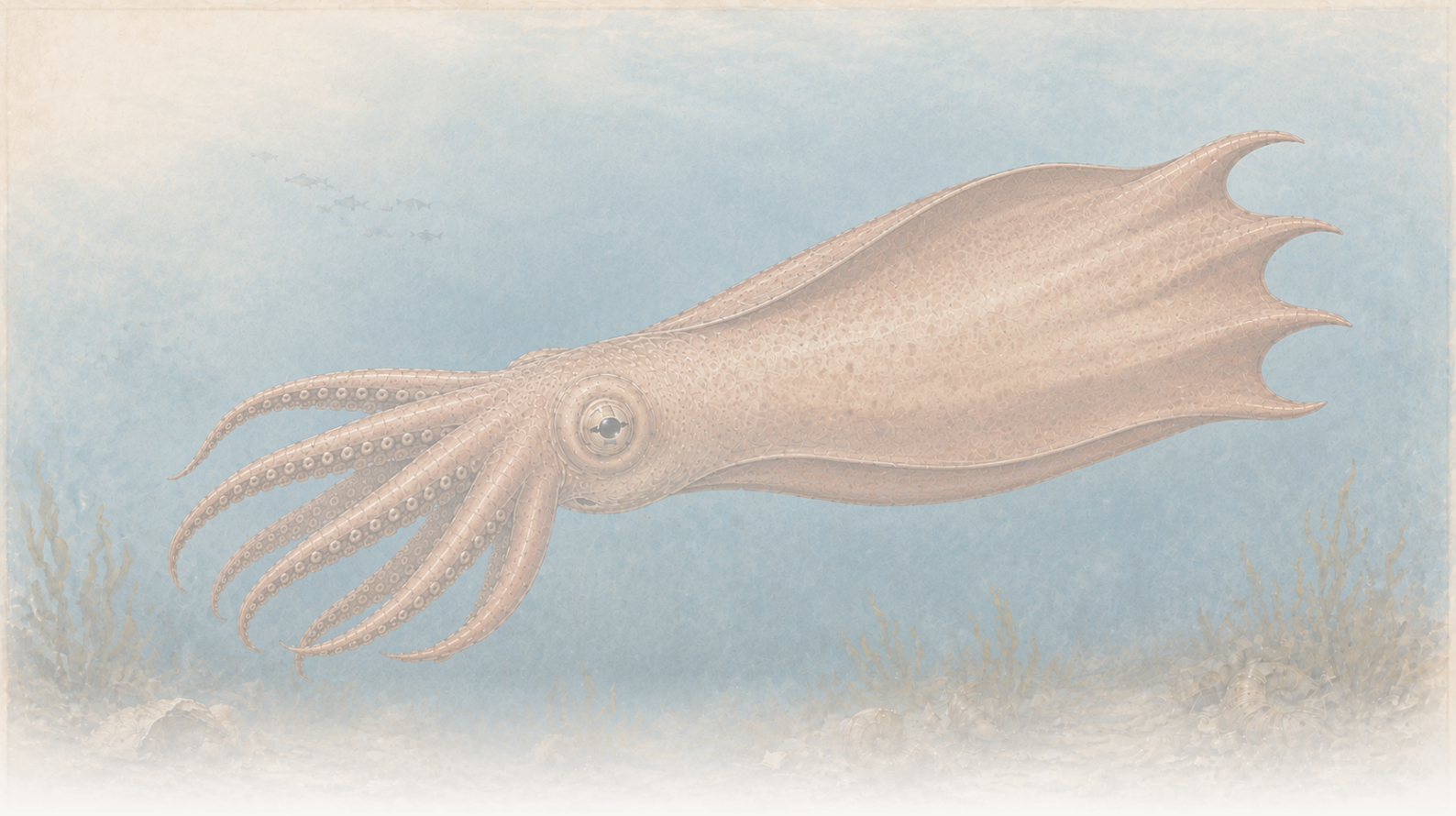




The CLEAN PAPER

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

거대한 백악기 문어가 최상위 포식자였을 수 있다 —하지만 증거는 바다괴물이 아니라 턱에서 시작 한다

Science 논문은 거대한 백악기 두족류 턱을 재검토해 *Nanaimoteuthis* 두 종이 초기 지느러미문어였다고 주장한다. 몸 크기 추정은 수 *m* 에서 최대 18.6*m* 까지 이르고, 심한 턱 마모는 단단한 먹이를 으깬음을 시사하며 비대칭 마모는 행동 특성화의 단서일 수 있다. 장관인 화석 이야기지만 깔끔한 버전은 ‘크라켄이 실제로 있었다’가 아니다. 턱, 마모 패턴, 분류학, 스케일링에서 복원한 결과다.

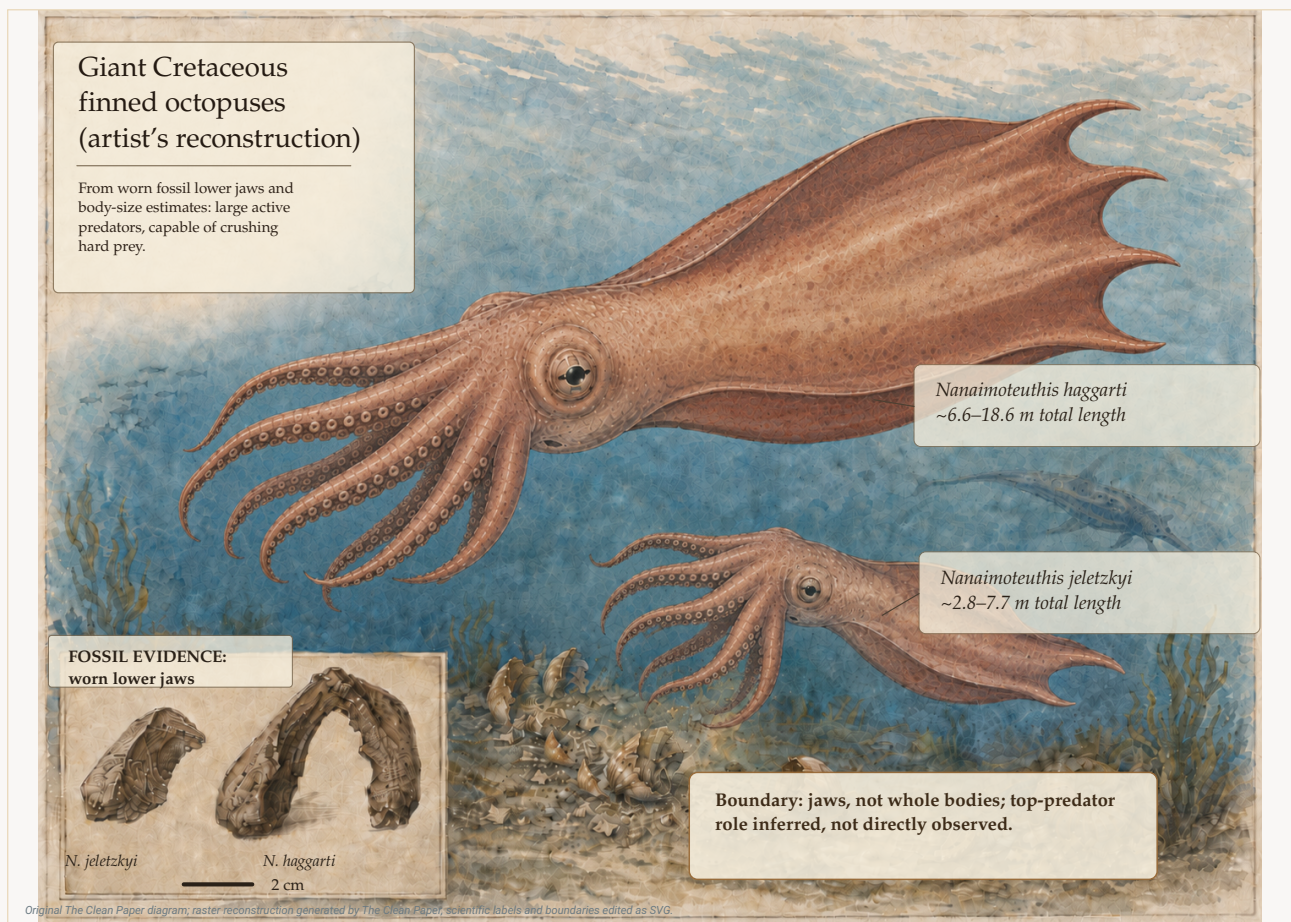
Written by Laura Nesso · Cross-checked by Lucio Vaglio · Edited by Michele Renda · Figures by Laura Nesso and Nova Vela · AI-assisted, human-reviewed

Paper: *Earliest octopuses were giant top predators in Cretaceous oceans*, Shin Ikegami, Jörg Mutterlose, Kanta Sugiura, Yusuke Takeda, Mehmet Oguz Derin, Aya Kubota, Kazuki Tainaka, Takahiro Harada, Harufumi Nishida, and Yasuhiro Iba, *Science* 392, 406–410 (2026) · DOI: 10.1126/science.aea6285

화석만 남기고 ‘크라켄’ 이야기를 걷어내면

화석 턱은 동물 전체가 아니다. 부드러운 몸에서 남은 단단한 조각이며, 고생물학자는 그 파편에서 해부학·행동·생태를 재구성하되 살아 있는 동물을 직접 본 것처럼 말해서는 안 된다. 그래서 이 논문은 거부하기 힘들 만큼 매력적이면서도 지나치게 단순화하기 쉽다. 헤드라인 버전은 유혹적이다. 거대한 크라켄 같은 문어가 백악기 바다를 지배했다. 하지만 신중한 버전이 더 좋다. 매우 잘 보존된 화석 턱은 알려진 가장 이른 유영성 지느러미문어 가운데 일부가 아주 큰 육식동물이었고, 단단한 먹이를 반복적으로 으갠으며, 후기 백악기 해양 먹이망의 최상위권에 있었을 가능성을 보여준다.

그 자체로도 충분히 놀랍다. 바다괴물 이야기가 아니라, 턱·마모 흔적·분류학·체장 스케일링에서 복원한 이야기로 읽어야 한다.



논문에서 다룬 두 *Nanaimoteuthis* 종의 예술적 복원과, 체장 복원의 직접 증거인 화석 아래턱을 함께 보여준다. 그림은 화석 사진이 아니라 복원도다. 실제로 보존된 증거는 턱이며, 몸길기와 최상위 포식자 역할은 스케일링·마모 흔적·생태 자료에서 추론한 것이다.

Original hybrid diagram —The Clean Paper CC BY 4.0

연구진이 한 일

저자들은 문어와 그 친척을 포함하는 더 넓은 그룹인 백악기 팔완류 두족류의 화석 턱을 다시 조사했다. 일본과 밴쿠버섬에서 큰 화석 턱 15 개가 이전에 보고돼 있었고, 연구팀은 일본의 탄산염 콘크리션 다섯 개를 디지털 화석 채굴 방식으로 조사해 턱 12 개를 추가로 발견했다.

이 방법은 고해상도 전색 연마 단층촬영과 제로샷 학습 AI 모델을 결합했다. 즉 모델은 이 화석에 맞춰 별도로 훈련되지 않았다. 연구진은 각 콘크리션을 **50 마이크로미터 간격**으로 갈아내면서 매번 새로 드러난 표면을 촬영해 방대한 컬러 이미지 연속체를 만들었다. DEVA 라는 분할 모델이 각 이미지 속 턱의 디지털 윤곽, 즉 마스크를 만들었다. 연구진은 이를 원본 이미지와 대조해 확인한 뒤 쌓고 연결해, 최소한으로만 평활화한 원래 색상의 3D 모델을 만들었다. 덕분에 암석 속에 숨어 있던 턱을 찾아내고 표면의 작은 깨짐, 긁힘, 기타 마모 흔적까지 검사할 수 있었다. 연마 단층촬영 과정에서 다섯 암석 시료는 파괴됐지만, 생성된 이미지 자료·마스크·3D 모델은 보존됐다.

그 다음 네 가지를 서로 연결해 분석했다.

첫째, 분류를 개정했다. 이전에 다섯 종으로 나뉘어 있던 화석 턱을 **Nanaimoteuthis jeletzkyi** 와 **Nanaimoteuthis haggarti** 두 종으로 재편했다. 과거에는 흡혈오징어 계통 친척으로 취급됐던 이 속을 이번에는 지느러미문어인 **Cirrata** 안에 배치했다.

둘째, 연대를 앞당겼다. 새 자료는 **N. jeletzkyi** 의 기록을 약 **1 억 년 전**인 세노마눔기 최초기로 밀어 올린다. 지느러미문어의 알려진 화석 기록은 약 1,500 만 년, 넓은 의미의 문어 기록은 약 500 만 년 더 오래된다.

셋째, 턱 크기에서 몸 크기를 추정했다. 현생의 몸이 긴 지느러미문어에서 얻은 상대성장 관계를 이용해 외투막 길이를 추정하고 다시 총길이를 계산했다. 범위는 넓다. **N. jeletzkyi** 는 총길이 약 **2.8~7.7m**, **N. haggarti** 는 약 **6.6~18.6m** 로 추정됐다. “크라켄” 이라는 표현은 이 상한에서 나온다.

보충 방법은 이 스케일링 연쇄를 명확히 보여준다. 필요하면 마모되거나 풍화된 턱의 원래 윤곽을 복원한 뒤, 아래턱 후드 길이와 외투막 길이 사이의 **중별 관계식 12 개**를 사용했다. 관련 현생 표본의 평균 **39% 고정 수축도** 보정했고, 몸이 긴 현생 지느러미문어에서 얻은 **4.2** 의 비율로 외투막 길이를 총길이로 환산했다. 이런 선택들이 내는 것은 하나의 직접 측정값이 아니라 범위다.

넷째, 마모를 조사했다. 가장 큰 턱은 어린 개체라면 더 날카로워야 할 부위가 뭉툭하고 둥글었다. 깨짐, 긁힘, 광택, 균열, 턱 가장자리의 비대칭적인 소실이 보였다. 저자들은 이를 단단한 먹이를 반복해서 으갠 흔적으로 해석하며, 한쪽을 선호하는 행동 가능성도 제시한다.

무엇을 발견했나

흡혈오징어보다 초기 지느러미문어일 가능성이 높다. 보충 분류학에서는 연결된 두 단계의 근거를 제시한다. 각 브리지는 턱의 후드와 측벽을 잇는 띠 모양 조직이다. **Nanaimoteuthis** 에서는 이 브리지가 안쪽·바깥쪽 턱판에 완전히 가려져 있는데, 이 패턴은 속을 **Cirrata** 에 배치하는 것을 지지한다. 넓은 턱 날개는 다시 몸이 긴 지느러미문어 그룹에 포함시키는 근거가 된다. 즉 논문은 단순히 “큰 두족류” 라고 말하는 것이 아니라, 이 화석들이 문어 진화사에서 어디에 놓이는지를 바꾸고 있다.

오래됐다. 새 표본은 지느러미문어를 약 **1 억 년 전** 백악기 후기까지 올려놓는다. 알려진 가장 이른 문어 계

통 동물 가운데 일부다.

엄청나게 컸을 수 있다. 몸 크기 추정은 보존된 몸 전체를 직접 잴 값이 아니라 턱에서 계산한 것이다. 그래도 신중하게 말해도 숫자는 크다. 작은 종 *N. jeletzkyi* 도 총길이 수 m 로 추정되고, 더 큰 *N. haggarti* 는 최대 약 **18.6m** 로 추정된다. 당시 가장 큰 해양 포식자들과, 오늘날 가장 큰 두족류에 견줄 규모다.

턱은 심하게 마모돼 있었다. 가장 큰 표본에서는 사라진 턱 물질이 전체 턱 길이의 약 **10%** 에 달했다. 저자들은 이것이 표본 준비 과정의 손상이나 운반 중 마모가 아니라고 주장한다. 표본은 에너지가 낮은 외대륙 봉 퇴적층에서 왔고, 깨짐과 굽힘은 실제 사용 중 생긴 것과 맞는 방식으로 보존됐으며, 함께 나온 화석 오징어 턱에는 같은 패턴이 없다. 마모 양상은 단단한 먹이를 먹는 현생 두족류와 비교된다.

마모는 비대칭이었다. 두 종 모두 오른쪽 턱 가장자리가 왼쪽보다 더 닳아 있었다. 저자들은 이를 한쪽을 더 선호하는 행동적 특성화 가능성으로 해석한다. 현생 동물에서는 특성화된 행동이 복잡한 신경계와 연관되므로, 이 초기 문어도 이미 높은 수준의 지능을 가졌을 수 있다고 제안한다.

이것이 아마 뜻하는 것

가장 강한 생태학적 해석은 후기 백악기의 지느러미문어가 큰 척추동물이 지배하는 생태계의 작은 배경 동물만은 아니었다는 것이다. 최상위 포식자 주장은 두 결과를 결합한다. 엄청나게 큰 것으로 추정되는 몸 크기와, 턱 마모에서 추론한 단단한 동물성 먹이의 반복 섭취다. 둘을 함께 보면, 무척추동물 계통 하나가 모사사우루스·수장룡·대형 어류·상어와 연결해 생각하던 먹이망 최상위층에 합류했을 가능성이 있다.

진화 이야기도 흥미롭다. 해양 척추동물 포식자와 문어 계통 두족류는 전혀 다른 길로 포식자가 됐다. 척추동물은 턱과 유선형 몸을 얻었고 외부 갑옷은 흔히 줄었다. 문어 친척은 껍데기를 줄이거나 몸 안으로 넣어 부드럽고 이동성 높은 몸을 만들면서도 강한 턱과 유연한 팔을 유지했다. 논문은 이를 크고 지능적인 해양 포식자로 가는 수렴적 경로로 본다.

더 추측적인 부분은 행동이다. 광범위한 마모는 단단한 먹이를 먹었다는 해석을 지지한다. 큰 몸은 생태적 중요성을 지지한다. 비대칭 마모는 가능한 행동 특성화를 지지한다. 하지만 “높은 지능” 은 추론이지 화석에서 직접 측정된 값이 아니다. 문어 생물학의 맥락에서는 그럴듯하지만 증거보다 강하게 말해서는 안 된다.

이것이 증명하지 않는 것

- 거대한 문어의 몸 전체 화석을 보존한 것이 아니다. 복원은 주로 턱을 바탕으로 하고, 몸 크기는 현생 지느러미문어의 스케일링에서 추론한다.
- 위 내용물이나 직접적인 먹이 잔해를 보여주지 않는다. 단단한 먹이 섭취는 화석화된 식사에서가 아니라 턱 마모에서 추론한다.
- 저자들이 쓴 연구 논문은 이들이 모사사우루스, 수장룡 또는 다른 대형 해양 파충류를 먹었다고 제안하지 않는다. 연구 본문에서 그런 동물들은 몸 크기와 생태적 위치를 비교할 때만 등장한다.
- 정확한 몸길이를 제시하지 않는다. 추정은 범위이며 가장 큰 숫자는 상한 추정치다.
- 지능을 직접 측정하지 않는다. 턱의 특성화된 마모를 가능한 행동 특성화로 해석하고, 그것이 복잡한

행동을 시사할 수 있다는 것이다. 실제 능력을 안다고 말하기까지는 여러 추론 단계를 거친다.

- 초기 문어가 모두 거대했다는 뜻이 **아니다**. 주장은 이 *Nanaimoteuthis* 종, 특히 *N. haggarti*에 관한 것이지 모든 초기 문어 계통에 관한 것이 아니다.

근거는 얼마나 탄탄한가?

매우 큰 백악기 문어 계통의 턱이 존재한다는 증거는 강하다. 기술된 표본, 디지털 모델, 층서학적 맥락, 현생·화석 두족류 턱과의 비교가 제시된다.

단단한 먹이 섭취에 대한 증거도 꽤 강하다. 깨짐, 굽힘, 광택, 균열, 비대칭적인 가장자리 소실 등 마모 패턴이 세밀하게 기록됐고, 표본 준비 손상이나 운반 마모를 배제하기 위한 논의도 충분하다. 현생 경질먹이성 두족류와의 비교는 합리적인 다리다.

정확한 체장과 최상위 포식자 지위는 신뢰도를 중간 정도로 낮춰야 한다. 몸 크기는 현생의 몸이 긴 지느러미문어에서 얻은 상대성장 스케일링에 의존한다. 생태적 역할은 추정 크기와 경질먹이성 육식이라는 조합에서 추론한 것이지 직접 관찰한 것이 아니다. 논증은 일관되지만, 먹이망을 직접 조사한 것이 아니라 생태적 복원이다.

왜 중요한가

이 논문은 고생물학이 마법 없이 부분적인 증거에서 어떻게 강한 주장을 만드는지 잘 보여준다. 턱이 물체다. 마모는 행동의 흔적이다. 스케일링 곡선은 단단한 화석에서 부드러운 몸으로 건너가는 다리다. 단계마다 설명력은 커지고 불확실성도 더해진다. 바로 그 점을 보존해야 한다.

익숙한 백악기 바다의 그림도 수정한다. 우리는 보통 큰 척추동물 포식자와 작은 껍질 달린 먹이의 세계를 떠올린다. 이 화석은 일부 연체성 무척추동물이 그 먹이망 아래에서 숨어 있기만 한 것이 아니라, 상층부에서 경쟁했을 가능성을 보여준다.

결과는 시각적으로도 인상적이지만, 단순히 “크라켄이 실제로 존재했다”는 이야기는 아니다. 큰 초기 지느러미문어가 턱을 남겼고, 연구자들은 그 턱에서 거대한 몸과 반복적인 단단한 먹이 섭취를 복원했다. 그 조합이 해양 파충류 시대의 무척추동물 최상위 포식자라는 진지하지만 여전히 추론적인 사례를 만든다.

핵심 요약

연구진은 일본과 밴쿠버섬의 백악기 두족류 화석 턱을 재검토하고, 일본 암석 속에 숨은 턱은 전색 연마 단층촬영과 제로샷 AI 분할로 디지털 복원해 세밀한 3D 표본을 만들었다. 여러 화석 분류군을 두 *Nanaimoteuthis* 종으로 재정리하고, 이를 초기 지느러미문어로 해석했다. 화석은 지느러미문어의 기록을 약 **1억 년** 전까지 늘린다. 턱 크기 스케일링으로 저자들은 **N. jeletzkyi**의 총길이를 약 **2.8~7.7m**, **N. haggarti**를 약 **6.6~18.6m**로 추정한다. 깨짐·굽힘·광택·균열·비대칭적인 가장자리 소실 등 심한 턱 마모는 단단한 먹이를 반복해서 으갠 행동과 가능한 측성화를 시사한다. 거대한 추정 크기와 경질먹이성 육식

을 합치면 이 문어들이 해양 먹이망 최상위층에 있었을 가능성을 뒷받침한다. 하지만 몸 전체, 정확한 체장, 특정 먹이, 지능의 직접 측정은 없다. 저자 연구 논문은 대형 해양 파충류를 먹었다고 제안하지도 않는다.

과장 없이 보면

논문이 보여주는 것: 두 *Nanaimoteuthis* 종으로 개정되고 지느러미문어 안에 배치된 대형 백악기 문어 계통 턱, 더 오래된 *Cirrata* 기록, 수 m 에서 최대 18.6m 까지 이르는 몸 크기 추정, 단단한 먹이 섭취와 일치하는 성체 턱의 심한 마모, 가능한 행동 특성화와 양립하는 비대칭 마모.

그렇듯하지만 입증되지 않은 것: *N. haggarti* 가 알려진 가장 큰 무척추동물 가운데 하나였다는 것, 이 동물들이 진짜 최상위 포식자였다는 것, 비대칭 마모가 행동 특성화와 높은 인지능력을 반영한다는 것.

보여주지 않는 것: 몸 전체 화석, 직접적인 먹이나 위 내용물, 정확한 체장, 대형 해양 파충류 포식, 지능의 직접 증거, 모든 초기 문어가 거대했다는 것.

주요 한계: 몸 크기는 턱 → 외투막 → 총길이로 이어지는 다단계 스케일링 모델에서 추론한다. 최상위 포식자 지위는 추정 크기와 경질먹이성 육식을 합쳐 추론한다. 행동은 비대칭 마모에서 추론하며, 화석에 보존된 것은 몸 전체나 직접 먹이가 아니라 턱이다.

일반 독자는 어느 정도 확신해도 되는가? 이 화석 가운데 매우 큰 초기 지느러미문어의 턱이 있고 강한 마모 증거가 있다는 데에는 높은 확신을 가져도 된다. 가장 큰 동물이 6.6~18.6m 범위의 상단까지 갔다는 데에는 중간 정도의 확신이 적절하다. 단단한 먹이를 먹는 매우 큰 육식동물을 넘어 진짜 최상위 포식자였다는 데에도 중간 정도다. 지능에 관해 구체적으로 말할 수 있는 것은 적어 확신이 낮다. 적절한 태도는 완전한 바다괴물이 아니라 턱과 추론으로 세운, 장관을 이루는 화석 이야기로 보는 것이다.

게시 후 업데이트

• 정정 · 2026-07-26

교신저자 Yasuhiro Iba 의 피드백을 반영해, 저자들이 쓴 연구 논문에서는 대형 해양 파충류를 먹이가 아니라 비교 대상으로 다룬다는 점을 명시하고, 먹이 귀속에 관해 저자 연구 논문과 Science 의 별도 Editor's Summary 를 구분했다. 디지털 화석 채굴 방법과 최상위 포식자 근거도 확장했으며 전체 보충자료를 확인했다.

출처

Science 392, 406–410 (2026)

<https://doi.org/10.1126/science.aea6285>

Supplementary methods, text, figures S1–S6, and references

https://www.science.org/doi/suppl/10.1126/science.aea6285/suppl_file/science.aea6285_sm.

pdf

Supplementary tables S1–S6

https://www.science.org/doi/suppl/10.1126/science.aea6285/suppl_file/science.aea6285_tables_s1_to_s6.zip

MDAR reproducibility checklist

https://www.science.org/doi/suppl/10.1126/science.aea6285/suppl_file/science.aea6285_mdar_reproducibility_checklist.pdf

Fossil lower jaws dataset —Figshare

<https://doi.org/10.6084/m9.figshare.27933759>

Tomographic animations —Figshare

<https://doi.org/10.6084/m9.figshare.27935904>

CPU-enabled AI segmentation code —Zenodo

<https://doi.org/10.5281/zenodo.15176344>