

ISSN 2733-7529 (Print)
ISSN 2733-7537 (Online)

POLES & GLOBE

극지와 세계

2024 MARCH
VOL. 01



미래 북극 해빙과
탄소중립정책의 관계

민승기
포항공과대학교

남극의 해빙 감소가 황제펭귄의
멸종위기를 재촉한다

김정훈
극지연구소
생명과학연구본부

「기후변화감시예측법」 등의
제정·개정과 시사점

현대호
한국법제연구원



SNAPSHOT

03p 민승기 포항공과대학교

미래 북극 해빙과 탄소중립정책의 관계

북극 해빙은 전 지구 기후 시스템의 상태를 나타내는 중요한 지시자 중 하나로, 미래에 다가올 변화를 정확히 예측하는 것은 기후변화의 영향 및 적응에 있어 매우 중요하다. 북극 해빙은 면적이 연중 최소인 9월을 기준으로 할 때 지난 수십 년 동안 절반으로 줄어들었다. 최근 연구에 따르면 대부분의 기후모델들이 관측보다 북극 해빙 감소를 작게 모의하고 있으며, 이러한 모델의 과소 모의를 고려할 경우에 미래 북극 해빙은 향후 온실가스 저배출 시나리오에서도 2050년대에 사라질 수 있다고 보고되었다. 또한 고배출 시나리오에서는 2030년대에 북극 해빙이 소멸할 수 있고, 2060년대에는 9월뿐만 아니라 여름철 수개월에 걸쳐 해빙이 없는 상태가 될 수 있음을 경고하였다. 아울러 북극 해빙이 더 빠르게 줄어들면 북극 온난화가 증폭되고 한반도가 속한 중위도 지역에 이상기후가 더 빈번해질 수 있다. 따라서 이러한 피해를 막기 위해서는 더욱 강력한 탄소저감 정책이 필요하다.

06p 김정훈 극지연구소 생명과학연구본부

남극의 해빙 감소가 황제펭귄의 멸종위기를 재촉한다

황제펭귄은 번식을 위해 1년 중 9개월가량을 해빙 위에서 생활하는 종이다. 최근 들어 급격한 지구온난화로 남극에서 해빙이 감소하는 추세에 있으며 황제펭귄이 서식하는 일부 지역에서는 해빙의 유실로 번식에 실패하는 상황이 현실로 다가왔다. 온실가스 배출을 통제하지 못해 지구온난화가 가속된다면 2100년에는 황제펭귄의 약 81%가 사라지게 될 것이다. 파리기후변화협약(Paris Agreement)에 따라 온실가스 배출을 줄이고, 황제펭귄을 남극특별보호종으로 지정하려는 남극조약협약당사국회의 환경보호위원회(ATCM-CEP)의 노력에도 불구하고 일부 회원국들의 이해관계 충돌로 실질적인 환경보존에 대한 조치는 제자리걸음이다. 대한민국은 장보고과학기지를 거점으로 빅토리아랜드의 북부 연안에 있는 황제펭귄 번식지 세 곳에서 장기 모니터링을 수행 중이다. 우리나라의 황제펭귄 연구에 대한 역사는 짧지만 유의미한 결과가 도출되면 ATCM-CEP 및 CCAMLR 등의 국제기구에서 남극의 환경보전 이슈에 선도적으로 대응하고 꾸준한 과학 연구로 남극 환경보호에 실질적으로 기여할 수 있을 것이다.

10p 현대호 한국법제연구원

「기후변화감시예측법」 등의 제정·개정과 시사점

지구상에서 사람들은 기상현상과 기후변화에 따른 자연생태계에 적응할 수밖에 없으며, 이를 위한 법제도로 「기상법」과 「기후변화감시예측법」이 있다. 「기상법」은 한반도에 거주하는 사람들에게 기상현상에 적응할 수 있도록 하는 동시에 「기후변화감시예측법」의 기후변화 감시·예측의 바탕이 된다. 「기후변화감시예측법」은 기후변화의 감시 및 예측을 통한 기후변화 적응을 넘어 「탄소중립기본법」에 따른 기후위기 대응도 지원하는 역할을 하는데, 여기서 기후위기 대응은 사람의 경제활동으로 인해 발생한 탄소의 감축을 의미한다. 「기후변화감시예측법」은 해양과 극지의 기후변화 감시 및 예측도 규정하고 있는데 「기상법」·「해양조사정보법」 및 「극지활동 진흥법」 등과의 관계에서 해석상 어려움이 예상되나, 올해 시행 예정인 「기후변화감시예측법」의 시행령(안)과 시행규칙(안)을 통하여 해소될 것으로 사료된다. 「기후변화감시예측법」과 같은 법 시행령 및 시행규칙의 제정은 기후변화 감시 및 예측에 관한 업무(해양과 극지 포함)를 안정적으로 수행할 수 있는 법제도 기반을 마련한 것으로 볼 수 있으며, 한반도 및 전 지구상에서 나타나는 기후위기 대응 지원도 기대된다. 또한 산림, 농업 등 분야별로 기후변화 감시 및 예측, 적응 등에 관한 법률의 제정 및 개정도 추진되고 있으며, 해양과 극지 분야도 분법될 가능성이 높다.

남극의 해빙 감소가 황제펄귄의 멸종위기를 재촉한다

김정훈 극지연구소 생명과학연구본부

황제펄귄은 번식을 위해 1년 중 9개월가량을 해빙 위에서 생활하는 종이다. 최근 들어 급격한 지구온난화로 남극에서 해빙이 감소하는 추세에 있으며 황제펄귄이 서식하는 일부 지역에서는 해빙의 유실로 번식에 실패하는 상황이 현실로 다가왔다. 온실가스 배출을 통제하지 못해 지구온난화가 가속된다면 2100년에는 황제펄귄의 약 81%가 사라지게 될 것이다. 파리기후변화협약(Paris Agreement)에 따라 온실가스 배출을 줄이고, 황제펄귄을 남극특별보호종으로 지정하려는 남극조약협약당사국회의 환경보호위원회(ATCM-CEP)의 노력에도 불구하고 일부 회원국들의 이해관계 충돌로 실질적인 환경보존에 대한 조치는 제자리걸음이다. 대한민국의 장보고과학기지를 거점으로 빅토리아랜드의 북부 연안에 있는 황제펄귄 번식지 세 곳에서 장기 모니터링을 수행 중이다. 우리나라의 황제펄귄 연구에 대한 역사는 짧지만 유의미한 결과가 도출되면 ATCM-CEP 및 CCAMLR 등의 국제기구에서 남극의 환경보존 이슈에 선도적으로 대응하고 꾸준한 과학 연구로 남극 환경보호에 실질적으로 기여할 수 있을 것이다.

해빙에서 번식하는 황제펄귄

우리가 알고 있는 대부분의 펄귄들은 땅속에 굴을 파거나 땅 위에 돌을 쌓아 둥지를 짓고 번식한다. 그러나 임금펄귄(King Penguin)과 황제펄귄(Emperor Penguin)은 독특하게도 둥지를 짓지 않고 발등 위에 알을 낳아 품는 종이다. 특히 황제펄귄은 남극대륙의 해빙 위에서 번식하는 독특한 생활사를 보여준다(그림 2).

황제펄귄은 남극의 겨울이 시작되는 4월경에 번식을 위해 해빙 위로 이동한다. 5월경에는 구애 행동 및 교미를 하고, 암컷은 6~7월경에 수컷의 발등 위에 알 하나를 낳아 전달한 후 먹이 사냥을 위해 바다로 떠난다. 수컷들은 알이 부화할 때까지 약 70일 동안 알을 품는다. 알이 부화하는 8월경에 어미가 돌아와 새끼에게 먹이를 주고, 수컷이 육아를 교대할 후 먹이 사냥을 떠난다. 9월에서 10월경에는 부모들이 해빙 위에서 새끼를 키워내며, 새끼들이 어느 정도 성장하여 먹이 요구량이 많아지는 10~11월경에는 부모 모두 먹이 사냥을 위해 바다로 나가 있는 시간이 많아지고 새끼들은 무리를 지어 해빙 위에 보육원을 형성하게 된다. 여름이 찾아오며 해빙이 소실되는 12월 즈음이면 어미뿐만 아니라 물속에서 헤엄칠 수 있을 정도로 성장한 새끼들이 번식지를 떠나기 시작한다. 이처럼 황제펄귄의 번식 여정은 해빙 위에서 시작하여 마무리된다.



[그림 1] 해빙 위에서 새끼를 키워내고 있는 황제펄귄

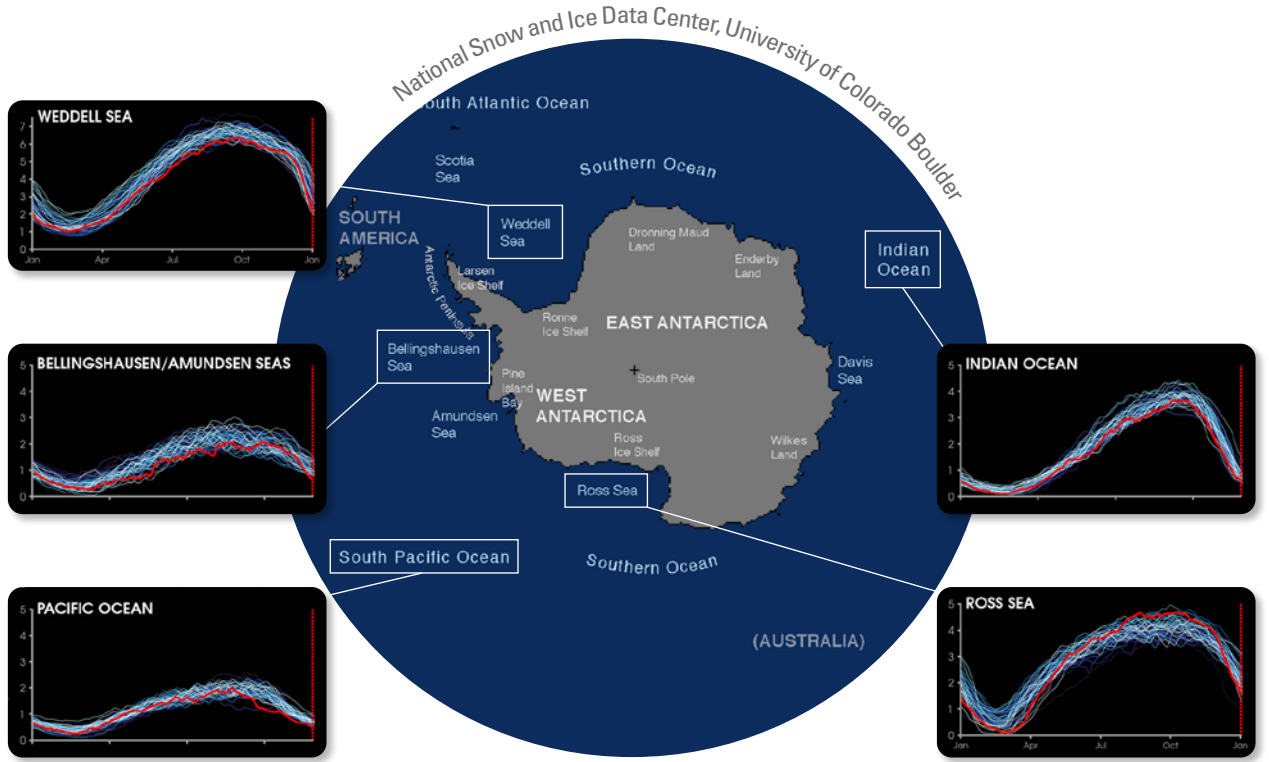
남극에서 해빙의 감소 추세

남극에서 해빙은 보통 겨울철인 9~10월에 면적이 약 1,800만~1,900만 km^2 (한반도 면적의 약 82~86배)로 가장 넓게 분포하고, 하계기간인 2월경에는 최소 면적인 약 300만 km^2 로 감소하는 주기를 보인다.

미국 국립설빙데이터센터(National Snow and Ice Data Center)의 자료에 의하면 해빙의 면적과 양이 급속도로 감소하는 북극해와는 달리 남극해에서는 지구온난화에도 불구하고 지난 40년 동안 안정적이었으며, 12월 관측자료에서는 오히려 10년마다 0.4%씩 면적이 증가하는 추세를 보였다. 그러나 2015년 이후로 이러한 증가 양상에 변화를 보이기 시작했다. 특히 2022년에는 해빙 면적이 급격히 감소하였는데 이 현상은 아문센해와 벨링스하우젠해에서 두드러지게 나타났다(그림 3). 해빙 면적의 감소는 황제펄귄의 번식지의 안정성을 위협하는 요인으로 작용하고 있다.



[그림 2] 해빙 위에서 번식하는 황제펄귄의 생활사
(출처 : https://en.wikipedia.org/wiki/Emperor_penguin)



[그림 3] 2022년 남극해의 계절별·해역별 해빙 면적 변화. 붉은 선은 2022년 관측 자료(출처 : National Snow and Ice Data Center 자료 재구성)

현실로 다가온 황제펭귄의 번식지 훼손

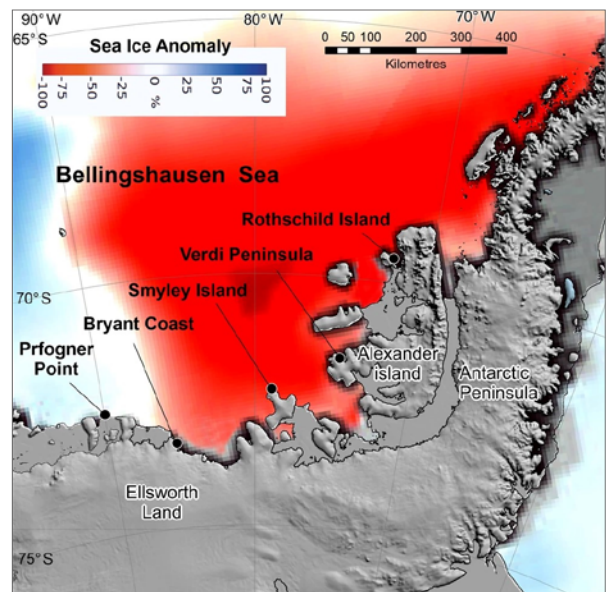
해빙의 유실로 인한 황제펭귄 번식지의 감소는 현실로 나타나기 시작했다. 2016년에 웨들해의 헬리만(Halley Bay)에 위치한 세계에서 두 번째로 큰 황제펭귄 번식지(14,000~25,000쌍)가 통째로 사라지는 일이 발생했다. 2015년까지는 번식지로 사용되던 해빙이 안정적으로 유지되었으나 2016년 11월 17일에 촬영된 인공위성 영상에서는 해빙이 사라지고 바닷물로 채워진 모습을 볼 수 있다. 2016년에는 폭풍우가 몰아치는 이상기후가 이어지면서 황제펭귄 새끼가 털갈이를 하기 훨씬 전인 10월에 해빙이 유실되기 시작했다. 즉, 새끼들은 방수 기능이 없는 솜털로 덮여 있을 시기에 해빙이 깨져 나갔으니 수천 마리의 새끼들이 바다에 익사했을 것으로 추측하고 있다. 이 지역은 2016년 이래로 조사를 수행했던 3년 동안 번식지로서의 기능을 잃었으며, 남쪽으로 55km 떨어진 인근 도슨-램튼(Dawson-Lambton) 서식지에서는 펭귄 개체수가 약 10배 이상 증가하였는데 이는 헬리만에서 번식하던 개체들이 이주해 왔기 때문인 것으로 보인다(Fretwell & Trathan 2019). 기후변화가 펭귄 서식지를 점점 남쪽으로 밀어낼 수 있다는 것을 시사한다.

해빙 면적과 농도가 급격히 감소했던 2022년에 벨링스하우젠해에 소재하는 황제펭귄 번식지에서도 이상 징후가 나타났다(그림 4). 해당 수역의 황제펭귄 서식지 5곳 중 4곳에서 새끼가 다 자라기 전에 해빙이 유실되었기 때문에 번식에 실패하고 말았다(Fretwell 외 2023). 이는 해빙의 대규모 감소가 황제펭귄 번식지에만 나타나는 국소적인 현상이 아닌 남극 전반에 광범위하게 영향을 미치기 시작했음을 보여주는 최초의 사례라 할 수 있다.

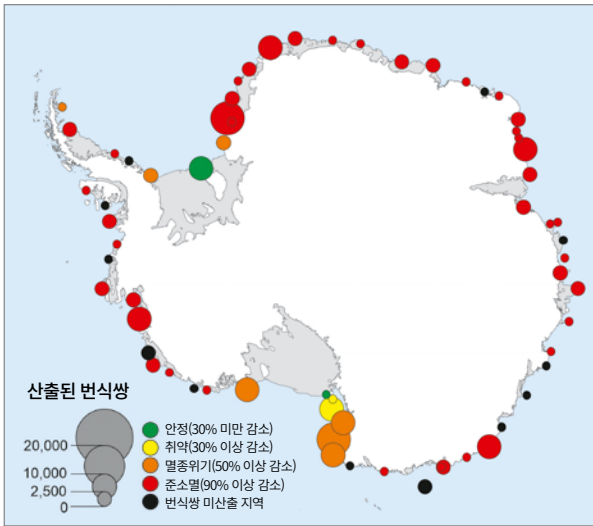
황제펭귄의 미래 예측

현재까지 황제펭귄 번식지로 61개소가 알려져 있지만, 서식지 대부분이 환경변화에 취약한 것으로 평가되고 있다(Fretwell & Trathan 2020). 금세기 말까지 약 80%의 서식지에서 황제펭귄이 거의 사라지는 준소멸(Quasi - Extinct) 상황이 나타날 것으로 예상된다(그림 5).

2015년에 제정된 파리기후변화협약(Paris Agreement)의 주요 목표 중 하나는 지구온난화를 막기 위해 전 지구 기온 상승을 산업화 이전 평균 대비 2°C 이하로 유지하고 이상적으로는 1.5°C로 제한하는 것이다(UNFCCC 2015). Jenouvrier 등

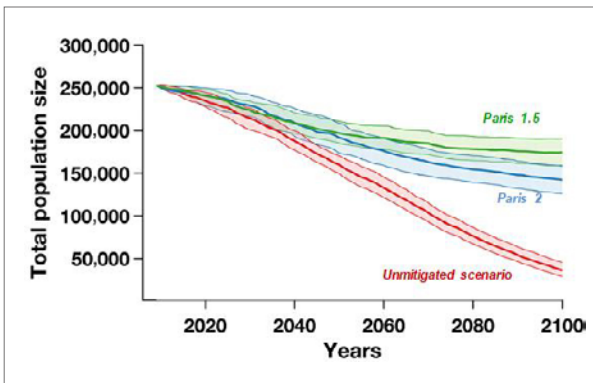


[그림 4] 벨링스하우젠해에 위치하는 황제펭귄 서식지와 2022년 11월의 해빙감소 현상-붉은색 지역(출처 : Fretwell et al. 2019)



[그림 5] Jenuvrier et al. (2019)의 모델 시나리오를 토대로 작성된 황제펭귄 번식지 위치, 규모 및 서식지 취약성 등급 (출처 : Fretwell & Trathan 2020)

(2019) 연구의 모델 시나리오에 의하면 온실가스 배출량이 줄이지 못해 지구온난화가 통제되지 않고 지속된다면 2100년 경에는 황제펭귄 서식지의 80%가 준소멸 위기에 처하게 되고 개체수의 81%가 감소할 것으로 예상된다(그림 6). 파리기후협약의 목표가 달성되어 기온 상승을 1.5°C로 유지한다면 서식지의 19%에서 준소멸 위기에 처하고 개체수의 31%가 감소하며, 2°C로 유지할 경우에는 서식지의 31%에서 준소멸 위기에 처하고 개체수의 44%가 감소할 것으로 예측된다(그림 6). 이는 현재 진행 중인 지구온난화로부터 황제펭귄의 감소 자체를 막을 수는 없지만 우리가 기후위기를 어떻게 관리하고 통제하느냐에 따라 이들을 멸종위기에 구할 수 있다는 가능성을 시사한다.



[그림 6] 다양한 기후 시나리오에서 예측한 2009년부터 2100년까지 전 세계 황제펭귄의 번식 쌍수 변동(출처 : Jenuvrier et al. 2019)

남극특별보호종 지정을 위한 국제기구의 노력과 한계

2021년 남극조약협약 당사국회의 환경보호위원회(제43차 ATCM-제23차 CEP)에서는 남극과학연구위원회(SCAR)의 제안으로 기후변화에 취약한 황제펭귄의 개체군 감소 전망을 주목하여 해당 종을 남극특별보호종으로 지정하려는 논의가 시작되었다. 다음 해에 개최된 제44차 ATCM-제24차 CEP에서는

중국을 제외한 대다수의 당사국들이 본 안건에 대해 찬성하였다. 세계자연보전연맹(IUCN)이 발표하는 멸종위기 보고서인 적색목록(Red list) 범주에는 평가대상 분류군을 설정한 이후 특정 번식 개체군과 방문자 개체군에 대한 평가, 적색목록 기준을 적용하여 분류군의 지역 개체군을 대상으로 IUCN 예비범주 설정, 절멸 위험에 영향을 미칠 수 있는 지역 외부의 동종 개체군의 존재 여부 및 상태 조사 등의 단계를 거쳐 결정된다. 대다수 당사국들은 남극특별보호종 지정에 있어 IUCN 적색목록상의 취약종 또는 그 이상의 범주 조건 충족이 전제되는 것이 아님을 강조하고, SCAR가 제시한 황제펭귄의 감소 경향 예측을 토대로 남극조약과 환경보호의정서의 사전 예방적 조치 원칙에 따라 해당 종의 남극특별보호종 지정에 적기임을 강조하였다. 그러나 중국은 지정 절차의 문제와 검증되지 않거나 특수한 사례를 제시하며 반대 입장을 표명하였다. 황제펭귄이 남극특별보호종으로 지정되면 이들의 번식지 및 광범위한 취식 지역까지 보호해야 하는 후속 조치 마련에 힘이 실리게 된다. 우리 정부대표단은 이러한 조치가 신규 해양보호구역(MPA) 설정의 당위성을 뒷받침하는 근거가 될 수 있기에 남극해양생물자원보존위원회(CCAMLR)에서 MPA의 확장 및 추가 설정에 부정적인 견해를 보이는 중국이 이를 사전에 차단하려는 의도가 있는 것으로 보고 있다. 이들 국제기구에서는 모든 사안이 만장일치로 결정되기 때문에 국제 정세 및 각국의 이해관계가 첨예하게 대립하는 상황에서는 건설적인 안전조차도 합의 도출이 어려운 실정이다.

대한민국의 황제펭귄 연구와 국제기구에 과학적 기여 현황

현장 조사 결과와 다양한 모델의 시나리오는 황제펭귄이 머지않아 지구온난화로 준소멸위기에 처할 것이라 경고하고 있다. 그러나 안타깝게도 남극의 환경과 생태계 보전을 이끌어야 할 ATCM-CEP나 CCAMLR 등의 국제기구에서 회원국들 간의 견해차로 합의가 도출되지 않아 실질적인 보존 조치나 지침 등 대응조치를 취하지 못하고 있다. 그럼에도 불구하고 우리나라를 포함한 대다수 국가의 과학자들은 지구온난화가 생태계에 미칠 영향을 예측하고 있으며 이를 해결하기 위한 연구와 모니터링을 묵묵히 수행하고 있다.

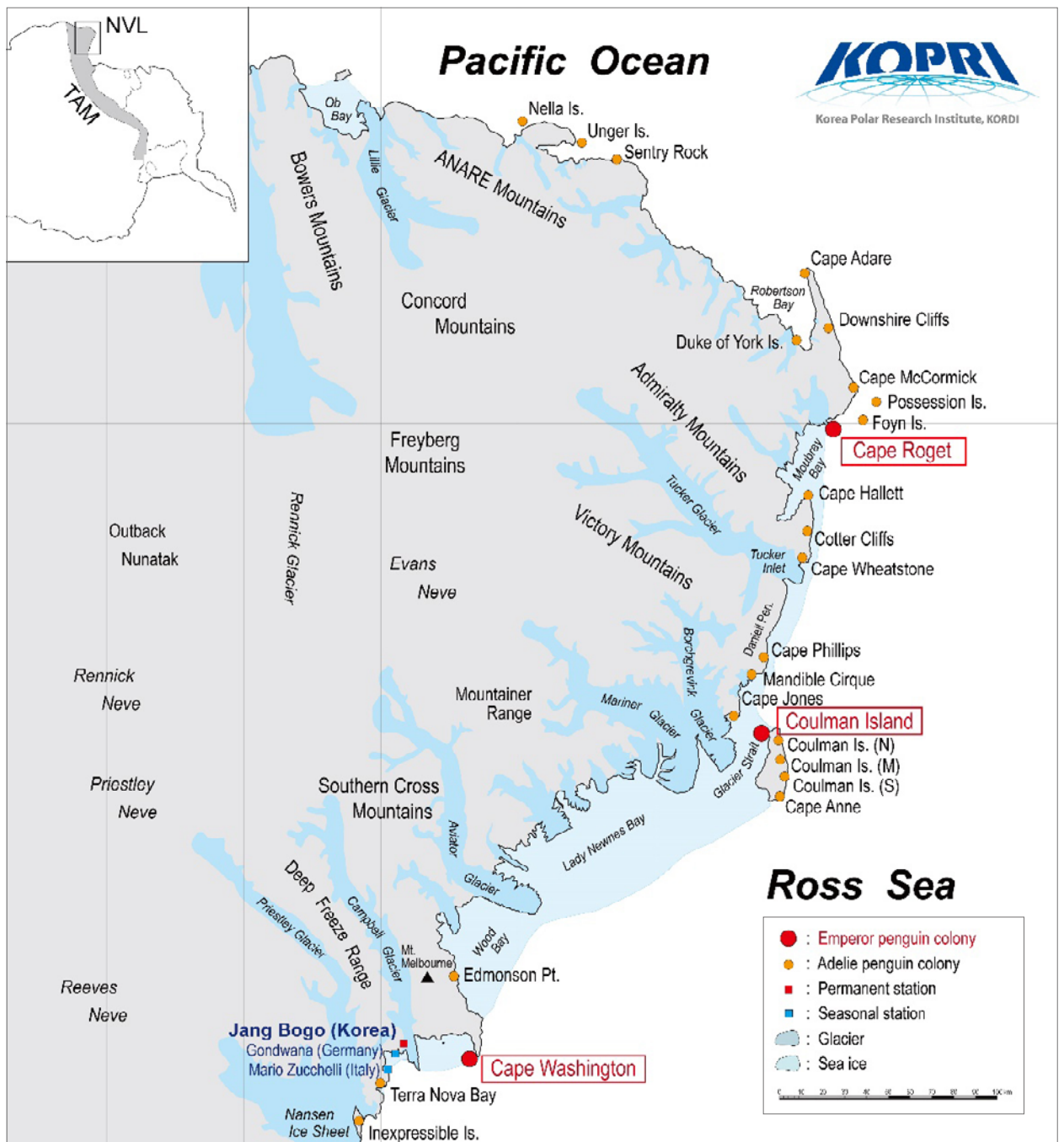
대한민국은 남극대륙에 장보고과학기지를 운영하고 있으며, 기지 인근 북빅토리아랜드 연안에는 케이프 워싱턴(Cape Washington), 쿨먼섬(Coulman Island) 및 케이프 로제(Cape Roget) 등 3개 지역의 황제펭귄 번식지가 소재하고 있다(그림 7). Jenuvrier 등(2019)의 예측에 의하면 이 번식지들은 금세기 말까지 개체수의 50% 이상이 감소할 것으로 예측되는 멸종위기(Endangered)에 처한 지역으로 분류되고 있다. 장보고 과학기지가 건설된 이후 시작된 우리나라의 황제펭귄 모니터링 역사는 매우 짧지만, 극지연구소의 연구자들은 2014년 이래로 이들 서식지에서 개체수 변동과 번식지가 형성되는 해빙의 동태를 모니터링하고 있다. 아직까지 우리 조사지역에서는 황제펭귄 번식지의 훼손이나 급격한 개체수

감소는 나타나지 않고 있지만 최근 들어 로스해 연안의 해빙이 불안정하여 그 영향을 예의 주시하고 있다.

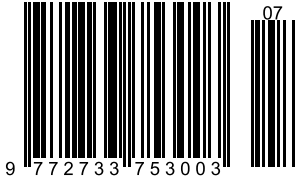
대한민국 정부대표단은 황제펭귄의 남극특별보호종 지정이 논의되는 제24차 CEP(제44차 ATCM)에 우리나라의 모니터링 자료를 정리한 문건을 제출한 바 있다. 만장일치의 합의가 도출되지 않아 그 의미가 퇴색되기는 했지만 우리나라는 황제펭귄의 멸종위기종 지정 찬성의견 피력과 더불어 모니터링 자료 공유와 우리나라의 견해를 개선하는 방법으로 남극 생태계 보존에 기여하고 있다.

CCAMLR에서 채택을 추진 중인 ‘로스해 해양보호구역의 연구 및 모니터링 계획’ 초안에는 생태계의 주요 구성원으로서 황제펭귄 개체수 변동, 주요 먹이 종 및 취식 행동 조사가 명시되어 있다. 현재 극지연구소는 해양수산부가 지원하는 국가연구개발사업인 ‘로스해 해양보호구역의 보존 조치

이행에 따른 생태계 변화 연구(2022~2026)’의 하나로 이러한 연구들을 수행하고 있다. 정부대표단의 일원으로 참석하는 극지연구소의 연구진은 황제펭귄 모니터링에서 유의미한 결과가 도출되면 CCAMLR의 생태계모니터링관리작업반 및 과학위원회 등에 보고하고 관련 의제에 적극적으로 대응할 예정이다. 또한 기후변화에 관한 정부 간 협의체(IPCC)에서도 지구 온난화 이슈 논의의 장에서 활약할 수 있는 기반을 마련할 계획이다. 대한민국이 국제기구에서 남극의 환경보전 이슈에 선도적으로 대응하고 과학적 기여로 국가 이미지를 제고하기 위해서는 정부 차원에서 장기 모니터링과 연구사업의 안정적인 지원이 필요하다. 국제사회에서 우리가 창출한 과학적 근거나 조사 자료 없이는 환경변화 이슈에 대응하고 국익과 관련된 대한민국의 목소리를 낼 수 없기 때문이다.



[그림 7] 대한민국 과학자들이 모니터링을 수행하고 있는 황제펭귄 번식지 케이프 워싱턴, 콜먼섬 및 케이프 로제



ISSN 2733-7529 (Print)
ISSN 2733-7537 (Online)



발행일: 2024년 3월
발행처: 극지연구소 정책개발실 Tel. 032-770-8453
주소: 인천광역시 연수구 송도미래로 26, 극지연구소 (www.kopri.re.kr)

Copyright© 2014 KOPRI, All rights reserved.
Cover pages photo credit© KOPRI