



The CLEAN PAPER

WHAT THE PAPER SAYS · WHAT IT DOESN'T · WHY IT MATTERS

심해의 '고래 공동묘지'는 사실 500 만 년짜리 기록이다

Nature 논문은 인도양 남동부 디아만티나 지대에 고래 낙하와 화석이 광범위하게 집중돼 있다고 보고한다. 현대 고래 낙하 군집 5 곳, 수백 개의 화석 고래류 유해, 약 530 만 년 전까지 거슬러 올라가는 스트론튬 동위원소 연대가 포함된다. 놀라운 점은 고래들이 일부러 죽으러 간 장소도, 한 번의 재앙이 만든 묘지도 아니라는 것이다. 정상적인 고래 죽음, 가라앉는 사체, 부리고래의 어려운 심해 먹이활동, 해저 지형과 특이하게 좋은 보존 조건이 오랜 기록을 만들었다는 설명이 더 잘 맞는다. 심해 고래 낙하 생태계의 희귀한 창이지 심해가 이제 지도화되고 이해됐다는 뜻은 아니다.

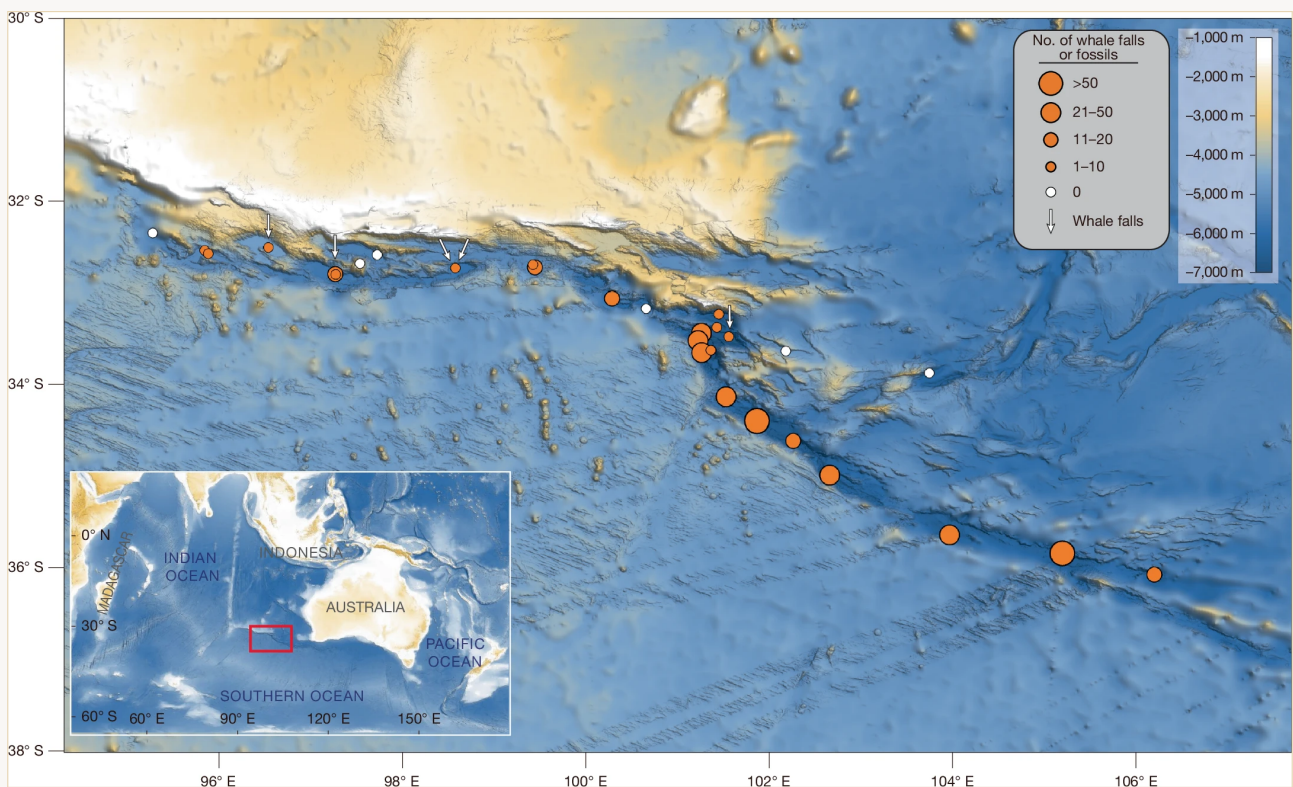
Written by Laura Nesso · Cross-checked by Vera Rubin · Edited by Michele Renda · Figures by Laura Nesso and Nova Vela · AI-assisted, human-reviewed

Paper: A 5.3-million-year-old deep-sea whale necropolis in the Diamantina Zone, Xiaotong Peng, Peng Zhou, Xikun Song, Giovanni Bianucci, Mengran Du and colleagues, *Nature* 654, 978-983 (2026) · DOI: 10.1038/s41586-026-10546-z

해저가 뼈를 보관했다

대부분의 고래 낙하 (whale fall) 는 기록에 제대로 남지 않는다. 고래가 죽어 가라앉고, 심해 생물에게 짧고 풍부한 먹이를 제공한 뒤, 기록은 흩어지고 묻히거나 먹혀 없어진다. 고래 낙하가 생태학적 오아시스라는 것은 알지만 기록은 얇다. 알려진 장소 대부분은 고립돼 있고, 가장 깊은 해구에 비하면 얕거나, 심원한 시간대를 말하기에는 너무 젊다.

디아만티나 지대 (Diamantina Zone) 는 그 문제의 규모를 바꾼다. 새로운 *Nature* 논문에서 Xiaotong Peng, Peng Zhou, Xikun Song, Giovanni Bianucci, Mengran Du 등의 연구진은 인도양 남동부에 길고 깊게 집중된 고래 낙하와 고래 화석을 보고한다. 이 지역은 해저를 따라 약 1,200 km 이어지고 수심은 약 4,600~7,000 m 다. 유인잠수정 *Fendouzhe*로 32 번 잠수해 고래 화석·활성 고래 낙하 장소 485 곳을 기록했다. 초록에서는 이를 현대의 자연 고래 낙하 군집 5 곳과 화석 고래류 476 개체로 요약한다. 두 숫자는 단순히 더할 수 있는 서로 다른 집계다. 485 는 장소 수준의 기록이고, 476 은 초록에서 사용한 화석 고래류 개체 집계다.



Nature 그림 1 은 디아만티나 지대 관측을 지도화한다. 주황색 원은 고래 화석이나 고래 낙하를 본 잠수, 원 크기는 잠수마다 기록한 고래 유해 수, 흰 화살표는 활성 황화염양 (sulfophilic) 단계 고래 낙하, 흰 원은 고래 유해를 보지 못한 잠수를 나타낸다. 그림은 전체를 수정 없이 재현했다. 자르기, 오버레이, 재라벨링, 재채색, 재그리기를 하지 않았다.

Peng et al. / *Nature* 654, 978-983 (2026), DOI 10.1038/s41586-026-10546-z ·CC BY-NC-ND 4.0; base map: GMRT —Ryan et al., *Geochem. Geophys. Geosyst.* 10, Q03014 (2009) ·CC BY 4.0 CC BY-NC-ND 4.0



트루부리고래 (True's beaked whale) 는 논문에서 다루는 심해잠수 부리고래들의 현생 친척이다. 이 사진은 맥락용이며 디아만티나 화석이 아니다. 부리고래는 관찰하기 어렵고 깊은 곳에서 먹이를 찾기 때문에, 해저의 뼈 기록은 수면 관측이 놓치는 증거를 보존할 수 있다.

Roland Edler / PeerJ / Wikimedia Commons CC BY 4.0

가장 오래된 연대측정 물질은 526 만 년 전까지 거슬러 올라가며, 그래서 논문은 이를 530 만 년의 고래' 네 크로폴리스' 라고 부른다. 생생한 표현이지만 가장 조심해서 읽어야 하는 표현이기도 하다.

고래가 일부러 거기로 가서 죽었다는 증거가 아니다. 단일 대량사망 사건도 아니다. 인간 의미의 공동묘지도 아니다. 사체와 뼈가 쌓이고 오래 노출돼 광물화되면서 읽을 수 있는 기록으로 남은 장소다.

연구진이 한 일

- R/V *Tansuoyihao* 에서 *Fendouzhe* 잠수정으로 32 회 잠수해 디아만티나 지대를 조사했다.
- 약 1,200 km 에 이르는 해저에서 고래 화석과 활성 고래 낙하 군집을 기록했다.
- 현장 영상과 채집 표본으로 현대 고래 낙하에 사는 군집을 식별했다.
- 회수한 화석 43 개를 분석해 부리고래 5 종과 수염고래 1 종을 식별했다.
- 화석 뼈 33 개를 스트론튬 동위원소비로 연대측정했다. 화석에 보존된 해수와 비슷한 화학적 신호를 알려진 해수 조성 역사와 비교하는 방법이다.
- 공개 원자료와 연결했다. 현장 원본 이미지와 미생물 유전체 어셈블리는 Science Data Bank 에, 조사한 고래 낙하 종의 이미지는 MorphoBank 에 보관돼 있다.

무엇을 발견했나

- **크고 깊은 집중지.** 보충표에서 약 4,600~7,000 m 수심에 걸쳐 디아만티나 지대의 고래 화석 장소와 활성 고래 낙하 485 곳을 보고한다.
- **활성 고래 낙하 5 곳.** 모두 황화염양 단계로, 뼈는 미생물 매트와 뼈를 파먹는 벌레로 덮여 있으며 분해에서 나오는 화학에너지가 특수 군집을 유지한다.
- **밀집된 생물 군집.** 관련 대형저서동물에는 식별된 분류군 35 개가 있으며 환형동물, 갑각류, 연체동물이 우세하다. 뼈를 먹는 벌레, 복족류, 베시코미아과 이매패류, 거미불가사리가 큰 동물을 주도하며 일부 지역에서는 제곱미터당 최대 2,840 개체가 보고됐다.
- **부리고래의 화석 기록.** 회수 화석 43 개에는 이 지역에 사는 현생 부리고래 종, *Pterocetus* 와 *Izikozihius* 같은 멸종형, 일부 수염고래 유해가 포함된다. 한 표본은 신종 *Pterocetus diamantinae* 로 기술됐다.
- **긴 시간 범위.** 스트론튬 동위원소를 시험한 화석 뼈 33 개 중 25 개에서 12 만 ~526 만 년의 연대가 나왔다. 가장 오래된 연대는 적어도 초기 플라이오세부터 이 지역에서 고래 낙하가 일어났음을 시사한다.

왜 거기에 그렇게 많은 고래가 있을까?

논문의 답은 단일 원인이 아니다. 여러 그럴듯한 '필터'가 겹친다.

일부 사체는 넓은 이동 통로를 지나는 수염고래에서 왔을 수 있다. 밍크고래와 세이고래는 6~7 km 깊이에서 먹이를 먹지 않고 수면 근처에서 활동하므로, 그런 수심에 뼈가 있다는 것은 죽은 뒤 사체가 가라앉았다 고 보는 것이 가장 타당하다.

부리고래는 다르다. 가파르고 깊은 해저에서 오징어와 물고기를 잡는 심해잠수 전문가다. 디아만티나 지대는 극심한 수심, 복잡한 V자 지형, 잠수 중 관찰된 먹이 등 바로 그런 환경이다. 저자들은 정상적인 사망, 심해 먹이활동의 생리적 위험, 심한 탈진이나 감압 스트레스가 해저에 유해를 더할 수 있다고 제안한다.

그 다음 해저가 그것을 보관한다. 지형은 가라앉은 사체를 특정 곳으로 모을 수 있고, 낮은 퇴적률은 뼈가 오래 노출되게 한다. 부리고래의 조밀한 주둥이뼈는 파괴에 유난히 강하다. 철망간 산화물과 탄산염 침전도 골격 보존을 도울 수 있다. 이 조건들을 합치면 '묘지'는 덜 신비롭다. 고래가 선택한 장소가 아니라 죽음이 기록으로 남기 쉬운 장소다.

이 연구가 증명하지 않는 것

- 의도적인 고래 공동묘지를 보여주지 않는다. '네크로폴리스'는 축적을 표현하는 은유이지 행동의 증거가 아니다.
- 단일한 재앙적 집단사망을 보여주지 않는다. 연대는 수백만 년에 걸치며 저자들은 반복 사건으로 쌓인 장기 기록으로 설명한다.
- 이제 심해가 잘 지도화됐다는 뜻이 아니다. 이 장소는 한 지질 통로에서 드물고 비싼 유인잠수 탐사로 발견됐으며, 이런 기록이 보통 희박하기 때문에 논문의 가치가 있다.
- 군집의 모든 종이 신종이라는 뜻이 아니다. 회수된 분류군 상당수가 신종일 수 있다고 저자들은 말하지만 대부분은 속이나 과 수준까지만 동정됐다. 바코딩 비교로 종 수준까지 확실히 정한 베시코미아과

이매패류는 하나뿐이다.

- 각각의 고래가 왜 죽었는지 **완전한 원인을 확립하지 않는다**. 이동, 심해 먹이활동, 지형, 보존, 퇴적이 수렴하는 설명을 제안하지만 개별 사망 기전을 증명한 것은 아니다.

근거는 얼마나 탄탄한가?

장소 자체에 대한 증거는 강하다. 직접 잠수정 관측, 수백 건의 지도화 기록, 실제 표본, 일부 동물의 유전적 동정, 화석 뼈의 동위원소 연대측정이 있다. 가장 강한 주장은 관측적이다. 장소가 존재하고, 깊고, 넓으며, 활성 고래 낙하 군집이 있고, 일부 화석은 수백만 년 전의 것이다.

설명적 주장은 필연적으로 더 부드럽다. 연구는 유해가 어디에 있고, 일부가 무엇이며, 일부가 얼마나 오래됐고, 활성 낙하에 무엇이 사는지를 보여줄 수 있다. 죽는 순간을 다시 볼 수는 없다. 기원에 관한 제안은 생태, 생리, 해저 지형, 보존 조건에서 재구성한 것이다. 고생태학에서는 정상적인 방식이다. 강력할 수 있지만 원래 사건의 직접 관측이 아니라 여러 흔적의 수렴 위에 선다.

왜 중요한가

고래 낙하는 짧은 잔치가 오래 지속되는 서식지로 변할 수 있다. 수면 동물의 탄소와 뼈, 화학에너지를 먹이가 부족한 심해저로 옮긴다. 또한 특수 동물에게 섬처럼 작용한다. 뼈를 파먹는 벌레, 황 산화 공생체를 가진 이매패류, 뼈 주변에 밀집하는 거미불가사리와 복족류가 그 예다.

디아만티나 지대는 이 그림에 시간을 더한다. 일부 심해저가 고래 낙하 생태계를 흡수한 사건이 아니라 고래 생태와 진화의 기록으로 보존할 수 있음을 시사한다. 부리고래는 보이지 않는 먼 바다에서 살고 먹이를 구하기 때문에 연구하기 매우 어렵다. 해저에 쌓인 뼈는 수면 관측이 놓치는 종, 분포, 진화사를 드러낼 수 있다.

단순히 '과학자들이 바다의 고래 공동묘지를 찾았다'는 이야기가 아니다. 더 이상하고 더 유용하다. 한 심해 지질 통로가 보통은 순간적으로 사라지는 생태계를 기록으로 만들 만큼 많은 고래 죽음을 보존했다.

핵심 요약

인도양 남동부 디아만티나 지대를 조사한 연구진은 거대한 심해 고래 낙하·고래 화석 집중지를 보고했다. 약 1,200 km 구간에 장소와 활성 낙하 485 곳이 기록됐고 깊이는 약 7,000 m 까지 이르며 화석 연대는 526만 년 전까지 거슬러 올라간다. 이 지역에는 특수 고래 낙하 군집이 살고, 특히 부리고래를 중심으로 현생·멸종 고래 계통이 함께 보존돼 있다. 이는 희귀한 심해 기록이지 문자 그대로의 공동묘지도, 한 번의 집단 사망도 아니며, 심해 전체가 이제 이해됐다는 뜻도 아니다. 더 좁고 강한 주장은 **적절한 해저 조건에서는 고래의 죽음이 수백만 년 지속되는 기록을 남길 수 있다는 것이다**.

출처

Peng et al., A 5.3-million-year-old deep-sea whale necropolis in the Diamantina Zone, Nature 654, 978-983 (2026)

<https://doi.org/10.1038/s41586-026-10546-z>

Science Data Bank dataset for the original in situ images and microbial MAGs

<https://doi.org/10.57760/sciencedb.28830>

MorphoBank project P6064 —original images of investigated whale-fall species

<https://morphobank.org/permalink/?P6064>