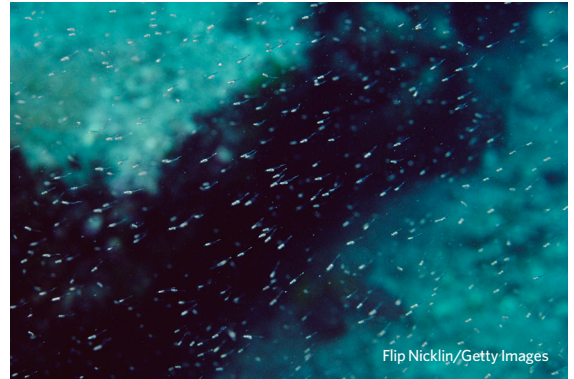




Mogens Trolle/iStock



Flip Nicklin/Getty Images



Flip Nicklin/Getty Images

# 남극 크릴새우의 예방적 관리를 통한 남극해 보호

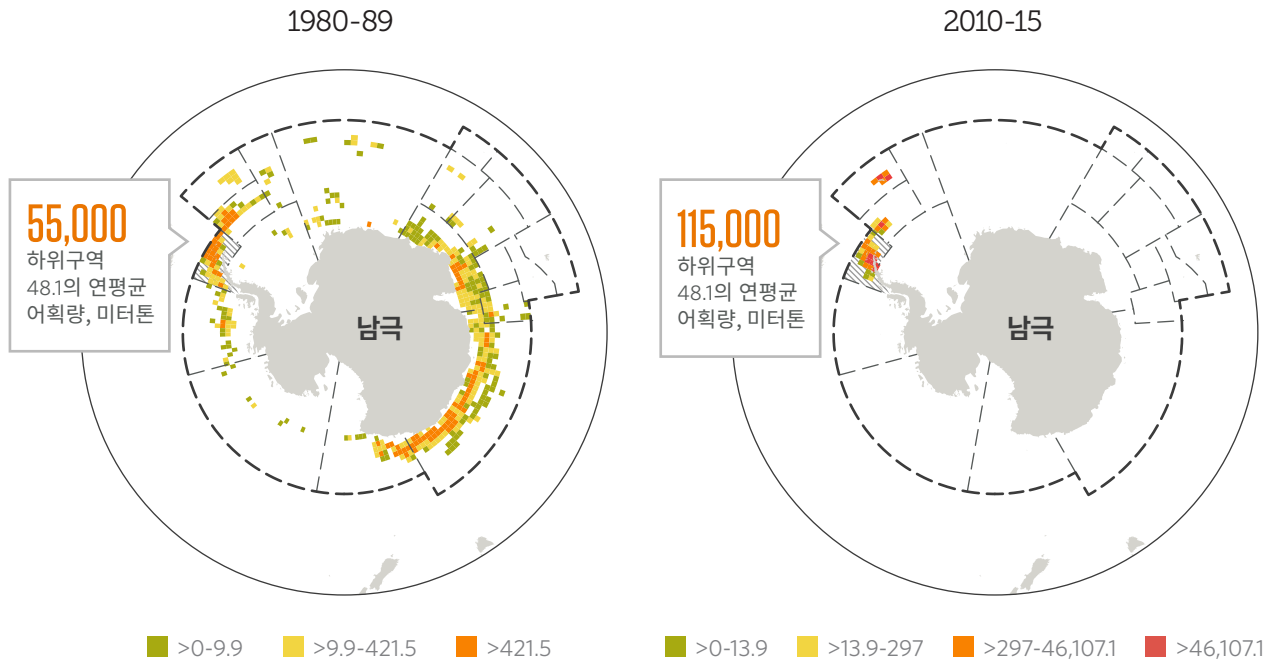
## 개요

남극해양생물자원 보존위원회(CCAMLR)는 남극해에서 급속히 증가하고 있는 남극 크릴새우(남극해크릴새우)를 포획하는 상업 조업에 대응하기 위하여 1982년에 설립되었습니다. CCAMLR의 사명은 해양 생물을 개발하기 보다 보호하는 것입니다. 동 위원회는 과학 기반의 예방적인 접근법을 사용하여 해양 생태계를 관리합니다.

그림 1

## 크릴새우 조업의 집중도 변화 동향

1980년 이후 남극해 전역에서 이뤄졌던 남극 크릴새우 조업은 점진적으로 이동하여 현재는 남극 반도에 집중되어 있습니다. 예를 들어, 한 해역에서의 어획량이 1980년대의 평균 55,000 미터톤에서 2010-15년에는 115,000 미터톤으로 두 배 넘게 증가했습니다.



주: 지도에 표시된 각 색상은 1980~89년 및 2010~15년 사이의 각 위도 1°와 경도 2°의 하위구역 내 크릴새우 어획량의 합계입니다. 어획량 데이터는 [www.ccamlr.org](http://www.ccamlr.org) 홈페이지의 2015년 CCAMLR 크릴새우 어장 보고서와 CCAMLR 통계보고서 28호에서 취합한 것입니다.

© 2016 The Pew Charitable Trusts

남극해의 다른 생물 종들은 남획이 되었지만, 크릴새우는 아직까지 남극 먹이 사슬의 중요한 부분으로 펭귄을 포함한 많은 중요한 포식자 생물들에게 단백질을 제공합니다. 특히 일부 지역에서의 크릴새우 개체수 감소는 남극의 먹이 사슬에 파급 효과를 유발하여 주요 포식자-먹이 관계에 불균형을 초래할 수 있습니다.

이미 전문가들은 크릴새우 개체군 감소로 인해 1970년대 중반부터 2007년까지 남극 반도와 스코샤 해 지역의 아델리펭귄과 턱끈펭귄의 번식지가 50% 감소한 것으로 나타났습니다. 크릴새우는 이들 펭귄 종의 먹이 중 98%를 차지합니다.<sup>1</sup>

오늘날 크릴새우 조업은 남극반도에 점점 더 집중되고 있습니다. 남극반도는 지구상에서 온난화 속도가 가장 빠른 지역이기도 합니다.<sup>2</sup> 과학자들은 어업과 기후 변화의 중대한 영향이 겹치면서 크릴새우 개체수의 감소를 가져오고 있다고 말합니다.<sup>3</sup> 연구에 따르면 매년 성숙기에 이른 남극 크릴새우의 개체수는 이전 겨울의 해빙 양과 관련이 있으므로 이 지역의 해빙 감소가 크릴새우 개체수 감소의 중요한 원인이 될 수 있습니다.<sup>4</sup>

남극 크릴새우의 상업 조업을 위한 어장은 육상 생활을 하는 포식자의 사냥 지역과 겹치는 부분이 많습니다. 이러한 활동 영역의 중복은 기후 변화와 결합하여 생태계를 약화시키고 남극해에 서식하는 다수 종의 번식과 먹이 여건을 손상시킬 수 있는 어업 경쟁을 초래합니다.

크릴새우 조업의 영향에서 비롯되는 많은 불확실성을 고려하여 잠재적인 부정적 영향을 최소화하기 위해 CCAMLR은 남극반도와 스코샤 해 주변에서 여러 예방 조치를 취했습니다.

## 표 1 남극해의 크릴새우 어장 관리를 위한 보존 조치

<p>CM 51-01</p>	<p>하위구역 48.1, 48.2, 48.3, 48.4*에서의 남극해크릴새우의 예방적 어획량 제한</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>하위구역에서 어기(어획 기간)별 어획량을 561만 톤으로 제한하고 이를 다시 관리 단위별로 나눠 어획량을 할당함.</li> <li>CCAMLR의 48구역에 각 어기당 62만 미터톤을 어획 중단 수준으로 적용함. 이 어획량 한도에 도달하면 추가 조업 금지.</li> <li>추가 조치 도입 전까지, 62만 미터톤의 어획 중단 수준이 명실상부한 예방적 어획량 한계로 유지됨.</li> </ul>
<p>CM 51-04</p>	<p>이번 어기의 협약 구역 내 남극해크릴새우 시험조업 일반 조치†</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>육상 기반의 크릴새우 포식자들의 번식지로 알려진 60 해리 이내 모든 하위구역에서 어획량 한도의 75%를 넘지 않음 .</li> <li>현재 어기에 참여하는 모든 시험조업 선박에는 갑판에 1인의 옵저버, 그리고 가능하면 추가 1인의 과학 옵저버가 동승하여야 함.</li> </ul>
<p>CM 51-06</p>	<p>남극해크릴새우 어장의 과학적 관찰을 위한 일반 조치‡</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>2016-17년, 2017-18년의 어기 동안 선박의 50%, 2018-19년과 2019-20년 어기에는 75%, 그리고 이후 기간에는 100% 옵저버 필수.</li> <li>이 어장에서 조업하는 모든 선박에 어기 2회 중 최소 1회 관찰 의무.</li> </ul>
<p>CM 51-07</p>	<p>48.1, 48.2, 48.3, 48.4 하위구역에 남극해크릴새우 어장의 어획 중단수준 임시 분배§</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>이 조치는 모든 하위구역에서의 조업이 과도하게 집중되는 것을 방지하기 위한 조치입니다.</li> <li>구체적으로 이 조치는 62만 미터톤의 어획 중단 수준을 세분화 여특정 어기에 특정 하위구역에서의 어획량이 어획 중단 수준의 일정 부분을 넘지 않기 위한 것으로 48.1 하위구역에서 25%, 48.2와 48.3 하위구역은 45%, 48.4 하위구역에서는 15%를 초과할 수 없습니다.</li> </ul>

\* Commission for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources, "Conservation Measure 51-01" (2010), <https://www.ccamlr.org/en/measure-51-01-2010>.

† Commission for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources, "Conservation Measure 51-04" (2016), <https://www.ccamlr.org/en/measure-51-04-2016>.

‡ Commission for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources, "Conservation Measure 51-06" (2016), <https://www.ccamlr.org/en/measure-51-06-2016>.

§ Commission for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources, "Conservation Measure 51-07" (2016), <https://www.ccamlr.org/en/measure-51-07-2016>.

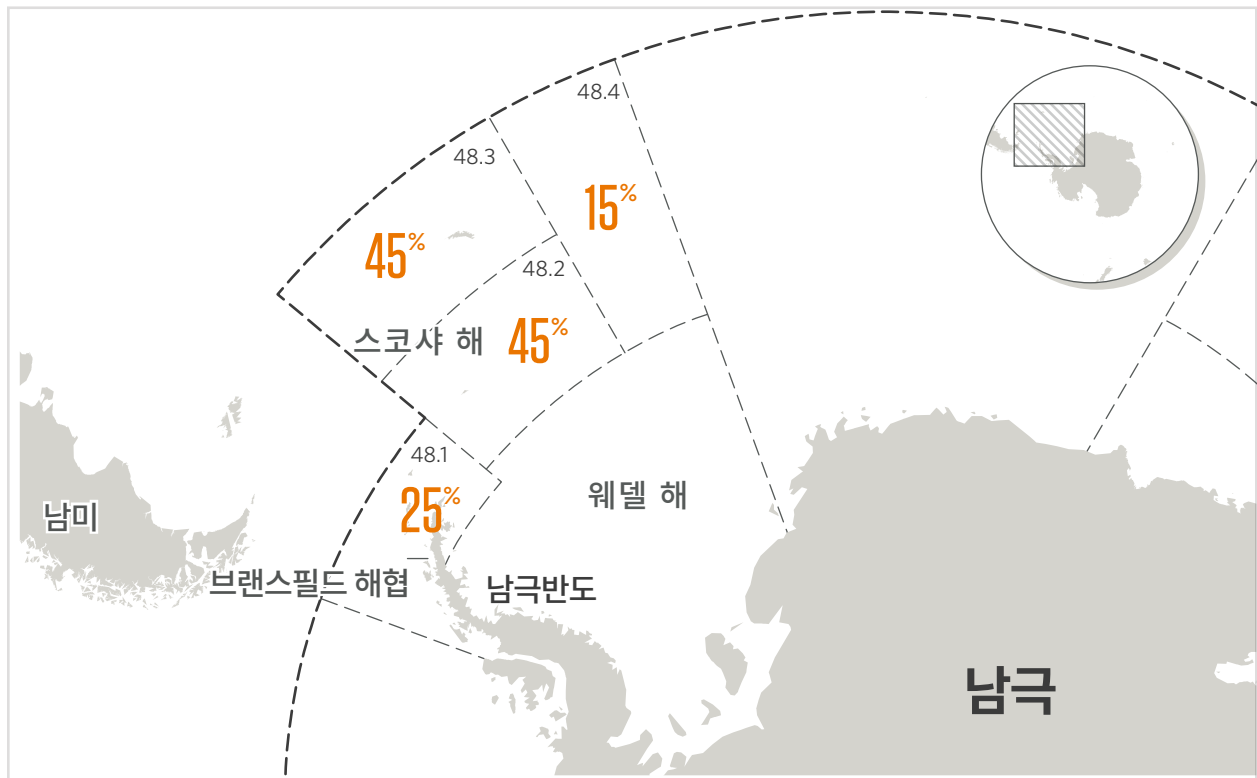
예를 들어 CCAMLR의 48구역에서 620,000 미터톤을 어획하면 조업을 중단시키는 트리거(어획 중단) 수준을 포함하는 예방적 어획량 한도 규정을 채택했습니다.

CCAMLR이 2010년 전체 해역에 대해 연간 561만 미터톤의 어획 한도를 설정했음에도 불구하고 이러한 어획 중단 수준을 책정한 이유는 크릴새우 조업 선박들이 한꺼번에 좁은 구역에서 집중적으로 몰리는 것을 막기 위한 조치였습니다. 생태계 기반 관리 시스템이 이러한 조업 방식이 지속 가능하다는 사실을 보여줄 경우, 향후 어획 중단 수준을 조정할 수 있습니다. 포식자가 크릴새우를 많이 먹는 지역에서 어획량 압박을 완화하기 위해 CCAMLR은 2009년 어획 중단 수준을 남극반도 주변의 세분화된 구역에 어획량을 나누는 Conservation Measure("보존 조치") 51-07을 채택했습니다. 이 조치는 48.1 하위구역으로 알려진 연안 지역에서의 어업을 어획량 한도의 25%로 정하고 있습니다. 육지에서 지내는 포식자의 번식지 인근에서 조업이 집중되면 크릴새우를 섭식하는 생물들의 먹이 사냥 능력에 손상을 입힐 수 있습니다. 이 보존 조치는 CCAMLR이 만장일치로 갱신하지 않는 한 2021년 말에 만료됩니다.

그림 2

### CCAMLR 하위구역 및 크릴새우 어획량 배정

CCAMLR이 특정 지역에서의 조업 집중을 완화하기 위하여 남극반도 주변의 하위구역에 지정한 어기 별 예방적 크릴새우 어획량 한도를 지도에 백분율로 표시합니다.



주: 지정된 하위구역의 어획량이 어기 동안 어획량 한도에 도달하면 해당 구역에서의 조업 금지 또는 예방적 어획량 한도 62만 미터톤에 도달하면 48구역 전체의 조업이 금지됩니다. 이러한 조치들은 어느 어기든, 예방적 어획량 한도를 초과하는 조업을 방지합니다.

CM 51-07이 만료되면 48구역의 가장 민감한 해역, 특히 브랜스필드 해협(48.1 하위구역)에 조업이 더욱 집중될 가능성이 큼니다. CCAMLR 과학자들은 피드백 관리(FBM)라 불리는 크릴새우 어업을 위한 생태계 기반 관리 전략을 개발하고 있습니다. 이 전략이 완성될 때까지 과학자들은 CCAMLR의 보존 목표 달성을 돕도록 동 위원회가 CM 51-07을 통해 해당 영역에 대한 어획 한도를 유지할 것을 권고했습니다.<sup>5</sup> 이 보존 조치를 종결시킬 과학적 근거는 아직 없습니다.

기존 보존 조치가 좋은 출발점이기는 하지만, 이 조치는 CCAMLR이 더 많은 데이터를 수집하고 크릴새우 조업을 위한 적응 가능하고 생태계 기반한 관리 모델을 완성하는 데 필요한 방법을 구축할 때까지 채택한 임시 해결책에 불과합니다.

## 피드백 관리(Feedback Management, FBM)

CCAMLR 과학위원회에 따르면 FBM은 "생태계 상태에 대한 정보를 사용하여 어획 수준을 변경하는 크릴새우 어업 관리 시스템으로 그 목표는 바람직한 생태계를 유지하는 것"입니다.<sup>6</sup> FBM은 포식자와 먹이 개체군과 같은 생태계 중요한 특성의 상태와 역학 관계를 조사하는 것이 필요합니다. CCAMLR은 이러한 데이터를 사용하여 생태계의 바람직한 상태를 유지하기 위해 해역별 연간 어획 한도를 늘리거나 줄입니다. 이 유연한 시스템이 성공적으로 이행되면, 생태계 전체를 평가하여 부정적 영향이 미치기 전 얼마나 크릴새우를 어획할 수 있을지 결정할 수 있습니다.

CCAMLR 과학자들은 기후 변화, 어업 및 종 감소의 영향 사이의 인과 관계를 규명하는 작업에는 상당한 불확실성이 따름을 인정합니다. 따라서 크릴새우의 총 생체량과 지역별 풍부도 및 크릴새우에 의존하는 포식자 종에 점증되는 영향에 대한 연구 결과를 사용하여 CCAMLR이 FBM 계획을 설계하는 것이 중요합니다.

## 피드백 관리 단계

FBM 계획의 수립과 이행은 이에 필요한 충분한 과학적 데이터를 구축해야 하는 긴 과정입니다. 또한, 포식자-먹이 관계 뿐만 아니라 기후 변화와 조업과 같은 인간 활동이 이와 어떻게 상호작용하는지에 대한 깊은 이해가 선행되어야 합니다. 이 문제를 해결하기 위해 CCAMLR은 4단계로 구성된 FBM 진행 과정에 동의했습니다.<sup>7</sup>

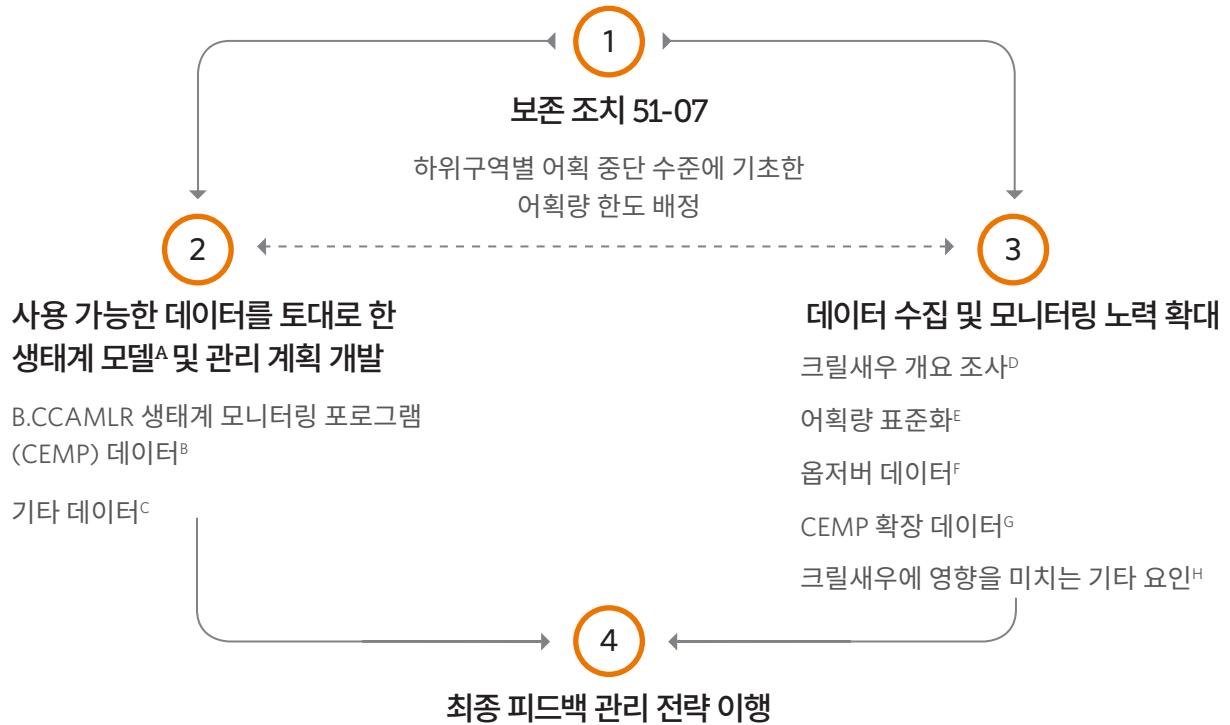
- 1단계: 하위구역 간의 현재의 어획 중단 수준 및 배정된 어획량 한도 유지(CM 51-07, 도표 1).
- 2단계: 생태계가 조업에 어떻게 반응하는지에 따라 기존의 어획 중단 수준(CCAMLR의 잠정 크릴새우 어획 한도 620,000 미터톤)을 다른 임시 수준으로 상향 조정, 그리고/또는 현재의 하위구역보다 작은 구역들 간에 어획량 한도 배분을 조정. CCAMLR은 충분한 데이터 분석 방법이 개발되면 이 단계로 이동하기로 약속했습니다.
- 3단계: 새로 수집된 데이터를 토대로 어획량 한도 배분 추가 변경.
- 4단계: 완성된 FBM 전략 이행.

CCAMLR은 현재 이 피드백 관리의 1단계에 있습니다. 다음 단계로 이동하려면 관리 기관은 크릴새우 자원량과 어업이 생태계에 미치는 영향에 관한 더 많은 데이터 분석이 필요하며, 위원회의 모니터링 시스템을 개선해야 합니다.

그림 3

### 피드백 관리 단계

이 도표는 단계별 피드백 관리 개발과 이행을 위한 CCAMLR의 의무와 각 단계에 요구되는 핵심 데이터를 표시합니다. 남극해 크릴새우 조업을 위한 최적의 관리를 위해서는 복수의 단계가 동시에 진행될 수 있습니다.



다음은 FBM 시스템을 설계하기 위해 CCAMLR이 현재 수집 중이거나 앞으로 수집해야 할 데이터 유형입니다.

- A. **생태계 모델:** CCAMLR 과학자들은 소규모 지역에서의 어획량 한도 설정 모델을 다듬고 있습니다. 그 과정에서 CEMP 데이터를 지표로 사용하여 다양한 어업과 환경 시나리오에서의 포식자 반응을 테스트하고 있습니다. 예를 들어, 과학자들은 크릴새우-포식자-어업 간의 상호 작용을 시뮬레이션하고 과거 역학을 합리적으로 재현하는 모델을<sup>8</sup> 이용하여 소규모 지역의 어획량 정도를 평가합니다.
- B. **CCAMLR 생태계 모니터링 프로그램(CEMP) 데이터:** 이 프로그램은 CCAMLR의 남극해 보호 규정에 따라 크릴새우 기반 생태계의 변화를 탐지하여 남극해 생물 자원의 포획을 규제하는 기준을 마련하기 위해 출범했습니다. 이 프로그램은 생태계의 중요한 구성 요소의 중대한 변화를 탐지하고 기록하는 한편, 상업 어업 및 기후 변화를 포함하는 환경 변동에 기인한 생태 변화를 구별하는 것이 목표입니다. 펭귄 및 다른 바닷새와 같은 지표 종의 경우, 개체군 크기와 다양한 조건 변수(번식 성공률, 체질량, 수렵 행동 등)의 데이터를 포함합니다.<sup>9</sup>
- C. **기타 데이터:** 이 범주에는 어장과 하위구역 조사에서 수집한 크릴새우 어획량, 생체량 추정 및 크기 분포와 같은 데이터가 포함됩니다.

- D. 크릴새우 개요 조사: 크릴새우 조업 지역인 48구역의 크릴새우 생체량과 분포를 추정하기 위한 철저한 광범위한 조사는 2000년 이후 없었습니다. 기후 변화로 인해 이 지역에서 일어난 급속한 환경 변화를 고려할 때, 새로운 조사가 시급합니다.
- E. 어획량 데이터 표준화: CCAMLR 해역의 크릴새우 조업 선박들이 어획량을 추정하는 방법으로 5가지나 사용하고 있습니다. 따라서 어업 관리자들은 해당 어장의 총 어획량에 관한 정확한 데이터를 얻고 있다 말하기 어렵습니다. 이 문제를 해결해야 FBM 계획의 기반으로 사용할 정확한 데이터를 얻을 수 있습니다.
- F. 옹저버 커버리지: 특히 연구 조사를 따로 하는데 비용이 많이 들기 때문에, 조업 선박에 옹저버가 승선하여 수집하는 크릴새우의 길이, 성별, 성숙 단계를 포함한 데이터는 크릴 개체군의 역학 관계를 파악하는 데 중요합니다. 옹저버는 또한, 음향 및 부수 어획량과 같은 다른 생물에 대한 데이터를 수집할 수 있고, 어장 관리에 필요한 정확한 데이터를 수집하는 핵심 역할을 수행합니다.
- G. CEMP 데이터 확대: FBM을 최종적으로 도입하려면 CEMP의 확대가 필요합니다. 여기에는 CEMP 지점의 수를 늘리고 육상 및 해상 모니터링 이용이 포함될 수 있습니다. CEMP에는 현재 육지 포식자만 포함됩니다. 표영성 수역에 미치는 영향을 탐지하려면 고래, 남극 물개, 어종과 같은 다른 포식자들에 대한 모니터링이 필요할 수 있습니다. 확장된 CEMP 지표에는 관리 대상에 맞는 규모의 데이터가 포함되어야 합니다.
- H. 크릴새우에 영향을 미치는 다른 요인: CCAMLR은 또한 크릴새우 이동(능동적 이동 또는 해류에 의한 이동) 및 기후 변화와 해양 산성화에 따른 생리적 반응에 영향을 미치는 요인을 고려할 필요가 있습니다.

CCAMLR이 단계적으로 피드백 관리 기법을 개발하기로 동의했지만, 회원국들은 여전히 최적의 조율된 접근법을 모색 중입니다. 지금까지 제안된 여러 FBM 접근법 중 공통점은 관리 단위 내에서 또는 어느 특정 해의 크릴새우 어획량 변화에 따라 포식자와 생태계가 어떻게 반응하는지를 토대로 어획 한도 할당을 결정하는 방식을 포함한다는 것입니다. 포식자-크릴새우-생태계 간의 역학 모델 제안도 있고 실험적으로 조업 금지 구역을 포함하자는 제안이 있기도 합니다.

## 권고 사항

CCAMLR이 남극해를 보호하기 위한 방안으로, 동 위원회는 남극해에 해양보호구역(MPA) 네트워크를 지정하기로 약속했습니다. MPA 시스템은 크릴새우 어장이 집중된 남극반도와 스코샤 해역 일대에서 진전될 것으로 예상됩니다.

MPA가 진전되는 동안, CCAMLR은 과학에 기초한 예방적 크릴새우 조업을 확실히 이뤄지도록 다음의 조치를 취해야 합니다.

- 피드백 관리 체계가 도입될 때까지 CM 51-07 갱신
- CM 51-07을 변경하려면 특히 번식 기간 동안 포식자 군집 주위에 시기별 예방적 금어 구역 설정과 같이 포식자에게 필요한 우선 순위를 두어야 합니다.
- CEMP를 개선하여 충분한 정보 수집.
- 어획량 기록 체계 표준화.
- 현재의 크릴새우 생체량과 분포를 파악하기 위한 새로운 조사 실시.

## 주

- 1 Jefferson T. Hinke 외, “Divergent Responses of *Pygoscelis* Penguins Reveal a Common Environmental Driver,” *Oecologia* 153, no. 4 (2007): 845-55, <http://dx.doi.org/10.1007/s00442-007-0781-4>.
- 2 David G. Vaughan 외, “Recent Rapid Regional Climate Warming on the Antarctic Peninsula,” *Climatic Change* 60, no. 3 (2003): 243-74, <http://dx.doi.org/10.1023/A:1026021217991>.
- 3 Wayne Z. Trivelpiece 외, “Variability in Krill Biomass Links Harvesting and Climate Warming to Penguin Population Changes in Antarctica,” *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108, no. 18 (2011): 7625-28, <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1016560108>.
- 4 Valerie Loeb 외, “Effects of Sea-Ice Extent and Krill or Salp Dominance on the Antarctic Food Web,” letter to the editor, *Nature* 387, no. 6636 (1997): 897-900. <http://dx.doi.org/10.1038/43174>.
- 5 Commission for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources, *Report of the Working Group on Ecosystem Monitoring and Management* (Warsaw, 6-17 July 2015), <https://www.ccamlr.org/en/wg-emm-15>.
- 6 Commission for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources, *Factors to Consider in Developing Management Measures for Krill* (1990), [https://www.ccamlr.org/en/publications/science\\_journal/selected-scientific-papers-sc-camlr-ssp/7/175-187](https://www.ccamlr.org/en/publications/science_journal/selected-scientific-papers-sc-camlr-ssp/7/175-187).
- 7 Commission for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources, *Report of the Thirty-Second Meeting of the Scientific Committee* (Hobart, Australia, 21-25 October 2013), [https://www.ccamlr.org/en/system/files/e-sc-xxxii\\_1.pdf](https://www.ccamlr.org/en/system/files/e-sc-xxxii_1.pdf).
- 8 George M. Watters 외, “Decision-Making for Ecosystem-Based Management: Evaluating Options for a Krill Fishery With an Ecosystem Dynamics Model,” *Ecological Applications* 23, no. 4 (June 2013): 710-25, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23865224>.
- 9 Commission for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources, “CCAMLR Ecosystem Monitoring Program (CEMP),” accessed 15 June 2016, <https://www.ccamlr.org/en/science/ccamlr-ecosystem-monitoring-program-cemp>.

---

본 브리핑은 2016년 10월에 채택된 보존 조치를 반영하기 위해 2017년 6월에 업데이트되었습니다.

---

## 추가 정보가 필요하시면 아래 웹 페이지에서 확인하십시오.

[pewtrusts.org/penguins](http://pewtrusts.org/penguins)

---

연락처: Barbara Cvrkel, 커뮤니케이션 담당  
Email: [bcvrkel@pewtrusts.org](mailto:bcvrkel@pewtrusts.org)  
프로젝트 웹사이트: [pewtrusts.org/penguins](http://pewtrusts.org/penguins)

---

The Pew Charitable Trusts는 현대의 가장 어려운 과제를 해결하는 지식의 힘을 토대로 운영됩니다. Pew는 공공정책을 개선하고 대중에게 알리고 시민 생활을 활성화하기 위해 엄격하고 분석적인 접근법을 적용합니다.