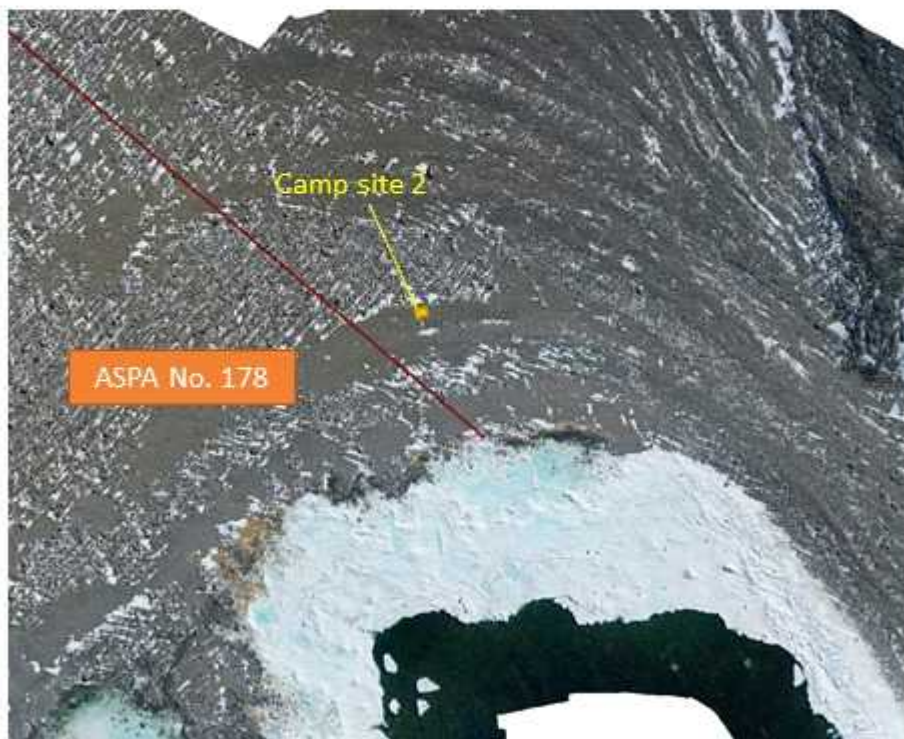
General measures to minimize environmental Impact

- Limit research areas to no larger than necessary for the proposed scientific activities.
- Keep the activity area clean during use.
- Avoid activities that could disperse foreign materials into the environment.
- Especially avoid using spray paints, wooden sticks for markings, and if possible, conduct activities like sawing or unpacking inside tents or temporary structures.
- Be cautious to prevent curious birds (e.g., skuas, penguins) from taking equipment.
- Take all possible precautions to collect and remove human excrement and domestic wastewater from the site.
- Avoid using items made of materials that are prone to breaking in cold temperatures (e.g., polyethylene plastic).
- When handling fuel, chemicals, and isotopes (stable or radioactive), be careful to prevent spills or unintended environmental releases.
- Store and handle fuel and chemicals in appropriate containers.
- Use drip trays when handling fuel or other liquids, and be especially careful when handling fuel in windy conditions.
- Report all environmental accidents appropriately (to KOPRI, Ministry of Environment).

2. Camp Location and Safety Module Facilities

Camp Location

The Polar Research Institute, with the support of the Ministry of Environment, plans to install a semi-permanent safety module near boundary B2 of ASPA No. 178 (refer to Map 2), which is easily accessible to penguin colonies, at Camp site 2 (75°06'22.13" S, 163°44'32.22" E) for the 2024/25 season.

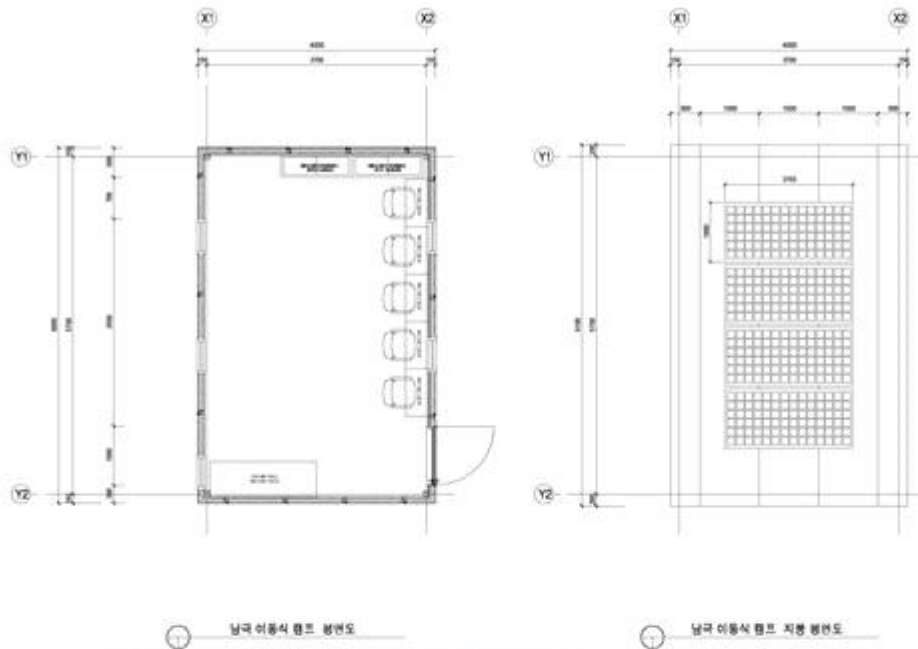


Safety Module Facilities

- The facility is for the minimal number of researchers and support staff to use during their investigation period, necessary for monitoring and managing the protected value of ASPA No. 178 and implementing management plans.
- The semi-permanent safety module to be installed at Camp site 2 on Inexpressible Island provides space for activities such as meal preparation for the team, power supply for equipment charging, and preparations needed for research activities.
- In case of severe weather conditions such as blizzards, the safety module serves as a shelter, and accommodation is primarily made by setting up tents on the northeast side of the module.



(모듈 설치 후 사진 교체 예정)



(설치 후 내부 설비사진으로 교체하고 문구도 맞게 수정예정)

- The energy required for the operation of the safety module is provided by a 3 kW solar power generation system installed on the roof. Additionally, for emergency situations, a 2 kW gasoline generator is kept in storage.
- The safety module stores a minimum supply of emergency provisions, water, and fuel (gasoline).
- When establishing activity plans, prepare containers appropriate for the expected waste, and after the activities are concluded, all waste is to be transported to the Jang Bogo Station for disposal.
- For emergency use, label and keep two empty waste containers (30 L each) inside the module.

3. Precautions for Using Safety Module

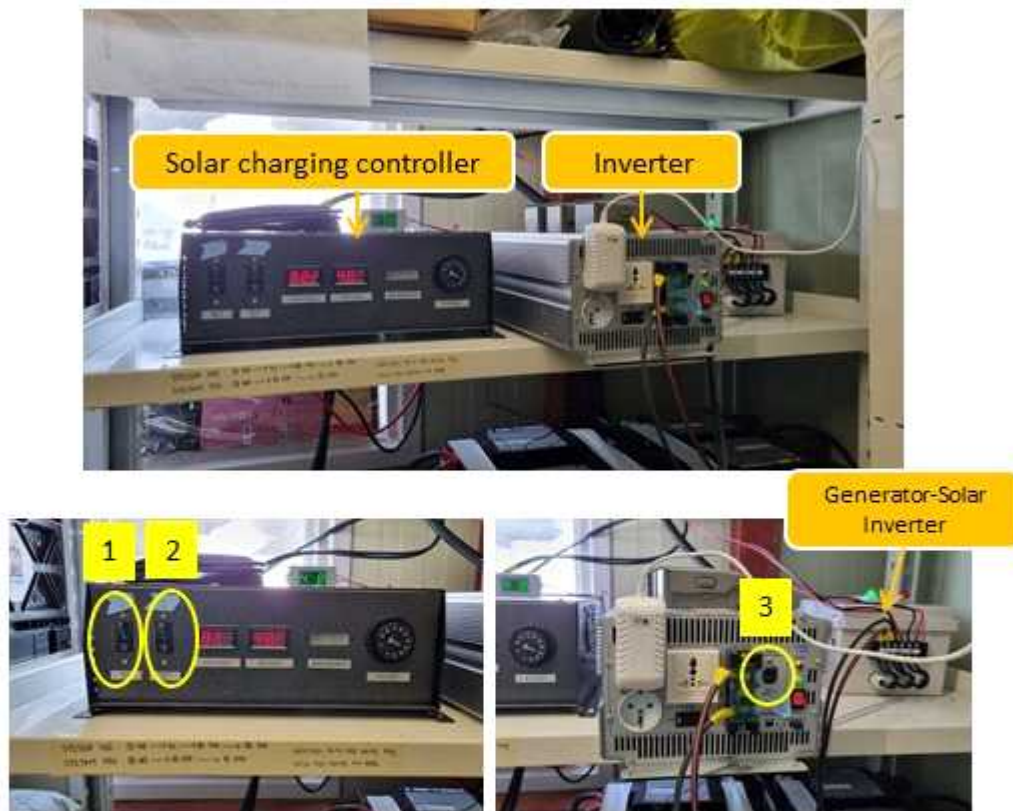
Solar Power Generation System

- The necessary energy for the safety module on Inexpressible Island is produced by a solar power generation system. The emergency gasoline generator is to be operated only in cases where solar power generation is not possible.
- The location and name of the solar power generation system are as shown in the photograph.



(Cape Hallett의 예, 설치 후 사진으로 교체예정)

Solar Power Generation System Operation



- To use the solar power generation system, turn on the solar charging controller's switch No. 1 → wait for 5 seconds → turn on switch No. 2 → then turn on switch No. 3 on the inverter in that order.
- When not in use, turn off the system in reverse order: switch No. 3 on the inverter OFF → switch No. 2 OFF → switch No. 1 OFF.
- The power supply will be cut off if the battery voltage drops below 46.5V. The power supply will resume once the voltage is above 47.5V.

External Power Supply

- When supplying power from the outside using a generator, plug the power cord from the generator into the outlet located at the back of the building.
- Power from the generator can be used inside the building when the inverter is turned off.
- The power cords are stored together with the generator in the generator shed.



4. Actions to take after Using the Safety Module

Electrical System

- The solar power generation system should be restored to the same condition as before use.
- If power is supplied using a generator, disconnect the power supply of the generator and close the cover of the outlet to prevent the ingress of snow and the like.
- The generator and power cords should be stored in the same place as they were before use.
- If there are any abnormalities in the electrical system or if there are matters that the next user needs to be aware of, contact the Field Research Leader specified on the last page of these guidelines

Inventory Usage and Stocktaking

- If the safety module and internal consumables are used in an emergency without prior planning, record the quantity of each item used and the user. If possible, replenish the quantity used, or if that is difficult, inform the Field Research Leader of the items used and the quantity so it can be referred to during resupply.

Safety Module Organization and Door security

- Organize the interior of the safety module to match its state prior to use as closely as possible.
- In particular, disconnect heat sources or electrical systems by unplugging them, and remove any remaining fuel and waste, transporting it to the Jang Bogo Station or a nearby base for proper disposal.
- When withdrawing, cover all windows with wooden boards and secure them with aluminum tape to prevent the windows from breaking during the winter (refer to the photo on page 23).



(Cape Hallett 캠프 예시, 인익스프레시블 안전모듈 설치 후 교체예정)

If a team other than the designated research team of the Korea Polar Research Institute (KOPRI) wishes to use the safety module, they must consult with the Field Research and Activity Leader in advance. In case of emergency use, they must inform the Field Research Leader of the usage details. If an environmental issue arises, they must act according to these guidelines and inform the environmental advisor.

References

- ATCM XXVII (2004) Resolution 2. Guidelines for the operation of aircraft near concentration of birds in Antarctica.
- ATCM XXXIV (2011) Resolution 2. Guide to the Preparation of Management Plans for Antarctic Specially Protected Area.
- ATCM XXXVIII (2015) Measure 6. Antarctic Specially Protected Area No 106 (Cape Hallett, Northern Victoria Land, Ross Sea): Revised Management Plan.
- ATCM XXXIX (2016) Resolution 3. SCAR Code of Conduct for Activity within Terrestrial Geothermal Environments in Antarctica.
- ATCM XXXIX (2016) Resolution 4. Non-native Species Manual
- ATCM XL (2017) Resolution 2. SCAR's Code for the Exploration and Research of Subglacial Aquatic Environments.
- ATCM XLI(2018) Resolution 4. Environmental Guidelines for operation of Remotely Piloted Aircraft System (RPAS) in Antarctica (v.1.1).
- ATCM XLI (2018) Resolution 5. SCAR's Environmental Code of Conduct for Terrestrial Scientific Field Research in Antarctica.
- ATCM XLII(2019) Resolution 4. SCAR's Code of Conduct for the Use animals for Scientific Purpose in Antarctica.

Refer Antarctic Treaty Database:

< <https://ats.aq/devAS/ToolsAndResources/AntarcticTreatyDatabase?lang=e> >

Abbreviations

ASMA	Antarctic Specially Managed Area
ASPA	Antarctic Specially Protected Area
ATCM	Antarctic Treaty Consultative Meeting
EIA	Environmental Impact Assessment
IAATO	International Association of Antarctica Tour Operators
IBA	Important Bird Area
ROV	Remotely Operated underwater Vehicle
RPAS	Remotely Piloted Aircraft System
SCAR	Scientific Committee of Antarctic Research

Contact Points

Ji Hee Kim (Environmental Advisor)	jhalgae@kopri.re.kr
Jong-U Kim (Field Research Leader)	wildlife@kopri.re.kr

*Efforts to reduce environmental impact:
Efforts for sustainable Research in Antarctica*



Ministry of Environment



Korea Polar Research Institute