BSPG24040-050-3

남극특별보호구역 모니터링 및 남극기지 환경관리에 관한 연구(11)

2025. 04. 30

환 경 부

KOPRI
극지연구소

제 출 문

환경부장관 귀하

본 보고서를 “남극특별보호구역 모니터링 및 남극기지 환경관리에 관한 연구(11)” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2025. 4. 30

주관연구기관명 : 한국해양과학기술원 부설 극지연구소

총괄연구책임자 : 극지연구소 김지희

연 구 원 : 극지연구소 김상희, 김유나, 김유민, 김지희, 김정훈, 김종우, 김현철, 서명호, 이숙영, 안서희, 오영근, 이경호, 이성재, 이혁재, 정호성, 최태진

서울대학교 최창용, 남현영, 강화연, 고종빈, 김은정

KOPRI 극지연구소

KOPRI
극지연구소

목 차

제 출 문 ····· i
목차 ····· ii
표 목차 ····· iv
그림 목차 ····· vi
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 ····· 18
다. 보호구역에 서식하는 펭귄의 생태 모니터링 ····· 52
라. 보호구역 및 주변 조류 인플루엔자 바이러스 및 병원체 모니터링 ····· 74

제 2 절 장보고기지 기반 보호구역의 보호가치 모니터링 ····· 79
1. 인익스프레서블섬 보호구역(ASPA No. 178)의 생태적 가치 모니터링 ····· 79
가. 연중 기초환경 변화 관측 ····· 79
나. 아델리펭귄 개체군 변동 및 번식생태 모니터링 ····· 82
다. 보호구역 기타 동물상의 개체군 변동 모니터링 ····· 93
라. 보호구역 및 주변 조류 인플루엔자 바이러스 및 병원체 모니터링 ····· 99

KOPRI 극지연구소

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

제 1 절 인익스프레서블섬 보호구역의 안전캠프 구축 ····· 105
1. 현장조사 안전성 확보를 위한 기반 구축 ····· 105
가. 초기환경영향평가서(IEE 작성) ····· 106
나. 3차년도 구축 현황 ····· 107
다. 안전캠프의 국제 공동활용을 감안한 사용매뉴얼 제작 ····· 109

제 2 절 남극특별보호구역 관리계획 이행 및 교육 ····· 111
1. 법적 근거 및 이행 연황 ····· 111
가. 보호구역 내 활동에 대한 법적 근거 ····· 111
나. 이행 현황 ····· 112
2. 보호구역(ASPA No. 171, 178)의 관리계획 이행 ····· 115
가. 보호구역 출입 허가 및 교육 ····· 115
나. 보호구역 출입 신청의 목적 및 출입 현황분석 ····· 120
3. 남극특별보호구역 정보 제공 서비스 웹페이지 운영 및 관리 ····· 126
가. 목적 및 특징 ····· 126
나. 주요 구성 및 내용 ····· 126
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 ····· 137
라. 환경보호 활동지침 ····· 137
3. 연 단위 폐기물 관리계획 수립 및 시행 관리 ····· 138
가. 세종기지 폐기물 처리 현황 ····· 139
나. 장보고기지 폐기물 처리 현황 ····· 147

KOPRI 극지연구소

제 3 장 남극 환경보호 관련 국제동향 분석 및 대응

제 1 절 남극조약협의당사국회의 및 환경보호위원회 ····· 159
1. 남극조약협의당사국회의(ATCM) ····· 159
가. 개요 ····· 159
나. 제 45차 ATCM 결과 및 제 46차 회의 계획 ····· 160
2. 환경보호위원회(CEP) ····· 161
가. 개요 ····· 161
나. 제 26차 CEP 주요 의제 및 논의 사항 ····· 166
다. 제 27차 CEP 대응 ····· 172

제 2 절 기타 남극환경 관련 국제회의 ····· 174
1. 국가남극운영자회의 및 해양생물자원보존위원회(CCAMLR) ····· 174
가. 남극해양생물자원보존위원회(CCAMLR) ····· 174
나. 2024년 CCAMLR 동향 ····· 177

참고문헌 ····· 181

부 록 ····· 188

부록 1. 2024년 펭귄마을 일별 기상통계량 ····· 189
부록 2. 2024년 인익스프레서블섬 일별 기상 통계량 ····· 198
부록 3. 젠투펭귄 PIT tag 부착정보 총계 ····· 207
부록 4. 턱끈펭귄 PIT tag 부착정보 총계 ····· 210
부록 5. 젠투펭귄 추적 정보 ····· 217
부록 6. 턱끈펭귄 추적 정보 ····· 219
부록 7. 젠투펭귄의 취식이동 지표 ····· 222
부록 8. 턱끈펭귄의 취식이동 지표 ····· 228
부록 9. 남극활동_ASPA 189_초기환경영향평가서 (안) ····· 233
부록 10. 현장캠프 환경 및 안전 지침_인익스프레서블섬 캠프 ····· 298
부록 11. 현장캠프 환경 및 안전 지침_인익스프레서블섬 캠프_영문 ····· 328
부록 12. Revision of the Management Plan for Antarctic Specially Protected Area (ASPA) No. 171, Narębski Point, Barton Peninsula, King George Island ····· 358

KOPRI 극지연구소

표 목차

표 1-1-1. 펭귄마을 기상 모니터링시스템 구성 ····· 5
표 1-1-2. 2015/16 이후 하계(12-2월) 세종기지에서 관측된 일사량, 강수량, 블리자드 ····· 10
표 1-1-3. VIIRS 밴드별 속성정보 ····· 11
표 1-1-4. 펭귄마을에 분포하는 젠투펭귄의 번식소집단의 규모 ····· 20
표 1-1-5. 펭귄마을에 분포하는 턱끈펭귄의 번식소집단의 규모 ····· 21
표 1-1-6. 펭귄마을에서 번식한 펭귄류의 2024/25 번식지표 ····· 25
표 1-1-7. 2024/25년 펭귄마을 내에서 번식하는 조류의 종 및 번식 지표 ····· 34
표 1-1-8. 펭귄마을에서 번식하는 조류의 연도별 둥지 수 변화 ····· 36
표 1-1-9. ASPA No. 171 펭귄마을에서 번식하는 칼집부리물떼새의 행동권 크기 조사 결과 ····· 42
표 1-1-10. 펭귄마을의 기타 조류상 조사 결과 ····· 48
표 1-1-11. 펭귄마을의 기각류 조사 결과 ····· 49
표 1-1-12. 2012/13년-2024/25년 조사기간 중 펭귄마을에서 출현한 동물종 목록 50
표 1-1-13. 젠투펭귄과 턱끈펭귄의 취식이동기록 분석 결과 ····· 54
표 1-1-14. 젠투펭귄과 턱끈펭귄의 성별, 종별, 번식단계별, 개체간의 취식이동 및 잠수지표 차이를 비교한 일반화선형혼합모델 분석 결과 ····· 60
표 1-1-15. 베이지안 혼합모형을 통해 추정된 젠투펭귄의 먹이원 이용 비율 ····· 67
표 1-1-16. 베이지안 혼합모형을 통해 추정된 턱끈펭귄의 먹이원 이용 비율 ····· 68
표 1-1-17. 젠투펭귄의 연도별 PIT tag 부착 및 재발견 개체수 ····· 71
표 1-1-18. 턱끈펭귄의 연도별 PIT tag 부착 및 재발견 개체수 ····· 71
표 1-1-19. 턱끈펭귄의 회귀율 추정 모델 선정을 위한 AICc 모델 평가 결과 ····· 72
표 1-1-20. 추정된 턱끈펭귄의 연간 생존율 및 관찰률, 회귀율 ····· 72
표 1-1-21. 2023/24년 세종기지 기반 보호구역 및 인근에서 병원체 모니터링 결과 · 75
표 1-1-22. 2024/25년 세종기지 기반 보호구역 및 인근에서 AI 모니터링 결과 ·· 76
표 1-2-1. Inexpressible Island 아델리펭귄 개체군 변동 ····· 86
표 1-2-2. 인익스프레서블섬에서 번식한 아델리펭귄의 새끼수 및 둥지당 이소 새끼수 ····· 89
표 1-2-3. 연도별 남극도둑갈매기 번식 지표 ····· 95
표 1-2-4. 인익스프레서블섬에서 관찰된 조류 및 포유류 ····· 96

표 1-2-5. 2023/24년 장보고기지 기반 보호구역 및 주변 지역에서 병원체 모니터링 결과 ····· 100
표 1-2-6. 2024/25년 장보고기지 기반 보호구역 및 주변 지역에서 AI 모니터링 결과 ·101
표 1-2-7. 2024/25년 장보고기지 기반 보호구역 및 주변 지역에서 채취한 혈장 시료 ·102
표 2-2-1. 펭귄마을 보호구역 관리계획서에 명시된 관리활동 항목 및 이행현황 ·· 113
표 2-2-2. 인익스프레서블섬 보호구역 관리계획서에 명시된 관리활동 항목 및 이행현황 ····· 114
표 2-2-3. 장보고 기지 인근 보호구역 출입내역 ····· 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 3-1-1. 제47차 ATCM 본회의 및 작업 그룹별 잠정의제 ····· 160
표 3-1-2. 제1차 및 제24차 환경보호위원회 의제 비교 ····· 160
표 3-2-1. 장기 모니터링 수행을 위해 CCAMLR에서 지정한 CEMP-sites ····· 176
표 3-2-2. 2023/24년 CEMP-data 제출(문건번호 WG-EMM-2024/41) ····· 177

KOPRI 극지연구소

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. 2024년 펭귄마을에서 측정된 일평균 기온의 변동 ····· 6
그림 1-1-5. 2024년 펭귄마을에서 측정된 월평균기온, 일최저기온, 일최고기온 ····· 7
그림 1-1-6. 2014년부터 2023년까지 다년 평균된 펭귄마을의 월평균기온 및 2024년 월평균 기온의 연변화 ····· 7
그림 1-1-7. 2024년 펭귄마을에서 측정된 일평균 풍속의 연변동. ····· 8
그림 1-1-8. 2024년 펭귄마을의 월평균 풍속 및 일최고 풍속 ····· 8
그림 1-1-9. 2014년부터 2023년까지 다년 평균된 펭귄마을의 월평균풍속 및 2024년 월평균풍속의 연변화 ····· 9
그림 1-1-10. 2024년 12월 평균 식물플랑크톤 분포 (VIIRS) ····· 13
그림 1-1-11. 2025년 1월 평균 식물플랑크톤 농도분포 (VIIRS) ····· 13
그림 1-1-12. 2024년 12월부터 2025년 1월까지의 평균 식물플랑크톤 분포 ····· 14
그림 1-1-13. 2024년 12월과 2025년 1월 사이의 식물플랑크톤 농도 차이 ····· 14
그림 1-1-14. 2024년 12월 평균 해수온 분포, Quality value 0-2 ····· 16
그림 1-1-15. 2025년 1월 평균 해수온 분포, Quality value 0-2 ····· 16
그림 1-1-16. 2024년 12월부터 2025년 1월까지의 평균 해수온 분포, Quality value 0-2 ····· 17
그림 1-1-17. 2024년 12월부터 2025년 1월까지의 월간 해수온 차이, Quality value 0-2 ····· 17
그림 1-1-18. 번식지에서 직접 둥지 수 계수, 초경량 비행장치를 이용하여 촬영한 번식지 사진 ····· 18
그림 1-1-19. 2024/25년 펭귄마을에 서식하는 펭귄류 2종의 번식소집단 위치 및 번호 ····· 19
그림 1-1-20. 40개 번식소집단별 번식지에서 직접 계수한 둥지수와 항공사진을 통해 계수한 둥지수 비교. ····· 22
그림 1-1-21. 펭귄마을에서 번식하는 젠투펭귄과 턱끈펭귄의 연도별 둥지수 변화 ····· 24
그림 1-1-22. 새끼를 품고 있는 젠투펭귄과 턱끈펭귄 ····· 25
그림 1-1-23. 젠투펭귄과 턱끈펭귄의 연도별 번식성공지표 ····· 26

그림 1-1-24. 젠투펭귄(●)과 턱끈펭귄(●)의 평균부화일의 연간변동 ····· 27
그림 1-1-25. 2012/13 - 2022/23까지 번식 초기인 10월, 11월 월별 누적강수량과 젠투펭귄, 턱끈펭귄의 평균부화일 ····· 28
그림 1-1-26. 2012/13 - 2024/25까지 번식 초기인 10월, 11월 월별 누적강수량과 젠투펭귄, 턱끈펭귄의 평균부화일 ····· 28
그림 1-1-27. 남극특별보호구역 표지판 기준 적설량의 연도별 변화(왼쪽) 및 펭귄마을 집단번식지 내 적설면적의 연도별 변화 ····· 30
그림 1-1-28. 펭귄마을에서 번식한 갈색도둑갈매기, 남극제비갈매기, 남방큰재갈매기, 남방큰풀마갈매기, 칼집부리물떼새의 둥지 분포 ·· 37
그림 1-1-29. 펭귄마을의 번식조류 ····· 38
그림 1-1-30. 칼집부리물떼새에 부착한 GPS 추적장치 ····· 39
그림 1-1-31. GPS추적장치를 부착한 칼집부리물떼새의 모습 ····· 40
그림 1-1-32. 칼집부리물떼새에 부착한 지오로케이터 ····· 40
그림 1-1-33. ASPA No. 171 펭귄마을 주변 칼집부리물떼새의 개체별 둥지 위치 및 펭귄 번식집단 분포 모습 ····· 41
그림 1-1-34. 칼집부리물떼새의 AKDE 95% 행동권 범위 (0a6f, 0ab3, 0a5b, 0a79, 0aac) ···· 43
그림 1-1-35. 칼집부리물떼새의 AKDE 95% 행동권 범위 (0a99, 0abc, 0ab9, 0a5c, 0aa9) ···· 43
그림 1-1-36. 칼집부리물떼새 개체별 AKDE 95% 행동권과 두 펭귄 종 번식집단 간의 중첩 비율 ····· 45
그림 1-1-37. 칼집부리물떼새의 둥지 거리별 젠투펭귄 번식집단과 행동권 중첩 비율 45
그림 1-1-38. 칼집부리물떼새의 둥지 거리별 턱끈펭귄 번식집단과 행동권 중첩 비율 46
그림 1-1-39. 2024/25년도 번식기동안 펭귄마을에 출현한 조류와 포유류 ····· 51
그림 1-1-40. 포란기 젠투펭귄과 턱끈펭귄의 성별에 따른 취식이동 지도 ····· 55
그림 1-1-41. 육추기 젠투펭귄과 턱끈펭귄의 성별에 따른 취식이동 지도 ····· 56
그림 1-1-42. 젠투펭귄과 턱끈펭귄의 취식 잠수 깊이 분포. ····· 57
그림 1-1-43. 젠투펭귄과 턱끈펭귄의 취식 잠수 시간 분포 ····· 58
그림 1-1-44. 번식단계와 종에 따른 핵심 취식지(50% KDE) 비교. ····· 61
그림 1-1-45. 혈액내 안정성동위원소 분석을 통해 추정한 젠투펭귄과 턱끈펭귄의 주요 먹이원 2종의 기여도 비율 ····· 64
그림 1-1-46. 혈액내 탄소와 질소 안정성동위원소의 비율을 이용한 먹이생태지위 추정 결과 ····· 65
그림 1-1-47. PIT tag를 삽입하는 모습, 삽입한 PIT tag를 인식하는 모습 ····· 70
그림 1-1-48. 회귀율 분석 대상 3개 번식소집단 ····· 70

그림 1-1-49. 세종기지 기반 보호구역 및 인근 AI 현장 진단 및 시료 채취 위치 76
그림 1-1-50. 세종기지 기반 보호구역 및 인근 폐사체 발견 및 현장 1차 진단 … 77
그림 1-1-51. 세종기지 기반 보호구역 및 인근 폐사체 2차 유전자 진단 …… 78
그림 1-2-1. 인익스프레서블섬에서 측정된 일평균기온 변화 …… 80
그림 1-2-2. 인익스프레서블섬에서 측정된 월평균기온과 월최저기온, 월최고기온 80
그림 1-2-3. 인익스프레서블섬에서 측정된 다년 평균화한 월평균기온과 2024년 월평균기온 …… 81
그림 1-2-4. 인익스프레서블섬에서 측정된 2024년 일평균풍속 변화 …… 81
그림 1-2-5. 인익스프레서블섬에서 측정된 월평균풍속과 월최고풍속 …… 81
그림 1-2-6. 인익스프레서블섬에서 측정된 다년 평균화한 월평균풍속과 2024년 월평균풍속 …… 82
그림 1-2-7. 인익스프레서블섬의 아델리펭귄 번식집단 분포 …… 83
그림 1-2-8. 인익스프레서블섬의 항공촬영 이미지에서 둥지수 산출 프로세스 …… 84
그림 1-2-9. 인익스프레서블섬에 설치된 무인카메라 …… 85
그림 1-2-10. 인익스프레서블섬에서 번식하는 아델리펭귄의 둥지수 변화 …… 87
그림 1-2-11. 인익스프레서블섬에서 포란중인 아델리펭귄 …… 87
그림 1-2-12. 인익스프레서블섬에서 번식하는 아델리펭귄의 번식둥지 분포 …… 88
그림 1-2-13. 인익스프레서블섬 아델리펭귄 새끼의 보육원 …… 89
그림 1-2-14. South Bay에 설치한 무인카메라에 확인된 아델리펭귄의 번식지표: 번식지 도착, 산란, 부화일 및 보육원 형성 …… 90
그림 1-2-15. Seaview Bay에 설치한 무인카메라에 확인된 아델리펭귄 번식지: 번식지를 떠나는 펭귄, 번식지 도착, 산란, 부화 및 보육원 형성, 타임랩스 촬영 …… 91
그림 1-2-16. 아델리펭귄 번식지에 발생한 강설 및 강풍 …… 92
그림 1-2-17. 익스프레시블섬의 남극도둑갈매기 번식생태 조사 사진: 알, 포란중인 남극도둑갈매기, 부화, 부모와 새끼, 남극도둑갈매기 새끼, 가락지 부착한 새끼 …… 93
그림 1-2-18. 인익스프레서블섬의 아델리펭귄 및 남극도둑갈매기 둥지 분포 …… 94
그림 1-2-19. 아델리펭귄 새끼를 취식중인 남극도둑갈매기 …… 95
그림 1-2-20. 인익스프레서블섬에서 관찰된 조류 4종 …… 97
그림 1-2-21. 인익스프레서블섬에서 관찰된 기각류 2종: …… 97
그림 1-2-22. 인익스프레서블섬에서 무인항공기를 통해 관찰된 웨델물범 위치 … 98
그림 1-2-23. 장보고 기지 인근 AI 현장 진단을 위한 시료 채취 및 진단 결과 · 100

KOPRI 극지연구소

그림 1-2-24. 장보고 기지 인근 혈액 및 혈장 시료 채취 ····· 102
그림 2-1-1. 안전 연구캠프 구축 위치와 항공 사진 ····· 105
그림 2-1-2. ASPA No. 178 동쪽 경계 주변에 있는 HSM 14. ····· 106
그림 2-1-3. ASPA No. 178 생태조사 및 인근 안전모듈 설치를 위한 초기환경영향평가서 ····· 106
그림 2-1-4. 남극조약사무국 EIA database IEE 관련 활동 및 요약 업로드 ····· 107
그림 2-1-5. 장보고기지에 보관된 모든 자재는 헬리콥터로 운반 ····· 107
그림 2-1-6. 현장의 강한 바람을 고려한 안전캠프 모듈 프레임 고정 작업 ····· 108
그림 2-1-7. 안전캠프 모듈 현장 설치과정 ····· 108
그림 2-1-8. 안전캠프 모듈 내부 및 태양광 발전기용 배터리와 컨트롤러 ····· 109
그림 2-1-9. 안전캠프 모듈 설치 완료 및 현판 부착 ····· 109
그림 2-1-10. ASPA No. 178 활동을 위한 남극 현장 캠프 환경 및 안전 지침 국영문 ····· 110
그림 2-2-1. 극지연구소 남극특별보호구역 홈페이지를 통해 제공하고 있는 남극 활동 허가 신청의 허가가 필요한 이유 ····· 115
그림 2-2-2. 극지연구소 남극특별보호구역 홈페이지를 통해 제공하고 있는 남극 활동허가신청 요령 ····· 116
그림 2-2-3. 남극특별보호구역 활동 신청자를 대상으로 한 ASPA 교육 ····· 117
그림 2-2-4. 제38차 세종기지 월동연구대 환경교육(2024.11.13.) ····· 118
그림 2-2-5. 남극환경보호 교육 동영상 자료 및 각 기지 주변 활동 예정 ASPA 구역 ·· 118
그림 2-2-6. 환경지침서 및 최신 보호구역 현황 정보와 관리계획서 제공 ····· 119
그림 2-2-7. ASPA No. 171에 표시된 표지판의 위치와 표지판 현황 및 교체 표지판 120
그림 2-2-8. 2023/24년 세종기지 출입인원 기록철 ····· 121
그림 2-2-9. 펭귄마을 보호구역의 방문자 통계 ····· 122
그림 3-2-1. CCAMLR 협약수역 ····· 174
그림 3-2-2. 남극반도 주변의 CEMP-site ····· 175
그림 3-2-3. 한국, 중국, 이태리 공동으로 인익스프레서블섬의 시뷰만에서 CCAMLR 생태계 모니터링 프로그램에 따른 아델리펭귄 모니터링 사이트 개발 제안 ··· 178
그림 3-2-4. CCAMLR 사무국에서 생태계모니터링관리작업반에 제출한 CEMP data 수합 및 분석 문건 ····· 179
그림 3-2-5. 우리나라가 담당하는 CEMP-site인 나레브스키 포인트(ASPA No. 171) 등록정보 ····· 180

KOPRI
극지연구소

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 Consultive 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 Consultive Meeting)에서 남극특별보호구역(ASPA No. 171)으로 지정되었다. 이에 따라 펭귄마을은 우리나라가 국외에서 관리하는 최초의 특별보호구역이 되었으며, 그 후속 조치로서 환경부는 보호구역의 포괄적 환경연구 및 관리를 위한 중장기계획을 수립하였고(환경부 2009), 2010년 이후 남극특별보호구역의 환경관리 및 장기 모니터링을 수행해 오고 있다(환경부 2011~2024). ASPA No. 171 보호구역은 지정 이후 어느덧 15년이 경과되어 세 번째 5개년 관리계획 개정작업이 이루어졌다. 세 번째 개정된 관리계획은 작년 4월에 외교부를 통해 제출되었으며, 환경보호위원회(CEP: Committee for Environmental Protection)의 심의를 거쳐 제46차 ATCM에서 승인되었다.

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

올해의 사업내용 가운데 연구분야로서는 세종기지를 기반으로 한 펭귄마을 보호구역과 장보고기지를 기반으로 한 인익스프레서블섬 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 남극환경 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 설치하여 연중 기상자료를

획득하여 활용하고 있다. 펭귄마을에서 관측된 2024년 연평균기온은 -1.8℃로 과거 10년의 자료와 비교하였을 때 약 0.1℃ 감소하였다. 해양환경은 NASA의 AQUA 위성 자료를 이용해 원격 모니터링을 실시하였으며, 하계 기간인 12월 중 비교적 먼 바다에서 엽록소 농도가 높게 나타나고, 1월에는 평균 엽록소 농도가 감소하였다. 해수면 온도의 경우 12월 대비 1월에 평균 온도가 상승하였다.

육상 생물군 모니터링은 펭귄 등 번식조류와 더불어 보호구역에 서식하는 모든 조류와 포유류를 대상으로 수행하였다. 2024/25년 펭귄류의 번식 둥지수는 턱끈펭귄 2,346개, 젠투펭귄 3,106개로 확인되었다. 젠투펭귄은 체계적인 모니터링이 시작된 2006/07년도 이래로 57.6%가 증가하여 연간 평균 2.6%씩 증가하고 있는 것으로 나타난 반면, 턱끈펭귄 둥지 수는 2006/07년도 이래로 23.4%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 1.87개, 둥지당 이소새끼수는 1.28였으며, 턱끈펭귄의 평균 한배산란수는 1.89개, 둥지당 이소새끼수는 1.21였다. 부화시기의 경우, 젠투펭귄의 평균 부화일은 2024년 12월 15일(348.50), 턱끈펭귄의 평균 부화일은 2024년 12월 24일(357.85)이었다. 체계적인 평균부화일 모니터링이 실시된 2012/13년도 이래로 평균 부화일은 10월과 11월 기온 및 강수량과 관련있는 것으로 나타났다. 두 종 모두 누적 강수량이 많을수록 평균 부화일이 늦어지는 경향이 나타났으며, 평균기온이 높을수록 평균 부화일이 빨라지는 경향이 나타났다. 평균 부화일의 연간 변동은 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, 갈색도둑갈매기 등 7종이 확인되었다. 비번식 조류로는 아델리펭귄, 마카로니펭귄, 남극가마우지, 남극도둑갈매기, 알락풀마갈매기, 북극제비갈매기 6종이 관찰되었다. 기각류의 경우, 남방코끼리물범, 게잡이물범 등 총 2종이 확인되었으며, 모두 보호구역 해안가를 휴식지로 이용하는 것이 관찰되었다.

펭귄의 회귀율을 파악하기 위하여 2012년 이래 펭귄 체내에 삽입한 PIT tag의 수는 턱끈펭귄 385개체, 젠투펭귄 206개체이며, 턱끈펭귄의 생존율은 약 87.03%, 관찰률은 약 90.80-100.00%였다. 이를 통해 산출한 표지 개체들의 3개년간 번식지 회귀율은 약 79.02-87.03%인 것으로 확인되었다. 관찰률을 높은 수준으로 유지하고 개체군 변동 추정의 정확성을 확보하기 위해 향후 지속적이고 균일한 노력의 표지 및 재관찰 조사가 요구된다.

칼집부리물떼새의 서식지 이용 특성과 범위를 파악하기 위해 암컷 6마리, 수컷 4마리를 대상으로 번식기 약 40일 동안 추적장치를 부착하여 GPS 좌표를 수집하였다. 칼집부리물떼새의 행동권은 주로 펭귄 번식지 주변에 밀집되어 있었으며, 내륙

안쪽보다는 해안가 주변으로의 행동권 분포가 확인되었다. 행동권은 평균 1.93±2.10ha이었으며, 젠투펭귄 번식지와의 거리가 가까울수록 행동권 내 이용 경향이 증가하였으나, 턱끈펭귄 번식지와는 유의미한 영향이 나타나지 않았다.

펭귄마을에서 번식하는 젠투펭귄과 턱끈펭귄에게 위치/수심기록계를 부착하여 포란기 동안 각각 38개와 77개의 취식이동, 육추기 동안 51개와 43개의 취식이동을 수집하였다. 이를 분석한 결과, 이들의 주요 취식지는 맥스웰만과 번식지 남쪽으로 약 20~40km에 이르는 브랜스필드 해협인 것으로 확인되어 기존의 연구와 동일하게 이곳이 펭귄의 먹이원인 남극크릴이 풍부한 장소로 짐작된다. 번식단계에 따라서 두 펭귄 종 모두 포란기에는 더 멀리 오래 취식이동하고 육추기에는 가까이서 취식하였으며, 젠투펭귄은 특히 육추기 동안 깊은 잠수의 비율이 증가하였다. 포란기 동안 젠투펭귄은 번식지 주변 해양을 이용하고, 턱끈펭귄은 비교적 먼 바다로 나가 취식 영역의 중첩이 적었던 반면, 육추기 동안은 유사한 취식지를 이용하면서 젠투펭귄이 더 깊은 잠수를 하는 것으로 확인되었다.

펭귄류의 먹이자원을 파악하기 위해 성별과 연령이 확인된 번식지 젠투펭귄 39개체와 턱끈펭귄 39개체의 혈액 안정성 동위원소비와 잠재 먹이원인 크릴 및 남극은암치의 동위원소비와 비교해 본 결과, 두 종 모두 남극은암치에 비해 크릴 동위원소비에 가까워 크릴 이용 비율(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 턱끈펭귄과 크릴을 중심으로 한 먹이자원의 이용 양상을 지속적으로 모니터링할 필요가 있다.

2023/24년 남극반도에 고병원성 조류 인플루엔자의 유입이 확인되었으며, 펭귄마을 내 전파 여부 모니터링을 위해 조류 인플루엔자 1차 모니터링을 위한 시료 182개를 확보하였다. 신속항원진단 키트를 이용하여 모든 시료가 음성으로 나타났으며, 유전자 모니터링을 통해 결과의 신뢰성을 뒷받침하였다. 2024/25년 동일한 방법으로 95개 시료를 수집하였으며, 기지주변과 ASPA No. 171 입구 근방에서 남극도둑갈매기 사체 2구에서 조류 인플루엔자 양성 반응이 확인되었다. 해당 시료에서 RNA를 추출한 후 유전자 진단을 수행하여 현재 유행 중인 H5형 조류 인플루엔자 바이러스에 감염된 것으로 확인하였다.

인익스프레서블의 기상관측 결과 평균풍속은 16.1 m/s로 과거 10년의 평균 풍속

과 동일하게 나타났다. 인익스프레서블섬의 올해 아델리펭귄 둥지 수는 30,686개로서, 2023년보다 4,294쌍 증가하였다. 펭귄의 둥지 수는 이 지역에서 2022년까지 감소하는 추세를 보이다 다시 증가하는 추세로 변화한 것으로 추정된다. 그 새끼 수도 30,892로 예년에 비해 약 8,000개체가 증가한 것으로 관찰되었다. 둥지당 이소새끼수 또한 1.01으로 작년 번식기(0.87)보다는 높게 나타났다.

인익스플레서블섬의 펭귄 번식집단 모니터링을 위해 자동 무인 모니터링 카메라 시스템에 의해 촬영된 사진을 바탕으로 아델리펭귄 번식 단계를 추정해보면, 10월 16일에 번식지에 도착하여 11월 5일에 산란하였으며, 12월 6일 부화 후 1월 5일에 처음 보육원이 형성되는 것으로 관찰되었다. 향후 연간 번식 과정 모니터링 및 아델리펭귄의 번식 실패 요인 분석을 포함하여 이를 보다 넓은 범위의 연구에 이용할 수 있을 것으로 기대된다.

인익스프레서블섬의 남극도둑갈매기 번식 현황을 조사한 결과, 총 80쌍의 남극도둑갈매기가 ASPA No. 178 구역 내에서 번식하는 것으로 확인되었다. 이는 주로 아델리펭귄 번식집단 주변으로 형성되었다. 과거 이곳의 남극도둑갈매기 번식쌍수는 최대 60쌍에서 최소 약 30여 쌍까지 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 인익스프레서블섬 방문 일정상의 문제로 둥지별 산란한 알의 개수를 정확하게 조사하기 어려웠기 때문에, 확인된 둥지수와 새끼 수를 바탕으로 둥지당 이소새끼수를 산출하였으며, 총 63개체의 새끼가 확인되어 번식성공율은 0.79인 것으로 나타났다.

ASPA No. 178 구역의 동물상 조사 결과, 상기한 2종의 번식조류 외에 윌슨바다제비, 황제펭귄 등 2종의 조류와 웨델물범, 표범물범 등 2종의 기각류가 관찰되었다. 윌슨바다제비는 해빙이 남아있던 12월 아델리펭귄 번식지에서 1회 관찰되었고, 황제펭귄의 경우 성조가 1월에 1차례 관찰되었다. 웨델물범의 경우 당해 태어난 새끼들의 모습도 관찰되었다. 표범물범은 유빙에서 휴식을 취하거나 해안가에서 펭귄을 사냥하는 모습이 반복적으로 관찰되었다.

ASPA No. 178 구역 내 조류 인플루엔자 모니터링을 위해 2023/24년 170개, 2024/25년 120개의 시료를 수집하여 신속항원키트를 이용하여 1차 진단을 수행하였다. 그 결과 모든 시료에서 음성이 확인되었으며, 장보고기지 주변 지역에서는 고병원성 조류 인플루엔자(HPAI) 발생 및 폐사체 보고 사례가 없는 것으로 보아 아직 해당 지역 내 감염은 없는 것으로 추정된다.

인익스프레서블 섬은 지속적인 연구가 필요한 지역이나, 강풍 및 블리자드와 같은 기상 문제에 따라 헬기 이동 제한이 자주 발생하는 지역이다. 때문에 2024/25 번식기 동안 안전하고 효율적인 연구를 위한 캠프를 설치하였다. 인익스프레서블섬 안전 캠프 모듈은 소규모 조립식 건물로 제작하였으며, ‘외교부 고시 제 2021-7호 남극 환경영향평가서 작성에 관한 세부지침’에 따라 초기 환경영향평가서를 작성

후 외교부에 제출하였다. 안전캠프 자재는 헬기를 이용해 운송하였으며, 안전캠프의 반영구 모듈을 보호구역 외부에 설치 후 설치물에 관한 정보를 현판에 표시하였다. 또한 '남극 현장캠프 환경 및 안전 지침'을 국영문으로 작성하였으며 다음 시즌에 모듈 내부에 비치할 계획이다.

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 특별보호구역 준수사항 등을 동영상과 다양한 자료를 통해 교육하고 있으며, 특별보호구역 출입 예정자들에게는 해당 구역의 관리계획서를 제공하고 있다. 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 인익스프레서블섬을 비롯하여 다른 특별보호구역들에 대한 출입기록도 관리하고 있다.

한편 남극기지의 체계적인 환경관리를 위하여 2014년 이래 개발된 각종 환경관리지침이 현장에 적용되고 있으며, 그 가운데 남극활동법 상 환경부 주관 업무인 폐기물관리지침에 따라 남극 기지별 폐기물 관리계획서를 작성하여 보고서에 수록하였다. 2024/2025 시즌에 반출된 폐기물 처리결과 보고서는 현재 발생 폐기물이 국내에 도착하지 않은 관계로, 본 보고서에는 2024년에 처리된 폐기물처리 현황을 담았으며 2025년에 반출된 폐기물 처리 결과는 내년도 보고서에 수록할 예정이다.

2024년 5월 21일~5월 30일 인도를 개최국으로 제46차 ATCM이 26차 CEP와 함께 전면 대면 방식으로 개최되었다. 우리나라는 총 13건의 문서를 제출하였으며 9건은 국제협력에서 비롯한 공동문건으로 우리나라가 제안하거나 타 당사국 제안으로 공동 제출하였다. 46차 ATCM에서는 지난해에 이어 관광을 위한 제3 작업반을 운영하였으며, 사전적 조치로 관광 운영자의 정보 보유 시스템 검토, 영구시설 건설 방지, 모니터링 강화 등 관광 규제를 위한 포괄적 기틀 개발을 위한 필요성에 합의하였으나 포괄적 기틀 개발에는 접근하지 못하였다. 제26차 CEP에서는 다른 기구와의 협력, 환경에 대한 기후변화의 함의, 환경영향평가, 구역보호와 관리계획 등 총 11개 의제에 대한 논의가 진행되었다. 제47차 ATCM 및 27차 CEP는 2025년 6월 23일~7월 3일까지 이탈리아 밀라노에서 개최될 예정이며, 남극관광 규제 프레임워크 논의를 위한 작업반(WG 3)이 정식으로 운영될 예정이다.

KOPRI
극지연구소

제 1 장

남극특별보호구역 보호가치 모니터링

KOPRI
극지연구소

KOPRI
극지연구소

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 원인분석에 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 10분 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 고장이나 2024년 1월 23일 교체되었다. 본 보고서에는 2024년 1월부터 2024년 12월까지 1년 동안의 기온과 바람 자료를 분석하였다. 또한 2024년 월평균 기온과 풍속의 연변동을 2014-2023년 월평균 값들의 연변동과 2024년 기상 변동의 특성을 분석하였다. 아울러 세종기지에서 관측된 전천일사, 강수량 및 블리자드 발생 정보를 추가하여 기상환경 변화의 이해를 돕고자 하였다. 끝으로 2024년 각 기상 관측요소의 일통계량을 부록 1에 수록하였다.

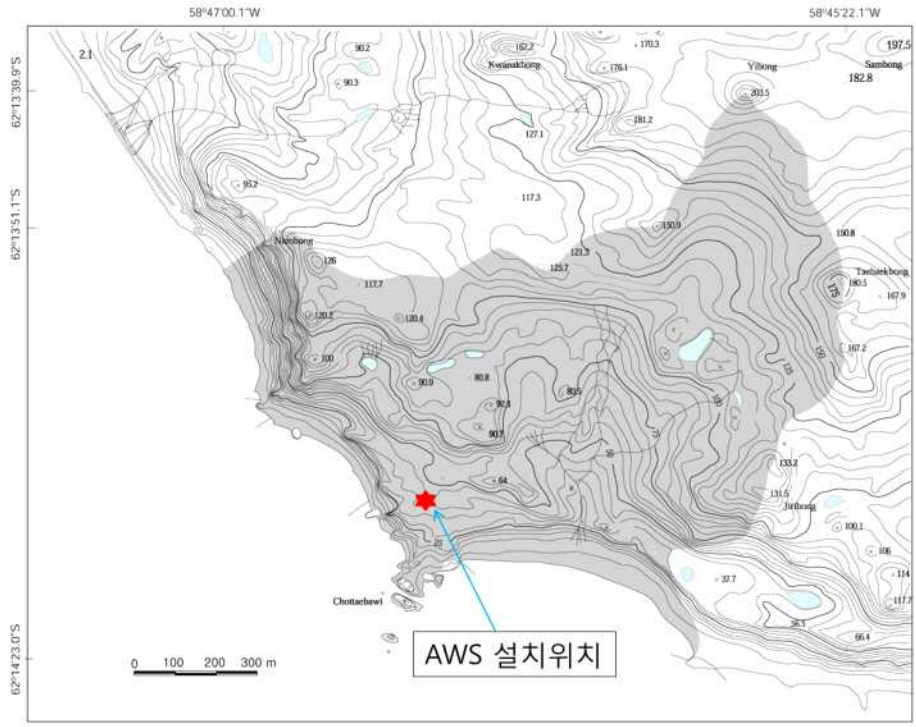


그림 1-1-1. 펭귄마을 기상모니터링시스템(AWS) 위치

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℃ 습도: 0 to 100 %
		정확도	기온:±0.226 (-40℃ to +60) 습도:±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: ±3°
		사용환경	-50 to +50℃
자료집록기	Campbell Scientific CR1000X	사용환경	-40℃ to +70℃
자료저장장치	자료집록기 내장 메모리	저장기간	약 700일
전 원	솔라 판넬 및 충전배터리	발전량	35W×2 = 70W (기존 20W)
		배터리	12V40Ah (배터리로 5개월 이상 작동)

(2) 펭귄마을 기상환경

그림 1-1-4과 1-1-5는 2024년 1월부터 2024년 12월까지 펭귄마을에서의 일평균 기온과 월평균, 월최저 및 월최고 기온의 연변동을 보여준다. 일평균 기온은 6월에서 9월의 겨울을 중심으로 변동이 큰 반면 나머지 달은 변화가 작았다. 2024년 일평균 최고 기온은 6.1 ℃(2024년 2월 07일)이었고, 일평균 최저 기온은 -16.7 ℃(2024년 8월 13일)이었다. 일평균이 영상인 날은 연중 존재하나 1월과 2월은 대분분 영상이었다. 한편, 월평균 기온은 2월에 2.4℃로 가장 높았고, 8월이 -6.5 ℃로 가장 낮았다. 연중 최고 기온은 11월에 나타난 11.2 ℃(2024년 11월 22일)이었고, 최저 기온은 -19.7 ℃(2024년 8월 13일)이었다. 자세한 통계값은 부록에 정리되어 있다.

그림 1-1-6은 2024년 월평균 기온의 연변동을 이전 10년 (2014년 - 2023년)의 다년평균 연변동과 함께 보여준다. 2024년 연평균 기온 (-1.8℃)은 과거 10년의 평균 기온 -1.7℃보다 약 1.0℃ 낮았다. 2024년의 경우, 하계 기간은 과거 10년보다 월평균 기온이 지속적으로 높았으나, 5월-8월은 오히려 지속적으로 낮았다. 특히, 최고 기온이 나타난 2월과 최저 기온이 나타난 8월 두 기간의 기온 차이가 상대적으로 컸다.

그림 1-1-7과 1-1-8은 2024년 1월부터 12월까지 펭귄마을에서의 일평균 풍속과 월평균 및 월최고 풍속의 연변동을 보여준다. 일평균 풍속은 하계 기간동안 1.5-20 ms^{-1} 범위에서 수일에서 수십일 주기로 강한 변동을 보였다. 2024년 일평균 최고 풍속은 20.3 ms^{-1} (6월 12일)이었다. 월평균 풍속은 6.3 ms^{-1} 이상으로 강하였으며 9월 평균 풍속은 약 9.0 ms^{-1}로 연중 가장 강하였다. 반면, 월 최고 풍속은 21.9-33.9 ms^{-1}로, 7월 10일 연중 최고 풍속(33.9 ms^{-1}이)을 기록하였다. 자세한 통계값은 부록을 참조하면 된다.

그림 1-1-9는 2024년 월평균 풍속의 연변동을 이전 10년 동안의 다년 월평균값과

함께 나타낸 그림이다. 2024년 월평균 풍속은 과거 10년 평균 보다 낮았다. 1월의 상대적으로 강한 풍속은 2/3 기간 결측으로 인한 효과로 보인다.

한편 펭귄마을에서 측정되는 기상요소에 더해 펭귄 생태와 관련되는 기상환경을 보다 폭넓게 보기 위해 하계기간(12-2월) 세종기지에서 2015/16년부터 관측된 강수량, 전천일사량, 블리자드 발생 일수를 정리하였다(표 1-1-2). 우선 2023년 12월부터 2024년 2월까지 하계의 총 전천일사량은 약 1217.0 MJ/m2을 보여 전체 기간 중 맑은 날이 많은 편에 속하였다. 강수량의 경우는 연도별 변동성이 큰 데 2023/24 하계의 경우 107.4mm를 기록해 지난 10년 중 두 번째로 많았다. 하계 기간 블리자드는 2015/16 하계에 3회 발생을 제외하고는 7년 연속 발생하지 않았다.

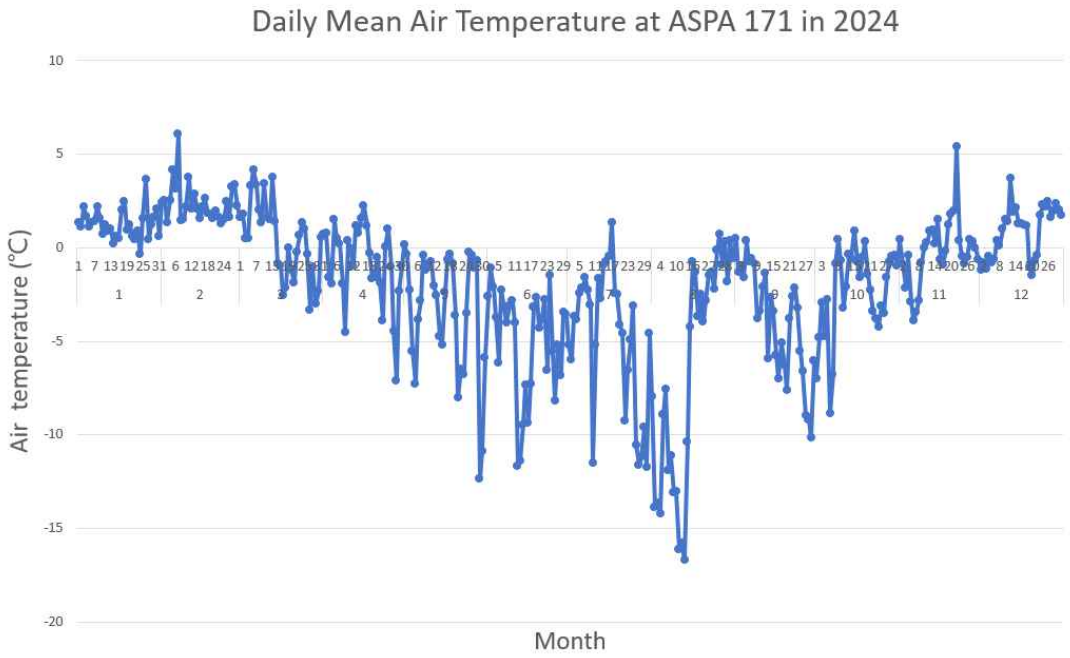


그림 1-1-4. 2024년 펭귄마을에서 측정된 일평균 기온의 변동.

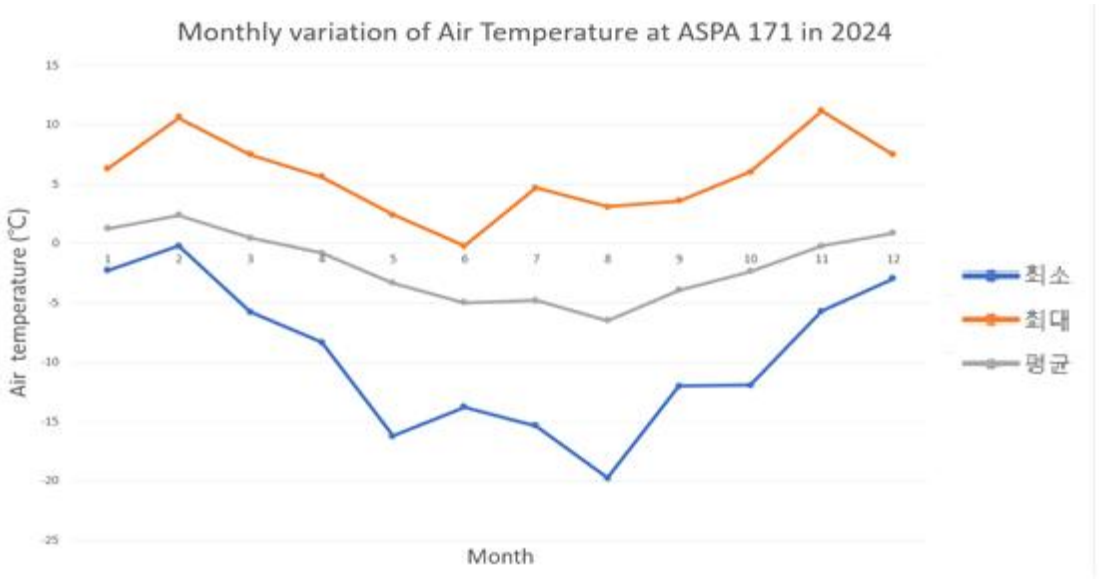


그림 1-1-5. 2024년 펭귄마을에서 측정된 월평균기온 (가운데 회색), 일최저기온(아래 파란색), 그리고 일최고기온(위 주황색).

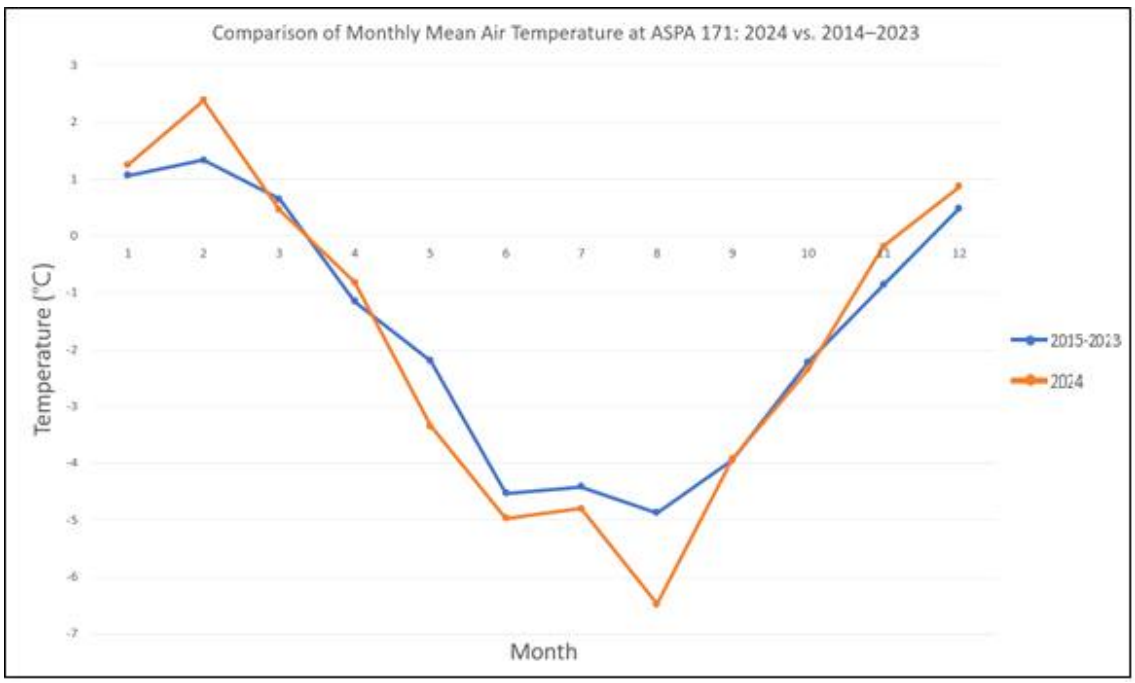


그림 1-1-6. 2014년부터 2023년까지 다년 평균된 펭귄마을의 월평균기온 (파란색) 및 2024년 월평균 기온 (주황색)의 연변화. 단, 2019.02-2022.01 자료는 결측되었음.

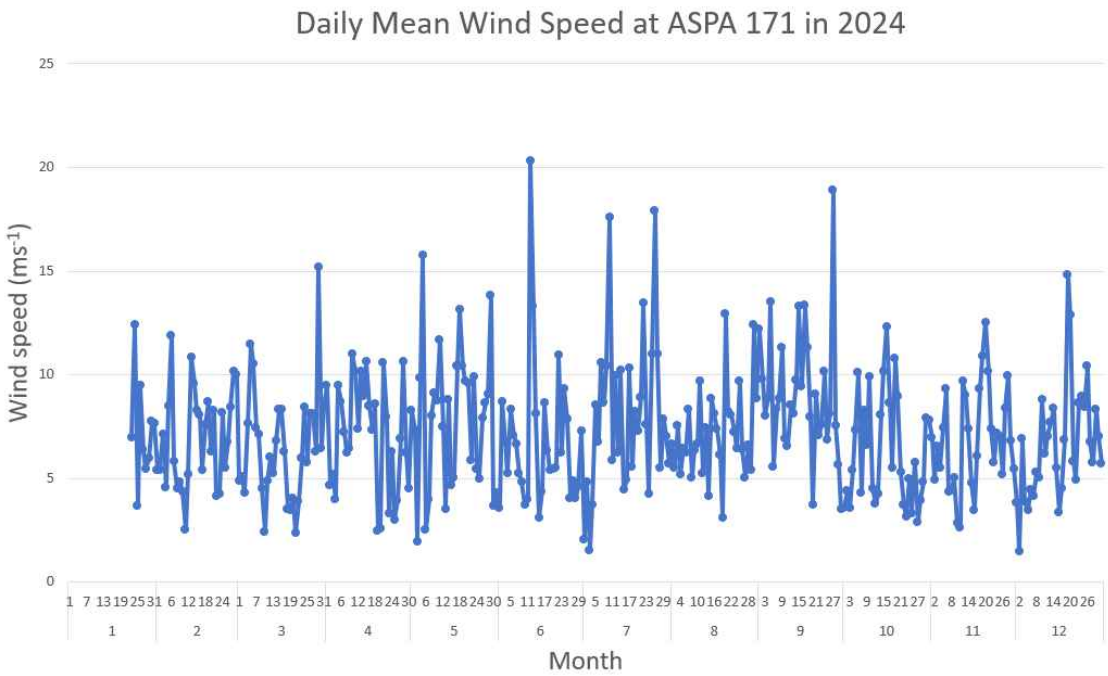


그림 1-1-7. 2024년 펭귄마을에서 측정된 일평균 풍속의 연변동.

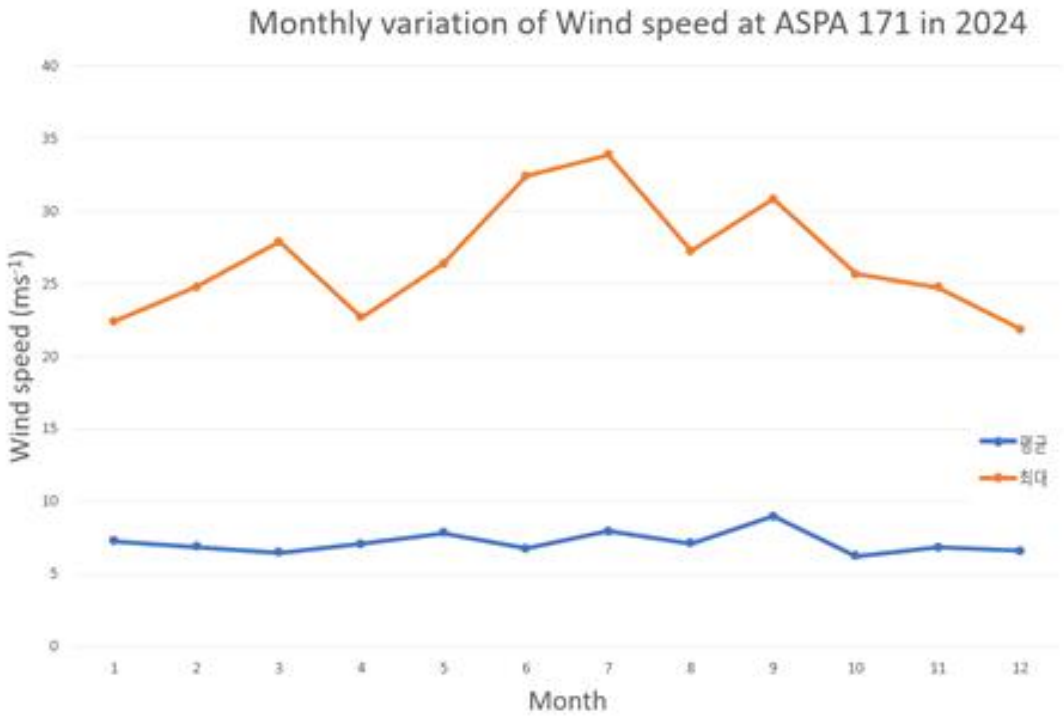


그림 1-1-8. 2024년 펭귄마을의 월평균 풍속 (파란색) 및 일최고 풍속(주황색).

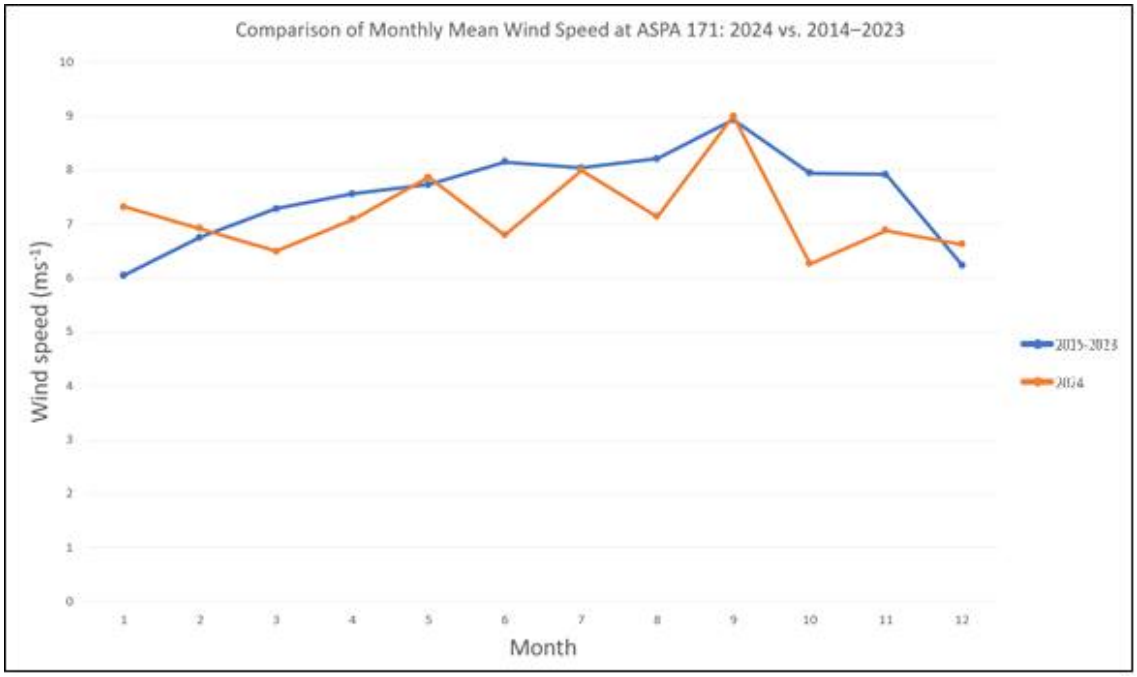


그림 1-1-9. 2014년부터 2023년까지 다년 평균된 펭귄마을의 월평균풍속 (파란색) 및 2024년 월평균풍속 (주황색)의 연변화. 단, 2019.02-2022.01 자료는 결측되었음. 2023.03-12의 경우 세종기지 풍속으로부터 추정되었음.

표 1-1-2. 2015/16 이후 하계(12-2월) 세종기지에서 관측된 일사량, 강수량, 블리자드.

요소 \ 기간	15/16	16/17	17/18	18/19	19/20	20/21	21/22	22/23	23/24	평균
전천일사량 (MJ/㎡)	1261.3	1296.4	1036.8	1186.7	1143.7	1129.6	1200.0	1297.9	1,217.7	1196.7
강수량 (㎜)	72.9	127.6	87.2	92.8	74.8	97.6	117.7	103.5	107.4	97.9
블리자드 (횟수/시간)	3/27.1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	

(3) 해양환경 모니터링 방법

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

NASA(National Aeronautics and Space Administration)에서 운용 중인 VIIRS(Visible Infrared Imaging Radiometer Suite) 센서는 Suomi NPP(Suomi National Polar-orbiting Partnership) 및 NOAA 위성 플랫폼에 탑재되어 있으며, 기존 MODIS(Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) 센서의 관측 임무를 계승하고 발전시키기 위해 개발되었다. 2011년 10월 발사된 Suomi NPP 위성은 지구환경 시스템 변화에 영향을 미치는 해양, 대기, 육상 및 빙권의 상호작용 이해와 원인 규명을 위한 관측을 목적으로 한다.

VIIRS 센서는 22개의 채널을 통해 가시광선에서 적외선 영역(0.41~12.01㎛)의 자료를 수집하며, 공간 해상도는 375m(I-band), 750m(M-band)로 구성되어 있다. 또한, 저조도 조건에서도 관측이 가능한 Day/Night Band(DNB)를 포함하고 있어 야간 조명 관측에도 뛰어난 성능을 보인다. VIIRS 센서는 해양 색소(엽록소-a 등), 해수면 온도(SST), 구름과 에어로졸 특성, 육지 및 해양 표면 온도, 빙권 변화, 산불 탐지 등 다양한 환경 정보를 복합적으로 제공한다.

본 연구에서는 VIIRS 센서에서 관측된 엽록소-a(chl-a) 자료를 사용하여 월별 변화를 분석하였으며, 식물플랑크톤의 월 변화 특성과 주변 해양환경의 물리적 특성을 분석하기 위해 VIIRS 센서에서 관측한 해수면 온도(SST) 자료도 함께 분석하였다.

- VIIRS chl-a : 공간해상력 750 m의 Level 2 자료를 이용하여, 2024년 12월 1일부터 2025년 1월 31일까지의 월 평균 및 전체평균을 계산하였다. 자료의 공간범위는 남위 62.1~62.5, 서경 58~59.3까지로 세종기지가 위치한 킹조지섬의 남서부분을 포함한다.

- VIIRS 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, Python을 이용하여 Level 2 자료를 월별로 모자이크한 후, 월별 자료로부터 월평균과 표준편차 등 통계값을 계산하였다. 해당 연구해역은 고위도권으로 Suomi NPP/VIIRS 및 NOAA-20/VIIRS 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. VIIRS 밴드별 속성정보

데이터	밴드 이름	중심 밴드 (um)	밴드 폭 (FWHM)	공간해상도 (m)
Ocean Color Aerosol	M1	0.415	0.02	750
	M2	0.445	0.02	750
	M3	0.49	0.02	750
	M4	0.555	0.02	750
Imagery band	I1	0.64	0.075	375
Ocean Color Aerosol	M5	0.673	0.021	750
Day/Night Band	DNB	0.7	0.4	750
Atmospheric Correction	M6	0.746	0.021	750
NDVI	I2	0.865	0.039	375
Ocean Color Aerosol	M7	0.865	0.039	750
Cloud Particle Size	M8	1.24	0.02	750
Cirrus Cloud Cover	M9	1.378	0.02	750
Binary Snow Map	I3	1.61	0.06	375
Snow Fraction	M10	1.61	0.06	750
Clouds	M11	2.25	0.05	750
Imagery band Clouds	I4	3.74	0.38	375
Sea Surface Temperature	M12	3.7	0.18	750
Sea Surface Temperature/Fires	M13	4.05	0.155	750
Cloud Top Properties	M14	8.55	0.3	750
Sea Surface Temperature	M15	10.763	1	750
Imagery band Clouds	I5	11.45	1.9	375
Sea Surface Temperature	M16	12.013	0.95	750

KOPRI 극지연구소

(4) 해색 분포 특성

2024년 12월에서 2025년 1월 사이 연구해역에는 총 679장의 VIIRS/Suomi NPP 및 VIIRS/NOAA-20 Level 2 영상이 존재한다. 해당자료를 Python을 이용하여 월별로 모자이크를 하여 식물플랑크톤의 분포를 나타내었다. 2024년 12월의 연구해역은 총 Level 2 368개 영상이 존재하였다. 월 단위로 분석한 결과, 12월은 평균값 0.406 mg・m^{-3}, 중앙값 0.375 mg・m^{-3}, 표준편차 0.202 mg・m^{-3}, 최대값 8.059 mg・m^{-3}, 최소값 0.015 mg・m^{-3}의 통계값을 보였다. 2025년 1월의 Level 2 자료는 총 311개가 획득되었으며, 평균값 0.408 mg・m^{-3}, 중앙값 0.34 mg・m^{-3}, 표준편차 0.217 mg・m^{-3}, 최대값 3.96 mg・m^{-3}, 최소값 0.047 mg・m^{-3}의 통계값을 가진다. 2024년 12월부터 2025년 1월까지 두 달간의 전체 평균값은 0.411 mg・m^{-3}, 중앙값 0.37 mg・m^{-3}, 표준편차 0.199 mg・m^{-3}, 최대값 7.514 mg・m^{-3}, 최소값 0.036 mg・m^{-3}의 통계값을 나타내었다(그림 1-1-10).

2025년 1월의 경우 2024년 12월 보다 평균값이 0.0022 mg・m^{-3} 높았으며, 표준편차는 0.0144 mg・m^{-3} 높았다. 평균값은 두 시기가 유사하게 나타나지만 높은 식물플랑크톤 농도를 가지는 지역이 다른 특징이 드러났다. 2024년 12월의 경우 그림 1-1-11과 같이 킹조지섬 북쪽과 먼바다에서 대부분 높은 식물플랑크톤 분포가 관측되었으며, 일부 연안 근처에만 높은 식물플랑크톤 분포를 보였다. 2025년 1월의 경우는 그림 1-1-12와 같이 2024년 12월보다 킹조지섬 주변 연안지역에서 대부분 높은 식물플랑크톤 농도가 관측되었으며, 2024년 12월에 비해서 먼 바다에서는 전체적으로 낮은 농도값을 보여주고 있다. 그림 1-1-13에서 보는바와 같이 2025년 1월과 2024년 12월의 식물플랑크톤 차이를 보면 먼 바다에서는 푸른색으로 농도가 줄어들며, 연안에서는 붉은색으로 분포가 증가한 것을 확인할 수 있다. 식물플랑크톤의 공간변화는 시간에 따라 크게 바뀌며, 이 분포는 식물플랑크톤을 기본 먹이로 하는 해양생태계의 시공간 변화에도 영향을 줄 수 있을 것으로 판단된다.

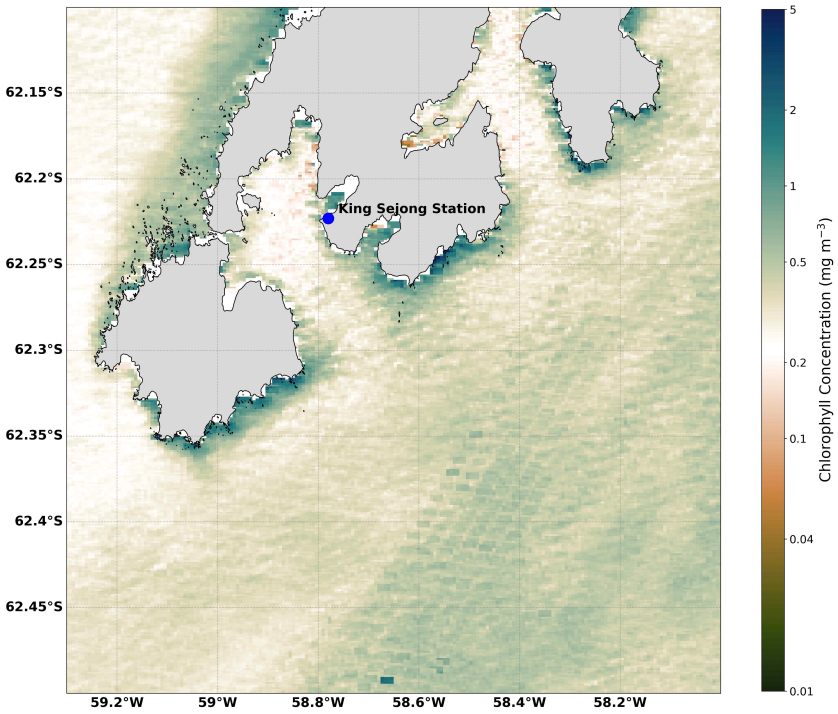


그림 1-1-10. 2024년 12월 평균 식물플랑크톤 분포 (VIIRS)

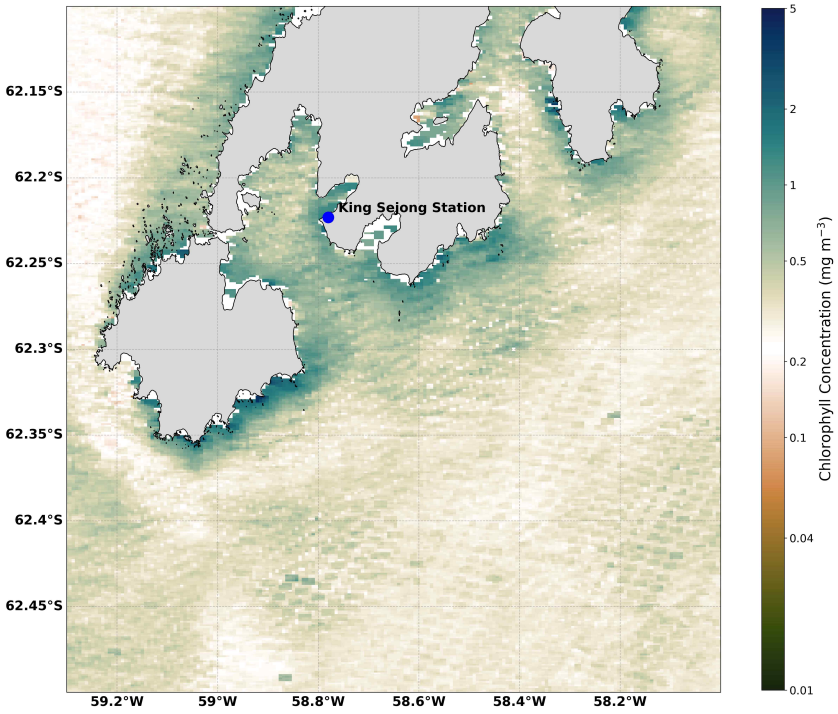


그림 1-1-11. 2025년 1월 평균 식물플랑크톤 농도분포 (VIIRS)

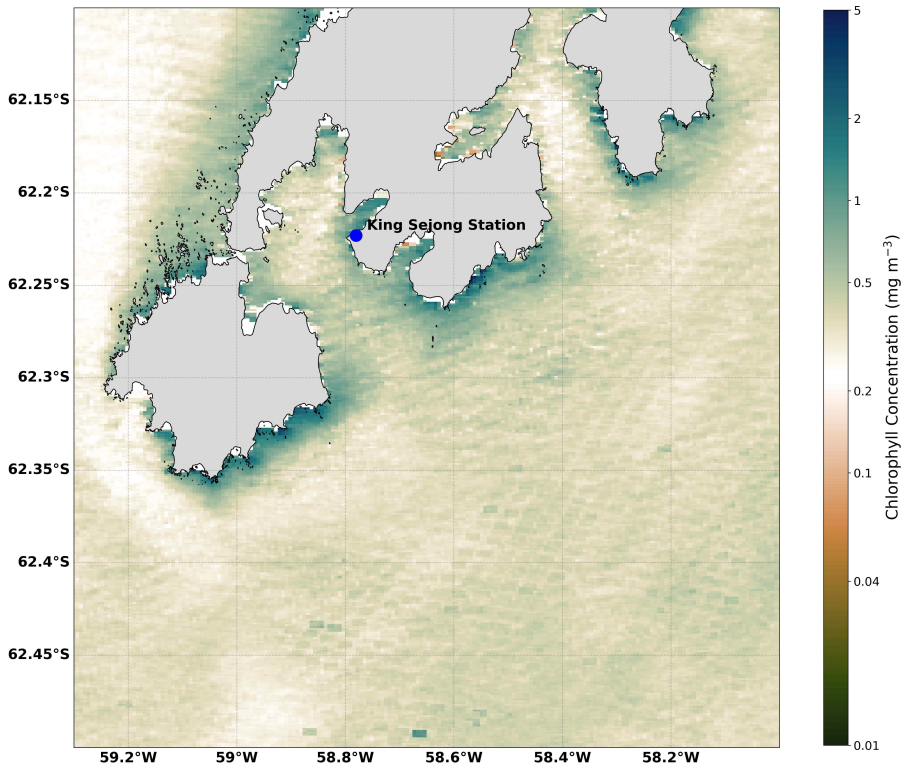


그림 1-1-12. 2025년 1월부터 2024년 12월까지의 평균 식물플랑크톤 분포

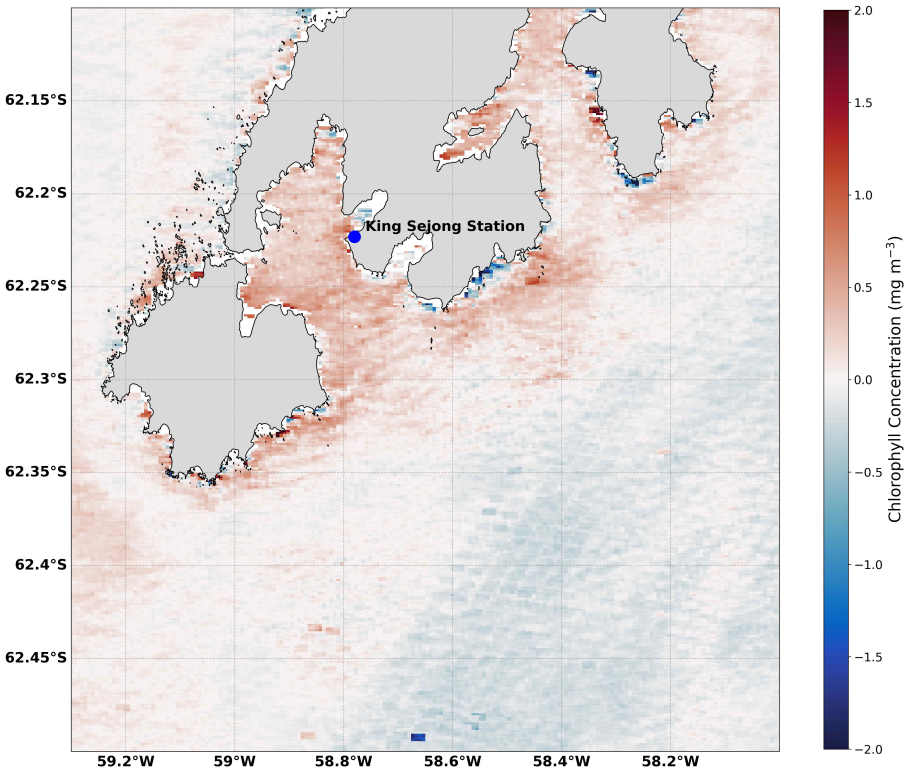


그림 1-1-13. 2025년 1월과 2024년 12월 사이의 식물플랑크톤 농도 차이

(5) 해수온 분포 특성

본 연구에서는 2024년 12월에서 2025년 1월 사이의 해수온 분포특성을 분석해 보았다. 시간변화에 따른 식물플랑크톤의 분포특성은 해수온 변화와 관련이 있다. 해수온 분포특성 연구를 위해 식물플랑크톤과 같은 시공간의 자료를 이용하였다. 2024년 12월에서 2025년 1월 사이 연구 해역에는 총 Level 2 678개의 영상이 존재하였다. Python을 이용하여 월별로 모자이크하여 해수온 자료의 분포를 나타내었다. 2024년 12월부터 2025년 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 구름이나 해무 등이 존재하거나 기상상황이 좋지 않은 경우이다. 이와 같은 경우를 판단하기 위하여 VIIRS/Suomi NPP 및 VIIRS/NOAA-20 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 1-1-14와 그림 1-1-15은 각각 2024년 12월과 2025년 1월의 해수온 품질수준을 0-2의 값을 이용하여 나타낸 것이다.

2024년 12월은 총 367개의 자료를 이용하여 통계값을 계산하였다. 해수온의 평균은 0.772 ℃, 중앙값 0.784 ℃, 표준편차 0.347 ℃, 최소값 -1.57 ℃, 최대값 3.115 ℃를 나타내었다. 2025년 1월의 경우 평균이 1.348 ℃, 중앙값 1.302 ℃, 표준편차 0.364 ℃, 최소값 -0.835 ℃, 최대값 4.57 ℃를 나타내었다.

2025년 1월의 해수온과 2024년 12월을 비교하여 보면 넬슨 섬(Nelson Island) 남서쪽이 1.5 ℃ 이상 증가하였으며, 전체적으로 약 0.5 ℃ 해수온이 증가한 것으로 보인다. 전체평균 해수온은 2025년 1월이 2024년 12월 해수온 온도에 비해 약 0.6 ℃ 정도 상승하였다. 그림 1-1-17으로 확인해보아도 이전 달에 비해 전체적으로 0.5 ℃에서 1 ℃ 가 증가한 것을 확인할 수 있다. 해수온의 분포특성과 다른 기후 인자를 함께 분석하면 보다 의미 있는 결과를 도출 할 수 있을 것이다.

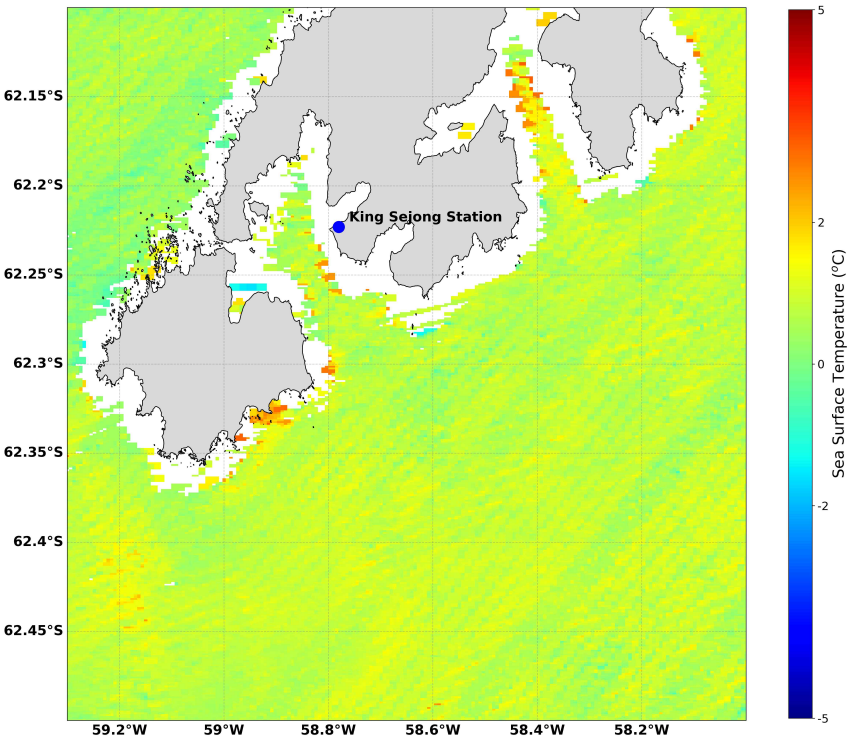


그림 1-1-14. 2024년 12월 평균 해수온 분포, Quality value 0-2

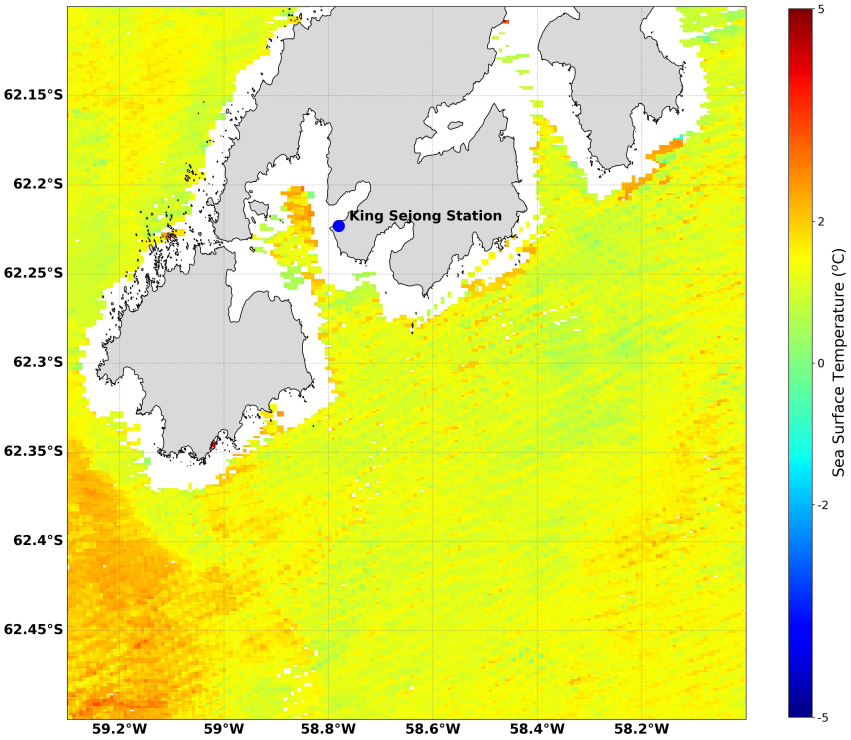


그림 1-1-15. 2025년 1월 평균 해수온 분포, Quality value 0-2

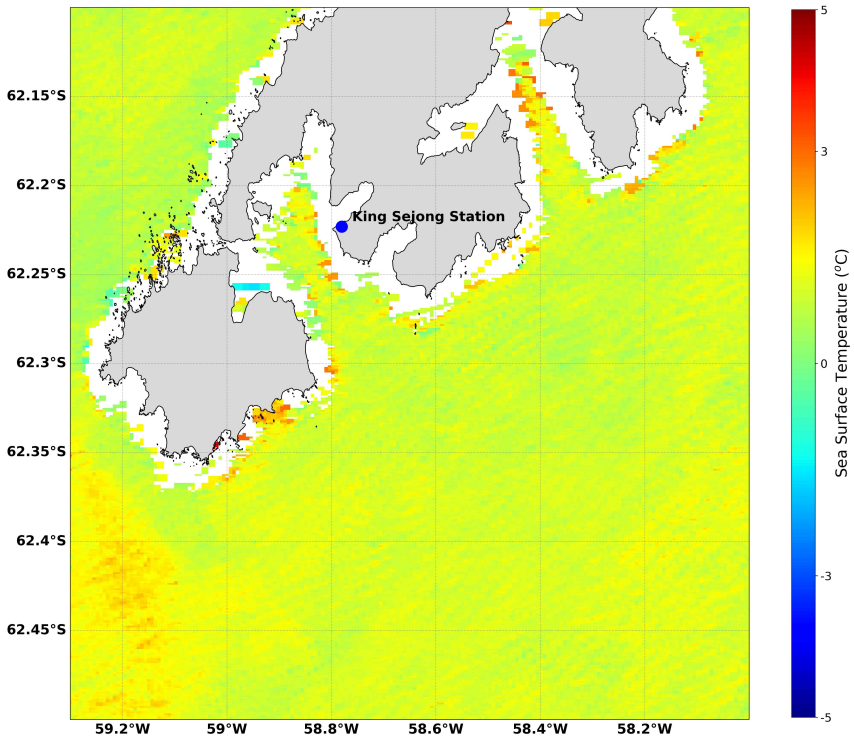


그림 1-1-16. 2024년 12월부터 2025년 1월까지의 평균 해수온 분포, Quality value 0-2

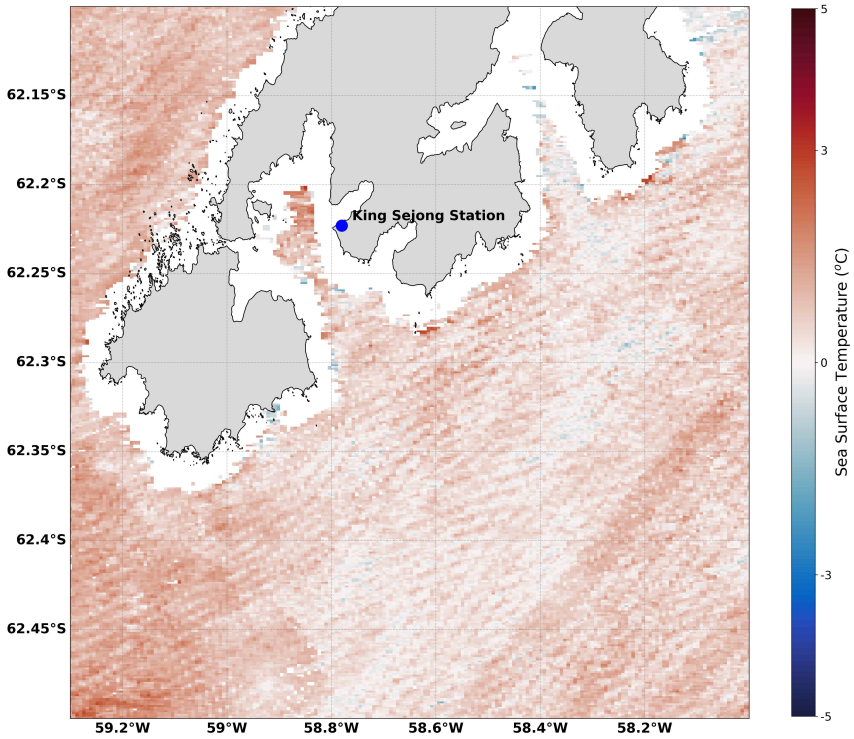


그림 1-1-17. 2024년 12월부터 2025년 1월까지의 월간 해수온 차이, Quality value 0-2

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 종으로, 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, 2024)의 방법을 따라 수행하였다.

각 소집단에서 번식하는 펭귄의 둥지 수는 두 종 모두 2024년 12월 6일에 전체 둥지 수를 계수하여 산출하였다. 모니터링 과정에서 포란 혹은 새끼의 양육이 간섭받지 않도록 불필요한 접근은 최대한 배제하였다. 번식 소집단별로 3인 이상이 독립적으로 계수를 수행하였으며, 10% 이상의 오차가 발생할 경우 추가 반복조사를 실시하거나 이상값(outlier)을 제외하고 평균을 구하여 각 번식 소집단의 크기를 추정하였다(CCAMLR, 2014). 또한 펭귄 번식소집단의 분포를 파악하고 번식 둥지수 계수의 정확도를 높이기 위해 같은 날 초경량 비행장치(드론; Mavic 3T, DJI)를 이용하여 50m 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 1-1-18). 항공촬영 이미지 역시 번식 소집단별로 2인이 독립적으로 계수를 수행하여 평균값을 계산하였다.

두 펭귄은 해안의 곶 지형을 중심으로 집단번식지를 형성하고 있다. 젠투펭귄은 내륙에 넓게 퍼져 분포하며, 턱끈펭귄은 해안의 암석지대부터 내륙쪽으로 길게 퍼진 형태로 분포하였다(그림 1-1-19).

그림 1-1-18. 번식지에서 직접 둥지 수 계수(왼쪽), 초경량 비행장치를 이용하여 촬영한 번식지 사진(오른쪽)

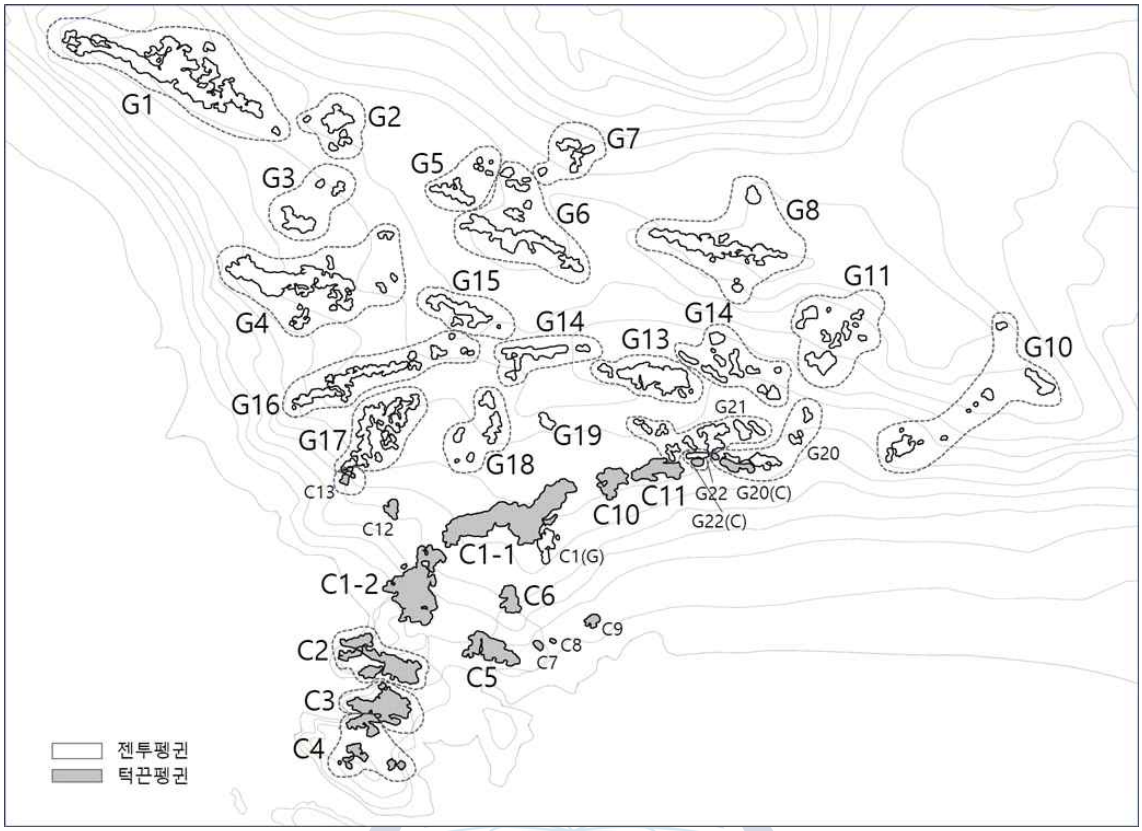


그림 1-1-19. 2024/25년 펭귄마을에 서식하는 펭귄류 2종의 번식소집단 위치 및 번호

극지연구소

2024/25년도 번식기에 번식지에서 직접 계수한 둥지수는 젠투펭귄 3,057둥지, 턱끈펭귄 2,319둥지였다. 항공촬영 사진을 바탕으로 계수한 둥지수는 젠투펭귄이 3,106둥지, 턱끈펭귄이 평균 2,346둥지로, 두 방법간의 편차는 각각 1.60% (변동계수 = 0.02), 1.16% (변동계수 = 0.02)였다. 해당 조사연도에 번식 둥지가 존재하지 않은 번식소집단을 제외하고 종별 번식소집단을 구성하는 둥지수는 젠투펭귄이 평균 133±145둥지 (7-632둥지)이고, 턱끈펭귄이 평균 154±276둥지 (2-1,103둥지)로, 턱끈펭귄이 젠투펭귄에 비해 큰 규모의 번식소집단을 형성하였다(표 1-1-4, 1-1-5). 기존에 G9로 분류했던 젠투펭귄의 번식소집단이 사라졌으며, 턱끈펭귄의 최대 번식소집단인 C1 하단에 약 25개 둥지로 구성된 젠투펭귄 번식소집단이 새로 관찰되었다 (그림 1-1-19).

표 1-1-4. 펭귄마을에 분포하는 젠투펭귄의 번식소집단의 규모

번식소집단	둥지수 (번식지에서 직접 계수)	둥지수 (항공사진을 통한 계수)	편차 (변동계수*)
G1	632	616	0.018
G2	86	84	0.017
G3	88	89	0.008
G4	417	448	0.051
G5	73	73	0.000
G6	232	235	0.009
G7	54	54	0.000
G8	247	244	0.009
G9	0	0	-
G10	91	92	0.008
G11	83	81	0.017
G12	79	79	0.000
G13	199	208	0.031
G14	59	62	0.035
G15	90	91	0.008
G16	173	181	0.032
G17	195	203	0.028
G18	45	51	0.088
G19	10	10	0.000
G20	64	65	0.011
G21	98	94	0.029
G22	7	8	0.094
C1	25	28	0.080
C11	10	10	0.000
합계	3,057	3,106	0.020

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

KOPRI 극지연구소

표 1-1-5. 펭귄마을에 분포하는 턱끈펭귄의 번식소집단의 규모

번식소집단	둥지수 (번식지에서 직접 계수)	둥지수 (항공사진을 통한 계수)	편차 (변동계수)
C1	1,103	1,149	0.029
C2	279	264	0.039
C3	235	238	0.009
C4	97	105	0.056
C5	164	163	0.004
C6	70	72	0.020
C7	8	8	0.000
C8	2	2	0.000
C9	18	18	0.000
C10	113	99	0.093
C11	134	134	0.000
C12	38	35	0.058
C13	10	10	0.000
G16	2	2	0.000
G17	1	1	0.000
G20	37	38	0.019
G22	8	8	0.000
합계	2,319	2,346	0.019

KOPRI 극지연구소

항공사진 촬영을 통한 계수는 둥지의 접근이 어렵거나 소집단의 크기가 매우 커서 직접 계수하기가 어려운 경우에 적용할 수 있는 방법이며, 둥지에 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).

2024/25년도에 각 번식소집단별로 계수한 두 종 모두에서 항공사진을 통해 계수한 둥지수가 직접 계수한 둥지수보다 1.2-1.6% 더 높게 나타났다(표 1-1-4, 1-1-5, 그림 1-1-20). 이는 일반적으로 사용되는 계수방법의 허용 오차 이내로 간주되므로(CCAMLR, 2014), 항공사진 촬영을 통한 계수는 직접 계수한 둥지수와의 보정식 계산을 통해 향후 조사지에서 지속적으로 사용할 수 있을 것으로 판단된다.

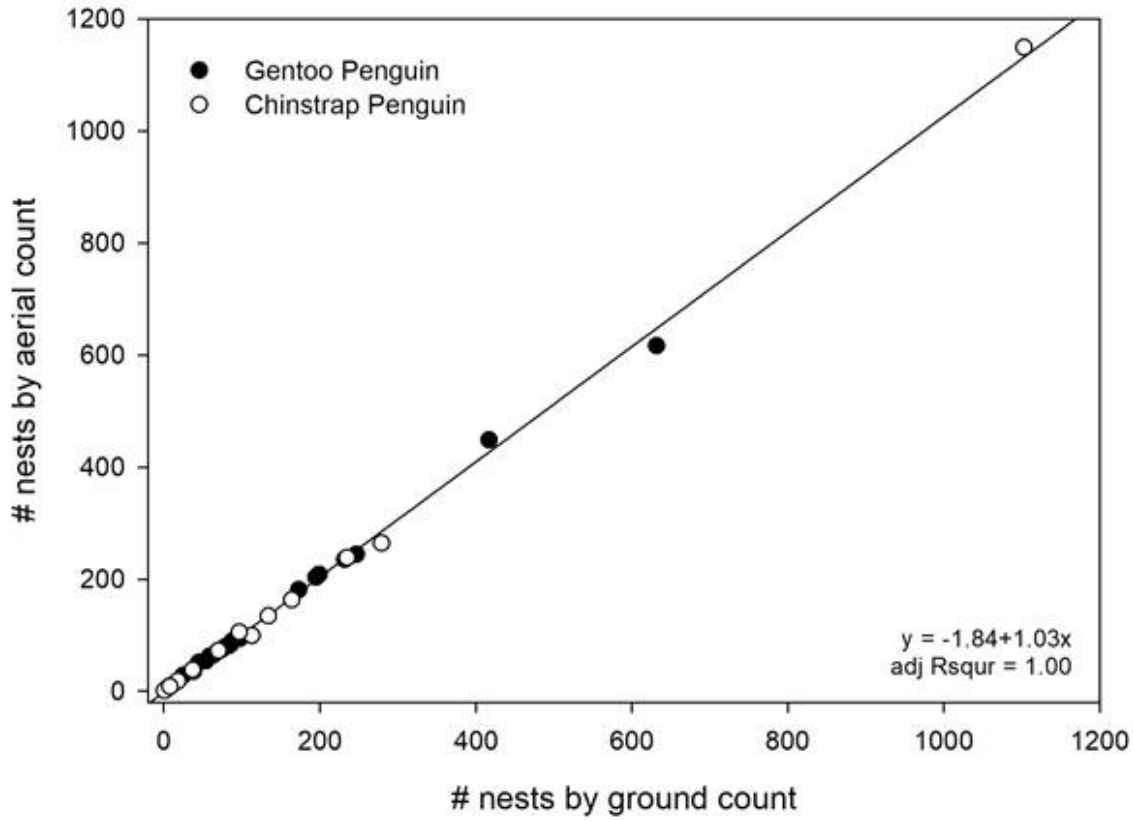


그림 1-1-20 40개 번식소집단(subcolony)별 번식지에서 직접 계수한 둥지수(가로축)와 항공사진을 통해 계수한 둥지수(세로축) 비교. 실선: 두 계수방법 사이의 회귀선

2024/25 펭귄류 번식 둥지수는 2023/24년도 대비 각각 388둥지, 48둥지가 증가한 것으로 확인되었다. 젠투펭귄은 매년 체계적인 모니터링이 시작된 2006/07년도 이래로 57.6%가 증가하여 연간 평균 2.6%씩 증가하고 있는 것으로 나타났다(estmiate =56.2 $p<0.01$, $R^2=0.55$). 턱끈펭귄은 2012/13년에 3,332둥지로 최대 둥지수를 기록하였으나 2006/07년도 이래로 23.4%가 감소하여 연평균 1.5%씩 감소하는 추세를 보였다(estimate=-40.1, $p<0.01$, $R^2=0.36$). 조사지역 내 젠투펭귄의 증가와 턱끈펭귄의 감소로 인하여 두 펭귄 종의 번식개체군 크기는 2019/20을 기점으로 역전되었다(그림 1-1-21). 턱끈펭귄의 감소추세는 본 조사지역 뿐만아니라 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.

KOPRI
극지연구소

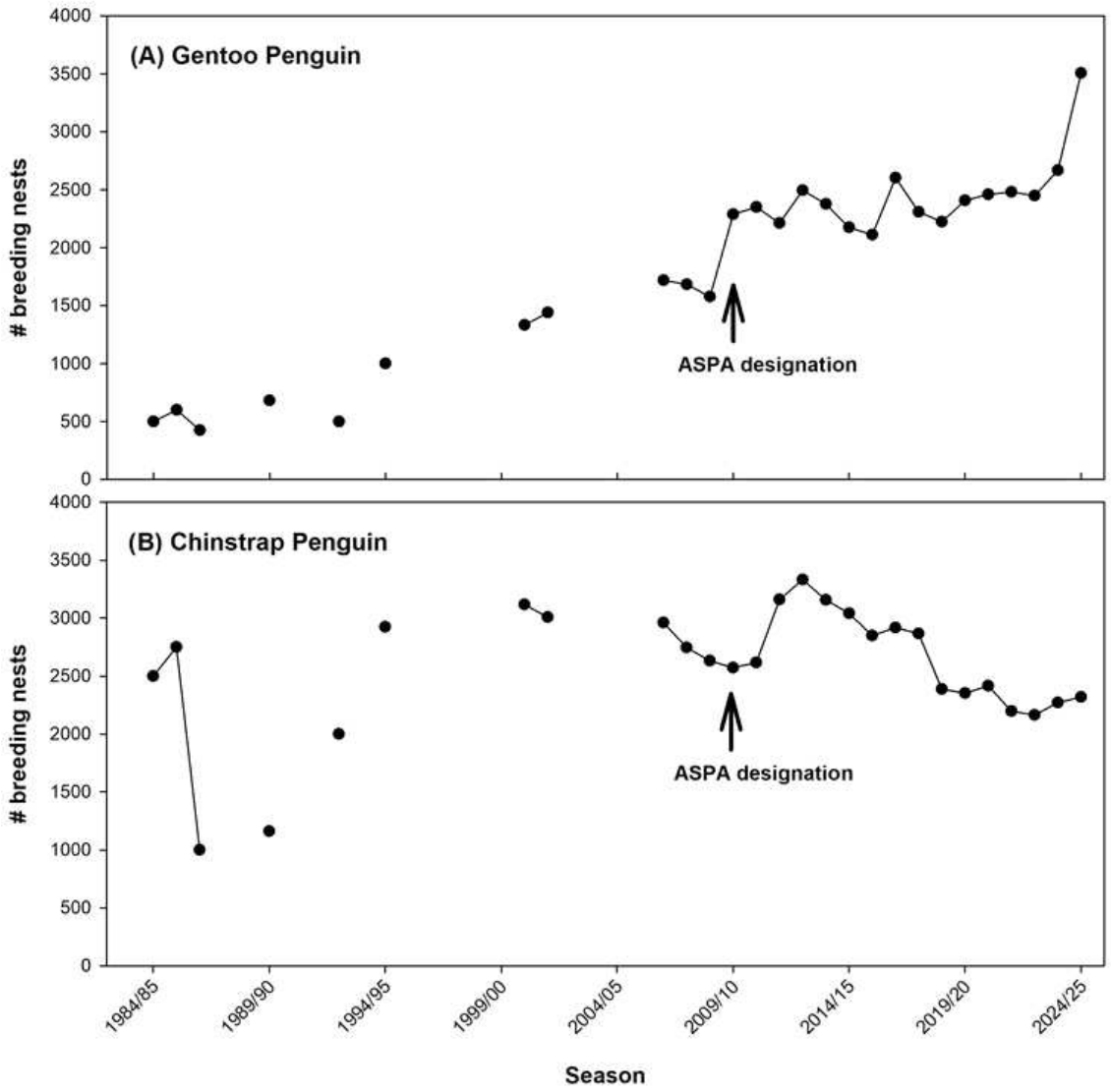


그림 1-1-21. 펭귄마을에서 번식하는 젠투펭귄(A)과 턱끈펭귄(B)의 연도별 둥지수 변화

(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, 2024)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 평균부화일도 함께 추정하였다. 약 4일 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 2024년 11월 30일부터 2024년 12월 31일까지 총 6차례 부화율 조사를 실시하였으며, 이 중 11월 30일의 조사는 조사진의 현지 도착 이전에 월동대원에 의해 실시되었다. 턱끈펭귄은 2024년 12월 15일부터 2024년 12월 31일까지 5차례 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 2024/25년까지의 산란기(10월 - 11월)의 평균기온, 강수량과 두 펭귄종의 평균부화일을 비교하였다.

번식지표 조사결과, 젠투펭귄의 한배산란수는 1.87개, 이소새끼수는 1.28개체였으며, 턱끈펭귄의 한배산란수는 1.89개, 이소새끼수는 1.21개체로 확인되었다(표 1-1-6). 두 종 모두 한배산란수와 이소새끼수에서 연도별 변화양상은 확인되지 않았다(젠투펭귄: 한배산란수 - F_{13}=0.03, p=0.86, 이소새끼수 - F_{14}=0.29, p=0.60; 턱끈펭귄: 한배산란수 - F_{13}=0.21, p=0.66, 이소새끼수 - F_{14}=0.44, p=0.52; 그림 1-1-23).

표 1-1-6. 펭귄마을에서 번식한 펭귄류의 2024/25 번식지표

항목	젠투펭귄	산출기준일	턱끈펭귄	산출기준일
둥지수(A)	3,057	2024.12.06	2,319	2024.12.06
한배산란수(B)	1.87±0.35 (n=989)	2024.12.06	1.89±0.36 (n=743)	2024.12.15
총 이소새끼수(C)	3,902	2025.01.23	2,798	2025.01.23
둥지당 이소새끼수(C/A)	1.28	2025.01.23	1.21	2025.01.23

그림 1-1-22. 새끼를 품고 있는 젠투펭귄(왼쪽)과 턱끈펭귄(오른쪽)

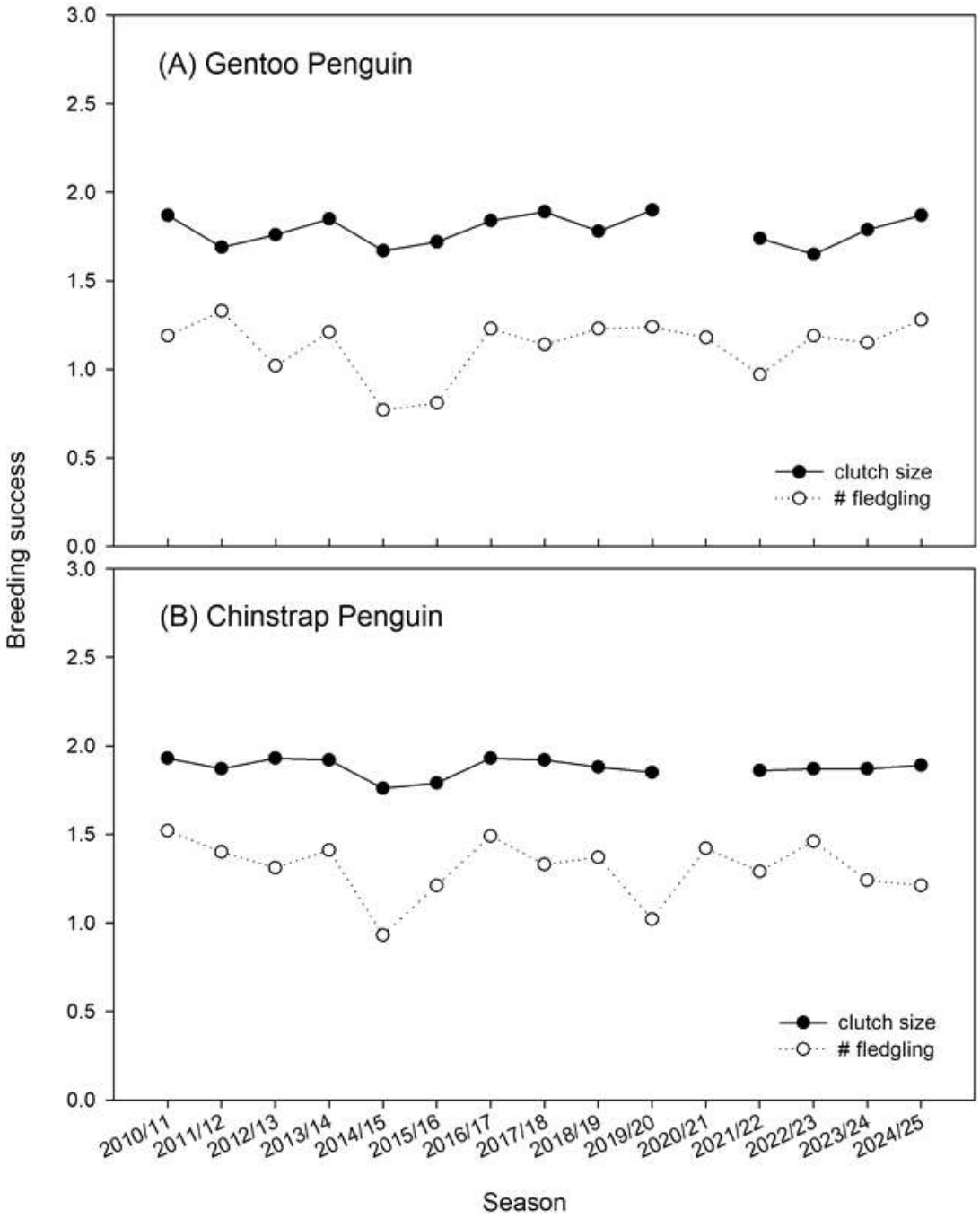


그림 1-1-23. 젠투펭귄(A)과 턱끈펭귄(B)의 연도별 번식성공지표. 한배산란수(●), 이소새끼수(○). 2020/21 번식기의 번식지표는 코로나 19 감염증에 의한 입남극 제한에 따라 월동대에 의해 확인된 결과임

번식일정과 관련된 지표인 평균부화일은 젠투펭귄이 2024년 12월 15일(348.50일), 턱끈펭귄이 2024년 12월 24일(357.85일)으로 젠투펭귄이 약 9일 빨리 부화한 것으로 나타났다. 연평균 평균부화일 역시 젠투펭귄이 345.33±8.00일, 턱끈펭귄이

357.10±3.55일로 젠투펭귄이 12일 가량 빠른 것으로 나타났다. 해당연도가 윤년임을 고려하여 2024/25년도 젠투펭귄의 평균부화일은 2023/24년의 12월 19일에 비해 3일이 빨라진 반면, 턱끈펭귄의 평균부화일은 2023/24년의 12월 23일과 비교하여 이틀 늦어졌다. 평균부화일의 연간변동은 젠투펭귄에서 더 크게 나타났다(젠투펭귄 CV=0.023, 턱끈펭귄 CV=0.010, 그림 1-1-24). 아직 충분한 자료가 축적된 것은 아니지만 젠투펭귄은 매년 번식기 환경에 따라 턱끈펭귄보다 번식 시기를 더 유연하게 조정하는 것으로 생각된다. 2012/13년 이후로 두 펭귄 모두 평균부화일의 유의미한 변화가 나타나지 않았다(젠투펭귄 - F_{11}=0.73, p=0.41; 턱끈펭귄 - F_{11}=4.05, p=0.07; 그림 1-1-24).

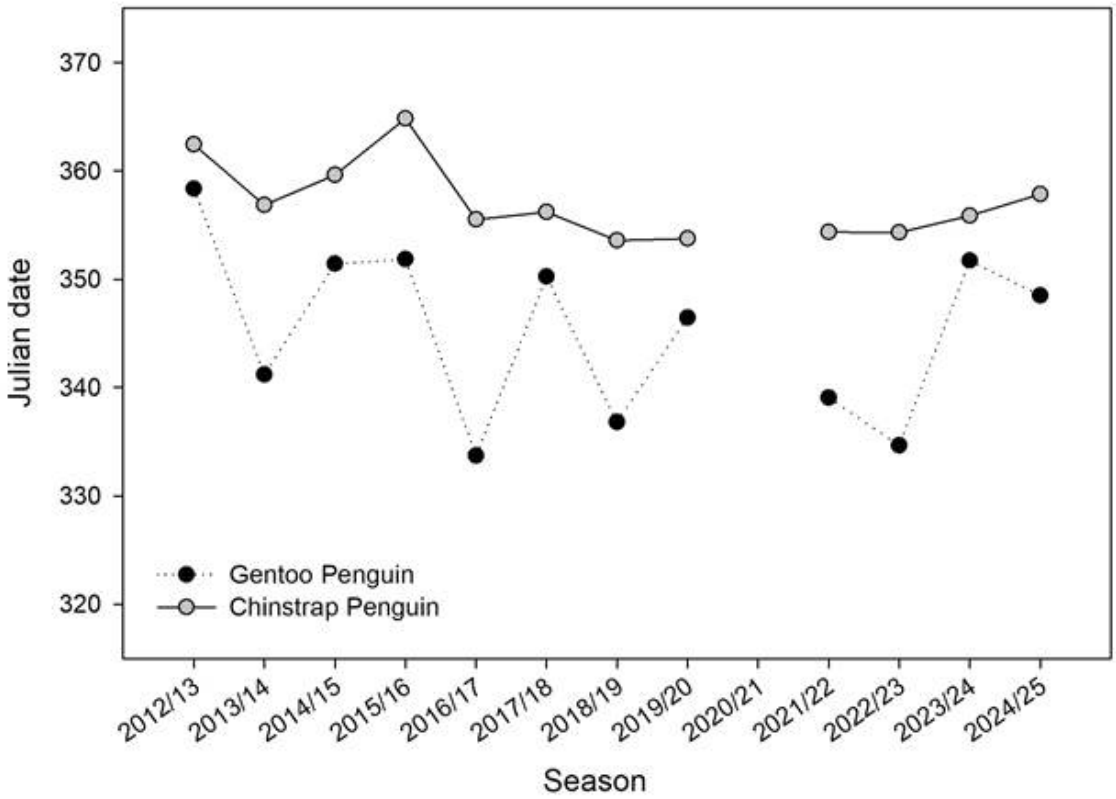


그림 1-1-24. 젠투펭귄(●)과 턱끈펭귄(●)의 평균부화일의 연간변동

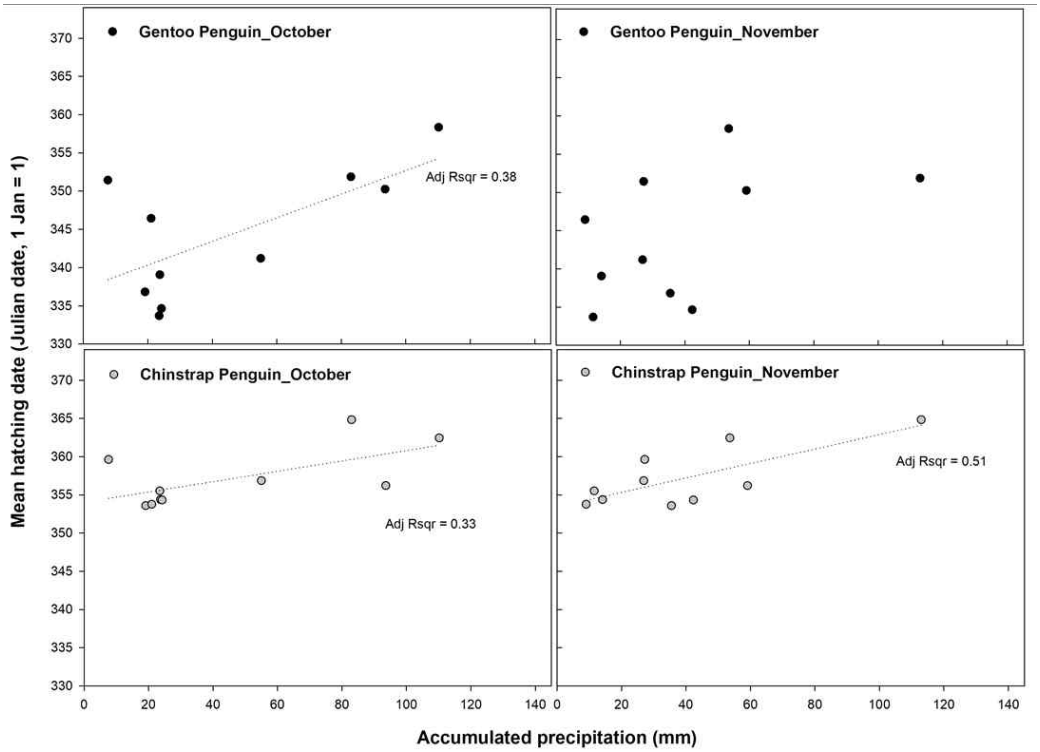


그림 1-1-25. 2012/13 - 2022/23까지 번식 초기인 10월(왼쪽), 11월(오른쪽) 월별 누적강수량과 젠투펭귄(위), 턱끈펭귄(아래)의 평균부화일

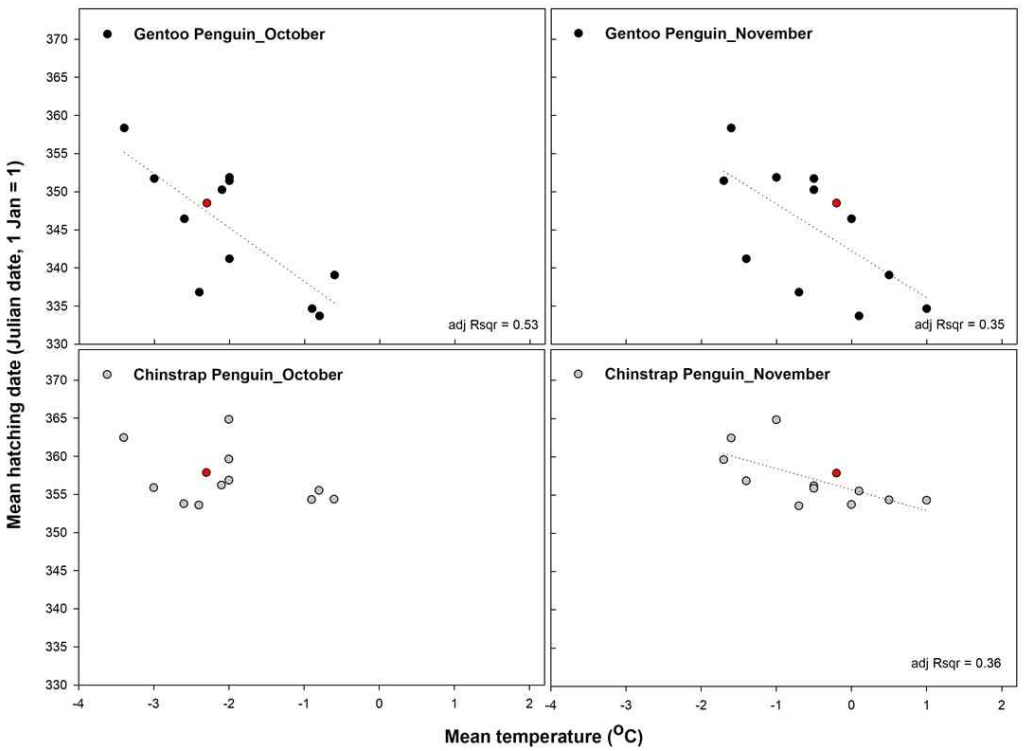


그림 1-1-26. 2012/13 - 2024/25까지 번식 초기인 10월(왼쪽), 11월(오른쪽) 월평균기온과 젠투펭귄(위), 턱끈펭귄(아래)의 평균부화일. 2024/25 자료(●)

두 펭귄의 평균부화일을 펭귄들의 번식지 도래일 및 번식 초기인 10월과 11월의 강수량, 평균기온과 비교하였다. 통계적으로 유의한 경우 점선으로 회귀직선을 표시하고 조정된 결정계수(R 제곱값)를 같이 표시하였다(그림 1-1-25, 1-1-26). 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.

KOPRI
극지연구소

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

그림 1-1-27. 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 1-1-27. 남극특별보호구역(ASPA 171)표지판 기준 적설량의 연도별 변화(왼쪽) 및 펭귄 마을 집단번식지 내 적설면적의 연도별 변화(오른쪽) (계속)

2021/22		
	2021년 12월 5일	2021년 12월 6일
2022/23		
	2022년 12월 3일	2022년 12월 3일
2023/24		
	2023년 12월 4일	2023년 12월 4일
2024/25		
	2024년 12월 6일	2024년 12월 6일

그림 1-1-27. 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*), 윌슨바다제비(*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, 번식 상태 등을 기록하였다.

2024/2025년 펭귄마을 내 젠투펭귄과 턱끈펭귄을 제외한 기타 조류의 번식 현황을 조사한 결과, 남방큰풀마갈매기, 윌슨바다제비, 검은배바다제비, 칼집부리물떼새, 남방큰재갈매기, 남극제비갈매기, 갈색도둑갈매기 7종의 번식을 확인하였다(표 1-1-7, 그림 1-1-28, 1-1-29).

종별 번식지표를 조사한 결과, 남방큰풀마갈매기는 총 45쌍이 번식하였고, 45개 둥지에서 1개씩의 알을 산란하였으며, 1월 말 총 29개 둥지에서 각각 1마리씩 부화한 새끼가 확인되었고, 9개 둥지는 번식에 실패하였으며, 7개 둥지는 아직 알을 품고 있었다. 윌슨바다제비와 검은배바다제비의 경우 정확한 번식 개체수는 알 수 없었으나 바위 틈에서 번식기 울음소리가 들렸으며, 둥지 근처에서 1회의 야간 관찰 및 청음조사를 실시하여 각각 최소 45쌍, 1쌍의 번식쌍 수를 확인했다. 칼집부리물떼새는 총 8개의 둥지를 확인했으며, 이 중 2개 둥지에서는 둥지 장식은 확인했으나 산란을 확인하지 못하였고, 1개 둥지는 접근이 불가능한 위치였다. 따라서 당해 번식에 참여한 둥지는 총 6개로 평균 한배산란수는 2.00±0.71개(n=5)로 나타났다. 남극도둑갈매기는 기존의 번식지 주변에서 일부 개체는 확인되었으나 그 수가 작년보다 적었고, 방어 행위를 보이거나 산란한 둥지는 전체 조사기간 동안 발견하지 못했다. 갈색도둑갈매기의 경우 2개의 둥지에서 각각 1개, 2개의 알을 산란하였으며, 각 1마리의 새끼가 성장 중인 것을 확인했다.

표 1-1-7. 2024/25년 펭귄마을 내에서 번식하는 조류의 종 및 번식 지표

종 명	학 명	둥지수	한배산란수 (둥지수)	유조수 (둥지수)	기준일
남방큰풀마갈매기	*Macronectes giganteus*	45	1.00±0.00 (n=45)	0.76±0.43 (n=38)	2025-01-17
*월슨바다제비	*Oceanites oceanicus*	>45	-	-	2025-01-17
*검은배바다제비	*Fregetta tropica*	>1	-	-	2025-01-17
칼집부리물떼새	*Chionis albus*	6	2.00±0.71 (n=5)	0.60±0.55 (n=5)	2025-01-26
남방큰재갈매기	*Larus dominicanus*	3	2.00±1.00 (n=3)	1.67±0.58 (n=3)	2025-01-17
남극제비갈매기	*Sterna vittata*	6	1.50±0.55 (n=6)	0.67±0.58 (n=3)	2025-01-12
남극도둑갈매기	*Stercorarius maccormicki*	0	-	-	2025-01-26
갈색도둑갈매기	*Stercorarius antarcticus*	2	1.50±0.71 (n=2)	1.00±0.0 (n=2)	2025-01-26

*월슨바다제비와 검은배바다제비는 1회의 야간 번식지 조사에서 직접 관찰 및 청음조사를 통해 번식 둥지수를 추정함

*남극제비갈매기는 부화 후 곧 둥지를 떠나 바위틈에 은신하여 살아가기 때문에 정확한 유조의 생존수를 확인하기 어려우나, 2개 둥지에서 각 1마리의 부화한 유조를 확인하였고 1개 둥지에서 사망한 유조 1개체를 확인하였음

2024/25년도에 번식한 남극도둑갈매기 둥지 수는 확인되지 않았고 갈색도둑갈매기만 2개의 둥지가 확인되어, 작년 및 재작년에 비해 크게 감소했다(표 1-1-7, 1-1-8). 기존 문헌에 따르면 킹조지섬 내의 남극도둑갈매기의 개체수가 다른 종과 달리 안정적으로 유지되는 것으로 보고되며(Krietsch et al. 2016), 2006/07년도 이후부터의 조사결과에 따르면 펭귄마을의 남극도둑갈매기 번식 둥지수는 2-3년 간격으로 비교적 주기적인 증감 현상을 보이는 것으로 추정된다. 지난 23/24년 번식기에 남극도둑갈매기의 번식지 주변에 12월 말까지 눈이 녹지 않는 등의 영향으로 번식을 시도한 10개 둥지가 모두 번식에 실패했던 것이 24/25 번식기 둥지수에 영향을 미쳤을 수 있다. 한편 연도별 변동이 크기 때문에 번식 결과가 개체군의 변화에 미칠 영향을 파악하기 위해서는 앞으로 둥지수의 지속적인 모니터링과 함께 번식 성공률 등의 지수를 함께 고려할 필요가 있다.

남방큰풀마갈매기는 번식 둥지수가 점차 증가하여 2019/20 번식기 이후로 약 40여 둥지가 유지되고 있다. 남방큰재갈매기와 칼집부리물떼새는 올해 각각 3쌍과 6쌍이 번식하였으며, 2006/2007년부터 적은 수의 쌍만이 번식하여 번식 둥지 수의 큰

변화는 없는 것으로 보인다. 다만, 칼집부리물떼새의 경우 포란을 확인하진 못했지만 번식 쌍을 이루고 둥지 장식을 하는 둥지가 2개 추가로 있었으며, 비번식 개체의 수가 작년보다 많이 관찰되어 향후 번식 둥지수가 증가할 수 있을 것으로 예상된다. 남극제비갈매기의 경우, 2013/14년 이후부터 매우 적은 수의 쌍만 번식을 시도하거나 번식 둥지가 관찰되지 않다가 이번 번식기에 6둥지가 번식하는 것을 확인했으며, 개체수 또한 예년에 비해 크게 증가해 특히 1월 말에는 한번에 54개체가 발견되기도 했다. 남극제비갈매기는 2006/07년 41쌍의 번식 둥지수를 보였다가 이후 급감한 것으로 볼 때, 상위포식자인 남방큰풀마갈매기와 도둑갈매기류의 번식 쌍수 증가에 따른 포식압 증가, 해안 지역을 따라 이동하는 연구인력에 의한 간섭 등으로 인해 펭귄마을 내에서의 번식을 포기하고 다른 지역으로 번식지를 옮겼을 가능성도 있다.

KOPRI
극지연구소

표 1-1-8. 펭귄마을에서 번식하는 조류의 연도별 둥지 수 변화

종 명	학 명	둥지수														
		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	2024/25
남방큰풀마갈매기	*Macronectes giganteus*	9	12	11	15	36	23	10	22	18	26	46	34	41	35	45
윌슨바다제비	*Oceanites oceanicus*	19	>50	0	>5	>1	>1	>3	>2	>1	>7	>3	>3	>41	>132	>45
검은배바다제비	*Fregetta tropica*	0	>5	0	>1	0	>1	>1	>1	0	>1	0	>1	>3	>10	>1
칼집부리물떼새	*Chionis albus*	2	1	1	1	1	3	3	1	3	5	2	5	4	6	6
남방큰재갈매기	*Larus dominicanus*	6	5	5	3	0	2	0	0	0	0	0	2	3	2	3
남극제비갈매기	*Sterna vittata*	41	38	21	15	>1	6	2	>1	1	4	0	1	2	2	6
남극도둑갈매기	*Stercorarius maccormicki*	27	18	22	0	0	1	47	43	47	7	7	24	34	10	0
갈색도둑갈매기	*Stercorarius antarcticus*	4	5	5	4	7	8	6	10	7	5	2	5	8	6	2
도둑갈매기 혼합번식쌍	*S. maccormicki* × *S. antarcticus*	0	1	1	0	0	0	3	7	1	3	0	3	1	1	0

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

*2024/25년도 윌슨바다제비와 검은배바다제비의 둥지수는 1회의 야간 번식지 직접 관찰 계수 및 청음조사를 통해 확인한 추정수임

KOPRI 극지연구소

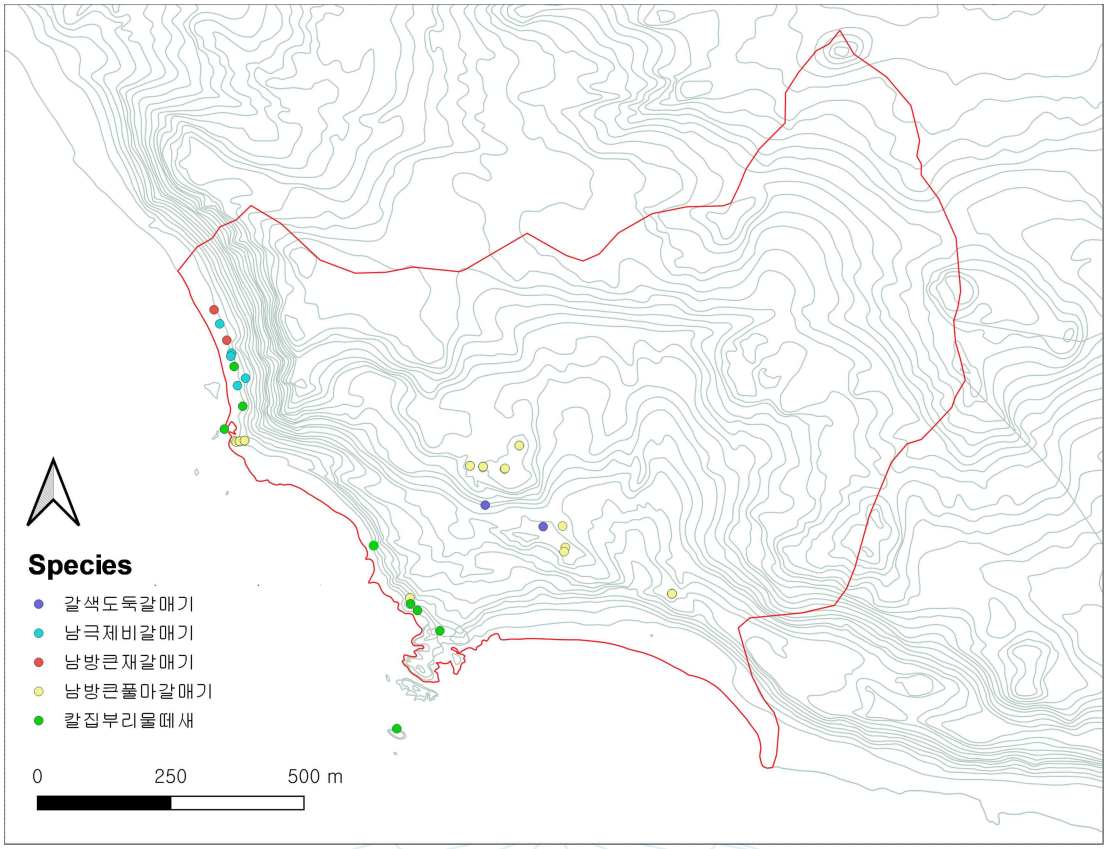


그림 1-1-28. 펭귄마을에서 번식한 갈색도둑갈매기(Brown Skua), 남극제비갈매기(Antarctic Tern), 남방큰재갈매기(Kelp Gull), 남방큰풀마갈매기(Southern Giant Petrel), 칼집부리물떼새(Snowy Sheathbill)의 둥지 분포

남극도둑갈매기

갈색도둑갈매기

칼집부리물떼새

남방큰풀마갈매기

남극제비갈매기

검은배바다제비

윌슨바다제비

남방큰재갈매기

그림 1-1-29. 펭귄마을의 번식조류

(라) 칼집부리물떼새 행동권 조사

칼집부리물떼새(*Chionis albus*)는 남극 대륙에서 번식하는 유일한 육상 조류로, 주로 펭귄 번식지 주변에서 기회주의적으로 먹이를 확보하며 척박한 남극 환경에 적응해왔다(Jones, 1963). 이들은 땅에 떨어진 크릴이나 펭귄의 배설물 등을 먹이 자원으로 활용하며, 펭귄의 번식 활동에 밀접하게 의존하는 특성을 보인다(Jones, 1963).

2024/25년 본 연구에서는 번식기 동안의 행동권 등 서식지 이용 특성 및 비번식기 이동경로 파악을 위해 펭귄마을(ASPA No. 171) 주변에서 총 10마리의 칼집부리물떼새를 포획해 GPS 추적장치(Flex II 4G MAX, Druid, China)를 부착했다(그림 1-1-30 – 1-1-31). 추적장치의 부착 방법은 테플론(Teflon) 리본을 사용해 등에 가방 형식(backpack)으로 고정했으며, 열이나 마찰에 의한 깃털 손상을 방지하고자 추적기 아래에 네오프렌 재질의 쿠션을 얇게 덧대었다(Kenward et al., 2001; Thaxter et al., 2014). 추적장치의 총 무게는 약 15g으로 각 개체 체중의 3% 미만일 경우에만 부착했다(Casper, 2009). 또한 날개 및 꼬리 길이, 체중 등을 기록하고 개체 식별용 금속 가락지와 플라스틱 유색가락지(color-ring)를 부착하였다. 위치 좌표의 샘플링 간격은 1시간으로 설정했으며, 수집된 좌표는 데이터 수집 허브(hub) 및 각 개별 추적기로부터 블루투스로 연결하여 다운받았다. 데이터 분석에는 QGIS 및 R 4.3.2 (R Core Team, 2024)을 이용했다. 또한 1월 말 개체를 재포획하여 부착했던 GPS 추적장치는 회수한 후 월동기 장거리 이동경로 파악을 위해 지오로케이터를 부척에 부착해 방사했다(그림 1-1-32). 지오로케이터는 25/26년 번식기에 회수하여 분석할 예정이다.

그림 1-1-30. 칼집부리물떼새(Snowy Sheathbill)에 부착한 GPS 추적장치(Flex II 4G MAX, Druid)

그림 1-1-31. GPS추적장치를 부착한 칼집부리물떼새의 모습

그림 1-1-32. 칼집부리물떼새에 부착한 지오로케이터(Mk4093, Lotek)

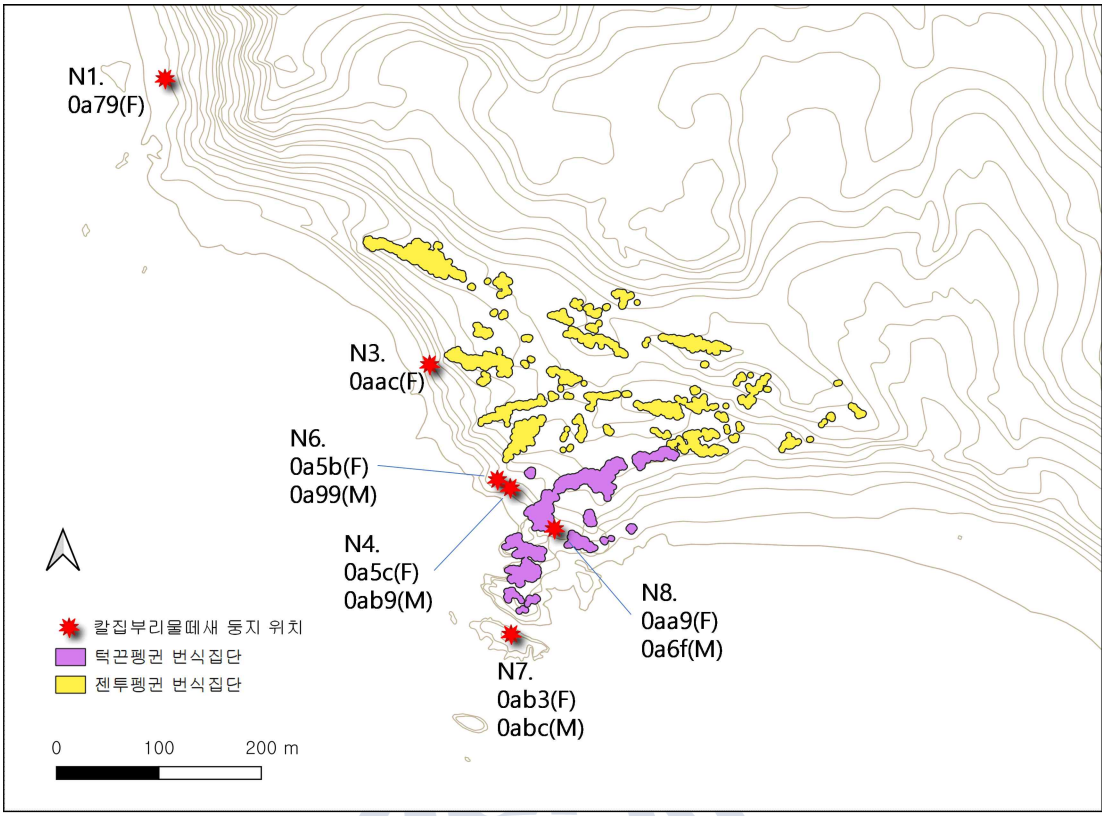


그림 1-1-33. ASPA No. 171 펭귄마을 주변 칼집부리물떼새의 개체별 둥지 위치 및 펭귄 번식집단 분포 모습

칼집부리물떼새의 서식지 이용 특성과 범위를 파악하기 위해 자기상관 커널밀도 함수(Autocorrelated Kernel Density Estimation, AKDE)와 MCP (Minimum Convex Polygon) 방법을 이용하여 행동권을 분석했다. 분석에는 칼집부리물떼새 암컷 6마리, 수컷 4마리를 대상으로 번식기 약 40일 동안 1시간 간격으로 수집된 GPS 좌표를 사용했다. 그 결과, 칼집부리물떼새의 행동권은 주로 펭귄 번식지 주변에 밀집되어 있었으며, 내륙 안쪽보다는 해안가 주변으로의 행동권 분포가 확인되었다(그림 1-1-34, 1-1-35). 이는 둥지를 트는 장소가 일반적으로 해안가 주변에 풍부한 바위틈이고, 번식기에 펭귄과 밀접한 관련을 맺고 살아가기 때문으로 판단된다. 95% AKDE 행동권 크기는 평균과 표준편차 1.93±2.10ha로 둥지가 펭귄 번식집단으로부터 가장 멀리 떨어진 0a79 개체(7.72ha)를 제외한 나머지 개체들은 모두 1-2ha 정도의 작은 행동권을 보였다(표 1-1-9, 그림 1-1-34, 1-1-35). 행동권 크기에 성별 간 유의미한 차이는 없었다(t-test, p=0.425). 0a79 개체는 가장 가까운 펭귄 번식 소집단과의 거리가 다른 개체들보다 멀었기 때문에 행동권이 둥지 주변과 펭귄 번식집단 지역으로 나뉘어 상대적으로 크게 나타난 것으로 생각된다.

표 1-1-9. ASPA No. 171 펭귄마을에서 번식하는 칼집부리물떼새의 행동권 크기 조사 결과

No.	ID	Nest No.-Sex	Tracking period			Interval (hours)	Used points	AKDE home range (ha)			95% MCP (ha)
			Start	End	Duration (days)			95%	75%	50%	
1	0a79	1-F	2024-12-09	2025-01-27	50	1	710	7.72	1.96	0.70	13.65
2	0aac	3-F	2024-12-15	2025-01-26	43	1	655	1.27	0.30	0.13	1.18
3	0ab9	4-M	2024-12-16	2025-01-26	42	1	538	0.89	0.25	0.12	0.96
4	0a5c	4-F	2024-12-16	2025-01-26	42	1	500	1.15	0.38	0.15	1.57
5	0a99	6-M	2024-12-22	2025-01-26	36	1	496	0.66	0.18	0.06	0.74
6	0a5b	6-F	2024-12-22	2025-01-26	36	1	493	1.19	0.33	0.13	1.02
7	0abc	7-M	2024-12-13	2025-01-27	46	1	1012	2.54	0.96	0.37	4.23
8	0ab3	7-F	2024-12-13	2025-01-27	46	1	1028	1.59	0.54	0.24	2.07
9	0a6f	8-M	2024-12-10	2025-01-26	48	1	614	1.28	0.44	0.19	1.59
10	0aa9	8-F	2024-12-13	2025-01-26	45	1	538	0.97	0.42	0.18	1.10
Median								**1.23**	**0.40**	**0.17**	**1.38**
Mean±SD (standard deviation)								**1.93±2.10**	**0.58±0.53**	**0.23±0.19**	**2.81±3.94**

KOPRI 극지연구소

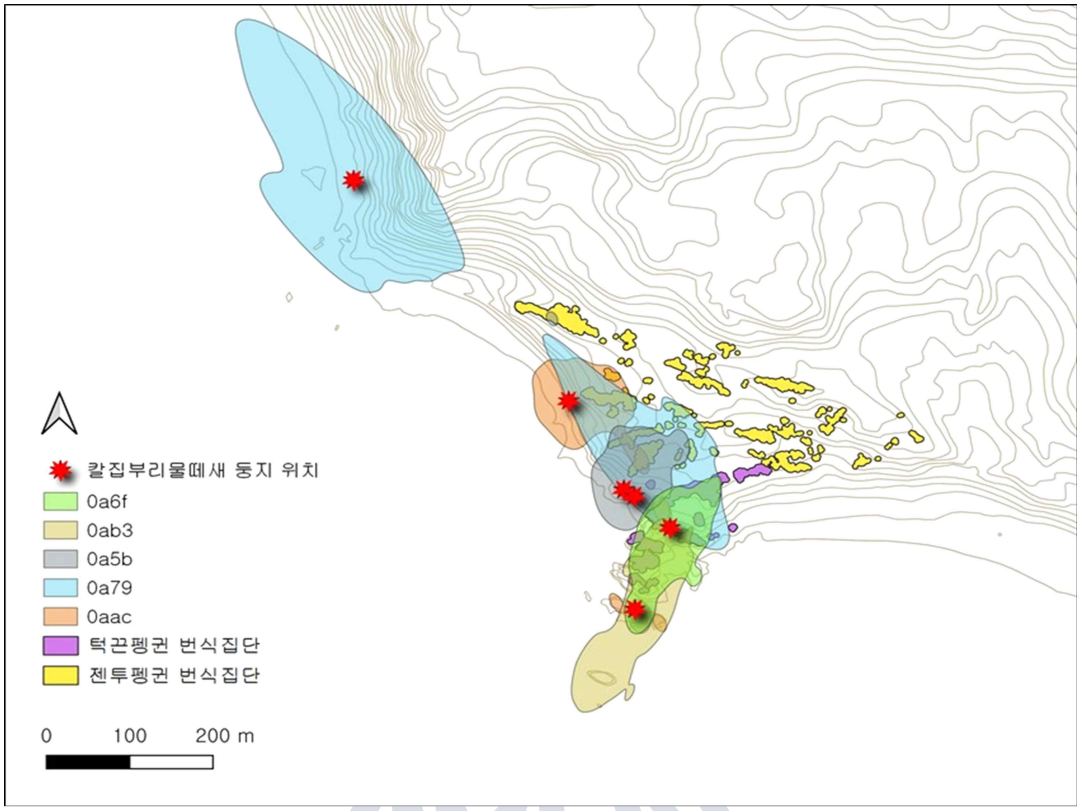


그림 1-1-34. 칼집부리물떼새의 AKDE 95% 행동권 범위(0a6f, 0ab3, 0a5b, 0a79, 0aac)

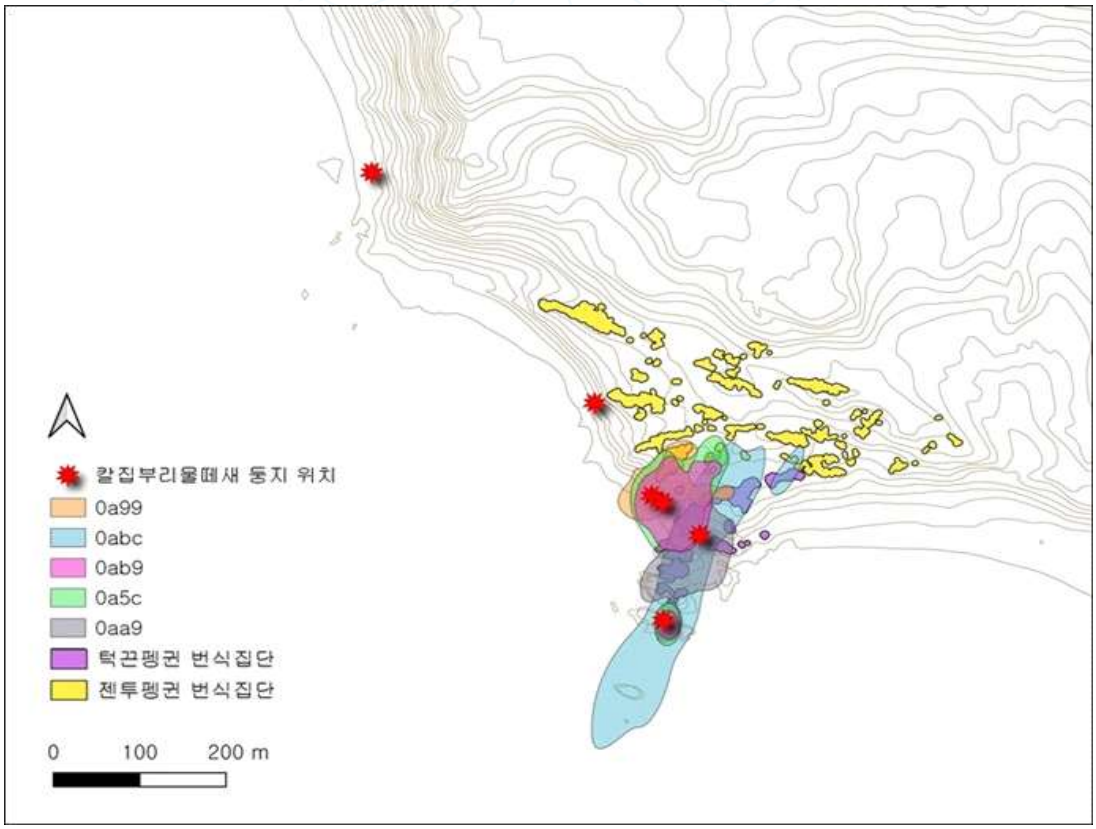


그림 1-1-35. 칼집부리물떼새의 AKDE 95% 행동권 범위(0a99, 0abc, 0ab9, 0a5c, 0aa9)

칼집부리물떼새의 행동권이 펭귄 번식집단과 얼마나 중첩되는지 확인하기 위해, QGIS를 사용하여 AKDE 95% 행동권과 젠투펭귄 및 턱끈펭귄의 번식집단 영역 간 중첩도 분석을 수행했다. 이때 펭귄 소집단 영역은 드론(Mavic 3T, DJI, China)으로 촬영한 이미지에 개별 둥지를 표시한 뒤 3m 버퍼를 적용하여 합친 이미지를 활용했다.

칼집부리물떼새의 95% AKDE 행동권 내에서 펭귄 번식집단과 중첩되는 면적의 비율은 평균과 표준편차 20.91±7.57%로 나타났으며, 상관분석 결과 칼집부리물떼새의 행동권에서 한 펭귄 종과의 번식집단 중첩도가 증가하면 다른 펭귄 종과의 중첩도는 감소하는 경향이 있는 것으로 나타났다(그림 1-1-36, r=-0.531, p=0.017). 이는 칼집부리물떼새가 한 종의 펭귄 번식지를 충분히 이용할 수 있는 경우, 다른 펭귄과의 중첩이 줄어드는 양상을 보임을 시사한다.

또한 칼집부리물떼새의 펭귄 종 선호 특이성이 있는지, 둥지 위치에 따라 주로 이용하는 펭귄 종의 차이를 다중회귀분석을 이용해 확인했다. 이를 위해 둥지로부터 젠투펭귄과 턱끈펭귄 번식지와의 최소거리를 각각 독립변수로 설정하고, 칼집부리물떼새의 펭귄별 행동권 중첩 비율을 종속변수로 설정했다. 분석 결과, 젠투펭귄 번식집단과의 거리는 젠투펭귄과 칼집부리물떼새의 행동권 중첩 비율에 유의미한 영향을 주었으며(그림 1-1-37, R^2 = 0.656, p = 0.008), 젠투펭귄 번식지와의 거리가 가까울수록 행동권 내 중첩도가 증가하는 경향을 보였다. 반면, 턱끈펭귄 번식집단과의 거리는 턱끈펭귄과 칼집부리물떼새의 행동권 중첩과의 관계가 통계적으로 유의미하지는 않았다(그림 1-1-38, R^2 = 0.336, p = 0.102).

KOPRI 극지연구소

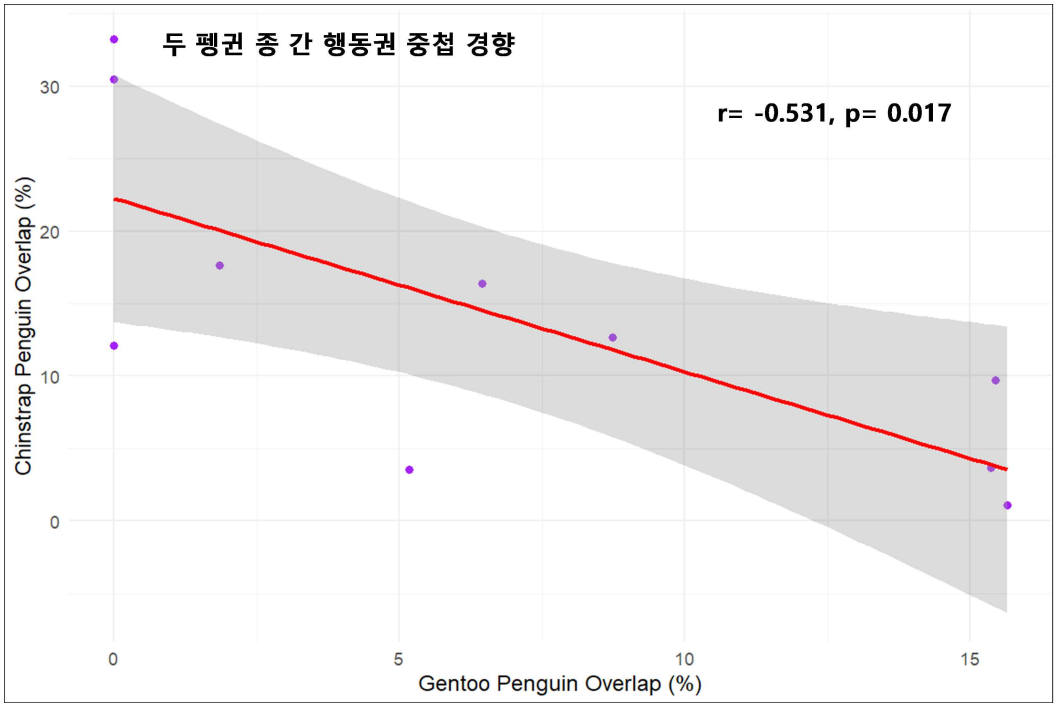


그림 1-1-36. 칼집부리물떼새 개체별 AKDE 95% 행동권과 두 펭귄 종(젠투펭귄 VS 턱끈펭귄) 번식집단 간의 중첩 비율

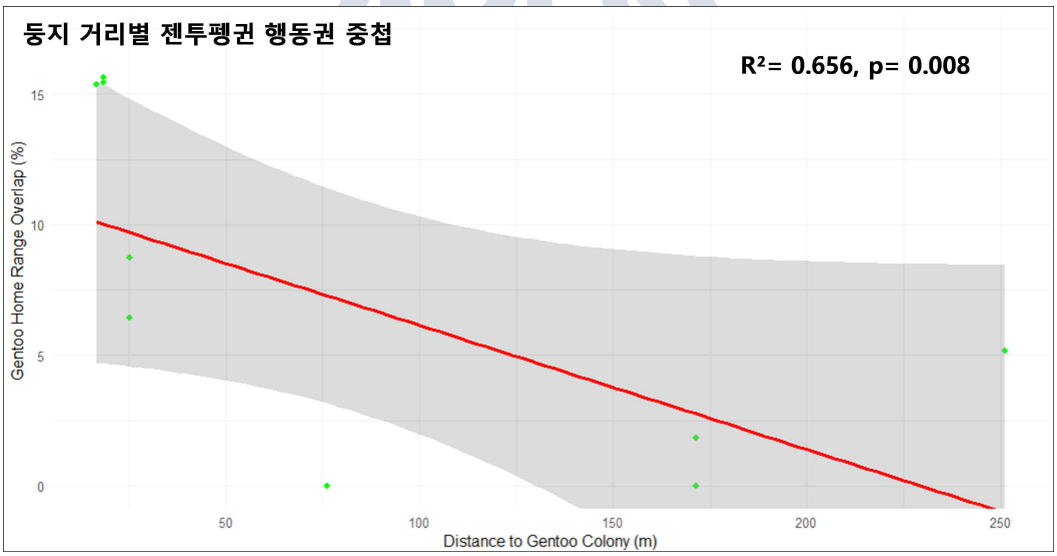


그림 1-1-37. 칼집부리물떼새의 둥지 거리별 젠투펭귄 번식집단과 행동권 중첩 비율

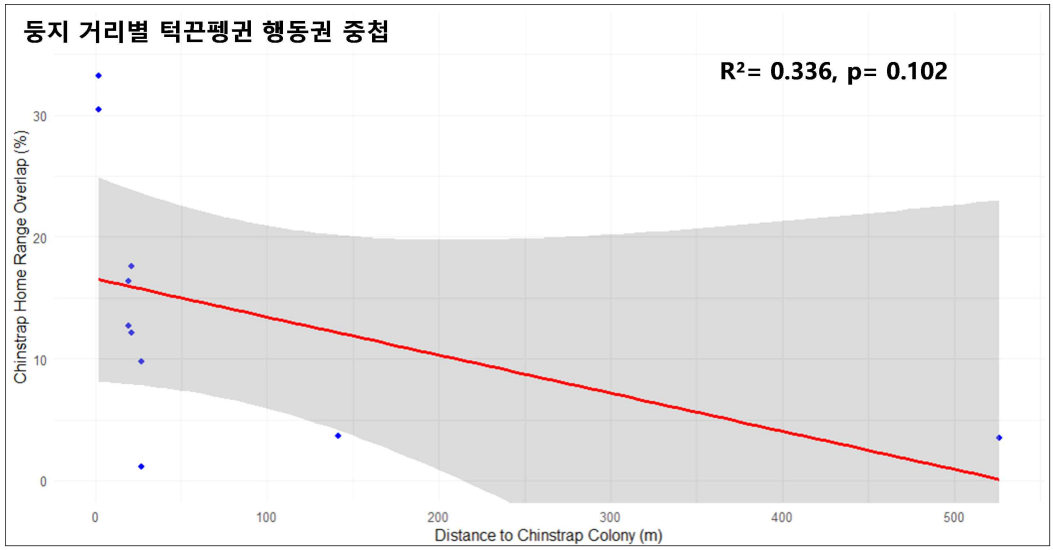


그림 1-1-38. 칼집부리물떼새의 둥지 거리별 턱끈펭귄 번식집단과 행동권 중첩 비율

본 연구 결과를 종합하면, 칼집부리물떼새는 번식기에 펭귄과 밀접한 관련을 맺고 있으며, 조건이 충족된다면 요구하는 서식지의 면적의 크기 자체는 작은 것으로 보인다. 또한 특정 펭귄 종을 선호하기보다는 둥지가 위치한 지리적 조건에 따라 행동권 내에서 가까운 펭귄 서식지를 주로 활용하는 경향이 강한 것으로 판단된다. 그러나 일반적으로 해안 근처 바위틈과 같은 둥지 장소가 턱끈펭귄의 번식 장소와 더 일치하기 때문에, 턱끈펭귄과 더 밀접한 상호작용을 맺을 가능성이 있다.

과거 Signy Island 연구에서는 칼집부리물떼새가 번식시기가 빠른 아델리펭귄보다는 둥지에 가까우면서 번식이 상대적으로 느린 턱끈펭귄의 번식 사이클에 맞춰 활동하는 경향을 보였다(Jones, 1963). ASPA No. 171 펭귄마을 지역에서는 젠투펭귄과 턱끈펭귄 두 종만이 번식하고, 젠투펭귄의 번식시기는 턱끈펭귄보다 빠르지만 아델리펭귄보다는 늦은 것으로 알려져 있다. 현재 칼집부리물떼새의 주요 육추 시기는 두 펭귄 종 모두 새끼들이 이소하여 보육원을 형성하는 시기와 대략적으로 일치하는 경향을 보인다. 하지만 최근 기후변화의 영향으로 인해 펭귄마을 내 젠투펭귄의 번식 시기는 연간 변동성이 커지고 있으며, 턱끈펭귄의 개체수는 지속적으로 감소하는 추세를 보이고 있다. 따라서 앞으로 칼집부리물떼새의 번식 주기와 젠투펭귄 및 턱끈펭귄의 번식주기 간의 관계 및 번식성공률 등을 정밀하게 연구할 필요가 있다. 또한, 행동권 분포 범위를 보면 칼집부리물떼새는 내륙 안쪽 깊은 곳의 펭귄 번식집단을 이용하기보다는 해안선을 따라 그 주변 펭귄 번식집단을 이용하는 경향이 있으며, 이는 둥지 위치뿐만 아니라 해안에서의 해조류 등의 먹이 확보, 다른 종과의 경쟁 회피, 목욕 및 기타 다양한 활동과도 관련이 있을 가능성이 높다. 향후 연구에서는 칼집부리물떼새의 서식지 선택과 먹이확보 전략을 보다 구체적으로 분석하고, 기후변화가 펭귄과 칼집부리물떼새 간의 상호작용에 미치는 영향을 장기적으로 평가할 필요가 있다.

(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(8×25, 10×30)과 육안을 통해 관찰된 조류와 기각류의 종과 개체수를 조사일 별로 기록하였다. 또한 정기 동물상 모니터링 조사 외에 관찰된 종을 함께 포함하여 전체 출현종 목록을 작성하였다.

펭귄마을의 조류상 조사결과, 번식 조류 이외에도 아델리펭귄, 마카로니펭귄, 남극가마우지, 알락풀마갈매기, 북극제비갈매기 5종의 비번식 조류가 확인되었다. 따라서 2024/2025년 번식기 펭귄마을 내에는 젠투펭귄, 턱끈펭귄을 포함하여 총 10종의 조류가 번식하였으며, 15종이 출현한 것으로 확인되었다 (표 1-1-10, 그림 1-1-39). 남극도둑갈매기의 경우 포란 중인 둥지를 확인하지 못했으나, 번식을 시도했다가 실패했을 가능성이 있으며, 북극제비갈매기는 16/17년 번식기 이후 8년 만에 다시 관찰됐다. 기각류의 경우, 남방코끼리물범과 게잡이물범 2종이 확인되었으며 (표 1-1-11), 모두 보호구역 해안가를 간헐적인 휴식지로 이용하는 것이 관찰되었다. 월슨바다제비와 검은배바다제비는 24/25년 번식기의 경우 이전 두 번식기와 달리 포획 및 가락지부착 작업을 하지 않고 야간에 현장 관찰 및 소리 동정을 통해서 서식 여부를 파악했다. 종합할 때 2012/13년도 이후로 현재까지 펭귄마을에 출현한 조류는 총 19종, 포유류는 총 5종으로 기록되었다(표 1-1-12).

KOPRI 극지연구소

표 1-1-10. 펭귄마을의 기타 조류상 조사 결과

종 명	학 명	2024-12-07	2024-12-17	2024-12-22	2024-12-31	2025-01-05	2025-01-10	2025-01-17	최대 개체수
아델리펭귄	*Pygoscelis adeliae*			1					1
마카로니펭귄	*Eudyptes chrysolophus*				1				1
남방큰풀마갈매기	*Macronectes giganteus*		82		18	20	21	86	86
윌슨바다제비	*Oceanites oceanicus*		3		2	3	3	16 / *45	*45
검은배바다제비	*Fregetta tropica*							*1	*1
남극가마우지	*Phalacrocorax bransfieldensis*				1				1
알락풀마갈매기	*Daption capense*						1		1
칼집부리물떼새	*Chionis albus*		22		14	9	11	20	22
남방큰재갈매기	*Larus dominicanus*		4		6	6	6	8	8
남극제비갈매기	*Sterna vittata*		8		18	26	37	54	54
북극제비갈매기	*Sterna paradisaea*	3							3
남극도둑갈매기	*Stercorarius maccormicki*		11		2	2		9	11
갈색도둑갈매기	*Stercorarius antarcticus*		10		4	2	2	7	10

*월슨바다제비, 검은배바다제비를 대상으로 야간에 1회 번식지에서 관찰 및 청음 조사하여 기록된 번식쌍 추정수

KOPRI 극지연구소

표 1-1-11. 펭귄마을의 기각류 조사 결과

종 명	학 명	2024-12-07	2024-12-17	2024-12-22	2024-12-31	2025-01-05	2025-01-10	2025-01-17	2025-01-26	최대 개체수
게잡이물범	*Lobodon carcinophaga*			1						1
남방코끼리물범	*Mirounga leonina*		1		2		1		4	4

KOPRI 극지연구소

표 1-1-12. 2012/13년-2024/25년 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	2021/22	2022/23	2023/24	2024/25
조류(19종)													
아델리펭귄	*Pygoscelis adeliae*	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
젠투펭귄	*Pygoscelis pupua*	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
턱끈펭귄	*Pygoscelis antarcticus*	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
마카로니펭귄	*Eudyptes chrysolophus*	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○
록호퍼펭귄	*Eudyptes chrysocome*					○							
남방큰풀마갈매기	*Macronectes giganteus*	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
남방회색풀마갈매기	*fulmarus glacialoides*	○	○										
남극풀마갈매기	*Thalassoica antarctica*	○											
흰풀마갈매기	*Pagodroma nivea*	○											
월슨바다제비	*Oceanites oceanicus*	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
검은배바다제비	*Fregetta tropica*				●	●	○	●		●	●	●	●
남극가마우지	*Phalacrocorax bransfieldensis*	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
알락풀마갈매기	*Daption capense*	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○
칼집부리물떼새	*Chionis albus*	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
남방큰재갈매기	*Larus dominicanus*	●	○	●	○	○	○	○	○	●	●	●	●
남극제비갈매기	*Sterna vittata*	●	●	●	●	●	●	●	○	●	●	●	●
북극제비갈매기	*Sterna paradisaea*	○	○	○	○	○							○
남극도둑갈매기	*Stercorarius maccormicki*	○	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
갈색도둑갈매기	*Stercorarius antarcticus*	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
포유류(5종)													
표범물범	*Hydrurga leptonyx*		○	○	○	○				○	○		
웨델물범	*Leptonychotes weddellii*	○	○	○	○	○	○		○	○			
남방코끼리물범	*Mirounga leonina*	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
게잡이물범	*Lobodon carcinophaga*		○		○		○						○
남극물개	*Arctocephalus gazella*	○		○	○	○		○	○	○	○		

KOPRI 극지연구소

아델리펭귄

마카로니펭귄

남극가마우지

남방코끼리물범

게잡이물범

북극제비갈매기

그림 1-1-39. 2024/25년도 번식기 동안 펭귄마을에 출현한 조류와 포유류

다. 보호구역에 서식하는 펭귄의 생태 모니터링

(1) 펭귄의 취식지 이용현황 파악

(가) 연구 배경

젠투펭귄과 턱끈펭귄은 암컷과 수컷이 번갈아 가면서 알을 품고 새끼 부화 후 암컷과 수컷이 번갈아가며 사냥을 나가면서 육추를 진행한다. 육추기는 부모 자신의 영양상태를 유지하기 위한 먹이 활동 뿐만 아니라, 새끼에게 먹이 공급을 위한 섭식 활동을 하는 시기이기에 비교적 짧은 시간의 취식이동이 이루어진다 (Phillips et al. 2021). 따라서 바닷새의 취식생태는 번식 단계 (포란기와 육추기), 번식 상태 (부화와 이소의 성공 여부)에 따라 변화한다. 또한 펭귄은 먹이의 가용성에 따라 (Kokubun et al. 2021), 또한 종내 및 종간 경쟁에 따라 (Trivelpiece et al. 1987; Wilson 2010) 취식영역과 취식여행시간이 변화할 수 있다. 종의 생존율과 개체군 동향을 파악하기 위해서는 취식 생태에 영향을 주는 요인들을 파악하고, 번식과의 상호작용을 확인할 필요가 있다. 펭귄의 번식 개체군 변동 예측을 위해서는 번식기 동안의 번식지 환경 요인과 주요 취식지의 해양환경 등이 취식 생태에 미치는 영향에 대한 이해가 선행되어야 한다. 본 조사에서는 젠투펭귄과 턱끈펭귄에게 위치추적장치 및 잠수기록계를 부착하여 포란기와 육추기 동안의 두 종의 이동경로, 이동시간과 주요 섭식장소 등을 분석하였다. 이를 통해 번식단계에 따른 변화 여부를 파악하였으며, 나아가 종내 및 종간 경쟁 여부를 확인하고자 하였다.

(나) 조사 대상 종 및 방법

젠투펭귄은 키 51-90cm, 암컷 무게 평균 5.2kg, 수컷 무게 평균 5.6kg 으로 펭귄과에서 황제펭귄과 임금펭귄 다음으로 큰 펭귄이다. 개체에 따른 차이가 존재하나 일반적으로 수컷이 암컷보다 크며, Lee et al. (2015)에 따르면, 부리높이, 부리길이, 가운데발가락길이, 날개길이의 차이가 확연하여 이들의 측정치로 성별을 구분할 수 있다. 전세계에 774,000개체의 성조가 (Lynch 2013) 46 – 65 S° 에 넓게 분포하고 있는 것으로 추정되며 (Ancel et al. 2013), 전체적으로 개체군이 안정적인 것으로 여겨져 IUCN Redlist에 Least Concern으로 등록 되어 있다 (BirdLife International, 2022).

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

젠투펭귄 및 턱끈펭귄 추적은 Axy-Trek Marine (Technosmart, Italy; 무게69g, 이하 TS) 로거를 이용하였으며, 1분에 한번씩 한번씩 위성으로부터 얻어진 GPS 좌표를 기록하고, 매초 잠수깊이를 기록하도록 설정하였다. 자료 수집은 베이스스테이션을 둥지 근처에 설치하여, 추적 개체가 둥지를 지키는 동안 자료가 원격으로 베이

KOPRI 극지연구소

스스테이션으로 저장되는 방식을 이용하였다. 로거 탈착은 부착일로부터 5일째, 배터리가 3.8V 이하로 떨어질 때쯤부터 진행하였다.

로거부착을 위해 펭귄을 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 연구자 1인이 보정하였다. 동시에 다른 연구자가 등 부위 깃털 아래에 방수테이프(Tesa® tape)와 접착제를 사용하여 로거를 부착하였다. 불필요한 작업을 줄이기 위해, 개체마다 천연염색약으로 가슴이나 배 쪽에 번호를 써 개체 식별이 쉽게 되도록 하였고, 로거 위에도 둥지번호, 로거번호, 로거 부착일을 기록하였다. 탈착시 동일한 방법으로 펭귄을 포획하여 로거를 탈착하고 측정하였다. 이후 가능한 연속적으로 로깅이 될 수 있도록 새로운 로거를 부착하였다. 포획한 개체들은 측정치를 통해 1차적으로 성별을 판별하였고, 귀국 후 깃털 샘플의 DNA 분석을 통해 최종 성판별을 수행하였다.

바이오로거로부터 획득된 GPS 좌표를 csv형식의 파일로 변환하고 QGIS와 R 4.2.2 (R Core Team 2022)을 활용하여 취식이동거리, 취식이동시간, 최대 이동거리를 판단하였다. 펭귄은 번식기 동안 둥지를 중심으로 취식이동이 이루어지며 2일 이상 추적이 되었을 때 여러 번의 취식이동이 포함될 수 있다. 따라서, 최소 이동거리 1km 이상, 최소 여행시간 3시간 이상일 경우만 취식이동으로 판별하였다.

취식행동에 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.

취식잠수가 이루어진 좌표를 바탕으로 주요 취식 영역을 분석하기 위해 커널밀도함수를 이용한 행동권 분석을 수행하였다. R package “adehabitatHR”로 포란기 젠투펭귄, 턱끈펭귄의 핵심 취식지(KDE 50%)와 육추기 두 펭귄 종의 핵심 취식지를 시각화하였다.

수심자료는 MTdive (Jansen software, Germany)를 사용하여 평균 잠수 시간 (초), 평균 잠수 깊이 (m)을 확보하여 동일한 일반화선형혼합모델분석을 이용해 종, 성별, 번식단계에 따른 차이를 분석하였다.

(다) 조사 결과

2024년 12월 1일부터 2025년 1월 19일까지 펭귄마을에서 번식하는 젠투펭귄 7쌍에 로거를 부착하였고, 각 개체는 최소 1번에서 최대 5번까지 반복해서 포획되었다. 수거를 실패한 2개체를 제외하면, 최소 14일에서 최대 50일까지 로거가 부착되었다 (부록 5, 6). 또한 2024년 11월 26일부터 2025년 1월 16일까지 펭귄마을에서 번식하는 턱끈펭귄 12쌍 2개체는 최소 2번에서 최대 6번까지 포획되었고, 기기가 손실된

4개체를 제외하면 로거부착 기간은 최소 11일에서 최대 40일이었다.

추적된 펭귄 개체의 위치데이터을 이용해 수집한 각 개체의 취식여행번호(둥지번호_개체번호_트랙번호), 둥지를 떠난 (출발) 날짜와 시간, 둥지로 돌아온 (도착) 날짜와 시간, 취식이동시간(시간), 총이동거리(km), 최대이동거리 (km), 시간당 평균이동거리 (km)를 부록 7과 부록 8에 제시하였다. 젠투펭귄 12개체로부터 총 115회의 온전한 취식이동 자료를 수집하였다. 포란기 동안의 취식이동 38회를 분석한 결과 젠투펭귄은 포란기동안 취식을 위해 27.76 ± 14.23 시간 동안 번식지에서 13.42 ± 7.90 km 떨어진 거리까지 총 61.07 ± 34.74 km 거리를 평균적으로 이동하였다. 포란기 동안 젠투펭귄은 취식을 위해 94.56 ± 12.70 초 동안 35.23 ± 9.09 m를 평균적으로 잠수하였다. 육추기 동안의 취식이동 77회를 분석한 결과 육추기 동안 취식을 위해 17.50 ± 5.84 시간 동안 번식지에서 20.25 ± 7.90 km 떨어진 거리까지 총 57.68 ± 18.36 km 거리를 평균적으로 이동하였다. 육추기 동안 취식잠수는 110.23 ± 14.74 초 동안 46.37 ± 14.20 m를 하였다 (표 1-1-13, 그림 1-1-40, 그림 1-1-41).

턱끈펭귄 24개체로부터 총 94회의 온전한 취식이동 자료를 수집하였다. 포란기 동안의 취식이동 51회를 분석한 결과 턱끈펭귄은 포란기동안 취식을 위해 55.24 ± 51.33 시간 동안 번식지에서 39.46 ± 27.20 km 떨어진 거리까지 총 148.49 ± 116.94 km 거리를 평균적으로 이동하였다. 포란기 동안 턱끈펭귄은 취식을 위해 73.50 ± 10.87 초 동안 27.14 ± 7.47 m를 평균적으로 잠수하였다. 육추기 동안의 취식이동 43회를 분석한 결과 육추기 동안 취식을 위해 17.59 ± 7.90 시간 동안 번식지에서 19.39 ± 13.25 km 떨어진 거리까지 총 54.62 ± 29.54 km 거리를 평균적으로 이동하였다. 턱끈펭귄은 취식을 위해 육추기에 84.74 ± 14.03 초 동안 38.11 ± 13.94 m를 평균적으로 잠수하였다 (표 1-1-13, 그림 1-1-40, 그림 1-1-41).

표 1-1-13. 젠투펭귄과 턱끈펭귄의 취식이동기록 분석 결과

종	번식단계	취식이동 횟수	취식이동 시간 (h)	취식이동거리 (km)	최대이동 거리 (km)	잠수깊이 (m)	잠수시간 (s)
젠투펭귄	포란기	38	27.76 ± 14.23	61.07 ± 34.74	13.42 ± 7.90	35.23 ± 9.09	94.56 ± 12.70
	육추기	77	17.50 ± 5.84	57.68 ± 18.36	20.25 ± 7.90	46.37 ± 14.20	110.23 ± 14.74
턱끈펭귄	포란기	51	55.24 ± 51.33	148.49 ± 116.94	39.46 ± 27.20	27.14 ± 7.47	73.50 ± 10.87
	육추기	43	17.59 ± 7.90	54.62 ± 29.54	19.39 ± 13.25	38.11 ± 13.94	84.74 ± 14.03

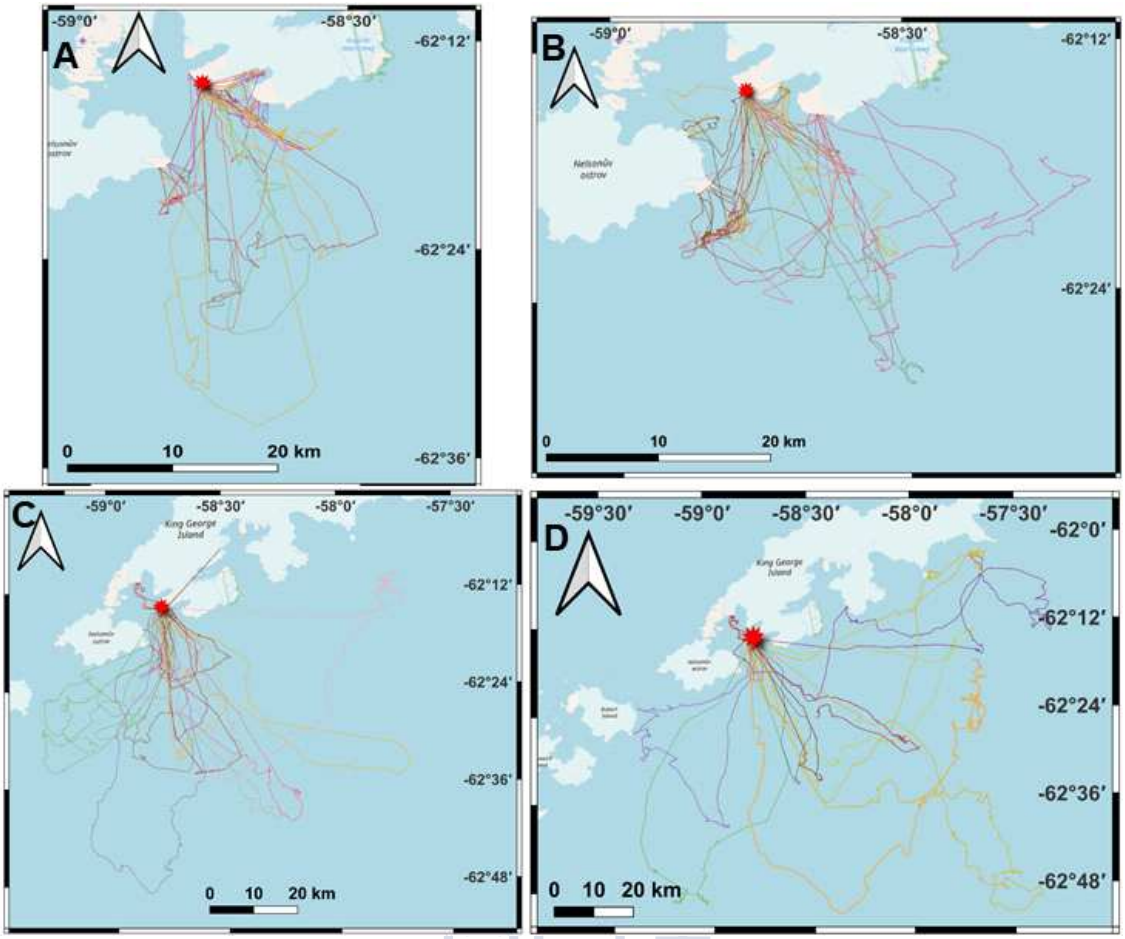


그림 1-1-40. 포란기 젠투펭귄과 턱끈펭귄의 성별에 따른 취식이동 지도. (A) 젠투펭귄 수컷 (B) 젠투펭귄 암컷 (C) 턱끈펭귄 수컷 (D) 턱끈펭귄 암컷

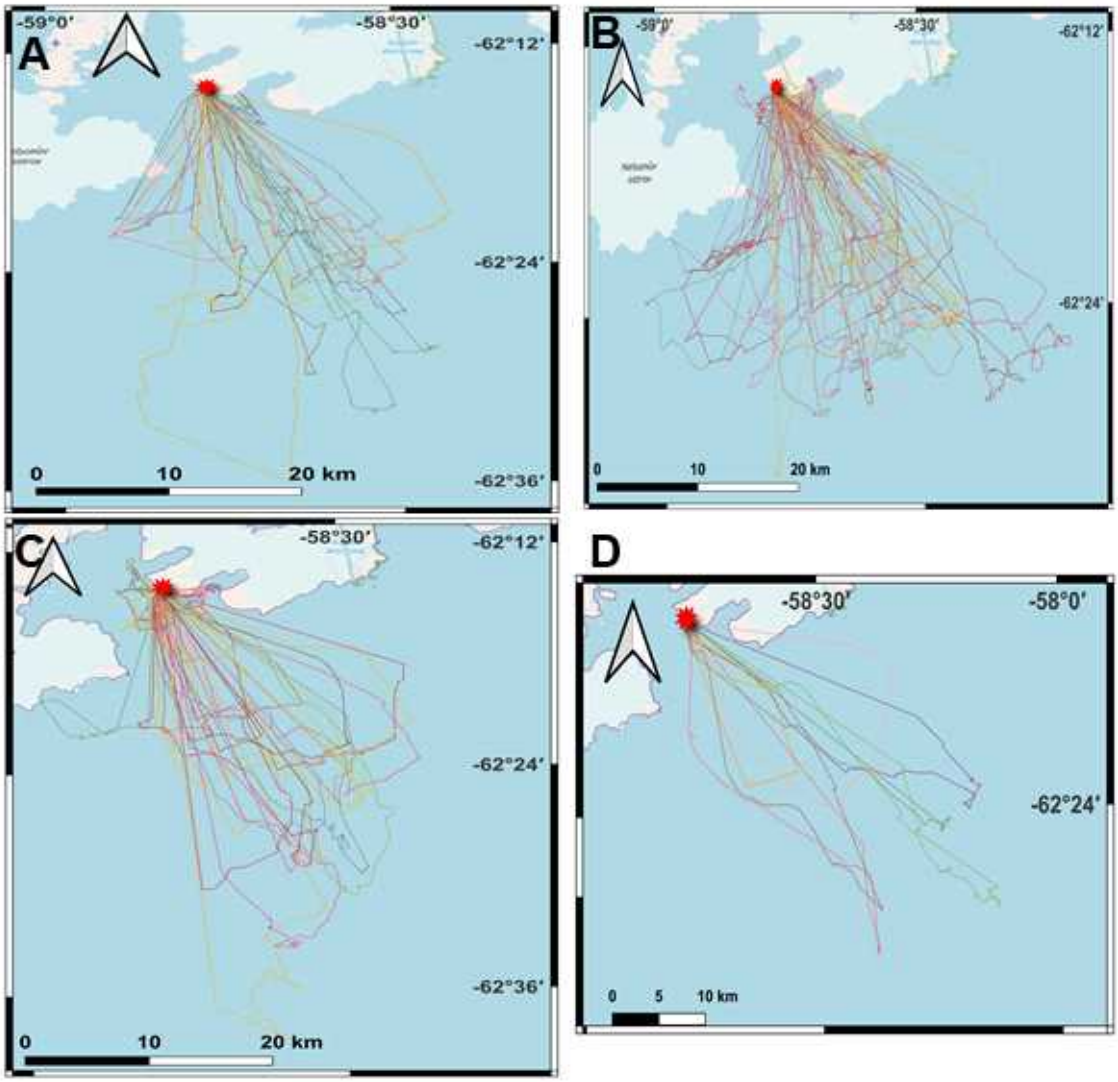


그림 1-1-41. 육추기 젠투펭귄과 턱끈펭귄의 성별에 따른 취식이동 지도. (A) 젠투펭귄 수컷 (B) 젠투펭귄 암컷 (C) 턱끈펭귄 수컷 (D) 턱끈펭귄 암컷

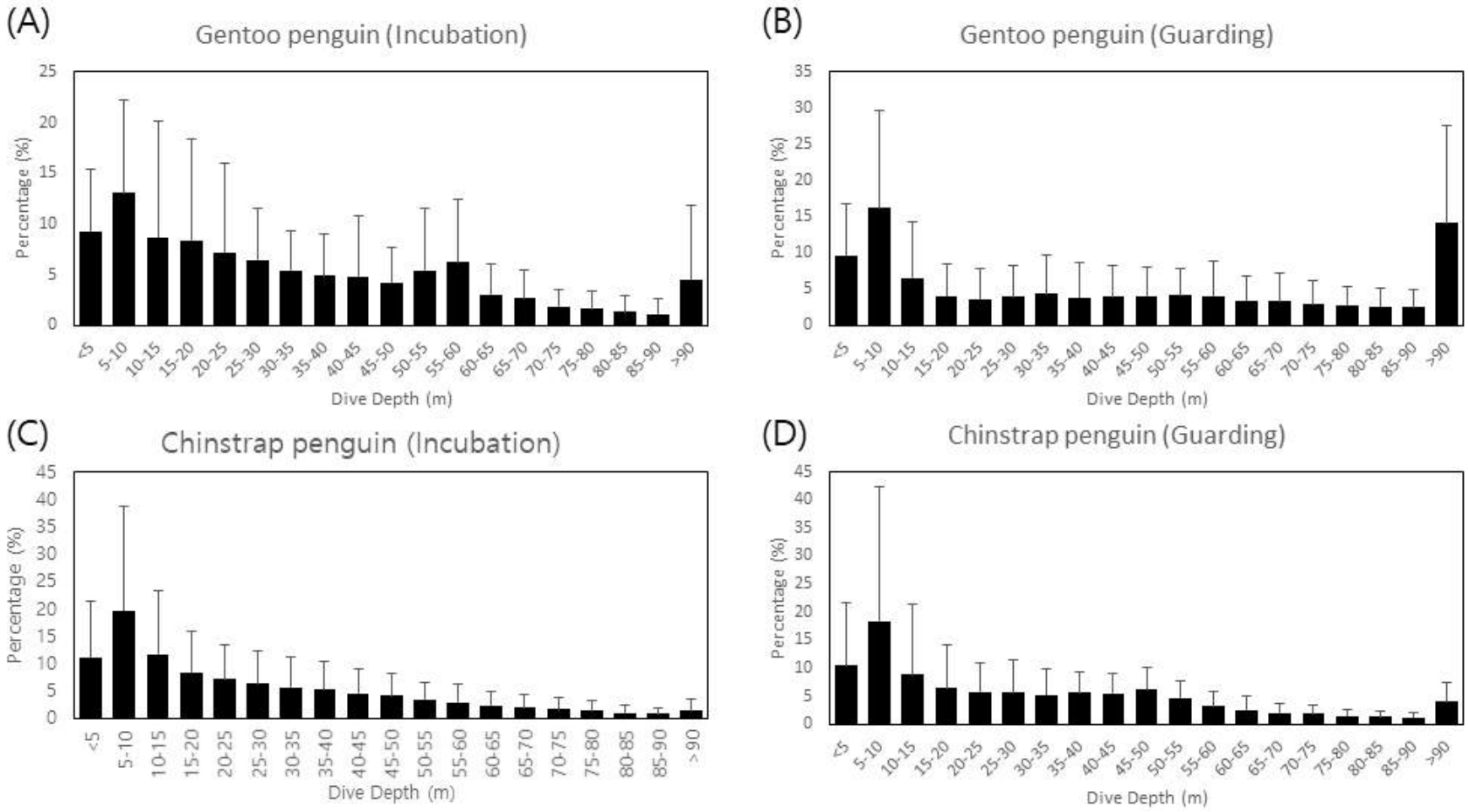


그림 1-1-42. 젠투펭귄과 턱끈펭귄의 취식 잠수 깊이 분포. (A) 포란기 젠투펭귄 (B) 육추기 젠투펭귄 (C) 포란기 턱끈펭귄 (D) 육추기 턱끈펭귄

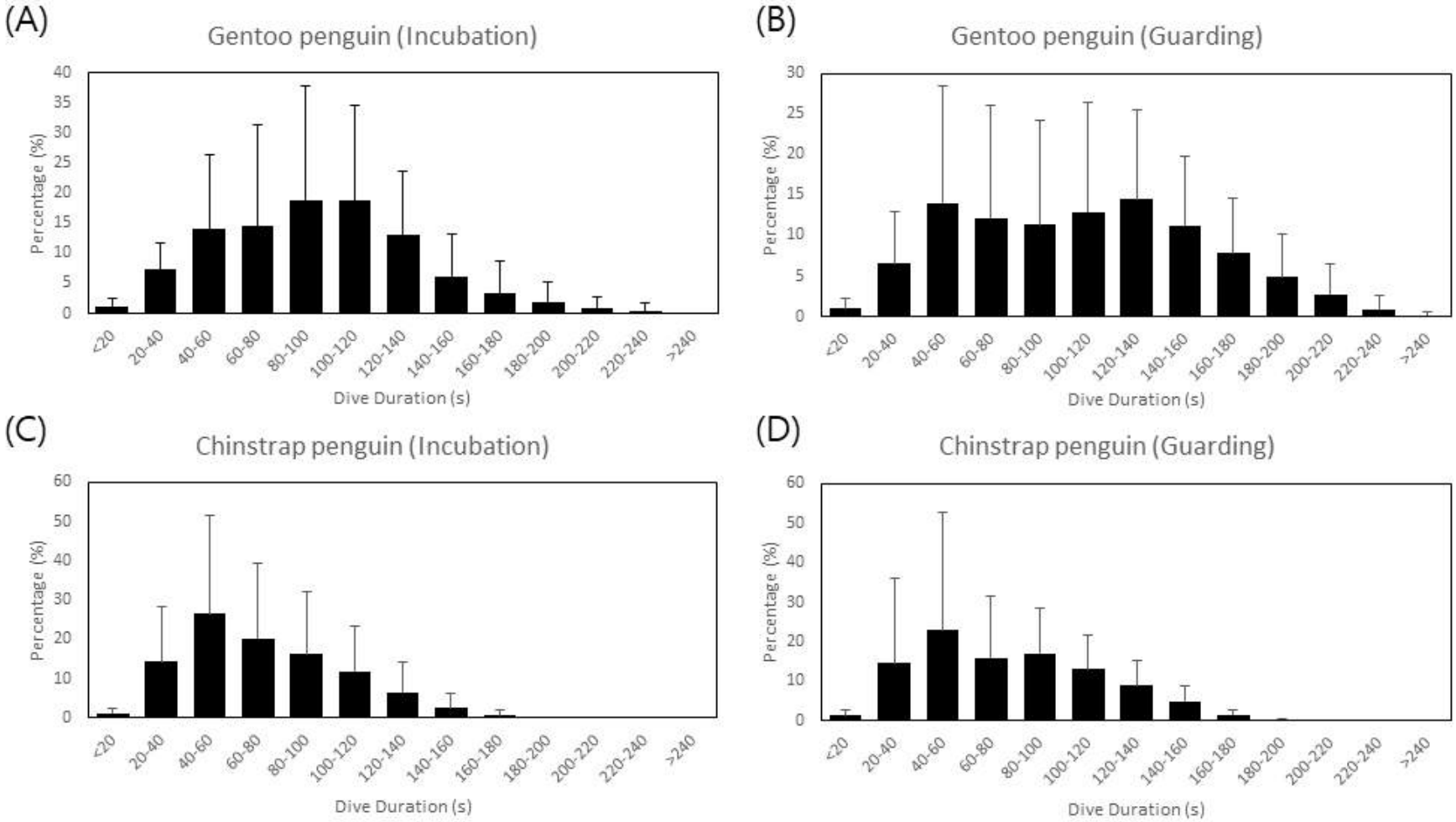


그림 1-1-43. 젠투펭귄과 턱끈펭귄의 취식 잠수 시간 분포. (A) 포란기 젠투펭귄 (B) 육추기 젠투펭귄 (C) 포란기 턱끈펭귄 (D) 육추기 턱끈펭귄

젠투펭귄과 턱끈펭귄 모두 암컷이 수컷보다 더 오랜시간 취식이동하며 멀리 있는 취식지로 이동하여 긴 거리를 이동하는 경향이 나타났으나, 뚜렷한 차이가 확인되지는 않았다(표 2). 반면, 성별과 번식단계, 둘 사이 교호작용이 취식이동에 유의한 영향을 주었다 ($p < 0.01$, 표 1-1-14). 취식이동시간은 두 종 모두에서 포란기보다 육추기에 짧게 나타났으며 ($p < 0.01$, 표 1-1-14), 포란기에는 턱끈펭귄이 젠투펭귄보다 더 오랜 시간 취식이동하였으나 육추기에는 유의한 차이를 보이지 않았다. 취식이동을 위해 이동한 최대이동거리는 포란기에 턱끈펭귄이 젠투펭귄보다 더 길었으나, 육추기에는 유의한 차이를 보이지 않았다. 또한, 턱끈펭귄은 포란기에 육추기보다 더 먼 곳에서 취식한 반면, 젠투펭귄은 번식단계에 따른 최대이동거리 차이를 보이지 않았다. 총 취식이동거리는 포란기 턱끈펭귄이 젠투펭귄보다 더 크게 나타났으나 종에 따른 유의한 차이가 나타나지 않았다($p = 0.33$, 표 1-1-14). 턱끈펭귄의 경우 포란기보다 육추기에 더 짧은 거리를 이동하는 것으로 확인되었으나 ($p < 0.01$, 표 1-1-14), 젠투펭귄은 차이가 확인되지 않았다.

취식잠수지표는 두 종 모두에서 암컷이 수컷보다 얕은 깊이를 더 오래 잠수하는 것으로 나타났으나, 잠수시간에서는 유의한 차이가 확인되지 않았다 (표 1-1-14). 젠투펭귄은 턱끈펭귄보다 더 깊게 잠수하였으나, 잠수시간에서는 종간 차이가 나타나지 않았다. 포란기에 비해 육추기동안 잠수가 더 깊은 곳에서 짧은 시간동안 이루어졌으다 (표 1-1-14, 그림 1-1-42, 그림 1-1-43).

취식잠수가 이루어진 좌표를 바탕으로 핵심 취식지 분석을 실시하였을 때, 포란기 젠투펭귄은 번식지 근처 좁은 영역에서 취식이 이루어진 반면, 턱끈펭귄은 더 멀고 넓은 영역에서 취식이 이루어졌다 (그림 1-1-44). 육추기 동안은 두 종의 핵심 취식지가 높은 중첩이 확인되었으며, 턱끈펭귄은 번식단계에 따른 핵심 취식지 차이가 크게 나타난 반면, 젠투펭귄에서는 번식단계에 따른 차이가 크지 않게 나타났다 (그림 1-1-44).

표 1-1-14. 젠투펭귄과 턱끈펭귄의 성별, 종별, 번식단계별, 개체간의 취식이동 및 잠수지표 차이를 비교한 일반화선형혼합모델 분석 결과

반응변수	고정변수	추정치	표준편차	t-value	p-value
취식이동시간 (hour)	(Intercept)	49.23	11.51	4.28	< 0.01
	성별 - 수컷	-21.99	12.42	-1.77	0.08
	종 - 젠투펭귄	-19.94	13.93	-1.43	0.16
	번식단계 (포란)	34.60	5.90	5.86	<0.01
	교호작용 (포란*젠투)	-27.26	7.38	-3.69	<0.01
총이동거리 (km)	(Intercept)	108.89	23.34	4.66	< 0.01
	성별 - 수컷	-43.94	22.88	-1.92	0.07
	종 - 젠투펭귄	-26.69	26.89	-0.99	0.33
	번식단계 (포란)	97.18	15.39	6.32	< 0.01
	교호작용 (포란*젠투)	-100.32	19.46	-5.15	< 0.01
최대이동거리 (km)	(Intercept)	26.41	4.52	5.84	< 0.01
	성별 - 수컷	-7.87	3.87	-2.03	0.06
	종 - 젠투펭귄	-2.05	4.90	-0.42	0.68
	번식단계 (포란)	21.96	3.73	5.88	< 0.01
	교호작용 (포란*젠투)	-29.29	4.87	-6.02	< 0.01
잠수깊이	(Intercept)	35.58	2.13	16.73	< 0.01
	성별 - 수컷	3.96	1.92	2.07	0.05
	종 - 젠투펭귄	9.17	1.96	4.68	<0.01
	번식단계 (포란)	-10.60	1.72	-6.18	< 0.01
잠수시간	(Intercept)	26.41	4.52	5.84	< 0.01
	성별 - 수컷	-7.87	3.87	-2.03	0.06
	종 - 젠투펭귄	-2.05	4.90	-0.42	0.68
	번식단계 (포란)	21.96	3.73	5.88	< 0.01
	교호작용 (포란*젠투)	-29.29	4.87	-6.02	< 0.01

KOPRI 극지연구소

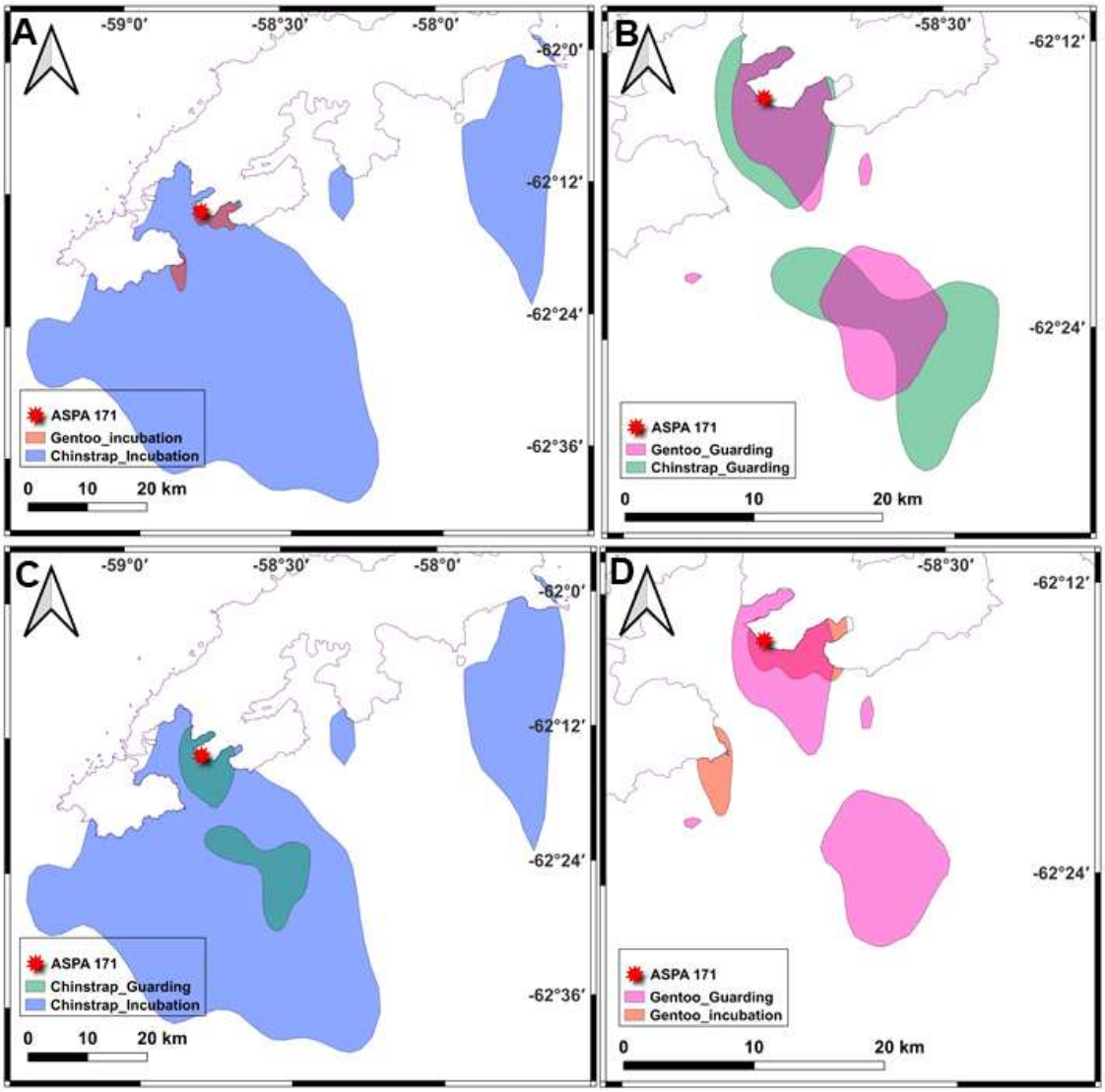


그림 1-1-44. 번식단계와 종에 따른 핵심 취식지(50% KDE) 비교. (A) 포란기 종간 핵심 취식지 비교 지도 (B) 육추기 종간 핵심 취식지 비교 지도 (C) 턱끈펭귄 번식단계간 핵심 취식지 비교 지도 (D) 젠투펭귄 번식단계간 핵심 취식지 비교 지도

(라) 결과에 대한 고찰

펭귄마을에서 번식하는 젠투펭귄과 턱끈펭귄의 주요 취식장소는 번식지에서 남쪽으로 이어지는 맥스웰만과 브랜스필드해협으로, 지난 연구 결과와 큰 차이는 없었다. 과거 이 지역에서의 연구는 육추기의 다수 개체를 평균 3일 정도로 로깅을 하였지만, 2022/23년부터는 개체수를 줄이는 대신 장기간 이동을 추적함으로서 번식단계에 따라 다른 취식행동 패턴을 보이는지 확인하고자 하였다. 펭귄의 취식여행 분석결과에서 취식이동지표는 성별에 따른 차이가 확인되지 않았으나, 종과 번식단계에 따라 차이가 있으며, 개체별 차이도 크게 나타났다. 본 연구에서 취식이동시간과 거리가 포란기보다 육추기에 감소하는 경향이 나타났으며, 이는 번식지 근처의 먹이환경이 좋아지고 새끼에게 더 자주 먹이를 제공하기 위해 취식전략을 수정하는 것으로 추정된다 (Philips et al 2022).

기존 주변 지역 추적 결과에서 턱끈펭귄과 젠투펭귄은 육추기 동안 거의 동일한 영역에서 취식하는 것으로 연구된 바 있다 (Wilson et al. 2010; Lee et al. 2021) 본 연구에서도 육추기 취식영역은 대부분 중첩되었으나, 선행 연구와 같이 잠수 깊이에서 유의한 차이가 확인되었다 (Wilson et al. 2010). 또한 육추기와 달리 포란기에는 두 종의 취식영역이 크게 차이났으며, 젠투펭귄은 번식지 근처의 Potter Cove 주변에서 주로 취식한 반면, 턱끈펭귄은 더 먼 거리에 위치한 다양한 취식지를 넓게 이용한 것으로 확인되었다 (그림 1-1-44) 나아가 젠투펭귄은 번식단계에 따른 취식영역 변화가 크지 않았으나, 턱끈펭귄에서는 큰 차이가 나타났으며 이는 젠투펭귄은 번식단계에 따른 잠수깊이 변화가 존재하는 반면, 턱끈펭귄에서는 수평적인 취식 영역의 변화가 나타난 것으로 추정된다.

여러 논문 (Trathan et al. 2008, Lynch et al. 2009, Dunn et al. 2019)에서 관광객들의 방문에 의해 젠투펭귄의 감소된 번식률이 보고된 바 있다. 펭귄마을은 ASPA로 지정되어 이 번식지에서의 관광객들의 방문은 제한되고 있으나, 조사자의 등장 및 핸들링으로 인한 교란은 발생하고 있다. 또한 포란기에는 넓은 영역에서 취식함으로서 부분적인 취식환경 변화가 펭귄 개체군에 비교적 미미한 영향을 미칠 수 있으나, 육추기 동안에는 좁은 핵심 취식지에 두 종이 모두 의존하게 되면서 환경 변화에 취약할 수 있다. 때문에 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 필요하다.

(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 (펭귄마을) 내에서 번식하는 젠투펭귄과 턱끈펭귄 개체군 변동의 원인을 이해하기 위한 자료수집을 위해 장기적인 펭귄의 탄소, 질소 혈액 동위원소비와 그 변화를 분석하여 기록하고 있다.

연도별 먹이원 이용 변화 모니터링과 연령 및 성별에 따른 먹이원 이용 차이를 파악하기 위해, 젠투펭귄과 턱끈펭귄의 성조 및 유조를 대상으로 혈액 안정성 동위원소 분석을 실시하였다. 육추기 동안의 먹이원 이용을 조사하기 위해 혈액 채취는 1월 중순에 진행되었다. 턱끈펭귄은 C1 소집단에서 무작위로 개체를 선정하여 성조 20개체와 유조 20개체의 혈액을 채취하였으며, 젠투펭귄은 G17 소집단에서 동일한 방식으로 성조 20개체와 유조 20개체를 선정하여 혈액을 채취하였다. 분석을 위한 성조의 성별 구별을 위해 마크로젠에 DNA 분석을 의뢰하여 깃털을 이용한 성판별을 수행하였으며, 탄소 및 질소 안정성 동위원소비는 국립경국대학교 공동실험실습관을 통해 분석했다.

젠투펭귄과 턱끈펭귄의 먹이자원 비율 추정을 위해, 펭귄 혈액과 기존 연구에서 보고된 주요 먹이원의 탄소 및 질소 안정성 동위원소비를 이용하여 베이지안 안정성 동위원소 혼합모형(Bayesian stable isotope mixing model; 이하 동위원소 혼합모

형) 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 ± 1.4‰, 질소 = 3.3 ± 0.6‰; 남극은암치: 탄소 = -24.7 ± 0.4‰, 질소 = 9.4 ± 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.

2024/25년 번식기 젠투펭귄(n=39), 턱끈펭귄(n=39) 총 78개체의 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 1-1-45, 1-1-46).

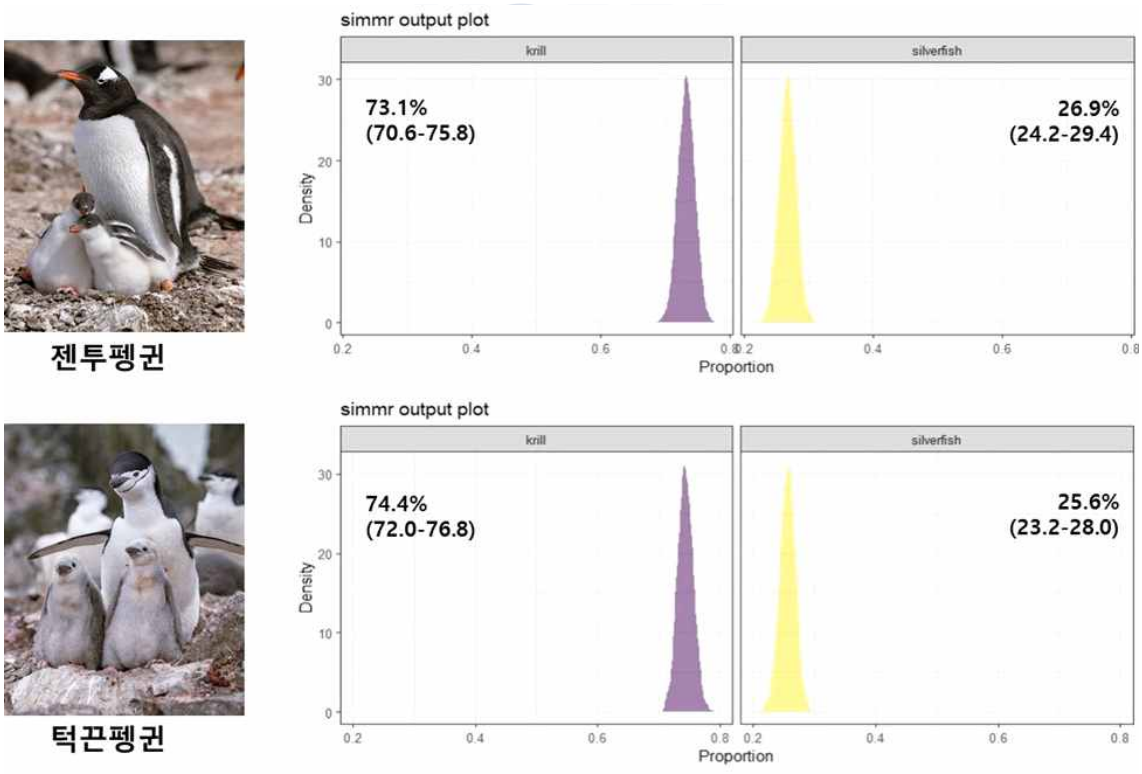


그림 1-1-45. 혈액내 안정성동위원소 분석을 통해 추정한 젠투펭귄(위)과 턱끈펭귄(아래)의 주요 먹이원 2종(크릴, 남극은암치)의 기여도 비율

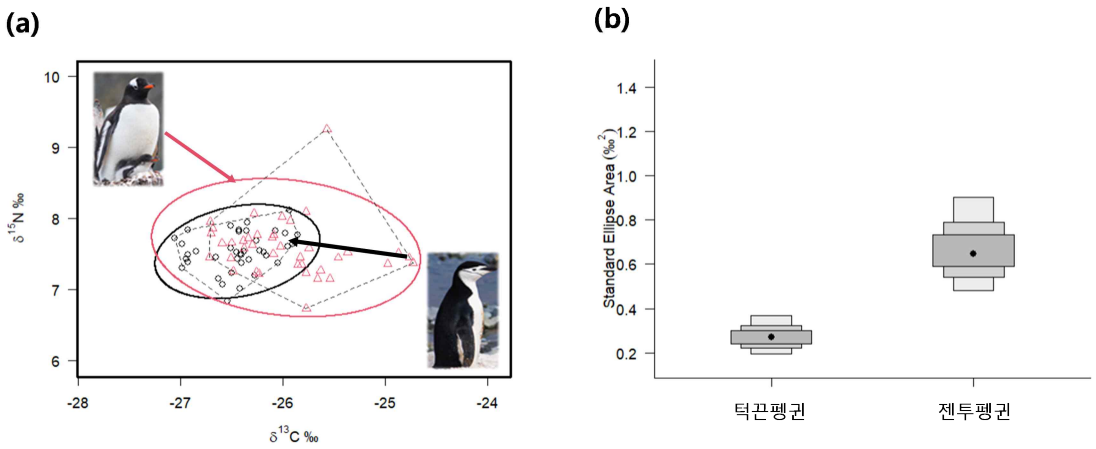


그림 1-1-46. 혈액내 탄소와 질소 안정성동위원소의 비율을 이용한 먹이생태지위 추정 결과. (a) 젠투펭귄(붉은색 삼각형)과 턱끈펭귄(검은색 원)의 동위원소비율 분포와 표준타원형 (젠투펭귄: 굵은 붉은색 원, 턱끈펭귄: 굵은 검은색 원). (b) 동위원소비 분포의 표준타원형 면적에 기반한 펭귄류 2종의 먹이생태지위 폭 비교

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, χ^2=19.69, p<0.001, 질소: df=2, χ^2=13.91, p<0.001). 사후 검정으로 Dunn test 결과 탄소 안정성 동위원소비는 성별에 따른 유의한 차이는 없었고, 성조가 새끼보다 낮게 나타났다(수컷-새끼: p=0.05, 암컷-새끼: p<0.001). 질소 안정성 동위원소비는 성별에 따른 유의한 차이는 나타나지 않았고, 성조가 새끼보다 높게 나타났다(수컷-새끼: p<0.001, 암컷-새끼: p<0.001). 턱끈펭귄의 혈액 내 안정성 동위원소비를 연령 및 성별로 비교한 결과, 탄소와 질소 안정성 동위원소비 모두 유의한 차이가 나타났다(탄소: df=2, χ^2=10.24, p=0.006, 질소: df=2, χ^2=21.75, p<0.001). Dunn test 결과 탄소 안정성 동위원소비의 경우 암수의 차이는 없었으나 성조 수컷이 유조보다 낮게 나타났다(수컷-새끼: p<0.05, 암컷-새끼: p=0.37). 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 2024/25 번식기 동안 젠투펭귄과 턱끈펭귄의 성조는 직접 섭취하는 먹이원에 비해 새끼에게 더 낮은 영양단계의 먹이를 제공했다고 볼 수 있다. 베이지안 혼합모형을 통해 추정한 먹이비율에서도 유조는 성조보다 남극은암치로 대표되는 어류의 비율이 낮고, 크릴의 비율은 높게 나타났다(표 1-1-15).

펭귄 혈액의 안정성 동위원소비를 이용하여 주요 먹이로 알려진 크릴과 그보다 상대적으로 영양단계가 높은 남극은암치로 대표되는 어류 먹이원의 이용 비율을 추정한 결과, 두 종 모두 크릴의 비율이 70% 후반대로 남극은암치보다 높게 나타났다(그림 1-1-46, 표 1-1-15, 1-1-16). 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 추정한 결과(그림 1-1-46), 턱끈펭귄의 먹이 지위 폭이 젠투펭귄보다 좁게 나타났다. 이는 젠투펭귄이 가용한 먹이에 따라 섭식 전략을 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 1-1-15. 베이지안 혼합모형을 통해 추정된 젠투펭귄의 먹이원 이용 비율

구분	먹이에서 크릴의 비율 (95% 신뢰한계)	먹이에서 어류의 비율 (95% 신뢰한계)
전체	**73.1 (70.6-75.8)**	**26.9 (24.2-29.4)**
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)
2024/25	**69.8 (58.7-80.0)**	**30.2 (20.0-41.3)**
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)
2024/25	**71.6 (66.5-76.7)**	**28.4 (23.3-33.5)**
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)
2024/25	**74.8 (70.2-79.3)**	**25.2 (20.7-29.8)**

KOPRI 극지연구소

표 1-1-16. 베이지안 혼합모형을 통해 추정된 턱끈펭귄의 먹이원 이용 비율

구분	먹이에서 크릴의 비율 (95% 신뢰한계)	먹이에서 어류의 비율 (95% 신뢰한계)
전체	**74.4 (72.0-76.8)**	**25.6 (23.2-28.0)**
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)
2024/25	**70.3 (64.8-75.8)**	**29.7 (24.2-35.2)**
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)
2024/25	**72.6 (65.8-79.6)**	**27.4 (20.4-34.2)**
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)
2024/25	**77.3 (73.6-81.4)**	**22.7 (18.6-26.4)**

KOPRI 극지연구소

(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 날개에 금속 재질의 개체식별용 가락지를 부착하였으며 펭귄마을에서도 금속가락지를 이용한 연구가 진행된 바 있다.

날개의 금속가락지는 체외에 부착되어 장거리 식별이 용이하다는 장점이 있으나, 장기적으로 펭귄의 날개를 손상시키고 생존율에 영향을 주는 등의 부정적 효과에 대한 우려가 있다(Petersen et al., 2005). 최근에는 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 젠투펭귄은 2012/13년도부터, 턱끈펭귄은 2013/14년도부터 PIT tag를 삽입하였으며(그림 1-1-47), 현재까지 부착된 tag 정보 및 이전에 tag가 삽입된 개체의 확인 조사를 통해 관련 정보를 기록하였다. 또한, tag 부착과 확인 조사가 가장 지속적으로 시행되었던 소규모 턱끈펭귄 번식소집단 3개(C7, C8, C9)를 대상으로 포획-표지-재포획 방법(capture-mark-recapture method)을 통해 번식지 회귀율(return rate)을 추정하였다(그림 1-1-48). 포획-표지-재포획 자료를 통한 회귀율 추정에는 각 시점에서 새로이 표지하는 개체수 및 표지 개체를 재관찰하기 위해 들이는 노력(detection effort)이 균일해야 하므로, 본 연구의 분석에는 대상 번식소집단에 대한 tag 부착과 재관찰 조사의 강도가 비교적 균등했던 2019/20년도부터 2024/25년도까지 총 6개년의 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 probability)과 표지 개체가 다음 시점에 관찰될 확률인 관찰률(encounter probability)을 산출하고 이를 통해 회귀율을 추정할 때 널리 사용되는 방법이다(Pledger et al., 2003; Cooch and White, 2018). 분석에는 Program Mark v.9.0 (Cooch and White, 2006), R 4.3.2 (R Core Team, 2024) 및 Rmark 패키지(Laake, 2013)를 활용하였다.

그림 1-1-47. PIT tag를 삽입하는 모습(왼쪽), 삽입한 PIT tag를 인식하는 모습(오른쪽)

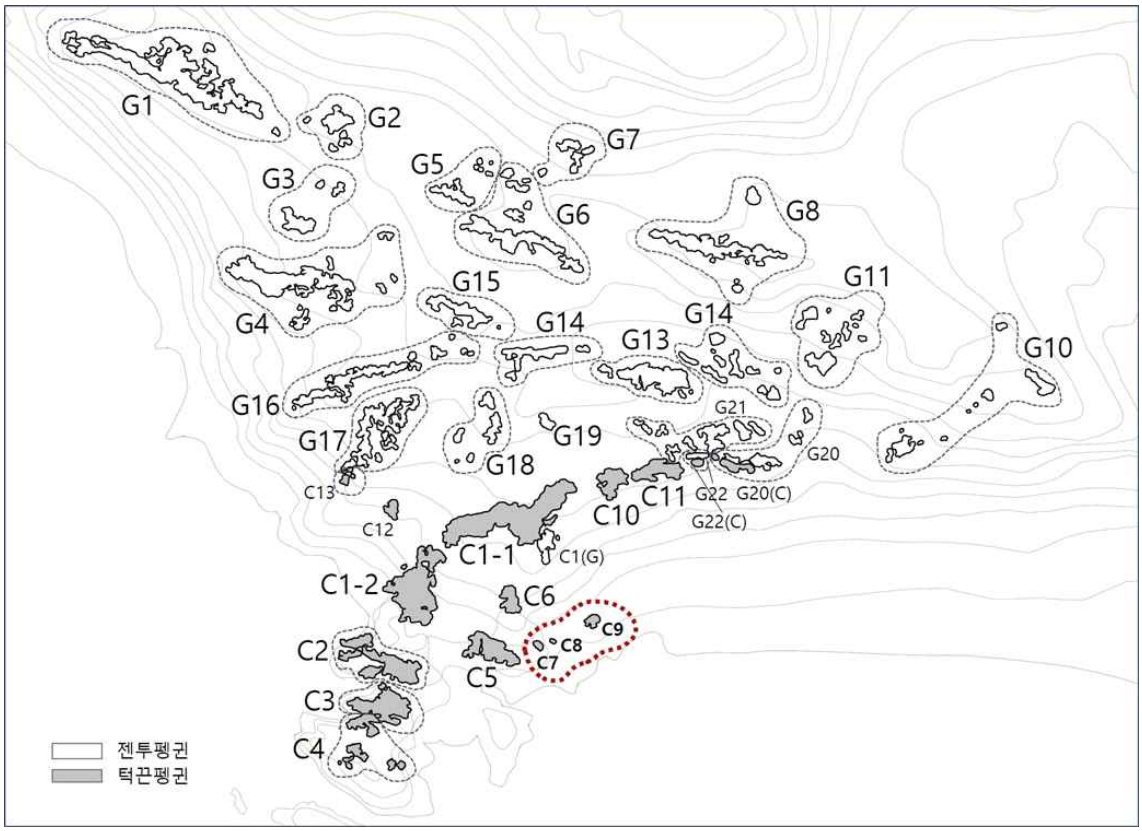


그림 1-1-48. 회귀율 분석 대상 3개 번식소집단(C7, C8, C9).

PIT tag 부착을 시작한 2012/13년도부터 2024/25년도까지의 부착 결과를 종합한 결과, 펭귄마을에서 젠투펭귄 206개체, 턱끈펭귄 총 385개체에 tag를 부착하였으며, 연도별 부착 개체수 및 2024/25년도에 재관찰된 개체수는 아래와 같다 (표 1-1-17, 1-1-18). 2024/25년도는 기존에 PIT tag를 부착하였던 C1 소집단 뿐만아니라 C7-9 소집단에서 관찰되지 않는 개체들 중 이주했을 가능성이 있는 C5, C6 소집단 역시 부착 확인 조사를 실시하였다.

표 1-1-17. 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	-
2024/25	30	206	1
합계	206		

표 1-1-18. 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
2024/25	33	385	103
합계	385		

턱끈펭귄 3개 번식소집단(C7, C8, C9)의 포획-표지-재포획 기록 분석에서는 생존율(survival probability; phi)과 관찰률(encounter probability; 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(~1)p(~t)]이 5년간 조사된 자료를 설명하는데 가장 적합한 것으로 나타났다(표 1-1-19). 선택된 모델을 이용해 추정된 턱끈펭귄의 생존율은 약 87.03%, 관찰률은 약 90.80-100.00%였다(표 1-1-20). 생존율과 관찰률을 통해 추정된 회귀율은 약 79.02-87.03%로 대체로 일정한 조사 노력을 기울인 2019/20년도 - 2023/24년도 재관찰 기록으로 분석한 결과(약 85.03-87.11%)와 비슷한 값이 산출되었다.

표 1-1-19. 턱끈펭귄의 회귀율 추정 모델 선정을 위한 AICc 모델 평가 결과

Model	AICc	Δ AICc	AICc Weights	Model Likelihood	No.of Parameter
phi(~1) p(t)	113.7256	0.0000	0.8775	1.0000	6
phi(t) p(t)	117.6638	3.9382	0.1225	0.1396	8
phi(~1) p(~1)	155.7023	41.9767	0.0000	0.0000	2
phi(t) p(~1)	158.8647	45.1391	0.0000	0.0000	6

표 1-1-20. 추정된 턱끈펭귄의 연간 생존율 및 관찰률, 회귀율

	연도	값(%)
생존율 (Survival probability; phi)	2019/20 - 2023/24	87.03
관찰률 (Encounter probability; p)	2020/21(조사 미시행)	-
	2021/22	90.80
	2022/23	93.02
	2023/24	94.73
	2024/25	100.00
회귀율 (Return rate; phi*p)	2020/21(조사 미시행)	-
	2021/22	79.02
	2022/23	80.95
	2023/24	82.44
	2024/25	87.03

KOPRI 극지연구소

Pygoscelis 속의 다른 종을 대상으로 한 기존 연구에서 젠투펭귄은 59-79%, 마카로니펭귄은 70-73% (Williams and Rodwell, 1992), 그리고 턱끈펭귄은 암컷 82%, 수컷 94% (Trivelpiece & Trivelpiece, 1990)의 개체가 기존 번식지로 회귀하는 것으로 보고되어 있다. 비교적 균일한 노력의 조사가 이루어진 연도(2019/20 - 2024/25)와 번식소집단(C7-9)만을 대상으로 시행한 본 분석은 기존 연구에서 밝혀진 턱끈펭귄의 회귀율과 비슷한 수준의 회귀율(79.02-87.03%)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.

KOPRI
극지연구소

라. 보호구역 및 주변 조류 인플루엔자 바이러스 및 병원체 모니터링

(1) 조류 인플루엔자 바이러스 모니터링

(가) 2023/24년 조류 인플루엔자의 2차 진단 및 기타 병원체 모니터링

2023/24년의 세종기지 기반 보호구역 및 인근에서 AI의 1차 모니터링을 위한 시료를 확보한 바 있다. 2023/24년 조류 인플루엔자에 대한 1차 모니터링에서는 모두 음성으로 확인된 총 182개의 시료를 이용하여 조류 인플루엔자 바이러스 및 기타 병원체에 대한 유전자 검출을 진행하였다. 모니터링을 위한 병원체는 조류 인플루엔자 바이러스(AIV)를 포함하여, 조류 및 포유류에서 기관지염 바이러스 및 호흡기 감염을 일으킬 수 있는 코로나바이러스(CoV), 조류 및 포유류에서 위장염, 호흡기, 신경계 질환을 일으킬 수 있는 아스트로바이러스(AstV), 장출혈 및 산란저하증후군을 일으키는 것으로 알려져 있는 아데노바이러스(AdV)를 대상으로 모니터링을 수행하였다.

조류 인플루엔자 바이러스에 대한 유전자 모니터링 결과, 신속항원진단 키트를 이용한 결과와 동일하게 모든 시료에서 조류 인플루엔자 유전자는 검출되지 않았다. 이러한 결과는 1차 진단 결과의 신뢰성을 뒷받침하고 있으며, HPAI가 2023/24년 펭귄마을 보호구역(ASPA No. 171 나레브스키 포인트) 및 세종기지 인근으로는 아직 유입되지 않았음을 시사한다. 하지만, 2024년 초에 이미 남극반도에 유입되어 계속적으로 HPAI 감염사례가 보고되고 있기 때문에 조류 취식활동에 의한 HPAI의 유입을 예의주시해야 할 필요가 있을 것이다.

코로나바이러스의 모니터링 결과, 펭귄마을에서 채취한 1개체의 젠투펭귄 분변에서 코로나바이러스 유전자가 검출되었다. 또한, 펭귄마을에서 채취한 3개체의 칼집부리물떼새와 1개체의 남방큰풀마갈매기 분변에서 아데노바이러스 유전자가 검출되었다(표 1). 특히, 아데노바이러스는 두 개의 유전자가 동시에 검출되어, 비교적 손상되지 않은 DNA상태의 바이러스가 존재하는 것으로 생각된다. 또한, 다양한 종에서 아데노바이러스의 발견은 다양한 남극 동물에 아데노바이러스가 감염이 되어있음을 의미하며, 특히 DNA 바이러스인 아데노바이러스는 불안정한 RNA 바이러스에 비해 시료의 보관 상태나 보관 기간에 비교적 덜 영향을 받기 때문에 검출 확률이 높게 나타난 것으로 생각된다.

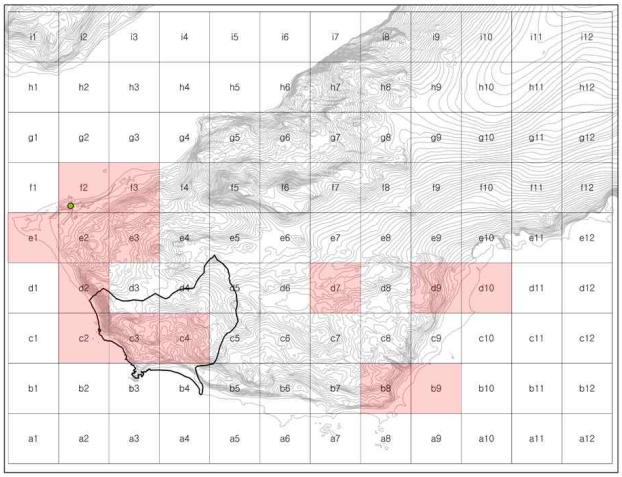
표 1-1-21. 2023/24년 세종기지 기반 보호구역 및 인근에서 병원체 모니터링 결과

시료 채취 지역	종명	병원체			
		AIV	CoV	AstV	AdV
세종곶&마리안소만	남극도둑갈매기	0/31	0/21	0/21	0/21
	갈색도둑갈매기	0/2	0/2	0/2	0/2
	갈매기hybrid	0/4	0/4	0/4	0/4
펭귄마을입구	아델리펭귄	0/1	0/1	0/1	0/1
	남방큰풀마갈매기	0/1	0/1	0/1	0/1
	칼집부리물떼새	0/1	0/1	0/1	0/1
	남방큰재갈매기	0/1	0/1	0/1	0/1
	턱끈펭귄	0/46	0/46	0/46	0/46
	젠투펭귄	**0/48**	**1/48**	**0/48**	**0/48**
펭귄마을	갈색도둑갈매기	0/13	0/13	0/13	0/13
	남극도둑갈매기	0/8	0/8	0/8	0/8
	칼집부리물떼새	**0/11**	**0/11**	**0/11**	**3/11**
	남방큰재갈매기	0/2	0/2	0/2	0/2
	남방큰풀마갈매기	**0/12**	**0/12**	**0/12**	**1/12**
포터소만	남방큰재갈매기	0/1	0/1	0/1	0/1

본 모니터링의 결과는 특정 바이러스를 대상으로 하였기 때문에 4종의 바이러스 외에도 다양한 바이러스에 대한 추가 분석이 필요하며, 향후 펭귄마을 보호구역(ASPA No. 171 나레브스키 포인트) 및 세종기지 인근의 다양한 동물 시료를 이용하여 바이러스 유전체 분석을 실시함으로써 남극 동물에서 바이러스 보유 실태 및 바이러스 유입을 파악할 수 있을 것이다.

(나) 2024/25년 조류 인플루엔자 현장 1차 진단 및 시료채취

2023/24년 남극에 최초로 고병원성 조류인프루엔자(Highly Pathogenic Avian Influenza, HPAI)의 유입 이후, 남극반도에서는 조류 및 포유류에서 HPAI 바이러스 감염사례가 증가하고 있다. 이에 따라, 2024/25년 조류의 이동하는 시기에 세종기지 기반 보호구역 및 인근 지역의 야생동물 집단 서식지에서 조류 인플루엔자(Avian Influenza, AI)의 유입을 모니터링하였다. AI의 모니터링은 조류가 이동하는 시기를 고려하여 2024년 11월 말부터 2025년 1월 말까지 야생 조류 및 포유류의 분변과 항문스왑을 이용하여 진행하였다. 신속항원진단키트(VDRG® AIV Ag Rapid kit, 메디안디노스틱)를 이용하여 인플루엔자 바이러스 항원보유 여부를 판단함으로써 현장 1차 진단을 수행하였다(그림 1-1-49).



B8	포터소만	**D9**	포터소만
B9	포터소만	**D10**	포터소만
C2	펭귄마을	**E1**	세종곶
C3	펭귄마을	**E2**	세종곶
C4	ASPA	**E3**	기지주변
D2	ASPA 입구	**F2**	세종기지
D7	포터소만	**F3**	마리안소만

그림 1-1-49. 세종기지 기반 보호구역 및 인근 AI 현장 진단 및 시료 채취 위치

총 8개의 지역으로 구분된 위치에서 95개의 시료(10종의 동물 분변 및 사체)를 이용하여 AI에 대한 1차 진단을 수행하였다(표 1-1-22). 85개의 분변과 2개의 토사물, 8개의 사체 총배설강에서 멸균된 면봉을 이용하여 시료채취하였으며, 면봉은 바로 신속항원진단키트의 버퍼*에 담아 10회 혼합시켜주었다. 시료가 혼합된 버퍼액은 노즐캡을 닫은 뒤, 검체 추출액을 테스트기의 검체 점적 부위에 3~4방울 떨어뜨린 후 15분 후 결과를 판독하였다.

* 신속항원진단키트 버퍼는 계면활성제성분을 포함하고 있어, 바이러스를 변성시킴으로써 바이러스를 불활화 시킴

표 1-1-22. 2024/25년 세종기지 기반 보호구역 및 인근에서 AI 모니터링 결과

시료 채취 지역	종명	학명	결과	시료
기지주변	남방코끼리물범	*Mirounga leonina*	0/1	분변
	남극도둑갈매기	***Stercorarius maccormicki***	**1/1**	**사체(총배설강)**
	남극도둑갈매기	*Stercorarius maccormicki*	0/13	분변 및 사체
	갈색도둑갈매기	*Stercorarius lonnbergi*	0/2	분변 및 사체
ASPA입구	**남극도둑갈매기**	***Stercorarius maccormicki***	**1/1**	**사체(총배설강)**
펭귄마을	턱끈펭귄	*Pygoscelis antarcticus*	0/21	분변
	젠투펭귄	*Pygoscelis papua*	0/25	분변
	갈색도둑갈매기	*Stercorarius lonnbergi*	0/6	분변
	칼집부리물떼새	*Chionis albus*	0/5	분변
	남방큰풀마갈매기	*Macronectes giganteus*	0/1	분변
	남방큰재갈매기	*Larus dominicanus*	0/3	분변 등
	남극제비갈매기	*Sterna vittata*	0/2	분변
포터소만	남극도둑갈매기	*Stercorarius maccormicki*	0/1	분변
	갈색도둑갈매기	*Stercorarius lonnbergi*	0/2	분변 및 사체
	남방큰재갈매기	*Larus dominicanus*	0/11	분변 및 사체 등
총 합			95	

85개의 분변과 2개의 토사물 시료를 이용한 검사 결과는 모두 음성으로, 검사된 동물은 AI 바이러스 항원을 가지고 있지 않은 것으로 확인되었다. 하지만, 8개체의 조류 폐사체 중 2개체의 남극도둑갈매기 폐사체의 총배설강에서 검사 결과가 양성으로(그림 1-1-50), AI 바이러스 항원을 보유하고 있는 것으로 확인되었다. 검사를 이한 시료채취 후, 2개체의 남극도둑갈매기 폐사체는 3중 포장하여 소각을 통한 안전한 폐사체 처리를 하였다

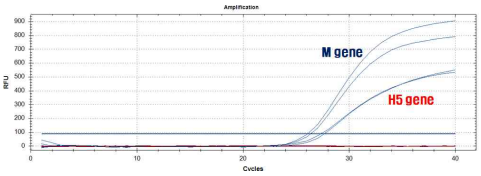
<2024.12.18. 기지주변에서 발견된 남극도둑갈매기 폐사체 및 검사>

<2024.12.21. ASPA입구에서 발견된 남극도둑갈매기 폐사체 및 검사>

그림 1-1-50. 세종기지 기반 보호구역 및 인근 폐사체 발견 및 현장 1차 진단

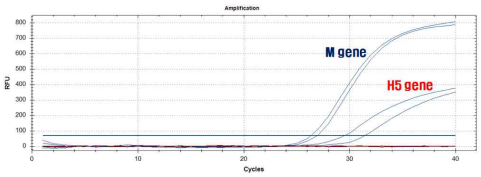
(다) 2024/25년 조류 인플루엔자의 2차 진단

2개체의 남극도둑갈매기 폐사체의 총배설강 시료에서 RNA를 추출하여 2차 진단을 실시하였다. 추출한 RNA는 AI 바이러스 유전자를 진단 할 수 있는 실시간 유전자 증폭장치를 이용하여 검사하였으며, 정확한 AI 바이러스 유무 진단키트(LiliF® M real-time RT-PCR kit, iNtRON)와 AI 바이러스의 아형(subtype)을 확인 할 수 있는 H5/H7 진단 키트(LiliF® H5/H7 real-time RT-PCR kit, iNtRON)를 사용하였다. 두 유전자 진단에서 모두 2반복을 실시하였으며, 그 결과는 그림 1-1-51과 같다.



AI gene	Test		Analysis	
	1st	2nd	Ave.	Std.
M gene	26.36	26.07	26.22	0.21
H5 gene	27.64	27.33	27.49	0.22

<2024.12.18. 양성시료 유전자 검사 결과>



AI gene	Test		Analysis	
	1st	2nd	Ave.	Std.
M gene	26.34	26.96	26.65	0.44
H5 gene	31.44	29.54	30.49	1.34

<2024.12.21. 양성시료 유전자 검사 결과>

그림 1-1-51. 세종기지 기반 보호구역 및 인근 폐사체 2차 유전자 진단

2024년 12월 18일 기지인근에서 발견된 남극도둑갈매기 폐사체에서는 AI 바이러스의 M과 H5 유전자에 대한 타겟 농도의 상대적 측정값인 Ct값이 26.22(±0.21), 27.49(±0.22)가 나왔다. H7 유전자는 검출되지 않았다. 또한, 12월 22일 발견된 폐사체 시료에서는 AI 바이러스의 M과 H5 유전자에 대한 Ct값이 26.65(±0.44), 30.49(±1.34)가 나왔다. H7 유전자는 또한 검출되지 않았다. 따라서, 두 폐사체는 모두 H5형의 AI 바이러스에 감염된 것으로 확인되었다. 하지만, 시료의 이동과 남극 기지내의 진단 제한으로 현장에서 고병원성 여부는 확인하지 못했으며, H5형 AI바이러스에 대한 고병원성 여부는 추후 확인할 예정이다.

본 폐사체의 AI검출 사례는 남극에서 HPAI 감염의심사례로 남극연구과학위원회(SCAR)의 남극야생동물 건강네트워크(AWHN)와 세계동물보건기구(WOAH)에 최종 보고되었다.

제 2 절 장보고기지 기반 보호구역의 보호가치 모니터링

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

가. 연중 기초환경 변화 관측

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 2024년 기온과 바람환경의 연변동에 대해 분석하였다. 또한 기 확보된 2015-2023년 평균 기상 통계량을 계산하여 2024년 통계량과 비교하여 그 변화를 살펴보았다. 그리고, 2024년 바람, 기온 및 상대 습도에 대한 일 통계량을 부록 2에 수록하였다.

그림 1-2-1과 1-2-2는 2024년 1월부터 12월까지 인익스프레서블섬에서의 일평균 기온과 월평균, 월최저 및 월최고 기온의 연변동을 보여준다. 일평균 기온은 5월 중순까지 지속적으로 하락하다 8월 중순까지 일정하게 유지되다 지속적으로 상승하였다. 남반구 겨울철에 이 지역은 해가 뜨지 않는 극야 기간임에도 불구하고 특히 6월 하순부터 8월 초까지 뚜렷한 기온 상승이 있었다. 2024년 일평균 최고 기온은 약 1.0 ℃(12월 21일)로 나타났으며 일평균 최저 기온은 -33.5 ℃(6월 23일)이었다. 일평균이 영상인 날은 12월에 3일(21, 24, 그리고 31일) 존재하였다. 한편, 월평균 기온은 연중 영하로 나타났으며, 12월이 -2.0 ℃로 가장 높았고, 6월이 -25.5 ℃로 가장 낮았다(구체적인 통계값은 부록 참조).

그림 1-2-3은 2024년 월평균 기온의 연변동을 이전 10년 (2014년부터 2023년)의 다년 평균값과 함께 나타낸 그림이다. 2024년의 경우, 1~5월까지 1 ℃ 이상 낮았고, 7월과 8월은 반대로 약 1.5 ℃ 이상 높았다. 9월 이후는 차이가 상대적으로 작았다.

그림 1-2-4와 1-2-5는 2024년 인익스프레서블섬에서의 일평균 풍속과 월평균 및 월최고 풍속의 연변동을 보여준다. 동계기간과 비교하여 하계기간동안 약한 풍속이 관측되었으며, 풍속의 변동은 동계 기간이 큰 것으로 나타났다. 2024년 일평균 최대 풍속은 34.3 ms-1 (9월 29일)이었다. 월평균 풍속은 연중 8.8~21.0 ms-1 범위에서 나타났으며, 월 최고 풍속은 29.7~43.0 ms-1로 연중 강풍이 부는 지역임을 알 수 있다(구체적인 통계값은 부록 참조).

그림 1-2-6은 2024년 월평균 풍속의 연변동을 이전 10년 (2014년부터 2023년)의 다년 평균값과 비교한 그림이다. 2024년 연평균 풍속 16.1 ms-1은 과거 10년의 평

균 풍속 (16.1 ms-1)과 동일하게 나타났다. 다만 월별 변동이 있었고 특히 9월 풍속은 이전 풍속보다 약 4.6 ms-1 이상 약한 것으로 확인되었다. 기온 차이가 가장 컸던 7월과 8월은 풍속이 서로 비슷하였으며, 전반적으로 2024년은 여름 풍속이 상대적으로 강하게 나타났다.

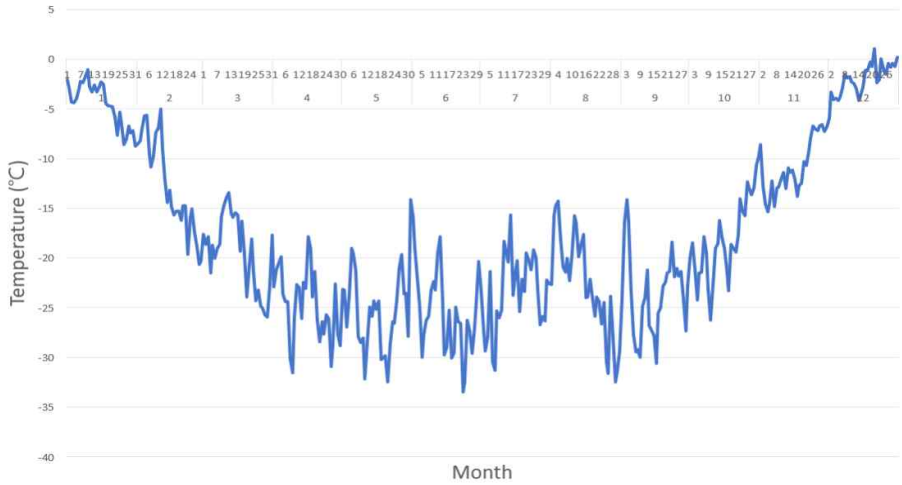


그림 1-2-1. 인익스프레서블섬에서 측정된 일평균기온 변화

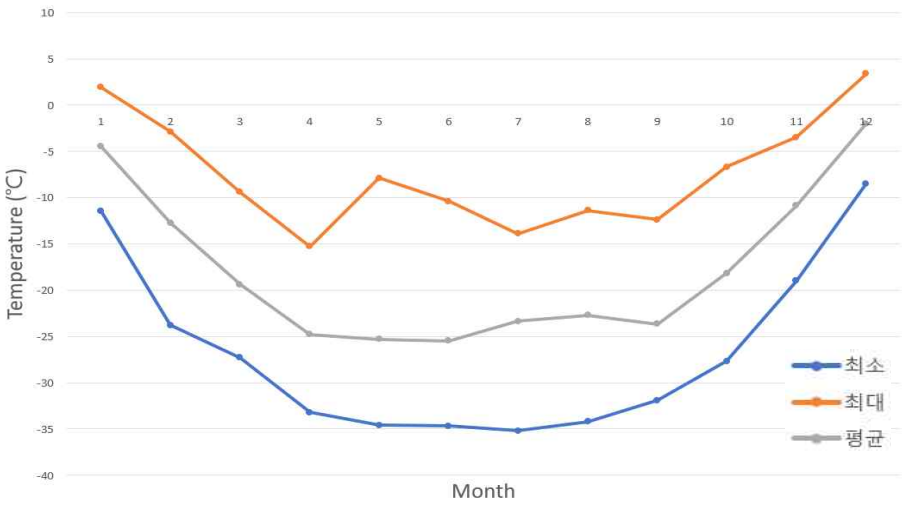


그림 1-2-2. 인익스프레서블섬에서 측정된 월평균기온과 월최저기온, 월최고기온

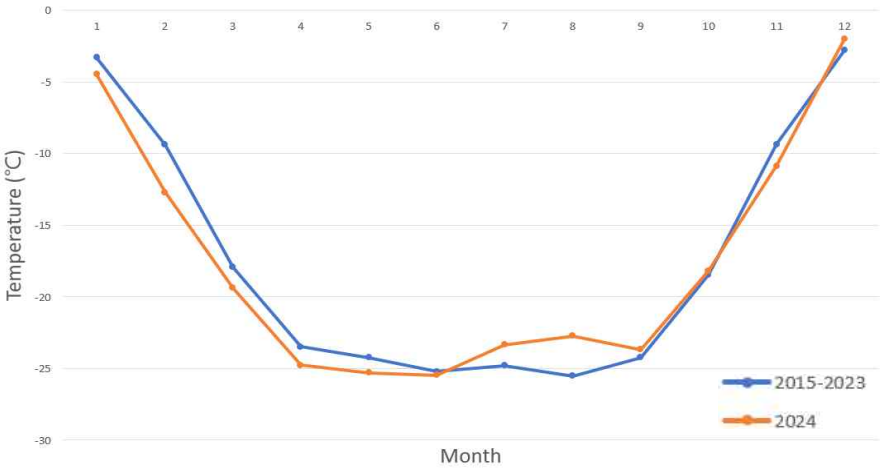


그림 1-2-3. 인익스프레서블섬에서 측정된 다년 평균화한 월평균기온과 2024년 월평균기온

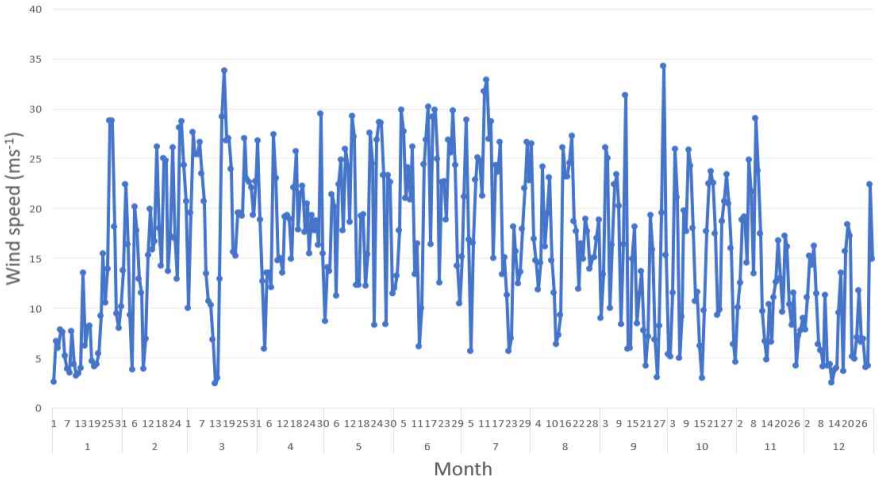


그림 1-2-4. 인익스프레서블섬에서 측정된 2024년 일평균풍속 변화

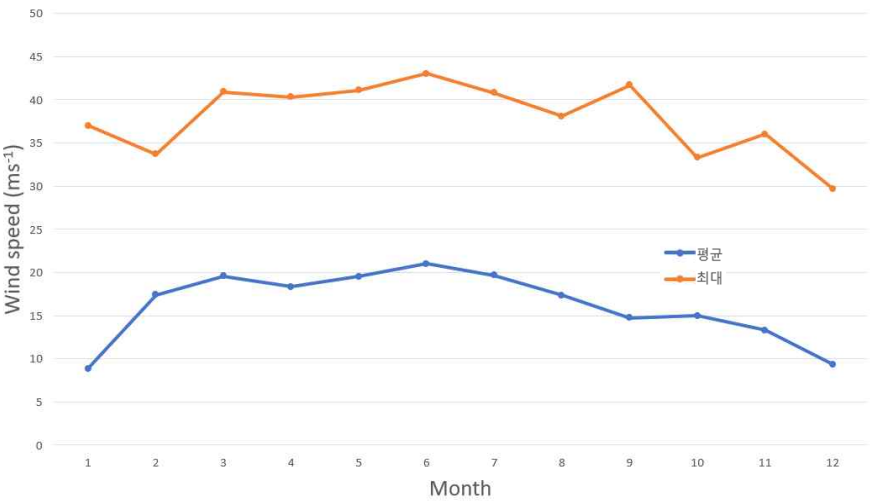


그림 1-2-5. 인익스프레서블섬에서 측정된 월평균풍속과 월최고풍속

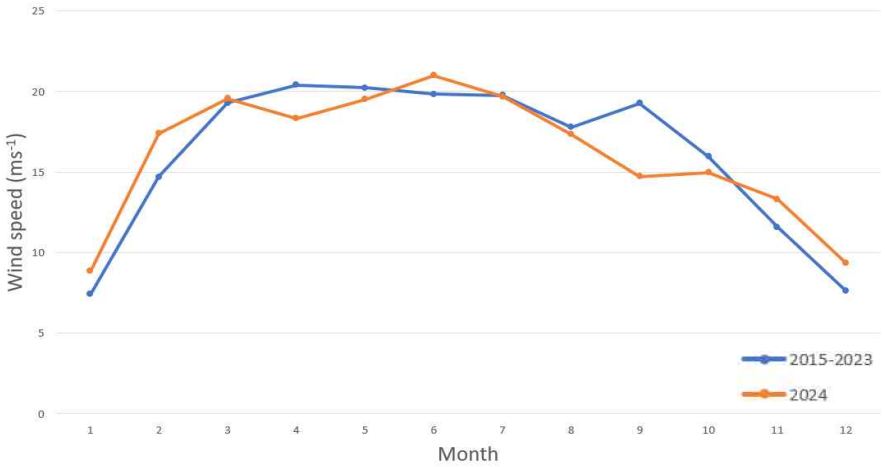


그림 1-2-6. 인익스프레서블섬에서 측정된 다년 평균화한 월평균풍속과 2024년 월평균풍속

나. 아델리펭귄 개체군 변동 및 번식생태 모니터링

(1) 아델리펭귄 군서지의 개체군 변동 및 번식현황 조사

인익스프레서블섬(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 1-2-7). 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 인익스프레서블섬과 같은 큰 규모의 펭귄 군서지의 경우 조사결과의 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 인익스프레서블섬에서 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 2024년 11월 22일에 이루어졌으며, 아델리펭귄의 새끼수 파악을 위한 항공촬영은 보육원 형성기인 2025년 1월 22일에 실시하였다.

항공촬영을 통하여 획득한 이미지들은 인익스프레서블섬의 번식지 전체를 분석할 수 있도록 하나의 고해상도 이미지로 병합 후 GIS 소프트웨어(Qgis)를 사용하여 둥지와 새끼의 위치를 표시하였다(그림 1-2-8). 표시된 둥지의 지점들은 소프트웨어에서 자동으로 계산되었으며, 두 번의 검토를 거쳐 둥지수와 새끼수를 계산하였다. 이를 바탕으로 인익스프레서블섬 아델리펭귄 군서지의 번식성공율(새끼수/둥지수)를 도출하였다.

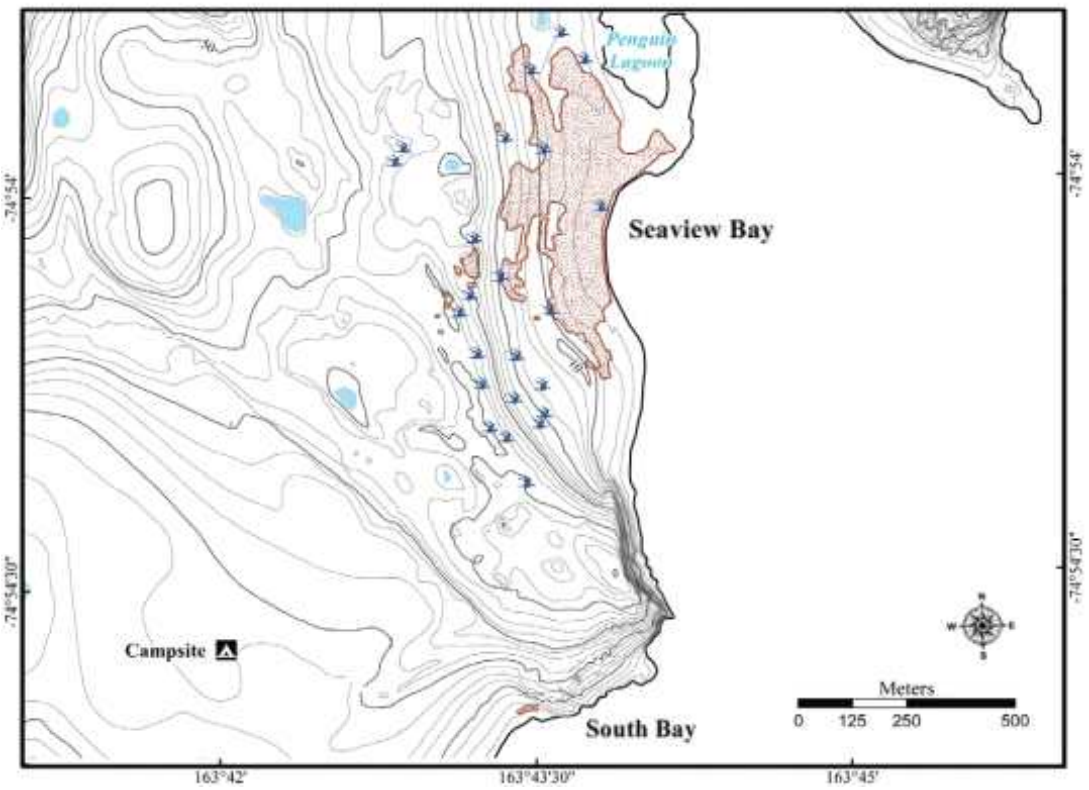


그림 1-2-7. 인익스프레서블섬의 아델리펭귄 번식집단 분포

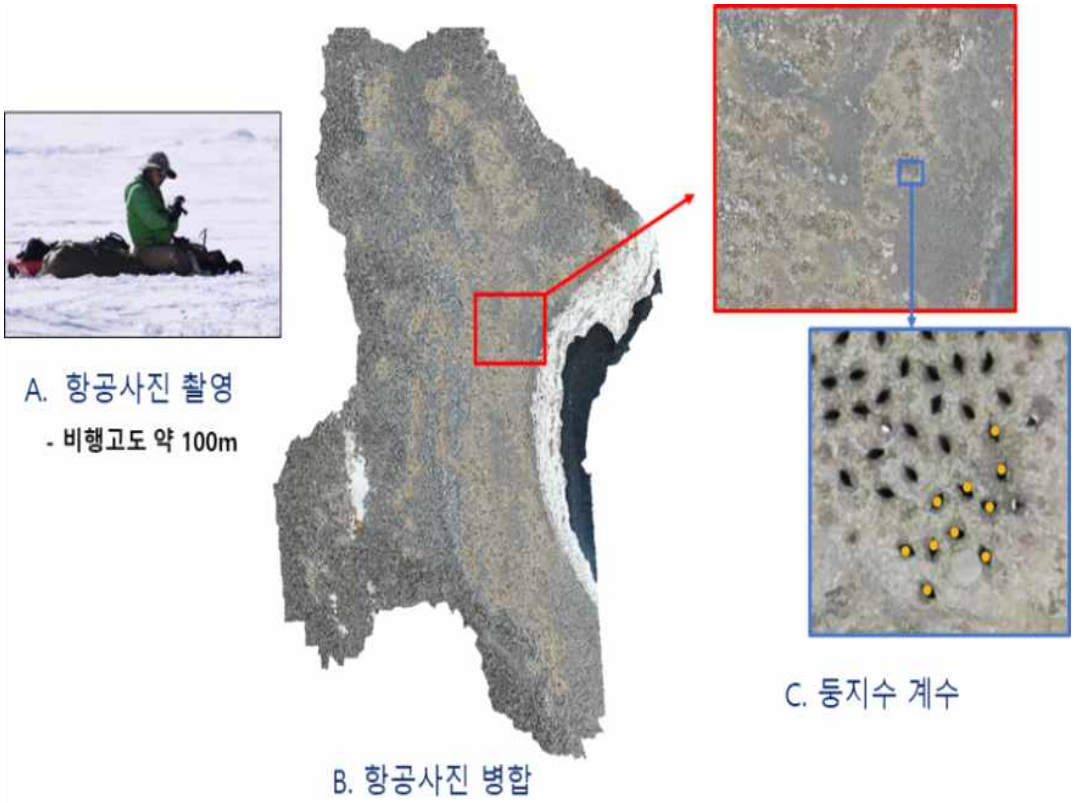


그림 1-2-8. 인익스프레서블섬의 항공촬영 이미지에서 둥지수 산출 프로세스

극지연구소

인익스프레서블섬 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 1-2-9). 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.

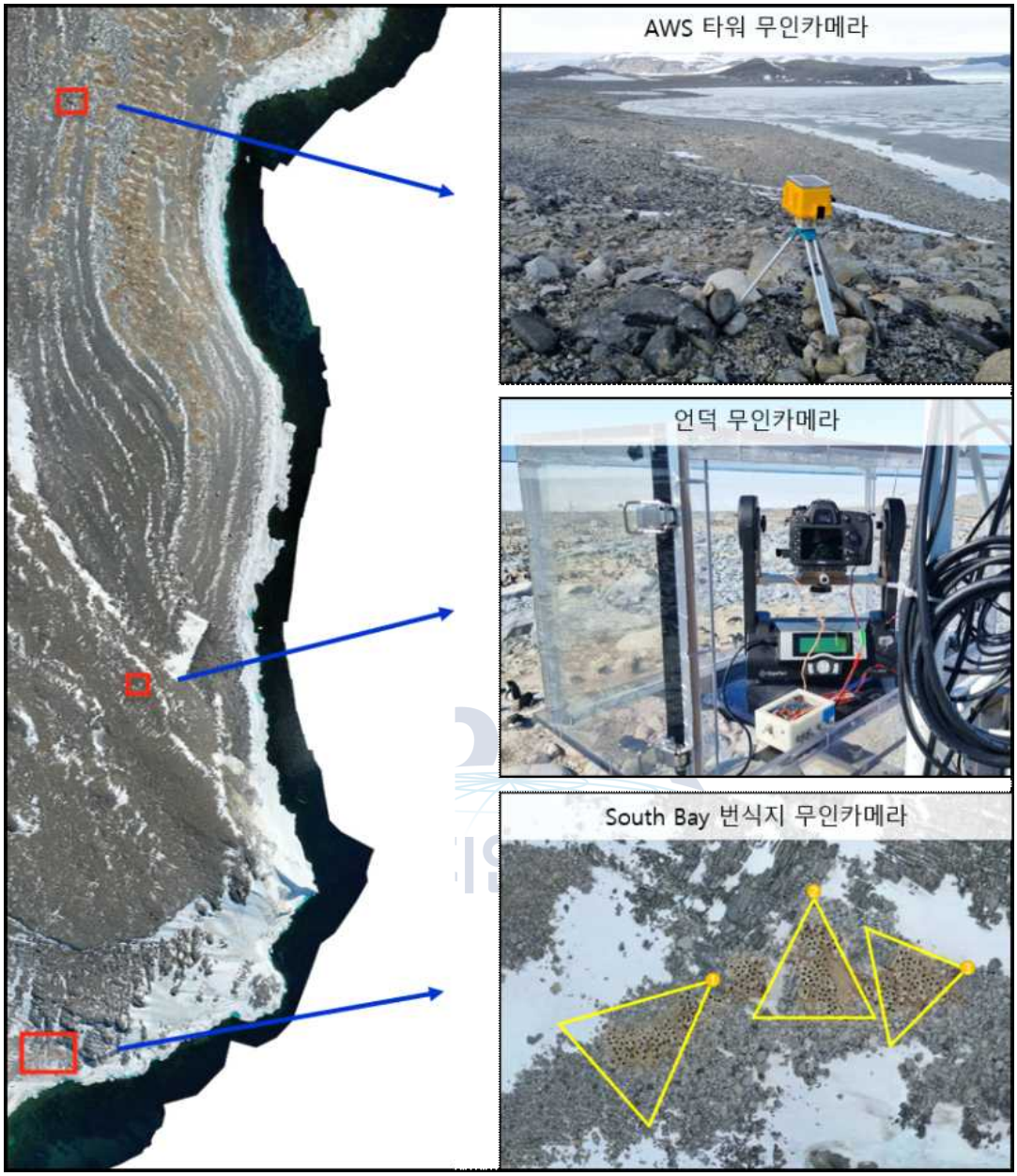


그림 1-2-9. 인익스프레서블섬에 설치된 무인카메라

(2) 아델리펭귄 번식집단 변동과 둥지수 및 번식지표

아델리펭귄 번식집단 개체군 변동을 파악을 위하여 1982년부터 2023년까지의 자료를 정리한 결과 번식쌍과 둥지수는 매년 큰 폭으로 변동하는 것으로 나타냈다(표 1-2-1). 인익스프레서블섬에는 약 9,000 ~ 37,000쌍의 아델리펭귄이 번식하는 것으로 보고되었다. 그 중 1982년에 가장 적은 9,217쌍이 확인되었다. 본 연구를 통하여 모니터링을 시작한 2017년부터 2024년 까지는 약 25,000 ~ 37,000쌍이 확인 되었다. 2018년에 가장 많은 37,161쌍이 확인되었으며, 2017년에 25,089쌍이 확인되어 가장 적은 둥지수를 보였다(그림 1-2-10). 2024/25년 아델리펭귄의 번식쌍 파악을 위하여 2024년 11월 22일에 항공촬영을 실시하였다. 그 결과, 이전 번식시기인 2023/2024에 비해 약 4,300쌍 증가한 30,686쌍으로 확인되었다(그림 1-2-11, 그림 1-2-12).

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

조사년도	둥지수	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
2024	30,686	환경부(극지연구소) / 항공촬영 분석

KOPRI 극지연구소

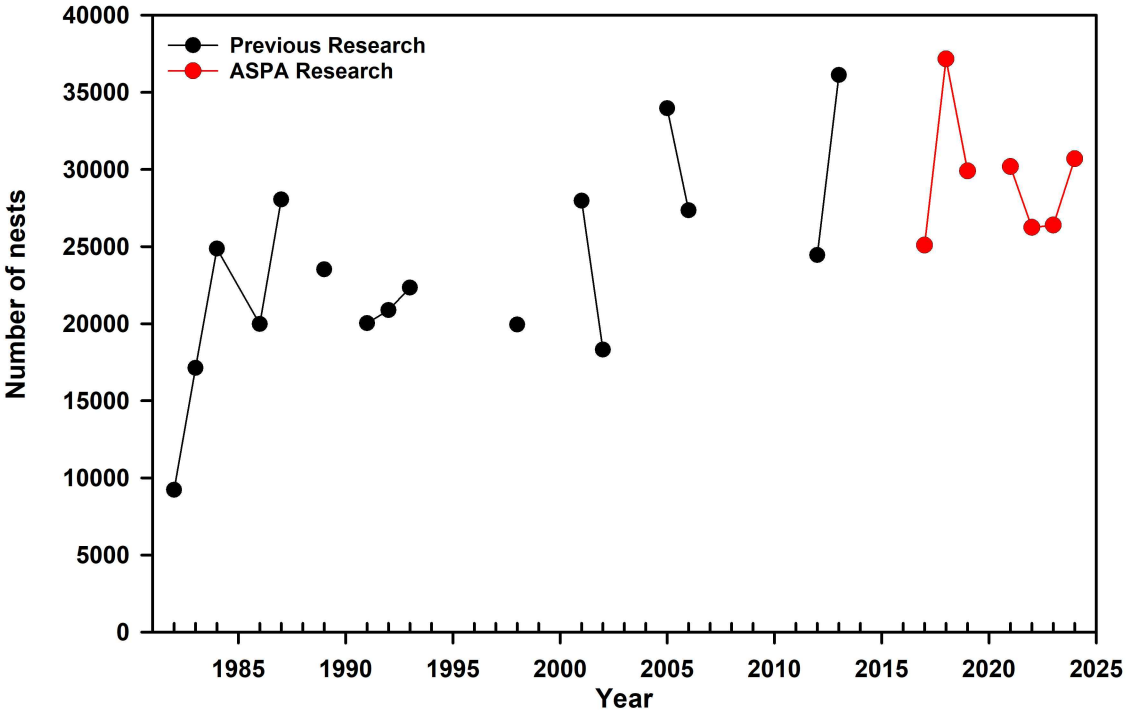


그림 1-2-10. 인익스프레서블섬에서 번식하는 아델리펭귄의 둥지수 변화

그림 1-2-11. 인익스프레서블섬에서 포란중인 아델리펭귄

그림 1-2-12. 인익스프레서블섬에서 번식하는 아델리펭귄의 번식둥지 분포

인익스프레서블섬(ASPA No. 178)에서 번식하는 아델리펭귄의 새끼수 산출을 위하여 보육원이 형성된 시기인 2025년 1월 22일에 항공촬영을 실시하였다(그림 1-2-13). 그 결과 2024/25년에는 총 30,892의 새끼를 확인하였으며, 이는 2023/24년의 22,864보다 8,028의 새끼가 증가한 것으로 나타났다. 또한 2024/25년 둥지당 이소 새끼수(새끼수/둥지수)는 1.01로 확인되었으며, 총 30,686개의 둥지에서 30,892의 새끼가 이소하여 둥지당 1.01가 보육원에 가입한 것으로 나타났다.

본 연구에서 수행한 과거 조사결과와 비교하였을 때, 인익스프레서블섬의 아델리펭귄 새끼수는 2018/19년 이후 2022/23년까지 지속적으로 감소하다가 2023/24년과 2024/25년 다시 증가 추세로 변화하였다(표 1-2-2). 둥지당 이소 새끼수(1.01)도 동일한 추세를 나타내었으며, 지난 번식기(0.87)에 비해 증가한 둥지당 이소 새끼수를 기록하였다(표 1-2-2).

표 1-2-2. 인익스프레서블섬에서 번식한 아델리펭귄의 새끼수 및 둥지당 이소 새끼수

항공촬영일	새끼수	둥지당 이소 새끼수(새끼/둥지)
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
2025/01/22	30,892	1.01

KOPRI 극지연구소

그림 1-2-13. 인익스프레서블섬 아델리펭귄 새끼의 보육원

인익스프레서블섬 아델리펭귄의 번식지표 및 군서지 주변 환경 파악을 위하여 무인카메라를 설치하고 획득한 사진을 분석하였다. 이중 South Bay의 번식소집단 주변에 설치한 무인카메라에 촬영된 사진을 바탕으로 아델리펭귄의 번식지 도래일과, 산란시기, 부화시기, 보육원 형성시기를 파악하였다. 그 결과 아델리펭귄의 도래일은 2024년 10월 16일, 산란일은 2024년 11월 05일로 확인되었다. 그리고 첫 부화일은 2024년 12월 01일과 12월 06일, 12월 09일로 평균 12월 06일로 나타났다. 첫 보육원 형성일은 2024년 12월 31일과 1월 4일, 1월 9일로 평균 1월 5일로 확인되어 전반적으로 예년보다 빠른 것으로 확인 되었다(그림 1-2-14).

그림 1-2-14. South Bay에 설치한 무인카메라에 확인된 아델리펭귄의 번식지표: 번식지 도착(위), 산란(두번째), 부화일(세번째) 및 보육원 형성(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. 2024년 2월 말에 촬영된 사진을 확인한 결과 대부분의 아델리펭귄이 번식지를 떠난 것을 확인할 수 있었으며, 3월 말 사진에서는 해빙이 생성되고 있는 것을 확인하였다. 그리고 2024/25 시즌에 무인카메라에 촬영된 10월 말 사진에서 일부 아델리펭귄들이 번식지로 도래한 것을 확인하였으며, 11월 말에는 대부분의 아델리펭귄이 둥지를 형성하고 산란한 것을 확인하였다 (그림 1-2-15).

그림 1-2-15. Seaview Bay에 설치한 무인카메라에 확인된 아델리펭귄 번식지: 번식지를 떠나는 펭귄(왼쪽 위), 번식지 도착(오른쪽 위), 산란(왼쪽 중간), 부화(오른쪽 중간) 및 보육원 형성(왼쪽 아래), 타임랩스 촬영(오른쪽 아래)

인익스프레서블섬의 아델리펭귄 개체군은 적반적으로 2023/24년까지 지속적으로 감소하는 추세를 보이는 것으로 나타났었다. 그러나 2024/25년에는 2023/2024에 비해 약 4,300쌍 증가한 30,686쌍으로 확인되었으며, 2018/19년의 37,161쌍 이후 두 번째로 많은 번식둥지가 확인되었다.

아델리펭귄의 번식지표 중 이소 새끼수와 둥지당 이소 새끼수는 모두 2022/23 번식기에 최저값을 기록한 이후 증가하는 추세를 보이고 있으며, 이와 같은 개체군 동태 변동은 남극해의 주기적인 기후변동에 따른 번식지 주변 환경 및 먹이원 변화와 연관이 있을 것으로 추정된다(Jenouvrier et al. 2005a, b). 또한, 아델리펭귄의 번식은 남극도둑갈매기 등의 포식과 함께 번식지 내 강설이나 강풍 등의 환경요인의 영향을 받으며(그림 1-2-16), 해양환경의 변화에 따른 먹이 풍부도가 번식성공율에 큰 영향을 줄 수 있다. 따라서 아델리펭귄의 번식에 영향을 주는 요인을 명확히 확인하기 위해서는 중장기적인 모니터링 자료를 확보하여 환경 변화와의 상관성을 분석할 필요가 있다.

그림 1-2-16. 아델리펭귄 번식지에 발생한 강설 및 강풍

다. 보호구역 기타 동물상의 개체군 변동 모니터링

(1) 남극도둑갈매기 번식생태 모니터링

1980년대에 인익스프레서블섬에는 남극도둑갈매기가 약 60쌍 번식하는 것으로 보고되었다. 2024/25년 남극도둑갈매기의 번식생태 모니터링을 위해서 인익스프레서블섬의 남극도둑갈매기의 둥지 및 새끼 조사를 실시하였다. 2024년 12월 12일, 12월 19일에 남극도둑갈매기의 둥지 조사를 실시하였으며, 둥지 발견 시 GPS 위치를 기록하고 알의 개수를 확인하였다. 2024년 12월 28일, 2025년 1월 10일, 1월 14일에 남극도둑갈매기의 새끼수 조사를 실시하였으며, 새끼 발견 시 포획하여 오른쪽 발목에 플라스틱 가락지를 부착하였다(그림 1-2-17). 그리고 조사된 둥지 수 및 새끼수를 바탕으로 둥지당 이소 새끼수(새끼수/둥지수)를 산출하였다.

그림 1-2-17. 익스프레시블섬의 남극도둑갈매기 번식생태 조사 사진: 알(왼쪽 위), 포란중인 남극도둑갈매기(오른쪽 위), 부화(왼쪽 중간), 부모와 새끼(오른쪽 중간), 남극도둑갈매기 새끼(왼쪽 아래), 가락지부착한 새끼(오른쪽 아래)

인익스프레서블섬의 남극도둑갈매기 번식 현황을 조사한 결과, 총 80쌍의 남극도둑갈매기가 남극특별보호구역 내 번식하는 것으로 확인되었다. 이는 2023/24년에 비해 7쌍이 증가한 수치이며, 지금까지 가장 많은 둥지수가 확인되었다. 남극도둑갈매기 둥지는 대부분 펭귄 번식집단 경계를 따라 형성된 것을 확인하였다. 2024/25년에 관찰된 80 둥지는 모두 Seaview Bay에서 확인되었으며, South Bay에서 남극도둑갈매기 둥지는 확인하지 못하였다(그림 1-2-18). 인익스프레서블섬에서 남극도둑갈매기 번식쌍수는 최대 60쌍까지 관찰 되었으나, 최근 조사에서 약 30여 쌍으로 감소하였던 것으로 보고되었다. 2021/22년 42쌍과 2022/23년 51쌍, 2023/24년 73쌍 그리고 2024/25 80쌍을 확인하여 증가하는 추세이나 변동이 심할 것으로 확인되어 아델리펭귄과 주변 환경 등을 고려하여 장기적인 모니터링이 필요할 것으로 생각된다.

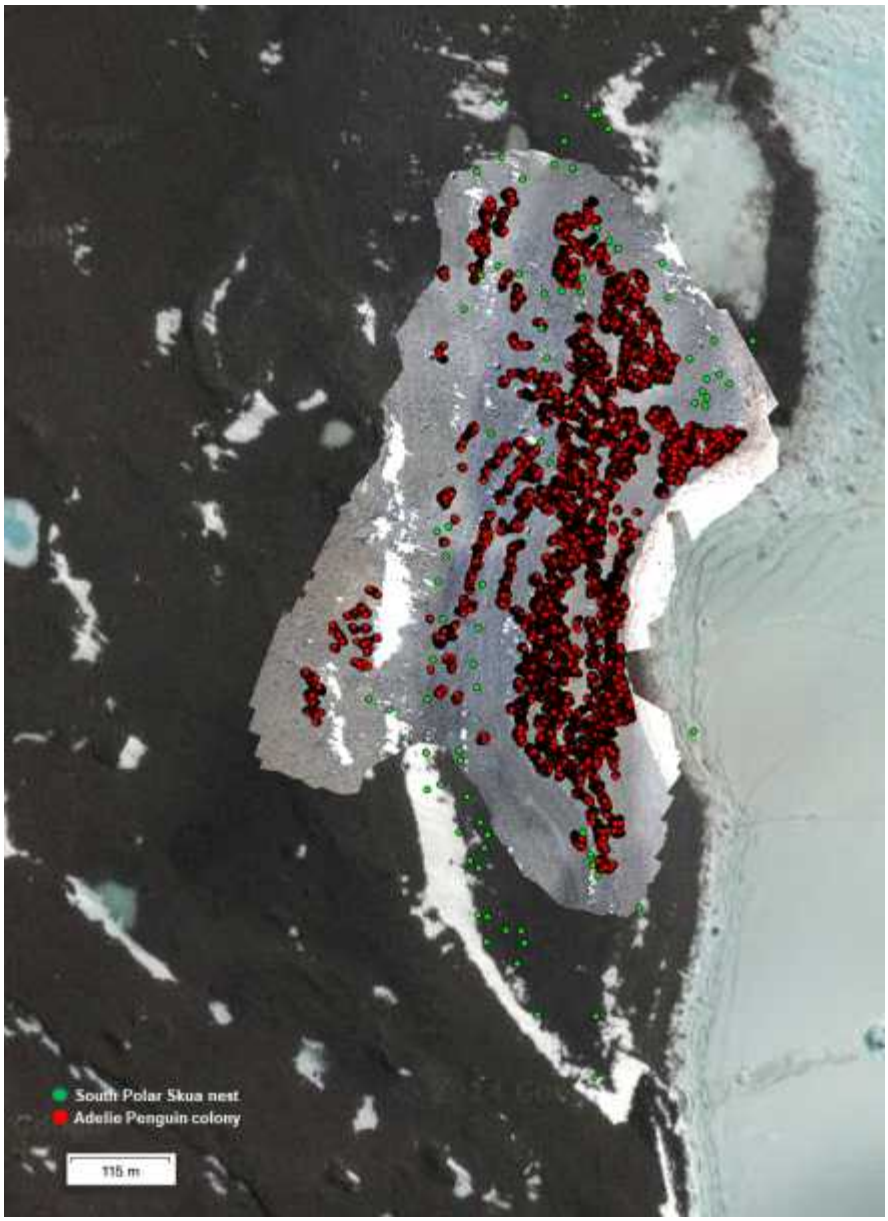


그림 1-2-18. 인익스프레서블섬의 아델리펭귄 및 남극도둑갈매기 둥지 분포

남극도둑갈매기의 번식 지표는 현장조사 시 확인된 둥지수와 새끼수를 바탕으로 둥지당 이소 새끼수(새끼수/둥지수)를 산출한 결과, 총 63의 새끼가 확인되었으며 번식성공율은 0.79로 나타났다(표 1-2-3). 남극도둑갈매기는 늦은 산란, 동종포식, 형제살해, 날씨 등의 환경요인에 따라 번식성공률이 낮은 것으로 보고되었다(Pezo et al., 2001). 그러나 본 연구에서는 2023/24년과 비교하여 둥지수와 새끼수가 모두 증가하여 가장 높은 번식성공률을 확인하였다. 이는 육추기 주 먹이원인 아델리펭귄 둥지의 증가로 번식성공률이 증가한 것으로 판단되며, 기존에 영향을 미치던 강풍과 강설 등의 환경요인은 본 연구에서도 무인카메라에 촬영된 사진을 통하여 확인할 수 있었다(그림 1-2-16).

또한, 인익스프레서블섬의 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). 그러나 2024/25의 번식성공률은 Cape Hallett과 유사하게 확인되었으며, 이는 남극도둑갈매기가 아델리펭귄 번식집단 주변에 세력권을 형성하여 높은 영양의 먹이원을 지속적으로 공급할 수 있었으며(그림 1-2-19), 폴리냐로 인하여 주변 해빙이 상대적으로 빨리 녹아 해양성 먹이원을 취식하기 용이하기 때문인 것으로 생각된다.

표 1-2-3. 연도별 남극도둑갈매기 번식 지표

조사년도	둥지수	새끼수	둥지당 이소 새끼수(새끼/둥지)
2021/22	42	22	0.52
2022/23	51	32	0.63
2023/24	73	35	0.48
2024/25	80	63	0.79

그림 1-2-19. 아델리펭귄 새끼를 취식중인 남극도둑갈매기

(2) 월별 조류 및 기각류 모니터링

2024/25년 인익스프레서블섬 방문 시 도보로 이동하며, 쌍안경(8×21)과 육안을 통해 조류와 기각류를 관찰하고 기록하였다. 현장조사는 2024년 11월부터 2025년 1월까지 총 16회 방문하였다. 현장조사 시 관찰된 조류와 기각류 종은 월별로 정리하였다. 기각류의 경우 무인항공기를 이용하여 항공촬영을 실시 하였으며, 월별 최대 개체수를 조사하여 기록하였다.

인익스프레서블섬의 조류상 조사 결과, 아델리펭귄과 남극도둑갈매기 2종의 번식 조류와 윌슨바다제비, 황제펭귄 등 총 4종을 확인하였다(표 1-2-4, 그림 1-2-20). 윌슨바다제비는 12월과 1월에 아델리펭귄 번식지 주변 해안가에서 관찰되었고, 황제펭귄의 성조 1개체가 육상에 올라와 털갈이 중인 것을 1월에 1차례 관찰하였다. 기각류는 웨델물범, 표범물범 2종을 확인하였으며, 2024/25년에는 2023/2024년과 마찬가지로 게잡이물범은 관찰되지 않았다(그림 1-2-21). 웨델물범의 경우 에반스 만에서 12월에 15마리, 1월에 17마리를 확인하였으며, 그중 당해 태어난 새끼들의 모습도 관찰되었다(그림 1-2-22). 표범물범은 해안가에서 펭귄을 사냥하는 모습이 반복적으로 관찰되었으며, 그 외 시간에는 해빙 위에서 휴식을 취하는 것을 확인하였다.

표 1-2-4. 인익스프레서블섬에서 관찰된 조류 및 포유류

조류				
국명	학명	11월	12월	1월
아델리펭귄	*Pygoscelis adeliae*	○	○	○
남극도둑갈매기	*Stercorarius maccormicki*	○	○	○
윌슨바다제비	*Oceanites oceanicus*		○	○
황제펭귄	*Aptenodytes forsteri*			○
기각류				
국명	학명	11월	12월	1월
웨델물범	*Leptonychotes weddellii*		15	17
표범물범	*Hydrurga leptonyx*			1

그림 1-2-20. 인익스프레서블섬에서 관찰된 조류 4종

KOPRI 극지연구소

그림 1-2-21. 인익스프레서블섬에서 관찰된 기각류 2종: 웨델물범(위), 표범물범(아래)

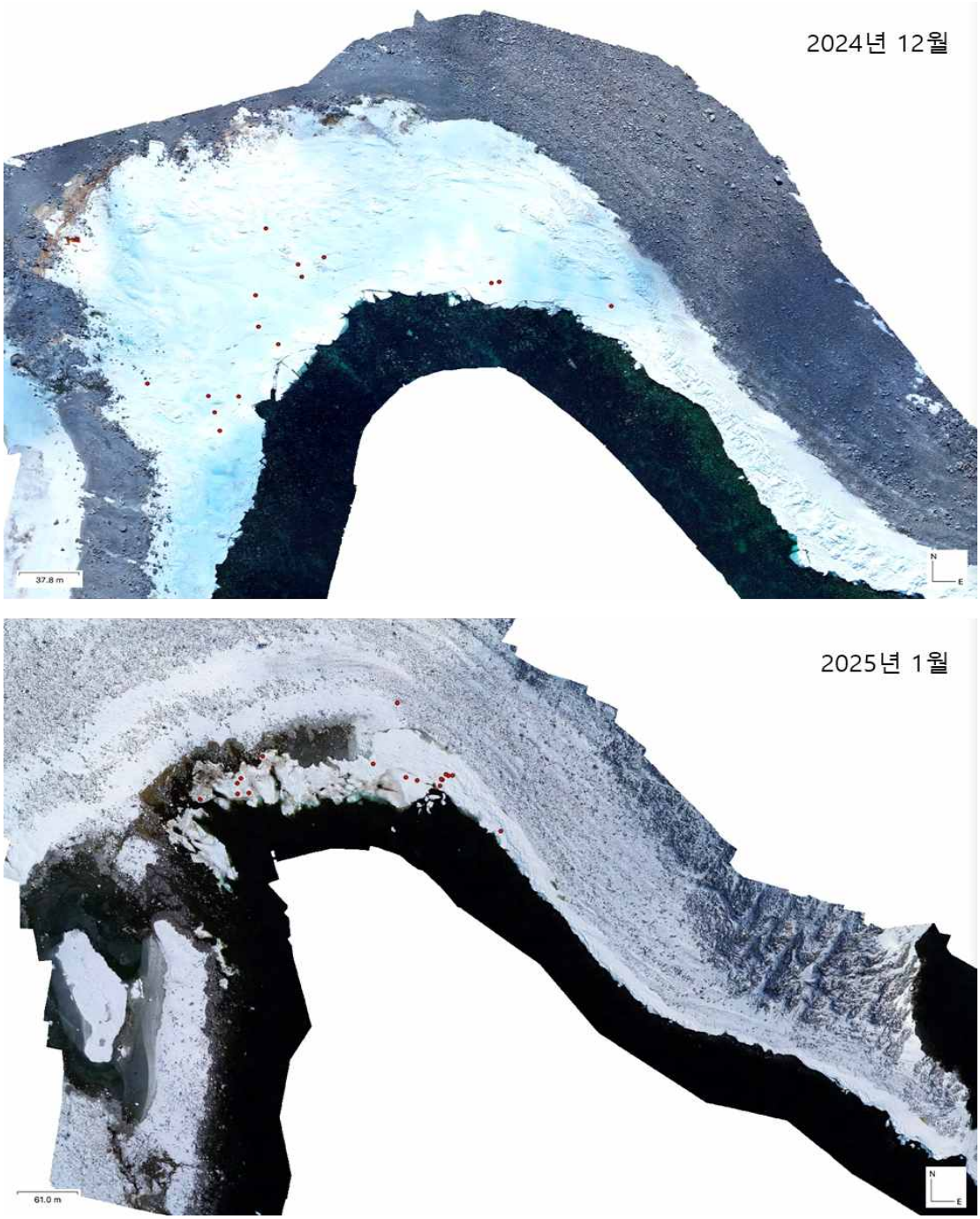


그림 1-2-22. 인익스프레서블섬에서 무인항공기를 통해 관찰된 웨델물범 위치

라. 보호구역 및 주변 조류 인플루엔자 바이러스 및 병원체 모니터링

(1) 2023/24년 조류 인플루엔자 2차진단 및 기타 병원체 모니터링바이러스 모니터링

장보고기지 기반 보호구역 및 주변 지역에서 2023/24년에 조류인플루엔자의 1차 모니터링을 위한 시료를 확보한 바 있다. 그 결과, 1차 모니터링에서는 모두 음성으로 확인되었으며, 이후 총 170개의 시료를 이용하여 조류 인플루엔자 바이러스 및 기타 병원체에 대한 유전자 검출을 진행하였다. 모니터링을 위한 병원체는 조류 인플루엔자 바이러스(AIV)를 포함하여, 조류 및 포유류에서 기관지염 바이러스 및 호흡기 감염을 일으킬 수 있는 코로나바이러스(CoV), 조류 및 포유류에서 위장염, 호흡기, 신경계 질환을 일으킬 수 있는 아스트로바이러스(AstV), 장출혈 및 산란저하 증후군을 일으키는 것으로 알려져 있는 아데노바이러스(AdV)를 대상으로 모니터링을 수행하였다.

조류 인플루엔자 바이러스에 대한 유전자 모니터링 결과, 신속항원진단 키트를 이용한 결과와 동일하게 모든 시료에서 조류 인플루엔자 유전자는 검출되지 않았다. 이는 남극 주변국 및 남극반도에 유입되어 많은 수의 남극 야생동물 감염시키고 폐사시켰던 고병원성 조류 인플루엔자(HPAI)가 2023/24년 장보고기지 기반 보호구역 및 주변 지역으로는 아직 유입되지 않았음을 시사한다.

코로나바이러스의 모니터링 결과, 인익스프레시블 섬에서 채취한 1개체의 아델리펭귄과 1개체의 남극도둑갈매기 분변에서 코로나바이러스 유전자가 검출되었다. 또한, Cape Hallett에서 채취한 2개체의 아델리펭귄과 Cape Washington에서 채취한 2개체의 황제펭귄에서 아스트로바이러스 유전자가 검출되었으며, 인익스프레서블섬에서 채취한 2개체의 아델리펭귄에서 아데노바이러스 유전자가 검출되었다(표 1-2-5).

특히, 인익스프레시블 섬에서 채취한 1개체의 아델리펭귄 분변에서는 CoV와 AdV 유전자가 동시에 검출되어, 이 1개체의 아델리펭귄은 두 바이러스를 모두 보유하고 있는 것으로 확인되었으며, 이는 아델리펭귄이 두 바이러스에 공동감염되어 있음을 시사한다. 본 모니터링의 결과는 특정 바이러스를 대상으로 하였기 때문에 4종의 바이러스 외에도 다양한 바이러스에 대한 추가 분석이 필요하며, 향후 각 동물유래 시료를 이용하여 바이러스 유전체 분석을 실시함으로써 남극 동물에서 바이러스 보유 실태를 파악할 수 있을 것으로 판단된다.

표 1-2-5. 2023/24년 장보고기지 기반 보호구역 및 주변 지역에서 병원체 모니터링 결과

시료 채취 지역	종명	병원체			
		AIV	CoV	AstV	AdV
Cape Roget	웨델물범	0/10	0/10	0/10	0/10
	황제펭귄	0/10	0/10	0/10	0/10
Cape Hallet	남극도둑갈매기	0/10	0/10	0/10	0/10
	아델리 펭귄	0/60	0/60	**2/60**	0/60
Coulman Island	황제펭귄	0/10	0/10	0/10	0/10
Edmonson Point	아델리펭귄	0/10	0/10	0/10	0/10
Inexpressible Island	아델리펭귄	0/10	**1/10**	0/10	**2/10**
	남극도둑갈매기	0/10	**1/10**	0/10	0/10
Cape Washington	황제펭귄	0/10	0/10	**2/10**	0/10
Jang Bogo station	남극도둑갈매기	0/10	0/10	0/10	0/10
Terra Nova Bay	웨델물범	0/10	0/10	0/10	0/10
Wood Bay	웨델물범	0/10	0/10	0/10	0/10

(2) 2024/25년 조류 인플루엔자 현장 1차진단 및 시료 채취

장보고기지 기반 보호구역 및 인근 지역에서 HPAI 발생은 현재까지 보고되지 않고 있으나, 2023년 남극 반도로 최초 유입 후 (아)남극권 내에서 지속적으로 HPAI가 발생하고 있는 상황을 고려하면 장보고기지 기반 보호구역도 HPAI에 안전지역은 아니다. 따라서, 2024/25년 조류의 이동시기를 고려하여 장보고기지 기반 보호구역 및 주변 지역의 야생 동물 집단 서식지에서 AI의 유입을 모니터링하였다. AI의 모니터링은 조류가 이동하는 시기를 고려하여 2024년 11월부터 2025년 1월까지 야생 조류 및 포유류의 분변과 항문스왑을 이용하여 진행하였으며, 신속항원진단키트(VDRG® AIV Ag Rapid kit, 메디안디노스틱)를 이용하여 인플루엔자 바이러스 항원 보유 여부를 판단하였다(그림 1-2-23).

그림 1-2-23. 장보고 기지 인근 AI 현장 진단을 위한 시료 채취 및 진단 결과

총 9개의 지역에서 채취한 120개의 시료(4종의 동물 분변)를 이용하여 AI에 대한

1차 진단을 수행하였으며, 모든 동물 분변 시료에서 AI 항원은 없는 것으로 확인되었다(표 1-2-6). 하지만, 1차 진단에서 저농도의 바이러스에 의한 위음성 진단 가능성을 고려하여 인플루엔자 유전자 검출법인 2차 진단을 위해 바이러스 수송배지(GDL Transport Medium, GDLKOREA)에 시료를 추가로 확보하였으며, 이는 추후 유전자 진단을 진행할 예정이다.

표 1-2-6. 2024/25년 장보고기지 기반 보호구역 및 주변 지역에서 AI 모니터링 결과

시료 채취 지역	종명	학명	결과
Cape Adare	아델리펭귄	*Pygoscelis adeliae*	0/10
Cape Hallet	남극도둑갈매기	*Stercorarius maccormicki*	0/10
	아델리펭귄	*Pygoscelis adeliae*	0/10
Edmonson Point	아델리펭귄	*Pygoscelis adeliae*	0/10
Adelie Cove	아델리펭귄	*Pygoscelis adeliae*	0/10
Inexpressible Island	아델리펭귄	*Pygoscelis adeliae*	0/10
	남극도둑갈매기	*Stercorarius maccormicki*	0/10
Cape Washington	황제펭귄	*Aptenodytes forsteri*	0/10
Terra Nova Bay	남극도둑갈매기	*Stercorarius maccormicki*	0/10
	웨델물범	*Leptonychotes weddellii*	0/10
Wood Bay	웨델물범	*Leptonychotes weddellii*	0/10
Silverfish Bay	웨델물범	*Leptonychotes weddellii*	0/10
총 합			0/120

또한, 2024/25년 장보고기지 기반 보호구역 모니터링을 통해 AI 진단 시료 뿐만 아니라 병원체의 항체조사를 위한 다양한 동물종의 혈장 및 혈액 시료를 확보하였다(표 1-2-7). 1mL 주사기를 이용하여 0.8~1mL의 혈액을 채혈 후 헤파린 튜브에 보관하였으며, 6~12시간 사이에 3,000rpm에서 5분간 원심분리 후 혈장을 분리하였다. 총 120개체로부터 혈장시료를 확보하였으며, 향후 동물종의 항체조사를 통한 병원체 보유 이력을 조사할 수 있을 것이다(그림 1-2-24). 현재까지 장보고기지 기반 보호구역 및 주변 지역에서는 HPAI 발생 사례 또는 폐사체 발견 보고 사례는 없었으나, 로스해에서 번식하는 조류의 이동경로에 위치하는 주변국에서도 HPAI의 발생사례가 지속적으로 보고되고 있다. 따라서, 현장 1차 진단 뿐만 아니라 조류의 이동시기에 야생동물의 이상활동 징후 관찰 및 폐사체의 발생 또한 AI 현장 모니터링에서 중요하게 고려해야 할 것으로 생각된다.

표 1-2-7. 2024/25년 장보고기지 기반 보호구역 및 주변 지역에서 채취한 혈장 시료

시료 채취 지역	종명	학명	시료 수
Cape Adare	아델리펭귄	*Pygoscelis adeliae*	20
Cape Hallet	아델리펭귄	*Pygoscelis adeliae*	20
	남극도둑갈매기	*Stercorarius maccormicki*	15
Inexpressible Island	아델리펭귄	*Pygoscelis adeliae*	20
	남극도둑갈매기	*Stercorarius maccormicki*	15
Terra Nova Bay	남극도둑갈매기	*Stercorarius maccormicki*	15
	웨델물범	*Leptonychotes weddellii*	15
총 합			120

그림 1-2-24. 장보고 기지 인근 혈액 및 혈장 시료 채취

제 2 장

남극특별보호구역 및 남극기지 환경관리 기반 구축 및 시행 관리

KOPRI 극지연구소

KOPRI
극지연구소

제 1 절 인익스프레서블섬 보호구역의 안전캠프 구축

1. 현장조사 안전성 확보를 위한 기반 구축

인익스프레서블섬 ASPA No. 178 지역의 보호가치를 장기적으로 모니터링하기 위해서는 최소한 매년 2회, 각 5일 이상의 연구 캠핑이 진행되어야 한다. 인익스프레서블섬의 연평균 풍속은 14.2 m/s로, 강풍 또는 블리자드와 같은 기상 문제에 따른 헬기 이동 제한이 자주 발생하는 지역이다. 현장 환경 조건을 고려하여 안전하고 효율적인 연구 캠프의 운영이 필수적이다.

이에 지난 2022/23 시즌에 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 우리가 설치할 안전캠프 모듈이 보호구역 경계에 대한 이정표가 될 수 있다(그림 2-1-1~2-1-2). ASPA No. 178은 눈에 띄는 지형에 의해 경계가 구분되지 않아 GPS가 없는 경우 실수로 보호구역 내로 진입할 가능성이 높다.

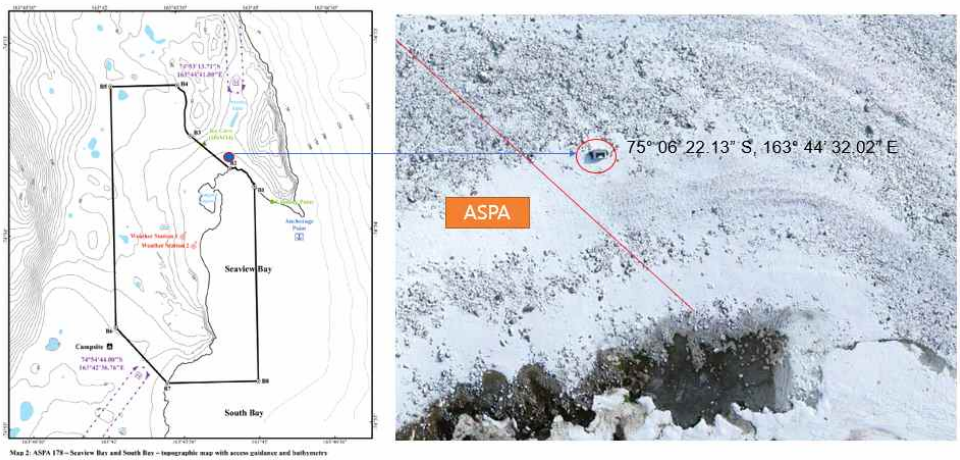
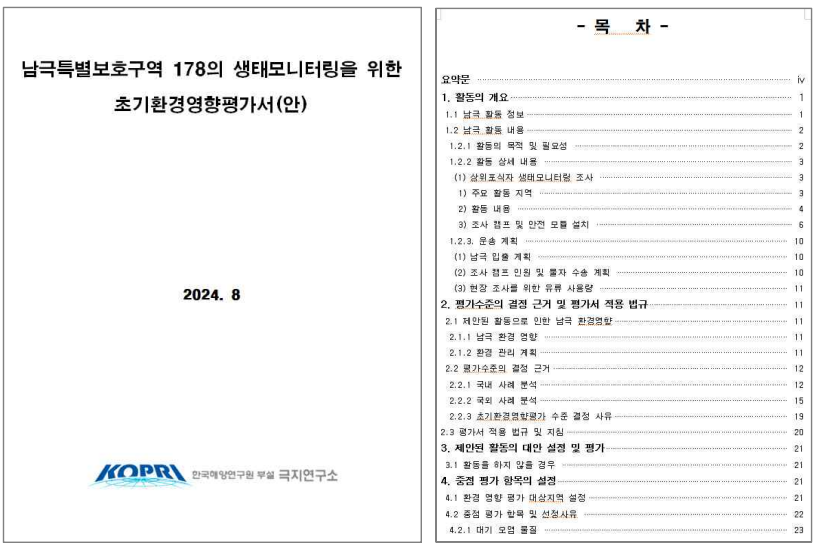


그림 2-1-1. 안전 연구캠프 구축 위치와 항공 사진

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

가. 초기환경영향평가서(IEE) 작성

인익스프레서블섬 안전 캠프 모듈은 소규모 조립식 건물로 중장비의 사용은 없으나, 특별보호구역 인근에 구조물을 설치하는 활동으로 초기 환경영향평가를 실시하였다. 초기 환경영향평가서의 작성은 '외교부 고시 제2021-7호 남극 환경영향평가서 작성에 관한 세부 지침'에 따라 작성하였으며(그림 2-1-3, 부록 9), 남극활동허가 신청서와 함께 외교부에 제출하였다. 허가를 득한 초기환경영향평가서의 영문 요약과 관련 남극활동에 관한 정보는 남극조약의 전자정보교환 규정에 따라 남극조약사무국 웹사이트(https://ats.aq)의 EIA database에 업로드하였다(그림 2-1-4).



남극특별보호구역 178의 생태모니터링을 위한
초기환경영향평가서(안)

2024. 8

KOPRI 한국해양연구원 부설 극지연구소

- 목 차 -

요약문 iv
1. 활동의 개요 1
1.1 남극 활동 정보 1
1.2 남극 활동 내용 2
1.2.1 활동의 목적 및 필요성 2
1.2.2 활동 상세 내용 3
(1) 상위포식자 생태모니터링 조사 3
1) 주요 활동 지역 3
2) 활동 내용 4
3) 조사 캠프 및 안전 모듈 설치 6
1.2.3. 운송 계획 10
(1) 남극 입출 계획 10
(2) 조사 캠프 인원 및 물자 수송 계획 10
(3) 현장 조사를 위한 유류 사용량 11
2. 평가수준의 결정 근거 및 평가서 적용 법규 11
2.1 제안된 활동으로 인한 남극 환경영향 11
2.1.1 남극 환경 영향 11
2.1.2 환경 관리 계획 11
2.2 평가수준의 결정 근거 12
2.2.1 국내 사례 분석 12
2.2.2 국외 사례 분석 15
2.2.3 초기환경영향평가 수준 결정 사유 19
2.3 평가서 적용 법규 및 지침 20
3. 제안된 활동의 대안 설정 및 평가 21
3.1 활동을 하지 않을 경우 21
4. 중점 평가 항목의 설정 21
4.1 환경 영향 평가 대상지역 설정 21
4.2 중점 평가 항목 및 선정사유 22
4.2.1 대기 오염 물질 23

그림 2-1-3. ASPA No. 178 생태조사 및 인근 안전모듈 설치를 위한 초기환경영향평가서

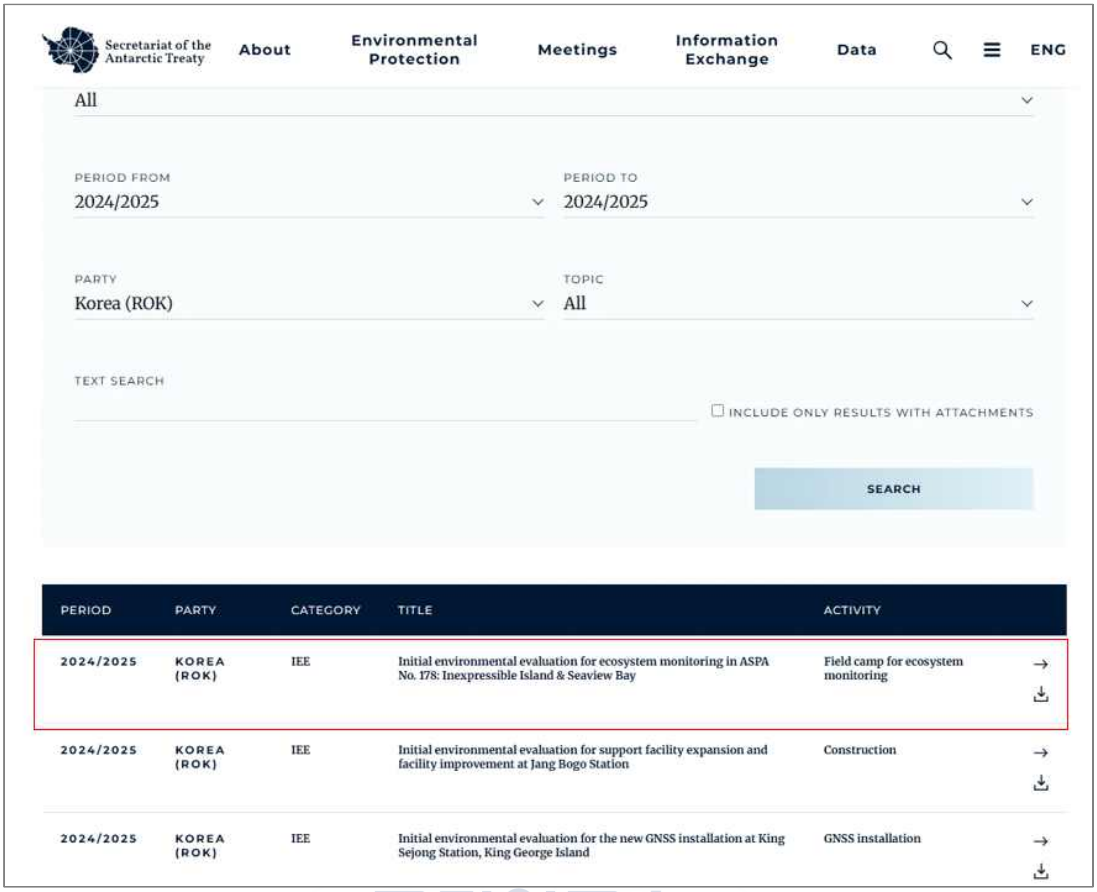


그림 2-1-4. 남극조약사무국 EIA database IEE 관련 활동 및 요약 업로드

극지연구소

나. 3차년도 구축 현황

당초 건설 자재는 아라온호를 이용하여 인익스프레서블섬 현장 바로 앞 해안까지 이동한 후 헬기 운송할 계획이었으나, 남극 기상 여건으로 인한 자재 운송의 불확실성을 줄이고 현장 건설 기간을 확보하기 위하여 기상 여건이 좋은 1월 초에 헬기를 이용하여 모든 자재를 장보고기지에서 현장으로 바로 운송하였다(그림 2-1-5).

그림 2-1-5. 장보고기지에 보관된 모든 자재는 헬리콥터로 운반

중장비를 사용하기 어려운 현장 연건과 강한 바람이 자주 부는 환경을 고려하여

모듈의 기초 프레임을 지반에 단단히 고정하여 설치하였다(그림 2-1-6). 안전 모듈의 규모는 약 4 m x 6 m x 3 m이며, 지붕에 태양광 패널(용량: 약 2kW)을 부착하여 에너지 수급과 유류 소모로 인한 환경 영향을 최소로 할 수 있도록 제작하였다(그림 2-1-7). 태양광 패널을 통해 발전된 전력은 모듈 내부에 설치한 배터리(8 x 200 AGM batteries)에 저장하여 필요시 사용할 수 있다(그림 2-1-8).

그림 2-1-6. 현장의 강한 바람을 고려한 안전캠프 모듈 프레임 고정 작업

그림 2-1-7. 안전캠프 모듈 현장 설치과정

그림 2-1-8 안전캠프 모듈 내부 및 태양광 발전기용 배터리와 컨트롤러

안전 캠프의 반영구 모듈은 보호구역 외부에 설치하였으나 ASPA No. 178의 관리계획에 따라 설치물에 대해 요구하고 있는 정보를 현장 구축 완료 시 현판에 표시하였다(그림 2-1-9).

그림 2-1-9. 안전캠프 모듈 설치 완료 및 현판 부착

다. 안전캠프의 국내외 공동활용을 위한 사용 매뉴얼 제작

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 국문 초안을 작성하였고, 지난해 '남극 현장 캠프 환경 및 안전 지침_ASPA No. 178'의 영문 초안을 작성한 바 있다.

인익스프레서블섬 남극 현장 캠프에 반영구적으로 운영할 안전 모듈은 연구 활동을 수행하는 데 필요한 공간과 블리자드 등의 악기상 시 수일간의 대피에 필요한

장소로 사용된다. ASPA No. 178 구역의 생태적 보호가치를 모니터링하고 있는 국내 연구팀뿐만 아니라 주변 지역에서 활동하는 국내외 연구팀이 활용할 수 있도록 개방될 예정이다. 따라서 안전 캠프 사용 지침을 제공하여 안전 모듈의 활용도와 유지관리 효율을 높이고자 한다. 2025년 1월 안전캠프 모듈 설치를 완료하고 ASPA No. 178 보호가치 모니터링을 위한 '남극 현장 캠프 환경 및 안전 지침'을 국내 연구자와 운영자를 위한 국문과 국제 공동 활용을 위한 영문으로 작성하였다(부록 10, 11). 해당 지침은 장보고과학기지와 안전 모듈에 비치하고 ASPA 178을 공동관리하고 있는 이탈리아와 중국의 남극 연구 프로그램에도 제공할 예정이다.

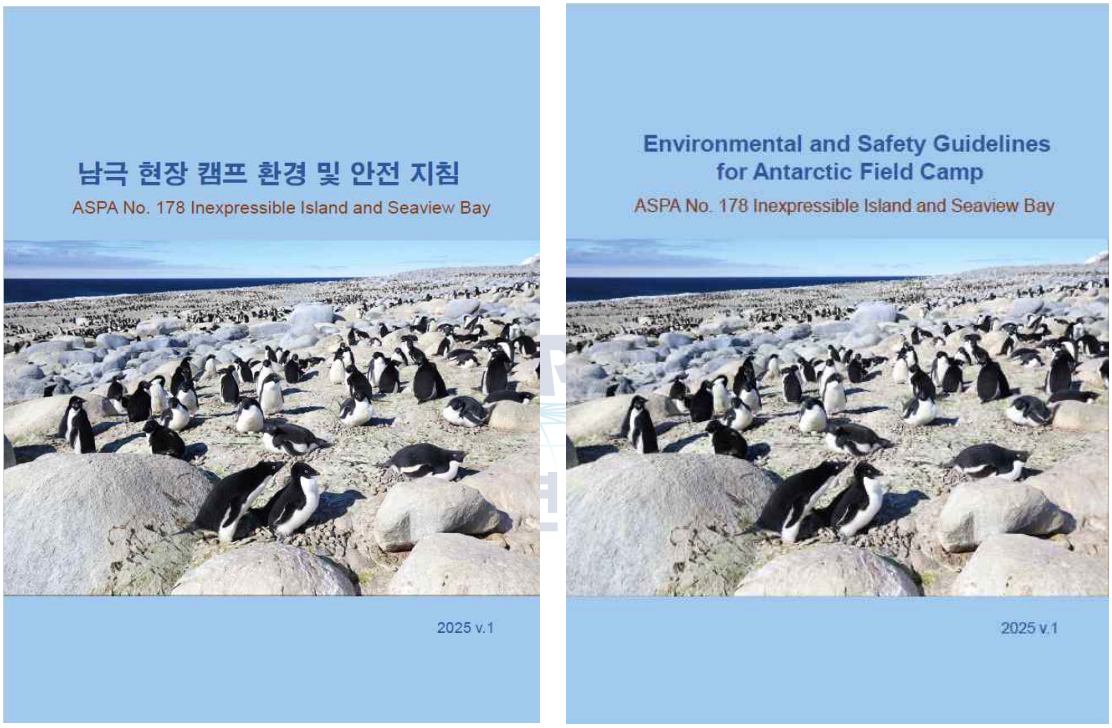


그림 2-1-10. ASPA No. 178 활동을 위한 남극 현장 캠프 환경 및 안전 지침 국영문

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.

KOPRI 극지연구소

남극활동 및 환경보호에 관한 법률

제3장 남극 환경의 보호

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

1. 남극특별보호구역 및 남극특별관리구역
2. 남극사적지 및 기념물

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

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

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

제6장 벌칙

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

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

제27조(과태료) ①다음 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 남극조약협의당사국회의에서 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.

KOPRI 금지연구소

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 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. 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. 펭귄마을 보호구역 관리계획서에 명시된 관리활동 항목 및 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 과학장비 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 ASPA 171의 펭귄을 포함한 조류의 둥지수 및 번식생태 조사 • ASPA 178 지역의 펭귄을 포함한 조류 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 개정관리 계획제출 •독일 예나대학과 아들리섬 펭귄 모니터링 정보교환 및 비교분석

KOPRI 극지연구소

(2) ASPA No 178 인익스프레서블섬 보호구역

인익스프레서블섬 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. 인익스프레서블섬 보호구역 관리계획서에 명시된 관리활동 항목 및 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 헤치지 않는 방향으로 배치한다.	• 2024/25 시즌에 구축 예정인 안전캠프 모듈 외벽에 보호구역 안내 표지판 부착
• 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 업무협의 개시 - ASPA No. 178 관리그룹 구성(2023년 45차 ATCM 회의 시)

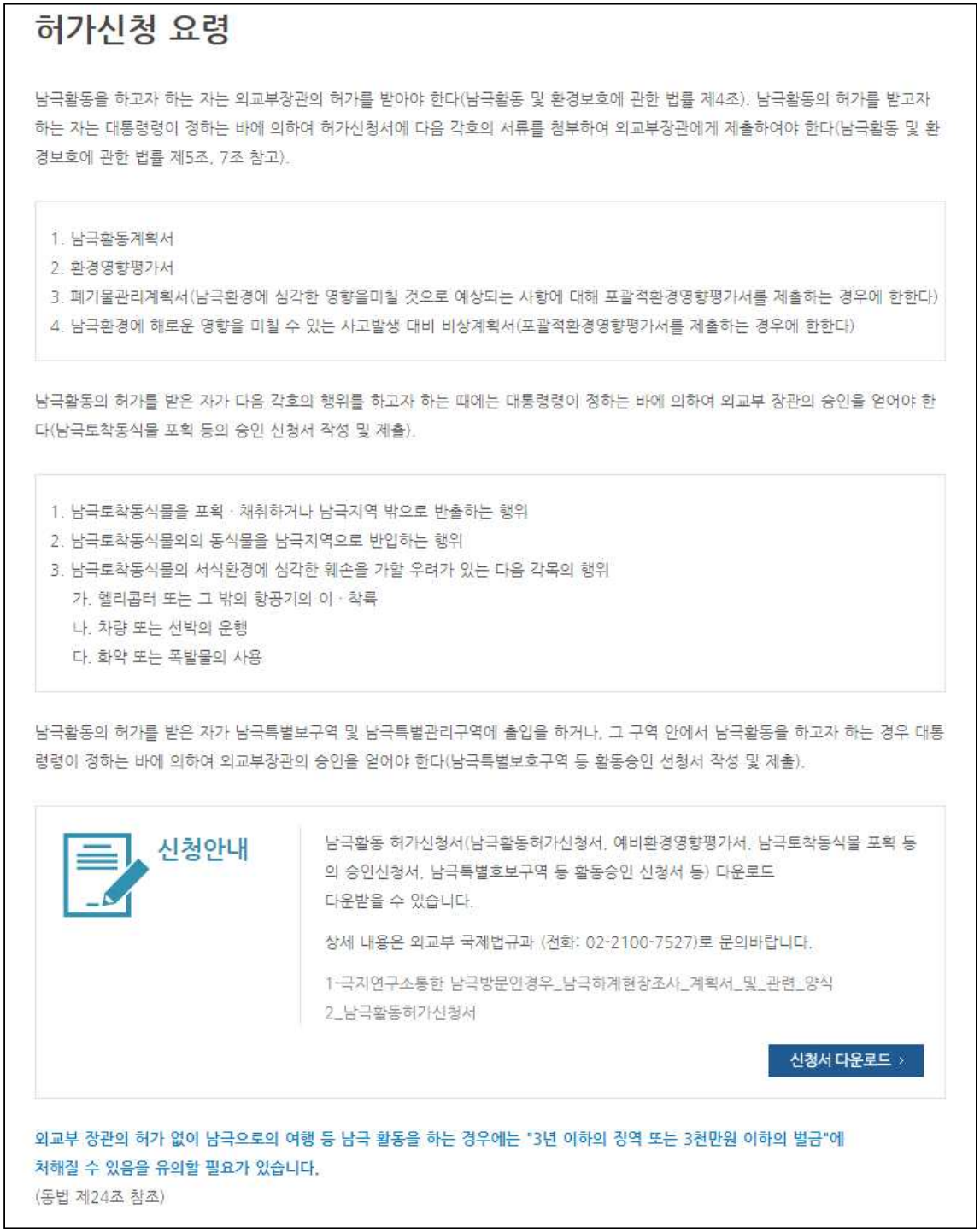
2. 보호구역(ASPA No. 171, 178)의 관리계획 이행

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).

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 선청서 작성 및 제출).

신청안내

남극활동 허가신청서(남극활동허가신청서, 예비환경영향평가서, 남극토착등식물 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, 교육을 받은지 5년이 경과한 경우 재교육을 받아야 방문이 가능하다. 특히 남극에서의 활동은 남극조약과 환경보호의정서 및 그 부속서, 국내법인 '남극활동법'을 준수해야 하므로 이에 대한 전반적인 교육을 실시하고 있다. 남극활동 시 남극특별보호구역(ASPA)에서의 활동을 계획하고 있는 경우, 해당 ASPA의 관리계획을 숙지하도록 안내하고 있으며, 계획 중인 활동이 관리계획에서 허용가능한 범위에 포함되는지 확인하고 특히 해당 구역에 제한구역(Restricted Zone: 보호구역 내 조건부 출입승인 필요 지역) 또는 금지구역(Prohibited Zone: 보호구역 내 출입금지 구역으로 보호구역 출입 허가를 받은 경우에도 출입할 수 없음)은 없는지 각 관리계획의 특성을 파악하도록 안내하고 있다. ASPA 방문자에 대한 교육은 매년 방문 구역별 활동 인원을 조사하여 해당구역 활동 예정 인원에 대해 별도의 온라인 교육과 주의 사항을 안내하고 교육자료를 배포하고 있다(그림 2-2-3).

우리나라가 관리중인 ASPA No. 171과 178의 경우, 각각 세종기지와 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 강화하고 있다(그림 2-2-4).

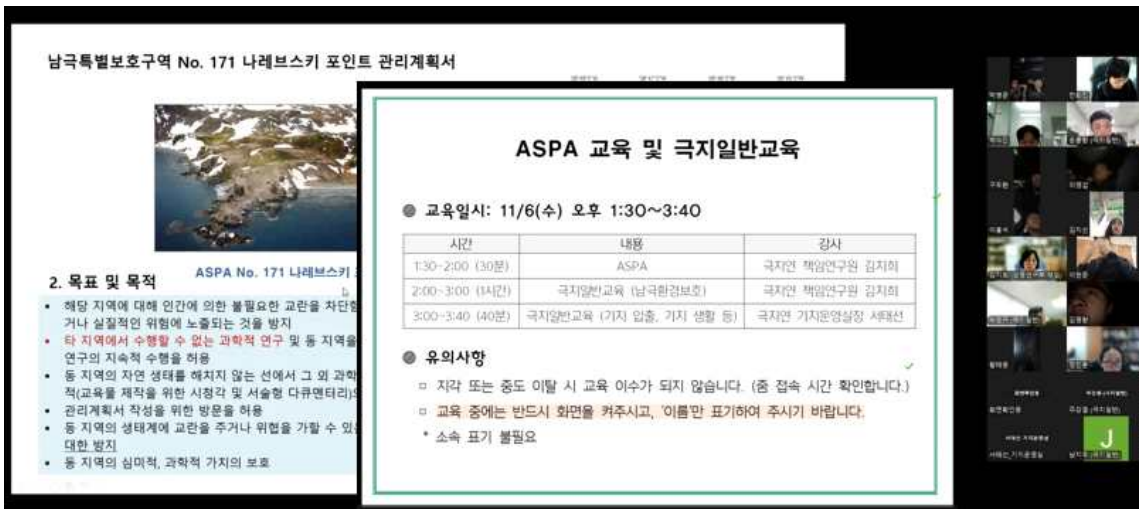


그림 2-2-3. 남극특별보호구역 활동 신청자를 대상으로 한 ASPA 교육(2024.11.06)

그림 2-2-4. 제38차 세종기지 월동연구대 환경교육(2024.11.13.)

환경보호 교육에는 본 과업을 통해 제작한 남극조약 전반과 환경보호의정서, 특별보호구역과 관련된 제5부속서에 관한 내용을 담은 동영상과 ASPA 관련자료, 남극환경보호위원회의 각종 지침 및 남극연구과학위원회의 행동강령 등을 교육자료로 활용하고 있으며 매년 추가 또는 개정된 사항을 검토하여 반영하고 있다(그림 2-2-5).

또한 환경지침서 및 2024년까지 지정된 남극특별보호구역 No. 101~182와 특별관리구역 No.1~7의 관리계획서를 남극특별보호구역 웹사이트를 통해 제공하고 있다(그림 2-2-6).

그림 2-2-5. 남극환경보호 교육 동영상 자료 및 각 기지 주변 활동 예정 ASPA 구역

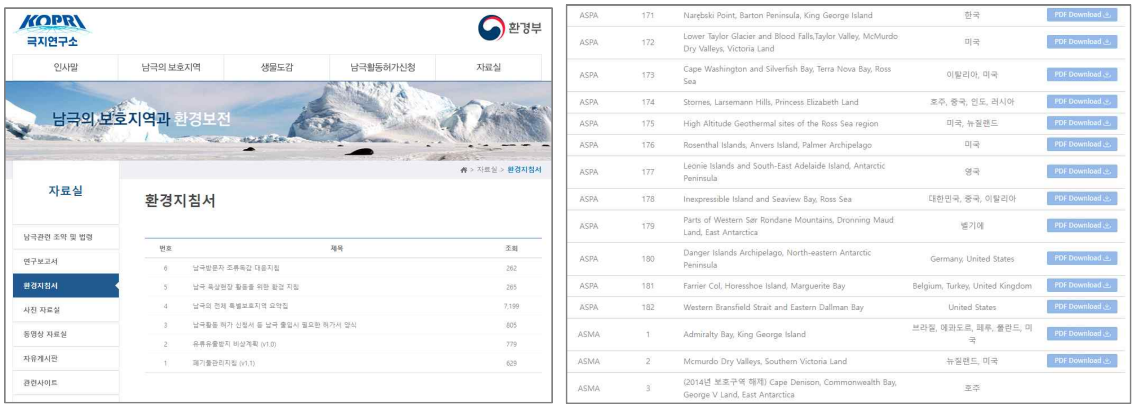


그림 2-2-6. 환경지침서 및 최신 보호구역 현황 정보와 관리계획서 제공

(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 나레브시키 포인트의 펭귄마을이 보호구역으로 지정된 해인 2009년에 세종기지로부터의 육상 접근로(관리계획 Map 6)의 경계지점에 남극특별보호구역 안내 표지판을 설치한 바 있다(그림 2-2-7).

기존의 표지판은 남극의 환경과 보호구역의 위치 특성상 강한 바람과 염분의 영향을 심하게 받아 그림 2-2-7과 같이 표면이 손상되어 교체가 필요하였다. 그림과 같이 페인트가 벗겨지는 경우 미세플라스틱과 같은 오염원이 되므로 새로 교체할 표지판은 남극 해안 환경에서 더 내구성이 있고 환경에 유해하지 않은 재질인 스테인리스로 제작하여 2025년 3월 교체설치하였다. 신규 표지판에는 ASPA 구역 경계와 현재 위치를 표시하여 출입허가 없이 실수로 구역 내에 들어가는 것을 방지하고자 하였다.

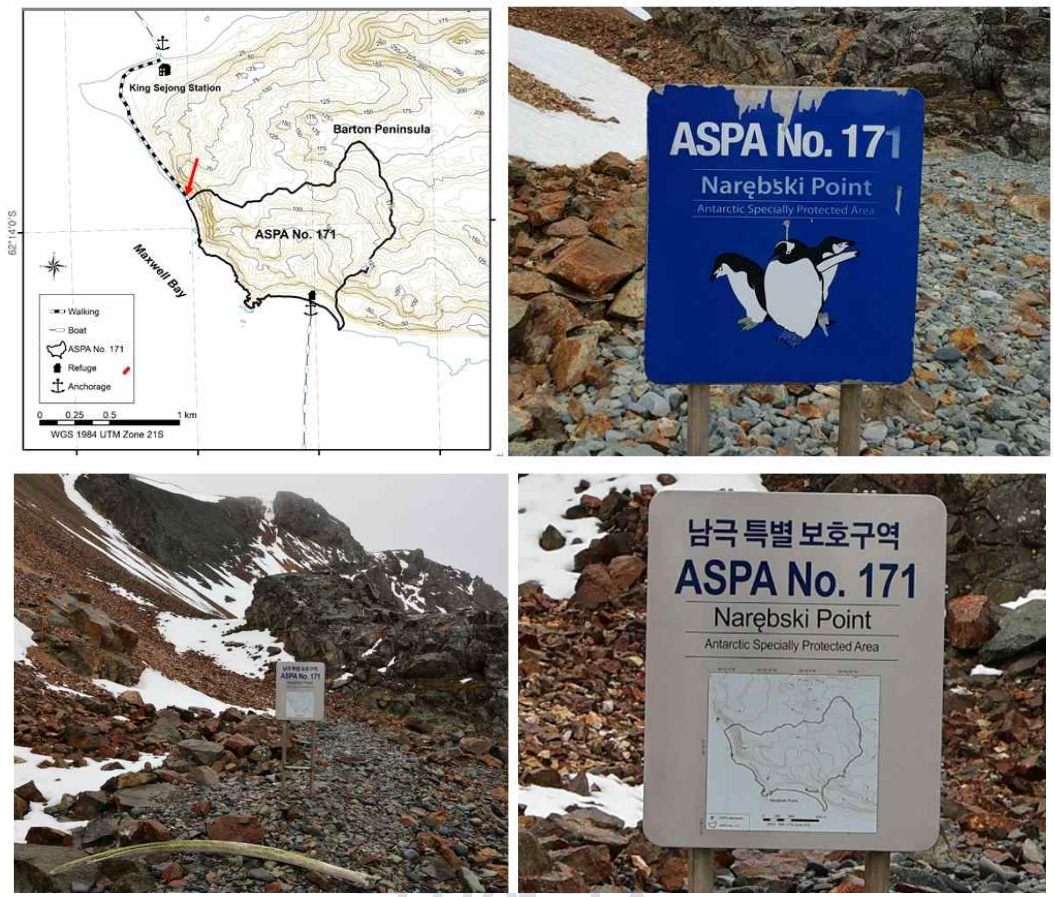


그림 2-2-7. ASPA No. 171관리계획서의 Map 6일부)에 표시된 표지판의 위치(붉은 화살표)와 표지판 현황 및 교체 표지판(2025년 3월 5일)

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 출입 관리대장에는 출입목적, 인원, 시간 등을 기록하도록 하였다(그림 2-2-7).

그간의 기록을 분석한 결과는 그림 2-2-8과 같으며, 하계연구대는 2024년 11월 23일부터 2025년 2월 27일까지 보호구역을 방문하였다. 이 기간 동안 보호구역의 출입 혹은 무전 횟수는 총 269명(중복계수), 하루 평균 2.80명으로 확인되었다. 대부분 펭귄 연구자들의 방문이 주

를 이루었으며 (76%), 2023/24보다 일부 감소한 수치이다. 또한 생태계 촬영을 위해 약 14%의 인원이 방문하였다.

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	24. 11. 23	3	김유나 이혁재 김지희	171	펭귄 모니터링	O	08:30	12:30	-
2	24. 11. 24	3	김유나 이혁재 김지희	171	펭귄 모니터링	O	08:30	12:00	-
3	24. 11. 25		이혁재, 김동협, 김유한 김효은 박현, 이하다 10명	171	펭귄 개체 여부조 등인 전지	O	14:00	17:11	-
4	24. 11.25		김유나. 이혁재 김지희	171	펭귄 모니터링	O	10:30	21:00	
5	24.11.26	3	김유나. 이혁재 김지희	171	펭귄 모니터링	O	11:00	17:00	-
6	24.11.29	3	김유나. 이혁재 김지희	171	〃	O	15:30	19:00	
7	24. 11.29	27	김지희, 김보수 외 총 27조	171	펭귄 생태계 촬영 등	O	13:10	19:00	
8	24.11.30	4	김동내 외 3인	171	펭귄 모니터링	O	12:00	14:24 →15:09	—

그림 2-2-7. 2024/25년 세종기지 출입인원 기록철(예시)

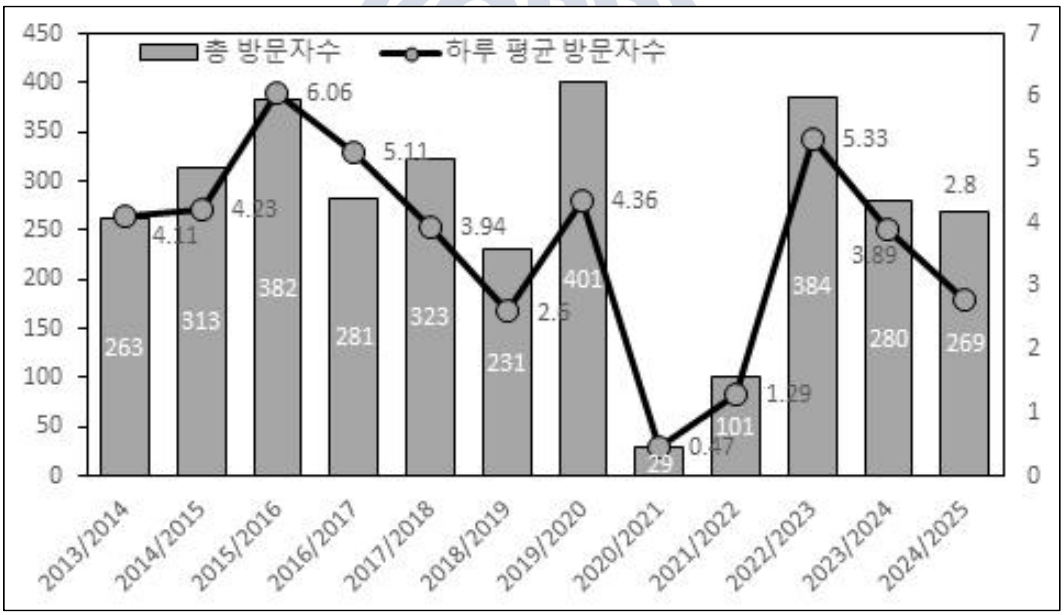


그림 2-2-8. 펭귄마을 보호구역의 방문자 통계. 2013/14: 2013.12.17.～2014.02.28.(64일간), 2014/15: 2014.12.09.～2015.02.20(74일간), 2015/16: 2015.12.02.～2016.02.02(63일간), 2016/17: 2016.12.01.～2017.02.01(63일간), 2017/18: 2017.12.01.～2018.02.20(82일간), 2018/19: 2018.12.10.～2019.03.09(90일간), 2019/20: 2019.12.02～2020.03.02(92일간), 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), 2024/25: 2024.11.23.～2025.02.27.(96일간)

(2) 장보고기지 현황분석

인익스프레서블섬은 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 인익스프레서블섬은 하계 연구기간(11월~이듬해 3월) 동안 연구목적으로 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.

2024/25년 기록을 분석한 결과, 2024년 11월 18일부터 2025년 1월 28일까지의 하계 활동기간 중 25회의 보호구역 방문이 있었다. 방문기간 동안 총 출입인원은 115명(중복계수)이었으며 1회 방문 시 하루 평균 4.6명이 방문한 것으로 획인되었다. 방문자 대부분은 펭귄을 비롯한 남극도둑갈매기, 물범 등의 생태 조사를 위한 연구자 혹은 장비 설치 및 유지 보수를 위한 인원이었다.

또한 장보고기지 인근에는 인익스프레서블섬 보호구역 외에도 다수의 보호구역이 존재하는데, 2024/25 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), 인익스프레서블섬(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). 이 가운데 멜버른 화산 인근에 통신 중계 및 우주과학 연구장비 설치와 유지보수 목적으로 119명이 방문하여 가장 빈번하게 방문한 지역으로 확인되었으며, 다음으로 115명이 방문한 인익스프레서블섬으로 나타났다. 그리고 황제펭귄 군서지가 있는 케이프워싱턴 일대에서 펭귄 연구와 연구 장비 설치를 위하여 68명이 방문하였다. 다음으로 케이프 할렛에 20명과 에드몬슨 포인트에 18명, 케이프 어데어에 5명이 방문한 것으로 확인 되었다.

표 2-2-3. 장보고 기지 인근 보호구역 출입내역(개인정보 보호를 위해 명단은 삭제)

일 자	출발 시간	복귀 시간	목적지	활동 목적	인원
2024-11-09	10:23	16:24	멜버른	연구장비 유지보수	4
2024-11-12	9:07	14:48	멜버른	연구장비 유지보수	11
2024-11-18	9:11	14:50	멜버른	통신장비 점검 및 설치	5
2024-11-18	13:30	16:38	인익스프레서블섬	아텔리펭귄 항공촬영 및 샘플링	5
2024-11-19	13:10	17:10	에드먼슨 포인트	지진관측소 설치, 통신장비 설치	7
2024-11-19	14:20	17:41	케이프 워싱턴	황제펭귄 샘플링 및 로거 부착	5
2024-11-21	8:30	17:38	케이프 할렛	아델리 및 황제 항공촬영 및 샘플링	3

2024-11-22	9:05	14:58	멜버른	연구장비 현장 설치	8
2024-11-22	15:27	17:17	인익스프레서블섬	아델리펭귄 항공촬영 및 샘플링	5
2024-11-25	9:20	18:14	케이프 워싱턴	관제거점 설치	8
2024-11-25	14:07	14:37	케이프 워싱턴	황제펭귄 샘플링, 바이오 로깅	3
2024-11-25	14:42	16:25	케이프 워싱턴	캠프 지원	5
2024-11-26	9:55	17:02	멜버른	통신 장비 연동 및 테스트	6
2024-11-26	13:07	15:24	에드먼슨 포인트	통신 장비 연동 및 테스트	3
2024-11-26	15:26	17:36	케이프 워싱턴	통신타워 전원 연결 및 테스트	5
2024-11-27	9:02	14:01	멜버른	통신 장비 연동 및 테스트	3
2024-11-27	13:19	16:57	케이프 워싱턴	캠프지원	10
2024-11-27	17:00	17:27	케이프 워싱턴	캠프철수	3
2024-11-29	13:09	15:05	케이프 워싱턴	통신장비 설치위치 조사	5
2024-11-30	9:39	11:39	멜버른	통신장비 연동 테스트	4
2024-12-03	14:20	15:55	멜버른	통신장비 연동 테스트	4
2024-12-06	10:33	19:26	프리슬리 빙하, 인익스프레서블섬	연구장비 유지보수,캠프	4
2024-12-07	9:13	13:45	인익스프레서블섬	연구장비 설치	3
2024-12-09	8:55	17:28	인익스프레서블섬	연구장비 설치	4
2024-12-09	13:14	18:16	멜버른	장비 설치	9
2024-12-10	9:30	18:09	인익스프레서블섬	연구장비 설치	2
2024-12-10	13:07	17:50	케이프 워싱턴	연구장비 설치	7
2024-12-11	9:00	14:06	멜버른	연구장비 시험	3
2024-12-12	9:21	10:20	케이프 워싱턴	연구장비 시험	3
2024-12-12	12:58	16:21	인익스프레서블섬	아델리펭귄 생태조사	5
2024-12-13	13:24	15:54	케이프 워싱턴	장비 시험	4
2024-12-15	13:23	16:50	프리슬리 빙하, 인익스프레서블섬	연구장비 점검	3
2024-12-16	13:36	15:39	에드먼슨 포인트	아델리펭귄 샘플링	4
2024-12-17	9:06	19:32	케이프 할렛	연구 캠프	3
2024-12-18	9:05	14:18	멜버른	연구장비 시험	4
2024-12-19	8:57	12:10	케이프 워싱턴	연구장비 시험	3
2024-12-19	9:29	13:10	인익스프레서블섬	생태조사	4
2024-12-22	9:32	13:28	멜버른	연구장비 시험	3

KOPRI 극지연구소

2024-12-22	9:25	13:31	에드먼슨 포인트	연구장비 시험	4
2024-12-23	8:56	18:02	브라우닝패스, 케이프 워싱턴	연구장비 시험	4
2024-12-23	9:26	14:02	케이프 할렛	연구 캠프 철수	4
2024-12-24	12:43	16:11	멜버른	연구장비 시험	4
2024-12-26	8:54	12:18	케이프 워싱턴	연구장비 시험	2
2024-12-27	9:12	9:55	인익스프레서블섬	연구 캠프	3
2024-12-30	8:50	18:12	멜버른 및 주변	연구장비 유지보수	2
2024-12-31	13:32	17:30	멜버른, 리트만 화산	연구장비 유지보수	2
2024-12-31	17:32	18:07	인익스프레서블섬	연구 캠프 철수	3
2025-01-03	9:13	18:59	멜버른, 캠벨빙하	연구장비 유지보수	3
2025-01-04	10:00	14:18	케이프 워싱턴	생태조사	5
2025-01-05	13:03	19:37	인익스프레서블섬	안전캠프 공사	5
2025-01-06	9:27	17:35	인익스프레서블섬	안전캠프 공사	9
2025-01-07	8:58	20:08	인익스프레서블섬	안전캠프 공사	5
2025-01-10	8:46	17:15	인익스프레서블섬	안전캠프 공사	5
2025-01-10	13:30	17:46	인익스프레서블섬	안전캠프 공사	5
2025-01-14	8:45	16:23	인익스프레서블섬	생태 시료 채취	5
2025-01-15	13:50	17:10	에드먼슨 포인트	생태 시료 채취	4
2025-01-18	9:43	18:02	케이프 할렛, 케이프 어데어	연구 캠프	5
2025-01-19	11:16	16:28	멜버른	관측장비 유지보수	4
2025-01-20	9:00	11:17	인익스프레서블섬	생태 시료 채취	2
2025-01-20	12:57	17:16	케이프 할렛	연구 캠프 철수	5
2025-01-22	9:11	15:22	멜버른	관측장비 유지보수	
2025-01-22	12:58	16:32	인익스프레서블섬	항공촬영 및 시료 채취	5
2025-01-28	8:50	16:10	멜버른	연구장비 유지보수	4
2025-01-28	12:57	16:00	인익스프레서블섬	생태조사	5
2025-01-29	9:14	16:24	멜버른	연구장비 유지보수	3
2025-02-03	9:45	15:42	멜버른	연구장비 유지보수	4
2025-02-04	9:50	18:34	멜버른	연구장비 유지보수	3
2025-02-25	13:00	14:50	멜버른	장비 점검	4
2025-02-25	13:30	16:50	멜버른, 케이프 워싱턴	지형 정찰	15

KOPRI 극지연구소

2025-03-03	10:22	12:01	멜버른	연구장비 유지보수	4

KOPRI
극지연구소

3. 남극특별보호구역 정보 제공 서비스 웹페이지 운영 및 관리

우리 국민들이 남극의 자연환경과 특별보호구역에 대한 정보를 쉽게 접하고, 이해를 도울 수 있도록 [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

- 제47차 ATCM(2024년)에서 신규 지정된 ASPA No. 180~182를 포함하여 2025년 4월 현재 효력이 있는 ASPA 76개(82개 지역 중 6개 지역은 해제됨), ASMA 6개(7개 지역 중 2014년 ASMA 3가 해제됨)의 관리계획 업로드
- 보호구역별 관리계획 PDF 다운로드 가능
- 우리나라 기지 주변 보호구역의 경우 한글 관리계획서 PDF 제공
- 생물도감 : 웹 기반의 동식물 도감(도서는 PDF 다운로드 가능)
- 조류/포유류 22종 수록, 식물(지의류/선태류) 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. 2024/2025년 개정 및 추가 사항

(1) 남극의 보호지역

1) 보호지역의 정의 및 구분

- 남극조약 체제 상 보호구역의 비교표
  - 지정 현황: 2025년 자료로 업데이트
- 보호지역의 지정
  - 지정 사유에 따른 현존 남극특별보호구역의 분류 업데이트
  - 우리나라의 보호구역 지정 활동에 ASPA No. 178관련 내용 추가 등

2) 남극특별보호구역(ASPA) & 남극특별관리구역(ASMA)

- 남극특별보호구역(ASPA) 및 특별관리구역 목록 최신 업데이트
  - 제47차 ATCM(2024년)에서 신규 지정된 ASPA No. 180~182를 포함하여 2025년 4월 현재 효력이 있는 ASPA 76개(82개 지역 중 6개 지역은 해제됨), ASMA 6개(7개 지역 중 2014년 ASMA 3가 해제됨)의 관리계획 업로드
  - 장보고기지 인근 확대 지도 추가

3) 장보고기지 인근 보호구역 업데이트

- 173 Cape Washington
  - 남극특별보호구역 No. 173 케이프 워싱턴 & 실버 피쉬만의 황제펭귄 개체군 크기 업데이트(2014~2021년 조사 자료 추가)

(2) 자료실

- 연구보고서
  - 2025_ASPA 연구보고서(극지연구소) 업로드(예정)

- 환경 지침서
  - 남극 현장 캠프 환경 및 안전 지침(ASPA No. 178 Inexpressible Island and Seaview Bay) 국영문 업로드(예정)

KOPRI
극지연구소

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	남극조약협의회의와 협의당사국 권한 설명
제10조	UN헌장 준수 의무 명기
제11조	체약국간 분쟁해결의 평화적 협의
제12조	조약의 수정 및 개정절차
제13조	조약의 비준 및 가입절차
제14조	조약의 정본(영, 불, 노, 스페인어) 작성

모두 14개 조항으로 구성된 남극조약은 남극의 평화적 이용과 남극탐사 자유의 보장을 주목적으로 명시하는 것 이외에 남위 60° 이남으로 규정한 남극지역에 대한 국가적 경쟁, 특히 군사적 경쟁을 억제하고 영유권에 관한 문제해결을 유예함으로써 남극이 '국제적 불화의 무대 또는 대상'이 되는 것을 막고 있다. 이를 위해 남극조약은 다음과 같은 다양한 규정들을 명시하고 있다(표 2-3-1).

ATCM에서 제안된 조치(Measure)들은 남극에 대한 규정 및 운영규범을 구성한다. 이런 조치들은 과거 권고안(Recommendation)으로 지칭되었지만, 1995년 서울에서 개최된 제19차 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 상호협의와 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 상당수를 차지한다.

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		

KOPRI 극지연구소

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) 남극환경영향평가서 작성에 관한 세부 지침
제2부속서 (남극 동식물 보존)	남극 동·식물군 보호를 위한 절차	자국인의 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 운영을 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	시행
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

KOPRI 극지연구소

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 남극활동에 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 남극환경관리지침의 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 동의 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	남극연구활동의 진흥 등	21. 남극연구활동진흥기본계획의 수립·시행 21-2. 실태조사 22. 홍보 및 교육	26. 남극연구활동진흥기본계획의 수립 등 27. 연도별 시행계획의 수립·시행 27-2. 실태조사의 범위
6	벌칙	23-25. 벌칙 26. 양벌규정 27. 과태료	 28. 과태료의 부과기준

KOPRI 극지연구소

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

KOPRI 극지연구소

2. 환경관리지침의 시행 관리 및 개정

가. 폐기물관리지침

남극활동을 위한 폐기물관리지침서는 2014년 본과제를 통해 마련되었으며, 극지연구소에 제공되어 남극기지를 기반으로 하는 월동연구 및 하계 현장 활동을 포함한 극지연구소에서 수행하는 남극 프로그램 운영 및 연구활동에 적용되고 있다.

현재 극지연구소에서는 '남극과학기지 운영 및 남극활동에 관한 요령' 제31조에 명시한 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 당해 연도 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 30조(유류 유출 방지 및 대응계획)에 따라 남극기지 운영에 적용되고 있으며, 동조 1항에는 남극과학기지 유류 유출방지 및 대응을 위한 종합대책'을 수립하도록 하고 있으며 2항에는 다음과 같은 절차와 대응 체계 마련을 명시하고 있다.

1. 유류 유출 방제장비의 확보 및 운영 방안
2. 유류 유출 경보장치의 검사 절차 및 방법
3. 유류 유출 시나리오별 대응억제 및 복구절차
4. 유류 유출 대응시 행동수칙
5. 유류 유출 사고시 보고체계

향후 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 재검토하여 개정하고 있다. 관리계획 개정안은 환경보호위원회의 동의를 거쳐 ATCM의 승인으로 효력이 발생된다. ASAP No. 171의 관리계획은 규정에 따라 검토를 거쳐 2014년(Measure 11)과 2019년(Measure 8)에 개정 되었다. 2024년 세 번째 개정안은 46차 ATCM (26차 CEP)에 Working Paper 30으로 제출되었으며(부록 10), ATCM의 승인을 거쳐 Measure 12로 같은 해 10월 28일부터 효력을 갖게 되었다. 관리계획의 주요 개정 내용은 보호구역의 펭귄 및 기타 조류, 기상자료, 식생에 대한 최신 자료 추가, 조류인플루엔자 발생 시 COMNAP의 지침 준수 등을 권고하는 사항 등이다.

동남극 북빅토리아랜드 테라노바만 인익스프레서블섬에 우리나라, 중국, 이탈리아가 제안하여 2021년 제43차 ATCM에서 지정된 ASPA No. 178 인익스프레서블섬 및 씨뷰만의 관리계획(Measrue 21)은 현재 현장활동 및 관리에 적용되고 있으며, 2026년 재검토를 거쳐 필요시 개정될 예정이다. 이를 위하여 2025년 공동관리국들과 지난 5년간의 모니터링 결과에 대해 검토하고 개정에 관한 논의를 진행할 계획이다.

KOPRI 극지연구소

라. 환경보호 활동지침

2009년 환경부 정책과제를 통해 제정된 이래, 2014년 개정된 야외활동 매뉴얼은 현재 연구단의 남극 활동매뉴얼에 삽입되어 활용되어왔으며, 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 2023/24년 시즌에 이어 2024/25년에도 남극의 고병원성 조류독감 유행에 대비한 SCAR와 COMNAP의 지침을 반영한 '남극방문자 조류독감 대응지침' 등이 해당한다. 이들 지침은 남극특별보호구역 웹사이트의 자료실에서도 제공하고 있어 극지연구소 인원 뿐만아니라 남극의 환경보호에 관심있는 모든 국민들이 활용할 수 있도록 하였다.

ASPA No. 178의 남극 현장 활동을 위한 환경 및 안전 지침(2025 v.1)도 해당 관리계획과 SCAR의 행동강령을 기준으로 작성되었으며, 남극 활동을 위한 환경보호 활동 지침의 하나로 연구자 및 방문자가 활용할 수 있도록 제공된다.

3. 연 단위 폐기물 관리계획 수립 및 시행 관리

남극활동 및 환경보호에 관한 법률 시행령 제22조 2항(폐기물관리계획 등) 및 남극조약 환경보호의정서 제3부속서 제9조(폐기물 관리계획의 배포 및 재검토)관련 의무사항 이행의 점검이 필요하다.

이에 법률과 규정에 따라 극지연구소 기지 운영 담당부서에서는 당해 연도 기지 폐기물 운송 및 처리계획을 수립하여 시행하고 있다. 세종과학기지 발생 폐기물의 경우, 월동 종료 후 다음 해 하계(12월~3월)에 보급선을 통해 칠레로 반출하여 대행사를 통해 처리하므로 전년도 폐기물이 당해 7~8월에 처리되는 실정이다. 장보고기지의 경우, 쇄빙연구선 아라온호가 연구활동 및 보급을 마치고 폐기물을 선적하여 5~6월에 국내 입항하여 처리하고 있어 폐기물 처리 결과는 전년도 자료를 보고서에 수록하고 있다.

KOPRI
극지연구소

가. 세종기지 폐기물 처리 현황

(1) 폐기물 관리계획서

<table>
<tr><td colspan="6">2024년 폐기물 관리계획서</td></tr>
<tr><td colspan="2">기지명</td><td colspan="4">남극세종과학기지</td></tr>
<tr><td colspan="6">1. 생활폐기물 발생 현황</td></tr>
<tr><td colspan="2">구 분</td><td>종 류</td><td>수 량</td><td>단 위</td><td>중 량 (kg)</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">지정 폐기물</td><td>폐배터리</td><td>2</td><td>WOOD BOX</td><td>3,400kg</td></tr>
<tr><td colspan="3">소 계</td><td>3,400 kg</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="5">일반 폐기물</td><td>고철</td><td>8</td><td>WOOD BOX</td><td>4,272kg</td></tr>
<tr><td>유리</td><td>5</td><td>WOOD BOX</td><td>3,090kg</td></tr>
<tr><td>플라스틱</td><td>6</td><td>WOOD BOX</td><td>1,960kg</td></tr>
<tr><td>혼합폐기물</td><td>3</td><td>WOOD BOX</td><td>3,308kg</td></tr>
<tr><td colspan="3">소 계</td><td>12,630 kg</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">공사 폐기물</td><td>공사폐기물</td><td>-</td><td>CONTAINER</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="3">소 계</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="4">합 계</td><td>16,030 kg</td></tr>
<tr><td colspan="6">2. 기타 폐기물</td></tr>
<tr><td colspan="6"></td></tr>
<tr><td colspan="6">3. 수송 및 처리 계획</td></tr>
<tr><td colspan="2">수송편</td><td colspan="4">화물선(LENGA)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">수송일정</td><td>출발예정일</td><td colspan="4">2025.1.14</td></tr>
<tr><td>도착예정일</td><td colspan="4">2025.1.18</td></tr>
<tr><td rowspan="2">처리지역</td><td>국가명</td><td colspan="4">칠레</td></tr>
<tr><td>도시명</td><td colspan="4">푼타아레나스</td></tr>
<tr><td colspan="2">처리예정 업체명</td><td colspan="4">칠레 AGUNSA</td></tr>
<tr><td colspan="2">처리 방법</td><td colspan="4">칠레 국내법에 의거 현지대행사에서 적법 절차에 따라 처리 예정</td></tr>
<tr><td colspan="6">4. 업무처리 담당자</td></tr>
<tr><td colspan="2">직 책</td><td>성 명</td><td>전화번호</td><td>이메일</td><td>비 고</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기 지</td><td>대 장</td><td>이형근</td><td>032-770-8500</td><td>hglee@kopri.re.kr</td><td></td></tr>
<tr><td>담 당</td><td>권영훈</td><td>032-770-8571</td><td>yhkwon@kopri.re.kr</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구소</td><td>부서장</td><td>서태선</td><td>032-770-8510</td><td>jamisu@kopri.re.kr</td><td></td></tr>
<tr><td>담 당</td><td>강민구</td><td>032-770-8515</td><td>mgkang@kopri.re.kr</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="6">상기와 같이 남극기지 폐기물 관리계획을 제출합니다.

2024 년 11 월 29 일

극지연구소장 : 신 형 철

환경부장관 귀하</td></tr>
</table>

KOPRI 극지연구소

붙임# 1 기지 내 폐기물 처리 사진

폐기물 우드박스 정리

폐기물 우드박스 정리

소각로 내부 내화제 정비

소각로 내부 내화제 정비 완료

폐기물 컨테이너 정리

폐기물 컨테이너 정리

소각로 연도 용접 및 정비

소각로 연도 용접 및 정비

붙임# 2 월별 주요 폐기물 발생량

(단위 : kg)

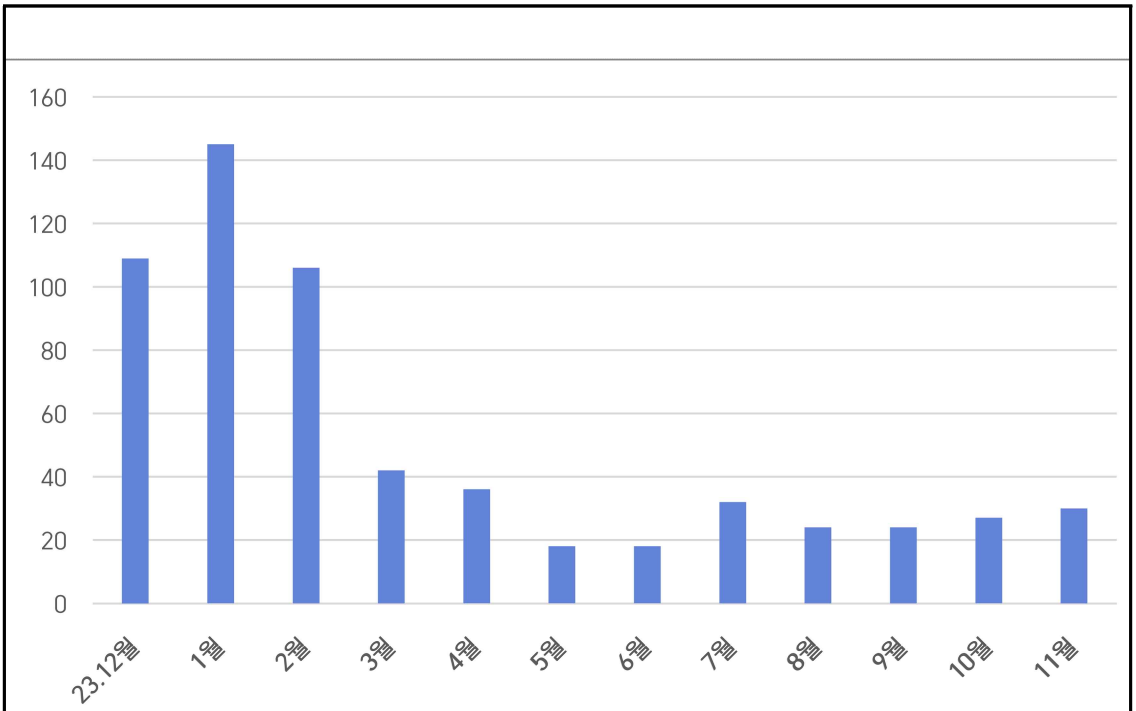
일 자	재(소각)	고 철	PVC	유 리	기 타
2023년 12월		640kg	670kg	630kg	
2024년 1월	1,388	1,320kg	200kg		
2024년 2월	860	670kg	300kg		
2024년 3월					
2024년 4월					
2024년 5월		526kg		700kg	
2024년 6월					
2024년 7월					
2024년 8월					
2024년 9월					
2024년 10월					
2024년 11월	1,060kg	1,116kg	790kg	1,760kg	폐 베터리 3,400kg
합 계	**3,308kg**	**4,272kg**	**1,960kg**	**3,090kg**	폐 베터리 **3,400kg**

KOPRI 극지연구소

* 37차 월동연구대(2023. 12월 ~ 2024. 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



극지연구소

구분	'23.12	'24.01	'24.02	'24.03	'24.04	'24.05	'24.06	'24.07	'24.08	'24.09	'24.10	'24.11
가동일수	14	22	19	10	7	4	4	5	4	4	4	5
가동시간	109	145	106	42	36	18	18	32	24	24	27	30

※ 제 37차 월동연구대(2023. 12월 ~ 2024. 11월 근무) 측정 기준

(2) 폐기물 처리 결과

2023년 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 계근 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	27,671	KG	소각재, 혼합폐기물 및 공사폐기물 포함
고철	18,544	KG	
폐유리	1,997	KG	
플라스틱	11,529	KG	
폐유, 목재, 배터리	10,220	KG	
합 계	**69,961**	KG	

다. 발생량 분석

(월별 폐기물 발생량 편차 원인)

ㅇ 하계연구 수행을 위해 기지 체류 인원이 증가하는 상반기에 폐기물 집중 발생

2. 수송 및 처리

수송편		화물선(LENGA)
수송일정	출발(선적)	2024. 1. 21.(남극세종과학기지)
	도착(하역)	2024. 1. 25.(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)

ㅇ 2023년 세종기지 발생 폐기물은 2024년 1월에 임차선박에 선적하여 칠레 푼타아레나스로 반출됨

ㅇ 2024년 6월에 칠레 현지대행사에서는 2023년 세종기지 반출 폐기물 처리를 완료함

4. 업무처리 담당자

직 책		성 명	전화번호	이메일	비 고
기 지	대 장	이형근	032-770-8572	hglee@kopri.re.kr	
	담 당	권영훈	032-770-8571	yhkwon@kopri.re.kr	
연구소	부서장	서태선	032-770-8510	jamisu@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.

2024 년 12 월 31 일

극지연구소장 : 신 형 철 (인)

환경부장관 귀하

KOPRI 극지연구소

붙임# 1 세종기지 반출 폐기물 칠레 현지 처리 사진

□ 폐기물 처리 과정

붙임# 2 **세종기지 반출 폐기물 칠레 현지 처리 증빙 서류**

□ 폐기물 처리 영수증

AGUNSA

GARBAGE DISPOSAL RECEIPT

Agencias Universales S.A. (AGUNSA) certified that **Korea Polar Research Institute (KOPRI)** delivered 08 containers with 69.961 kilos of garbage from Korean Antarctic bases. Garbage disposed as follows:

Category	Quantity (kg)
General Waste	27.671,00
Steel & Metals	18.544,00
wood	465,80
Oil	7.380,00
Glass	1.997,00
Battery	2.375,00
Plastic (PVC) & others	11.529,00

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

All the contents of the containers were segregated and disposed of in the landfill in the city of Punta Arenas.

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

AGUNSA

NICOLAS OYARZUN MARZAN

Jefe Servicios Logisticos Punta Arenas
Tel +56 61 2617315
Cel +56 9 94325280
Mai nicolas.oyarzun@agunsa.com

나. 장보고기지 폐기물 처리 현황

(1) 폐기물 관리계획서

<table>
<tr><td colspan="8">2024년 폐기물 관리계획서</td></tr>
<tr><td colspan="2">기지명</td><td colspan="6">남극장보고과학기지</td></tr>
<tr><td colspan="8">1. 생활폐기물 발생 현황</td></tr>
<tr><td colspan="2">구 분</td><td colspan="2">종 류</td><td>수 량</td><td>단 위</td><td colspan="2">중 량 (kg)</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="5">지정 폐기물</td><td>재활용</td><td>배터리</td><td>1</td><td>PALLET</td><td colspan="2">150</td></tr>
<tr><td rowspan="3">위탁</td><td>폐유</td><td>11</td><td>DRUM</td><td colspan="2">550</td></tr>
<tr><td>오수슬러지</td><td>8</td><td>DRUM</td><td colspan="2">400</td></tr>
<tr><td>실험폐액(산)</td><td>20</td><td>통</td><td colspan="2">400</td></tr>
<tr><td colspan="4">소 계</td><td colspan="2">1,500</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="7">일반 폐기물</td><td rowspan="4">재활용</td><td>고철</td><td>5</td><td>WOOD BOX</td><td colspan="2">2,510</td></tr>
<tr><td>유리</td><td>2</td><td>WOOD BOX</td><td colspan="2">1,320</td></tr>
<tr><td>종이</td><td>2</td><td>CONTAINER</td><td colspan="2">6,000</td></tr>
<tr><td>플라스틱</td><td>13</td><td>WOOD BOX</td><td colspan="2">2,699</td></tr>
<tr><td rowspan="2">매립</td><td>폐식자재</td><td>2</td><td>CONTAINER</td><td colspan="2">22,000</td></tr>
<tr><td>생활쓰레기</td><td>24</td><td>WOOD BOX</td><td colspan="2">4,711</td></tr>
<tr><td colspan="4">소 계</td><td colspan="2">39,240</td></tr>
<tr><td colspan="6">합 계</td><td colspan="2">40,740</td></tr>
<tr><td colspan="8">2. 기타 폐기물</td></tr>
<tr><td colspan="8">탈각재 : 1,600 kg, 의료폐기물: 10 kg</td></tr>
<tr><td colspan="8">3. 수송 및 처리 계획</td></tr>
<tr><td colspan="2">수송편</td><td colspan="6">쇄빙연구선 아라온호 (남극장보고기지 → 한국)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">수송일정</td><td>출발예정일</td><td colspan="6">2024년 12월 15일</td></tr>
<tr><td>도착예정일</td><td colspan="6">2025년 04월 26일</td></tr>
<tr><td rowspan="2">처리지역</td><td>국가명</td><td colspan="6">대한민국</td></tr>
<tr><td>도시명</td><td colspan="6">인천</td></tr>
<tr><td colspan="2">처리예정 업체명</td><td colspan="6">미정</td></tr>
<tr><td colspan="2">처리 방법</td><td colspan="6">지정·일반폐기물 분류에 따른 재활용/매립/소각 처리 예정(전문업체 대행)</td></tr>
<tr><td colspan="8">4. 업무처리 담당자</td></tr>
<tr><td colspan="2">직 책</td><td>성 명</td><td colspan="2">전화번호</td><td>이메일</td><td colspan="2">비 고</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기 지</td><td>대 장</td><td>홍상범</td><td colspan="2">032-770-8580</td><td>hong909@kopri.re.kr</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>담 당</td><td>최영준</td><td colspan="2">032-770-8581</td><td>yeongjun@kopri.re.kr</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구소</td><td>부서장</td><td>서태선</td><td colspan="2">032-770-8555</td><td>jamisu@kopri.re.kr</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>담 당</td><td>권민혁</td><td colspan="2">032-770-8517</td><td>mh9584@kopri.re.kr</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="8">상기와 같이 남극기지 폐기물 관리계획을 제출합니다.

2024 년 12 월 31 일

극지연구소장 : 신 형 철

환경부장관 귀하</td></tr>
</table>

붙임# 1 기지 내 폐기물 처리 사진

반출폐기물 분류 이동

컨테이너 입고 작업

(설명3) 폐유정리

(설명4) 건식자재정리

폐 식용유 박스 설치

잔반통 박스제작 설치

실험 폐액 정리

음식물처리기

붙임# 2 월별 주요 폐기물 발생량

(단위 : kg)

일 자	재(소각)	고 철	PVC	유 리	기 타
2023년 12월	-		450		○
2024년 1월	550	510	439	-	
2024년 2월	400	500	180		○ 폐필터 - 100kg(1통) ○ 폐걸레 - 50kg(1통) ○ 폐식용류 - 200kg(1 Drum)
2024년 3월			250		
2024년 4월		600	200		
2024년 5월			180	670	
2024년 6월			170		
2024년 7월		400	190		
2024년 8월					
2024년 9월			200		
2024년 10월	650	500	190	650	
2024년 11월			250		○ 폐필터 - 200kg(2통) ○ 폐걸레 - 100kg(2통)
합 계	**1,600**	**2,510**	**2,699**	**1,320**	

KOPRI 극지연구소

* 11차 월동연구대(2023. 12월 ~ 2024. 11월 근무) 측정 기준

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

붙임# 3 기지 내 폐기물 처리 현황

○ 기지 폐기물 처리 시설

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

□ 폐기물 처리 관련시설 현황

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

KOPRI 극지연구소

○ 폐기물 처리 및 관리

- 폐기물 관리는「남극조약 환경보호 의정서」를 기본으로 이루어지고 있으며, 기지 체류자의 인식 재고를 위하여 실내 폐기물 수집 장소에 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 수거된 폐기물은 매주 별도 지정 장소에 위치한 우드박스에 분류하여 2차 수집 후, 일정량 이상 폐기물이 모이면 원활한 반출(보급선 활용) 운송을 위하여 기지 내 컨테이너에 최종적으로 적재·보관

(2) 폐기물 처리 결과

2023년 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 식서비스 제공	본관동 실내(주방)	매일
6	유리	비품류 파손 등	본관동 실내	매일
7	일반쓰레기	각종 기지 내 활동	본관동 실내	매일

KOPRI 극지연구소

○ 남극 하계기간 물자 보급 및 반출을 위한 쇄빙연구선 '아라온'호 방문 시, 폐기물 컨테이너 일괄 선적·운송 진행

* 폐기물 수집장소에는 수집된 폐기물을 2차 패킹할 수 있는 수출용 우드박스(규격 : 2,200×950×1,100mm) 및 공드럼(200L) 상시 비치

(폐기물의 처리)

○ 쇄빙연구선'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	4	PALLET	550
	폐유	10	DRUM	500
	폐보루, 폐필터	27	DRUM	1,350
	소 계			**2,400**
일반 폐기물	폐식자재/폐합성수지	4	20FT CONTAINER	24,230
	파지	1	20FT CONTAINER	2,320
	고철	4	WOOD BOX	730
	유리	3	WOOD BOX	2,180
	목재	5	WOOD BOX	4,700
	소 계			**34,160**
합 계				**36,560**

다. 발생량 분석

○ 2023년도 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)	2023. 12. 10.(남극장보고과학기지) ※ 선적 후, 국내 입항까지 남극세종과학기지 인력 및 화물 수송 등 활동 수행
	도착(하역)	2024. 5. 7.(대한민국/광양)
	입고	2024. 5. 10.(극지연구소 야외 보관장소 운송)
	이관(처리)	2024. 6. 19.(폐기물 수집 업체 수거) / 2024. 7. 29.(최종 처리 완료)
처리지역		대한민국/인천
처리업체	업체명	진석산업
	주소	인천 남동구 인주대로 857
	담당자	한윤수
	연락처	032-469-5159
처리방법		위탁 처리업체 주관 하에 폐기물 분류에 따른 일괄 처리

3. 특이사항

KOPRI
극지연구소

○ 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	홍상범	032-770-8580	hong909@kopri.re.kr	
	담 당	최영준	032-770-8581	yeongjun@kopri.re.kr	
연구소	부서장	서태선	032-770-8510	jamisu@kopri.re.kr	
	담 당	권민혁	032-770-8517	mh9584@kopri.re.kr	

상기와 같이 남극기지 폐기물 처리 결과보고서를 제출합니다.

2024 년 7 월 31 일

극지연구소장 : 신 형 철 (인)

환경부장관 귀하

KOPRI
극지연구소

붙임# 1 **장보고기지 반출 폐기물 처리 사진**

냉동폐식자재 컨테이너 반출

냉동폐식자재 차량 수거

폐지 컨테이너 출고

고철

폐유기용제

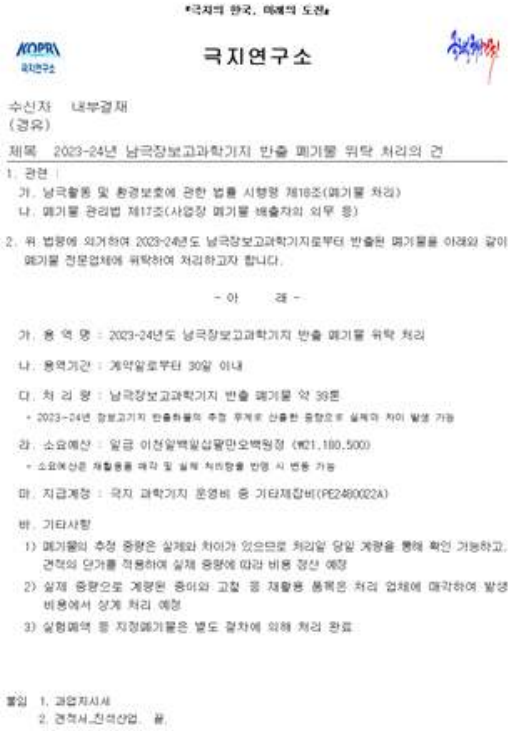
일반폐기물 수거

유리병

폐목재 수거

붙임# 2 **장보고기지 반출 폐기물 처리 증빙 서류**

□ 폐기물 처리 계약서 외



"극지의 한국, 미래의 도전"

극지연구소

수신자 내부결재
(경유)

제목 2023-24년 남극장보고과학기지 반출 폐기물 위탁 처리의 건

1. 관련 :
가. 남극활동 및 환경보호에 관한 법률 시행령 제18조(폐기물 처리)
나. 폐기물 관리법 제17조(사업장 폐기물 배출자의 의무 등)

2. 위 법령에 의거하여 2023-24년도 남극장보고과학기지로부터 반출된 폐기물을 아래와 같이 폐기물 전문업체에 위탁하여 처리하고자 합니다.

- 아 래 -

가. 용 역 명 : 2023-24년도 남극장보고과학기지 반출 폐기물 위탁 처리

나. 용역기간 : 계약일로부터 30일 이내

다. 처 리 량 : 남극장보고과학기지 반출 폐기물 약 39톤
* 2023-24년 장보고기지 반출하물의 추정 무게로 산출한 중량으로 실제와 차이 발생 가능

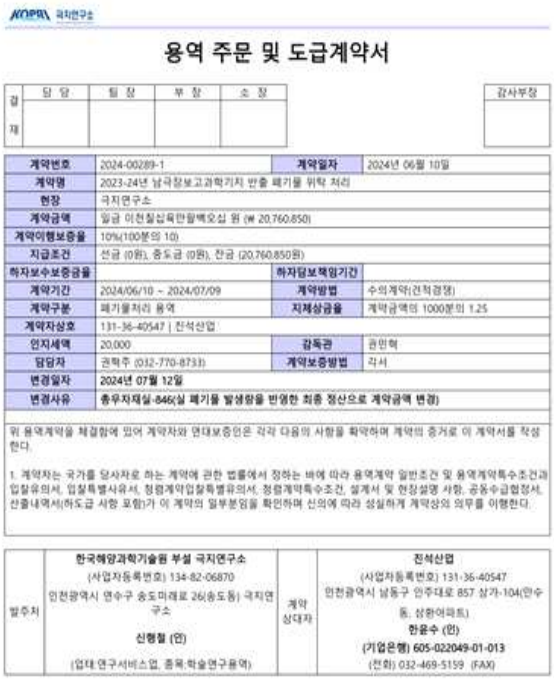
라. 소요예산 : 일금 이천일백일십팔만오백원정 (₩21,180,500)
* 소요예산은 처리업체 계약 및 실제 처리량을 반영 시 변동 가능

마. 지급계정 : 극지 과학기지 운영비 중 기타제잡비(PE2480022A)

바. 기타사항
1) 폐기물의 추정 중량은 실제와 차이가 있으므로 처리일 당일 계량을 통해 확인 가능하고, 견적의 단가를 적용하여 실제 중량에 따라 비용 정산 예정
2) 실제 중량으로 계량된 종이와 고철 등 재활용 품목은 처리 업체에 매각하여 발생 비용에서 상계 처리 예정
3) 실험폐액 등 지정폐기물은 별도 절차에 의해 처리 완료

붙임 1. 과업지시서
2. 견적서_진석산업. 끝.

<폐기물 처리 시행 내부품의>



용역 주문 및 도급계약서

결재	담 당	팀 장	부 장	소 장	감사부장

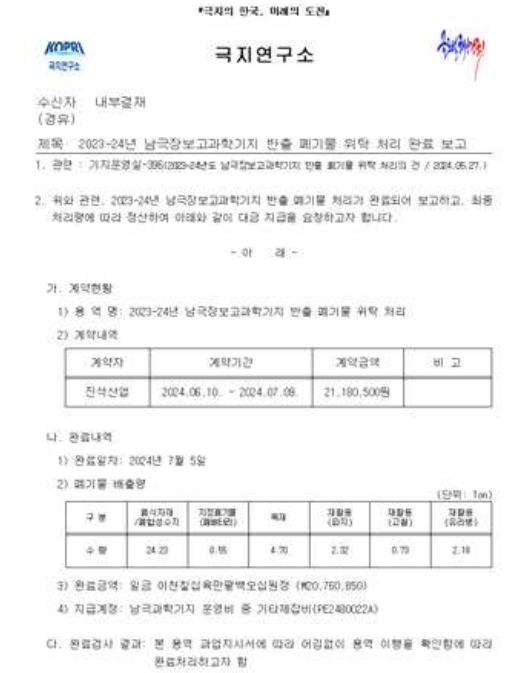
계약번호	2024-00289-1	계약일자	2024년 06월 10일
계약명	2023-24년 남극장보고과학기지 반출 폐기물 위탁 처리		
현장	극지연구소		
계약금액	일금 이천칠십육만팔백오십 원 (₩ 20,760,850)		
계약이행보증율	10%(100분의 10)		
지급조건	선금 (0원), 중도금 (0원), 잔금 (20,760,850원)		
하자보수보증금율		하자담보책임기간	
계약기간	2024/06/10 ~ 2024/07/09	계약방법	수의계약(견적경쟁)
계약구분	폐기물처리 용역	지체상금율	계약금액의 1000분의 1.25
계약자상호	131-36-40547 | 진석산업		
인지세액	20,000	감독관	권민혁
담당자	권혁주 (032-770-8733)	계약보증방법	각서
변경일자	2024년 07월 12일		
변경사유	총우자재실-846(실 폐기물 발생량을 반영한 최종 정산으로 계약금액 변경)		

위 용역계약을 체결함에 있어 계약자와 연대보증인은 각각 다음의 사항을 확약하며 계약의 증거로 이 계약서를 작성한다.

1. 계약자는 국가를 당사자로 하는 계약에 관한 법률에서 정하는 바에 따라 용역계약 일반조건 및 용역계약특수조건과 입찰유의서, 입찰특별사유서, 청렴계약입찰특별유의서, 청렴계약특수조건, 설계서 및 현장설명 사항, 공동수급협정서, 산출내역서(하도급 사항 포함)가 이 계약의 일부분임을 확인하며 신의에 따라 성실하게 계약상의 의무를 이행한다.

발주처	한국해양과학기술원 부설 극지연구소 (사업자등록번호) 134-82-06870 인천광역시 연수구 송도미래로 26(송도동) 극지연구소 신형철 (인) (업태:연구서비스업, 종목:학술연구용역)	계약상대자	진석산업 (사업자등록번호) 131-36-40547 인천광역시 남동구 인주대로 857 삼가-104(만수동, 삼환어파트) 한윤수 (인) (기업은행) 605-022049-01-013 (전화) 032-469-5159 (FAX)

<극지연구소 도급계약서>



"극지의 한국, 미래의 도전"

극지연구소

수신자 내부결재
(경유)

제목 2023-24년 남극장보고과학기지 반출 폐기물 위탁 처리 완료 보고

1. 관련 : 기지운영실-396(2023-24년도 남극장보고과학기지 반출 폐기물 위탁 처리의 건 / 2024.05.27.)

2. 위와 관련, 2023-24년 남극장보고과학기지 반출 폐기물 처리가 완료되어 보고하고, 최종 처리량에 따라 정산하여 아래와 같이 대금 지급을 요청하고자 합니다.

- 아 래 -

가. 계약현황
1) 용 역 명 : 2023-24년 남극장보고과학기지 반출 폐기물 위탁 처리
2) 계약내역

계약자	계약기간	계약금액	비 고
진석산업	2024.06.10. ~ 2024.07.09.	21,180,500원	

나. 완료내역
1) 완료일자 : 2024년 7월 5일
2) 폐기물 배출량

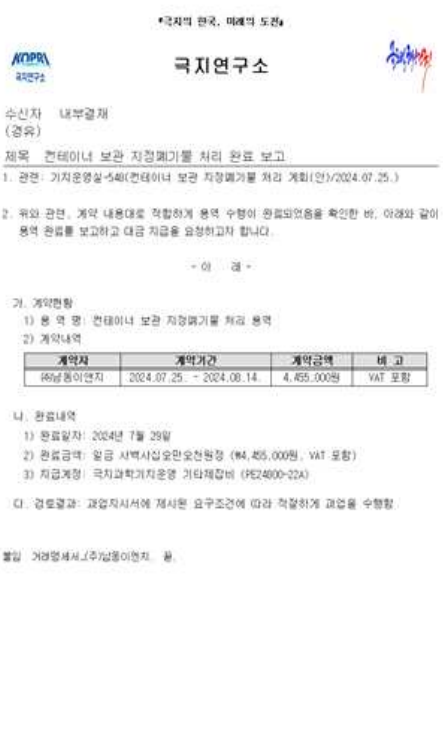
(단위 : Ton)

구 분	폭식자재 /폭발성 수지	지정폐기물 (폐보루관)	목재	재활용 (금속)	재활용 (고철)	재활용 (유리병)
수 량	24.23	8.55	4.70	2.32	0.79	2.18

3) 완료금액 : 일금 이천칠십육만팔백오십원정 (₩20,760,850)
4) 지급계정 : 남극과학기지 운영비 중 기타제잡비(PE2480022A)

다. 완료검사 결과 : 본 용역 과업지시서에 따라 이상없이 용역 이행을 확인함에 따라 완료처리하고자 함

<폐기물 처리 완료 보고>



"극지의 한국, 미래의 도전"

극지연구소

수신자 내부결재
(경유)

제목 컨테이너 보관 지정폐기물 처리 완료 보고

1. 관련 : 기지운영실-548(컨테이너 보관 지정폐기물 처리 계획(안)/2024.07.25.)

2. 위와 관련, 계약 내용대로 적합하게 용역 수행이 완료되었음을 확인한 바, 아래와 같이 용역 완료를 보고하고 대금 지급을 요청하고자 합니다.

- 아 래 -

가. 계약현황
1) 용 역 명 : 컨테이너 보관 지정폐기물 처리 용역
2) 계약내역

계약자	계약기간	계약금액	비 고
㈜삼동이엔지	2024.07.25. ~ 2024.08.14.	4,455,000원	VAT 포함

나. 완료내역
1) 완료일자 : 2024년 7월 29일
2) 완료금액 : 일금 사백사십오만오천원정 (₩4,455,000원, VAT 포함)
3) 지급계정 : 극지과학기지운영 기타제잡비 (PE2480022A)

다. 검토결과 : 과업지시서에 제시된 요구조건에 따라 적절하게 과업을 수행함.

붙임 거래명세서_(주)삼동이엔지. 끝.

<지정폐기물(폐보루, 페필터) 처리 완료 보고>

□ 폐기물 처리 확인서

계 량 증 명

NO : 0001

계량일자	2024년 06 월 19 일 입고	
차량번호	0101	
거 래 처	극지연구소	
품 명	그밖의폐기물(폐전지)	
총 중 량	15:00	550 kg
공차중량	15:00	kg
감 량		kg
실 중 량		550 kg
금 액		원

상기와 같이 계량하였음을 증명함.

(주)향우

인천광역시 남동구 운연동 266

TEL : (032)812-7101
FAX : (032)812-7102

배터리(550kg)

계 량 확 인 서

(확 인 용)

No. 5

계량일자	2024년06월19일	
차량번호	9169	
거 래 처	극지연구소	
품 명	폐유	
총 중 량	12:54	2,600 kg
공차중량	13:06	2,100 kg
실 중 량		500 kg
감율/감량		kg
인 수 량		500 kg
단가/금액		원
비 고		

위와 같이 계량하였음을 확인함.

남동에너지(주)

인천시 남동구 앵고개로 556번길 127
(남동공단 1578-9.)

전화 : 032) 812-0871
팩스 : 032) 812-0823

감사합니다.

폐유(500kg)

거 래 명 세 서

(공급받는자 보관용)

* 작성년월일 : 2024년 07월 29일

등록번호	879-87-01537	등록번호	134-82-06870
상호	하남동이앤지	대표	김 성 호
업태	폐기물처리 외	종목	지정폐기물 수집운반업 외
주소	인천광역시 남동구 논현로86번길 51		

공급자 / 공급받는자

날짜	품 명	규격	수량	단가	공급가액	비 고
7/29	지정 폐기물 처리비 (폐보루,폐필터)	드럼	27	150,000	4,050,000	

공급가	4,050,000	세 액	405,000	합 계	4,455,000
비 고					

폐보루, 폐필터 (추가 27드럼)

계 량 증 명 서

(배출자)

"푸른환경, 푸른미래"

아래와 같이 계량하였음을 증명함

계량일자	2024년06월19일		
거 래 처	한국해양과학기술원부설극지		
품 명	그밖의 폐기물		
차량번호	89저6599		
총 중 량 (kg)	25,150	계량시간	13:10
공차중량 (kg)	18,130	계량시간	13:34
실 중 량 (kg)	7,020		
운 전 자	구기철(서명) 진석산업		
계 량 자	박선영(서명)		

성림유화주식회사

경기도 안산시 단원구 [illegible]로 215
(성곡동, 시화공단 5바 515)
전 화 : (031)499-3711~4
FAX : (031)499-3715

폐기물(일반, 지정)중간처리업, 폐수수탁처리업

계 량 증 명 서

(배출자)

"푸른환경, 푸른미래"

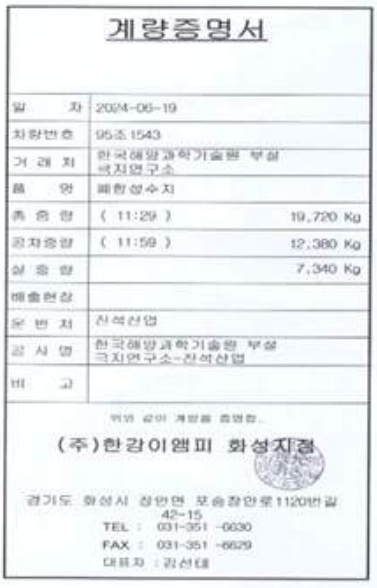
아래와 같이 계량하였음을 증명함

계량일자	2024년06월19일		
거 래 처	한국해양과학기술원부설극지		
품 명	그밖의 폐기물		
차량번호	89저6599		
총 중 량 (kg)	27,710	계량시간	09:44
공차중량 (kg)	17,840	계량시간	09:55
실 중 량 (kg)	9,870		
운 전 자	구기철(서명) 진석산업		
계 량 자	박선영(서명)		

성림유화주식회사

경기도 안산시 단원구 [illegible]로 215
(성곡동, 시화공단 5바 515)
전 화 : (031)499-3711~4
FAX : (031)499-3715

폐기물(일반, 지정)중간처리업, 폐수수탁처리업



계량증명서

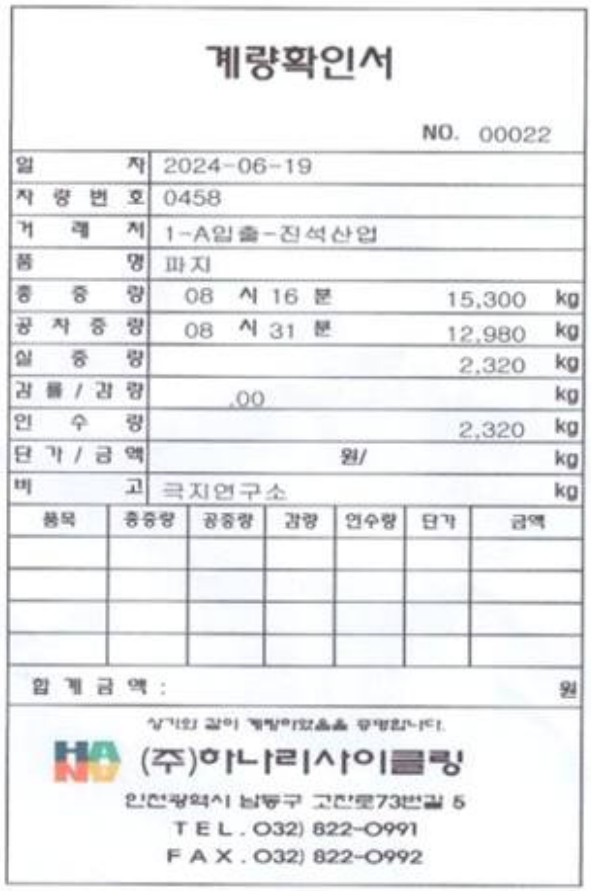
일 자	2024-06-19
차량번호	95조1543
거 래 처	한국해양과학기술원 부설 극지연구소
품 명	폐합성수지
총 중 량	(11:29) 19,720 Kg
공차중량	(11:59) 12,380 Kg
실 중 량	7,340 Kg
배출현장	
운 반 처	진석산업
감 사 원	한국해양과학기술원 부설 극지연구소-진석산업
비 고	

위와 같이 계량을 증명함.

(주)한강이앤피 화성지점

경기도 화성시 장안면 보송장안로1120번길 42-15
TEL : 031-351 -6630
FAX : 031-351 -6629
대표자 : 김선태

폐식자재/폐합성수지(24,230kg)



계량확인서

NO. 00022

일 자	2024-06-19					
차량번호	0458					
거 래 처	1-A입출-진석산업					
품 명	파지					
총 중 량	08 시 16 분	15,300	kg			
공차중량	08 시 31 분	12,980	kg			
실 중 량		2,320	kg			
감률/감량	,00		kg			
인 수 량		2,320	kg			
단가/금액	원/		kg			
비 고	극지연구소		kg			

품목	총중량	공중량	감량	인수량	단가	금액

합 계 금 액 : 원

상기와 같이 계량하였음을 확인합니다.

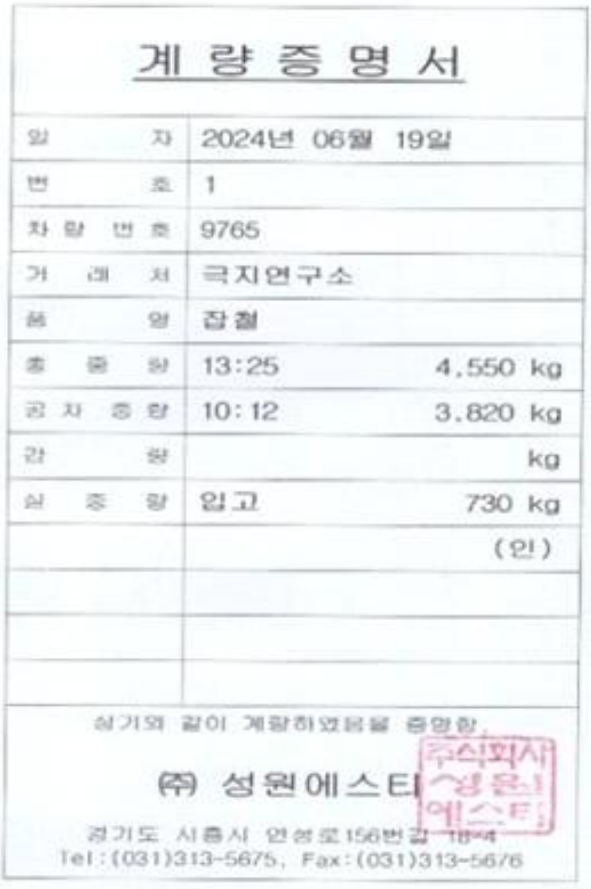
(주)하나리사이클링

인천광역시 남동구 고잔로73번길 5

TEL. 032) 822-0991

FAX. 032) 822-0992

파지(2,320kg)



계 량 증 명 서

일 자	2024년 06월 19일	
번 호	1	
차량번호	9765	
거 래 처	극지연구소	
품 명	잡철	
총 중 량	13:25	4,550 kg
공차중량	10:12	3,820 kg
감 량		kg
실 중 량	입고	730 kg
		(인)

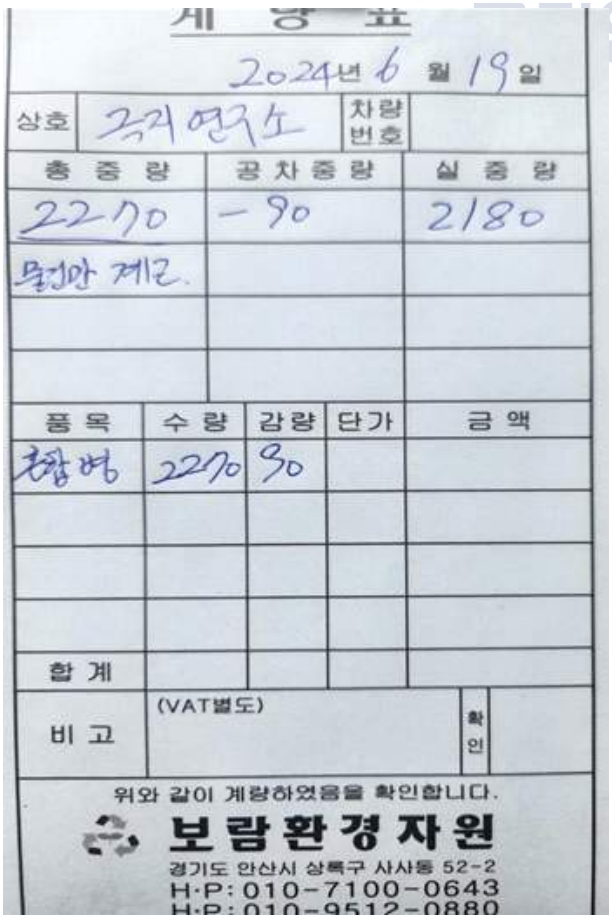
상기와 같이 계량하였음을 증명함.

㈜ 성원에스티

경기도 시흥시 연성로156번길 18-4

Tel:(031)313-5675, Fax:(031)313-5676

고철(730kg)



계 량 표

2024년 6 월 19 일

상호	극지연구소	차량번호	
총 중 량	공 차 중 량	실 중 량	
2270	-90	2180	
물과 계란			

품 목	수 량	감량	단가	금 액
혼합병	2270	90		
합 계				

비 고 (VAT별도) 확인

위와 같이 계량하였음을 확인합니다.

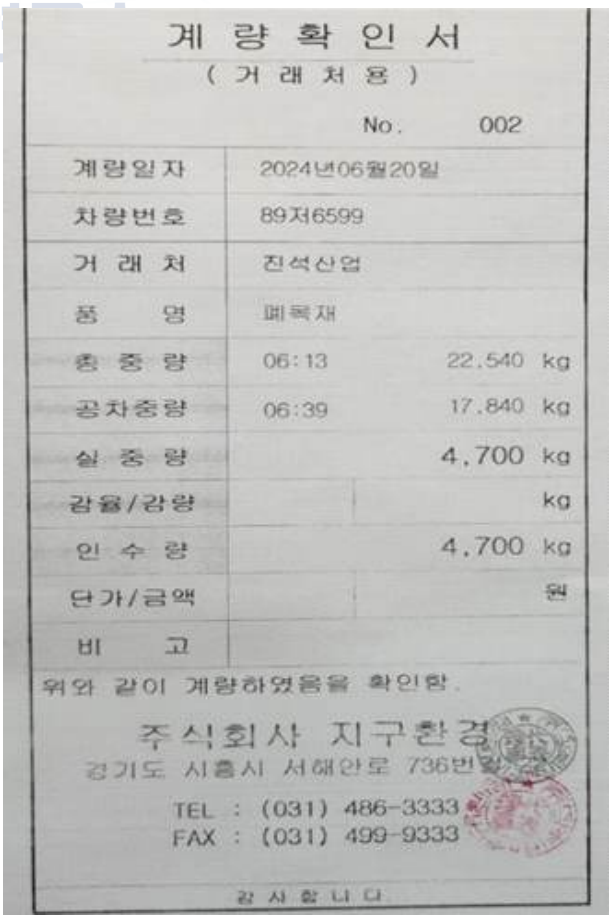
보람환경자원

경기도 안산시 상록구 사사동 52-2

H·P: 010-7100-0643

H·P: 010-9512-0880

유리병(2,180kg)



계 량 확 인 서

(거 래 처 용)

No. 002

계량일자	2024년06월20일	
차량번호	89저6599	
거 래 처	진석산업	
품 명	폐목재	
총 중 량	06:13	22,540 kg
공차중량	06:39	17,840 kg
실 중 량		4,700 kg
감율/감량		kg
인 수 량		4,700 kg
단가/금액		원
비 고		

위와 같이 계량하였음을 확인함.

주식회사 지구환경

경기도 시흥시 서해안로 736번길

TEL : (031) 486-3333

FAX : (031) 499-9333

감사합니다.

목재(4,700kg)

제 3 장

남극 환경보호 관련 국제동향 분석 및 대응

KOPRI
극지연구소

제 1 절 남극조약협의당사국회의 및 환경보호위원회

1. 남극조약협의당사국회의(ATCM)

가. 개요[1)]

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 강화하기위한 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, 2025년에는 47차 회의가 이탈리아 밀라노에서 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 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), 세계기상긱구(World Meteorological Organization: WMO) 등의 국제기구도

---

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 실시에 의해 남극지역에 대한 자국의 관심을 표시하고 있는 동안 남극조약 제9조 제1항의 회의(ATCM)에 대표자를 파견’할 수 있는데, 이러한 당사국을 협의당사국이라 한다. 2025년 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) 2025년 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, 사우디아라비아, 아랍 에미레이트 등 29개국이다.

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

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 총의(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 총의에 의해 의결된 만큼 사회적 구속력을 가지고 있다고 볼 수 있으며, 당사국들은 이를 준수하기 위해 노력하고 있다.

나. 제46차 ATCM 결과 및 제47차 회의 계획

제46차 남극조약협의당사국 회의는 인도를 개최국으로하여 2024년 5월 21~30일까지 대면 방식으로 개최되었다. 우리나라는 총 13건의 문서를 제출하였으며 9건의 국제협력에서 비롯한 공동문건으로 우리나라가 제안하거나 타 당사국 제안으로 공동 제출하였다. 46차 ATCM에서는 지난해에 이어 관광을 위한 제3 작업반을 운영하였으며, 사전적 조치로 관광운영자의 정보보유 시스템 검토, 영구시설 건설 방지, 모니터링 강화 등 관광 규제를 위한 포괄적 기틀 개발을 위한 필요성에 합의하였으나 포괄적 기틀 개발에는 접근하지 못하였다. 이에 2025년 제47차 ATCM 기간에 2일을 할애하여 관광 규제에 관한 워크샵을 개최하기로 결정하였다.

3년째 지속되고 있는 러시아-우크라이나 전쟁의 여파로 지난 회의와 마찬가지로 신규 협의당사국 지위를 신청한 벨라루스와 캐나다에 대한 판단은 합의에 이르지 못했으며 ATCM은 공식적으로는 양국 모두 남극프로그램의 활동 부족을 이유로 제시하였다. 2025년 47차 ATCM의 잠정 안건에 포함하여 재논의할 예정이다.

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 ATCM에는 특별작업반 3을 운영하였고 47차 회의에서는 정식으로 제3작업반이 운영될 예정이다. 제47차 ATCM은 이탈리아의 밀라노에서 2025년 6월 23일부터 7월 3일까지 개최된다. ATCM의 각 그룹 회의에서 다룰 예정인 잠정 의제는 표 3-1-1과 같다.

표 3-1-1. 제47차 ATCM 본회의 및 작업 그룹별 잠정의제

총회(Plenary)
1) 개회
2) 의장단 선출 및 작업반 설치
3) 의재 채택, 사안의 배정 및 다년도 전략 업무 계획 심의
4) 남극조약체제의 운영-당사국, 옵서버 및 전문가 보고서 제출
5) 환경보호위원회 보고
6) 남극조약체제의 운영

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

a) 벨라루스의 협의당사국 지위 신청(44차 안건 재상정)
b) 캐나다의 협의당사국 지위 신청(44차 안건 재상정)
제1작업반: (정책, 법률, 제도)
6) 남극조약체제의 운영
c) 일반 사안들
7) 남극조약체제의 운영: 사무국관련 업무
8) 배상책임
9) 남극자역 생물자원탐사
10) 정보교환
11) 교육
12) 다년도 전략업무계획
a) 정책, 법제도 우선순위
제2작업반: (과학, 운영, 관광)
12) 다년도 전략업무계획
b) 과학, 운영 및 관광 우선순위
13) 남극내 안전문제
14) 남극조약 및 환경보호의정서상 사찰활동
15) 과학 안건, 미래과학 과제, 과학협력 및 촉진
16) 남극조약지역에서의 기후변화의 영향
17) 남극조약지역에서의 관광 및 비정부기구 활동
제3작업반: (관광 프레임워크 개발)
18) 관광 프레임워크 개발
전체회의
19) 제48차 남극조약협의당사국회의 준비
20) 기타 사항
21) 최종보고서 채택
22) 폐회

KOPRI 극지연구소

2. 환경보호위원회(CEP)

가. 개요[7)]

(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

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

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 남극조약협의당사국 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 마드리드의 산타크루즈 궁전(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. 2025년 현재 보호구역에 관한 제5부속서를 포함하여 5개의 부속서가 발표된 상태이며, CRAMRA 제8조에 근간을 둔 환경사고의 배상책임에 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 장보고기지의 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)]

---

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 남극조약협의당사국 특별회의를 개최하고 회의에서 중점적으로 검토하고 논의할 내용을 담아 채택됨

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

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

환경보호위원회 회원국은 1998년 27개국[11]에서 2021년 8월 오스트리아가 비준을 마쳐 2025년 현재 42개국이다(www.ats.aq).

(2) 환경보호위원회의 기능

위원회의 기능은 의정서 제12조에 명시되어있으며 다음의 내용을 포함한다.

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

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

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

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 WP[12], IP[13], BP[14]로 구성된다. 첫 위원회에는 WP (Working paper) 12건, IP (Information paper)

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

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

12) Working Paper(WP) : ATCM이나 CEP에서 안건으로 상정되어 논의가 이루어지는 문서로 협의당사국, CCAMLR, SCAR, COMNAP이 제출한다(ATCM Rule 35, 48, CEP Rule 12-1). 회의시작 45일전까지 사무국에 제출되어야하고 4개 언어로 번역된다.

13) Information Paper(IP) : 회의에서 보고되는 문서로 당사국, 옵서버, 전문가 그룹에서 제출한다(Rule 30a, 45a, 50, CEP

29건이 제출되었다. 당시 의정서에 첨부되지 못한 제5부속서(지역보호와 관리)와 관련된 6건의 WP가 제출되어 부속서에 포함될 다양한 이슈들이 논의되었다. 위원회의 주요 의제가 포함하는 논의 내용은 1차 회의부터 위원회 설립의 목적에 맞게 크게 변화되지는 않았으나 의제들이 구체화되고 사안의 시급성이나 ATCM의 당면 과제에 따라 독립의제로 다루어지기도 하였다. 예를 들면, 생물자원 탐사(Biological Prospecting) 의제는 2003년 6차 회의부터 2005년까지 주요의제로 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 3-1-2).

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 활동영역 확대와 더불어

표 3-1-2. 제1차 및 제24차 환경보호위원회 의제 비교

1988년 제1차 CEP 의제	2024년 제26차 CEP 잠정 의제
1. 의사 규칙 2. 의장단 선출 3. 안건 채택 및 작업 시간표 4. CEP 작업계획 a. 의정서와 관련된 일반 사항 b. 제1부속서(환경영향평가) 관련 사항 c. 제2부속서(남극동식물상 보존) 관련 사항	1. 개회 2. 의제 채택 3. CEP 향후 업무에 대한 전략적 논의[16]

Rule 12-3). 협의당사국의 요청에 따라 번역되며(Rule 30b, 45b), 번역이 필요한 경우 45일전에 사무국에 제출한다. 번역이 필요 없는 경우 30일전까지 제출한다.

14) Background Paper(BP) : 공식적인 정보를 제공하는 목적으로 참석자들이 제출하며, 회의에서 소개되지 않고 보고서에 첨부된다. 회의시간 단축을 위해 2011년 34차 부에노스아이레스 회의부터 적용되었다.

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.

d. 제3부속서(폐기물 처리와 폐기물관리) 관련 사항 e. 제4부속서(해양오염방지) 관련 사항 f. 제5부속서(구역 보호와 관리) 관련 사항 및 남극보호구역 워크샵 보고 g) 자료와 정보교환 h) 환경모니터링 i) 남극 환경보고서(SAER)의 상태 5. CEP 운영 6. 보고서의 채택	

우리의 활동에 대한 위원회의 관심도 증대되었다. 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 진행하여 2024년 제26차 CEP에 개발된 매뉴얼과 함께 퇴치 완료를 보호하였다.

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

나. 제26차 CEP 주요 의제 및 논의 사항

2024년 5월 20~24일까지 인도 코치에서 개최된 제26차 CEP 회의 중 주요 논의 사항의 요약은 다음과 같다.

(1) 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 옵저버 SC-CAMLR 보고(IP33)로 2023/2024 기간 동안 개최된 제42차 SC-CAMLR회의 결과를 포함하여 CEP의 업무와 관련하여 CCAMLR가 수행한 6가지 이슈에 관한 활동을 보고함
  - 대한민국에서 2024년 7월 16일~20일까지 개최 예정인 조화 심포지엄(Harmonisation Symposium)을 강조하며, 남극 반도에서의 공간 관리가 크릴 어업의 추가 발전, 생태계 모니터링, 기후변화 모니터링 및 공간 보호를 어떻게 수용할 수 있을지에 대해 논의할 예정임을 밝힘

(2) 의제 7. 환경에 대한 기후변화의 함의

a. 전략적 접근

- 중국은 자국의 타이산 하계 기지를 대상으로 추진한 재생 가능 에너지 사용 사례를 공유하고 회원국들의 모범 사례 공유 촉진을 독려(WP16)함
  - 회원국들은 이미 기후변화와 남극에 관한 2023년 헬싱키 선언 및 2017년 남극 그린 원정(중국)과 일치함을 언급하고, 모범 사례 매뉴얼 개발 장려와 이를 위한 기존 문서(예: 2007년 COMNAP의 에너지 관리 모범 사례)를 참고할 것을 제안함
  - 우리나라를 비롯한 회원국들은 재생에너지 기술을 이용하여 남극 운영의 탈탄소화를 강조하고 경험 교환의 유용성을 언급함
  - 회원국들은 COMNAP이 모범 관리 논의에서 중요한 역할을 해왔고 계속할 것임을 강조하고 온실가스 배출 감소 시 재생에너지 구현 외에 에너지 효율성도 고려해야 함을 언급
  - 위원회는 회원국들이 남극 운영에서 재생에너지 사용을 늘리고, 남극의 독특한 환경에 적합한 새로운 녹색 에너지 시설 및 기술의 혁신, 적용 및 공유를 촉진할 것을 권장

(3) 의제 8. 환경영향평가

- 영국이 제출한 남극의 누적영향 평가 지침개발과 관련된 WP 10 논의 결과 위원회는 누적평가에 대한 지침을 계속 발전시킬 필요성에 동의하고 이를 반영하여 5개년 작업 계획에 관련 작업을 포함하기로 합의함
  - 위원회에서 누적영향평가를 시행을 위한 지침 마련이 꾸준히 제기되고 있어 CEE 작성을 요구하는 신기지 건설과 같은 남극 활동 준비와 진행이 더욱 까다로워질 것으로 전망됨

(4) 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 신규 보호구역 예정지(Danger Islands Archipelago, North-eastern Antarctic Peninsula와 Farrier Col, Horseshoe Island, Marguerite Bay)의 관리계획 개정안을 승인해 줄 것을 권고함
  - 독일과 미국이 공동으로 제안한 Danger Islands Archipelago에 대한 수정된 관리계획서와 튀르키에, 영국이 공동으로 제안한 Farrier Col의 수정된 관리계획은 SGMP의 수정 요청을 대부분 반영하였으며, CEP의 지침을 면밀히 고려하여 작성되었다고 확인
  - Danger Islands Archipelago와 Farrier Col의 공동 제안국들은 관리계획 수정에 있어 SGMP와 검토에 참여한 당사국들의 피드백에 대하여 사의를 표함
- SGMP는 2023년에 검토한 Western Bransfield Strait and Eastern Dallman Bay에 대하여 언급, CCAMLR-42(2023)에서 승인받았으며 ATCM에 전달하기로 함
- SGMP ASPA 150의 관리계획 개정을 위해 칠레가 아르헨티나, 중국, 한국, 러시아, 우루과이와 협력하고 있는 사항을 담은 IP 22와 ASPA 125의 개정을 위한 칠레의 조치(IP 23)에 대해 언급하고 현재 칠레가 관리하고있는 3개의 관리계획 개정에 대해 칠레가 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

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

- 위원회는 SGMP가 검토하지 않은 15개 ASPA에 대한 관리계획 개정안을 검토함
  - 이중 14개의 ASPA 개정안이 위원회의 동의를 얻어 ATCM의 승인을 위해 제출됨
    - ASPA 116, New College Valley, Cape Bird, Ross Island (뉴질랜드 WP 25)
    - ASPA 128, Western Shore of Admiralty Bay, King George Island, South Shetland Islands (폴란드, 미국 WP 02)
    - ASPA 135, North-east Bailey Peninsula, Budd Coast, Wilkes Land (호주 WP 26)
    - ASPA 136, Clark Peninsula, Budd Coast, Wilkes Land, East Antarctica (호주 WP 27)
    - ASPA 136, Clark Peninsula, Budd Coast, Wilkes Land, East Antarctica (호주 WP 27)
    - ASPA 137, Northwest White Island, McMurdo Sound (미국 WP 51)
    - ASPA 141, Yukidori Valley, Langhovde, Lutzow-Holm Bay (일본 WP 05)
    - ASPA 142, Svarthamaren Muhlig-Hofmannfjella, Dronning Maud Land (노르웨이 WP 39)
    - ASPA 151, Lions Rump, King George Island, South Shetland Islands (폴란드 WP 64)
    - ASPA 154, Botany Bay, Cape Geology, Victoria Land (뉴질랜드 WP 23)
    - ASPA 160, Frazier Islands, Windmill Islands, Wilkes Land, East Antarctica (호주 WP 28)
    - ASPA 161, Terra Nova Bay, Ross Sea (이탈리아 WP 32)

◦ ASPA 171, Narębski Point, Barton Peninsula, King George Island (대한민국 WP 30)
◦ ASPA 173, Cape Washington and Silverfish Bay, Terra Nova Bay, Ross Sea (이탈리아, 미국 WP 53)
◦ ASPA 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) (뉴질랜드, 미국 WP 12)

• 반면에 미국이 제출한 ASPA 139, Biscoe Point, Anvers Island, Palmer Archipelago의 개정안(WP 19)은 위원회의 동의를 얻지 못하였음
– 미국은 해당 지역의 해빙 감소 및 후퇴 등의 환경변화에 따라 바닷새 개체수가 크게 변화하였으며, 헬리콥터 이용 등에 따른 인간의 간섭이 증가하고 있다고 설명함. 따라서 해당 지역의 적절한 보호를 위하여 ASPA 139의 경계를 확장할 것을 제안하였으며, 대다수의 당사국들은 미국의 제안에 동의함
– 중국은 미국의 제안은 육상 생태계 가치를 보호를 위해 지정된 ASPA 139 원래의 목적과 부적합하다고 지적함. 또한 미국이 해당 지역의 경계 확장을 위하여 설명한 과학적 근거에 대하여 우려를 표함. 미국은 이에 대하여 과학적 자료가 30년 넘게 ASPA 139 지역에서 모니터링된 자료임을 상기하고 육상과 해양 환경의 교호작용에 대하여 강조함
– 중국과 러시아는 확장하고자 하는 ASPA 139의 경계에 해양 지역이 포함됨에 따라 CCAMLR의 검토가 필요함을 언급함. 이에 많은 당사국들이 결정 9(2005)을 언급하며 제안국 미국이 해당지역이 어업과 관련이 없어 CCAMLR의 관심 지역이 아닐 가능성이 높으며 제안된 ASPA 139의 경계를 검토하도록 함으로써 지연되는 것을 피하고자했음을 강조함. 이에 SC-CAMLR 의장은 현재 해당 지역 내에서 어업 활동은 없는 것으로 언급함
– ASOC은 ‘해양 지역을 포함한 모든 지역이 남극특별보호구역으로 지정될 수 있다’는 환경의정서 부속서 5의 3조 1항을 상기하였으며, 미국의 제안에 당사국들의 지지를 요청함
– 대부분의 당사국들은 ASPA 139의 개정 관리계획에 동의하였지만, 중국은 이번 회기간 내 동의할 수 없다고 함. 이에 일부 당사국은 실망감을 표명하고 해당 지역이 빙하후퇴와 생태적 변화 연구가 활발히 이루어진 지역임을 강조함

• 미국은 사무국에 특정 ASPA 구역을 제안한 원 당사국과 향후 ASPA 관리계획 개정 시 관리계획 검토를 수행하는 당사국을 표시하는 방식에 대해 질의하였고, 사무국은 회기간에 진행할 것을 언급함
– 위원회는 사무국에 보호구역 데이터베이스에 제안된 필드를 추가할 것을 요청했으며, ASPA 128 및 ASMA 5의 ‘관리계획 검토를 수행하는 당사국’ 필드에 폴란드와 미국, 미국과 노르웨이가 각각 표시될 것임

iii. 신규 보호구역/관리구역 관리계획

• 독일, 미국은 동남극의 Dronning Maud Land의 Otto-von-Gruber-Gebirge 지역의 신규 ASPA 지정을 위한 관리 계획 초안을 제출함(WP 8)
– 제안국들은 지난 25차 위원회에 해당 지역에 대한 사전평가를 제출한 바 있으며, 이번 위원회에 관리 계획 초안을 제출함
– 인도는 1985년부터 해당 지역의 Anuchna 빙하 동태를 모니터링해 왔으며, 인도의 남극프로그램의 기여에 대한 정보를 포함하도록 언급하였으며, 제안국들은 인도가 SGMP에 참여

하도록 권고
- 중국은 전반적인 지지를 표명하면서도 제안된 규모가 너무 크다는 견해 표명
- 위원회는 신규 ASPA 관리계획 초안이 다가오는 회기간 동안 SGMP에서 검토되는 것에 동의함

• 미국은 Western Bransfield Strait and Eastern Dallman Bay 지역의 신규 ASPA 지정을 위한 관리계획 초안을 제출함(WP 55)
- 해당 관리계획에 대한 이견 없음
- 위원회는 신규 ASPA 관리계획을 검토하였으며, 승인을 위해 CCAMLR의 승인을 받아 추가 논의 없이 ATCM에 승인할 것을 자문함

iv . 신규 보호구역 제안을 위한 사전 평가와 관련된 문서들

• 이탈리아, 네덜란드, 영국은 Signy Island, South Orkney Islands 지역에 신규 ASPA 지정을 위한 사전 평가 자료를 제출함(WP 13)
- 회원국들의 지지를 얻음
- 위원회는 제안국들의 평가에 동의하였으며, 해당 지역이 특별보호를 받을 가치가 있다고 판단하고 관리계획 수립을 지지함. 관심있는 회원국들이 회기간에 제안자들과 비공식 협의를 통해 ASPA 관리계획 개발에 협력할 것을 권고함

• 우크라이나는 Collins Bay and Graham Coast 지역에 제안 예정인 보호구역 후보지에 대한 수정된 사전평가 자료를 제출함(WP 31)
- 지난 25차 위원회 이후 수정된 자료를 제출하였으며, 우선적으로 비교적 작고 인접한 5개 지역을 묶어 보호구역으로 제안함
- 중국은 보호구역과 관련 없는 지역이 다수 포함되어 있고 과학적 데이터가 부족하다고 우려를 표명한 반면, 영국 등은 제안된 보호구역이 기존의 30개에서 5개로 줄었으며, 해당 지역이 서로 근접해 있고 우크라이나의 사전평가 양식에서 구체적인 자료를 제공하였다고 언급하고, ASPA 179와 같이 이미 여러 개의 지역을 하나의 ASPA로 지정한 사례가 있음을 언급함
- 위원회는 우크라이나가 관심있는 당사국들과 협력하고 회의 중에 제기된 우려 사항 및 질문을 고려하고 준비할 것을 독려함
- 우크라이나는 회기간에 비공식 논의를 통해 논의하고 결과를 27차 CEP에 보고하는 것에 동의함

v . 지역 보호/관리를 위한 관리계획관련 기타 문제

• 영국은 남극 반도의 Marguerite Bay 인근 지역의 신규 남극특별관리구역(ASMA) 지정 가능성에 관한 비공식 논의 검토를 제출(IP 63)
- 영국은 해당 지역의 관광 활동 및 국가 남극 프로그램 활동이 높아지고 해당 지역의 수많은 ASPA, IBA 및 HSM이 증가하는 것을 관찰한 후 새로운 ASMA에 대한 예비 평가가 적절한지 여부를 고려하기 위한 추가 논의를 제안
- 위원회는 IP를 제출한 영국에 사의를 표명하였으며, 스페인은 해당 지역의 관리 강화에 대한 지지를 표명

b. 사적지 및 기념물

• 영국과 칠레, 뉴질랜드, 남아프리카공화국, 미국은 남극의 사적지 및 기념물 HSM 93 Endurance 난파선의 정보 개정 및 웨델해 보호구역 후보지에 대한 사전평가에 대하여 보고함(WP 9)
  – Endurance 난파선의 역사적 가치와 과학적 가치, 미적 가치를 보호하고 HSM 내 해저까지 보호구역을 확장하여 해당 지역의 유산 가치 보호 필요성 전달
  – 중국과 아르헨티나는 해당 지역이 이미 HSM으로 보호되고 있어 ASPA 지정이 필요하지 않음을 언급하였으며, 이에 대하여 영국은 해당 사적지에 대한 과학계의 높은 관심을 강조
  – 위원회는 HSM 93의 정보 개정 및 보호구역 확장에 대하여 동의하고 ATCM에 승인할 것을 권고
• 영국은 2022-23에 조사한 정확한 좌표 정보를 바탕으로 남극의 사적지 및 기념물 HSM 63의 정보 개정에 대하여 보고함(WP 11)
  – 영국은 HSM 63에 포함된 오두막의 정확한 좌표 정보를 파악하고 해당 사적지 및 기념물에 대한 설명 부분 개정 보고함
• 뉴질랜드는 스콧기지 북서쪽에 위치한 지자기 오두막(Hut G and H)을 남극의 사적지 및 기념물 HSM 75의 부속 구조물로 포함시킬 것을 제안함(WP 21)
  – 뉴질랜드는 HSM 75 주변에 위치한 오두막에 대한 역사적·과학적 중요성 및 가치 전달함
• 노르웨이는 남극의 사적지 및 기념물 HSM 24 Amundsen's Cairn의 위치 좌표와 설명, 보전 현황 개정에 대하여 보고함(WP 41)
  – 2017-18년의 탐사를 통해 Amundsen's Cairn의 위치 좌표가 잘못된 것을 확인하고 위치 HSM 24의 기술내용에 좌표를 수정을 제안함
  – 위원회는 각 제안에 대해 동의하고 ATCM에 승인할 것을 권고
• 러시아는 신규 남극의 사적지 및 기념물 HSM 지정을 제안함(WP 44)
  – 러시아는 1969년 Lake Untersee에 방문한 남극탐험대의 이름이 새겨진 명패에 대하여 설명하고, 최근 해당 지역의 방문객 및 관심 증가와 Resolution 3(2009)에 따라 HSM으로 지정할 필요성 전달
  – 위원회는 관련하여 러시아에 사의를 표하고, 신규 남극의 사적지 및 기념물 제안에 대하여 동의 및 ATCM에 승인할 것을 권고

c. 지역 가이드라인

• 미국은 IAATO와 공동으로 방문객을 위한 지역 가이드라인의 유용성 강화 제안에 대하여 보고함(WP 52)
  – ATCM 결의안 4(2021)을 고려하여 방문자를 위한 현장 가이드라인 및 체크리스트에 대한 최신 개정을 포함하여 CEP와 ATCM이 남극 대륙 방문자를 위한 현장별 지침을 강화하기 위한 조치를 어떻게 취했는지 언급하며, 기존 가이드라인의 개정이 잠재적으로 유적지 보호를 개선하는 데 필요한 정보를 제공할 것이라고 설명함
  – 일부 국가들은 남극 지역 방문 증가를 고려하여 기존 가이드라인을 개정하는 것과 새로운 가이드라인 사이에 균형이 필요하다고 언급함
  – 위원회는 지역 가이드라인 개정 필요성에 동의하며, 개선을 위하여 ICG 논의를 승인함
• 아르헨티나는 Snow Hill섬의 황제펭귄 번식지 방문객을 위한 가이드라인 지침 초안에 대하여 보고함(WP 57)

- 황제펭귄이 남극특별보호종으로 지정되지 않은 점을 상기하며, 이에 서식지 보호 및 다른 관리 방안 마련이 필요하다고 언급
- 40차 ATCM(WP044)과 25차 CEP(IP124)에서 발제 된 내용을 바탕으로 황제펭귄 번식지에서 방문객이 야기할 수 있는 교란과 행동강령에 대하여 설명함
- 네덜란드는 결의안 4(2023)을 고려하여 자국이 2025-26시즌부터 헬기를 이용한 황제펭귄 번식지 방문의 제한을 권고하였음을 언급
- 위원회는 아르헨티나가 제안한 가이드라인에 대해 회기간 비공식 논의를 주제하여 개정된 가이드라인 초안을 27차 CEP에 제출하는 것을 환영함

(8) 의제 10. 남극 동식물 보존

a. 검역 및 외래종

- SCAR는 COMNAP, IAATO, CCAMLR와 공동으로 남극에서의 고병원성 조류 인플루엔자 업데이트를 제출하고 위원회에 권고 사항을 제안함(WP 47 rev. 1)
  - 여러 회원국들은 SCAR와 COMNAP이 제안한 지침을 통합하여 자국의 남극 프로그램에서 시행한 HPAI 생물보안 조치에 대한 정보를 공유하고, 위원회와 회원국의 관련 당국을 위해 HPAI 의심 사례에 대한 의사소통을 더욱 효율적으로 할 것을 제안함
  - 우리나라는 AHWN의 HPAI 실무 지침 및 COMNAP 지침을 사용하여 생물보안 조치를 시행한 것을 언급하며, 칠레, 대한민국, 우루과이와 공동으로 준비한 IP 126 '남극 야생동물에서의 조류 인플루엔자 바이러스의 신속한 탐지를 위한 공동 노력' 및 IP 127 '남극에서 고병원성 조류 인플루엔자를 예방하기 위한 한국 프로그램의 실천'을 언급함

KOPRI 극지연구소

b. 특별 보호종

- 영국은 호주, 프랑스, 독일, 모나코, 뉴질랜드, 노르웨이, 미국과 함께 황제펭귄 남극특별보호종 지정을 제안함(WP 34)
  - 대부분의 회원국들은 위원회가 예방적 접근 방식을 채택하고 황제펭귄을 특별 보호종으로 지정할 것을 강력히 제안하고 황제펭귄 개체군 감소의 원인에 대한 남아 있는 불확실성이 ATCM이 조치를 취하는 것을 방해해서는 안 되며, 불확실성은 과학 연구에 내재된 것임을 강조함. 또한, HPAI가 새로운 고위험 위협임을 언급하며, 종에 대한 추가적인 인간 활동의 영향을 줄이는 것이 중요하다고 강조함
  - 우리나라는 우리 연구자들이 로스해 황제펭귄 개체군을 모니터링 결과를 보고. 특정 서식지에서 황제펭귄 개체수가 감소하였음을 언급하고 조치의 필요성 강조
  - 중국과 러시아는 황제펭귄 개체군 감소의 원인에 대한 과학적 불확실성에 대한 우려를 제기하고, 황제펭귄에 대한 특별 보호종 행동 계획 초안(44차 ATCM WP 34 첨부 문서)이 남극조약 시스템 내에서 황제펭귄을 보호하기 위해 이미 존재하는 거의 10가지 유형의 관리 조치를 요약하고 있음을 강조하며 황제펭귄을 특별 보호종으로 지정할 충분한 과학 및 관리적 근거가 있는지 의문 제기
- 위원회는 황제펭귄을 특별 보호종으로 지정할 필요성에 대해 합의에 이르지 못했으며, 위원회의 다양한 견해가 ATCM에 전달되어야 한다고 언급하고 황제펭귄 보호가 위원회의 높은 우선순위로 남아 있어야 한다는 데 동의함. 또한 내년 회의 전에 남아 있는 질문을 해결하기 위해 이 문제에 대한 회기 간 논의를 계속할 것을 권장하고, 이러한 논의에 포괄적인 참

여의 중요성을 강조함

- (관찰 및 평가) 중국과 러시아가 남극 특별 보호종으로 황제펭귄을 지정하는 것을 반대하는 이유로는 황제펭귄이 특별보호종이 될 경우, 그 서식지뿐만 아니라, 서식지로부터 상당한 면적을 차지하는 황제펭귄의 취식 범위까지 보호해야 한다는 주장과 주변 해양의 MPA 지정 당위성을 뒷받침할 수 있는 근거가 될 수 있기 때문으로 MPA 지정에 부정적인 중국과 러시아는 의견을 같이하는 것으로 보임
- 27차 CEP에 황제펭귄 특별 보호종 지정을 위한 문서가 다시 제출될지 불확실 하며 중국과 러시아가 합의하지 않는 한 지정은 어려울 수 있지만 중국이 지속적으로 특별 보호종 지정 불필요의 근거로 제기하고 있는 IUCN의 황제펭귄에 대한 red list 등급이 IUCN의 다음 논의 시 상향될 경우 지정에 탄력을 받을 수 있음

(8) 의제 11. 환경 모니터링과 보고

[‘플라스틱 오염 종식을 향하여’ 결의안 초안 논의]

- 네덜란드는 플라스틱 오염 종식을 위한 결의안 초안을 위원회 중 동 의제에 제출했으며, 이를 ATCM에 채택을 위해 전달할 것을 CEP에 제안함
  - 네덜란드는 26차 CEP에 제출된 플라스틱 오염 관련 IP들을 언급하며, 플라스틱 오염이 남극에서 증가하고 있고 대부분의 오염원이 남극조약 지역 외부에서 발생한다고 지적하며 한국 부산에서 열리는 플라스틱 오염에 관한 정부간 협상 위원회(INC-5)에 회원국들이 강력한 메시지를 보내 플라스틱 오염을 종식시키기 위한 국제법적 구속력 있는 문서를 채택하도록 촉구할 것을 요청함
  - 우리나라는 INC-5 개최국으로서 새로운 플라스틱 조약이 결실을 맺는 것의 중요성과 마지막 협상임을 언급하고 네덜란드가 제시한 결의안을 지지함
  - 위원회는 결의안 초안이 위원회에서 충분히 검토되지 못한 것과 절차적 문제에 대한 우려를 제기함. 몇몇 회원국들은 제안의 취지를 지지하면서도, 다른 정부 간 절차에 대한 당사국의 참여를 고려하는 것은 기술적, 과학적, 환경적 자문기관인 CEP의 범위를 벗어날 수 있으며, 이 부분은 ATCM에서 고려하는 것이 더 적절하다고 제안함
  - 위원회는 플라스틱 오염 종식을 위한 결의안 초안에 대해 논의했지만, 회의 중에 주어진 시간 내에 합의에 도달하지 못했으며 결의안 초안을 ATCM에 주목시키는 것이 바람직하다고 합의함

다. 제27차 CEP 대응

올해 이탈리아 밀라노에서 제47차 ATCM과 함께 개최되는 제27차 CEP는 2025년 6월 23일(월)에 시작하여 6월 27일 금요일에 보고서 채택을 끝으로 종료될 예정이며, 보고서는 ATCM 본 회의에 다음주 화요일에 상정되어 채택될 예정이다. 예년과 달리 ATCM이 한달 늦게 개최되어 논의 문서 제출이 5월 2일, 정보 문서 및 배경 문서 제출은 5월 17일로 예정되어있어 본 과업 기간 내 27차 CEP에서 논의될 문서의 분석은 어려울 것으로 판단된다. 당사국들이 남극조약사무국을 통해 제출할 문서는 2025년 5월 17일 문서 제출 기한 이후 모두 확보하여 CEP 의제를 분석하여 제26차 회의에 대응할 수 있도록 자료를 작성할 예정이다.

우리나라는 제27차 CEP에 1건의 보고문서 (IP: Information Paper)를 외교부를 통해 제출할 예정이다. 제출 문서를 통해 남극기지 운영 등 인간활동으로 인한 잔류성 유기 오염물질(POPs)

의 현황을 보고하고 규제 오염물질의 포괄적인 모니터링 전략의 필요성을 강조할 예정이다.

한편 SCAR의 남극야생동물건강 네트워크(AWHN)에서 준비하고 있는 논의문서 작성에 참여하여 고병원성 조류인플루엔자 모니터링 결과 제공할 예정이다.

KOPRI
극지연구소

제 2 절 기타 남극환경 관련 국제회의

1. 국가남극운영자회의 및 해양생물자원보존위원회

가. 남극해양생물자원보존위원회(CCMLR)

(1) CCAMLR 설립 배경

ATCM은 1980년의 특별회의에서(5월 20일) 남극해양생물자원의 보존 및 합리적 이용을 목적으로 CCAMLR 협약을 채택하였으며, 이 협약은 1882년 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).

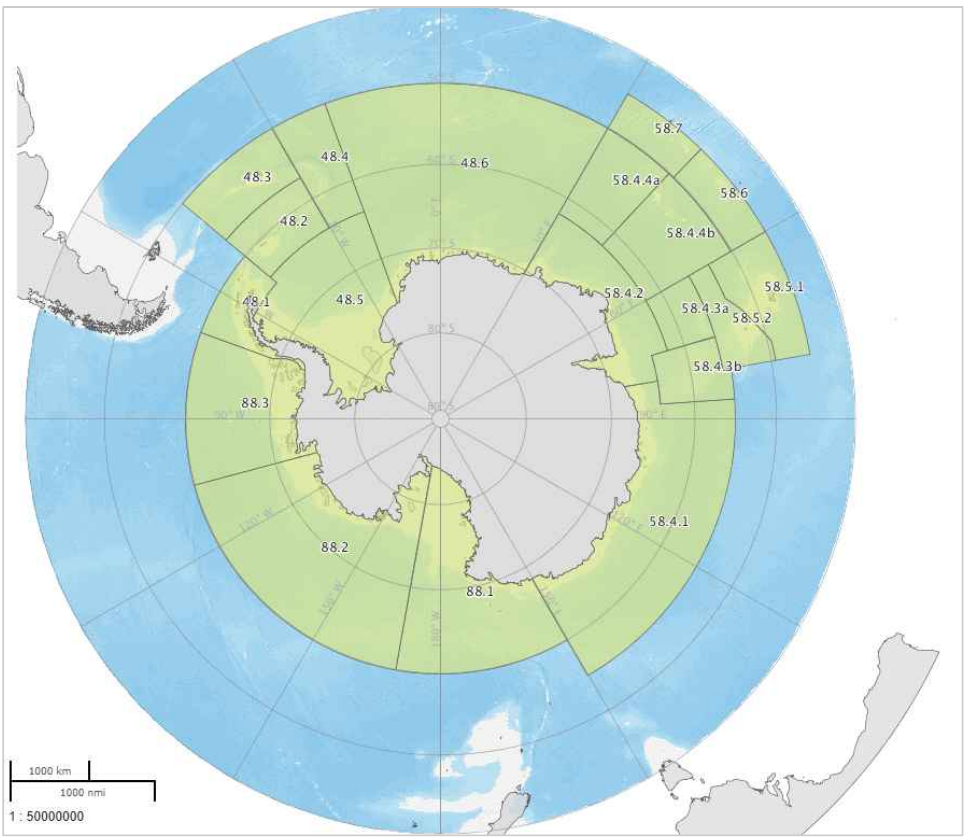


그림 3-2-1. CCAMLR 협약수역. 우리나라의 주요 조업이 수행되는 48.1해역(남극크릴) 및 88.1 해역(남극이빨고기)

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

CCAMLR에서는 남극해양생물자원의 보존을 위해 해양생태계의 주요 구성원들의 변화상을 모니터링하는 장기프로그램(CEMP)을 운용하고 있다. CEMP에서는 주요 구성원들의 생태적 변

화가 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 3-2-2, 표 3-2-1).

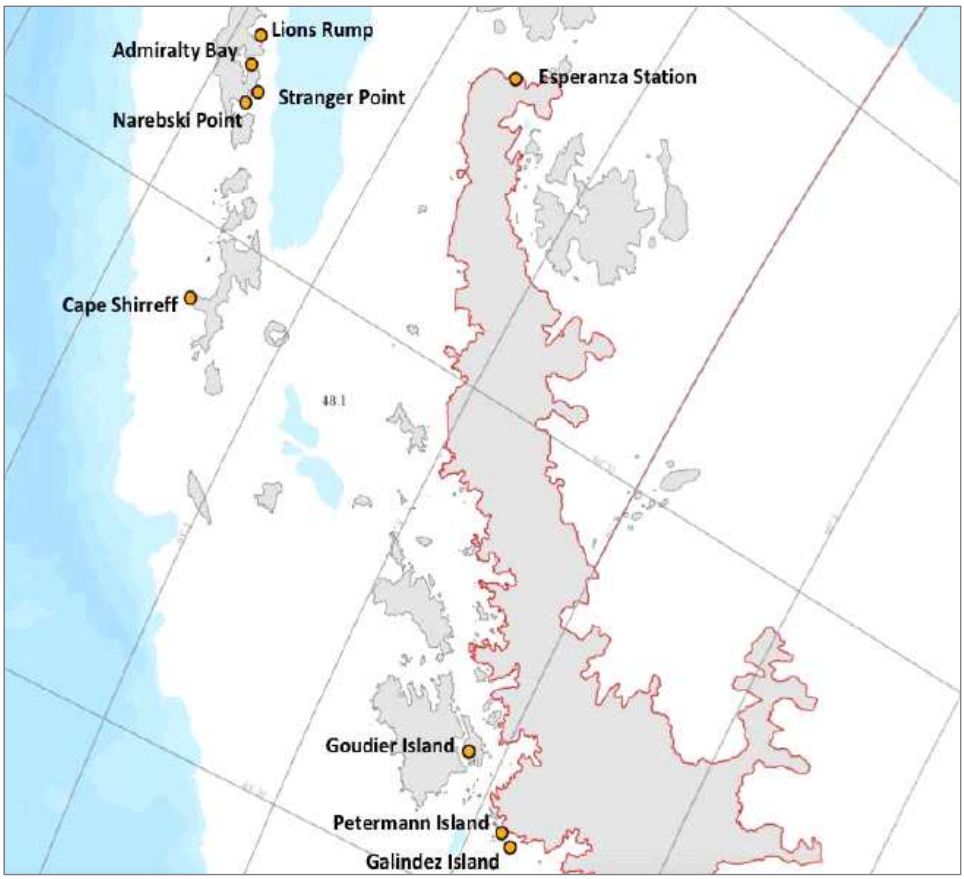


그림 3-2-2 남극반도 주변의 CEMP-site (https://gis.ccamlr.org/)

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

KOPRI 극지연구소

나. 2024년 CCAMLR 동향

(1) 과학위원회(SC-CAMLR) (2024.10.14.-18, 호주 CCAMLR 사무국)

- 한국, 중국, 이태리 공동으로 인익스프레서블섬의 시뷰만(ASPA No. 178)에서 CCAMLR 생태계 모니터링 프로그램에 따른 아델리펭귄 모니터링 사이트 개발 제안(문서번호 SC-CAMLR-43/BG/18, 그림 4-2-3)
- 도메인1 해양보호구역(D1MPA) 지정 제안 내용들과 크릴어업관리(KFMA)간의 조화(harmonisation)에 초점을 맞추어 남극특별보호구역(ASPA) 및 해양보호구역(MPA)의 신규 제안에 대한 과학적 요소 평가
- Harmonisation 심포지엄을 통해 남극반도 지역 내 크릴 어업 관리와 생태계 보호 목적의 해양보호구역(MPA) 설정 간의 조화를 추진시 ASPA를 포함한 보호구역을 어떻게 설정할지에 대한 논의와 제안
- 기존 ASPA를 포함한 보호구역 설정 및 관리에 관한 과학적 평가가 계속 진행 중이며, 새로운 보호구역 설정에 있어서 공간적 관리 방식의 타당성 및 효과성에 대한 논의

(2) CCAMLR 생태계모니터링관리작업반(WG-EMM) (2024.7.1.-12, 네덜란드 레이아르던)

- CCAMLR 사무국에 23/24년 CEMP data 제출
- CCAMLR 사무국에서 회원국들의 CEMP data 수합 및 분석 내용 보고(문건번호 WG-EMM-2023/24)(그림 3-2-4, 표 3-2-2)

(3) CCAMLR에 ASPA No. 171 나레브스키 포인트의 모니터링 자료(CEMP data) 제출

- 나레브스키 포인트의 CEMP-site 코드명: NPT(Narebski Point) (그림 3-2-5)
- 2023/24년 CEMP 자료 제출
- CCAMLR 사무국의 요청이 오면 모니터링자료(CEMP-data) 제출 예정
- CEMP 표준조사 방법(Method A3B)에 의거하여 산출된 젠투펭귄과 턱끈펭귄의 둥지수 자료 산출 완료

표 3-2-2. 2023/24년 CEMP-data 제출(문건번호 WG-EMM-2024/41)

Subarea/ Division	Member	Site	Species	Parameters
48.1	Argentina	Esperanza Station (ESP)	PYD	A3, A6a, A6b
		Stranger Point Station (SPS)	PYD	A6a, A7
		Marambio (MBO)	PYD	A6b, A9
	United Kingdom	Goudier Island (GOI)	PYP	A3, A6a
	Republic of Korea	Narebski Point (NPT)	PYP	A3
	Poland	Admiralty Bay (ADB)	PYN	A6b, A9
		Lions Rump (LRP)	PYD	A6b, A9
	United States of America	Admiralty Bay (ADB)	PYD	A6a, A6b, A7, A9
			PYN	A6a
			PYP	A6a, A6b, A8_KL, A9
		Cape Shirreff (CSS)	PYN	A3, A5, A6a, A6b, A7, A9
			PYP	A3, A5, A6a, A6b, A9
48.2	United Kingdom	Signy Island (SIO)	PYD	A3, A6a, A7, A8, A9
			PYN	A3, A6a, A7, A8, A9
			PYP	A3, A6a
48.3	United Kingdom	Bird Island (BIG)	EUC	A1, A3, A7
			PYP	A3
		Maiviken (MAI)	PYP	A3, A6a, A7
58.4.2	Japan	Syowa Station (SYO)	PYD	A3
88.1	New Zealand	Ross Island (ROS)	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

SCIENTIFIC COMMITTEE

SC-CAMLR-43/BG/18

13 September 2024

Original: English

Development of an Adélie Penguin monitoring site under the CCAMLR Ecosystem Monitoring Program in Seaview Bay of Inexpressible Island

Delegations of China, Italy and the Republic of Korea

EN

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. This document was submitted to the meeting of the Scientific Committee and should be read in conjunction with relevant report paragraphs.

그림 3-2-3. 한국, 중국, 이태리 공동으로 인익스프레서블섬의 시뷰만(ASPA No. 178)에서 CCAMLR 생태계 모니터링 프로그램에 따른 아델리펭귄 모니터링 사이트 개발 제안

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-2024/41

17 June 2024

Original: English

WG-EMM

Summary of the CCAMLR Ecosystem Monitoring Program (CEMP) data holdings through the 2023/24 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 3-2-4. CCAMLR 사무국에서 생태계모니터링관리작업반에 제출한 CEMP data 수합 및 분석 문건(문건번호 WG-EMM-2024/41)

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 3-2-5 우리나라가 담당하는 CEMP-site인 나레브스키 포인트(ASPA No. 171) 등록정보 (https://gis.ccamlr.org/)

KOPRI 극지연구소

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:

KOPRI 극지연구소

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 Resourses: Standard Methods. CCAMLR

CCAMLR. 2014. Commission for the Conservation of Antarctic Marine Living Resourses: 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.

KOPRI 극지연구소

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 aundance 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 13C 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 Narębski Point on King George Island, Antarctica. Polar Biology, 45(1), 153-158.

KOPRI 극지연구소

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 (δ 13C and δ 15N) turnover and diet-tissue

KOPRI 극지연구소

fractionation factors in captive dunlin (*Calidris alpina pacifica*). Auk 121: 170-177.

Panasiuk, A., Wawrzynek-Borejko, J., Musia ł , 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,

KOPRI 극지연구소

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, Antartica. 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.

KOPRI 극지연구소

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

KOPRI
극지연구소

부 록

KOPRI
극지연구소

부록 1. 2024년 펭귄마을 일별 기상 통계량.

Y	M	D	Wind speed(m/s)			Temperature(℃)			Relative humidity(%)		
			Avg	Min	Max	Avg	Min	Max	Avg	Min	Max
2024	1	1				1.3	0.1	3.3	90.6	82.8	96.8
2024	1	2				1.1	-1.2	5.5	92.4	78.1	98.6
2024	1	3				2.2	1.0	2.9	97.4	94.5	99.1
2024	1	4				1.7	0.6	2.4	93.0	86.6	96.0
2024	1	5				1.1	0.0	3.4	89.8	79.7	97.3
2024	1	6				1.3	-0.4	4.0	94.0	80.7	99.5
2024	1	7				1.4	0.6	2.4	98.3	95.1	99.5
2024	1	8				2.2	0.5	4.6	88.9	72.0	97.1
2024	1	9				1.5	0.3	3.5	94.8	87.2	98.6
2024	1	10				0.7	-0.3	1.8	90.5	82.4	97.9
2024	1	11				1.2	-0.1	3.1	86.9	78.3	98.8
2024	1	12				0.9	-0.1	3.2	88.0	74.1	96.0
2024	1	13				1.0	-0.5	3.3	78.8	64.1	91.5
2024	1	14				0.2	-1.4	2.4	74.2	59.2	93.0
2024	1	15				0.6	-1.3	2.3	71.1	58.2	90.9
2024	1	16				0.5	-2.3	2.3	76.0	64.3	82.3
2024	1	17				2.0	-0.4	5.1	76.9	53.4	93.3
2024	1	18				2.5	1.6	4.2	97.1	91.2	99.6
2024	1	19				1.0	-0.5	3.6	97.3	81.4	99.4
2024	1	20				1.2	0.1	2.4	93.6	82.9	99.1
2024	1	21				0.6	-0.4	1.7	86.9	70.9	99.0
2024	1	22				0.5	-1.6	1.8	70.7	58.0	83.2
2024	1	23	7.0	0.9	19.2	0.9	-1.3	3.3	75.6	58.2	96.0
2024	1	24	12.4	0.5	22.4	-0.4	-1.7	1.8	94.0	77.2	98.9
2024	1	25	3.7	0.1	17.0	1.6	-0.7	4.4	79.4	52.1	94.3
2024	1	26	9.5	4.3	20.1	3.7	1.2	6.3	93.4	87.9	98.3
2024	1	27	6.4	0.0	20.4	0.4	-1.4	2.3	97.6	91.3	99.7
2024	1	28	5.4	1.3	12.3	1.3	-0.2	3.0	95.2	83.9	99.2
2024	1	29	6.0	3.1	14.0	1.6	0.4	3.1	97.4	90.3	100.0
2024	1	30	7.7	1.1	15.9	2.1	0.7	3.7	88.4	79.4	96.8
2024	1	31	7.6	0.4	19.6	0.6	-0.5	3.5	94.0	63.5	99.5
2024	2	1	5.4	0.8	11.6	2.4	0.3	5.2	89.3	70.4	98.3
2024	2	2	5.4	1.1	13.6	2.6	0.3	5.3	88.9	80.9	99.1
2024	2	3	7.1	3.5	13.7	1.4	0.5	3.1	87.4	78.4	95.4
2024	2	4	4.6	1.0	15.2	2.5	-0.2	5.9	81.8	67.3	95.1
2024	2	5	8.5	1.0	19.9	4.1	2.6	8.4	90.7	78.9	97.8
2024	2	6	11.9	4.3	24.8	3.1	2.1	4.3	89.6	84.7	96.7
2024	2	7	5.8	0.6	12.9	6.1	2.3	10.6	85.4	65.3	99.4
2024	2	8	4.5	0.8	13.4	1.5	0.5	3.1	90.4	78.8	99.5

KOPRI 극지연구소

Y	M	D	Wind speed(m/s)			Temperature(℃)			Relative humidity(%)		
			Avg	Min	Max	Avg	Min	Max	Avg	Min	Max
2024	2	9	4.8	0.8	11.4	1.5	0.7	2.8	97.3	88.1	99.8
2024	2	10	4.3	0.1	11.5	2.2	1.0	4.9	95.8	86.5	99.4
2024	2	11	2.5	0.2	10.3	3.8	1.9	7.3	93.5	81.3	99.8
2024	2	12	5.2	1.5	14.2	2.1	0.5	6.3	88.7	74.1	99.0
2024	2	13	10.9	5.8	20.9	2.9	1.6	4.0	97.8	87.3	100.0
2024	2	14	9.6	8.1	15.9	2.1	1.4	3.1	87.9	80.4	99.8
2024	2	15	8.3	5.3	16.1	1.6	0.5	2.7	86.2	73.5	98.7
2024	2	16	8.1	5.0	15.5	2.2	0.9	3.5	91.4	79.0	99.8
2024	2	17	5.4	0.5	15.6	2.6	1.1	4.6	94.9	83.1	99.9
2024	2	18	7.6	3.5	14.5	1.8	1.3	2.8	93.8	83.8	100.0
2024	2	19	8.7	2.5	16.5	1.8	1.1	2.6	88.7	71.4	98.5
2024	2	20	6.3	3.2	15.5	1.6	0.5	2.3	98.4	95.4	99.7
2024	2	21	8.3	5.3	17.0	2.0	0.7	3.5	98.4	91.2	100.0
2024	2	22	4.1	0.0	13.5	1.6	0.6	3.1	95.7	85.0	98.7
2024	2	23	4.2	0.5	9.9	1.3	-0.1	4.1	88.8	78.5	99.6
2024	2	24	8.2	5.2	17.9	1.5	0.8	2.2	95.0	77.8	99.9
2024	2	25	5.5	1.5	15.1	2.5	1.1	5.9	87.8	70.6	100.0
2024	2	26	6.8	1.9	15.0	1.6	0.6	2.7	95.4	83.3	99.8
2024	2	27	8.4	3.5	16.5	3.3	1.6	7.5	98.5	90.0	100.0
2024	2	28	10.2	6.8	18.7	3.4	1.6	6.2	96.3	87.3	99.7
2024	2	29	10.0	5.3	18.1	2.2	1.0	3.2	90.1	77.7	99.5
2024	3	1	4.9	0.9	12.1	1.6	0.4	3.2	89.4	75.5	99.3
2024	3	2	5.1	0.4	10.5	1.8	0.3	4.0	95.4	86.7	99.8
2024	3	3	4.3	0.2	12.5	0.5	-1.2	2.5	90.2	73.7	99.0
2024	3	4	7.6	1.2	20.0	0.5	-0.8	4.0	81.8	52.0	97.7
2024	3	5	11.5	6.5	20.9	3.3	0.0	5.9	90.9	76.8	99.1
2024	3	6	10.5	6.6	18.2	4.2	2.6	5.8	93.4	82.1	97.9
2024	3	7	7.4	2.9	17.5	3.4	1.2	4.8	95.1	91.6	99.6
2024	3	8	7.1	3.8	15.1	2.0	-0.3	4.5	97.6	85.6	100.0
2024	3	9	4.5	0.8	13.0	1.4	-0.7	7.5	96.9	77.2	100.0
2024	3	10	2.4	0.1	8.7	3.4	1.4	7.5	91.3	72.7	98.6
2024	3	11	4.9	1.4	13.1	1.6	0.0	3.8	89.4	70.2	99.8
2024	3	12	6.0	0.6	17.2	1.5	0.0	4.5	76.2	62.6	94.3
2024	3	13	5.2	1.3	13.6	3.8	2.5	6.5	86.7	69.3	99.1
2024	3	14	6.8	0.2	15.4	1.4	-0.5	4.6	91.2	80.2	98.4
2024	3	15	8.3	6.8	13.6	-0.8	-1.6	0.1	87.7	83.0	94.9
2024	3	16	8.3	5.5	14.8	-0.9	-1.8	0.1	84.4	80.6	89.7
2024	3	17	6.3	3.6	13.2	-2.5	-3.8	-1.4	83.7	76.3	89.9
2024	3	18	3.5	0.0	9.0	-2.1	-3.4	-0.7	77.6	68.0	96.7
2024	3	19	3.5	0.6	7.9	0.0	-1.6	1.1	89.3	79.0	97.4
2024	3	20	4.0	0.6	10.4	-1.2	-3.1	0.6	84.1	62.5	93.9

KOPRI 극지연구소

Y	M	D	Wind speed(m/s)			Temperature(℃)			Relative humidity(%)		
			Avg	Min	Max	Avg	Min	Max	Avg	Min	Max
2024	3	21	2.3	0.0	7.3	-1.9	-3.2	-0.7	76.8	54.8	91.1
2024	3	22	3.9	0.1	12.2	-0.2	-2.0	1.9	78.2	60.0	99.2
2024	3	23	6.0	2.8	13.3	0.6	-0.2	1.2	85.8	77.1	99.3
2024	3	24	8.4	3.1	18.4	1.3	0.0	2.6	91.9	76.3	99.0
2024	3	25	5.8	2.0	14.9	1.0	-0.4	1.9	85.9	76.1	94.6
2024	3	26	8.1	0.2	16.3	-0.4	-2.4	1.2	92.2	79.8	97.1
2024	3	27	8.1	0.4	15.8	-3.4	-4.6	-1.6	88.8	75.9	94.5
2024	3	28	6.3	1.1	17.2	-1.0	-3.3	0.1	79.0	62.8	98.4
2024	3	29	15.2	7.1	27.9	-3.0	-4.5	-0.3	77.5	62.6	99.0
2024	3	30	6.5	0.6	14.6	-2.3	-5.8	0.6	74.1	64.0	90.3
2024	3	31	8.4	5.9	18.6	0.5	-0.2	1.2	90.8	78.0	98.8
2024	4	1	9.5	5.1	19.6	0.7	-0.7	2.6	88.1	73.4	98.0
2024	4	2	4.7	0.2	21.5	0.8	-0.5	2.6	87.7	75.3	96.8
2024	4	3	5.2	0.0	13.7	-1.6	-5.8	1.2	95.5	86.3	99.3
2024	4	4	4.0	0.0	11.6	-1.9	-5.7	0.5	86.4	76.0	95.3
2024	4	5	9.5	3.7	22.7	1.5	-1.6	4.1	89.8	74.0	99.2
2024	4	6	8.7	4.8	19.8	0.5	-1.1	3.1	85.4	59.3	98.7
2024	4	7	7.2	2.5	17.4	0.2	-1.6	2.9	81.5	64.6	97.2
2024	4	8	6.3	1.4	17.9	-1.9	-5.6	2.2	78.8	61.2	97.4
2024	4	9	6.4	0.6	15.6	-4.5	-7.2	-1.0	80.3	65.7	92.9
2024	4	10	11.0	7.4	22.7	0.4	-1.2	1.8	86.3	69.4	97.7
2024	4	11	10.2	6.5	20.4	-0.1	-1.0	1.3	82.7	66.4	98.7
2024	4	12	7.4	1.5	17.0	-1.0	-3.3	0.7	75.0	54.6	94.2
2024	4	13	10.2	5.7	21.4	1.2	-1.3	2.1	98.3	91.7	99.6
2024	4	14	8.9	4.9	19.4	0.8	-0.1	2.7	96.2	84.5	99.7
2024	4	15	10.6	6.4	18.8	1.6	0.5	3.5	90.1	81.9	97.2
2024	4	16	8.5	3.0	20.2	2.2	1.0	4.8	98.2	89.2	99.4
2024	4	17	7.3	2.4	20.8	1.2	-1.5	4.7	97.0	88.8	99.8
2024	4	18	8.6	3.2	19.5	-0.3	-1.7	1.6	75.9	59.3	98.5
2024	4	19	2.5	0.7	7.0	-1.7	-3.1	-0.7	68.7	59.5	78.9
2024	4	20	2.6	0.2	7.7	-1.6	-2.9	-0.6	82.7	71.4	92.5
2024	4	21	10.6	4.5	20.6	-0.5	-2.4	0.7	86.4	77.4	98.0
2024	4	22	7.9	1.5	18.5	-1.9	-4.6	0.1	78.1	62.6	90.7
2024	4	23	3.3	0.5	11.7	-3.9	-6.5	-2.2	70.9	52.2	92.0
2024	4	24	6.3	0.1	14.6	0.0	-3.2	2.1	87.3	67.8	98.5
2024	4	25	3.0	0.4	10.4	1.0	-3.2	5.6	80.3	40.9	90.5
2024	4	26	3.9	0.1	12.2	-1.0	-3.7	3.0	92.5	84.6	98.7
2024	4	27	6.9	0.7	19.8	-4.5	-8.0	-2.0	91.1	85.8	96.0
2024	4	28	10.6	5.5	18.6	-7.1	-8.3	-5.0	81.3	72.8	89.8
2024	4	29	6.2	1.1	14.4	-2.3	-5.9	-0.5	81.0	71.8	91.8
2024	4	30	4.5	0.5	11.0	-1.0	-2.0	0.3	84.0	71.2	97.9

KOPRI 극지연구소

Y	M	D	Wind speed(m/s)			Temperature(℃)			Relative humidity(%)		
			Avg	Min	Max	Avg	Min	Max	Avg	Min	Max
2024	5	1	8.3	5.6	16.0	0.2	-0.5	0.7	97.4	89.5	99.5
2024	5	2	7.4	4.2	18.2	-0.3	-1.5	0.9	99.1	96.4	99.8
2024	5	3	2.0	0.0	8.2	-2.3	-4.3	-0.9	89.4	74.4	97.4
2024	5	4	9.8	0.0	25.9	-5.5	-8.1	-2.5	84.7	76.1	94.9
2024	5	5	15.8	5.4	26.4	-7.3	-8.5	-6.0	83.2	79.6	86.6
2024	5	6	2.5	0.4	7.4	-3.8	-6.6	-2.4	77.7	70.0	87.5
2024	5	7	4.0	0.4	13.8	-2.9	-3.8	-1.6	77.2	73.5	89.9
2024	5	8	8.0	4.2	14.8	-0.4	-2.2	0.3	89.4	72.9	97.1
2024	5	9	9.1	4.5	19.4	-1.2	-2.4	0.0	89.7	70.5	96.1
2024	5	10	8.8	3.6	19.7	-0.9	-2.3	0.7	80.2	66.3	97.8
2024	5	11	11.7	5.2	23.0	-0.7	-6.1	1.5	86.5	63.6	99.1
2024	5	12	7.5	0.2	20.8	-2.0	-6.7	0.4	79.7	63.6	92.5
2024	5	13	3.5	0.1	11.5	-2.5	-5.0	-0.2	84.9	79.1	90.5
2024	5	14	8.8	1.2	22.0	-4.8	-7.2	-3.3	68.9	57.2	79.1
2024	5	15	4.7	0.0	12.5	-5.2	-6.3	-3.2	81.6	66.7	90.0
2024	5	16	5.1	0.0	14.4	-2.4	-4.9	-0.9	86.9	77.8	95.2
2024	5	17	10.4	5.5	23.0	-0.6	-2.9	1.3	92.8	82.1	99.3
2024	5	18	13.2	9.3	24.7	-0.3	-1.9	1.1	84.8	65.4	94.6
2024	5	19	10.4	5.4	20.2	-0.8	-3.4	0.6	82.2	64.6	94.4
2024	5	20	9.7	4.3	21.4	-3.6	-9.4	-0.3	88.6	78.1	96.9
2024	5	21	9.6	1.3	23.0	-8.0	-10.8	-2.1	81.7	68.5	92.4
2024	5	22	5.8	1.3	13.9	-6.5	-8.7	-1.9	80.4	70.7	92.9
2024	5	23	9.9	5.3	19.5	-6.8	-11.2	-1.8	80.7	68.0	95.3
2024	5	24	5.5	1.5	12.8	-3.5	-10.5	-0.7	79.4	65.0	92.7
2024	5	25	5.0	0.6	19.0	-0.2	-2.0	1.0	83.0	67.0	90.3
2024	5	26	7.9	1.9	18.8	-0.4	-1.6	2.4	90.3	78.5	96.4
2024	5	27	8.6	4.0	17.5	-1.1	-2.0	0.2	97.8	96.0	99.6
2024	5	28	9.1	5.6	17.2	-0.7	-1.3	0.1	99.1	98.4	99.6
2024	5	29	13.9	1.6	26.4	-12.4	-16.2	-1.0	82.4	69.0	98.2
2024	5	30	3.7	0.8	9.1	-10.9	-13.3	-7.5	76.8	66.9	86.3
2024	5	31	4.3	0.3	10.1	-5.9	-8.2	-3.3	75.5	65.4	89.7
2024	6	1	3.6	0.2	11.0	-2.6	-3.8	-1.1	80.8	70.0	89.9
2024	6	2	8.7	4.5	17.0	-1.1	-1.8	-0.2	91.3	80.3	98.0
2024	6	3	6.8	1.0	15.1	-2.1	-5.3	-1.1	86.0	76.4	96.9
2024	6	4	5.2	0.8	18.4	-3.7	-7.7	-2.1	85.4	74.0	95.1
2024	6	5	8.3	0.7	17.7	-6.1	-9.1	-2.1	87.1	73.0	94.3
2024	6	6	7.1	1.1	19.5	-2.3	-3.7	-0.4	78.9	69.1	88.1
2024	6	7	6.7	0.3	13.4	-3.2	-6.3	-1.3	86.1	71.1	96.2
2024	6	8	5.2	0.4	13.5	-4.0	-6.8	-1.8	75.9	59.8	90.4
2024	6	9	4.8	0.1	14.4	-3.1	-4.6	-2.1	81.4	75.2	94.3
2024	6	10	3.7	0.2	11.3	-2.8	-3.9	-1.6	84.7	79.2	91.7

KOPRI 극지연구소

Y	M	D	Wind speed(m/s)			Temperature(℃)			Relative humidity(%)		
			Avg	Min	Max	Avg	Min	Max	Avg	Min	Max
2024	6	11	4.0	0.0	16.6	-4.0	-7.7	-3.0	86.3	78.7	92.4
2024	6	12	20.3	14.2	32.4	-11.7	-13.8	-7.5	86.5	77.5	91.0
2024	6	13	13.3	7.1	23.5	-11.4	-12.6	-10.3	78.3	69.6	85.6
2024	6	14	8.1	0.1	24.3	-9.5	-11.8	-7.2	68.1	50.9	78.7
2024	6	15	3.1	0.4	9.3	-7.3	-9.3	-5.8	69.4	53.6	86.4
2024	6	16	4.4	0.3	8.5	-9.4	-12.0	-6.7	68.6	55.1	79.5
2024	6	17	8.6	2.0	20.7	-7.3	-10.1	-5.1	67.0	55.0	83.6
2024	6	18	6.3	1.6	13.1	-3.2	-7.7	-1.7	83.8	68.2	89.7
2024	6	19	5.4	1.0	14.9	-2.6	-5.1	-0.4	75.5	42.9	90.0
2024	6	20	5.4	0.6	14.7	-4.3	-6.4	-1.9	86.9	66.8	94.9
2024	6	21	5.5	1.6	16.7	-3.8	-5.5	-1.7	87.6	83.1	92.1
2024	6	22	11.0	0.1	25.7	-2.7	-8.2	-0.5	93.3	69.3	97.8
2024	6	23	6.2	0.9	18.7	-6.6	-9.3	-3.0	67.1	46.9	80.6
2024	6	24	9.3	4.5	17.6	-1.5	-4.5	-0.3	93.2	75.7	98.3
2024	6	25	7.9	1.0	17.2	-5.6	-10.2	-1.3	76.4	55.2	88.0
2024	6	26	4.1	0.6	10.2	-8.2	-11.2	-5.4	79.0	70.9	84.6
2024	6	27	4.9	0.2	9.8	-5.2	-7.6	-3.2	86.9	80.2	95.2
2024	6	28	4.0	0.7	8.3	-6.8	-9.9	-3.9	87.6	81.7	95.5
2024	6	29	4.6	1.7	11.6	-3.4	-5.3	-2.3	88.9	80.3	96.1
2024	6	30	7.3	4.0	12.8	-3.6	-4.8	-2.9	93.7	83.6	96.4
2024	7	1	2.0	0.0	9.8	-5.2	-6.0	-4.2	77.9	65.3	90.5
2024	7	2	4.8	2.4	11.2	-6.0	-8.2	-4.2	75.5	69.1	87.3
2024	7	3	1.5	0.0	5.9	-3.7	-5.6	-2.2	82.7	69.6	94.4
2024	7	4	3.7	0.0	9.3	-3.8	-6.1	-1.9	90.4	84.2	94.4
2024	7	5	8.5	5.0	18.6	-2.5	-3.3	-1.4	83.3	75.2	87.9
2024	7	6	6.8	0.9	20.2	-2.2	-4.1	-0.7	84.0	74.7	96.1
2024	7	7	10.6	6.0	19.9	-1.6	-2.5	-0.6	91.6	75.1	98.1
2024	7	8	8.6	2.7	23.0	-2.3	-3.0	-1.3	77.7	68.2	95.4
2024	7	9	10.4	0.4	33.6	-3.1	-10.8	-0.3	91.9	85.9	96.8
2024	7	10	17.6	1.3	33.9	-11.5	-13.7	-9.2	74.9	60.1	90.1
2024	7	11	5.9	0.8	18.5	-5.2	-10.8	-1.5	81.5	73.2	95.9
2024	7	12	10.0	5.2	18.7	-1.6	-2.7	-0.6	87.1	74.7	97.3
2024	7	13	6.3	0.9	15.3	-2.7	-6.0	-1.5	80.5	73.2	95.5
2024	7	14	10.2	5.9	23.2	-0.9	-2.3	0.9	90.4	81.8	98.5
2024	7	15	4.4	0.0	13.6	-0.7	-1.7	0.8	89.9	74.8	98.1
2024	7	16	4.9	0.0	12.1	-0.4	-3.4	4.1	90.2	82.6	97.2
2024	7	17	10.3	4.9	21.1	1.4	-2.1	4.7	94.4	85.2	99.2
2024	7	18	5.5	1.4	15.7	-2.5	-3.9	-1.6	86.5	75.2	97.9
2024	7	19	8.2	2.8	16.5	-2.5	-3.2	-1.1	76.4	66.3	94.3
2024	7	20	7.3	0.5	15.0	-4.1	-9.4	0.3	87.8	76.3	95.6
2024	7	21	8.9	2.0	19.7	-4.6	-6.0	-2.9	73.5	54.4	90.8

KOPRI 극지연구소

Y	M	D	Wind speed(m/s)			Temperature(℃)			Relative humidity(%)		
			Avg	Min	Max	Avg	Min	Max	Avg	Min	Max
2024	7	22	13.4	1.5	25.3	-9.2	-12.1	-2.4	83.9	72.0	95.4
2024	7	23	7.6	0.0	15.0	-6.6	-10.3	-3.7	73.9	65.8	87.4
2024	7	24	4.3	1.0	11.4	-4.9	-7.6	-1.5	72.4	63.6	83.2
2024	7	25	11.0	3.0	21.3	-3.1	-8.7	0.6	91.3	73.8	97.1
2024	7	26	17.9	14.9	24.5	-10.5	-11.6	-7.9	87.3	83.8	90.5
2024	7	27	11.0	7.5	20.1	-11.6	-12.4	-10.6	84.0	79.8	88.2
2024	7	28	5.5	0.3	13.4	-11.2	-13.2	-7.7	79.7	74.0	86.1
2024	7	29	7.8	1.7	21.5	-9.6	-14.1	-5.8	77.3	65.8	87.2
2024	7	30	7.0	0.0	17.3	-11.7	-15.4	-6.6	82.0	69.7	89.3
2024	7	31	5.7	3.3	11.8	-4.6	-6.8	-3.3	89.3	81.4	94.9
2024	8	1	6.7	0.4	16.4	-8.0	-14.7	-4.0	81.2	68.2	92.0
2024	8	2	5.5	1.4	16.4	-13.9	-15.8	-10.9	74.2	61.2	83.5
2024	8	3	7.6	2.9	14.0	-13.7	-15.2	-10.7	71.2	62.2	82.1
2024	8	4	5.2	0.7	13.2	-14.2	-16.0	-10.9	69.6	61.7	78.9
2024	8	5	6.4	0.1	15.7	-8.9	-11.0	-6.7	78.6	69.1	89.5
2024	8	6	6.2	1.1	14.8	-7.6	-8.9	-5.9	78.5	71.8	85.0
2024	8	7	8.3	0.6	19.8	-11.9	-16.1	-5.2	70.9	48.6	88.6
2024	8	8	5.0	0.6	22.3	-11.1	-15.1	-8.9	63.9	50.9	72.9
2024	8	9	6.3	1.7	21.0	-13.1	-15.4	-10.7	49.7	35.0	66.0
2024	8	10	6.6	0.6	17.4	-13.0	-15.1	-10.5	59.3	39.7	82.7
2024	8	11	9.7	3.4	19.6	-16.1	-17.2	-14.9	70.3	58.9	81.0
2024	8	12	5.3	1.0	12.3	-15.8	-17.2	-13.6	67.1	53.8	76.3
2024	8	13	7.4	0.7	17.7	-16.7	-19.7	-13.2	63.9	43.5	84.1
2024	8	14	4.2	1.1	12.9	-10.4	-18.0	-6.2	75.0	68.2	84.5
2024	8	15	8.8	4.1	17.0	-4.3	-6.7	-2.1	80.6	72.1	86.7
2024	8	16	8.1	5.1	16.3	-0.7	-2.8	0.4	90.3	81.7	96.9
2024	8	17	7.4	4.0	14.1	-1.3	-2.5	-0.1	95.4	89.8	97.9
2024	8	18	6.1	2.5	11.9	-3.7	-5.6	-2.0	92.9	85.7	97.8
2024	8	19	3.1	0.0	18.2	-2.5	-4.8	-0.6	95.8	85.4	98.8
2024	8	20	12.9	3.7	27.1	-4.0	-6.3	-0.7	84.0	67.5	98.2
2024	8	21	8.2	4.1	18.6	-2.8	-5.0	-1.2	85.8	68.3	97.0
2024	8	22	8.1	5.0	17.6	-1.5	-3.0	-0.3	89.1	75.1	97.4
2024	8	23	7.2	3.8	17.3	-1.3	-2.3	-0.7	88.0	78.0	94.4
2024	8	24	6.5	3.3	13.8	-2.2	-3.3	-0.3	84.8	72.2	97.6
2024	8	25	9.7	7.0	18.5	-0.1	-1.1	1.2	96.4	88.4	98.8
2024	8	26	6.4	0.3	14.8	0.7	-0.7	2.6	92.7	82.5	97.5
2024	8	27	5.1	0.0	14.5	-0.9	-2.5	2.3	95.8	81.9	98.4
2024	8	28	6.6	0.0	17.6	0.4	-1.2	2.7	94.6	82.4	99.2
2024	8	29	5.4	0.4	16.1	-1.8	-3.4	1.2	95.5	75.9	99.0
2024	8	30	12.4	9.7	21.8	0.4	-1.8	1.1	96.9	89.4	99.3
2024	8	31	8.8	0.7	27.3	-0.6	-2.4	3.1	89.6	70.4	99.2

KOPRI 극지연구소

Y	M	D	Wind speed(m/s)			Temperature(℃)			Relative humidity(%)		
			Avg	Min	Max	Avg	Min	Max	Avg	Min	Max
2024	9	1	12.2	7.9	25.3	0.5	-2.7	2.1	95.4	90.1	98.4
2024	9	2	9.8	7.6	17.8	-1.3	-2.6	1.1	92.5	79.1	98.5
2024	9	3	8.0	4.2	17.8	-0.9	-2.2	0.0	98.7	97.8	99.3
2024	9	4	8.9	4.9	20.9	-1.6	-3.5	0.1	97.2	95.5	99.4
2024	9	5	13.5	6.9	26.9	0.4	-1.0	1.6	90.1	79.0	99.6
2024	9	6	5.6	0.0	14.7	-0.8	-1.9	0.8	93.8	80.6	98.5
2024	9	7	8.3	2.8	19.8	-0.6	-2.2	0.7	90.4	81.6	97.2
2024	9	8	8.9	1.4	19.9	-0.9	-4.3	3.6	84.5	67.7	96.9
2024	9	9	11.3	6.6	19.5	-3.8	-5.7	-1.2	75.5	65.8	89.4
2024	9	10	6.9	0.7	16.9	-3.4	-6.0	0.0	83.9	69.0	98.2
2024	9	11	6.6	0.4	16.7	-2.1	-5.2	1.0	84.4	68.5	98.0
2024	9	12	8.5	4.4	15.5	-1.4	-4.7	1.6	88.7	61.5	98.3
2024	9	13	8.1	0.4	24.3	-5.9	-9.4	-3.0	81.3	64.9	94.7
2024	9	14	9.8	4.5	26.2	-2.6	-5.4	0.6	82.6	69.2	95.7
2024	9	15	13.3	8.5	23.8	-3.4	-8.2	0.1	83.9	64.3	98.2
2024	9	16	9.4	1.6	22.3	-5.7	-7.6	-3.9	71.1	58.6	93.3
2024	9	17	13.4	1.5	30.6	-7.0	-9.5	-4.6	84.9	69.5	93.9
2024	9	18	11.3	3.1	22.2	-5.1	-8.8	-0.7	79.4	59.4	93.2
2024	9	19	8.0	4.0	17.3	-6.3	-7.8	-4.7	73.0	56.4	91.7
2024	9	20	3.7	1.3	10.7	-7.6	-8.4	-6.9	68.7	60.4	86.9
2024	9	21	9.1	1.4	22.9	-3.8	-8.2	0.4	77.8	57.5	94.0
2024	9	22	7.1	1.2	22.0	-2.6	-5.2	0.4	84.8	66.8	97.0
2024	9	23	7.6	4.1	15.9	-2.2	-4.9	0.8	78.4	63.7	91.2
2024	9	24	10.2	4.2	25.0	-3.2	-6.5	0.8	81.0	60.6	93.5
2024	9	25	6.9	0.1	22.2	-5.5	-9.2	-0.9	86.4	75.2	94.5
2024	9	26	8.1	0.8	21.6	-6.6	-10.0	-3.9	81.3	69.0	92.7
2024	9	27	18.9	10.5	30.9	-9.0	-10.9	-4.3	82.4	61.5	93.8
2024	9	28	7.6	1.3	16.9	-9.2	-11.6	-4.2	77.1	60.7	91.5
2024	9	29	5.7	0.3	14.3	-10.2	-12.0	-8.2	70.0	59.7	86.9
2024	9	30	3.5	1.2	8.8	-6.0	-9.2	-3.5	59.8	46.4	81.1
2024	10	1	3.6	0.1	8.5	-7.0	-10.4	-4.5	66.1	51.6	81.0
2024	10	2	4.4	0.0	11.0	-4.8	-6.2	-2.7	72.9	52.5	80.8
2024	10	3	3.6	0.2	10.0	-2.9	-4.4	-1.6	80.0	70.3	87.2
2024	10	4	5.4	0.4	11.1	-4.7	-6.0	-2.7	90.9	79.3	95.6
2024	10	5	7.3	3.9	16.7	-2.8	-4.5	-0.6	84.6	78.9	92.2
2024	10	6	10.1	2.1	18.6	-8.8	-12.0	-2.4	84.6	74.4	92.4
2024	10	7	4.3	0.3	12.5	-6.8	-11.6	-3.7	81.3	71.6	93.1
2024	10	8	8.3	2.4	17.3	-0.9	-4.0	2.6	85.5	69.5	98.0
2024	10	9	6.6	4.3	12.5	0.5	-0.9	3.2	95.2	84.1	98.9
2024	10	10	9.9	0.7	22.6	-0.7	-3.6	3.4	92.2	83.7	97.6
2024	10	11	4.5	0.8	10.8	-3.2	-4.0	-2.0	81.6	66.2	95.2

KOPRI 극지연구소

Y	M	D	Wind speed(m/s)			Temperature(℃)			Relative humidity(%)		
			Avg	Min	Max	Avg	Min	Max	Avg	Min	Max
2024	10	12	3.8	0.8	8.5	-2.1	-4.2	-1.0	89.5	82.5	96.1
2024	10	13	4.3	0.2	12.8	-0.4	-3.0	1.7	88.1	79.9	96.3
2024	10	14	8.1	3.9	16.5	-0.6	-1.7	1.3	93.4	85.7	98.8
2024	10	15	10.2	0.3	25.7	0.9	-1.8	6.0	91.3	78.0	98.6
2024	10	16	12.3	8.5	22.9	-0.8	-2.1	0.5	88.9	77.7	98.6
2024	10	17	8.7	4.5	18.3	-1.6	-2.6	0.3	79.2	68.6	97.7
2024	10	18	5.5	1.4	13.7	-0.5	-2.5	2.6	77.7	60.7	94.3
2024	10	19	10.8	7.8	21.9	0.3	-1.3	2.2	90.4	78.1	97.1
2024	10	20	8.9	5.9	18.0	-1.4	-2.2	-0.7	85.7	71.3	96.6
2024	10	21	5.3	1.1	12.1	-2.3	-3.9	-1.3	77.8	55.2	94.5
2024	10	22	3.7	0.2	13.0	-3.4	-4.2	-2.5	74.6	65.2	82.4
2024	10	23	3.1	0.0	11.6	-3.8	-5.9	-2.1	73.3	62.9	92.1
2024	10	24	5.0	1.0	14.4	-4.2	-7.0	-1.9	67.4	55.0	91.0
2024	10	25	3.3	1.2	13.0	-3.1	-4.6	-1.3	65.5	54.2	87.7
2024	10	26	5.8	1.9	13.2	-3.5	-5.8	-1.5	80.9	61.5	92.8
2024	10	27	2.9	0.1	8.8	-1.6	-3.3	1.1	88.7	78.7	92.6
2024	10	28	3.9	0.8	12.9	-0.7	-3.2	1.4	81.3	67.3	97.9
2024	10	29	4.8	1.3	11.6	-0.5	-2.3	2.8	93.9	69.5	98.3
2024	10	30	7.9	4.1	17.0	-0.4	-2.1	1.2	95.1	78.8	98.8
2024	10	31	7.8	1.5	15.3	-1.0	-2.3	-0.1	78.6	68.1	84.8
2024	11	1	7.0	0.7	20.3	0.4	-1.7	2.9	92.5	66.9	99.3
2024	11	2	4.9	0.7	17.5	-0.8	-2.7	0.7	93.1	74.3	99.4
2024	11	3	6.5	0.5	19.2	-2.1	-3.2	-0.7	78.5	67.0	95.3
2024	11	4	5.5	0.0	15.7	-0.4	-3.2	2.9	95.2	80.2	98.8
2024	11	5	7.4	3.1	14.2	-2.9	-4.0	-1.1	75.4	60.0	95.5
2024	11	6	9.3	4.6	17.5	-3.9	-5.7	-2.3	72.1	54.1	93.3
2024	11	7	4.3	0.1	10.8	-3.5	-4.9	-1.3	78.2	64.5	92.5
2024	11	8	4.4	0.1	10.3	-2.8	-4.8	-1.0	76.3	56.1	95.4
2024	11	9	5.0	3.2	10.7	-0.8	-2.0	-0.1	94.8	89.3	98.4
2024	11	10	2.8	0.2	9.3	0.0	-2.0	2.1	79.7	59.6	98.6
2024	11	11	2.6	0.0	14.8	0.3	-2.1	2.7	85.0	77.1	92.9
2024	11	12	9.7	4.8	18.6	0.9	-0.7	3.4	91.4	76.8	97.9
2024	11	13	9.0	5.4	16.6	1.0	-0.2	3.4	95.4	89.4	99.2
2024	11	14	7.4	4.5	14.8	0.2	-0.8	1.3	97.6	93.8	99.3
2024	11	15	4.8	0.0	14.6	1.5	-0.5	5.6	95.4	86.3	99.4
2024	11	16	3.5	0.3	9.0	-0.6	-1.6	0.3	94.7	84.8	99.5
2024	11	17	6.1	0.9	13.0	-0.9	-2.0	0.7	79.5	70.7	88.5
2024	11	18	9.3	4.8	17.2	-0.2	-1.6	1.1	92.6	74.9	99.8
2024	11	19	10.9	4.0	21.8	1.2	-0.3	3.0	93.6	87.5	99.9
2024	11	20	12.5	2.7	24.8	1.8	0.3	5.0	92.6	78.7	98.5
2024	11	21	10.1	5.4	21.8	2.0	0.0	6.5	94.0	73.6	99.3

KOPRI 극지연구소

Y	M	D	Wind speed(m/s)			Temperature(℃)			Relative humidity(%)		
			Avg	Min	Max	Avg	Min	Max	Avg	Min	Max
2024	11	22	7.4	0.6	17.6	5.4	1.4	11.2	76.4	54.3	92.8
2024	11	23	5.8	0.5	14.9	0.4	-1.7	3.2	94.9	83.1	98.8
2024	11	24	7.2	3.5	14.6	-0.5	-1.4	1.0	86.5	67.7	93.1
2024	11	25	7.0	3.2	13.7	-0.8	-1.5	0.3	87.4	78.1	95.7
2024	11	26	5.2	1.1	11.5	-0.5	-1.6	0.5	85.1	66.9	97.8
2024	11	27	8.4	5.8	21.6	0.5	-0.8	2.8	94.0	82.0	99.0
2024	11	28	10.0	5.9	17.9	0.3	-0.2	1.0	95.1	87.4	99.4
2024	11	29	6.8	3.2	17.1	0.0	-0.8	1.1	98.7	96.3	99.6
2024	11	30	5.5	0.4	15.1	-0.6	-2.6	0.6	96.3	90.5	99.4
2024	12	1	3.8	0.0	12.0	-1.2	-2.7	0.5	83.5	65.7	96.6
2024	12	2	1.5	0.0	5.8	-0.8	-1.8	1.1	83.6	69.7	94.7
2024	12	3	6.9	0.8	15.5	-1.1	-2.2	0.4	72.1	62.3	81.0
2024	12	4	3.9	0.6	10.0	-0.4	-1.9	0.9	71.9	64.9	79.2
2024	12	5	3.5	0.2	9.7	-0.8	-2.2	1.4	73.7	53.9	87.8
2024	12	6	4.5	1.0	10.7	-0.6	-3.0	1.5	80.6	64.8	87.3
2024	12	7	4.1	1.8	9.3	0.4	-1.4	3.0	87.8	79.3	99.3
2024	12	8	5.3	3.2	10.2	0.1	-1.7	1.4	95.5	85.7	99.6
2024	12	9	5.0	1.0	11.4	1.0	-2.3	5.5	88.8	77.0	98.4
2024	12	10	8.8	5.5	17.0	1.5	0.4	2.8	90.8	82.3	98.1
2024	12	11	6.2	3.3	12.0	1.4	0.2	3.8	92.7	84.8	96.8
2024	12	12	7.0	0.5	16.9	3.7	2.0	7.5	89.5	79.1	95.1
2024	12	13	7.7	3.5	16.3	1.9	0.7	4.1	89.0	67.6	95.0
2024	12	14	8.4	5.7	16.7	2.2	1.0	3.5	92.5	88.3	98.0
2024	12	15	5.5	1.1	12.3	1.3	-0.2	5.6	92.9	73.4	98.4
2024	12	16	3.4	0.9	9.7	1.3	-0.6	3.2	76.9	63.0	93.6
2024	12	17	4.5	0.0	19.0	1.2	-0.5	4.1	72.4	61.2	87.5
2024	12	18	6.9	0.0	19.0	1.2	-1.1	4.3	89.3	72.0	98.8
2024	12	19	14.8	13.4	20.4	-1.0	-1.9	-0.3	93.2	84.1	97.6
2024	12	20	12.9	10.6	18.0	-1.5	-2.4	-0.4	77.3	69.4	92.1
2024	12	21	5.8	0.1	14.6	-0.7	-2.5	1.3	69.8	55.0	80.0
2024	12	22	4.9	1.3	13.8	-0.4	-1.4	0.7	74.0	63.4	91.8
2024	12	23	8.7	6.3	14.8	1.7	-1.3	4.5	84.3	69.7	93.7
2024	12	24	9.0	5.8	19.3	2.3	0.2	4.5	93.3	82.3	98.5
2024	12	25	8.4	3.9	20.2	2.2	0.3	5.7	93.1	75.0	98.2
2024	12	26	10.4	6.6	21.9	2.5	1.0	3.6	89.0	81.7	99.1
2024	12	27	6.8	4.1	13.0	1.6	0.9	3.5	95.9	86.4	99.2
2024	12	28	5.8	3.0	13.6	2.0	1.1	3.3	95.4	88.9	99.1
2024	12	29	8.3	4.4	15.9	2.3	0.9	3.2	98.6	94.1	99.8
2024	12	30	7.0	4.3	18.1	2.0	0.7	3.5	97.6	88.8	99.5
2024	12	31	5.7	0.7	12.9	1.7	0.0	4.1	85.8	76.0	97.9

KOPRI 극지연구소

부록 2. 2024년 인익스프레서블섬 일별 기상 통계량 (2024년 1월 1일 – 2024년 12월 31일, 출처: http://amrc.ssec.wisc.edu/aws/).

Y	M	D	Wind speed(m/s)			Temperature(℃)			Relative humidity(%)		
			Avg	Min	Max	Avg	Min	Max	Avg	Min	Max
2024	1	1	2.6	1.5	4.8	-2.0	-4.6	-0.4	60.5	41.0	77.0
2024	1	2	6.7	4.0	10.5	-2.9	-3.6	-1.1	90.7	64.0	98.0
2024	1	3	6.0	2.2	12.7	-4.3	-7.5	-1.7	73.4	58.0	93.0
2024	1	4	7.9	2.9	12.7	-4.4	-7.3	-0.3	63.0	46.0	87.0
2024	1	5	7.6	1.3	15.8	-4.0	-7.3	-0.9	52.1	34.2	67.4
2024	1	6	5.2	3.2	7.6	-3.1	-5.0	-0.6	55.4	39.0	77.0
2024	1	7	3.9	0.1	11.4	-2.2	-4.1	-0.2	69.1	53.0	90.0
2024	1	8	3.6	0.9	9.0	-2.4	-5.2	-0.7	76.5	51.0	96.0
2024	1	9	7.7	0.2	18.7	-1.8	-5.8	1.4	57.5	37.0	87.0
2024	1	10	4.4	0.3	13.8	-1.1	-5.0	1.9	58.0	35.0	86.0
2024	1	11	3.2	1.1	7.7	-2.8	-5.1	-0.8	73.6	48.0	91.0
2024	1	12	3.4	1.4	6.2	-3.3	-7.5	-1.0	73.4	53.0	97.0
2024	1	13	4.0	1.0	10.0	-2.6	-4.8	-0.3	69.4	41.0	88.0
2024	1	14	13.6	3.4	20.9	-3.3	-6.7	0.9	58.9	39.0	72.0
2024	1	15	6.2	2.7	17.9	-2.8	-4.9	-0.7	57.8	42.0	77.0
2024	1	16	8.1	3.5	11.8	-2.3	-3.7	0.1	86.8	57.8	97.2
2024	1	17	8.3	3.9	15.3	-2.5	-3.5	-1.9	94.5	83.0	98.0
2024	1	18	4.7	1.3	8.4	-4.5	-8.2	-1.9	82.2	60.0	98.0
2024	1	19	4.2	0.5	12.0	-4.7	-8.3	0.0	69.5	45.1	92.0
2024	1	20	4.4	0.2	9.1	-4.7	-9.1	-0.7	60.0	47.9	77.0
2024	1	21	5.4	1.6	9.2	-4.8	-6.5	-3.1	87.6	56.0	97.1
2024	1	22	9.3	0.8	22.3	-5.8	-9.0	-3.1	83.2	65.9	95.0
2024	1	23	15.5	4.2	21.5	-7.6	-10.9	-2.9	69.2	45.9	82.0
2024	1	24	10.6	2.1	17.1	-5.3	-9.0	-1.7	85.0	51.0	98.0
2024	1	25	13.9	2.3	30.1	-6.5	-9.5	-3.0	85.8	72.0	95.0
2024	1	26	28.8	16.0	37.0	-8.6	-10.1	-7.1	87.5	83.0	91.0
2024	1	27	28.8	21.0	35.3	-8.0	-9.6	-6.0	90.6	84.0	93.0
2024	1	28	18.2	13.2	24.0	-6.7	-8.9	-4.3	73.5	61.2	87.0
2024	1	29	9.5	2.5	14.0	-7.4	-10.8	-4.4	69.4	54.0	92.0
2024	1	30	8.0	3.0	12.1	-7.2	-8.9	-5.9	67.5	59.0	81.0
2024	1	31	10.2	3.5	18.6	-8.8	-11.5	-5.4	63.9	52.8	79.0
2024	2	1	13.8	6.8	21.8	-8.5	-11.1	-5.7	60.4	41.0	84.0
2024	2	2	22.4	13.2	28.9	-8.2	-10.4	-5.1	77.9	39.9	87.0
2024	2	3	16.4	5.8	27.4	-7.0	-10.8	-4.9	56.7	35.0	81.3
2024	2	4	9.3	2.6	19.3	-5.7	-9.5	-2.9	58.6	43.0	75.0
2024	2	5	3.8	0.6	10.4	-5.7	-7.6	-4.0	82.2	54.0	96.0
2024	2	6	20.2	9.5	27.3	-9.4	-12.7	-5.5	68.5	48.0	84.0
2024	2	7	17.8	12.7	25.6	-10.8	-14.7	-7.6	52.0	44.0	69.0
2024	2	8	13.0	10.0	16.0	-9.8	-12.1	-8.0	56.2	47.0	65.0

KOPRI 극지연구소

Y	M	D	Wind speed(m/s)			Temperature(℃)			Relative humidity(%)		
			Avg	Min	Max	Avg	Min	Max	Avg	Min	Max
2024	2	9	11.5	9.3	14.7	-7.4	-8.0	-6.1	56.7	46.0	63.2
2024	2	10	3.9	0.0	12.3	-6.9	-8.7	-4.2	72.7	27.1	95.0
2024	2	11	7.0	0.9	10.4	-5.0	-7.3	-3.9	94.3	87.0	98.1
2024	2	12	15.3	5.2	26.5	-8.9	-12.0	-5.1	80.8	64.0	91.0
2024	2	13	19.9	9.8	29.8	-12.1	-16.9	-6.1	77.6	43.0	91.0
2024	2	14	15.9	11.4	22.1	-14.4	-15.7	-12.9	76.5	67.0	87.0
2024	2	15	16.7	8.3	28.7	-13.2	-16.8	-10.1	81.9	63.0	88.0
2024	2	16	26.2	21.0	31.3	-14.8	-17.1	-12.7	87.0	85.0	89.0
2024	2	17	18.0	13.9	23.7	-15.7	-19.0	-13.4	84.5	81.0	88.0
2024	2	18	14.3	8.6	20.2	-15.3	-17.1	-14.1	81.2	76.0	86.0
2024	2	19	25.1	16.0	33.3	-15.3	-17.8	-12.7	84.0	74.0	89.0
2024	2	20	24.8	17.9	31.6	-16.2	-18.3	-14.1	79.9	63.8	88.3
2024	2	21	13.7	10.1	20.4	-14.8	-16.8	-12.7	59.8	55.0	65.1
2024	2	22	17.3	11.1	25.6	-14.8	-18.6	-12.2	53.0	43.0	81.0
2024	2	23	26.1	21.6	31.0	-19.7	-23.2	-15.0	66.4	49.8	81.0
2024	2	24	17.0	8.1	26.8	-16.0	-22.3	-13.1	79.2	55.0	92.0
2024	2	25	13.0	6.8	23.5	-15.1	-18.9	-10.9	80.5	61.0	91.0
2024	2	26	28.1	16.2	33.7	-17.3	-19.7	-14.4	85.2	83.0	88.0
2024	2	27	28.7	23.1	33.2	-18.8	-22.3	-14.9	84.4	81.7	87.0
2024	2	28	24.3	18.8	31.7	-20.6	-23.8	-17.8	82.9	80.0	86.0
2024	2	29	20.8	16.8	24.5	-20.4	-22.1	-18.8	80.3	77.5	83.0
2024	3	1	10.1	2.7	19.3	-17.6	-19.5	-16.1	84.3	80.0	88.0
2024	3	2	19.6	9.0	33.9	-18.6	-21.0	-15.7	82.5	79.0	85.2
2024	3	3	27.6	19.9	35.5	-17.9	-22.4	-13.0	82.6	79.0	87.0
2024	3	4	25.4	18.3	31.8	-21.5	-22.7	-19.7	81.7	80.0	83.0
2024	3	5	25.4	16.1	32.0	-18.7	-20.3	-17.4	79.4	69.0	85.0
2024	3	6	26.6	20.5	32.3	-20.0	-21.2	-18.5	63.1	54.0	74.0
2024	3	7	23.5	16.0	29.4	-19.0	-20.6	-17.3	54.5	44.0	73.0
2024	3	8	20.7	13.8	26.3	-18.6	-21.2	-15.8	45.9	37.0	53.0
2024	3	9	13.5	7.2	20.8	-15.9	-18.6	-14.1	59.3	40.0	80.0
2024	3	10	10.7	5.5	16.6	-14.8	-17.8	-12.4	66.8	51.0	80.0
2024	3	11	10.3	2.7	13.0	-14.0	-17.2	-9.4	81.2	59.0	99.8
2024	3	12	6.9	5.0	10.1	-13.4	-15.0	-11.5	97.5	92.0	99.0
2024	3	13	2.4	0.3	6.1	-15.5	-16.9	-13.7	92.1	83.8	98.0
2024	3	14	3.0	0.8	6.0	-15.9	-17.4	-14.4	93.5	91.2	95.0
2024	3	15	13.0	1.4	27.3	-15.4	-17.6	-13.7	85.4	61.0	95.1
2024	3	16	29.2	16.0	40.9	-15.7	-19.9	-11.9	92.9	90.0	99.7
2024	3	17	33.8	28.3	40.6	-19.4	-22.0	-17.3	87.1	82.7	91.0
2024	3	18	26.8	7.5	39.2	-16.3	-22.2	-13.1	91.8	82.5	98.0
2024	3	19	27.0	18.2	40.0	-19.5	-25.4	-13.9	86.9	79.7	96.0
2024	3	20	23.9	15.1	28.8	-23.9	-25.1	-22.2	80.4	79.8	82.0

KOPRI 극지연구소

Y	M	D	Wind speed(m/s)			Temperature(℃)			Relative humidity(%)		
			Avg	Min	Max	Avg	Min	Max	Avg	Min	Max
2024	3	21	15.6	10.0	22.6	-20.8	-23.3	-17.1	83.2	81.0	87.0
2024	3	22	15.3	9.0	23.5	-18.1	-20.7	-16.0	85.8	81.0	91.0
2024	3	23	19.6	13.2	25.5	-21.3	-25.0	-17.4	79.3	74.0	84.0
2024	3	24	19.5	16.0	23.6	-24.3	-25.4	-22.9	72.8	65.7	77.0
2024	3	25	19.3	10.7	26.8	-23.2	-25.9	-21.1	63.4	56.0	76.0
2024	3	26	27.0	21.3	35.4	-24.9	-25.9	-24.1	74.9	60.0	81.0
2024	3	27	23.0	18.7	27.1	-25.0	-26.6	-23.3	65.7	60.0	77.0
2024	3	28	22.7	17.6	28.2	-25.7	-27.2	-23.9	61.8	58.0	70.0
2024	3	29	22.1	15.4	27.8	-25.9	-27.3	-23.8	62.2	57.0	75.0
2024	3	30	19.3	13.3	26.6	-22.8	-25.6	-20.7	61.7	54.0	73.0
2024	3	31	22.7	15.0	35.6	-17.7	-20.5	-15.4	63.1	55.0	77.0
2024	4	1	26.8	19.1	37.4	-22.9	-26.3	-17.4	68.3	61.0	83.0
2024	4	2	18.9	13.0	27.6	-21.2	-25.5	-19.4	60.5	57.0	69.0
2024	4	3	12.8	5.2	19.4	-20.5	-22.3	-18.4	57.6	53.0	62.0
2024	4	4	5.9	2.4	9.5	-19.8	-24.1	-17.3	80.3	58.0	91.7
2024	4	5	13.5	5.7	20.8	-23.6	-26.0	-21.8	78.9	73.0	83.0
2024	4	6	13.5	3.5	21.1	-24.4	-26.0	-22.8	80.8	79.0	84.0
2024	4	7	12.1	2.7	26.6	-24.4	-27.2	-23.1	78.6	74.0	81.0
2024	4	8	27.4	20.4	35.9	-30.1	-32.8	-24.2	74.9	71.0	80.0
2024	4	9	23.0	18.7	27.8	-31.5	-32.7	-27.5	71.8	70.0	74.5
2024	4	10	14.8	11.2	21.0	-26.0	-27.5	-23.7	72.3	71.0	74.0
2024	4	11	15.0	12.1	18.4	-22.6	-24.2	-20.3	70.9	68.0	74.0
2024	4	12	13.5	4.3	20.2	-23.0	-25.7	-20.6	69.5	67.0	72.0
2024	4	13	19.2	12.8	24.2	-26.1	-27.0	-24.6	65.0	60.0	72.0
2024	4	14	19.3	12.6	25.1	-22.4	-25.4	-20.0	57.7	51.0	69.0
2024	4	15	18.9	14.6	22.7	-23.1	-24.8	-22.1	49.5	44.0	60.0
2024	4	16	15.0	4.8	20.4	-17.9	-22.9	-15.3	81.0	48.0	92.0
2024	4	17	22.1	13.7	32.8	-19.1	-25.1	-16.3	87.7	79.0	94.0
2024	4	18	25.7	16.9	35.4	-23.9	-26.3	-19.1	79.9	77.7	84.0
2024	4	19	17.9	9.5	25.6	-21.4	-25.0	-18.3	78.4	74.0	84.0
2024	4	20	21.5	10.9	27.5	-26.2	-29.4	-22.3	74.1	71.0	77.0
2024	4	21	22.2	16.2	27.8	-28.4	-29.7	-26.6	75.4	74.0	78.0
2024	4	22	17.7	8.6	26.8	-26.4	-27.8	-24.4	70.6	60.0	76.0
2024	4	23	20.5	16.9	27.1	-27.7	-29.3	-24.6	65.1	60.1	74.5
2024	4	24	15.5	12.6	19.5	-25.7	-28.3	-23.6	77.4	60.0	81.0
2024	4	25	19.3	12.5	27.2	-26.1	-29.5	-23.8	73.0	61.1	79.0
2024	4	26	17.8	12.5	25.0	-30.9	-31.8	-29.4	68.5	60.0	75.0
2024	4	27	18.8	13.5	22.6	-28.8	-32.3	-23.9	76.6	71.0	82.0
2024	4	28	16.3	8.9	33.9	-22.6	-24.9	-21.2	83.8	81.0	86.0
2024	4	29	29.5	20.2	40.3	-27.6	-33.2	-22.9	78.4	73.0	83.1
2024	4	30	15.5	10.2	24.8	-28.8	-33.2	-25.4	77.0	73.0	81.0

Y	M	D	Wind speed(m/s)			Temperature(℃)			Relative humidity(%)		
			Avg	Min	Max	Avg	Min	Max	Avg	Min	Max
2024	5	1	8.7	3.9	13.3	-23.1	-25.6	-20.6	83.6	80.0	88.0
2024	5	2	14.1	6.4	26.1	-23.2	-25.8	-20.7	83.6	80.0	88.0
2024	5	3	13.7	8.9	18.2	-26.9	-28.2	-25.6	79.0	77.0	81.0
2024	5	4	21.4	12.6	33.9	-23.9	-27.8	-19.0	83.0	78.0	92.0
2024	5	5	20.2	11.5	34.6	-19.0	-21.5	-16.7	91.1	86.0	97.3
2024	5	6	11.3	4.4	17.3	-19.6	-22.1	-17.4	91.0	85.8	99.0
2024	5	7	22.4	11.1	29.1	-21.3	-22.5	-19.5	84.6	80.0	88.0
2024	5	8	24.9	18.9	32.5	-27.9	-32.2	-22.0	75.6	71.0	82.0
2024	5	9	17.8	7.2	24.6	-28.5	-31.2	-24.9	72.4	71.0	75.0
2024	5	10	25.9	14.2	33.1	-28.1	-34.1	-24.4	76.0	73.0	80.0
2024	5	11	24.2	13.1	34.1	-32.2	-34.6	-29.2	74.7	72.0	78.0
2024	5	12	18.6	9.6	26.5	-28.5	-30.8	-26.4	79.1	76.0	82.0
2024	5	13	29.3	12.0	41.0	-24.9	-26.8	-20.2	84.7	81.5	94.0
2024	5	14	27.2	12.9	41.1	-25.9	-27.3	-21.0	84.1	82.0	93.0
2024	5	15	12.3	6.8	16.6	-24.3	-27.2	-22.9	86.7	82.0	89.0
2024	5	16	12.4	7.3	18.8	-25.1	-27.0	-23.1	85.6	83.0	89.0
2024	5	17	19.2	7.6	23.8	-24.3	-25.7	-22.9	86.8	83.0	89.0
2024	5	18	19.4	12.5	23.0	-30.2	-33.1	-23.8	78.6	75.0	87.0
2024	5	19	12.3	7.7	15.8	-30.0	-31.9	-28.4	78.4	76.0	80.0
2024	5	20	15.4	11.3	20.0	-29.8	-31.9	-28.3	78.5	76.0	81.0
2024	5	21	27.6	15.5	37.0	-32.5	-33.8	-30.1	75.6	74.0	80.0
2024	5	22	24.5	12.9	34.3	-28.7	-30.1	-26.8	83.8	78.6	91.0
2024	5	23	8.3	1.8	19.0	-26.4	-29.9	-22.1	89.4	81.0	99.3
2024	5	24	26.9	16.5	33.5	-26.6	-29.4	-23.0	90.2	83.0	99.0
2024	5	25	28.7	22.4	38.3	-24.3	-25.9	-22.6	94.7	91.0	99.0
2024	5	26	28.6	24.2	34.6	-21.0	-24.4	-16.8	98.3	94.0	99.7
2024	5	27	23.3	3.9	33.5	-19.6	-22.2	-17.2	99.4	99.0	99.7
2024	5	28	8.4	0.8	24.3	-23.6	-28.0	-18.1	96.3	91.0	99.7
2024	5	29	23.4	7.4	34.4	-23.6	-28.0	-19.4	96.3	90.0	99.6
2024	5	30	22.6	15.6	31.8	-27.9	-30.1	-22.7	90.4	85.9	99.5
2024	5	31	11.5	0.9	24.1	-14.1	-23.1	-7.9	99.3	99.0	99.9
2024	6	1	12.0	4.2	17.3	-15.9	-20.7	-10.4	99.6	99.0	99.9
2024	6	2	13.3	8.2	20.7	-18.9	-21.7	-17.6	99.6	99.0	99.7
2024	6	3	17.8	5.5	33.5	-21.9	-24.1	-20.3	99.1	99.0	99.7
2024	6	4	29.9	7.7	43.0	-24.8	-27.3	-21.1	95.7	90.6	99.7
2024	6	5	27.8	16.3	42.8	-30.0	-32.0	-27.4	84.7	81.0	90.0
2024	6	6	21.0	15.5	29.8	-27.8	-29.5	-26.4	88.5	84.6	92.0
2024	6	7	24.1	18.2	32.8	-26.3	-28.0	-23.6	92.8	89.0	99.0
2024	6	8	20.9	12.1	28.6	-25.8	-28.0	-22.3	93.9	88.0	99.0
2024	6	9	26.2	15.0	35.5	-23.2	-24.7	-22.1	99.0	98.0	99.5
2024	6	10	13.4	7.4	22.3	-22.3	-24.9	-20.1	99.0	97.0	99.6

KOPRI 극지연구소

Y	M	D	Wind speed(m/s)			Temperature(℃)			Relative humidity(%)		
			Avg	Min	Max	Avg	Min	Max	Avg	Min	Max
2024	6	11	16.5	10.5	23.5	-23.2	-24.7	-21.5	99.1	98.0	99.6
2024	6	12	6.2	0.3	22.1	-19.5	-24.0	-15.0	99.2	99.0	99.7
2024	6	13	10.0	3.7	20.2	-17.8	-21.1	-16.1	99.6	99.0	99.9
2024	6	14	24.4	13.4	31.2	-24.3	-27.3	-20.6	97.3	92.0	99.7
2024	6	15	26.9	14.0	37.3	-29.7	-31.5	-27.3	86.9	84.0	92.0
2024	6	16	30.2	16.0	36.6	-29.0	-31.3	-26.8	85.6	80.0	93.1
2024	6	17	16.4	8.3	24.0	-25.2	-28.5	-23.2	90.7	84.0	95.0
2024	6	18	29.2	20.9	36.9	-30.1	-31.8	-28.1	81.9	79.0	85.4
2024	6	19	29.9	22.5	40.0	-29.5	-31.6	-27.5	82.9	80.0	87.0
2024	6	20	25.0	9.4	34.1	-25.0	-27.7	-21.0	92.6	87.0	99.0
2024	6	21	12.6	7.2	21.8	-26.4	-29.2	-22.6	89.7	84.0	98.0
2024	6	22	22.7	9.0	29.1	-26.6	-32.3	-21.7	89.5	79.0	99.5
2024	6	23	22.8	15.7	27.2	-33.5	-34.7	-32.0	77.3	75.0	79.3
2024	6	24	18.9	13.6	27.1	-32.5	-34.7	-26.8	78.3	75.0	88.0
2024	6	25	26.9	16.9	35.9	-26.2	-29.6	-23.3	89.4	82.0	96.9
2024	6	26	25.5	12.5	39.7	-27.4	-29.5	-24.5	86.8	82.7	93.0
2024	6	27	29.8	16.0	40.6	-29.6	-31.5	-27.3	82.5	79.0	87.0
2024	6	28	24.3	6.2	39.5	-27.1	-30.7	-24.3	87.5	80.0	93.2
2024	6	29	14.3	6.1	22.9	-24.6	-26.2	-22.1	92.9	89.0	99.0
2024	6	30	10.5	2.6	20.5	-20.4	-24.6	-17.1	98.3	94.0	99.6
2024	7	1	15.2	4.9	21.5	-23.3	-26.0	-19.7	96.4	90.0	99.6
2024	7	2	21.2	15.0	28.4	-27.2	-28.0	-25.9	87.7	86.0	91.0
2024	7	3	28.9	22.2	35.4	-29.4	-32.9	-27.8	83.4	77.8	86.1
2024	7	4	16.8	6.6	33.1	-28.0	-32.9	-20.3	85.1	78.0	99.0
2024	7	5	5.7	0.2	9.6	-21.3	-25.9	-16.4	97.8	91.0	99.7
2024	7	6	16.6	1.5	24.7	-30.5	-35.0	-24.6	82.1	75.0	94.0
2024	7	7	22.8	15.0	36.5	-31.3	-35.2	-27.7	80.1	75.0	86.0
2024	7	8	25.1	16.8	37.1	-25.3	-30.1	-20.9	91.0	81.0	99.4
2024	7	9	24.8	14.8	33.4	-26.1	-30.7	-20.8	88.4	81.0	99.7
2024	7	10	21.3	2.1	32.6	-25.3	-30.2	-18.9	88.0	81.3	99.7
2024	7	11	31.8	23.4	40.8	-18.3	-20.0	-17.0	99.7	99.6	99.7
2024	7	12	32.9	24.6	40.5	-19.2	-22.9	-17.4	99.0	96.8	99.8
2024	7	13	27.0	18.4	39.5	-20.4	-23.8	-16.7	97.3	94.0	99.7
2024	7	14	28.8	19.0	36.0	-15.6	-17.9	-13.9	99.7	99.0	99.7
2024	7	15	15.0	0.3	32.1	-23.7	-27.7	-15.2	89.4	86.0	99.7
2024	7	16	24.3	17.9	30.0	-21.4	-24.2	-19.9	97.4	92.0	99.6
2024	7	17	23.7	13.4	31.9	-20.2	-24.9	-18.0	95.2	86.0	99.7
2024	7	18	26.6	14.4	33.3	-25.4	-26.0	-24.2	77.1	63.0	86.0
2024	7	19	13.4	6.6	19.6	-22.2	-25.3	-19.7	66.6	60.0	78.0
2024	7	20	15.1	5.9	19.7	-23.4	-24.9	-20.5	60.5	56.0	83.0
2024	7	21	11.3	1.4	27.7	-19.5	-24.6	-14.7	91.5	74.0	99.5

KOPRI 극지연구소

Y	M	D	Wind speed(m/s)			Temperature(℃)			Relative humidity(%)		
			Avg	Min	Max	Avg	Min	Max	Avg	Min	Max
2024	7	22	5.7	0.0	26.6	-20.2	-25.7	-13.9	99.1	99.0	99.7
2024	7	23	7.0	0.5	19.5	-21.2	-25.0	-14.6	97.0	91.7	99.7
2024	7	24	18.2	7.4	25.8	-19.2	-21.0	-16.6	69.6	52.0	92.0
2024	7	25	15.7	8.2	26.6	-19.9	-23.3	-14.7	58.2	52.0	62.6
2024	7	26	12.5	5.1	19.1	-23.0	-24.7	-21.7	54.4	48.0	59.0
2024	7	27	13.6	2.7	20.9	-26.7	-29.2	-22.1	61.6	48.0	88.0
2024	7	28	18.0	11.1	24.4	-25.9	-28.0	-24.6	54.0	50.0	58.0
2024	7	29	22.0	14.5	33.8	-26.3	-27.1	-25.2	54.5	51.0	58.0
2024	7	30	26.6	8.4	39.8	-22.2	-25.8	-18.6	64.2	49.0	99.0
2024	7	31	22.8	15.4	34.4	-22.6	-26.8	-19.9	57.1	52.0	79.0
2024	8	1	26.5	10.5	38.1	-22.7	-26.8	-18.8	60.9	51.7	79.0
2024	8	2	16.9	4.8	37.4	-15.8	-19.7	-11.4	61.4	51.0	69.0
2024	8	3	14.8	10.7	19.7	-14.8	-16.6	-13.4			
2024	8	4	11.9	5.1	16.7	-14.3	-15.5	-13.1			
2024	8	5	14.6	10.2	23.2	-18.1	-20.7	-14.9			
2024	8	6	24.2	10.8	33.5	-20.9	-23.8	-19.5			
2024	8	7	16.2	5.6	24.3	-21.4	-25.1	-18.4			
2024	8	8	19.5	14.7	28.4	-20.0	-21.8	-18.4			
2024	8	9	23.1	13.4	32.2	-22.3	-23.4	-20.6	97.9	95.6	99.5
2024	8	10	14.8	10.7	20.2	-19.6	-21.7	-18.2	93.3	86.0	99.7
2024	8	11	11.6	6.2	20.4	-15.7	-18.3	-13.9	86.6	83.0	94.2
2024	8	12	6.4	1.6	12.7	-16.4	-20.1	-13.6	92.5	80.0	99.7
2024	8	13	7.3	2.6	13.2	-19.9	-23.1	-17.9	80.1	66.0	99.3
2024	8	14	9.3	1.6	18.4	-18.7	-21.9	-15.7	61.3	50.0	73.0
2024	8	15	26.1	16.3	33.6	-17.6	-20.4	-15.2			
2024	8	16	23.2	18.0	29.8	-24.0	-25.9	-20.5	98.8	97.0	99.6
2024	8	17	23.2	14.4	29.3	-23.9	-26.5	-19.5	97.0	94.0	99.6
2024	8	18	24.6	16.1	31.2	-22.1	-22.9	-20.5	88.0	57.1	99.5
2024	8	19	27.3	19.9	35.8	-24.1	-27.4	-20.1	57.8	51.7	68.0
2024	8	20	18.7	9.8	26.3	-25.9	-28.3	-23.1	55.2	50.0	63.0
2024	8	21	17.7	5.4	25.0	-23.9	-26.7	-21.5	53.1	45.0	64.0
2024	8	22	12.0	3.2	21.6	-24.4	-27.8	-21.2	49.8	45.3	54.0
2024	8	23	16.5	6.0	24.3	-26.6	-28.0	-25.7	47.0	42.8	58.0
2024	8	24	15.0	5.0	21.6	-24.5	-26.1	-22.9	40.1	32.8	47.0
2024	8	25	19.0	5.1	25.9	-30.4	-34.2	-22.4	54.5	32.0	67.0
2024	8	26	17.7	9.6	23.3	-31.7	-34.2	-26.2	45.3	38.0	61.0
2024	8	27	14.0	5.4	22.6	-23.8	-26.1	-21.4	44.5	34.0	53.0
2024	8	28	15.0	7.8	19.5	-27.9	-31.5	-25.0	44.0	38.0	50.0
2024	8	29	15.1	11.1	19.3	-32.5	-33.6	-30.8	40.2	36.0	47.0
2024	8	30	17.0	12.4	21.6	-31.5	-33.4	-29.3	41.1	35.0	49.0
2024	8	31	18.9	2.0	26.9	-29.5	-30.8	-27.8	45.1	36.0	63.0

KOPRI 극지연구소

Y	M	D	Wind speed(m/s)			Temperature(℃)			Relative humidity(%)		
			Avg	Min	Max	Avg	Min	Max	Avg	Min	Max
2024	9	1	9.0	0.3	21.4	-24.0	-30.4	-16.9	39.5	26.0	57.0
2024	9	2	13.4	2.8	22.7	-16.5	-18.7	-13.3	49.7	37.0	63.0
2024	9	3	26.1	19.9	31.6	-14.2	-15.3	-12.4	40.5	35.0	44.0
2024	9	4	25.0	14.9	33.3	-16.2	-19.1	-13.9	37.6	33.0	47.0
2024	9	5	10.1	2.2	24.9	-23.3	-27.8	-18.3	52.2	35.0	78.0
2024	9	6	16.3	8.8	21.2	-27.7	-29.3	-25.5	43.2	39.0	51.0
2024	9	7	22.4	15.8	25.9	-29.5	-30.1	-28.5	38.5	37.0	42.0
2024	9	8	23.4	18.8	27.9	-29.2	-30.5	-27.7	39.0	35.0	42.0
2024	9	9	20.3	10.6	28.0	-30.0	-31.2	-28.5	41.9	38.0	49.6
2024	9	10	8.4	4.2	13.3	-24.8	-29.6	-21.0	76.2	40.0	99.4
2024	9	11	16.4	1.3	33.0	-24.0	-25.4	-20.6	96.1	90.0	99.6
2024	9	12	31.3	20.9	39.1	-21.2	-22.2	-19.7	99.2	99.0	99.6
2024	9	13	5.9	1.0	23.0	-26.8	-30.2	-20.5	90.1	85.0	99.6
2024	9	14	6.0	1.0	14.4	-27.3	-31.3	-23.2	88.1	81.0	99.0
2024	9	15	15.0	4.2	22.1	-27.8	-29.3	-25.8	84.7	80.0	90.0
2024	9	16	18.2	11.4	22.2	-30.6	-31.9	-28.8	75.1	71.0	80.0
2024	9	17	8.5	4.3	15.2	-25.6	-28.7	-23.5	89.7	76.0	99.0
2024	9	18	11.4	0.9	26.1	-25.0	-26.6	-23.0			
2024	9	19	13.7	0.7	22.3	-22.8	-24.4	-20.5			
2024	9	20	7.8	0.4	20.7	-22.4	-25.2	-20.6			
2024	9	21	4.3	0.0	17.6	-21.5	-24.7	-17.7			
2024	9	22	7.1	1.7	20.8	-21.4	-23.6	-17.8			
2024	9	23	19.3	7.9	26.4	-18.4	-19.9	-16.7			
2024	9	24	15.9	2.2	33.5	-21.9	-29.3	-14.9	94.0	88.0	99.4
2024	9	25	6.8	0.4	12.0	-21.0	-25.9	-17.7	97.0	93.0	99.7
2024	9	26	3.1	0.1	7.2	-21.8	-25.2	-19.3	94.7	86.0	99.6
2024	9	27	8.2	2.2	17.3	-21.3	-25.4	-17.5	88.7	79.0	99.0
2024	9	28	19.5	1.7	35.1	-24.2	-26.2	-21.3	86.2	69.7	97.4
2024	9	29	34.3	21.5	41.7	-27.4	-30.9	-23.9	91.0	81.6	99.5
2024	9	30	15.3	8.1	30.2	-22.9	-25.4	-19.5	98.8	95.0	99.6
2024	10	1	5.4	0.9	18.7	-19.9	-21.8	-18.2			
2024	10	2	5.1	1.9	8.3	-18.5	-20.3	-17.4			
2024	10	3	11.5	1.2	26.5	-21.1	-23.5	-17.4			
2024	10	4	25.9	19.6	32.8	-24.2	-27.3	-20.6			
2024	10	5	21.1	5.6	31.8	-21.5	-25.3	-19.4			
2024	10	6	5.0	1.8	10.8	-21.4	-24.2	-17.3			
2024	10	7	9.2	0.3	16.4	-17.8	-21.6	-15.2			
2024	10	8	19.8	4.1	26.6	-19.5	-22.0	-16.2			
2024	10	9	17.7	3.8	26.6	-23.1	-27.0	-18.2			
2024	10	10	25.9	16.8	33.3	-26.2	-27.7	-23.4			
2024	10	11	24.3	17.5	32.3	-22.7	-24.0	-21.4			

KOPRI 극지연구소

Y	M	D	Wind speed(m/s)			Temperature(℃)			Relative humidity(%)		
			Avg	Min	Max	Avg	Min	Max	Avg	Min	Max
2024	10	12	18.0	10.6	24.1	-19.0	-21.3	-17.2			
2024	10	13	10.7	4.4	15.0	-18.6	-21.6	-15.3			
2024	10	14	11.6	2.8	18.6	-16.2	-18.3	-13.0	93.2	78.0	99.7
2024	10	15	6.2	1.6	17.2	-17.9	-22.4	-12.2	89.2	72.0	99.6
2024	10	16	3.0	0.0	9.1	-19.0	-20.3	-16.8	90.9	73.0	99.7
2024	10	17	9.8	4.0	20.8	-21.3	-24.7	-17.9	84.1	63.0	99.0
2024	10	18	17.8	9.2	25.5	-23.3	-25.7	-20.8	58.0	47.0	92.0
2024	10	19	22.5	18.7	30.1	-18.6	-20.5	-17.2	54.1	46.0	69.0
2024	10	20	23.7	15.4	32.7	-19.0	-21.9	-15.6	51.9	42.0	62.0
2024	10	21	22.6	14.3	29.0	-19.4	-22.4	-16.4	48.0	40.0	57.0
2024	10	22	17.5	10.6	26.4	-17.6	-20.4	-14.9	46.2	39.0	59.0
2024	10	23	9.3	5.8	13.0	-14.0	-16.4	-11.6	45.6	35.0	61.5
2024	10	24	9.9	2.0	18.3	-15.3	-20.1	-10.1	51.6	43.0	70.0
2024	10	25	18.8	14.2	27.8	-15.7	-17.5	-13.0	42.8	36.0	47.0
2024	10	26	20.7	10.0	26.8	-12.4	-14.0	-10.1	43.8	37.0	61.0
2024	10	27	23.4	15.6	29.7	-13.0	-15.0	-10.8	40.7	33.9	46.0
2024	10	28	20.5	11.9	25.5	-13.7	-17.0	-10.2	43.5	39.3	58.0
2024	10	29	16.1	9.1	21.1	-13.0	-15.7	-10.5	49.9	39.7	60.0
2024	10	30	6.4	1.0	14.6	-10.7	-14.2	-6.9	45.5	34.0	58.0
2024	10	31	4.6	1.1	8.9	-9.7	-12.3	-6.7	58.0	37.0	99.7
2024	11	1	10.1	3.2	21.5	-8.6	-12.2	-4.0	51.1	41.0	86.0
2024	11	2	12.6	1.4	20.8	-12.7	-16.2	-8.0	49.2	38.8	99.8
2024	11	3	18.9	5.7	27.2	-14.6	-18.3	-11.1	39.8	36.0	51.0
2024	11	4	19.2	14.9	25.6	-15.3	-18.1	-13.0	37.7	33.0	42.0
2024	11	5	14.5	2.7	25.0	-14.5	-18.1	-11.4	39.0	32.0	60.0
2024	11	6	24.9	17.3	32.6	-12.3	-14.0	-10.1	40.6	34.0	54.0
2024	11	7	21.7	11.9	28.5	-14.8	-19.0	-11.1	39.1	35.0	48.0
2024	11	8	13.5	2.0	29.6	-13.0	-15.9	-9.5	45.0	36.0	62.0
2024	11	9	29.0	24.0	36.0	-12.9	-15.4	-10.5	47.0	34.0	59.9
2024	11	10	23.8	18.0	29.0	-12.1	-15.1	-8.9	39.0	35.3	47.0
2024	11	11	17.5	13.5	21.8	-11.4	-14.0	-8.4	39.0	33.0	44.0
2024	11	12	9.7	3.3	18.9	-13.0	-16.1	-10.5	61.1	37.0	94.3
2024	11	13	6.7	1.4	18.9	-10.9	-14.4	-7.9	47.9	35.0	65.0
2024	11	14	4.8	2.4	7.7	-11.4	-12.2	-10.3	68.1	52.0	99.7
2024	11	15	10.4	0.2	19.1	-11.1	-14.6	-7.7	52.9	37.0	99.7
2024	11	16	6.6	1.7	13.9	-12.1	-15.1	-8.5			
2024	11	17	11.1	2.1	20.7	-13.8	-17.4	-10.9	59.1	42.0	99.7
2024	11	18	12.7	1.5	28.4	-12.7	-15.5	-10.4	57.8	46.0	94.0
2024	11	19	16.8	1.4	26.3	-12.5	-15.2	-9.3	66.5	55.0	99.8
2024	11	20	13.0	0.7	22.7	-10.3	-13.5	-7.0	50.7	38.0	64.0
2024	11	21	9.6	2.7	15.5	-10.7	-14.0	-7.9	47.9	32.0	99.7

KOPRI 극지연구소

Y	M	D	Wind speed(m/s)			Temperature(℃)			Relative humidity(%)		
			Avg	Min	Max	Avg	Min	Max	Avg	Min	Max
2024	11	22	17.3	3.2	32.0	-9.3	-11.9	-6.2	48.7	37.0	65.0
2024	11	23	16.2	3.3	24.4	-7.9	-9.8	-6.1	48.2	41.8	78.0
2024	11	24	10.4	0.5	22.5	-6.7	-9.3	-4.4	53.5	36.8	99.8
2024	11	25	8.4	1.0	18.9	-7.1	-10.2	-4.2	49.2	34.0	90.0
2024	11	26	11.6	2.2	18.2	-7.2	-10.0	-3.9	43.1	27.0	63.0
2024	11	27	4.3	0.9	12.5	-6.7	-9.8	-4.6	58.0	33.7	99.0
2024	11	28	7.2	2.2	12.6	-6.5	-9.6	-3.5	52.2	40.0	99.7
2024	11	29	7.8	2.3	14.5	-7.2	-10.1	-4.3	54.9	40.0	99.7
2024	11	30	9.0	2.7	16.8	-6.8	-9.9	-4.3	49.4	35.0	97.0
2024	12	1	7.9	3.9	14.0	-6.0	-8.5	-3.3	62.5	40.0	99.7
2024	12	2	11.1	1.3	22.9	-3.3	-7.0	1.1	50.1	39.0	61.0
2024	12	3	15.3	1.6	23.0	-4.1	-6.7	-1.2	48.5	40.0	58.9
2024	12	4	14.4	9.3	18.4	-3.9	-6.4	-1.1	48.2	38.0	61.0
2024	12	5	16.3	6.4	23.6	-4.2	-7.4	-0.8	46.2	40.0	58.0
2024	12	6	11.4	6.2	20.3	-3.8	-5.5	-1.8	51.6	38.0	64.0
2024	12	7	6.4	1.8	11.3	-2.9	-4.3	-0.8	80.8	64.0	99.8
2024	12	8	5.8	1.0	11.7	-1.5	-4.0	0.8	79.7	59.0	99.9
2024	12	9	4.2	1.7	7.5	-1.9	-3.7	1.3	60.5	45.0	99.6
2024	12	10	11.3	1.0	21.4	-1.7	-4.7	1.4	64.6	47.0	99.9
2024	12	11	4.3	0.2	14.8	-2.3	-4.2	-0.6	76.2	53.0	99.8
2024	12	12	4.4	1.4	6.9	-2.5	-4.0	-1.0	74.1	60.0	99.6
2024	12	13	2.6	0.0	4.9	-3.0	-4.6	-1.7	78.3	71.0	96.0
2024	12	14	3.8	0.5	8.1	-4.1	-6.7	-2.6			
2024	12	15	4.0	0.1	9.5	-3.7	-6.7	-1.6	74.3	66.0	92.0
2024	12	16	9.6	2.1	17.5	-2.8	-6.0	-0.6	59.1	45.0	99.8
2024	12	17	13.5	1.7	19.5	-1.1	-3.3	1.6	55.0	45.0	93.5
2024	12	18	3.7	0.4	12.9	-1.0	-3.7	1.4	58.3	36.0	99.6
2024	12	19	15.7	4.6	25.2	-0.3	-3.2	3.4	47.7	39.0	92.4
2024	12	20	18.4	11.2	24.4	-0.7	-2.5	1.0	46.7	37.0	57.3
2024	12	21	17.3	2.9	24.2	1.0	-1.2	3.0	43.7	35.0	66.0
2024	12	22	5.2	0.9	14.5	-2.4	-4.6	-0.1	58.1	45.0	99.7
2024	12	23	5.0	2.4	13.9	-2.0	-4.0	0.0	68.7	46.0	99.8
2024	12	24	7.1	0.3	15.6	0.0	-3.5	2.6	57.0	40.0	99.6
2024	12	25	11.8	3.1	17.6	-1.0	-3.4	2.6	55.6	44.6	99.8
2024	12	26	6.6	1.3	16.6	-1.5	-3.8	0.3	55.3	37.0	97.0
2024	12	27	6.9	0.7	16.1	-0.4	-1.9	0.9	55.1	45.0	69.0
2024	12	28	4.1	1.7	13.6	-0.8	-3.1	2.1	61.6	44.0	99.9
2024	12	29	4.2	0.2	12.7	-0.4	-2.6	1.3	64.2	45.0	99.6
2024	12	30	22.4	11.5	26.9	-0.8	-2.2	1.2	42.8	34.0	54.0
2024	12	31	15.0	3.5	29.7	0.2	-1.5	2.0	48.0	32.9	65.0

KOPRI 극지연구소

부록 3. 젠투펭귄 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
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

KOPRI 극지연구소

RFID Serial No.	부착일자	부착 번식소집단
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
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

KAPRI 축산연구소

RFID Serial No.	부착일자	부착 번식소집단
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
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

KAPRI 축산연구소

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
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

KOPRI 극지연구소

RFID Serial No.	부착일자	부착 번식소집단
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
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

KAPRI 축산연구소

RFID Serial No.	부착일자	부착 번식소집단
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
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

KAPRI 축산연구소

RFID Serial No.	부착일자	부착 번식소집단
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
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

KAPRI 축산연구소

RFID Serial No.	부착일자	부착 번식소집단
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
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

KAPRI 축산연구소

RFID Serial No.	부착일자	부착 번식소집단
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
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

KAPRI 축산연구소

RFID Serial No.	부착일자	부착 번식소집단
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

KOPRI
극지연구소

부록 5. 젠투펭귄 추적 정보

둥지번호	성별	PIT 번호	로거 번호	로거 부착 일시	로거 탈착 일시	로거 부착 기간 (시:분)
G01	수컷	410100012496346	54	2024-12-01 11:16	2024-12-06 14:28	123:12
			86	2024-12-06 14:40	2024-12-16 10:35	235:55
			89	2024-12-16 10:35	2024-12-23 10:35	168:00
	암컷	410100012496350	47	2024-12-01 11:27	2024-12-07 14:09	146:42
			87	2024-12-07 14:18	2024-12-15 15:10	192:58
			51	2024-12-15 15:25	2025-01-04 13:57	478:32
G02	수컷	410100012496348	49	2024-12-01 11:41	2024-12-07 16:03	148:22
			95	2024-12-07 16:17	2024-12-16 11:20	211:03
			1	2024-12-16 11:20	2024-12-25 15:00	219:40
			71	2024-12-25 15:19	소실	
	암컷	410100012496349	37	2024-12-01 11:55	2024-12-08 16:09	172:14
			50	2024-12-08 16:20	2024-12-15 15:52	167:32
			84	2024-12-15 16:08	2024-12-30 14:45	358:37
			77	2024-12-30 14:55	2025-01-10 14:35	263:40
G03	수컷	410100012496347	53	2024-12-01 12:15	2024-12-07 14:35	146:20
			91	2024-12-07 14:47	2024-12-16 10:51	212:04
			87	2024-12-16 10:51	소실	
			74	2024-12-30 15:10	2025-01-10 15:22	264:12
	암컷	410100012465192	50	2024-12-01 12:30	2024-12-07 14:50	146:20
			81	2024-12-07 15:04	2024-12-15 16:10	193:06
			47	2024-12-15 16:25	2025-12-25 15:19	214:54
			50	2024-12-25 15:30	2025-01-19 14:30	599:00
G04	수컷	410100012465082	96	2024-12-03 13:54	2024-12-07 14:21	96:27
			54	2024-12-07 14:34	2024-12-15 15:42	193:08
			52	2024-12-15 15:52	2024-12-27 14:49	286:57
			47	2024-12-27 15:00	2025-01-16 19:00	484:00

KOPRI 극지연구소

	암컷	410100012465087	85	2024-12-03 14:12	2024-12-08 16:25	122:13
			78	2024-12-08 16:30	2024-12-16 11:06	186:36
			6	2024-12-16 11:06	2024-12-31 11:00	359:54
			84	2024-12-31 11:00	2025-01-10 14:57	243:57
G05	수컷	410100012465138	88	2024-12-03 14:23	2024-12-09 9:14	138:51
			89	2024-12-09 9:30	2024-12-15 15:27	149:57
			74	2024-12-15 15:40	2024-12-27 14:30	286:50
			1	2024-12-27 14:42	2025-01-10 14:00	335:18
	암컷	410100012465162	41	2024-12-03 14:35	2024-12-08 16:34	121:59
			96	2024-12-08 16:40	2024-12-16 10:24	185:44
			81	2024-12-16 10:35	2024-12-25 14:40	220:05
			89	2024-12-25 15:00	2025-01-14 9:42	474:42
G06	수컷	410100012496356	77	2024-12-15 16:40	2024-12-27 14:25	285:45
	암컷	410100012492518	54	2024-12-22 14:55	2025-01-14 11:29	548:34
G21	암컷	410100012496357	81	2024-12-27 15:20	2025-01-10 15:11	335:51
	수컷	410100012465158	52	2024-12-30 15:28	2025-01-14 11:29	356:01

KORA 극지연구소

부록 6. 턱끈펭귄 추적 정보

둥지번호	성별	PIT 번호	로거 번호	로거 부착 일시	로거 탈착 일시	로거 부착 기간 (시:분)
C03	수컷	410100012465083	71	2024-11-26 14:08	2024-12-01 9:17	115:09
			89	2024-12-01 9:30	2024-12-08 15:15	173:45
			47	2024-12-08 15:23	2024-12-13 15:17	119:54
			2	2024-12-13 15:23	2024-12-28 13:47	358:24
	암컷	410100012465107	3	2024-12-04 14:12	2024-12-18 15:35	337:23
			91	2024-12-18 15:43	소실	
C09	수컷	410100012465214	3	2024-11-26 14:20	2024-12-03 15:11	168:51
			98	2024-12-03 15:23	2024-12-08 15:28	120:05
			49	2024-12-08 15:35	2024-12-13 15:25	119:50
			37	2024-12-13 15:35	2024-12-30 13:48	406:13
	암컷	410100012465117	79	2024-11-30 12:45	소실	
C13	암컷	410100012496347	72	2024-11-26 15:08	2024-12-07 15:31	264:23
			99	2024-12-07 15:53	2024-12-18 14:10	262:17
	수컷	410100012500855	91	2024-11-30 13:20	2024-12-06 13:24	144:04
			84	2024-12-06 13:37	2024-12-13 15:03	169:26
			41	2024-12-13 15:15	2024-12-30 13:55	406:40
C18	암컷	410100012458218	74	2024-11-26 14:32	2024-12-01 9:53	115:21
			78	2024-12-01 10:10	2024-12-07 15:13	149:03
			70	2024-12-07 15:31	2024-12-18 16:01	264:30
			95	2024-12-18 16:15	2025-01-04 14:27	406:12
	수컷	410100012465226	95	2024-11-30 12:35	2024-12-06 13:10	144:35
			51	2024-12-06 13:22	2024-12-13 14:30	169:08
			88	2024-12-13 14:40	2024-12-21 14:43	192:03
			99	2024-12-21 14:58	2025-01-14 10:02	571:04
C24	수컷	410100012465215	75	2024-11-26 14:44	2024-12-03 14:47	168:03
			2	2024-12-03 15:07	2024-12-08 15:53	120:46

			72	2024-12-08 16:00	2024-12-18 15:48	239:48
			46	2024-12-18 16:00	2024-12-31 11:48	307:48
			41	2024-12-31 11:48	2025-01-16 9:25	381:37
	암컷	410100012458087	1	2024-11-29 19:20	2024-12-13 14:17	330:57
			85	2024-12-13 14:22	2025-01-14 10:22	764:00
C31	수컷	410100012465208	70	2024-11-26 14:56	2024-12-06 12:56	238:00
			0	2024-12-06 13:38	소실	
	암컷	410100012465154	92	2024-11-30 12:24	소실	
C33	수컷	410100012492540	3	2024-12-22 14:21	2025-01-04 14:30	312:09
			86	2025-01-04 14:40	2025-01-14 10:31	235:51
C34	수컷	410100012492539	75	2024-12-22 14:33	2025-01-04 14:50	312:17
			6	2025-01-04 15:00	소실	
C43	암컷	410100012492536	96	2024-12-18 16:28	2025-01-15 14:00	669:32
	수컷	410100012492511	70	2024-12-21 15:10	2025-01-14 10:48	571:38
C68	암컷	410100012500856	97	2024-11-30 12:57	소실	
	수컷	410100012500854	87	2024-11-30 13:04	2024-12-06 13:39	144:35
			77	2024-12-06 13:50	2024-12-13 14:50	169:00
			98	2024-12-13 15:00	소실	
C96	수컷	410100012492531	78	2024-12-18 16:39	2025-01-04 15:29	406:50
			46	2025-01-04 15:39	2025-01-15 14:09	262:30
	암컷	410100012492516	72	2024-12-21 15:28	2025-01-14 11:00	571:32
CF3	암컷	410100012465105	46	2024-12-06 12:52	2024-12-16 9:12	236:20
	수컷	410100012465127	00	2024-11-29 19:00	2024-12-04 14:15	110:15
			74	2024-12-04 14:28	2024-12-13 14:03	215:35
CV00	암컷	410100012465161	77	2024-11-26 15:45	2024-12-01 9:38	114:53
			81	2024-12-01 9:51	2024-12-06 14:05	124:14
			75	2024-12-06 14:18	2024-12-18 16:44	290:26
			86	2024-12-18 16:52	2024-12-31 11:33	306:41
			02	2024-12-31 11:47	2025-01-14 10:08	334:21

	수컷	410100012465186	86	2024-11-26 16:03	2024-12-03 15:28	167:25
			52	2024-12-03 15:37	2024-12-13 14:43	239:06
			71	2024-12-13 14:47	2024-12-22 13:54	215:07
			88	2024-12-22 14:10	2025-01-04 15:11	313:01
			37	2025-01-04 15:21	2025-01-16 21:13	293:52
CV09	암컷	410100012465159	6	2024-11-26 15:27	2024-12-03 15:38	168:11
			71	2024-12-03 15:50	2024-12-08 15:40	119:50
			53	2024-12-08 15:49	2025-01-04 14:06	646:17
	수컷	410100012465158	99	2024-12-01 9:37	2024-12-06 13:53	124:16
			6	2024-12-06 14:03	2024-12-15 16:45	218:42

KOPRI
극지연구소

부록 7. 젠투펭귄의 취식이동 지표. 섭식이동 ID는 둥지번호_개체의 성별 (F: 암컷/M:수컷)_취식이동순서로 표기하였음

섭식이동 ID	출발일시	도착일시	취식이동시간 (hour)	최대이동거리 (km)	총이동거리 (km)	번식기
G1_M_1	2024-12-06 20:12:05	2024-12-08 18:15:02	46.05	5.81	72.79	포란
G1_M_2	2024-12-10 15:22:03	2024-12-12 23:10:04	55.80	11.08	91.24	포란
G1_M_3	2024-12-13 21:51:36	2024-12-15 20:08:04	46.27	11.75	87.47	포란
G1_M_4	2024-12-17 07:05:07	2024-12-18 16:58:56	33.90	23.61	89.85	포란
G1_M_5	2024-12-20 19:18:55	2024-12-23 01:07:57	53.82	36.64	176.61	포란
G1_F_1	2024-12-08 19:17:01	2024-12-10 14:35:03	43.30	19.23	103.28	포란
G1_F_2	2024-12-13 00:33:00	2024-12-13 21:10:32	20.63	12.91	54.01	포란
G1_F_3	2024-12-15 21:02:00	2024-12-17 04:56:00	31.90	15.45	78.73	포란
G2_M_1	2024-12-10 16:30:04	2024-12-12 05:59:09	37.48	26.81	101.62	포란
G2_M_2	2024-12-14 03:29:01	2024-12-15 21:39:04	42.17	14.37	81.89	포란
G2_M_3	2024-12-19 01:45:05	2024-12-19 16:39:00	14.90	14.79	43.06	육추기
G2_M_4	2024-12-20 17:05:03	2024-12-21 09:51:01	16.77	17.55	50.89	육추기
G2_M_5	2024-12-22 11:31:00	2024-12-23 09:33:01	22.03	23.53	73.95	육추기
G2_M_6	2024-12-24 08:58:04	2024-12-24 22:26:00	13.47	16.32	42.95	육추기
G2_F_1	2024-12-03 17:38:03	2024-12-04 21:45:00	28.12	12.46	41.85	포란
G2_F_2	2024-12-12 10:46:05	2024-12-13 23:54:00	37.13	19.72	100.41	포란
G2_F_3	2024-12-16 01:06:03	2024-12-19 00:58:00	71.87	17.77	132.42	포란
G2_F_4	2024-12-19 19:57:03	2024-12-20 16:20:02	20.38	19.11	67.26	육추기
G2_F_5	2024-12-21 12:04:00	2024-12-22 10:40:00	22.60	23.02	78.28	육추기
G2_F_6	2024-12-23	2024-12-24	20.08	22.34	59.69	육추기

KOPRI 극지연구소

	11:51:00	07:56:00				
G2_F_7	2024-12-25 01:02:03	2024-12-26 06:24:04	29.37	34.44	91.09	육기 추
G2_F_8	2024-12-31 09:41:03	2025-01-01 12:20:00	26.65	31.62	85.18	육기 추
G2_F_9	2025-01-02 05:29:03	2025-01-02 17:56:04	12.45	9.76	35.48	육기 추
G2_F_10	2025-01-04 00:24:00	2025-01-04 08:30:07	8.10	2.48	14.17	육기 추
G2_F_11	2025-01-05 03:46:02	2025-01-06 19:53:02	40.12	12.63	94.66	육기 추
G2_F_12	2025-01-08 05:50:03	2025-01-09 12:20:00	30.50	35.95	113.34	육기 추
G3_M_1	2024-12-09 00:32:00	2024-12-09 13:27:05	12.92	3.47	16.57	포기 란
G3_M_2	2024-12-09 17:52:05	2024-12-10 13:36:06	19.73	3.98	26.03	포기 란
G3_M_4	2024-12-30 21:15:02	2024-12-31 13:55:28	16.67	31.4	74.25	육기 추
G3_M_5	2025-01-01 04:49:07	2025-01-01 20:45:08	15.93	30.04	68.64	육기 추
G3_M_6	2025-01-02 12:55:00	2025-01-03 00:39:00	11.73	18.58	46.1	육기 추
G3_M_7	2025-01-06 12:10:00	2025-01-07 03:57:14	15.79	24.37	63.78	육기 추
G3_F_1	2024-12-08 05:26:02	2024-12-08 23:30:01	18.07	11.29	37.72	포기 란
G3_F_2	2024-12-10 14:56:01	2024-12-11 16:31:02	25.58	6.18	52.38	포기 란
G3_F_3	2024-12-12 18:15:01	2024-12-13 03:42:01	9.45	4.18	19.44	포기 란
G3_F_4	2024-12-13 19:15:01	2024-12-14 16:14:05	20.98	30.1	74.84	포기 란
G3_F_5	2024-12-15 05:26:02	2024-12-15 13:21:04	7.92	10.13	26.67	포기 란
G3_F_6	2024-12-21 03:52:04	2024-12-22 08:48:57	28.95	25.14	62.19	육기 추
G3_F_7	2024-12-26 04:46:18	2024-12-26 23:03:00	18.28	17.96	64.25	육기 추
G3_F_8	2024-12-27 19:25:01	2024-12-28 10:10:00	14.75	22.45	56.68	육기 추
G3_F_9	2024-12-29 02:35:09	2024-12-29 17:59:03	15.40	26.3	64.93	육기 추
G3_F_10	2024-12-30 04:29:15	2024-12-30 20:51:01	16.36	28.94	70.58	육기 추

KOPRI 극지연구소

G3_F_11	2024-12-31 14:19:03	2025-01-01 03:32:05	13.22	25.96	59.74	육기 추
G3_F_12	2025-01-01 09:06:04	2025-01-02 11:08:00	26.03	9.34	32.74	육기 추
G4_M_1	2024-12-03 20:28:02	2024-12-04 23:19:00	26.85	13.27	63.74	포기 란
G4_M_2	2024-12-06 05:04:02	2024-12-07 00:13:50	19.16	7.58	35.05	포기 란
G4_M_3	2024-12-11 17:03:05	2024-12-12 19:03:03	26.00	12.2	51.68	포기 란
G4_M_4	2024-12-14 04:57:02	2024-12-15 16:14:02	35.28	10.82	64.4	포기 란
G4_M_5	2024-12-16 15:10:01	2024-12-17 03:51:00	12.68	16.52	44.38	육기 추
G4_M_6	2024-12-21 00:57:00	2024-12-21 23:35:00	22.63	40.41	99.41	육기 추
G4_M_7	2024-12-22 20:55:08	2024-12-23 11:43:03	14.80	22.48	55.81	육기 추
G4_M_8	2024-12-24 12:58:00	2024-12-25 06:41:01	17.72	22.64	60.56	육기 추
G4_F_1	2024-12-05 05:00:14	2024-12-05 22:06:05	17.10	12.47	34.48	포기 란
G4_F_2	2024-12-07 04:34:04	2024-12-07 19:29:28	14.92	6.7	24.35	포기 란
G4_F_3	2024-12-08 04:50:06	2024-12-08 16:29:14	11.65	2.86	8.33	포기 란
G4_F_4	2024-12-10 14:55:01	2024-12-11 14:26:00	23.52	11.21	47.11	포기 란
G4_F_5	2024-12-12 19:51:00	2024-12-14 00:03:00	28.20	22.87	83.35	포기 란
G4_F_6	2024-12-15 04:57:02	2024-12-16 12:23:00	31.43	16.18	55.29	육기 추
G4_F_7	2024-12-17 05:23:34	2024-12-17 21:34:34	16.18	23.15	61.17	육기 추
G4_F_8	2024-12-18 17:21:35	2024-12-19 13:03:33	19.70	12.91	47	육기 추
G4_F_9	2024-12-20 07:46:38	2024-12-21 00:02:03	16.26	17.44	56.13	육기 추
G4_F_10	2024-12-22 01:43:34	2024-12-22 19:43:34	18.00	22.27	62.24	육기 추
G4_F_11	2024-12-23 13:59:36	2024-12-24 11:40:03	21.67	21.07	72.83	육기 추
G4_F_12	2024-12-25 07:47:32	2024-12-26 03:33:33	19.77	28.8	71.29	육기 추
G4_F_14	2024-12-31	2025-01-01	18.92	23.87	66.38	육 추

KOPRI 극지연구소

	18:18:01	13:13:01				기
G4_F_15	2025-01-02 15:17:03	2025-01-03 03:25:02	12.13	8.65	32.4	육추기
G4_F_16	2025-01-03 13:54:01	2025-01-04 00:25:00	10.52	2.81	20.3	육추기
G4_F_17	2025-01-04 19:59:04	2025-01-05 11:47:00	15.80	15.87	53.18	육추기
G4_F_18	2025-01-06 05:28:01	2025-01-06 22:34:00	17.10	4.4	28.99	육추기
G4_F_19	2025-01-07 23:25:00	2025-01-08 16:47:02	17.37	4.2	37.14	육추기
G4_F_20	2025-01-09 09:38:03	2025-01-10 06:10:01	20.53	24.38	68.86	육추기
G5_M_1	2024-12-05 05:18:03	2024-12-05 23:30:00	18.20	13.13	42.85	포란기
G5_M_2	2024-12-07 01:35:02	2024-12-07 19:22:01	17.78	9.88	44.88	포란기
G5_M_3	2024-12-08 13:55:06	2024-12-09 03:14:04	13.32	8.6	28.13	포란기
G5_M_4	2024-12-10 04:54:09	2024-12-11 02:48:03	21.90	26.2	72.24	포란기
G5_M_5	2024-12-12 05:12:03	2024-12-13 03:10:01	21.97	21.92	69.64	포란기
G5_M_6	2024-12-14 21:01:05	2024-12-15 14:10:03	17.15	5.56	31.89	포란기
G5_M_8	2024-12-16 04:45:06	2024-12-16 18:42:33	13.96	15.67	42.63	육추기
G5_M_9	2024-12-19 04:41:03	2024-12-19 15:32:03	10.85	14.75	33.83	육추기
G5_M_10	2024-12-20 05:56:03	2024-12-20 17:01:20	11.09	14.56	36.31	육추기
G5_M_11	2024-12-21 07:39:04	2024-12-21 21:04:31	13.42	15.91	36.85	육추기
G5_M_12	2024-12-22 17:21:05	2024-12-23 07:34:01	14.22	23.05	55.59	육추기
G5_M_13	2024-12-28 01:01:59	2024-12-28 17:26:01	16.40	23.59	62.18	육추기
G5_M_14	2024-12-29 08:28:00	2024-12-29 22:38:05	14.17	22.49	58.66	육추기
G5_M_15	2024-12-30 21:36:59	2024-12-31 13:24:01	15.78	27.27	65.76	육추기
G5_M_16	2025-01-01 07:56:01	2025-01-02 01:09:39	17.23	35.33	82.33	육추기
G5_M_17	2025-01-02 20:59:01	2025-01-03 14:27:59	17.48	21.66	64.93	육추기

KOPRI 극지연구소

G5_M_18	2025-01-04 09:55:04	2025-01-05 01:32:00	15.62	18.73	53.28	육기 추
G5_M_19	2025-01-05 10:27:03	2025-01-06 00:15:03	13.80	22.04	58.71	육기 추
G5_M_20	2025-01-06 14:45:05	2025-01-07 03:54:37	13.16	24.12	46.38	육기 추
G5_F_4	2024-12-09 05:14:01	2024-12-10 01:01:03	19.78	6.15	39.28	포기 란
G5_F_5	2024-12-11 04:34:02	2024-12-12 00:49:00	20.25	8.77	34.31	포기 란
G5_F_6	2024-12-13 05:09:01	2024-12-14 19:57:01	38.80	12.95	79.08	포기 란
G5_F_7	2024-12-16 20:11:02	2024-12-17 08:30:03	12.32	14.12	69.18	육기 추
G5_F_8	2024-12-18 16:43:03	2024-12-19 03:46:01	11.05	7.28	28.6	육기 추
G5_F_9	2024-12-19 16:18:16	2024-12-20 05:25:02	13.11	13.35	37.84	육기 추
G5_F_10	2024-12-20 17:35:02	2024-12-21 06:56:03	13.35	18.12	52.03	육기 추
G5_F_11	2024-12-21 21:43:04	2024-12-22 16:37:01	18.90	23.82	65.2	육기 추
G5_F_12	2024-12-23 08:31:03	2024-12-23 19:21:04	10.83	4.72	19.37	육기 추
G5_F_13	2024-12-24 10:46:00	2024-12-25 03:12:02	16.43	16.83	56.64	육기 추
G5_F_14	2024-12-25 21:59:02	2024-12-26 14:27:12	16.47	20.1	69.28	육기 추
G5_F_15	2024-12-27 05:08:14	2024-12-28 00:39:00	19.51	27.5	74.78	육기 추
G5_F_16	2024-12-28 18:54:01	2024-12-29 07:20:01	12.43	18.67	47.82	육기 추
G5_F_17	2024-12-29 23:30:00	2024-12-30 21:17:02	21.78	25.9	80.04	육기 추
G5_F_18	2024-12-31 13:43:03	2025-01-01 19:21:10	29.64	24.36	67.98	육기 추
G5_F_19	2025-01-02 01:26:02	2025-01-02 20:42:05	19.27	24.56	67.46	육기 추
G6_F_1	2024-12-17 19:56:03	2024-12-18 11:49:00	15.88	24.12	58.21	육기 추
G6_F_2	2024-12-22 07:48:03	2024-12-23 13:39:00	29.85	31.73	74.99	육기 추
G6_F_3	2024-12-23 19:11:01	2024-12-24 11:28:00	16.28	24.27	62.58	육기 추
G21_F_1	2024-12-28	2024-12-28	14.45	24.04	65.46	육 추

KOPRI 극지연구소

	04:05:00	18:32:08				기
G21_F_2	2024-12-29 07:36:03	2024-12-29 21:50:01	14.23	27.11	65.86	육 추 기
G21_F_3	2024-12-30 13:52:16	2024-12-31 00:51:00	10.98	19.57	47.44	육 추 기
G21_F_4	2024-12-31 15:04:05	2025-01-01 03:10:03	12.10	13.25	37.09	육 추 기
G21_F_6	2025-01-04 13:34:02	2025-01-05 13:45:05	24.18	11.58	51.44	육 추 기
G21_F_7	2025-01-06 02:21:01	2025-01-06 15:40:05	13.32	12.73	37.48	육 추 기

KOPRI
극지연구소

부록 8. 젠투펭귄의 취식이동 지표. 섭식이동 ID는 둥지번호_개체의 성별 (F: 암컷/M:수컷)_취식이동순서로 표기하였음

섭식이동 ID	출발일시	도착일시	섭식이동시간 (hour)	최대이동거리 (km)	총이동거리 (km)	번식 상태
C3_M_1	2024-11-27 14:26:00	2024-11-28 22:40:00	32.23	30	80.37	포란기
C3_M_2	2024-12-03 09:57:00	2024-12-07 07:21:00	93.40	21.74	195.46	포란기
C3_M_3	2024-12-09 05:31:08	2024-12-10 07:30:04	25.98	20.31	88.22	포란기
C3_M_4	2024-12-16 19:37:02	2024-12-19 15:14:01	67.62	55.06	177.71	포란기
C3_F_1	2024-12-07 22:54:00	2024-12-08 22:20:05	23.43	7.98	48.55	포란기
C9_M_1	2024-11-29 05:32:05	2024-12-03 17:23:02	107.85	55.31	268.6	포란기
C13_F_1	2024-11-28 20:05:05	2024-12-08 19:02:02	238.95	98.08	422.31	포란기
C13_M_1	2024-12-07 02:26:03	2024-12-11 23:04:05	116.63	44.86	274.56	포란기
C18_F_1	2024-11-27 20:29:02	2024-11-30 21:33:33	73.08	56.43	203.46	포란기
C18_F_2	2024-12-02 21:57:02	2024-12-06 21:46:01	95.82	48.46	238.1	포란기
C18_M_1	2024-11-30 23:03:00	2024-12-02 20:00:12	44.95	27.68	119.66	포란기
C18_M_3	2024-12-08 04:56:01	2024-12-09 14:24:04	33.47	19.38	86.85	포란기
C18_M_4	2024-12-16 19:37:02	2024-12-19 15:14:01	67.62	55.14	177.71	포란기
C24_M_1	2024-11-29 05:14:05	2024-12-02 01:59:04	68.75	65.35	201.1	포란기
C24_M_2	2024-12-04 00:26:02	2024-12-04 06:14:03	5.80	4.29	13.77	포란기
C24_M_4	2024-12-23 20:39:03	2024-12-24 03:46:01	7.12	4.26	16.67	육추기
C24_M_5	2024-12-25 03:06:02	2024-12-25 10:11:03	7.08	12.5	29.58	육추기
C24_M_6	2024-12-26 10:56:00	2024-12-27 08:06:48	21.18	24.11	69.41	육추기
C24_M_7	2024-12-28 09:26:02	2024-12-29 08:14:00	22.80	24.12	77.11	육추기
C24_M_8	2024-12-30 09:08:02	2024-12-31 08:41:32	23.56	26.87	76.57	육추기
C24_M_11	2025-01-06	2025-01-07	19.75	26.04	56.88	육추기

KOPRI 극지연구소

	13:43:03	09:27:48				
C24_F_1	2024-12-04 11:31:00	2024-12-10 23:09:00	155.63	75.61	400.17	포란기
C31_F_1	2024-11-28 12:06:00	2024-12-05 04:33:06	160.45	62.95	406.43	포란기
C33_M_1	2024-12-23 06:31:04	2024-12-25 05:26:11	46.92	67.15	174.48	포란기
C33_M_2	2024-12-27 12:50:00	2024-12-28 14:42:20	25.87	16.2	92.74	포란기
C33_M_3	2024-12-30 05:42:09	2024-12-30 14:43:56	9.03	13.08	31.96	포란기
C33_M_4	2024-12-31 10:30:00	2024-12-31 21:14:40	10.74	16.64	42.73	포란기
C33_M_5	2025-01-01 11:05:00	2025-01-01 20:26:02	9.35	14.52	37.84	포란기
C33_M_10	2025-01-08 10:46:00	2025-01-08 21:32:39	10.78	15.33	41.52	육추기
C33_M_11	2025-01-09 10:35:00	2025-01-10 07:35:43	21.01	16.31	57.01	육추기
C33_M_13	2025-01-13 12:06:00	2025-01-13 18:38:06	6.54	3.49	14.63	육추기
C33_M_14	2025-01-14 12:08:01	2025-01-14 18:52:05	6.73	4.07	14.15	육추기
C34_M_1	2024-12-23 13:01:07	2024-12-24 09:20:02	20.32	30.32	73.22	포란기
C34_M_2	2024-12-25 22:04:01	2024-12-26 10:16:00	12.20	25.18	54.91	육추기
C34_M_3	2024-12-27 05:44:04	2024-12-28 10:37:00	28.88	37.46	100.57	육추기
C34_M_4	2024-12-29 05:39:09	2024-12-29 23:26:00	17.78	26.81	70.96	육추기
C34_M_5	2025-01-05 03:22:03	2025-01-05 18:42:03	15.33	4.25	33.03	육추기
C34_M_6	2025-01-06 13:12:02	2025-01-07 10:00:00	20.80	4.26	34.71	육추기
C34_M_7	2025-01-08 09:27:01	2025-01-08 22:43:00	13.27	4.44	28.13	육추기
C34_M_8	2025-01-09 23:47:00	2025-01-10 17:46:01	17.98	4.1	34.01	육추기
C34_M_9	2025-01-11 21:37:04	2025-01-12 15:52:04	18.25	4	34.01	육추기
C34_M_10	2025-01-14 12:28:00	2025-01-14 16:13:06	3.75	4.89	34.58	육추기
C43_F_1	2024-12-20 17:00:00	2024-12-23 12:27:00	67.45	69.91	220.26	포란기

KOPRI 극지연구소

C43_F_2	2024-12-24 22:43:00	2024-12-26 03:01:00	28.30	38.8	100.9	포란기
C43_F_3	2024-12-27 14:57:02	2024-12-28 21:55:02	30.97	40.01	104.33	포란기
C43_M_1	2024-12-23 13:13:06	2024-12-24 20:37:15	31.40	39.63	108.28	포란기
C43_M_2	2024-12-26 06:06:03	2024-12-27 13:36:03	31.50	35.05	103.07	포란기
C68_F_1	2024-12-01 05:18:06	2024-12-01 11:57:05	6.65	10.96	26.09	포란기
C68_F_2	2024-12-01 17:50:03	2024-12-01 21:39:34	3.83	3.62	10.82	포란기
C68_M_1	2024-12-02 08:06:00	2024-12-04 20:10:02	60.07	57.41	178.73	포란기
C96_M_1	2024-12-21 04:49:02	2024-12-23 20:38:02	63.82	38.02	148.64	포란기
C96_M_2	2024-12-26 12:20:00	2024-12-27 09:27:59	21.13	22.53	69.59	포란기
C96_M_3	2024-12-27 22:02:00	2024-12-28 09:07:00	11.08	15.1	37.28	포란기
C96_M_4	2024-12-28 22:22:00	2024-12-29 10:54:00	12.53	18.33	48.29	포란기
C96_M_6	2025-01-04 20:16:01	2025-01-05 07:12:01	10.93	4.1	18.34	육추기
C96_M_7	2025-01-05 22:17:00	2025-01-06 09:54:03	11.62	6.7	22	육추기
C96_M_8	2025-01-07 04:05:04	2025-01-07 12:57:00	8.87	3.55	17.67	육추기
C96_M_9	2025-01-08 14:41:05	2025-01-09 02:11:02	11.50	8.27	28.55	육추기
C96_M_10	2025-01-10 10:09:00	2025-01-11 02:06:01	15.95	15	53.68	육추기
C96_M_11	2025-01-12 12:47:00	2025-01-12 18:58:03	6.18	1.96	8.22	육추기
C96_M_12	2025-01-14 11:36:00	2025-01-14 17:57:01	6.35	2.91	14.49	육추기
C96_F_1	2024-12-23 12:56:00	2024-12-26 08:37:38	67.69	68.78	203.16	포란기
C96_F_2	2024-12-29 13:42:44	2024-12-30 16:03:01	26.34	37.94	91.6	포란기
CF3_F_1	2024-12-08 17:04:01	2024-12-14 19:34:00	146.50	106.81	383.35	포란기
CF3_M_1	2024-12-01 15:07:05	2024-12-03 16:53:13	49.77	42.25	125.79	포란기
CF3_M_2	2024-12-06	2024-12-08	50.20	27.91	131.54	포란

KOPRI 극지연구소

	12:30:00	14:42:09				기
CV0_F_1	2024-12-01 19:29:02	2024-12-04 17:46:03	70.28	47.25	199.28	포란기
CV0_F_3	2024-12-20 20:37:04	2024-12-21 09:36:01	12.98	18.58	48.02	육추기
CV0_F_4	2024-12-22 11:30:00	2024-12-23 12:19:02	24.82	37.64	87.86	육추기
CV0_F_5	2024-12-24 14:17:02	2024-12-25 15:24:02	25.12	35.47	90.19	육추기
CV0_F_6	2024-12-26 18:39:03	2024-12-27 19:24:03	24.75	25.6	78.3	육추기
CV0_F_7	2025-01-01 10:28:05	2025-01-02 11:31:04	25.05	33.99	80.65	육추기
CV0_F_8	2025-01-03 10:28:56	2025-01-03 19:58:08	9.49	10.83	27.56	육추기
CV0_F_9	2025-01-04 16:02:01	2025-01-05 13:47:05	21.75	34.58	79.83	육추기
CV0_F_10	2025-01-06 08:58:03	2025-01-07 12:56:10	27.97	43.21	104.08	육추기
CV0_M_1	2024-11-27 12:07:00	2024-11-27 19:24:02	7.28	4.76	17.91	포란기
CV0_M_2	2024-11-30 19:35:01	2024-12-01 18:03:01	22.47	26.89	90.81	포란기
CV0_M_3	2024-12-04 18:23:01	2024-12-12 20:15:52	193.88	126.14	498.5	포란기
CV0_M_4	2024-12-23 13:13:06	2024-12-24 12:56:05	23.72	34.4	90.04	육추기
CV0_M_5	2024-12-25 05:07:03	2024-12-26 17:41:04	36.57	32.65	85.08	육추기
CV0_M_6	2024-12-27 08:01:01	2024-12-28 11:19:00	27.30	21.71	57.72	육추기
CV0_M_7	2024-12-29 13:07:00	2024-12-30 11:04:00	21.95	30.27	76.83	육추기
CV0_M_8	2024-12-31 12:46:00	2025-01-01 09:26:38	20.68	29.97	77.52	육추기
CV0_M_9	2024-12-18 22:06:03	2024-12-20 07:02:01	32.93	46.14	128.97	육추기
CV0_M_10	2024-12-21 14:40:08	2024-12-22 10:14:00	19.56	30.08	70.01	육추기
CV0_M_11	2025-01-05 14:44:07	2025-01-06 08:21:50	17.63	26.57	59.06	육추기
CV0_M_12	2025-01-07 14:13:03	2025-01-08 08:18:05	18.08	27.25	65.35	육추기
CV9_F_1	2024-11-28 16:03:41	2024-12-02 17:48:03	97.74	76.41	280.31	포란기

KOPRI 극지연구소

CV9_F_2	2024-12-12 16:22:10	2024-12-13 01:32:43	9.18	16.77	45.46	포란기
CV9_F_3	2024-12-13 17:35:06	2024-12-14 11:55:55	18.35	24.96	58.58	포란기
CV9_M_1	2024-12-02 20:06:04	2024-12-04 03:44:20	31.64	29.11	87.96	포란기
CV9_M_2	2024-12-05 13:47:03	2024-12-06 01:37:01	11.83	3.54	17.85	포란기
CV9_M_3	2024-12-06 18:30:02	2024-12-08 20:37:02	50.12	23.48	134.4	포란기
CV9_M_4	2024-12-10 23:49:00	2024-12-13 13:13:00	61.40	53.64	194.34	포란기

KOPRI
극지연구소

부록 9. 남극특별보호구역 178의 생태모니터링을 위한 초기환경영향평가서(안)

KOPRI
극지연구소

남극특별보호구역 178의 생태모니터링을 위한 초기환경영향평가서(안)

KOPRI
극지연구소

2024. 8

KOPRI 한국해양연구원 부설 극지연구소

KOPRI
극지연구소

- 목 차 -

요약문 ····· iv

1. 활동의 개요 ····· 1

1.1 남극 활동 정보 ····· 1

1.2 남극 활동 내용 ····· 2

1.2.1 활동의 목적 및 필요성 ····· 2

1.2.2 활동 상세 내용 ····· 3

(1) 상위포식자 생태모니터링 조사 ····· 3

1) 주요 활동 지역 ····· 3

2) 활동 내용 ····· 4

3) 조사 캠프 및 안전 모듈 설치 ····· 6

1.2.3. 운송 계획 ····· 10

(1) 남극 입출 계획 ····· 10

(2) 조사 캠프 인원 및 물자 수송 계획 ····· 10

(3) 현장 조사를 위한 유류 사용량 ····· 11

2. 평가수준의 결정 근거 및 평가서 적용 법규 ····· 11

2.1 제안된 활동으로 인한 남극 환경영향 ····· 11

2.1.1 남극 환경 영향 ····· 11

2.1.2 환경 관리 계획 ····· 11

2.2 평가수준의 결정 근거 ····· 12

2.2.1 국내 사례 분석 ····· 12

2.2.2 국외 사례 분석 ····· 15

2.2.3 초기환경영향평가 수준 결정 사유 ····· 19

2.3 평가서 적용 법규 및 지침 ····· 20

3. 제안된 활동의 대안 설정 및 평가 ····· 21

3.1 활동을 하지 않을 경우 ····· 21

4. 중점 평가 항목의 설정 ····· 21

4.1 환경 영향 평가 대상지역 설정 ····· 21

4.2 중점 평가 항목 및 선정사유 ····· 22

4.2.1 대기 오염 물질 ····· 23

KOPRI 극지연구소

4.2.2 폐기물 ····· 23
4.2.3 소 음 ····· 23
4.2.4 연료 유출 ····· 23
4.2.5 노출지반에 대한 교란 ····· 23
4.2.6 동식물상 교란 ····· 23
4.2.7 외래종 유입 ····· 23
5. 활동지역의 초기 환경 상태 ····· 23
5.1 지 형 ····· 23
5.2 기 상 ····· 24
5.3 동식물상 ····· 24
6. 활동으로 인한 영향 예측 및 저감 방안 ····· 25
6.1 대기 오염 물질 ····· 25
6.1.1 영향 예측 ····· 25
6.1.2 저감 방안 ····· 25
6.2 폐기물 ····· 25
6.2.1 영향 예측 ····· 25
6.2.2 저감 방안 ····· 25
6.3 소 음 ····· 26
6.3.1 영향 예측 ····· 26
6.3.2 저감 방안 ····· 26
6.4 연료 유출 ····· 26
6.4.1 영향 예측 ····· 26
6.4.2 저감 방안 ····· 26
6.5 노출 지반에 대한 교란 ····· 26
6.5.1 영향 예측 ····· 26
6.5.2 저감 방안 ····· 26
6.6 동식물상 교란 ····· 27
6.6.1 영향 예측 ····· 27
6.6.2 저감 방안 ····· 27
6.7 외래종 유입 ····· 27
6.7.1 영향 예측 ····· 27
6.7.2 저감 방안 ····· 27
6.8 누적 영향 ····· 27

KOPRI 극지연구소

6.9 영향 매트릭스 ····· 28
7. 결 론 ····· 29
8. 작성자 및 자문 ····· 30
9. 참고 자료 ····· 31
10. 부 록 ····· 32
1. 남극 현장 캠프 환경 및 안전 지침 (ASPA No. 178)안 ····· 32
2. 외교부고시 제2021-7호 ····· 48
3. 남극과학위원회의 과학 목적을 위한 동물 이용 시 행동강령 ····· 56

KOPRI
극지연구소

[요약문]

I. 활동의 개요

제안된 활동은 해당 남극특별보호구역을 비롯한 인근 지역에 서식하는 상위포식자인 아델리펭귄과 남극도둑갈매기 등의 조류와 웨델물범, 게잡이물범, 표범물범 등의 기각류를 대상으로 개체군 동태와 생태적 특성을 파악하는 데 목적이 있다. 이를 위하여 항공촬영 및 시료(혈액, 근육, 사체, 배설물 등) 수집을 수행할 계획이다.

제안된 활동은 로스해 북빅토리아랜드 연안에 위치한 상위포식자 서식지 중 장보고기지에서 약 35 ㎞ 남서쪽에 위치한 Inexpressible Island에서 주로 수행될 예정이다. 활동 시 ASPA 178의 관리계획서에 따라 헬리콥터 착륙과 캠프 등을 운영할 계획이다. 상위포식자인 아델리펭귄과 남극도둑갈매기 등의 조류와 웨델물범, 게잡이물범, 표범물범 등 기각류의 분포 및 개체군 변동 파악을 위하여 소형 드론(6kg)을 운용하여 조사를 수행할 계획이다. 또한 아델리펭귄의 연간 회귀율 파악을 위하여 개체인식칩을 삽입하여 모니터링할 예정이다.

남극특별보호구역 178번의 아델리펭귄 개체군 조사 지역에서 4일에서 15일 정도로 약 4회의 조사 캠프를 운영할 계획이다. 2024/25 하계 시즌에 사용할 캠프는 3~4개의 텐트로 구성되며, 캠핑 기간에만 설치하여 사용하고 조사 완료 후 철거할 계획이다. 악기상에 따른 헬리콥터 운항 지연시 연구활동 인원 및 연구 장비등의 안전을 위해 보호구역 경계 바깥에 반영구 안전모듈을 설치할 계획이며 이후 기간 동안에는 텐트와 함께 활용할 계획이다.

본 활동을 위한 인원의 전체 남극 체류 기간은 약 111일이며, 캠핑 기간은 약 45일로 예상된다. 활동에 따라 인원의 변동이 있지만 안전모듈 설치 시기를 제외하고 전체 활동 인원은 3명으로 구성될 예정이다.

II. 평가수준의 결정 근거

제안된 활동으로 인하여 발생하거나 발생 가능한 대기오염물질, 폐기물, 유류 유출 및 외래종의 유입, 아델리펭귄 등 상위포식자 조사로 인한 교란에 의해 남극 생태계에 영향이 있을 수 있으나 활동의 규모가 소규모이며 기간이 비교적 짧아 그 영향은 사소하거나 일시적일 것으로 예측된다. 또한 국내외의 현장 조사 활동 사례를 볼 때 제안된 활동과 비교하여 상당히 규모가 큰 경우에도 그 영향을 사소하거나 일시적인 것으로 판단하고 있다. 따라서 활동의 영향 예측결과와 국내외 사례를 근거로 환경영향평가의 수준을 초기환경영향평가로 결정하였다.

III. 제안된 활동에 대한 대안

제안된 활동의 대안으로는 활동을 하지 않을 경우를 검토하였다. 제안된 활동에서 목적으로 하는 과학적 성과를 달성하고 남극환경에 대한 영향을 최소화하는 방안을 고려하여 선정하였다.

IV. 활동지역 주변의 환경 현황

제안된 활동 지역인 Inexpressible Island는 난센빙붕으로 대륙 빙하와 연결되어 있으며 빙하를 타고 내려오는 강한 대륙풍의 영향을 받는 곳으로 섬 앞에는 폴리냐가 자주 발생한다. 이 지역은 식물상이 매우 빈약하고 아델리펭귄이 약 25,000쌍 서식하고 있다.

V. 제안된 활동으로 인한 영향 예측, 평가 및 저감 방안

제안된 활동의 수행 시 헬리콥터 운영에 항공유 약 2,400 ℓ, 소형발전기 사용에 휘발유 약 30 ℓ, 조리 및 난방에 LPG 30 kg이 소모될 것으로 예측된다. 따라서 연료 사용과 보관으로 인한 대기오염물질의 발생과 유류 유출 가능성이 있다. 또한 조사 활동으로 인한 동식물상 교란, 캠프 설치와 운영으로 인한 지반에 대한 교란과 폐기물 발생, 외래종 유입 등으로 인한 환경 영향이 예측되었다. 이러한 환경영향을 저감하기 위하여 효율적인 현장활동 계획을 수립하고, 유류 보관과 취급 시 유출방지를 위한 방안을 제시하고, 취급 시에는 2인 1조 원칙을 준수할 계획이다. 또한 항공촬영과 현장 조사, 안전모듈 설치 등으로 인한 동식물상에 대한 영향을 최소화하기 위한 저감 방안 등을 수립하였다.

VI. 결 론

본 환경영향평가서를 통해 예측된 환경 영향과 영향 매트릭스의 영향 범위 및 영향의 강도로 볼 때 제안된 활동으로 인한 남극환경 영향은 사소하거나 일시적일 것으로 판단된다. 또한 예측된 영향을 최소화하기 위해 수립된 저감 방안의 실행으로 그 영향은 더욱 감소 될 것으로 예상된다.

1. 활동의 개요

1.1. 남극 활동 정보

○ 활동명: 남극특별보호구역 178번에 서식하는 상위포식자 생태모니터링

○ 활동 대상 지역

1) 남극특별보호구역 178번 Inexpressible Island & Seaview Bay

- 좌표: 남위74° 54'2.47", 동경163° 43'45.87"(ASPA No. 178, 남극도둑갈매기, 아델리펭귄, 게잡이물범, 웨델물범, 표범물범 서식지)

○ 연구 및 남극체류 기간

- 2024-2025 하계 연구기간 내 남극 체류기간: 2024.11.02 ~ 2025.02.20 (약 111일)
- 현장 캠프 기간: 2024.11.02 ~ 2025.2.16 중 약 45일 예정

○ 이동관련 정보

1) 장보고 과학기지까지 이동 수단

- 대한민국 ↔ 뉴질랜드: 민간 항공기
- 뉴질랜드 → 장보고기지: 임차 항공기, 쇄빙선 아라온호
- 장보고기지 → 뉴질랜드: 쇄빙선 아라온호

2) 기지에서 현장(ASPA No. 178)까지 이동 수단 및 관련 정보

- 헬리콥터(AS350) 1대 또는 2대

○ 활동(현장)책임자 인적사항

성 명	소속	직책/직위	주소 및 연락처
김 종 우	극지연구소 생명과학연구본부	선임연구원	인천시 연수구 송도미래로 26 (032-760-5519/wildlife@kopri.re.kr)

○ 참가자 명단

번호	이 름	소속기관/부서	활동 중 담당업무	비고
1	김종우	극지연구소/생명과학연구본부	현장 책임자, 활동 조율	
2	오영근	극지연구소/생명과학연구본부	상위포식자 생태 조사	
3	서명호	소마디자인	안전요원, 항공 촬영, 캠프 운영	
4	박명희	주)우일	캠프 시설 구축	
5	이기섭	주)우일	캠프 시설 구축	
6	지환수	주)우일	캠프 시설 구축	

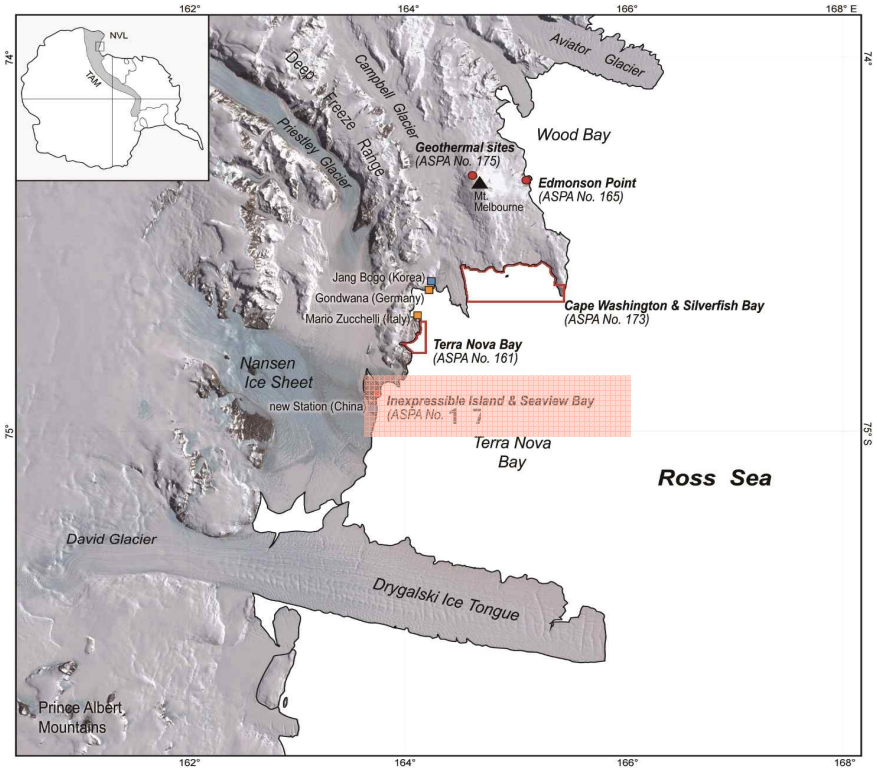


그림 1. 남극특별보호구역 178번 위치(붉은색 음영)

극지연구소

1.2. 남극 활동 내용

1.2.1. 활동의 목적 및 필요성

우리나라는 남극조약협의당사국(ATCP: Antarctic Treaty Consultative Party)의 일원으로 인류 공동 유산인 남극 환경과 생태계 보존을 위한 국제적 노력에 동참하고 우리나라의 국격에 부합하는 국제적 위상 제고를 위해 2008년 세종과학기지 인근 남극특별보호구역 171번(나레브스키 포인트, 일명 펭귄마을)을 남극특별보호구역으로 지정 제안하였다. 이후 2021년 제43차 남극조약협의당사국회의에서 한국, 중국, 이탈리아가 공동 제안한 장보고기지 인근 남극특별보호구역(ASPA No. 178 Inexpressible Island & Seaview Bay)이 지정 승인되었다. 남극특별보호구역 178번이 위치한 남극 로스해 지역은 2016년 35차 남극해양생물자원보존위원회(CCAMLR)에서 해양보호구역(MPA, Marine Protected Area)으로 지정된 바 있다(CCAMLR 2016, Conservation Measure 91-05).

남극특별보호구역 178번의 지정에 따라 후속 조치로 보호가치의 모니터링과 관리계획에 따른 관리 활동이 요구된다. 이에 극지연구소는 환경부의 용역과제의 일환으로 로스해 해양보호구역에 위치한 남극특별보호구역 178번에 서식하는 상위포식자의 생태모니터링을 수행하고 있다. 남극특별보호구역의 모니터링 자료는 환경부와 극지연구소가 남극조약 지역 방문 시 알아야 할 사전 정보 제공을 목적으로 구축한 웹사이트의 남극특별보호구역과 관련된 정보 보완과 최신 정보 제공을 위해서도 필요하다.

제안된 활동은 해당 남극특별보호구역을 비롯한 인근 지역에 서식하는 상위포식자인

아델리펭귄과 남극도둑갈매기 등의 조류와 웨델물범, 게잡이물범, 표범물범 등의 기각류를 대상으로 개체군 동태와 생태적 특성을 파악하는 데 목적이 있다. 이를 위하여 항공촬영 및 시료(혈액, 근육, 사체, 배설물 등) 수집을 수행할 계획이다. 제안된 모든 동물실험 관련 활동은 극지연구소 동물실험윤리위원회의 승인을 받은 동물실험계획에 따라 수행될 예정이다.

1.2.2. 활동 상세 내용

(1) 상위포식자 생태모니터링 조사

1) 주요 활동 지역

제안된 활동은 로스해 북빅토리아랜드 연안에 위치한 상위포식자 서식지 중 장보고기지에서 약 35 km 남서쪽에 위치한 Inexpressible Island에서 주로 수행될 예정이다. 활동 시 ASPA 178의 관리계획서에 따라 헬리콥터 착륙과 캠프 등을 운영할 계획이다(그림 2).

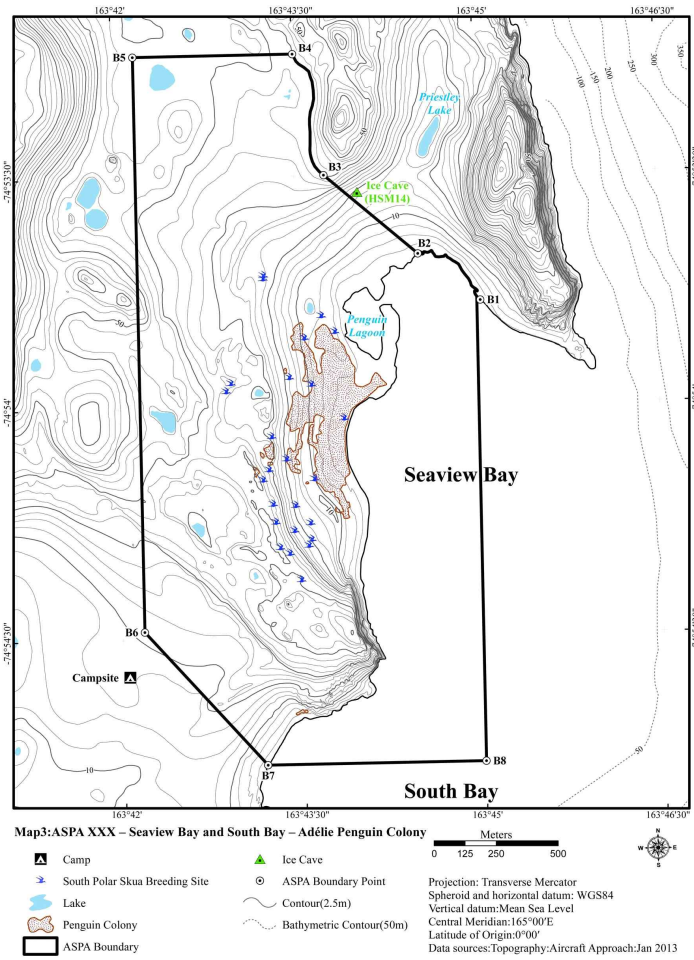


그림 2. 남극특별보호구역 178번의 아델리펭귄 군서지 및 주요 조사지역 위치

2) 활동 내용

○ 분포 및 개체군 변동 조사

상위포식자인 아델리펭귄과 남극도둑갈매기 등의 조류와 웨델물범, 게잡이물범, 표범물범 등 기각류의 분포 및 개체군 변동 파악을 위하여 소형 드론(6kg)을 운용하여 조사를 수행할 계획이다.

소형 드론은 국가남극프로그램 운영자위원회(COMNAP)의 지침과 남극조약에서 제공하는 '남극에서 조류 집중지역 인근에서의 항공기 운항 가이드라인' (Resolution 2, 2004)에 따라 운행할 계획이다. 또한, '남극에서 무인항공기 운영에 관한 환경 지침(Resolution 4, 2018)에 따라 펭귄 군서지 위에서의 운항 고도는 약 80 ~ 100 m로 유지할 계획이다. 운항 고도는 기존에 수행되었던 연구에서 아델리펭귄이 특별히 반응하지 않은 고도를 적용하였으며(WG-EMM-2019/36Rev.1), 타 연구 자료에서도 비슷한 자료를 제공하고 있다(Korezak-Abshire et al. 2016). 드론의 1회 운항 가능시간은 최대 40분이며, 조사 기간동안 총 4시간 정도 사용할 계획이다. 해당 드론 (DJI Mavic 2 Pro)에는 극지에서 안정된 비행과 정확한 위치정보를 위한 시스템(D-RTK GNSS)이 탑재되어 있으며, 엔진은 배터리로 움직인다.

• 아델리펭귄

Inexpressible Island에 서식하는 개체군을 대상으로 둥지수 및 번식지표 자료를 획득할 계획이다. 기존 연구 결과, 촬영된 이미지 분석을 통하여 매우 정확하게 둥지수 산출을 할 수 있는 것으로 확인되어 항공촬영 이미지만을 이용하여 수행할 계획이다(그림 3). 이와 같은 방법은 조사시간의 단축과 인간의 교란을 줄여 활동으로 인한 영향을 최소화할 계획이다. 항공촬영은 아델리펭귄이 둥지를 만들고 포란하는 시기인 11월 중·하순과 새끼가 부화하고 자라서 보육원을 형성하는 시기인 1월 하순에 실시할 예정이다. 획득한 자료를 바탕으로 아델리펭귄의 번식성공률을 도출할 계획이다(그림 3). 또한 아델리펭귄의 연간 회귀율 파악을 위하여 개체인식칩을 삽입하여 모니터링할 예정이다(그림 4).

KOPRI 극지연구소

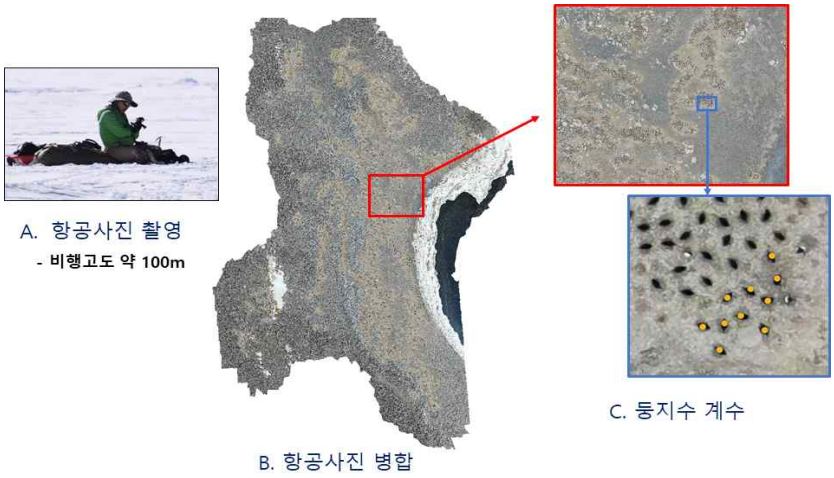


그림 3. 항공촬영영상을 기반으로 이미지 분석을 통한 아델리펭귄 번식지표 조사 예시

그림 4. 아델리펭귄에 개체인식표 삽입 및 확인

• 남극도둑갈매기

Inexpressible Island에 서식하는 남극도둑갈매기의 둥지수와 번식지표를 조사할 계획이다. 둥지를 발견하면 GPS로 둥지 위치를 기록하고 지속적인 모니터링을 실시하여 남극도둑갈매기의 둥지수 및 분포 변동과 번식성공률을 도출할 계획이다(그림 5).

그림 5. 남극도둑갈매기 동지분포 및 번식현황 조사

• 기각류

상위포식자인 웨델물범, 게잡이물범, 표범물범 등의 기각류에 대하여 지속적인 모니터링을 실시할 계획이다. 남극특별보호구역과 인근을 도보로 이동하며 쌍안경과 육안 관

찰을 통해 시기별 기각류 종 및 개체수를 기록할 계획이다.

○ 기상환경 모니터링

Inexpressible Island의 기상 환경 모니터링을 위하여 자동기상관측시스템(AWS)을 활용하여 조밀한 시간 간격으로 기상요소들을 정밀하게 측정할 계획이다. 관측 대상 기상요소는 온도, 상대습도, 풍향, 풍속, 광량 등 이다. 조사 지역에는 높이 약 2 m로 암반에 앵커볼트와 와이어로 고정하여 설치된 자동기상관측시스템이 운용되고 있다.

○ 무인모니터링 카메라 시스템 설치 및 운영

아델리펭귄의 생태를 기록하기 위한 무인모니터링 카메라 시스템을 설치하여 운영하고 있다(그림 6). 모니터링 카메라 시스템은 번식소집단 외곽으로부터 약 20 m 거리에 설치되어있다. 모니터링 카메라는 약 30둥지를 대상으로 1분마다 고해상도로 영상을 촬영할 수 있으며, 현장 조사기간 동안 펭귄의 생태 특성 변화를 파악하는 기초자료로 활용된다. 번식 종료 후에는 서식지를 떠나는 시기와 도래시기를 모니터링하기 위해 연중 운용할 예정이다. 또한 해빙 상황 등 번식지 환경의 시계열 변화 모니터링 자료도 함께 수집할 계획이다.

그림 6. 아델리펭귄 번식지에 설치된 무인모니터링카메라 시스템 예시

3) 조사 캠프 및 안전 모듈 설치

○ 조사 캠프

남극특별보호구역 178번의 아델리펭귄 개체군 조사 지역에서 4일에서 15일 정도로 약 4회의 조사 캠프를 운영할 계획이며, 캠프의 규모와 운영기간은 표 1과 같다. 2024/25 하계 시즌에 사용할 캠프는 3~4개의 텐트로 구성되며, 캠핑기간에만 설치하여 사용하고 조사 완료 후 철거할 계획이다(그림 7). 3차 캠핑기간에는 악기상에 따른 헬리콥터 운항 지연시 연구활동 인원 및 연구 장비등의 안전을 위해 반영구 안전모듈을 설치할 계획이며 이후 기간 동안에는 텐트와 함께 활용할 계획이다.

표 1. 조사 캠프의 규모 및 운영 기간

	Inexpressible Island 조사 캠프
운영 기간	1차: 2024.11.18.~2024.11.28. (11일) 2차: 2024.12.20.~2025.01.09. (21일) 3차: 2025.01.22.~2025.01.29. (08일) 4차: 2025.02.06.~2023.02.10 (05일)
위치	ASPA No. 178 관리계획서의 지정 캠프사이트 내
설치 규모	텐트 3-4 개의 임시캠프(하계 활동 후 철거), 안전 모듈 (3차 캠프 기간 설치 및 운영)
식수원	캠프 주변 눈이나 얼음, 장보고기지에서 보급
체류인원	1차: 3명, 2차: 3명, 3차: 6명, 4차: 3명

그림 7. Inexpressible섬에 구축할 간이 조사캠프

○ 안전 모듈 설치

남극특별보호구역 178의 생태모니터링을 위한 현장 캠프는 펭귄의 번식단계에 맞춰 11월부터 이듬해 2월까지 3~4회에 걸쳐 운영하고 있다. Inexipressible섬은 빙하의 끝자락에 위치하여 빙하로부터 차가운 바람이 자주 불어오고 남극 내륙 빙상에서 불어오는 대륙풍(Katabatic wind)의 영향을 크게 받는 지역이다. 연평균 풍속은 14.2 m/s로, 강풍 또는 블리자드와 같은 기상 문제에 따른 헬기 이동 제한이 자주 발생한다(그림 8).

그림 8. 아델리펭귄 번식지에 발생한 강설 및 강풍

지난 2021/22 시즌과 2022/23 시즌에 연구캠프를 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. 이 지역의 장기 모니터링을 위해서는 안전하고 효율적인 연구캠프의 운영이 필수적이다. 현장 환경 조건을 고려하여 연구원의 안전과 연구의 연속성 확보를 위해서도 연구장비 및 일부 캠핑 물자를 보관할 수 있는 공간을 확보해야 한다. 이에 반영구적인 안전 모듈의 설치를 계획하였으며, 장보고기지에서 접근성이 용이하고 아델리펭귄 주요 번식지가 위치한 Seaview Bay 보호구역 북동쪽 보호구역 경계면의 해안선 인접지역에 안전 연구캠프 후보지를 선정하였다(그림 9, 10). 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. 반영구 안전 모듈은 보호구역 외부에 위치하지만 ASPA No. 178의 관리계획에 따라 설치물에 대해 요구하고 있는 정보를 현장 구축 완료 시 현판에 표시하여 설치할 예정이다(그림 11).

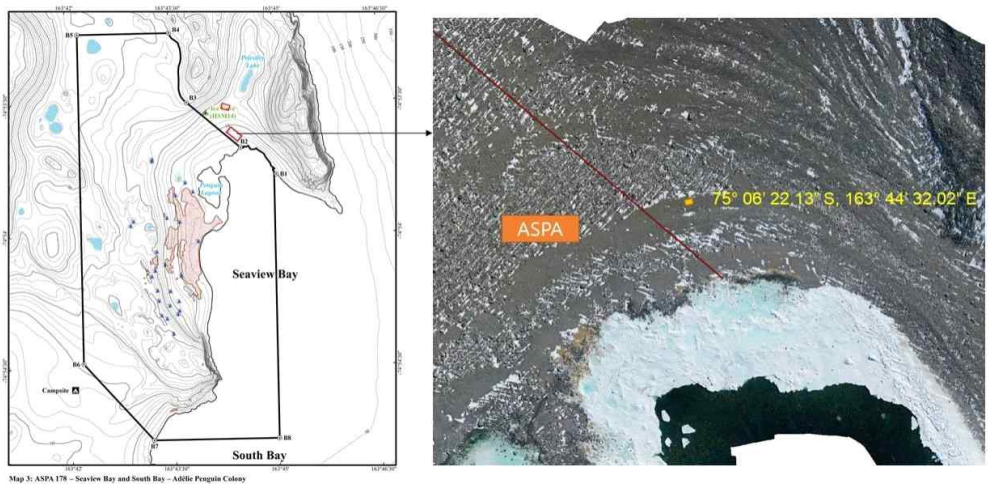


그림 9. 안전 연구캠프 구축 후보지 위치와 항공 사진

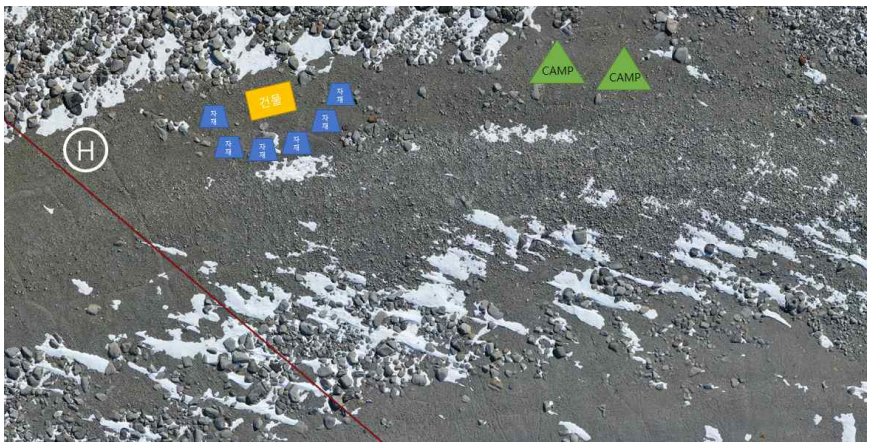


그림 10. 반영구 안전모듈 설치 시 현장 배치 계획

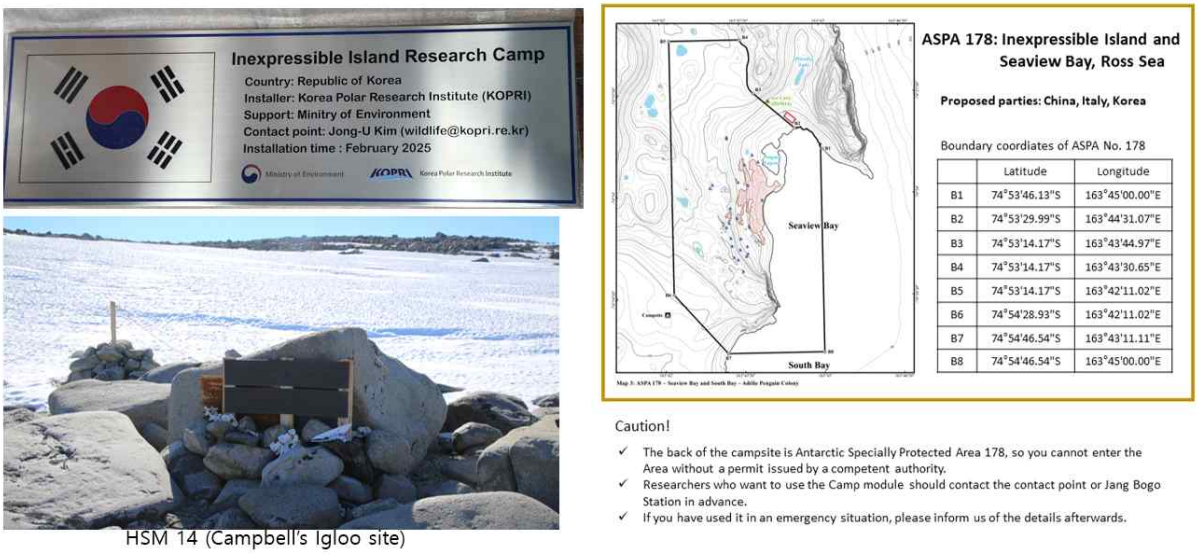


그림 11. 안전 모듈에 부착할 현판 및 ASPA 178 경계 정보

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 수급과 유류 소모로 인한 환경 영향을 최소로 할 수 있도록 사전 제작되었으며, 2022년 10월 화물선 선적 이전에 조립 시험을 실시하고 문제점을 보완하였다(그림 12). 화물선 이동 시 남극해의 거친 해상에서 자재의 안전을 확보할 수 있도록 자재별 포장 방법을 달리 적용하였고, 남극 현장에서 헬기 운송을 위해 장보고기지에서 임차하여 사용하고 있는 헬리콥터(AS 350)의 운송능력을 고려하여 500 kg 이하 단위로 포장하였다. 안전 모듈 설치에 필요한 대부분의 자재는 2022/23년 하계시즌에 쇄빙연구선 아라온호로 운송하여 현재 장보고기지에 보관 중이다.

그림 12. 안전 모듈 선적 전 사전 조립 시험

○ 캠프 운영 방안

하계 시즌에 캠프 운영을 위해 사용할 연료는 조리용과 난방용으로 LPG 가스를 이용할 계획이며, 조사에 필요한 드론이나 카메라 등의 연구장비 충전을 위하여 휘발유 발전기(1kW)를 가동할 계획이다(표 2). 안전모듈 설치 후 전기에너지는 태양전지판(3kW)을 활용하여 생산하고, 비상시를 대비하여 소형발전기(1kW)는 철수 시 안전 모듈에 보관할 계획이다.

캠프 운영으로 인하여 발생하는 음식물 잔반, 일반쓰레기, 재활용 폐기물 및 지정폐기물(배터리, 사용한 흡착포 등) 등은 최대한 발생량을 줄이고 소변을 제외한 발생 폐기물은 전량 수거한 후 장보고기지로 운반하여 처리할 계획이다. 특히 지정폐기물의 경우 적합한 용기에 보관하고 철수 시 기지로 운반하여 기지 폐기물 반출시 함께 반출 처리할 예정이다.

표 2. 하계 시즌 캠프 운영에 사용될 연료량과 용도

종류	사용량(예측)	용도
LPG 가스	30 kg	조리용, 난방용
휘발유	10 ℓ	장비충전용 발전기 가동

○ 캠프 철거 방안

설치한 임시 캠프는 활동 종료 시 모두 철거하고 설치 장소를 가능한 원상태로 복구하고 향후 캠프 운영이 필요한 경우 가능한 동일 지역을 사용할 계획이다. 장기 조사 캠프의 숙소로 사용할 극지용 텐트는 매년 활동 종료 시 철거하고, 철거 시 발생한 모든 폐기물은 아라온호를 이용하여 남극 외로 반출한 후 국내로 운반하여 처리할 계획이다. 재사용 가능한 물품은 장보고기지에서 활용하거나 국내로 운반하여 재사용할 계획이다.

1.2.3. 운송 계획

(1) 남극 입출 계획

장보고기지까지의 이동은 뉴질랜드에서 임차비행기(C-130 또는 L100) 또는 아라온을 이용할 계획이다. 항공 입출의 경우 이탈리아가 운영하고 있는 마리오쥬켈리 기지의 해빙활주로를 통해 이동할 계획이며, 임차항공기의 항공스캐쥴에 따라 입남극 할 예정이다. 아라온을 통한 입남극의 경우 아라온 1항차를 통하여 일부 연구원이 장보고기지에 도착할 계획이다. 출남극의 경우 아라온 2항차를 이용할 계획이다.

(2) 조사 캠프 지역 인원 및 물자 수송 계획

Inexpressible Island의 캠프 사이트로 인원 및 물자는 헬리콥터 2대를 활용하여 수송할 계획이다. 장보고기지에서 약 35 km 떨어진 곳에 위치한 Inexpressible Island는 왕복 1시간 정도 소요된다. 2025년 1월 22일경 장보고기지에 보관된 자재를 아라온호에 선적하여 ASPA 178 연안 경계 인근에 도착할 예정이며, 아라온호에서 캠프 현장까지는

헬리콥터를 이용하여 모든 자재를 운반할 계획이다. 하역 시간은 약 1~2시간 정도로 예상된다.

(3) 현장 조사를 위한 유류 사용량

제안된 활동을 위해 인력과 물자 수송에 헬리콥터가 활용되므로 운항에 필요한 항공유(JP 5)가 약 2,400ℓ 소모될 것으로 예상된다(표 3).

표 3. 현장조사 활동을 위한 이동 수단별 유류 소모 예측

주요 장비명	운행시간	시간당 유류 소모량	총유류 소모량	비고
헬리콥터 1(AS350)	6	200ℓ	1,200ℓ	수송 및 비상대기
헬리콥터 2(AS350)	6	200ℓ	1,200ℓ	수송
합 계	12	200ℓ	2,400ℓ	

2. 평가수준의 결정 근거 및 평가서 적용 법규

2.1. 제안된 활동으로 인한 남극 환경영향

2.1.1. 남극 환경 영향

제안된 활동은 주요 아델리펭귄 번식지인 Inexpressible Island (ASPA No. 178)와 인근 지역에서 수행될 계획이다. 활동 기간 동안 직접적인 영향을 미칠 수 있는 범위는 캠프 설치와 육상 조사 및 항공 촬영이 수행되는 해당 활동 지역이 될 것이다.

조사기간 동안 사용되는 이동수단과 발전기, 난방 등의 연료소모로 인한 대기오염물질 발생과 장비 주유 시 유출될 수 있는 소량의 유류로 인한 표층 눈이나 토양 오염이 발생할 수 있다. 또한 조사 캠프 운영에 따라 발생하는 폐기물이 남극 환경에 영향을 미칠 수 있으며 활동 인원의 신발류와 피복류, 장비 등을 통해 의도하지 않게 남극 외의 생물체 또는 번식체가 유입되어 남극 육상 생태계에 영향을 미칠 수 있다. 헬리콥터와 같은 항공기의 운항과 드론을 이용한 항공 촬영 등으로 펭귄 개체군에 영향을 미칠 수 있다.

2.1.2. 환경 관리 계획

제안된 활동으로 인한 남극 환경에 대한 영향을 최소화하도록 현장 운영 계획을 수립하였다. 장비 주유시 방수포와 흡착포를 사용하여 소량의 유류라도 눈 표면이나 토양에 흘러들지 않도록 유류 관리 방안을 수립하여 현장 인원에게 사전 교육할 계획이다. 캠프 운영으로 발생하는 모든 폐기물은 성상에 따라 분리수거하고 철수 시 전량 기지로 운송하여 '대한민국남극과학연구단 폐기물 관리계획' 에 따라 처리할 계획이다. 현장 책임자는 캠프 철거 시 최종 점검을 실시하고 가능한 원상태로 복구하도록 하며, 그 위치를 기

록하여 향후 활동이 있을 경우 동일 지점에 캠프를 설치하도록 자료를 제공하여 남극 환경에 대한 교란을 최소화할 계획이다.

활동 인원과 도입 연구 장비로 인한 외래종의 유입을 방지하기 위하여 남극으로 보내질 연구 장비와 캠프 설비를 비롯한 모든 항목들을 점검하여 토양, 먼지, 종자나 식물의 일부, 곤충 등이 유입되지 않도록 사전에 방지할 계획이며, 남극환경보호위원회(CEP)의 외래종 매뉴얼(2019 개정)을 숙지하도록 하고, 환경부 용역과제를 통해 개발한 활동지역에 특화된 '남극현장캠프 환경 및 안전 지침(안)' (부록 1)을 준수하도록 교육할 계획이다.

항공기 운항은 남극조약의 가이드라인(Resolution 2, 2004; Resolution 4, 2018)에 따라 운영하여 펭귄 등의 동물상에 대한 영향을 최소화할 계획이다.

2.2. 평가수준의 결정 근거

남극 활동을 위한 환경영향평가서 작성 지침인 외교부고시 제2021-7호(남극 환경영향평가서 작성에 관한 세부 지침, 부록 2)는 평가수준의 결정에 국내외 남극환경영향평가 사례를 참고하도록 하고 있으며 그 사례를 제시 하도록 명시하였다. 따라서 본 환경영향평가서 작성시 국내외 사례를 분석하고 평가 수준 결정에 활용하였다.

2.2.1. 국내 사례 분석

국내에서 남극 활동을 위해 초기환경영향평가(IEE)를 실시한 경우는 세종기지의 증축과 연구시설 확충을 위한 사례가 있으며 2007년, 2014년, 2016년, 2017년에 각 1건씩 4건이 있다. 본 평가서에 제안된 활동과 같이 현장 연구활동을 위한 평가 사례는 2009년 '아라온 쇄빙능력 시험 항해 및 남극 제2기지 건설후보지 정밀조사' 활동을 위한 초기환경영향평가와 제안된 활동과 유사한 2017년 8월 제출된 '남극 로스해 해양보호구역 생태계 구조 연구와 북빅토리아랜드 펭귄군서지 생태모니터링을 위한 초기환경영향평가', '2022년 남극 북빅토리아랜드에 서식하는 상위포식자 생태모니터링을 위한 초기환경영향평가'이다.

제안된 활동은 건설사업이나 인프라 확충 활동보다는 정밀조사와 같은 과학적 활동을 목적으로 하고 있으므로 평가 수준의 결정에 참고한 국내 사례로 2009년, 2017년, 2022년의 사례를 분석하였다.

(1) 아라온 쇄빙능력 시험 항해 및 남극 제2기지 건설후보지 정밀조사 활동을 위한 초기환경영향평가(2009년)

○ 활동 목적: 우리나라 최초의 쇄빙연구선 아라온호가 완공됨에 따라 극지 빙해역에서의 쇄빙 능력 시험 항해와 더불어 아라온을 이용하여 남극 제2기지 건설후보지 정밀조사를 수행하고 그 자료를 바탕으로 남극 제2기지의 최종적인 건설지를 확정하기 위함

○ 활동 내용: 남극 제2기지 건설 후보지 확정을 위해 각 후보지역과 대안지의 자연환경과 건설환경을 조사하고, 조사 지역 접근시 결빙해역에서 쇄빙선 아라온의 쇄

빙 능력시험을 실시함

- 계획된 현지 조사 기간: 2010.01.12. ~ 2010.04.03
- 활동 예정 지역

활동 지역	위 치	비 고
Cape Burks, Marie Byrd Land (유력 건설후보지)	74° 45′ 16″ S, 136° 48′ 58″ W	서남극
Mt. Browning, Terra Nova Bay (대안지 1)	74° 37′ 57″ S, 164° 13′ 41″ E	동남극
Enderby Land (Cape Ryugu, Molodezhnaya 기지 인근) (대안지 2)	67° 58′ 22″ S, 44° 03′ 29″ E 67° 39′ 46″ S, 45° 52′ 0″ E	동남극

- 활동 인원 : 24명
- 주요 활동 내용: 조사 캠프 설치, 지반조사, 측량, 육상 생태 환경조사, 대기환경 조사, 지형도 작성, 기상탑 설치, 각종 시료 채취 (토양, 암석, 생물, 눈 시료 등)

○ 평가 수준

- 제안된 활동 중 활동 예상 지역의 환경에 영향을 미칠 수 있는 요소로 운송수단의 이용에 따른 대기 오염물질 발생으로 인한 영향, 조사 활동 중 발생하는 폐기물 및 오폐수, 운송수단의 이용 및 장비 설치 등으로 인한 소음 발생, 장비 주유 시 소량의 연료 유출, 조사 활동으로 인한 답압 등에 따른 노출지반의 물리적 교란과 조사 인력 및 장비를 통해 발생할 수 있는 남극 외 지역의 서식 미생물 또는 종자의 유입을 들었으나 활동의 기간 및 규모로 볼 때 그 영향이 일시적이며 사소할 것으로 판단하여 초기환경영향평가를 수행함

(2) 남극 로스해 해양보호구역 생태계 구조 연구와 북빅토리아랜드 펭귄군서지 생태모니터링을 위한 초기환경영향평가(2017년)

○ 활동 목적: 로스해 해양보호구역의 생태계구조와 상위 포식자 개체군 모니터링 연구의 일환으로 해양보호구역 연안에서 아델리펭귄 군서지를 조사하여 생태계 상위 포식자의 개체군 동태를 파악하고, 로스해 연안의 남극특별보호구역을 포함한 황제펭귄 서식지에서 개체군 변동 조사를 수행하고자 함

○ 활동 내용: 로스해 북빅토리아랜드 연안의 아델리펭귄 개체군 조사, 바이오로거를 이용한 아델리펭귄의 취식활동 조사, 먹이원 조사, 기상관측 장비 및 광역 모니터링 카메라 설치 및 조사를 위한 장기 임시 캠프 설치 등

- 총 남극 체류 기간: 2017.10. 31 ~ 2018. 03.16 (약 137일)
- 활동 예정 지역

활동 지역	위 치	비 고
장보고과학기지	남위 74° 37'26.58", 동경 164° 13'43.64"	
Cape Hallett (ASPA No. 106)	남위 72° 19'11", 동경 170° 13'25"	아델리펭귄
Inexpressible Island	남위 74° 54'2.47", 동경 163° 43'45.87"	아델리펭귄
Cape Washington (ASPA No. 173)	남위 74° 37.1', 동경 164° 57.6'	황제펭귄
Coulman Island	남위 73° 30'56.55", 동경 169° 43'34.17"	아델리펭귄, 황제펭귄
Cape Adare(ASPA No. 159)	남위 71° 18.502', 동경 170° 11.735'	아델리펭귄

- 활동 인원 및 팀별 활동기간

· 1팀(2인): 2017.10.31. - 2018.03.16 (약 137 일)
· 2팀(2인): 2017.11.07. - 2018.03.16 (약 130 일)
· 3팀(2인) : 2017.11.07. - 2018.01.10. (약 65일)
· 4팀(2인) : 2018.02.12. - 2018.03.16. (약 33일)
· 현장 캠프 기간: 2017.11.14 ~ 2018.2.28 중 약 45일 이내

○ 평가 수준

- 제안된 활동으로 인하여 발생하거나 발생 가능한 대기오염물질, 폐기물, 유류 유출 및 외래종의 유입, 펭귄개체군 조사로 인한 교란에 의해 남극 생태계에 영향이 있을 수 있으나 활동의 규모가 소규모이며 기간이 비교적 짧아 그 영향은 사소하거나 일시적일 것으로 예측함. 또한 국외의 현장 조사 활동 사례를 볼 때 제안된 활동과 비교하여 상당히 규모가 큰 경우에도 그 영향을 사소하거나 일시적인 것으로 판단하여 활동의 영향 예측결과와 국외 사례를 근거로 환경영향평가의 수준을 초기환경영향평가로 수행

(3) 남극 북빅토리아랜드에 서식하는 상위포식자 생태모니터링을 위한 초기환경영향평가(2022년)

○ 활동 목적: 로스해 해양보호구역에서 계획된 연구과제의 일환으로 상위포식자인 남극도둑갈매기와 아델리펭귄, 황제펭귄, 게잡이물범, 웨델물범, 표범물범의 분포지 및 번식지에서 개체군 동태와 생태적 특성을 파악하고자 함

○ 활동 내용: 상위포식자인 남극도둑갈매기와 아델리펭귄, 황제펭귄, 게잡이물범, 웨델물범, 표범물범의 분포 및 개체군 변동 파악을 위하여 고해상도 카메라와 헬리콥터를 이용한 항공촬영과 소형 드론(6 kg)을 운용하여 조사 수행. 로스해 북빅토리아랜드 연안의 아델리펭귄 개체군 조사, 바이오로거를 이용한 아델리펭귄의 취식활동 조사, 먹이원 조사, 기상관측 장비 및 광역 모니터링 카메라 설치 및 조

사를 위한 장기 임시 캠프 설치 등

- 총 남극 체류 기간: 2022.10.20 ~ 2023.02.10 (약 114일)
- 활동 예정 지역

활동 지역	위 치	비 고
장보고과학기지	남위 74° 37'26.58", 동경 164° 13'43.64"	
Cape Hallett (ASPA No. 106)	남위 72° 19'11", 동경 170° 13'25"	아델리펭귄
Inexpressible Island	남위 74° 54'2.47", 동경 163° 43'45.87"	아델리펭귄
Cape Washington (ASPA No. 173)	남위 74° 37.1', 동경 164° 57.6'	황제펭귄, 물범류
Coulman Island	남위 73° 30'56.55", 동경 169° 43'34.17"	아델리펭귄, 황제펭귄
Cape Adare(ASPA No. 159)	남위 71° 18.502', 동경 170° 11.735'	아델리펭귄
Edmonson Point (ASPA No. 165)	남위74° 20', 동경165° 08'	남극도둑갈매기, 아델리펭귄

- 활동 인원 및 팀별 활동기간
  - · 1팀(3인): 2022.10.20 - 2023.02.10 (약 114 일)
  - · 2팀(2인): 2022.12.06. - 2023.02.10 (약 62 일)
  - · 현장 캠프 기간: 2022.11.18 ~ 2023.1.28 중 약 46일 이내

○ 평가 수준

- 제안된 활동으로 인하여 발생하거나 발생 가능한 대기오염물질, 폐기물, 유류 유출 및 외래종의 유입, 상위포식자 조사로 인한 교란에 의해 남극 생태계에 영향이 있을 수 있으나 활동의 규모가 소규모이며 기간이 비교적 짧아 그 영향은 사소하거나 일시적일 것으로 예측함. 또한 국외의 현장 조사 활동 사례를 볼 때 제안된 활동과 비교하여 상당히 규모가 큰 경우에도 그 영향을 사소하거나 일시적인 것으로 판단하여 활동의 영향 예측결과와 국외 사례를 근거로 환경영향평가의 수준을 초기환경영향평가로 수행

2.2.2. 국외 사례 분석

남극조약 당사국들은 비교적 큰규모의 다학제 연구활동이나 남극 대륙 횡단이 포함된 연구 및 outreach program 등의 운영 허가를 받기 위해 주로 초기환경영향평가(IEE)를 수행하고 있다. 여기에서는 제안된 활동의 환경영향평가에 참고할 만한 유사 사례를 분석하였다(ANZ 2003, BAS 2015).

(1) Latitudinal Gradient Project Cape Hallett Camp IEE (2003)

○ 활동의 개요

- 활동 제안국 및 작성기관: 뉴질랜드, Antarctica New Zealand
- 2003/04, 2004/05 두 개 시즌의 활동에 대한 환경영향평가

○ 활동 목적

- 제안된 활동은 남위 72° (Cape Adare)에서 남위 86° (Ross Sea Iceshelf)에 이르는 위도 14° 구역의 환경구배에 따른 연안해양 및 해안육상 지역의 환경차에 의한 생태계 특성과 향후 환경변화에 따른 잠재적 변화 예측을 위한 목적으로 계획된 LGP(Latitudinal Gradient Project)의 일환으로 Cape Hallett(ASPA No. 106)지역에 조사 캠프를 설치하고 연구활동을 수행하기 위해 제안되었음

○ 활동 내용

- 활동 예정 지역: Cape Hallett 펭귄군서지 인근 (그림 13)
- Cape Hallett Camp는 최대 15명을 수용하고 지원하기 위한 규모로 구축되었으며, 랙텐트 3개(식당, 실험동, 창고 등), 3개의 해빙용 텐트, 5개의 극지텐트, 스노우모빌 2대, ATV 1대, 소형 디젤발전기(4.7 kW) 2대, 소형 휘발유 발전기(2 kW, 3 kW)각각 2대, 랙텐트용 디젤히터 3대로 구성하였음
- 인원과 연구 장비는 소형비행기(Twin Otter)를 이용함
- LGP의 2003/04 시즌 Cape Hallett 조사 캠프의 운영을 위해 항공유 30드럼(약 6,000ℓ)와 휘발유 15드럼 (약 3,000ℓ)의 연료 사용을 계획하였음

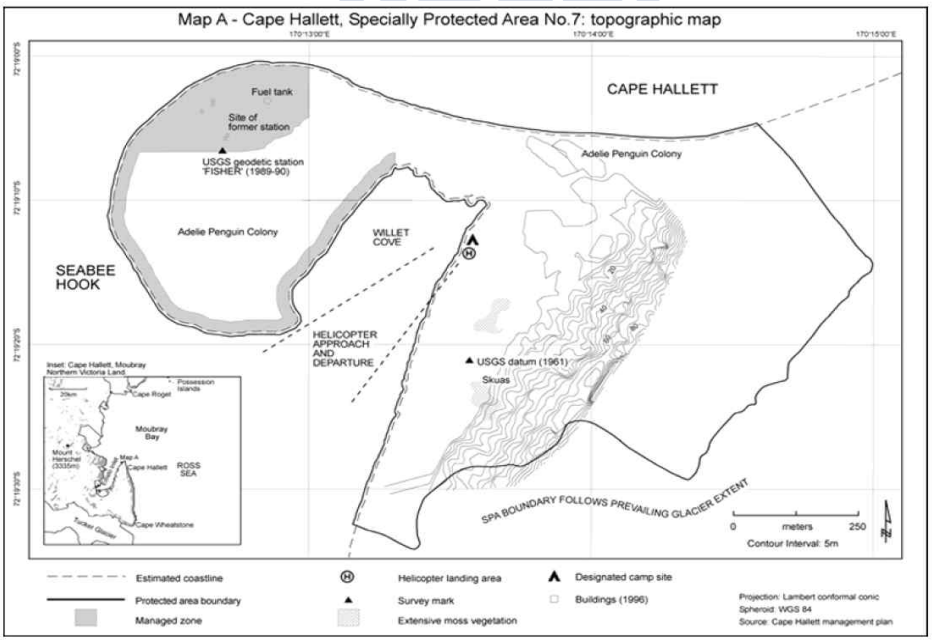


그림 13. Cape Hallett의 LGP Camp지역(Wallet Cove 해안 ∧기호)

그림 14. 뉴질랜드 프로그램의 Rac Tent 외부와 내부(ANZ 2003)

○ 평가 수준

- LGP 수행시 토양 및 암석 시료 채취를 위한 굴착과 인력 및 ATV로 인한 답압, 동식물상에 대한 영향, 폐기물 발생 등으로 인한 잠재적 영향 등이 지역적이고 일시적인 것으로 판단하고, 제출된 IEE에서 제시한 환경영향 저감방안의 이행으로 그 영향을 더욱 저감할 수 있을 것으로 예측함. IEE에서 제시한 자료와 저감방안에 기초하여 활동으로 인한 환경영향이 사소하고 일시적일 것으로 평가하여 IEE를 수행함

(2) 남극 Filchner-Ronne Ice Shelf에 대한 과학 프로젝트를 위한 IEE (2014, 2015)

○ 활동의 개요

- 활동 제안국 및 작성기관: 영국, BAS(British Antarctic Survey)
- Filchner-Ronne Ice shelf(FRIS)에 대한 과학 프로젝트는 다년간 수행을 계획하고 있으며, 2014/15, 2015/16, 2016/17, 2017/18 시즌에 걸쳐 있음
- 활동을 위한 IEE는 2014년에 작성되었고 활동 후의 자료를 추가하여 매 시즌 활동전 업데이트된 IEE를 작성하여 제출하고 있음

○ 활동 목적

- FRIS와 ocean shelf와의 상호작용을 더 잘 이해하여 빙붕의 미래 거동을 예측할 수 있는 수치 모델을 개선하는데 활용하고자 함

○ 활동 내용

- 활동 예정 지역: Filchner-Ronne Ice Shelf 지역 (붉은색 박스)

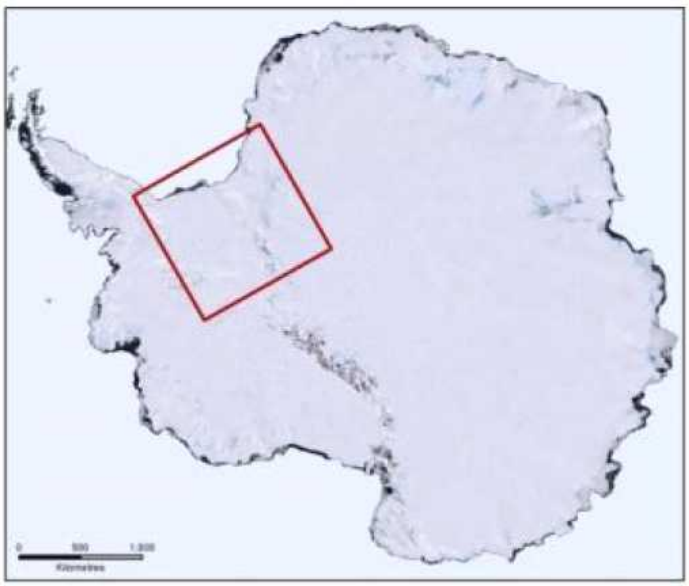


그림 15. FRIS 프로젝트 활동 지역 (BAS 2015).

- 2014/15 시즌에는 장비와 연료를 연구 현장에 운반하고 연구 준비, 2015/16과 2016/17 시즌에는 약 11명의 인원이 8-12 주간 활동
- 2014/15 현장 활동 기간에는 빙붕에 3개의 구멍을 열수 시추를 통해 시추하여 대양 자료를 얻기 위한 장비들을 계류하였으며 향후 10년간 자료를 수집할 계획임

그림 15. FRIS 프로젝트의 열수 시추를 위해 사용된 장비들 (BAS 2015)

- 90℃ 물을 사용하여 750 m 두께의 빙붕을 직경 30 cm로 시추함. 지구물리탐사를 위해 14개 사이트에서 5 m 깊이의 홀을 핸드오거로 시추하고 150-130 g의 폭발물(Pentolite)를 사용함
- 2015/16과 2016/17 시즌에도 열수 시추를 수행하여 추가 장비를 계류하고 지구물리 탐사를 계획하고 있음. 15개의 ApRES radar 설치와 항공 탐사, 10개의 GPS station을 설치하고, 표층눈 측정과 천부 펀코어(firn core) 를 채취할 계획이며 해양 퇴적물 코어들을 채취할 계획임
- 활동을 위한 로지스틱은 독일과 영국의 인프라를 공동활용하며, 쇄빙선, 항공기(Twin Otter), 이동을 위한 대륙 횡단 장비(설상차, 스노우모빌), 발전기(캠프용 15 kW 3대, 드릴용 물 가열용 250 kW 3대)연료 보관소 등이 활용될 예정임. 연료와 탐사에 필요한 보관 물품은 아래 그림과 같이 둔덕 형태의 Depot를 만들어 탐사기간 동안 보관

그림 16. 탐사 활동을 위해 유류 및 대형 장비 등을 보관하는 둔덕모양의 Depot (BAS 2015).

- 탐사 활동을 위한 캠프 운영 및 지구 물리탐사를 위해 폭약을 사용할 예정임

○ 평가 수준

- FRIS에서의 제안된 과학활동으로 인한 남극 환경에 대한 영향은 IEE에서 제안된 저감 조치를 수행함으로써 사소하거나 일시적일 것으로 예측되어 CEE가 아닌 IEE를 수행하여 진행할 것을 결정함

2.2.3. 초기환경영향평가 수준 결정 사유

제안된 활동은 장보고기지에서 약 35 km 남쪽에 위치한 Inexpressible섬의 ASPA 178d에 서식하는 기각류와 남극도둑갈매기 및 아델리펭귄 생태모니터링과 안전한 현장활동을 위한 안전 모듈 설치를 주요 목적으로 하고 있다. 제안된 활동을 위해서는 이동을 위한 헬리콥터의 운항과 항공 촬영을 위한 드론 운항, 캠프의 설치 및 운영이 필요하다.

제안된 활동으로 인하여 발생하는 대기 오염물질과 폐기물 등은 남극 환경에 영향을 미칠 수 있으며, 유류 취급시 발생할 수 있는 소량의 유류 유출과 조사 장비와 인원을

통한 의도하지 않은 외래종 유입이 있을 수 있다. 또한 드론을 활용한 항공 촬영 및 아델리펭귄 개체들에 대한 로거 부착 등으로 동물에 대한 영향을 미칠 수 있으나 남극조약과 남극과학위원회(SCAR), 국가남극운영자위원회(COMNAP) 등에서 제공하는 지침을 준수하여 활동을 수행함으로써 남극 환경에 대한 영향을 줄여 그 영향은 사소하거나 일시적일 것으로 판단된다. 또한 본 환경영향평가에서 제시한 저감방안의 이행으로 영향은 더욱 감소할 것으로 예상된다.

따라서 국내외 사례와 본 평가서에서 제시한 활동의 규모와 강도를 고려할 때 활동으로 인한 환경 영향은 사소하거나 일시적일 것으로 판단되어 초기환경영향평가를 수행하였다.

2.3. 평가서 적용 법규 및 지침

제안된 활동을 위한 초기환경영향평가는 '환경보호에 관한 남극조약의정서' 와 부속서1에 기초한 '남극활동 및 환경보호에관한 법률' 과 그 시행령의 준수를 원칙으로 한다. 이와 관련하여 평가서의 내용은 동 의정서의 제3조 환경원칙(environmental principles) 2항 (c)에서 규정한 남극환경보호원칙에 관한 세부지침에 해당하는 '남극활동을 위한 환경영향평가 지침(Guideline for Environmental Impact Assessment in Antarctica)' 에서 제시하는 사항들을 고려하여 남극 환경영향평가서 작성에 관한 세부지침에 따라 작성되었다.

또한 활동 중 유류유출에 관한 대응방안, 폐기물 관리 및 외래종 유입방지 등과 관련한 지침은 남극조약 환경보호위원회(CEP), 국가남극운영자위원회(COMNAP)에서 제공하는 관련 지침 및 자료와 그에 기초하여 작성된 극지연구소 관련 지침에 따랐으며, 남극과학위원회(SCAR)의 육상 과학 현장 연구를 위한 행동 강령(Resolution 5, 2018)과 과학 목적을 위한 동물 이용 시 행동강령(Resoultion 4, 2019)등을 참고하였다. 동 평가서 작성에 적용 및 고려된 법규 및 지침 등의 자료는 아래 표 4에 정리하였다.

KOPRI 극지연구소

표 4. 환경영향평가서 적용 법규, 지침 및 관련 자료 목록

국내외 법규, 지침 및 문서	비고
남극활동및환경보호에관한법률 및 시행령	
남극 환경영향평가서 작성에 관한 세부지침(외교부고시 제2021-7호)	부록 2
Guidelines for the operation of aircraft near concentrations of birds in Antarctica (ATCM XXVII Resolution 2)	2004
COMNAP Fuel manual-v1	2008
Guidelines for Environmental Impact Assessment in Antarctica (Resolution 1, 2016)	
Non-Native Species Manual. Revision (CEP)	2019
SCAR's Environmental Code of Conduct for Terrestrial Scientific Field Research in Antarctica (Resolution 5, 2018)	
Environmental Guidelines for Operation of Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS) in Antarctica (Resolution 4, 2018)	
SCAR's Code of Conduct for the animal use for Scientific purpose (Resolution 4, 2019)	

KOPRI 극지연구소

3. 제안된 활동의 대안 설정 및 평가

3.1. 활동을 하지 않을 경우

제안된 활동은 우리나라가 중국, 이탈리아와 공동으로 제안하여 2021년에 지정된 ASPA No. 178의 보호가치 모니터링을 위한 활동과 이를 위한 안전 모듈 설치로 계획되었다. 환경보호의정서 제5부속서에 따라 Inexpressible섬에 서식하는 아델리펭귄을 비롯한 상위포식자의 모니터링 자료는 ASPA No. 178의 개정을 위해 활용된다.

제안된 활동을 하지 않을 경우 활동으로 인한 남극 환경에 대한 영향과 로거 부착으로 인한 아델리펭귄을 비롯한 남극도둑갈매기 등에 대한 영향은 없을 수 있으나, 아델리펭귄을 포함한 ASPA 178의 보호가치 모니터링을 위한 과학적 조사자료를 축적할 수 없어 보호구역 관리와 관리계획 개정에 필요한 자료 획득이 불가능 하다. 또한 안전 모듈 설치로 인한 해당 위치의 지반에 대한 영향은 없을 수 있으나 연구활동 인원의 안전을 보장하기 어려워 남극특별보호구역 관리국으로서의 역할을 수행할 수 없게 될 것이다.

4. 중점 평가 항목의 설정

4.1. 환경 영향 평가 대상 지역의 설정

제안된 활동은 Inexpressible Island의 ASPA 178 지역과 경계에 인접한 일부 지역으로 예상된다. 매우 짧은 시간 인근지역에 머무는 아라온호로 인한 대기오염물질로 인한 영향이 있을 수 있으나 그 영향은 매우 미미할 것으로 판단되어 평가 대상에서 제외하였다.

4.2. 중점 평가 항목 선정 및 사유

제안된 활동으로 인한 환경영향평가를 위해 중점 평가할 항목들을 선정하고자 1차적으로 각 활동별로 예상되는 환경 영향요소들을 식별하여 표 5로 정리하였다.

표 5. 활동으로 인해 영향이 예상되는 환경 요소들

활동내용 (Actions)	예상되는 환경 영향 요소들						
	대기오염물질	폐기물	소음	연료유출	동식물에 대한 교란	노출 지반에 대한 교란	외래종 유입
운송수단	X	-	X	X	-	-	X
조사활동 및 시료 채취	-	-	-	-	X	-	X
캠프 설치 및 운영	X	X	X	X	X	X	X

예측된 환경 영향 요소들이 남극의 자연 환경에 미치는 영향의 종류와 정도를 아래와 같이 도출하고 결정기준에 근거하여 중점 평가 항목을 결정하였다(표 6).

결정 기준

·사소하거나 일시적인 영향
·누적적 영향의 여부와 정도
·저감 대책의 유무
·원상복구의 가능성
·사고의 가능성

표 6. 중점 평가 항목 선정을 위한 매트릭스

환경영향 유발요소	자연환경영향의 종류 및 정도			
	대기	식물	동물	노출 지반
대기오염물질	소	-	-	-
폐기물	-	소	-	소
소음	-	-	중	-
연료 유출	-	소	-	소
노출지반에 대한 교란	-	-	-	소
동식물상교란		소	중	
외래종 유입	-	소	소	-

4.2.1. 대기 오염 물질

제안된 활동을 수행하기 위해서는 헬기 운항 및 캠프 운영을 위해 연료 사용이 필요하다. 헬기 운항과 발전기, 난방기 등의 운영에 따라 발생하는 대기오염물질은 남극 대기질에 영향을 미칠 수 있으므로 중점 항목으로 선정하였다.

4.2.2. 폐기물

캠프 운영 시 생활 오수와 분뇨, 음식물 쓰레기, 포장재 등의 폐기물 발생이 예상되고, 폐기물 관리가 부적절할 경우 그로 인한 남극 지반에 영향을 미칠 수 있어 중점 항목으로 선정하였다.

4.2.3. 소 음

이동 및 항공촬영을 위한 헬리콥터의 운항과 드론의 운영으로 펭귄에 대한 소음 영향이 있을 수 있어 평가항목으로 선정하였다.

4.2.4. 연료 유출

제안된 활동에는 캠프 난방, 소형 발전기에 연료 사용이 필요하다. 연료의 주유 시 소량의 유류가 유출될 가능성이 있으며, 연료의 운반 및 보관 시에도 유출 사고가 발생할 수 있다. 연료가 유출될 경우 주변 지반과 빙상을 오염시킬 수 있으므로 중점항목으로 선정하였다.

4.2.5. 노출지반에 대한 교란

캠프의 설치와 운영으로 인한 노출 지반에 대한 교란이 있을 수 있으며, 활동 인원의 이동으로 인한 답압이 있을 수 있어 평가 항목으로 선정하였다.

4.2.6. 동식물상 교란

캠프 설치 지역에서 연구자의 이동과 캠프 설치로 인해 주변 식물상에 대한 영향이 있을 수 있으며, 아델리펭귄, 남극도둑갈매기, 로거 부착으로 인해 각 개체들에 대한 교란이 있을 수 있어 평가 항목으로 선정하였다.

4.2.7. 외래종 유입

제안된 활동 수행을 위해 남극에 운송되는 연구장비를 포함한 각종 장비들과 활동 인원의 피복류, 개인 장비 등을 통해 의도하지 않은 외래종 유입이 있을 수 있다. 또한 남극 내 지역간 이동시 생물종의 이동이 발생할 수 있다. 외래종의 유입 이후 남극 환경에서의 정착은 남극 생태계를 교란시킬 수 있으므로 중점 평가 항목으로 선정하였다.

5. 활동지역의 초기 환경 상태

5.1. 지 형

KOPRI 극지연구소

난센빙붕으로 대륙 빙하와 연결된 Inexpressible Island는 빙하를 타고 내려오는 강한 바람에 의해 눈이 잘 쌓이지 않는 거력과 자갈로 이루어진 빙퇴석 지역이다. 또한 강한 바람에 의해 섬 앞에는 폴리냐가 자주 발생한다(그림 17).

그림 17. 해안가 펭귄군서지가 바라다 보이는 폴리냐 지역(좌), boulder로 이루어진 섬의 지반(우)

5.3. 기상

보호구역에 가깝고 가장 장기간 관측이 이루어진 Manuela AWS의 자료에 따르면 이 지역의 연평균 기온은 -18.5℃이며 연평균 최저기온은 -19.2℃(1998년)이었고 최대기온은 -17.4℃(2012)이었다. 겨울의 일평균 기온은 -35℃ 미만이고 최저기온은 -40.6℃(1992년 9월 2일)이며, 여름의 일평균 기온은 0℃를 넘어 6.9℃를 기록하였다. 연중 풍속은 14.2 m/s이고, 일평균 최태풍속은 34.2 m/s로 연중 바람이 센 지역으로 섬내는 대부분 눈이 쌓이지 않고 노출된 지역으로 섬의 동남쪽 해안지역에는 펭귄이 번식지로 이용하고 있다. 섬의 동쪽으로 폴리냐가 일찍 형성되어 펭귄이 바다로 접근하기 유리한 지역이다. 보호구역 내에 위치한 AWS(74° 54′ 04.02″ S, 163° 43′ 45.85″ E)의 관측자료에 따르면 1월 평균 기온은 -4.8℃, 평균풍속은 5.7 m/s 이며, 최대풍속은 18.1 m/s 이었다.

5.4. 동식물상

Inexpressible섬 지역의 지의류와 선태류 다양성은 특정 서식환경에서 높게 나타난다고 보고되어 있으며, 2016~2017년 조사 결과 ASPA 178 지역과 인근에서 9종의 지의류가 출현하였다(ASPA No. 178 관리계획 Measure 21, 2021). Seaview Bay의 펭귄 군서지 남쪽 바위 능선에서 이끼 *Bryum argentium*이 드물게 관찰된다.

조류는 2017년 집계에 따르면 아델리펭귄 25,089쌍이 번식하고, South Bay에 약 100쌍이 분포한다. 약 60쌍의 남극도둑갈매기가 분포한 것으로 조사되었으며 정확한 개체수는 추가 조사가 필요한 것으로 보고되고 있다. 황제펭귄, 윌슨바다제비, 흰풀마갈매기, 남극풀마갈매기도 가끔 관찰돠나 이들에 대한 번식 기록은 없다.

포유류는 웨델물범, 표범물범, 게잡이물범이 관찰되며, 코끼리물범의 준화석이 많이 발견되지만 테라노바만에서 코끼리물범이 출현하는 경우는 매우 드물다.

6. 활동으로 인한 영향 예측 및 저감 방안

6.1. 대기 오염 물질

6.1.1 영향 예측

제안된 활동으로 인해 발생하는 대기오염물질은 이동 및 운송을 위한 항공기 가동, 전자 장비 충전을 위한 발전기 가동, 캠프 운영을 위한 LPG 가스 이용 및 난방기로부터 발생한다. 영향 예측 범위는 주로 캠프가 운영되는 지역으로 예측된다.

제안된 활동에 필요한 장비 운영 및 캠프 운영시 예상되는 연료 사용량은 LPG 30 kg (조리 및 난방), 휘발유 10kg, 항공유(JP 5) 2,400리터로 예상되며 이로 인한 대기오염물질이 배출될 것이나 그 양은 미미할 것으로 예상된다. 또한 제안된 활동 지역은 대륙풍이 강하게 부는 지역으로 발생된 대기오염물질은 빠르게 확산되어 주변 환경에 대한 영향은 거의 없을 것으로 판단된다.

6.1.2 저감 방안

제안된 활동으로 인한 대기오염물질 발생을 줄이기 위하여 헬리콥터 운항 회수 및 가동 시간, 캠프 기간 등에 대한 가장 효율적인 조사 계획을 수립하여 활동할 계획이다.

6.2. 폐기물

6.2.1. 영향 예측

제안된 활동으로 인해 발생하는 폐기물은 캠프 운영 시 발생하는 음식물쓰레기와 일회용 음식물 포장, 캔, 플라스틱, 종이 등의 재활용 폐기물과 재활용이 어려운 일반 폐기물(음식물 등에 오염된 경우)이 발생할 것으로 예상된다. 지정폐기물로 빈 휘발유 용기과 주유 호스의 유류 제거용으로 사용한 흡착포, 배터리류가 발생할 것으로 예상된다. 또한 캠프 인원에 의한 생활 오수와 분뇨가 발생할 것으로 예측된다.

발생된 폐기물이 강한 바람에 노출될 경우 남극 환경에 대한 영향이 예상되며, 음식물과 분뇨 등 유기물이 방치될 경우 주변에 서식하는 조류나 육상 식물상에 영향을 미칠 수 있다.

6.2.2 저감 방안

활동 지역과 캠프의 관리는 SCAR에서 제공한 육상과학 현장 연구를 위한 행동강령의 ‘과학현장 사이트 관리’와 ‘야외 캠프’에 관한 제안에 기초하여 수행할 계획이다. 발생된 폐기물은 발생시 즉시 수거하여 1차 포장(비닐)하고 종류별로 보관하여 철수 시 전량 장보고기지로 운송한 후 ‘대한민국남극과학연구단 폐기물 관리지침 v.1.1’ (극지연구소와 환경부 2014)에 따라 처리할 계획이다. 음식물 쓰레기와 관련 포장재의 발생을 줄이기 위해 가능한 개별 포장이 아닌 인원 단위로 포장할 계획이다. 생활오수의 발생은 가능한 줄이고(식기 세척은 물티슈 사용 등) 수거할 계획이며, 인분도 전량 수거하여 기지로 운반, 처리할 계획이다. 지정폐기물 중 빈 휘발유 용기는 환기하여 보관하였다가 기지로 운송하여 처리할 계획이다. 리튬배터리는 습기에 취약하므로 접지 테이프 부착

후 밀봉하고 일반배터리는 접지 테이프 부착 후 분리하여 철수 시 기지로 운반하여 기지 반출 폐기물과 함께 국내로 반입하여 전문 업체를 통해 처리할 계획이다.

6.3. 소 음

6.3.1. 영향 예측

항공기를 이용한 이동 및 항공 촬영을 위한 드론의 운영으로 번식시기에 있는 조류에 대한 영향이 있을 수 있다.

6.3.2. 저감 방안

헬리콥터의 운항은 ASPA 178 관리계획의 헬리콥터 루트(관리계획 Map 2)를 준수하여 운항하며 보호구역 상공의 운항은 피하고, 드론은 80~100 m 이상에서 운항하여 번식개체들에 대한 영향을 최소화할 계획이다.

6.4. 연료 유출

6.4.1. 영향 예측

휘발유 용기에서 주유 중 소량의 연료가 유출될 수 있으며, 유출시 표층의 눈과 지반에 영향을 미칠 수 있다. 휘발유 용기의 운반과 보관 시 부주의로 인한 용기 파손으로 유류 유출이 발생할 수 있다.

6.4.2. 저감 방안

20ℓ 휘발유 용기의 운반은 헬리콥터를 활용하여 운반할 계획이며, 현장 보관이나 사용시 단단히 고정하여 움직지거나 손상되지 않게 관리한다. 혹시라도 있을 수 있는 유출에 대비하여 바닥보호시트 등을 깔고 보관할 예정이다.

6.5. 노출 지반에 대한 교란

6.5.1. 영향 예측

조사 캠프의 설치와 운영으로 인한 노출 지반에 대한 일시적인 교란과 반영구 안전모듈 설치로 인한 교란이 있을 수 있으며 활동 인원의 이동으로 인한 답압이 있을 수 있다.

6.5.2. 저감 방안

조사 캠프(텐트)의 설치로 인한 빙퇴석의 교란으로 노출 지반에 대한 영향이 있을 수 있으나 기존에 설치했던 지역을 재사용하여 지반에 대한 영향을 최소화할 계획이다. 또한 조사 인원의 이동으로 인한 답압이 있을 수 있으나 가능한 토양 형성 지역에서 이동을 피하고 돌이나 암반위로 이동하여 그 영향을 줄일 계획이다.

KOPRI 극지연구소

6.6. 동식물상 교란

6.6.1. 영향 예측

연구캠프 설치 지역에서 연구자의 이동과 캠프 설치로 인해 식물상에 대한 영향이 있을 수 있으며, 상위포식자인 아델리펭귄의 개체 인식표 부착으로 인해 동물들에 대한 교란이 있을 수 있다.

6.6.2. 저감 방안

캠프 설치로 인해 지반에 서식하는 식물에 영향을 미칠 수 있으나 캠프 설치지역은 해빙과 눈쌓임의 영향으로 식생 분포가 매우 빈약한 곳으로 선정되었다. 연구자의 이동 시 식생분포가 풍부한 지역을 피하고, 펭귄군서지는 펭귄의 답압과 분변의 영향으로 식생이 거의 없는 곳으로 식물상에 대한 영향은 미미할 것으로 예상된다.

포획을 동반하여 상위포식자의 이동특성을 조사하는 연구자들은 기본적으로 남극과학위원회(SCAR)에서 제공하는 과학목적의 동물 이용시 행동강령(부록 3)을 숙지할 것이다. 개체 인식표 부착시 동물에 대한 영향을 가능한 줄이기 위해 포획 직후 동물을 안정시키고, 신속하게 부착한 후 재방사 하도록 한다.

6.7. 외래종 유입

6.7.1. 영향 예측

연구 장비와 인원의 신발류를 비롯한 피복, 보급품 등의 표면 또는 내부에 선적전에 유입된 남극외래 생물의 유입이 발생할 수 있다. 또한 장보고기지에서 타지역으로 이동 시 토양이나 생물체가 남극 내에서 다른 환경도메인으로 이동할 가능성이 있다. 외래종 유입과 남극 지역 내 생물종의 지역 간 이동은 남극 생태계 고유의 과학적 가치를 저하시키고 남극 육상생태계에 대한 위험 요소가 될 수 있다.

6.7.2. 저감 방안

조사 인원, 장비 및 물품 등에 의하여 유입되어 확산될 수 있는 남극 외의 외래종 유입을 방지할 수 있도록 연구 장비와 물품 보급 전에 남극 환경보호위원회(CEP)의 Non-native species manual(2019)에 따라 검사하고 인원 파견 전에 COMNAP에서 개발한 외래종 교육 모듈(ATCM 2015)을 활용, 교육을 실시하여 장비, 인원들의 피복, 신발류 등을 철저히 세척, 살균하도록 할 계획이다.

또한 남극 내 지역 간 생물종의 이동을 방지하기 위해 기지 주변의 식물 개체나 일부가 조사 장비, 인원의 피복류에 묻어가지 않도록 점검하고 최대한 제거하여 이동할 계획이다.

6.8. 누적 영향

남극 활동으로 인한 누적 영향은 과거와 현재, 미래의 활동이 누적되어 환경에 미치는 영향이다. 제안된 활동이 이루어지는 지역은 관광객이 통행으로 인한 환경 영향과 장

기 모니터링 활동으로 인한 환경 영향이 누적될 수 있다.

남극 환경에 대한 누적 영향을 평가하고 최대한 저감하기 위해 캠프 지역에 대해 지속적인 모니터링과 제안된 저감방안에 따라 활동을 수행할 계획이다.

6.9. 영향 매트릭스

제안된 활동으로 인하여 예측되는 영향을 종합하여 표 7에 영향 매트릭스를 제시하였다. 활동의 세부 내용들은 환경적 스트레스 요인과 영향을 예측하여 각 스트레스 요인 및 영향의 가능성, 범위, 기간, 중요도의 정도에 따라 독립적으로 평가되었다. 평가 결과에 따라 각 스트레스 요인별 저감방안을 제안하였다.

표 7. 영향 매트릭스

활동	예측되는 영향	가능성	범위	기간	강도	저감 방안
운송 및 이동	• 대기오염물질 발생으로 인한 남극 대기질 저하 • 외래종 유입으로 인한 생태계 교란	낮음 낮음	이동경로 및 활동지역	약 10일	낮음	• 최적의 운송 및 이동 계획 수립 • 외래종 방지 교육실시 및 장비 점검
에너지 공급	• 대기오염물질 발생으로 인한 남극 대기질 저하 • 연료 유출로 인한 눈, 빙상의 오염	낮음 낮음	캠프 사이트	약 45일	낮음	• 연료유출 방지 교육실시 및 연료 주입시 2인 1조 원칙 준수, 방제물품 비치로 유출시 즉각 대처
조사 활동 및 시료채취	• 동물상에 대한 교란 • 식물상에 대한 교란	중간 낮음	캠프 및 조사 지역	약 45일	낮음	• 폐기물의 철저한 관리 및 전량 철수 • 필요 이상의 시료 채취 금지 및 불필요한 물리적 교란 최소화 • 식물상이 거의 없는 지역에서 활동
캠프 설치 및 운영	• 폐기물로 인한 눈, 지반 오염 • 캠프 설치로 인한 노출지 교란 • 외래종 유입으로 인한 생태계 교란	낮음 중간 낮음	캠프 사이트	약 45일	낮음	• 폐기물의 철저한 관리 및 전량 철수 • 지반에 영향을 최소화한 고정 방식 채택과 철거 후 가능한 원상복구 • 외래종 방지 교육실시 및 기지에서 연구 장비, 인원의 피복류 점검
연료 저장	• 연료 유출로 인한 눈, 지반 오염	낮음	항공유 보관소	약 45일	낮음	• 단단히 고정하여 바닥 보호시트 위에 보관, 주유 시 흡착포 사용

KOPRI 극지연구소

7. 결 론

제안된 활동은 남극특별보호구역 178번에 서식하는 상위포식자 생태모니터링과 관리계획에 따른 보호가치 모니터링을 목적으로 한다. 계획된 활동을 수행하기 위해서는 인원과 장비의 이동과 조사 캠프의 설치 및 운영을 위한 연료 공급과 제안된 지역에서 연구자의 활동이 필요하다.

상기의 제안된 활동으로 인해 발생할 수 있는 환경 영향은 연료 사용으로 인한 대기오염물질 배출, 캠프 설치로 인한 눈과 노출 지반에 대한 물리적 교란, 연료 주입 및 보관시 유출 가능성, 상위포식자의 개체군 규모 조사와 회귀율 조사로 인한 영향, 활동인원의 부주의로 인한 의도하지 않은 외래종의 유입과 남극 내 지역간의 생물종 이동이 예측되었다. 6절에서 예측된 환경 영향과 영향 매트릭스의 영향 범위 및 영향의 강도로 볼 때 제안된 활동으로 인한 남극환경 영향은 사소하거나 일시적일 것으로 판단된다. 또한 예측된 영향을 최소화하기 위해 수립된 저감 방안의 실행으로 그 영향은 더욱 감소 될 것으로 예상된다.

제안된 활동의 결과로 남극특별보호구역 178의 생태모니터링 자료는 관리계획의 개정뿐만 아니라 과학 논문 작성에 활용될 것이며, 또한 특별보호구역 설정의 실효성 검증에 활용될 것으로 기대된다.

KOPRI
극지연구소

8. 작성자 및 자문

[작성자]

- 김 지 희: 한국해양과학기술원 부설 극지연구소 생명과학연구본부 책임연구원 / 남극특별보호구역 모니터링 및 환경영향평가 분야 담당
- 김 종 우: 한국해양과학기술원 부설 극지연구소 생명과학연구본부 선임연구원 / 현장조사 실무책임자

[연락처]

- 환경영향평가관련 문의

  김 지 희 전화: 032-760-5512 e-mail: jhalgae@kopri.re.kr

- 현장 활동 계획관련 문의

  김 종 우 전화: 032-760-5519 e-mail: wildlife@kopri.re.kr

[자문 위원]

- 김 은 희 시민환경연구소 연구원 / 환경 분야
- 모 용 원 영남대학교 교수 / 모듈 및 현판 설치
- 정 옥 식 충남연구원 선임연구위원 / 조류 모니터링

KOPRI 극지연구소

9. 참고 자료

극지연구소, 환경부 2014. 대한민국 남극과학연구단 폐기물 관리지침 v.1.1

ATCM 2004. Resolution 2. Guidlines for the operation of aircraft near concentrations of birds in Antarctica.

ATCM 2018. Resolution 4. Environmental Guidelines for operation of Remotely Piloted Aircraft System in Antarctica. ATCM XLI.

ATCM 2018. Resolution 5. SCAR's Code of Conduct Terrestrial Scientific Field Research in Antarctica. ATCM XLI.

ATCM 2021. Measure 7. Management Plan for Antarctic Specially Protected Area(ASPA) No. 106 Cape Hallett, Northern Victoria Land, Ross Sea (170° 14´E, 72° 19´S).

BAS 2015. Initial Environmental Evaluation Science Projects On the Filchner-Ronne Ice Shelf, Antarctica. British Antarctic Survey.

CEP 2019. Non-native Species Manual, Revision.

https://www.ats.aq/devAS/EP/CEPHandbook?lang=e

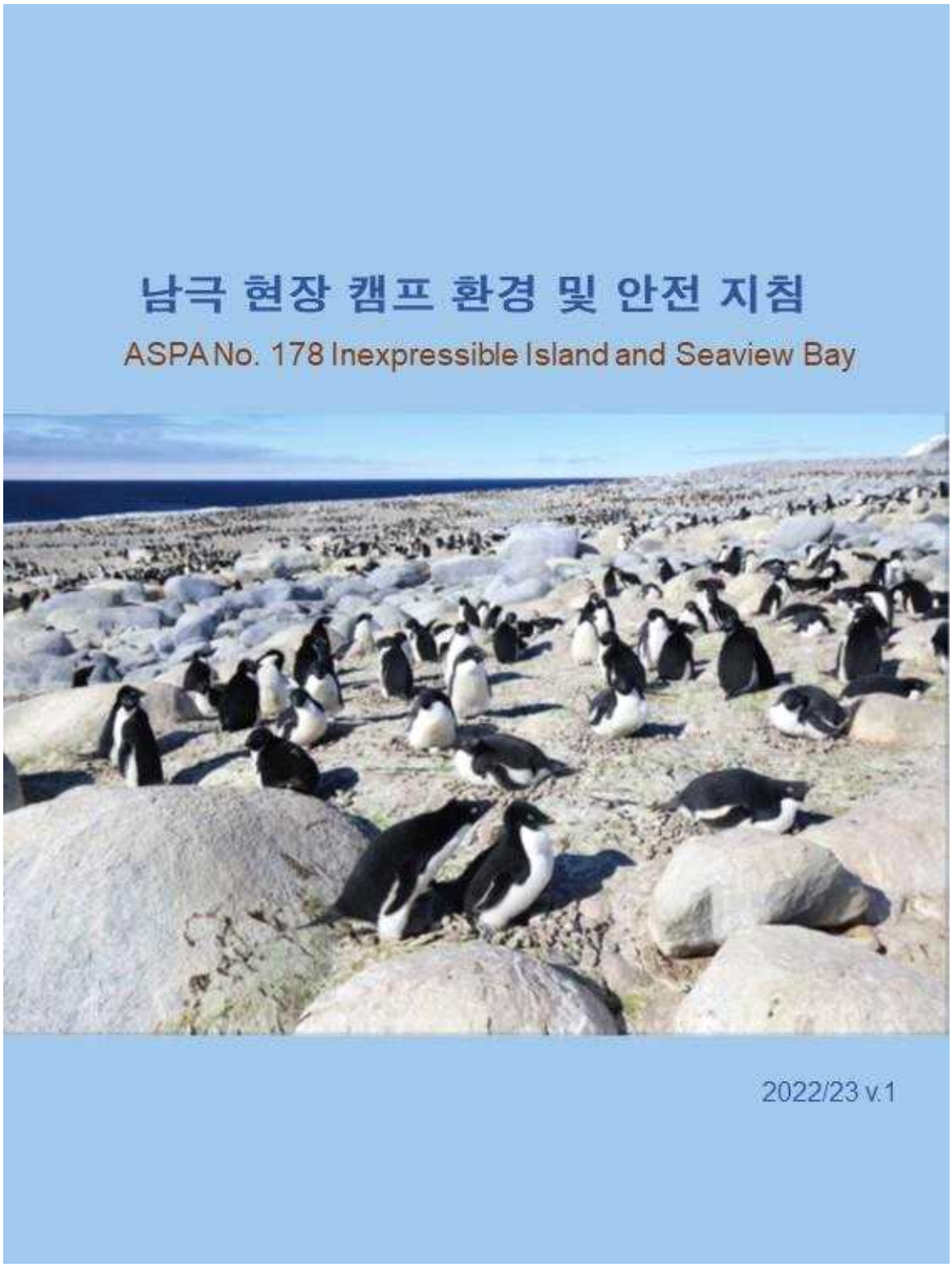
Kim J-H, Kim Y-S, Jung J-W, Lee WY, Kim H-C, Kim JH, Chung H, Shin HC. 2019. Adélie penguins' response to unmanned aerial vehicle at Cape Hallett in the Ross Sea region, Antarctica. WG-EMM-2019/36 Rev.1

Korczak-Abshire M, Kidawa A, Amarz A, Storvold R, Karlsen SR, Rodzewicz M, Chwedorzewska K, Znoj A. 2016. CCAMLR Science, 23, 1-16.

KOPRI 극지연구소

10. 부 록

부록 1. 남극 현장 캠프 환경 및 안전 지침 (ASPA No. 178)안



일러두기

모든 남극활동은 국내법인 '남극활동 및 환경보호에 관한 법률' 과 '남극조약에 대한 환경보호의정서' 에 따라 환경원칙을 준수하며 수행되어야 한다. 특히 남극특별보호구역내에서의 모든 활동은 남극조약협의당사국회의(ATCM)에서 채택한 관리계획을 준수하며 수행하여야 한다. 남극특별보호구역 No. 178 인익스프레시블섬 및 씨뷰만(Inexpressible Island and Seaview Bay)에서 활동을 계획하고있는 방문자들을 위해 작성되었으며, 남극조약 시스템 및 관련 기관에서 제공하는 다양한 환경 지침과 해당 구역 관리계획에 기초하였다.

목 차

ASPA No. 178 관리 계획에 따른 환경 지침

1. 특별보호구역의 보호 가치 01
2. 보호 목표 및 목적 02
3. 특별보호구역 관리 활동 03
4. ASPA No. 178에서의 특별 지침 04
   보호 구역 진입, 구역 내 이동 04
   보호구역 내에서 수행 가능한 활동 08
   구조물 / 장비의 설치, 변경 또는 철거 08
   야영장 위치 08
   반입이 제한되는 재료 및 유기체 10
   토착 동식물 포획 및 해로운 간섭 11
   허가증 소지자가 반입하지 않은 것들의 수집 또는 제거 11
   폐기물 처리 12
   관리계획의 목적을 달성하기 위한 필요조치 12
   활 동 보고 12

ASPA No. 178 인근 캠프 안전 사용 지침

1. 캠프구역 관리 방안 15
2. 캠프의 위치 및 안전 모듈의 설비 16
3. 사용 시 주의 사항 19
4. 사용 후 조치 사항 22

참고 자료
약어 설명
연락처

ASPA No 178 관리 계획에 따른 환경 지침
(ASPA No. 178 인익스프레시블섬 및 씨뷰만)

1. 특별보호구역의 보호 가치

- 아델리펭귄 (*Pygoscelis adeliae*) 번식지 (IBA No. 178)
- 아델리펭귄 미라 및 펭귄서식지 과거 퇴적물의 고생태학적 가치.개체군 동태, 유전적 구조변화 및 기후변화 탐구에 중요
- 남극도둑갈매기 번식지. 테라노바만 지역에서 번식 성공률이 낮은 남극도둑갈매기의 보존과 기후변화에 따른 개체군 모니터링 대상
- 주변 보호구역과 아델리펭귄 및 남극도둑갈매기 개체군의 비교 연구에 중요한 대조구
- 동남극 폴리냐 지역의 해양생태계. 해양 먹이사슬 구조 및 해빙 역학이 저서 및 원양 해양 생태계에 미치는 영향에 관한 연구의 최적지
- 펭귄 군서지 내외에 위치한 담수호의 독특한 군집 특성. 군서지 내 구아노로부터 영양 공급이 있는 호수(부영양호)와 없는 호수(빈영양호)의 비교 연구 지역
- 홀로세 기후변화 연구에 적합한 독특한 지리적 특성

2. 보호 목표 및 목적

관리 목표 및 목적:

- 보호구역에 대한 인간의 불필요한 교란을 차단하여 보호구역의 기능과 생태계의 중대한 변화, 구역의 가치가 저하되거나 실질적인 위험에 노출되는 것을 예방
- 테라노바만 및 인근 지역의 다른 아델리펭귄과 남극도둑갈매기 번식 개체군들과의 비교 연구를 비롯하여, 육상, 해양 및 호수 생태계의 장기 모니터링을 위한 대조구로서 구경과 환경적 가치 보존
- 아델리펭귄과 다른 생물종의 준화석 잔해 및 조류 발생성 토양 진화의 역사적 단서에 대한 지속적인 연구 허용
- 보호구역의 자연 생태계에 대한 과학연구는를 허용하되, 국제협력을 촉진하여 특히 토양, 동식물군의 과도한 표본 채집을 방지하여 구역 내 누적 영향을 감소시킴
- 다른 지역에서 충족될 수 없고 구역의 자연 생태계를 위협하지 않는 설득력 있는 이유를 지닌 교육 목적의 방문 허용
- 보호구역의 청정 생태계를 위협하거나 변화시킬 수 있는 외래종 및 병원균의 유입을 가능한 최대한 방지
- 관리계획의 목표를 지원하기 위한 관리 목적의 방문 허용

3. 특별보호구역의 관리 활동

- 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.
- 보호구역으로부터 50 km 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.
- 국가 남극 프로그램은 보호구역의 경계와 그 안에서 적용되는 제한 사항이 관련 지도 및 해상/항공 차트에 표시되도록 조치를 취해야 한다.
- 폐기된 장비나 자재는 환경 및 구역 가치에 악영향을 미치지 않는 한 최대한 제거되어야 한다.
- 필요한 경우(5년에 한 번 이상) 구역을 방문하여 지정된 목적에 부합하는지 여부를 평가하고 관리 및 유지관리 조치가 적절한지 확인한다.
- 이 지역에서 운영되는 국가 남극 프로그램은 구역에 미치는 전체 영향을 최소화하기 위해 함께 협의하고 이행될 예상 활동에 대한 정보를 공유한다..

4. ASPA No. 178에서의 특별 지침

보호구역 진입, 구역 내 이동

보호구역의 진입은 도보, 소형 보트 또는 헬리콥터를 통해서만 허용되며, 구역에 진입하기 전 의류(특히 모든 신발과 외투)와 야외 장비는 철저히 세척해야 한다.

도보에 의한 진입

- 특별한 접근 경로는 지정되어 있지 않으나, 과학적 목적으로 허가된 경우를 제외하고 용기 해변을 가로질러 걷는 것은 피한다.
- 야생동물과는 최소 5 m의 이격거리를 유지하며, 교란이 인지된 경우 가시적인 교란이 사라질 때까지 이격거리를 늘리거나 활동을 변경해야한다.

항공기에 의한 진입

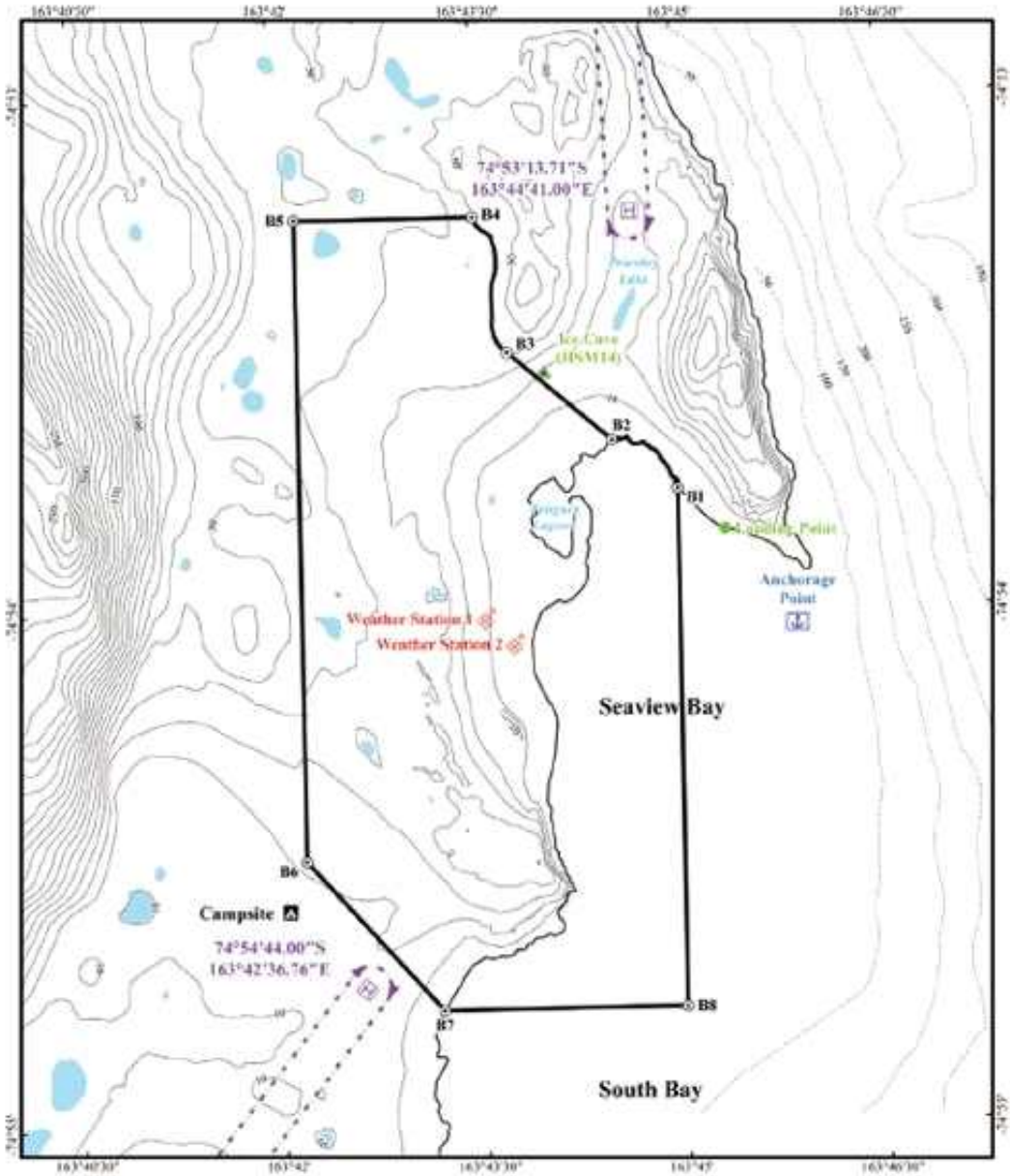
10월 15일부터 2월 15일까지는 헬리콥터 운항에 있어 다름과 같은 제한사항이 적용되며 저건을 엄격히 준수해야 한다.

- 헬리콥터 접근경로 및 착륙지점은 Map 2와 같다. 펭귄 군서지와 남극도둑갈매기 번식지의 상공비행을 피해야 한다. 최대한 지정된 접근 경로를 준수해야 하며, 펭귄 군서지 상공 비행을 초래할 수 있는 경우 비행을 중단해야 한다.
- 관리계획에서 허용하는 목적의 허가가 없는 한, 지역 내 헬리콥터 착륙은 금지된다.
- 관리계획에서 허가한 목적의 경우 이외에 2,000 ft (~610 m) 이하의 상공비행은 금지된다. 엔진이 2개인 헬리콥터는 최소 3,281 ft (1,000 m)의 비행 높이와 수평거리를 유지해야 한다.

- 기상조건이나 기타 안전상 고려사항으로 조종사가 지정된 접근경로 및 착륙장소를 준수하지 못할 경우, 조종사는 가능하면 이륙지점으로 돌아가거나 구역 밖에 착륙해야 한다. 비상시 구역 내 착륙은 허용된다.
- 구역 내에서 원격조종 항공기(RPAS)에 의한 조류 군서지 상공비행은 해당 국가기관이 발급한 허가에 의한 과학 또는 운영 목적으로만 허용되며, 이는 기본적으로 남극에서의 RPAS 운용에 대한 환경 가이드라인(Resolution 4, 2018, https://ats.aq)에 명시된 권고사항들이 준수되어야 한다.

선박/소형보트에 의한 진입

- 조디악형 공기팽창식 고무보트나 이와 유사한 크기 등 15인승 이하의 배를 지칭하는 소형보트의 경우 지정된 상륙지역은 없다.
- 일반 선박들은 Map 2에서 볼 수 있는 구역 밖(74°54′02.03″S, 163°45′52.31″E)에 정박할 것을 제안한다.
- 10월 15일부터 2월 15일까지의 펭귄 번식기에 소형보트는 B1과 B2 경계지점 사이의 씨뷰만 북동쪽 해안에 상륙해야 한다.
- 과학적인 목적으로 허가되지 않는 한, 다른 장소에 착륙하는 것은 금지된다.
- 경계지점 B1과 B2 사이의 상륙지에 접근할 때에는 교란을 최소화하고 펭귄과의 접촉을 피하기 위하여 저속으로 운항해야 한다.
- HSM14를 방문하기 위한 권장 상륙지점(74°53′50.96″S, 163°45′20.85″E)은 Map 2에 표시되어 있다.



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

Camp
Helicopter Landing Site
Weather Station
Landing Point
Helicopter Flight Route
Lake
Ice Cave
ASPA Boundary Point
Anchorage Point
Contour(10m)
Bathymetric Contour(50m)
ASPA Boundary

Kilometers
0 .25 .5 1

Projection: Transverse Mercator
Spheroid and horizontal datum: WGS84
Vertical datum:Mean Sea Level
Central Meridian:165°00'E
Latitude of Origin:0°00'
Data sources:Topography:Aircraft Approach:Jan 2013

보호구역 내에서 수행 가능한 활동

- 보호구역의 가치를 훼손시키지 않는 과학연구
- 다른 곳에서는 수행할 수 없는 설득력 있는 과학 연구
- 승인된 연구 프로그램에 필요한 최소한의 표본 채집
- 모니터링 및 감시를 포함한 필수적인 관리 활동
- 다큐멘터리 제작(예: 시청각 또는 서면)이나 교육자료 수집 등의 교육 및 문화 활동

구조물 / 장비의 설치, 변경 또는 철거

- 허가서에 명시된 과학 또는 관리상의 이유와 사전 설정된 기간을 제외하고는 구역 내에 구조물 또는 장비를 설치할 수 없다.
- 구역 내에 설치된 모든 구조물, 과학장비 또는 표지에는 허가국, 관리자, 설치일자 및 철거일자가 명시되어야 한다. 이러한 모든 항목들은 구역의 오염 위험을 최소화할 수 있는 재료로 제작되어야 하며, 유기물, 번식물(씨앗, 계란 등), 비멸균 토양 등이 배제되어야 한다.
- 구조물 및 장비의 설치(위치선정 포함), 유지보수, 개조 또는 제거는 구역 가치의 교란을 최소화하는 방식으로 수행되어야 한다.
- 구조물 및 장비는 더 이상 필요하지 않거나 허가 만료 시 반드시 제거되어야 한다.

야영장 위치

- 보호구역 내에서 영구적인 야영장 설치는 금지된다.
- 구역 외부에 야영지(74°54' 34.76" S, 163°42' 03.22" E)가 있다 (Map 2 참고).

반입이 제한되는 물질 및 유기체

환경보호에 관한 남극조약 의정서의 요구에 더하여 보호구역으로 반입될 수 있는 물질과 유기체의 유입은 다음과 같이 제한된다.

- 동물, 식물체, 미생물, 멸균되지않은 토양의 반입은 금지 된다.
- 동물, 식물재료, 미생물 및 멸균되지않은 토양이 생물학적으로 구별되는 다른 지역(남극조약 지역 내외)에서 우발적으로 유입되지 않도록 예방조치를 취해야 한다.
- 구역내로 반입되는 채집 장비와 마커가 청결한지 확인해야 한다. 구역으로 들어오기 전 신발 및 기타 장비(배낭, 운반백 및 텐트 포함)를 철저히 세척해야 한다. 또한 방문자는 CEP 외래종 매뉴얼(Resolution 4, 2016) 및 SCAR의 남극 육상과학 야외 연구를 위한 환경 행동 강령(Resolution 5, 2018)에 수록된 적절한 권고사항을 참고하여 준수해야 한다.
- 조리되지 않은 달걀 또는 가금류의 반입은 금지된다. 조리된 가금류 폐기물은 구역 밖으로 완전히 제거되어야 한다. (가공 및 조리된 가금류와 달걀 제품은 가능한 반입을 피해야 한다)
- 제초제 및 살충제의 구역 반입은 금지된다.
- 연료, 식품, 화학 물질 및 기타 물질은 특별히 허가를 득한 경우를 제외하고는 구역 내에 보관해서는 안 되며, 실수로 환경에 유입될 위험을 최소화하는 방식으로 보관 및 취급되어야 한다.
- 유입된 모든 물품은 허가받은 명시된 기간 동안만 사용해야 하며 기간 종료시까지 제거되어야 한다.

토착 동식물 포획 및 해로운 간섭

- 남극조약에 대한 환경보호의정서 제2부속서 제3조에 및 우리나라의 남극활동법에 따라 허가받은 경우를 제외하고 토착 동식물을 채집하거나 유해한 간섭은 금지된다.
- 동물 포획 및 유해한 간섭이 수반될 경우, 최소한의 기준으로 SCAR의 남극에서 과학적 목적을 위한 동물 이용 행동강령 (SCAR Code of Conduct for the Use of Animals for Scientific Purposes in Antarctica)을 준수 해야 한다.

허가증 소지자가 반입하지 않은 것들의 수거 또는 제거

특별히 허가를 받지 않은 한, 구역 방문자들은 인공 물질을 수집하거나 훼손해서는 안된다. 이와 유사하게 보존 및 보호를 목적으로 하는 유물의 이전이나 제거는 허가에 의해서만 허용된다. 발견되거나 새로 확인된 모든 인공 물질은 해당 국가기관에 통보해야 한다.

수집 또는 제거는 다음 조건에 따라 수행해야 한다.

- 허가서에 의해서만 구역에서 물질을 수집 또는 제거할 수 있으며, 과학적 또는 관리적 요구를 충족하는 데 필요한 최소로 제한되어야 한다.
- 구역의 가치를 훼손할 가능성이 크고 허가증 소지자 또는 다른 허가를 받은 사람이 구역으로 반입하지 않은 물질은, 제거의 영향이 물질을 그대로 두는 것보다 크지 않는 한 구역에서 제거될 수 있다. 단, 이 경우 당국에 알려 승인을 받아야 한다.

폐기물 처리

- 분뇨를 포함한 모든 폐기물은 구역에서 제거되어야 한다.

관리계획의 목적을 달성하기 위한 필요조치

- 분석 또는 검토를 위해 적은 수의 시료나 자료를 수집할 수 있는 모니터링 및 구역 감시 활동을 수행한다.
- 표지판, 마커, 구조물 또는 과학 장비를 설치하거나 유지 관리한다.
- 보호 조치를 이행한다.

활동 보고

- 보호구역을 방문한 허가증 소지자 그룹의 대표는 국가별 절차에 따라 실행 가능한 한 조속히 국가기관에 보고서를 제출해야 한다.
- 보고서에는 남극특별보호구역 관리계획 마련을 위한 개정 지침 (Resolution 2, 2011)의 부록 2 방문보고서 양식에 명시된 항목의 정보가 포함되어야 한다.
- 해당 국가기관은 구역 관리 및 관리계획 검토를 지원하기 위해 방문 보고서 사본을 관리계획 제안자에게 전달해야 한다.
- 보호구역에서 업무를 수행하는 당사자는 방문 보고서에 대한 정보를 매년 교환할 것을 권장한다. 가능한 경우, 당사자는 관리계획의 검토 및 구역의 과학적 활용을 도모하기 위해 방문 보고서의 원본 또는 사본을 대중적으로 접근이 가능한 저장소에 보관하도록 한다.

ASPA No 178 인근 캠프 안전 사용 지침

1. 캠프 구역 관리 방안

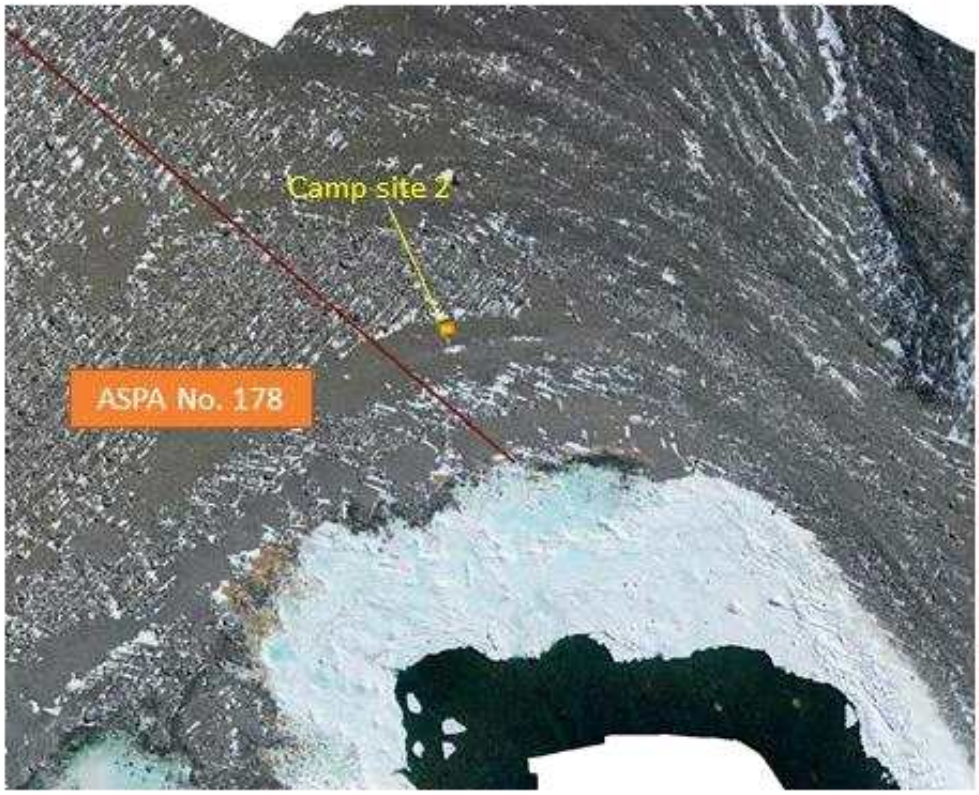
일반적인 환경영향 최소화 방안

- 제한된 과학 활동에 필요한 것보다 더 크지 않게 연구 지역을 설정한다.
- 활동 지역은 사용하는 동안 깔끔하게 유지한다.
- 이물질이 환경에 분산될 수 있는 활동은 피한다.
- 특히 스프레이 페인트, 나무 막대기 표식 등의 사용을 피하고 가능하면 텐트 나 간이 건물 안에서 톱질 또는 포장 해체 등의 활동을 한다.
- 호기심 많은 새(예, 도둑갈매기류, 펭귄)가 장비를 가져가지 않도록 주의 한다.
- 가능한 한 모든 예방 조치를 취하여 사람의 배설물과 생활하수를 수거하고 현장으로부터 제거 한다.
- 저온에서 부서지기 쉬운 재료(예, 폴리에틸렌 재질의 플라스틱)로 만들어진 품목의 사용은 피한다.
- 연료, 화학 물질 및 동위 원소(안정성 또는 방사성)를 취급 할 때, 유출 또는 의도하지 않은 환경 방출이 되지않도록 주의한다.
- 적절한 용기를 사용하여 연료와 화학 물질은 저장하고 취급한다.
- 연료 또는 기타 액체류를 취급 할 때는 물받이 트레이를 사용하고 강풍 상황에서 연료를 취급 할 때는 특히 주의 한다.
- 모든 환경 사고는 적절하게 보고한다(연구소 및 외교부).

2. 캠프의 위치 및 안전 모듈의 설비

캠프의 위치

극지연구소는 환경부의 지원을 받아 펭귄군서지 접근이 용이한 ASPA No. 178의 경계 B2 지점 (Map 2 참조) 인근에 반영구 모듈(Camp site 2, 75°06' 22.13" S, 163°44' 32.22" E)을 2023/24 시즌에 설치할 예정이다.



안전 모듈의 설비

- 보호구역 보호가치 모니터링과 관리계획 이행에 필요한 활동을 위해 최소한의 연구자 및 지원인력이 조사기간 동안 사용할 수 있는 설비이다.
- 인익스프레시블섬 Camp site 2에 설치될 반영구 모듈형 건물은 활동인원의 식사준비, 장비 충전 등을 위한 전력 공급, 연구활동에 필요한 준비 등을 위한 공간을 제공한다.
- 강풍 등의 기상악화시 반영구 모듈을 대피소로 활용하며, 숙박은 원칙적으로 모듈의 북동쪽 부지에 텐트를 설치하여 이용한다.

(모듈 설치 후 사진 교체 예정)

부록 2. 외교부고시 제2021-7호

외교부고시 제2021-7호

남극 환경영향평가서 작성에 관한 세부지침

제1장 총칙

제1조(목적) 이 지침은 「남극활동 및 환경보호에 관한 법률」(이하 "법"이라 한다) 제7조제5항, 같은 법 시행령(이하 "영"이라 한다) 제6조제1항 및 제2항, 같은 법 시행규칙(이하 "규칙"이라 한다) 제3조의 규정에 따라 환경영향평가서의 작성에 필요한 세부사항을 정함을 목적으로 한다.

제2조(정의) 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.

1. "영향"이란 남극 활동으로 인하여 환경에 변화를 가져오는 모든 영향으로 직접적인 영향과 간접적인 영향, 단기적인 영향과 장기적인 영향을 포함한다.
2. "대안"이라 함은 당해 남극활동으로 인하여 환경에 미치는 영향을 저감 또는 방지할 수 있는 모든 합리적인 방안으로서 입지, 규모, 기간 및 시기, 공법, 기타의 저감방안 등 조건이 다른 여러 가지 안을 말한다.
3. "저감"이라 함은 환경에 미치는 영향을 제거·감소·완화 시키는 것을 말한다.
4. "남극환경모니터링"이라 함은 법 제17조 규정에 의하여 남극활동의 허가를 받은 자가 해당 남극활동으로 인해 남극환경에 미치는 영향의 정도와 환경영향평가서에서 예측한 영향의 정확성을 파악하여 활동의 지속여부를 판단하기 위하여 조사·분석·평가하는 행위를 말한다.
5. 기타 이 지침에서 별도로 정하지 않은 용어의 정의는 법 제2조를 준용한다.

제2장 평가서 작성에 관한 사항

제3조(환경영향평가서의 구분) 환경영향평가서는 다음의 각 호의 구분에 따라 예비환경영향평가서, 초기환경영향평가서, 포괄적환경영향평가서로 구분되어 작성되어야 한다.

1. 예비환경영향평가서 : 단순 방문 등 남극환경에 극히 사소하거나 극히 일시적인 영향을 미칠 것으로 예상되는 경우
2. 초기환경영향평가서 : 건축물 또는 설비의 수선·변경 등 남극환경에 사소하거나 일시적인 영향을 미칠 것으로 예상되는 경우

3. 포괄적환경영향평가서 : 건축물 또는 설비의 신축·신설 등 남극환경에 사소하거나 일시적인 것을 넘는 심각한 영향을 미칠 것으로 예상되는 경우

제4조(예비환경영향평가서의 구성) 법 제7조제1항제1호에 의한 예비환경영향평가서에는 다음 각 호의 내용이 포함되어야 한다.

1. 요약문

가. 남극활동 및 남극환경영향에 대한 전반적인 요약

2. 활동의 개요

가. 남극활동 관련 정보(대상지역, 이동관련 정보, 남극체류날짜, 책임자 인적사항, 참가자 명단, 다른 남극협의당사국과의 공동활동 유무 등)

나. 남극활동 내용(목적 및 필요성, 활동 상세내용, 영향 및 파급효과 등)

다. [별표1]의 남극 환경영향 사전검토표의 각 항목에 대한 검토 내용

라. 환경관리계획 : 남극 활동에 따라 예상되는 환경영향에 대한 대응방안

마. 계획된 남극활동의 경로 및 주된 활동 지역을 확인할 수 있는 지도(각 국이 설치한 기지 인근 지역이 아닐 경우)

3. 평가수준의 결정근거

가. 제2호의 다목 및 라목을 근거로 남극활동으로 인한 환경영향 및 그에 대한 적절한 저감방안을 요약하여 평가수준을 예비환경영향평가로 설정한 사유 제시

제5조(초기환경영향평가서의 구성) 법 제7조제1항제2호에 의한 초기환경영향평가서에는 다음 각 호의 내용이 포함되어야 한다.

1. 요약문

가. 남극활동 및 남극환경영향평가에 대한 전반적인 요약문

나. 목적, 필요성, 현안, 고려된 대안, 현재의 환경상태, 각 대안별 영향에 관한 요약문

2. 활동의 개요

가. 남극활동 관련 정보(대상지역, 이동관련 정보, 남극체류날짜, 책임자 인적사항, 참가자 명단, 다른 남극협의당사국과의 공동활동 유무 등)

나. 남극활동 내용(목적 및 필요성, 활동 상세내용, 영향 및 파급효과 등)

다. 계획된 남극활동의 경로 및 주된 활동 지역을 확인할 수 있는 지도

3. 평가수준의 결정근거

가. 환경영향에 대한 전반적인 내용 요약

나. 환경관리계획 : 남극 활동에 따라 발생이 예상되는 환경영향에 대해 구체적인 저감방안 요약

다. 평가수준의 결정 근거 : 이미 실시된 바 있는 국내·외 초기환경영향평가의 사례와 가목 및 나목을 근거로 하여 평가수준을 초기환경영향평가로 설정한 사유 제시

4. 대안의 설정 및 평가

가. 남극활동의 목적 또는 필요성을 고려하여 지역, 규모, 인원, 시기 및 기간, 방법 등 해당 남극활동에 대한 대안 검토 내용

나. 남극활동이 이루어지지 않았을 때의 장래 환경 상태의 예측

5. 중점평가항목의 설정

가. 제8조의 규정에 따라 환경영향평가 대상지역을 설정

나. [별표2]의 평가항목 중 남극 활동으로 인해 가목의 대상지역에 직접적인 영향이 미치는 항목을 중점항목으로 선정

다. 선정된 중점항목에 대한 선정 사유

6. 항목별 주요 평가내용

가. 제9조를 참조하여 실시한 대상지역에 대한 현황 조사 내용

나. 제10조 및 제11조를 참조하여 남극활동으로 인한 직접적인 환경영향을 예측 및 평가하며, 동일 혹은 인근 지역에서 과거 시행되었거나 시행중인 혹은 계획 중인 활동으로 인한 누적적 영향을 포함

다. 오염저감방안은 제12조를 참조하여 가능한 모든 대안을 검토한 뒤 최적의 저감방안을 선정하여 그 이유와 함께 제시

7. 부록(평가관련 각종 참고자료)

가. 작성자 및 자문위원

나. 참고문헌, 색인, 용어해설 등

제6조(포괄적환경영향평가서의 구성) 법 제7조제1항제3호에 의한 포괄적 환경영향평가서에는 다음 각 호의 내용이 포함되어야 한다.

1. 요약문

가. 남극활동에 대한 전반적인 요약문

나. 목적, 필요성, 현안, 고려된 대안, 현재의 환경상태, 각 대안별 영향에 관한 요약

문

2. 활동의 개요

가. 남극활동 관련 정보(대상지역, 이동관련 정보, 남극체류날짜, 책임자 인적사항, 참가자 명단, 다른 남극협의당사국과의 공동활동 유무 등)

나. 남극활동 내용(목적 및 필요성, 활동 상세내용, 영향 및 파급효과 등)

다. 계획된 남극활동의 경로 및 주된 활동 지역을 확인할 수 있는 지도

3. 평가수준의 결정근거

가. 환경 영향에 대한 전반적인 내용 요약

나. 환경관리계획 : 남극 활동에 따라 발생이 예상되는 환경영향에 대해 구체적인 저감방안 요약

다. 평가수준의 결정 근거 : 이미 실시된 바 있는 국내·외 포괄적 환경영향평가의 사례와 가목 및 나목을 근거로 하여 평가수준을 포괄적환경영향평가로 설정한 사유 제시

4. 대안의 설정 및 평가

가. 남극활동의 목적 또는 필요성을 고려하여 지역, 규모, 인원, 시기 및 기간, 방법 등 해당 남극활동에 대한 대안 검토 내용

나. 남극활동이 이루어지지 않았을 때의 장래 환경 상태의 예측

5. 중점평가항목의 설정

가. 제8조의 규정에 따라 환경영향평가 대상지역을 설정

나. [별표2]의 평가항목 중 남극 활동으로 인해 가목의 대상 지역에 직접적인 영향 및 간접적인 영향이 미치는 항목을 중점항목으로 선정

다. 선정된 중점항목에 대한 선정 사유

6. 항목별 주요 평가내용(현황, 영향 예측 및 오염저감방안)

가. 제9조를 참조하여 실시한 대상지역에 대한 현황 조사 내용

나. 제10조 및 제11조를 참조하여 남극활동으로 인한 직접적인 환경영향과 간접적인 환경영향을 예측 및 평가하며, 동일 혹은 인근 지역에서 과거 시행되었거나 시행중인 혹은 계획 중인 활동으로 인한 누적적 영향을 포함

다. 오염저감방안은 제12조를 참조하여 환경영향에 대한 완화 및 복원방법을 포함하여 가능한 모든 대안을 검토한 뒤 최적의 저감방안을 선정하여 그 이유와 함께 제시

라. 사용된 환경영향 예측 기법 및 데이터

7. 남극환경모니터링 계획

가. 남극활동의 유형, 규모, 남극활동을 수행하는 장소의 환경특성을 고려하여 수립

나. 검증 가능한 가설 설정 및 모니터링할 분야 및 매체 선정

다. 자료 습득방법, 샘플링 설계, 자료 수집 빈도 및 시기

라. 조사 지역, 항목, 시기, 기간, 주기 또는 빈도, 인력 및 장비, 예상치 못한 상황 발생 시 대응계획

8. 남극활동으로 인한 불가피한 영향(저감할 수 없는 영향)

9. 현재의 기술로는 예상할 수 없는 불확실성 및 지식의 공백

10. 부록(평가관련 각종 참고자료)

가. 작성자 및 자문위원

나. 참고문헌, 색인, 용어해설 등

제7조(평가서작성에 관한 지침) ① 평가서는 과학적인 사실에 근거를 두고 객관적, 논리적으로 작성되어야 한다.

② 남극활동으로 인하여 환경에 미칠 각 영향의 중요도를 규명하여 중요한 사항을 집중적으로 고찰하여야 하며, 경미한 사항은 간략히 기술할 수 있다.

③ 평가서에 사용되는 전문용어에 대하여는 일반인이 이해할 수 있도록 해설을 붙여야 한다.

제8조(환경영향평가 대상지역의 설정) ① 제5조제5호가목 및 제6조제5호가목의 환경영향평가대상지역의 설정은 남극활동으로 인하여 환경에 영향을 미칠 것으로 예상되는 지역으로 하되, 환경영향이 미치는 지역의 범위는 과학적으로 예측·분석한 결과에 의하여야 한다.

② 제1항의 규정에 의한 환경영향 예측·분석에 사용된 기법 ,내용, 관련자료 등을 객관적으로 제시하고, 그 타당성을 명시하여야 한다.

제9조(환경현황조사) ① 제5조제6호가목 및 제6조제6호가목의 남극환경에 대한 현황조사는 국내·외 기존 남극활동에 관한 환경영향평가, 모니터링보고서, 관측활동 보고서 및 논문 등의 기존자료 또는 전문가의 의견을 듣는 방법으로 작성하되, 필요한 경우에는 현지조사를 실시 할 수 있다.

② 기존자료에 의한 조사를 실시하게 되는 경우에는 가장 최근의 자료를 인용하고 본문의 해당내용 하단에 인용문헌 또는 그 출처를 표기하여야 한다.

제10조(영향의 예측·분석) ① 제5조제6호나목 및 제6조제6호나목의 영향의 예측·분석은 환경현황조사내용을 토대로 당해 남극활동으로 인하여 변화되는 환경 인자를 고려하여 제12조의 저감대책의 수립 전·후로 나누어 실시하여야 한다.

② 평가항목 상호간에 관련이 큰 사항에 대하여는 상호 연계하여 영향의 예측·분석을 실시하여야 한다.

③ 영향의 예측·분석을 함에 있어서 현재의 기술적 상황을 고려하여 정량화가 가능한 경우에는 정량적 방법으로, 정량화가 곤란한 경우에는 객관적·정성적 방법으로 예측·분석하여야 한다.

④ 기지 건설 등 건설공사가 필요한 경우 공사 시와 운영 시로 나누어 작성하여야 한다.

제11조(예측·분석에 따른 평가) ① 제5조제6호나목 및 제6조제6호나목의 평가항목별로 예측·분석한 결과에 대한 평가 시 남극활동이 이루어지지 않았던 것처럼 남극 환경을 최대한 보전하는 관점에서 평가를 실시하여야 한다.

② 국내의 환경기준을 참고하거나 현재의 과학적 지식, 경험 및 외국에서 사용되고 있는 기준, 남극조약의 환경관련 결정 내용 등을 활용하여 남극 환경에 대한 영향의 최소화를 환경보전목표로 설정하고 이를 토대로 평가를 행한다.

제12조(저감대책의 수립) ① 제5조제6호다목 및 제6조제6호다목의 오염저감대책은 환경현황 및 영향의 예측·분석·평가 등의 내용을 토대로 합리적이고 구체적인 내용으로 수립되어야 한다.

② 평가서에 제시하는 저감방안에 대하여는 가능한 모든 대안을 비교하여 최적의 방안을 선정하여야 한다.

③ 기지 건설 등 건설공사가 필요한 경우 공사 시와 운영 시로 나누어 작성하여야 한다.

제13조(남극조약과의 관계) 평가서 작성 시 남극조약의 환경보호위원회와 기타 의정서 협의당사국이 정하는 남극환경 관련 결정, 기준 등에 부합되도록 작성한다.

제14조(비밀에 관한 사항) 평가서의 내용 중 비밀(대외비 포함)로 분류되어야 할 사항은 별책으로 분리·작성할 수 있다.

제15조(재검토기한) 외교부장관은 이 고시에 대하여 「훈령·예규 등의 발령 및 관리에 관한 규정」에 따라 2022년 1월 1일 기준으로 매 3년이 되는 시점(매 3년째의 12월 31일까지를 말한다)마다 그 타당성을 검토하여 개선 등의 조치를 하여야 한다.

부칙 <제2011-4호, 2011. 5. 23.>

제1조(시행일)이 지침은 고시한 날부터 시행한다.

제2조(남극 환경영향평가서 작성 등에 관한 적용례)이 지침은 시행일 이후 법 제5조에 따른 남극활동의 허가를 신청하는 건부터 적용한다.

부칙 <제2021-7호, 2021.5.10. >

제1조(시행일)이 지침은 고시한 날부터 시행한다.

[별표 1] 생략

[별표 2]

평가항목 및 항목별 주요평가내용

평가항목	주요평가내용
1. 대기	o 배출원별 오염물질의 특성 분석 및 저감방안 o 연료사용계획 및 열공급방식 검토·분석 o 풍향·풍속과 오염물질의 확산 관계 및 저감대책
2. 기상	o 기온, 증발량, 일조시간, 안개일수, 적설량 등 기상변화 예측 및 대책 o 남극활동으로 인한 국지기상의 변화 및 대책
3. 수질 및 수자원	o 수계의 현황(유속, 유량, 수위, 수질)과 이에 미치는 영향 및 대책 o 오염원 발생 시 오염원별 특성 분석 및 오·폐수 처리대책 o 용수공급계획과 용수사용량과의 관계분석(용수사용량 저감 및 재이용계획포함) o 처리수 방류지점 선정에 관한 분석 o 지하수의 수맥차단, 수량감소 및 오염방지대책
4. 해양환경	o 오염물질 등으로 수질에 미치는 영향 및 대책 o 해수유동상태의 변화 및 그에 따른 수질예측과 저감대책(대안의 선정·비교 등) o 해저지형 및 수심의 변화정도에 따른 영향 및 대책 o 해안생태계 및 동·식물에 미치는 영향 및 대책
5. 빙설(氷雪)	o 빙상, 빙하, 빙붕의 분포 및 형상 o 빙상, 빙하, 빙붕의 교란 위치·범위 및 표층의 변화 예측 및 대책

	o 빙하의 이동 방향 o 항구적인 노출지대 및 융설(融雪)에 따른 무설지역의 범위 및 시기
6. 토양	o 지표 교란의 위치 및 범위 예측 및 대책 o 기름, 독극물, 슬러지 및 오염물질의 저장, 운반, 이용 등에 따른 영향 및 대책 o 오·폐수 방류구 부근의 토양오염 및 방지대책
7. 지형 및 지질	o 역사적·경관적·학술적·문화적 또는 자연환경보전상 보전가치가 있는 지형·지질의 조사 및 보전대책 o 지형변화(지반침하, 지각운동, 기반암의 심도와 특성, 지하수 유출, 침강, 퇴적 등)를 야기하는 지형·지질의 특성파악, 영향의 정도 및 대책
8. 동식물	o 동·식물 개체군, 군집, 군락의 변화예측 및 대책 o 토착종, 희귀종, 멸종위기에 처한 종의 유무에 대한 검토 및 대책 o 온배수 배출에 따른 주변 해양 동·식물상 변화예측 및 대책 o 생물의 번식기, 철새도래지 등을 고려한 활동 시간대의 조정필요성 여부 o 동·식물의 이동로, 서식·생육환경의 교란 및 훼손여부와 그에 따른 영향 및 대책 o 동·식물상과 종 및 개체수의 분포상황, 종의 다양도 산출 및 보전대책 o 자연식생의 보존 방안 o 의도하지 않은 외래종 유입 방지 대책
9. 남극 자산 및 특별구역	o 남극사적 기념물의 보전에 대한 영향 예측 및 대책 o 남극 특별보호구역 및 특별관리구역에 대한 영향 예측 및 대책
10. 폐기물	o 폐기물의 성상별 발생량 예측 및 처리대책 (반출, 재활용 방안 등의 검토·분석)
11. 소음·진동	o 소음원 조사 및 저감대책 o 소음·진동을 고려한 시간대별 활동계획 o 폭약사용 등으로 인한 소음·진동예측 및 저감대책
12.과학기지 운영 및 과학연구 활동 <신설>	o 남극과학연구의 가치를 저하시키는 요소의 존재 여부 및 대책 o 과학기지 운영을 방해하는 요소의 존재 여부 및 대책 o 과학연구 활동 및 실험을 간섭 또는 방해하는 요소의 존재 여부 및 대책

3. 남극과학위원회(SCAR)의 과학 목적을 위한 동물 이용 시 행동강령(CoC) (Resolution 4 2019)

배 경

1. SCAR의 본 CoC는 동물과 관련된 연구를 하는 과학 컴뮤니티를 위한 가이딩 원리를 제공하고자함. 국가들의 행동강령은 동물 종에 대한 범위가 다양하지만, 경우에 따라 무척추동물 일부와 모든 척추동물을 포함하기도 함. 남극의 고유 동물상을 다루는 행위(killing, capturing, handling, taking) 시 지침을 제공하기 위한 남극조약에 대한 환경보호의정서 부속서 II의 3조, 6문단의 해당 부분과 함께 본 CoC를 참고할 것

서 론

2. 본 CoC는 인간이 모든 동물들을 존중해야할 도덕적 의무와 동물의 고통과 기억에 대한 능력을 고려해야함을 인식하고 개발되었음. 그러나 경우에 따라 동물들 전반에 대한 이익을 위해, 또는 중요한 지식의 발전 등과 같은 합리적인 기대가 있을 경우 동물을 이용한 과학적 연구가 수행되고 있음을 인식하고 있음
3. 본 CoC는 실행 가능한 경우 다른 방법을 찾아봄으로써 실험과 과학적 목적을 위한 동물의 이용을 제한할 필요성을 인지하고 있음
4. 본 CoC는 과학적 목적으로 동물 활용 시 동물을 보호하고, 피할 수 없는 경우 발생할 수 있는 통증, 고통, 지속적인 피해를 최소로 유지하고자 공동의 규칙을 채택토록 하고자함
5. 국가적인 동물복지법이 존재함을 인식하고, 본 CoC는 그러한 법적인 프레임을 지원하고 보조하기 위함이며, 국가적인 규범을 대체하지 않음

행동 강령(CoC)

6. 인류와 동물의 건강과 웰빙을 위한 수단의 발전과 생물학적 지식의 진보를 위해 살아있는 포유류와 다양한 종의 조류에 의존한 실험들이 요구되고 있음. 그러나 이러한 실험은 독립적인 윤리 위원회의 비용/편익(cost/benefit) 분석을 받은 후에만 수행될 수 있어야 함. 얻어질 편익은 동물 이용 및 비용관점에서 최대화 되어야하며 고통은 최소이어야 함. 윤리검토 과정에서 그러한 실험이 대체되거나 축소, 개선될 수 있는지 검토되어야 함
7. 동물을 사용해야만 하는 연구는 수학적 모델, 컴퓨터 시뮬레이션과 생체외(in vitro) 시스템이 해결하려는 문제에 대해 부적합하거나 효과적이지 못한 경우에만 실시해야 함
8. 실험에 선정된 동물은 적절한 종과 질, 그리고 과학적으로 타당한 결과를 낼 수 있는 최소한의 수이어야 함
9. 연구자 또는 다른 인원은 지각 있는 동물을 다룰 때 실패해서는 안되며, 적절하게 돌보고 윤리적 요구로서 불편함, 고통, 아픔을 피하거나 최소화하도록 해야 함. 특히

척추동물의 경우에

10. 연구자는 인간에게 고통을 일으킬 수 있는 실험절차는 발달된 신경시스템을 가진 다른 동물들의 고통을 유발할 수 있음을 고려해야함
11. 동물에게 순간적이거나 최소한의 고통 또는 아픔보다 더 큰 고통을 주는 수술절차의 경우 동물 병원에서 사용하고 있는 진통제, 무통제 또는 마취제를 사용할 것. 신경근 차단제는 적절한 수준의 마취 또는 무통제 없이 사용하지 말 것
12. 실험 후 영구적인 고통, 불편함 또는 장애를 갖게 되어 고통을 덜어줄 수 없는 경우 고통 없이 안락사 시킬 것
13. 과학적 목적으로 포획하여 동물을 관리할 경우 가능한 가장 좋은 생활 조건과 보살핌을 줄 것
14. 연구자의 소속 기관장 또는 대학의 책임자는 동물 이용 절차에 대해 적절한 자격과 경험을 가지고 있는 연구자가 연구를 수행하도록 보증할 책임이 있음. 경험이 있는 직원이 감독하는 시스템이 있어야 함. 연구인원은 그들의 보살핌 하에 있는 동물을 적절하고 인도적으로 취급 하도록 훈련되어야 함. 보살핌에 대한 문화가 정립도고 권장되어야 함

KOPRI
극지연구소

남극 현장 캠프 환경 및 안전 지침

ASPA No. 178 Inexpressible Island and Seaview Bay

2025 v.1

일러두기

모든 남극 활동은 국내법인 '남극활동 및 환경보호에 관한 법률'과 '남극조약 환경보호 의정서'에 따른 환경 원칙을 준수하여 수행되어야 합니다. 특히, 남극특별보호구역(ASPA) 내에서의 모든 활동은 남극조약협의당사국회의에서 채택한 ASPA 관리계획을 준수하여야 합니다. 본 지침은 남극에서의 육상 현장 조사를 계획 중인 방문자를 위해 마련된 것으로, 특히 ASPA No. 178 Inexpressible Island & Seaview Bay 활동을 위한 것입니다. 이 지침은 ASPA 관리계획과 남극조약체제 및 관련 기관들이 제공하는 다양한 환경 지침을 바탕으로 작성되었습니다.

Inexpressible Island and Seaview Bay (ASPA No. 178)

목 차

ASPA No. 178 관리 계획에 따른 환경 지침

1. 특별보호구역의 보호 가치 01
2. 보호 목표 및 목적 02
3. 특별보호구역 관리 활동 03
4. ASPA No. 178에서의 특별 지침 04
   - 보호 구역 접근, 구역내 이동 또는 상공 비행 04
   - 보호구역내에서 수행 가능한 활동 08
   - 구조물 / 장비의 설치, 변경 또는 철거 08
   - 캠프 위치 08
   - 반입이 제한되는 재료 및 유기체 10
   - 토착 동식물 포획 및 해로운 간섭 11
   - 허가증 소지자가 반입하지 않은 것들의 수집 또는 제거 11
   - 폐기물 처리 12
   - 활 동 보고 12

ASPA No. 178 인근 캠프 안전 사용 지침

1. 캠프 구역 관리방안 15
2. 캠프의 위치와 안전 모듈 설비 16
3. 사용 시 주의 사항 19
4. 사용 후 조치 사항 21

참고 자료
약어 설명
연락처

ASPA No 178 관리 계획에 따른 환경 지침
(ASPA No. 178 인익스프레시블섬 및 씨뷰만)

1. 특별보호구역의 보호 가치

- 아델리펭귄 (*Pygoscelis adeliae*) 번식지 (IBA No. 178)
- 아델리펭귄 미라 및 펭귄서식지 과거 퇴적물의 고생태학적 가치.개체군 동태, 유전적 구조변화 및 기후변화 탐구에 중요
- 남극도둑갈매기 번식지. 테라노바만 지역에서 번식 성공률이 낮은 남극도둑갈매기의 보존과 기후변화에 따른 개체군 모니터링 대상
- 주변 보호구역과 아델리펭귄 및 남극도둑갈매기 개체군의 비교 연구에 중요한 대조구
- 동남극 폴리냐 지역의 해양생태계. 해양 먹이사슬 구조 및 해빙 역학이 저서 및 원양 해양 생태계에 미치는 영향에 관한 연구의 최적지
- 펭귄 군서지 내외에 위치한 담수호의 독특한 군집 특성. 군서지 내 구아노로부터 영양 공급이 있는 호수(부영양호)와 없는 호수(빈영양호)의 비교 연구 지역
- 홀로세 기후변화 연구에 적합한 독특한 지리적 특성

2. 보호 목표 및 목적

관리 목표 및 목적:

- 보호구역에 대한 인간의 불필요한 교란을 차단하여 보호구역의 기능과 생태계의 중대한 변화, 구역의 가치가 저하되거나 실질적인 위험에 노출되는 것을 예방
- 테라노바만 및 인근 지역의 다른 아델리펭귄과 남극도둑갈매기 번식 개체군들과의 비교 연구를 비롯하여, 육상, 해양 및 호수 생태계의 장기 모니터링을 위한 대조구로서 구경긔 환경적 가치 보존
- 아델리펭귄과 다른 생물종의 준화석 잔해 및 조류 발생성 토양 진화의 역사적 단서에 대한 지속적인 연구 허용
- 보호구역의 자연 생태계에 대한 과학연구는를 허용하되, 국제협력을 촉진하여 특히 토양, 동식물군의 과도한 표본 채집을 방지하여 구역 내 누적 영향을 감소시킴
- 다른 지역에서 충족될 수 없고 구역의 자연 생태계를 위협하지 않는 설득력 있는 이유를 지닌 교육 목적의 방문 허용
- 보호구역의 청정 생태계를 위협하거나 변화시킬 수 있는 외래종 및 병원균의 유입을 가능한 최대한 방지
- 관리계획의 목표를 지원하기 위한 관리 목적의 방문 허용

3. 특별보호구역의 관리 활동

- 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 헤치지 않는 방향으로 배치한다.
- 보호구역으로부터 50 km 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.
- 국가 남극 프로그램은 보호구역의 경계와 그 안에서 적용되는 제한 사항이 관련 지도 및 해상/항공 차트에 표시되도록 조치를 취해야 한다.
- 폐기된 장비나 자재는 환경 및 구역 가치에 악영향을 미치지 않는 한 최대한 제거되어야 한다.
- 필요한 경우(5년에 한 번 이상) 구역을 방문하여 지정된 목적에 부합하는지 여부를 평가하고 관리 및 유지관리 조치가 적절한지 확인한다.
- 이 지역에서 운영되는 국가 남극 프로그램은 구역에 미치는 전체 영향을 최소화하기 위해 함께 협의하고 이행될 예상 활동에 대한 정보를 공유한다..

4. ASPA No. 178에서의 특별 지침

보호구역 진입, 구역 내 이동

보호구역의 진입은 도보, 소형 보트 또는 헬리콥터를 통해서만 허용되며, 구역에 진입하기 전 의류(특히 모든 신발과 외투)와 야외 장비는 철저히 세척해야 한다.

도보에 의한 진입

- 특별한 접근 경로는 지정되어 있지 않으나, 과학적 목적으로 허가된 경우를 제외하고 융기 해변을 가로질러 걷는 것은 피한다.
- 야생동물과는 최소 5 m의 이격거리를 유지하며, 교란이 인지된 경우 가시적인 교란이 사라질 때까지 이격거리를 늘리거나 활동을 변경해야한다.

항공기에 의한 진입

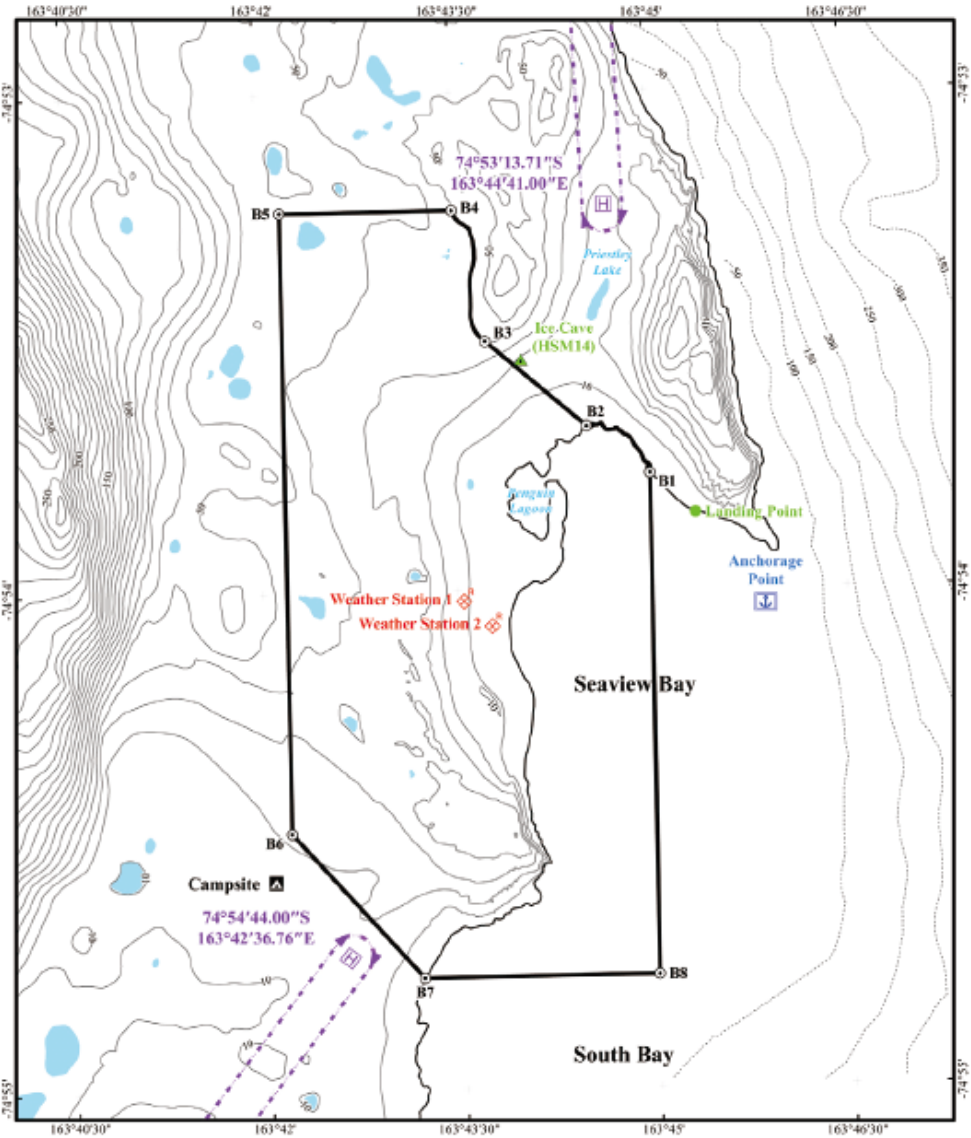
10월 15일부터 2월 15일까지는 헬리콥터 운항에 있어 다름과 같은 제한사항이 적용되며 저건을 엄격히 준수해야 한다.

- 헬리콥터 접근경로 및 착륙지점은 Map 2와 같다. 펭귄 군서지와 남극도둑갈매기 번식지의 상공비행을 피해야 한다. 최대한 지정된 접근 경로를 준수해야 하며, 펭귄 군서지 상공 비행을 초래할 수 있는 경우 비행을 중단해야 한다.
- 관리계획에서 허용하는 목적의 허가가 없는 한, 지역 내 헬리콥터 착륙은 금지된다.
- 관리계획에서 허가한 목적의 경우 이외에 2,000 ft (~610 m) 이하의 상공비행은 금지된다. 엔진이 2개인 헬리콥터는 최소 3,281 ft (1,000 m)의 비행 높이와 수평거리를 유지해야 한다.

- 기상조건이나 기타 안전상 고려사항으로 조종사가 지정된 접근경로 및 착륙장소를 준수하지 못할 경우, 조종사는 가능하면 이륙지점으로 돌아가거나 구역 밖에 착륙해야 한다. 비상시 구역 내 착륙은 허용된다.
- 구역 내에서 원격조종 항공기(RPAS)에 의한 조류 군서지 상공비행은 해당 국가기관이 발급한 허가에 의한 과학 또는 운영 목적으로만 허용되며, 이는 기본적으로 남극에서의 RPAS 운용에 대한 환경 가이드라인(Resolution 4, 2018, https://ats.aq)에 명시된 권고사항들이 준수되어야 한다.

선박/소형보트에 의한 진입

- 조디악형 공기팽창식 고무보트나 이와 유사한 크기 등 15인승 이하의 배를 지칭하는 소형보트의 경우 지정된 상륙지역은 없다.
- 일반 선박들은 Map 2에서 볼 수 있는 구역 밖(74°54′02.03″S, 163°45′52.31″E)에 정박할 것을 제안한다.
- 10월 15일부터 2월 15일까지의 펭귄 번식기에 소형보트는 B1과 B2 경계지점 사이의 씨뷰만 북동쪽 해안에 상륙해야 한다.
- 과학적인 목적으로 허가되지 않는 한, 다른 장소에 착륙하는 것은 금지된다.
- 경계지점 B1과 B2 사이의 상륙지에 접근할 때에는 교란을 최소화하고 펭귄과의 접촉을 피하기 위하여 저속으로 운항해야 한다.
- HSM14를 방문하기 위한 권장 상륙지점(74°53′50.96″S, 163°45′20.85″E)은 Map 2에 표시되어 있다.



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

Camp
Helicopter Landing Site
Weather Station
Landing Point
Helicopter Flight Route
Lake
Ice Cave
ASPA Boundary Point
Anchorage Point
Contour(10m)
Bathymetric Contour(50m)
ASPA Boundary

Kilometers
0 .25 .5 1

Projection: Transverse Mercator
Spheroid and horizontal datum: WGS84
Vertical datum:Mean Sea Level
Central Meridian:165°00'E
Latitude of Origin:0°00'
Data sources:Topography:Aircraft Approach:Jan 2013

보호구역 내에서 수행 가능한 활동

- 보호구역의 가치를 훼손시키지 않는 과학연구
- 다른 곳에서는 수행할 수 없는 설득력 있는 과학 연구
- 승인된 연구 프로그램에 필요한 최소한의 표본 채집
- 모니터링 및 감시를 포함한 필수적인 관리 활동
- 다큐멘터리 제작(예: 시청각 또는 서면)이나 교육자료 수집 등의 교육 및 문화 활동

구조물 / 장비의 설치, 변경 또는 철거

- 허가서에 명시된 과학 또는 관리상의 이유와 사전 설정된 기간을 제외하고는 구역 내에 구조물 또는 장비를 설치할 수 없다.
- 구역 내에 설치된 모든 구조물, 과학장비 또는 표지에는 허가국, 관리자, 설치일자 및 철거일자가 명시되어야 한다. 이러한 모든 항목들은 구역의 오염 위험을 최소화할 수 있는 재료로 제작되어야 하며, 유기물, 번식물(씨앗, 계란 등), 비멸균 토양 등이 배제되어야 한다.
- 구조물 및 장비의 설치(위치선정 포함), 유지보수, 개조 또는 제거는 구역 가치의 교란을 최소화하는 방식으로 수행되어야 한다.
- 구조물 및 장비는 더 이상 필요하지 않거나 허가 만료 시 반드시 제거되어야 한다.

야영장 위치

- 보호구역 내에서 영구적인 야영장 설치는 금지된다.
- 구역 외부에 야영지(74°54' 34.76" S, 163°42' 03.22" E)가 있다 (Map 2 참고).

반입이 제한되는 물질 및 유기체

환경보호에 관한 남극조약 의정서의 요구에 더하여 보호구역으로 반입될 수 있는 물질과 유기체의 유입은 다음과 같이 제한된다.

- 동물, 식물체, 미생물, 멸균되지않은 토양의 반입은 금지 된다.
- 동물, 식물재료, 미생물 및 멸균되지않은 토양이 생물학적으로 구별되는 다른 지역(남극조약 지역 내외)에서 우발적으로 유입되지 않도록 예방조치를 취해야 한다.
- 구역내로 반입되는 채집 장비와 마커가 청결한지 확인해야 한다. 구역으로 들어오기 전 신발 및 기타 장비(배낭, 운반백 및 텐트 포함)를 철저히 세척해야 한다. 또한 방문자는 CEP 외래종 매뉴얼(Resolution 4, 2016) 및 SCAR의 남극 육상과학 야외 연구를 위한 환경 행동 강령(Resolution 5, 2018)에 수록된 적절한 권고사항을 참고하여 준수해야 한다.
- 조리되지 않은 달걀 또는 가금류의 반입은 금지된다. 조리된 가금류 폐기물은 구역 밖으로 완전히 제거되어야 한다. (가공 및 조리된 가금류와 달걀 제품은 가능한 반입을 피해야 한다)
- 제초제 및 살충제의 구역 반입은 금지된다.
- 연료, 식품, 화학 물질 및 기타 물질은 특별히 허가를 득한 경우를 제외하고는 구역 내에 보관해서는 안 되며, 실수로 환경에 유입될 위험을 최소화하는 방식으로 보관 및 취급되어야 한다.
- 유입된 모든 물품은 허가받은 명시된 기간 동안만 사용해야 하며 기간 종료시까지 제거되어야 한다.

토착 동식물 포획 및 해로운 간섭

- 남극조약에 대한 환경보호의정서 제2부속서 제3조에 및 우리나라의 남극활동법에 따라 허가받은 경우를 제외하고 토착 동식물을 채집하거나 유해한 간섭은 금지된다.
- 동물 포획 및 유해한 간섭이 수반될 경우, 최소한의 기준으로 SCAR의 남극에서 과학적 목적을 위한 동물 이용 행동강령 (SCAR Code of Conduct for the Use of Animals for Scientific Purposes in Antarctica)을 준수 해야 한다.

허가증 소지자가 반입하지 않은 것들의 수거 또는 제거

특별히 허가를 받지 않은 한, 구역 방문자들은 인공 물질을 수집하거나 훼손해서는 안된다. 이와 유사하게 보존 및 보호를 목적으로 하는 유물의 이전이나 제거는 허가에 의해서만 허용된다. 발견되거나 새로 확인된 모든 인공 물질은 해당 국가기관에 통보해야 한다.

수집 또는 제거는 다음 조건에 따라 수행해야 한다.

- 허가서에 의해서만 구역에서 물질을 수집 또는 제거할 수 있으며, 과학적 또는 관리적 요구를 충족하는 데 필요한 최소로 제한되어야 한다.
- 구역의 가치를 훼손할 가능성이 크고 허가증 소지자 또는 다른 허가를 받은 사람이 구역으로 반입하지 않은 물질은, 제거의 영향이 물질을 그대로 두는 것보다 크지 않는 한 구역에서 제거될 수 있다. 단, 이 경우 당국에 알려 승인을 받아야 한다.

폐기물 처리

- 분뇨를 포함한 모든 폐기물은 구역에서 제거되어야 한다.

관리계획의 목적을 달성하기 위한 필요조치

- 분석 또는 검토를 위해 적은 수의 시료나 자료를 수집할 수 있는 모니터링 및 구역 감시 활동을 수행한다.
- 표지판, 마커, 구조물 또는 과학 장비를 설치하거나 유지 관리한다.
- 보호 조치를 이행한다.

활동 보고

- 보호구역을 방문한 허가증 소지자 그룹의 대표는 국가별 절차에 따라 실행 가능한 한 조속히 국가기관에 보고서를 제출해야 한다.
- 보고서에는 남극특별보호구역 관리계획 마련을 위한 개정 지침 (Resolution 2, 2011)의 부록 2 방문보고서 양식에 명시된 항목의 정보가 포함되어야 한다.
- 해당 국가기관은 구역 관리 및 관리계획 검토를 지원하기 위해 방문 보고서 사본을 관리계획 제안자에게 전달해야 한다.
- 보호구역에서 업무를 수행하는 당사자는 방문 보고서에 대한 정보를 매년 교환할 것을 권장한다. 가능한 경우, 당사자는 관리계획의 검토 및 구역의 과학적 활용을 도모하기 위해 방문 보고서의 원본 또는 사본을 대중적으로 접근이 가능한 저장소에 보관하도록 한다.

부록 2. 남극특별보호구역 방문 보고 양식 (Resolution 2, 2011)

1) ASPA 번호:
2) ASPA 명:
3) 허가 번호(permit number):
4) 허가 기간:
5) 허가 발행 기관:
6) 보고 일자:
7) 책임 허가서 소지자 연락처:

    이름:
    직업 및 직위:
    전화번호:
    Email:

8) 인원수

    허가 받은 인원:

    실제 보호구역 출입 인원:

9) 해당 허가서로 보호구역에 출입한 인원 명단:
10) 해당 허가서의 보호구역 방문 목적:
11) 허가서 상의 방문 일자 및 기간:
12) 보호구역 입출 및 구역 내 이동수단:
13) 보호구역에서 수행한 활동 요약:

14) 시료 채취 정보 및 위치 (시료의 종류, 양, 시료 채취를 위해 허가 받은 사항 등):

15) 표식, 계측기, 설치 또는 제거된 장비, 환경에 방출된 물질 등에 대한 설명 및 위치(새로운 설치물이 보호구역에서 어떻게 유지되는지에 주목하여):

16) 방문 기간 중 관리계획 준수를 위해 취한 조치:

17) (해당되는 경우) 보호구역 지도 복사본에 캠프 위치, 육상/바다/항공 이동 또는 루트, 시료채취 위치, 설치물, 의도치 않은 유출, 영향, 이전에 기록된 바 없는 특별히 의미 있는 지형 또는 특이점을 표시하여 첨부. 가능한 해당 위치의 GPS 값을 제공:

18) 기타 다른 의견 이나 정보:

- 해당 방문과 이전 방문자들에 의한 영향을 구분하여 보호구역에 대한 인간 영향의 관찰결과:
- 보호구역으로 지정된 가치가 적절히 보호되고 있는 지 평가:
- 보호구역에서 이전에 기록된 바 없는 특별히 의미 있는 지형, 특이점:
- 구조물, 표식 등의 위치와 상태 평가를 포함한 보호구역의 가치 보호에 요구되는 추가 관리 조치에 대한 권고 사항:
- 해당 방문 중 관리계획의 규정에서 벗어난 경우, 그 날짜, 규모 및 위치 기록:

ASPA No 178 인근 캠프 안전 사용 지침

1. 캠프 구역 관리 방안

일반적인 환경영향 최소화 방안

- 제안된 과학 활동에 필요한 것보다 더 크지 않게 연구 지역을 설정한다.
- 활동 지역은 사용하는 동안 깔끔하게 유지한다.
- 이물질이 환경에 분산될 수 있는 활동은 피한다.
- 특히 스프레이 페인트, 나무 막대기 표식 등의 사용을 피하고 가능하면 텐트 나 간이 건물 안에서 톱질 또는 포장 해체 등의 활동을 한다.
- 호기심 많은 새(예, 도둑갈매기류, 펭귄)가 장비를 가져가지 않도록 주의 한다.
- 가능한 한 모든 예방 조치를 취하여 사람의 배설물과 생활하수를 수거하고 현장으로부터 제거 한다.
- 저온에서 부서지기 쉬운 재료(예, 폴리에틸렌 재질의 플라스틱)로 만들어진 품목의 사용은 피한다.
- 연료, 화학 물질 및 동위 원소(안정성 또는 방사성)를 취급 할 때, 유출 또는 의도하지 않은 환경 방출이 되지않도록 주의한다.
- 적절한 용기를 사용하여 연료와 화학 물질은 저장하고 취급한다.
- 연료 또는 기타 액체류를 취급 할 때는 물받이 트레이를 사용하고 강풍 상황에서 연료를 취급 할 때는 특히 주의 한다.
- 모든 환경 사고는 적절하게 보고한다(연구소 및 외교부).

2. 캠프의 위치 및 안전 모듈의 설비

캠프의 위치

극지연구소는 환경부의 지원을 받아 아델리펭귄 군서지 접근이용이한 ASPA No. 178의 경계 B2 지점 (Map 2 참조) 인근에 반영구 모듈(75°06’ 22.13" S, 163°44’ 32.22" E)을 2025년 1월 설치하였다.

안전 모듈의 설비

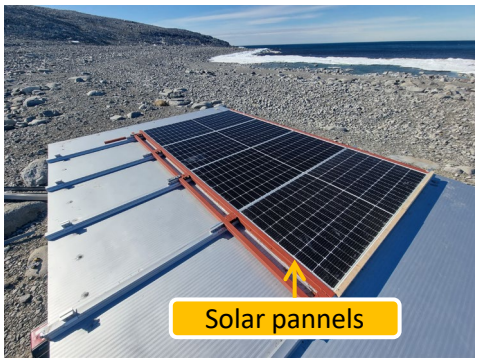
- 보호구역 보호가치 모니터링과 관리계획 이행에 필요한 활동을 위해 최소한의 연구자 및 지원인력이 조사기간 동안 사용할 수 있는 설비이다.
- 반영구 안전 모듈은 활동인원의 식사준비, 연구장비 충전 등을 위한 전력 공급, 연구활동에 필요한 준비 등을 위한 공간을 제공한다.
- 강풍 등의 기상악화시 대피소로 활용하며, 숙박은 원칙적으로 모듈의 북동쪽 부지에 텐트를 설치하여 이용한다.

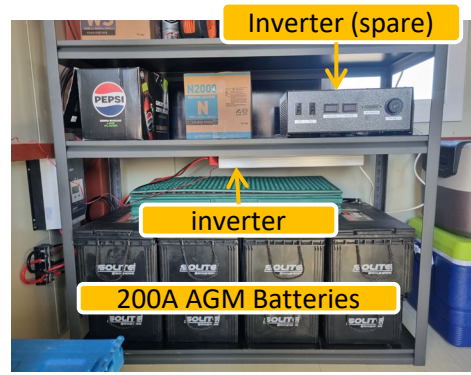
- 안전 모듈 운영에 필요한 에너지는 지붕에 설치된 2 kW 태양광 발전시스템을 이용한다.
- 안전 모듈에는 비상시를 대비한 최소한의 식료품과 물을 보관한다.
- 활동 계획 수립 시 폐기물 수거를 위한 용기를 발생 폐기물에 맞게 준비하고 활동 종료 후 모든 폐기물은 장보고기지로 반출하여 처리한다.
- 비상시 사용을 위한 빈 폐기물 용기 2개 (30 L)를 라벨을 붙여 모듈 내부에 비치한다.

3. 사용 시 주의 사항

태양광 발전 시스템

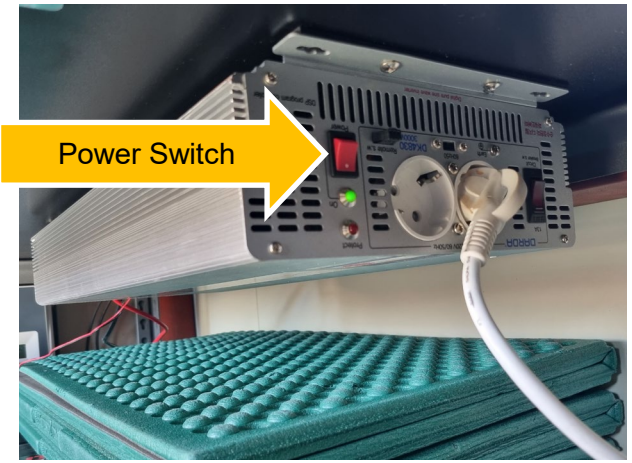
- 인익스프레시블섬 안전캠프 모듈에서 필요한 에너지는 지붕에 설치된 태양광 발전시스템(4 x 500 W)으로 생산한다.
- 모듈 내부에 인버터(3kW DC AC inverter)와 여분의 인버터가 보관되어 있다.
- 발전된 전력은 8개의 200A AGM 배터리(4S2P 48V)에 저장 된다.
- 태양광 발전시스템의 위치와 명칭은 사진과 같다.

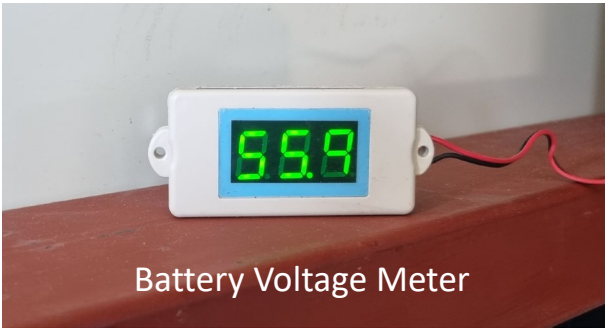




태양광 발전 시스템 사용법

- 태양광 발전 시스템을 사용할 때는 인버터의 스위치 켠다.
- 사용하지 않을 때는 인버터의 스위치를 꺼둔다.
- 배터리 전압이 46.5V 이하로 떨어지면 전력 공급이 차단된다. 47.5V 이상이 되면 전력 공급이 재개된다.
- 배터리의 전압이 너무 높을 경우 안전상의 이유로 인버터가 자동으로 꺼진다.





4. 사용 후 조치 사항

전기 시스템

- 태양광 발전시스템은 사용전과 동일한 상태로 되돌려 놓는다.
- 전기 시스템에 이상이 있거나 다음 사용자가 알아야할 사항은 본 지침의 마지막 쪽에 명시된 현장활동 책임자에게 연락한다.

물품 사용량 및 재고 조사

- 미리 계획하지 않고 비상시 안전 모듈과 내부 소모품 등을 사용한 경우 물품별 사용량과 사용자를 기록한다.
- 가능한 경우, 사용한 양만큼 채워주거나, 어려울 경우 현장활동 책임자에게 사용물품과 사용량을 알려주어 재보급시 참고할 수 있도록 한다.

안전 모듈 정리 및 문단속

- 안전 모듈의 내부는 가능한 사용 전과 동일하게 정리한다.
- 특히 열원이나 전기시스템은 전원을 뽑아 전기를 차단하고, 사용하고 남은 유류와 폐기물은 전량 장보고기지나 인근 기지로 반출하여 처리한다.
- 철수할 때는 출입문과 창문이 잘 닫혀 있는지 다시 한 번 확인한다.

극지연구소(KOPRI) 해당 연구팀 이외에 안전 모듈을 사용하고자 할 경우 사전에 현장활동 책임자와 협의하고, 비상시 사용한 경우에는 사용내역에 대해 현장활동 책임자에게 알린다. 환경문제 발생 시에는 본 지침에 따라 조치하고 환경자문에게 알린다.

참고 자료

- 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.

남극조약 데이터베이스:

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

약어 설명

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 Vehiche
RPAS	Remotely Piloted Aircraft System
SCAR	Scientific Committee of Antarctic Research

연락처

김 지 희 (연구책임자 및 환경자문) jhalgae@kopri.re.kr

김 종 우 (현장 연구 및 활동 책임자) wildlife@kopri.re.kr

남극 환경 영향 저감 노력은
지속가능한 연구를 위한 노력

환경부

극지연구소

Environmental and Safety Guidelines for Antarctic Field Camp

ASPA No. 178 Inexpressible Island and Seaview Bay

2025 v.1

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. 178 Inexpressible Island & 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

ASPA No. 178 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 21

References
Abbreviations
Contact Points

Environmental Guidelines on Management Plan

(ASPA No. 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

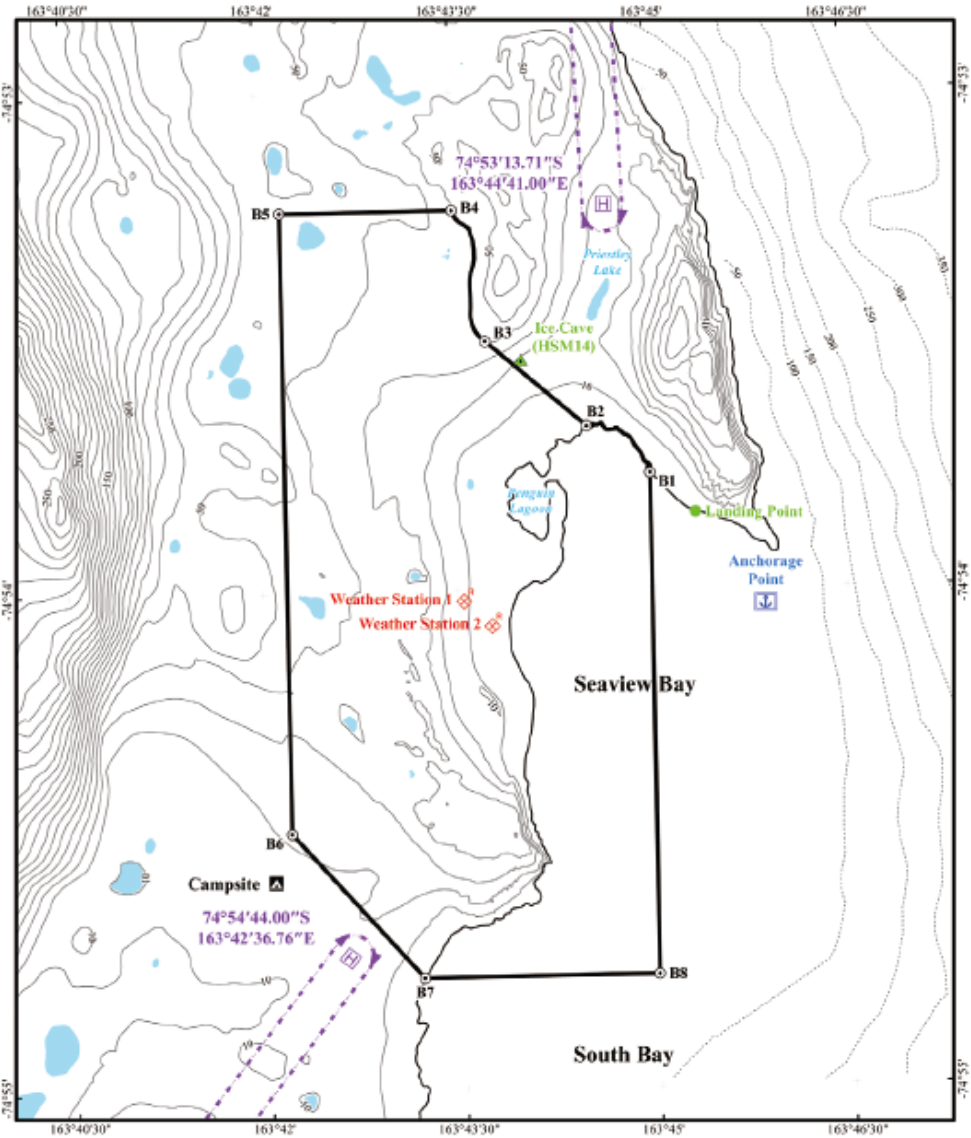
According to the breeding habitats in this area, restrictions on helicopter apply during the period from 15 October through to 15 February inclusive according to strict observance of the following conditions.

- 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

Camp
Helicopter Landing Site
Weather Station
Landing Point
Helicopter Flight Route
Lake
Ice Cave
ASPA Boundary Point
Anchorage Point
Contour(10m)
Bathymetric Contour(50m)
ASPA Boundary

Kilometers
0 .25 .5 1

Projection: Transverse Mercator
Spheroid and horizontal datum: WGS84
Vertical datum:Mean Sea Level
Central Meridian:165°00'E
Latitude of Origin:0°00'
Data sources:Topography:Aircraft Approach:Jan 2013

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

ASPA No. 178 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 Korea Polar Research Institute, with the support of the Ministry of Environment, installed a semi-permanent safety module (75°06'22.13" S, 163°44'32.22" E) near boundary B2 of ASPA No. 178 (refer to Map 2) in January 2025, which is easily accessible to penguin colonies.

Safety Module Facilities

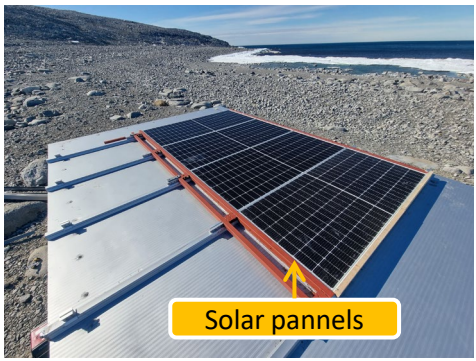
- The facility is for the minimal number of researchers and support staff to use during their investigation period, necessary for monitoring and managing the protected value of ASPA No. 178 and implementing management plans.
- The semi-permanent safety module provides space for activities such as meal 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.

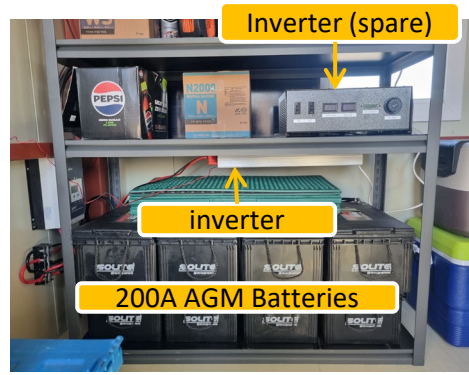
- The energy required for the operation of the safety module is provided by a 2 kW solar power generation system installed on the roof.
- The safety module stores a minimum supply of emergency provisions and water.
- When establishing activity plans, prepare containers appropriate for the expected waste, 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

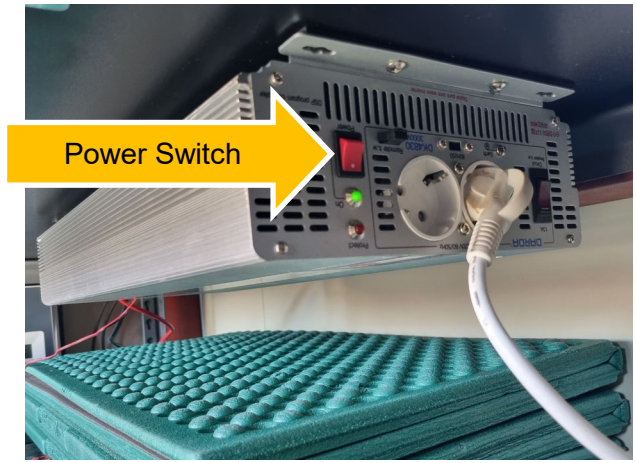
- The necessary energy for the safety module on Inexpressible Island is produced by a solar power generation system (4 x 500 W).
- Inside the module, a 3kW DC-AC inverter and a spare inverter are stored.
- The electricity generated by the solar panels is stored in eight 200A AGM batteries (4S2P 48V configuration).
- The location and name of the solar power generation system are as shown in the photograph.

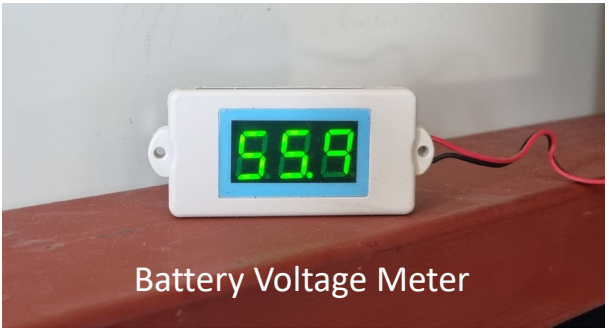




Solar Power Generation System Operation

- To use the solar power generation system, turn on the inverter.
- When not in use, the inverter switch is turned 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.
- For safety reasons, the inverter automatically shuts off when the battery voltage is too high.





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 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 leaving, double-check that the door and windows are properly closed.

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 Vehiche
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

WP 30

ENG

Agenda Item:	CEP 9a
Presented by:	Korea (ROK)
Original:	English
Submitted:	04 Apr 2024

Revision of the Management Plan for Antarctic Specially Protected Area (ASPA) No. 171, Narębski Point, Barton Peninsula, King George Island

KOPRI
극지연구소

ASPA No. 171, Narębski Point, Barton Peninsula, King George Island

1. Is a new ASPA proposed?	No
2. Is a new ASMA proposed?	No
3. Does the proposal relate to an existing ASPA or ASMA?	Yes. ASPA No. 171
First designation:	Measure 13 (2009)
First adoption of management plan:	Measure 13 (2009)
Any revisions to management plan:	Measure 11 (2014) Measure 8 (2019)
Current management plan:	Measure 8 (2019)
Any extensions of expiry dates of management plan:	No
Renamed and renumbered by Decision 1 (2002) as:	N/A
Other relevant measures:	N/A
4. If the proposal contains a revision of an existing management plan, please indicate the types of amendment:	
(i) major or minor?	Minor
(ii) any changes to the boundaries or co-ordinates?	No
(iii) any changes to the maps? If yes, are the changes in the captions only or also in the graphics?	No
(iv) any change to the description of the area that is relevant to identifying its location or its boundaries?	No
(v) any changes that affect any other ASPA, ASMA or HSM within this area or adjacent to it? In particular, please explain any merger with, incorporation of or abolition of any existing area or site.	No
(vi) Other - brief summary of other types of changes, indicating the paragraphs of the management plan in which these are located (especially helpful if the plan is long).	• Section 6(i) *Climate* has been updated with the latest Meteorological data. *Penguins* and *Other birds*, and *Vegetation* have been updated according to recent five years' data. • The following text has been added under section 7(vi) *Restriction on material and organisms which may be brought into the Area*'s sixth bullet: In the event of a warning regarding HPAI (Highly

KOPRI 극지연구소

	Pathogenic Avian Influenza), consulting the guidance provided by COMNAP on HPAI is recommended. • Supporting Documentation has been updated. • A range of editorial amendments have been made throughout, including for consistency with the provisions of other ASPA management Plans and with newly adopted Resolutions after last revision.
5. If a new ASPA or ASMA is proposed, does it contain any marine area?	N/A
6. If yes, does the proposal require the prior approval of CCAMLR in accordance with Decision 9 (2005)?	N/A
7. If yes, has the prior approval of CCAMLR been obtained? If yes, please provide the CCAMLR Final Report and Paragraph No.	N/A
8. If the proposal relates to an ASPA, what is the primary reason for designation (*i.e.*, which part under Article 3.2 of Annex V)?	Article 3.2 (c) areas with major colonies of breeding native birds, (e) areas of particular interest to ongoing scientific research
9. If relevant, have you identified the main Environmental Domain represented by the ASPA/ASMA? (Refer to the 'Environmental Domains Analysis for the Antarctic Continent' appended to Resolution 3 (2008).) If yes, the main Environmental Domain should be noted here.	Yes. Domain A (Antarctic Peninsula northern geologic)
10. If relevant, have you identified the main Antarctic Conservation Biogeographic Region represented by the ASPA/ASMA? (Refer to the 'Antarctic Conservation Biogeographic Regions' appended to Resolution 6 (2012).) If yes, the main Antarctic Conservation Biogeographic Region should be noted here.	Yes. ACBR 3 (North-west Antarctic Peninsula Regions)
11. If relevant, have you identified any Antarctic Important Bird Areas (Resolution 5 (2015)) represented by the ASPA/ASMA? (Refer to the 'Important Bird Areas in Antarctica 2015 Summary' appended to ATCM XXXVIII - IP 27 and the full report available at: http://www.era.gs/resources/iba/) If yes, the Important Bird Area(s) should be noted here.	N/A

KOPRI 극지연구소

Revision of Management Plan for Antarctic Specially Protected Area (ASPA) No. 171, Narębski Point, Barton Peninsula, King George Island

Summary

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

Background

ASPA No. 171 Narębski Point (62°13′40″- 62°14′ 23″ S, 58°45′25″ - 58°47′00″ W) is located at the Barton Peninsula in King George Island, South Shetland Islands, and the Area was designated as ASPA under Measure 13 (2009), following a proposal by the Republic of Korea, and the management plan was first revised under Measure 11 (2014) and Measure 8 (2019).

The primary reason for the designation of Narębski Point as ASPA No. 171is to protect its ecological, scientific, and aesthetic values. Long-term protection and monitoring of the diverse range of species and assemblages at the Area will contribute to developing appropriate regional and global conservation strategies, and provide comparative information with other locations.

The Republic of Korea has conducted a review of the Management Plan for ASPA No. 171, Narębski Point, as required under Article 6.3 of Annex V of the Protocol on Environmental Protection to the Antarctic Treaty.

KOPRI 극지연구소

Summary of amendments

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

- Information within the *Description of Values to be Protected* and *Description of the Area* has been updated.
- New information on meteorological data and faunal changes, such as the number of breeding penguins and the list of reported species confirmed through recent monitoring activities, are updated (Section 1 & 6(i)).
- The following text has been added under section *7(vi) Restriction on material and organisms which may be brought into the Area*: In the event of a warning regarding HPAI (Highly Pathogenic Avian Influenza), consulting the guidance provided by COMNAP on HPAI is recommended.
- The section *Supporting documentation* has been updated.
- A range of editorial amendments have been made throughout, including for consistency with the provisions of other ASPA management Plans and with newly adopted Resolutions after last revision.

Recommendation

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

KOPRI
극지연구소