인공지능,
동물의 언어를 번역하다

김경진 변호사

차례

도입부	지구 공동체의 목소리를 열다
제1장	와일드 돌핀 프로젝트와 점박이돌고래의 세계
제2장	향유고래의 음소 알파벳과 프로젝트 CETI
제3장	혹등고래 트웨인과의 조우
제4장	심해의 오케스트라
제5장	대지의 언어
제6장	하늘의 교향곡과 보이지 않는 춤
제7장	동물의 뇌에서 딥러닝 캔버스로
제8장	동물의 환경세계와 기호학적 경계
제9장	기만과 보존의 갈림길
제10장	비인간 인격체와 기계 보조적 권리
에필로그	인터스피시즈 인터넷과 공존의 지구

도입부

지구 공동체의 목소리를 열다

0.1 허블 망원경이 열어 준 새로운 눈

1995년 12월, 과학자들이 우주 망원경을 하늘로 돌렸다. 그 망원경의 이름은 허블 우주 망원경(Hubble Space Telescope)이다. 망원경이 겨눈 곳은 하늘에서 가장 어둡고 텅 빈 지점이었다. 많은 학자는 그곳에 아무것도 없다고 생각했다. 망원경은 며칠 동안 그 어둠에서 빛을 모았다. 그러자 뜻밖의 결과가 나왔다. 어둠 속에 은하 수천 개가 숨어 있었다. 은하는 별들이 모여 이룬 거대한 무리다. 그곳은 텅 빈 곳이 아니라 가득 찬 곳이었다. 이 일은 과학에 큰 교훈을 남겼다. 새 도구로 비추면 비어 보이던 곳에도 많은 것이 있었다 [1].

오늘날 인공지능이 이와 비슷한 일을 하고 있다. 이번에 겨눈 곳은 하늘이 아니다. 생명들이 서로 주고받는 소리의 세계다. 이 새 도구를 디지털 생체음향학(Digital Bioacoustics)이라 부른다. 생물이 내는 소리를 녹음해 컴퓨터로 연구하는 학문이다. 오래전 서구 과학은 동물의 소리를 낮게 보았다. 그저 본능이 내는 소음이라 여겼다. 그런데 인공지능이 그 소리를 살펴보자 생각이 바뀌었다. 숲과 바다는 정보로 가득 찬 대화의 무대였다 [2].

사람의 눈과 귀는 세상의 아주 일부만 느낀다. 우리는 못 느끼는 것은 없다고 착각하기 쉽다. 검은눈방울새(dark-eyed junco)라는 작은 새가 있다. 이 새의 소리는 사람 귀에 밋밋하게 들린다. 그런데 새들은 귀의 시간 감각이 사람보다 빠르다. 새에게 그 소리는 두 겹으로 짜인 정교한 가락이다. 코끼리는 아주 낮은 소리로 멀리까지 이야기한다. 이 소리는 14에서 35헤르츠(Hz) 사이다. 그중 낮은 쪽은 사람이 듣지 못하는 소리다. 이 소리는 몇 킬로미터 밖까지 퍼져 나간다. 조건이 좋으면 더 멀리까지 간다. 박쥐는 사람이 못 듣는 높은 소리로 서로 다툰다. 귀가 없는 산호의 새끼조차 소리로 갈 곳을 찾는다 [3].

사람이 듣는 소리에는 위아래로 벽이 있다. 너무 높아서 못 듣는 소리를 초음파(ultrasonic)라 부른다. '초'는 넘어선다는 뜻이다. 사람 귀의 위쪽 벽을 넘어선 소리다. 너무 낮아서 못 듣는 소리를 초저주파(infrasonic)라 부른다. 사람 귀의 아래쪽 벽을 넘어선 소리다. 박쥐의 소리는 초음파에 들어간다. 코끼리 소리의 낮은 부분은 초저주파에 들어간다. 사람은 오랫동안 이 두 소리를 놓치고 살았다. 녹음 장비와 분석 기술이 좋아지면서 이 소리들을 하나씩 연구할 수 있게 되었다. 소리를 듣는 것은 귀 달린 동물만이 아니다. 귀가 없는 식물도 소리에 반응한다는 연구가 있다.

과학자들은 이런 소리를 물속에서도 잡아낸다. 물속에 넣는 마이크를 하이드로폰(hydrophone)이라 부른다. 이렇게 모은 소리를 딥러닝(deep learning)이 분석한다. 딥러닝은 많은 자료에서 스스로 규칙을 찾는 기술이다. 인공지능은 이렇게 사람 감각의 상자를 깨고 있다. 지구의 오랜 대화 속으로 들어가는 문이 열리고 있다.

근거자료

[1] Bakker, K. (2022). The Sounds of Life: How Digital Technology Is Bringing Us Closer to the Worlds of Animals and Plants. Princeton University Press.

[2] Earth Species Project. (2024, 11월 11). Introducing NatureLM-audio: An audio-language foundation model for bioacoustics. Earth Species Project. https://www.earthspecies.org/blog/introducing-naturelm-audio-an-audio-language-foundation-model-for-bioacoustics

[3] Poole, J. H., Payne, K., Langbauer, W. R., & Moss, C. J. (1988). The social contexts of some very low frequency calls of African elephants. Behavioral Ecology and Sociobiology, 22(6), 385-392. https://doi.org/10.1007/BF00294975

0.2 말을 지도로 바꾸는 인공지능

인공지능은 사람의 말을 어떻게 다룰까. 인공지능은 말을 일종의 지도로 바꾼다. 이 지도를 잠재 공간(Latent Space)이라 부른다. 뜻이 비슷한 말을 가까이 모아 두는 보이지 않는 지도다. 이 지도를 별들이 가득한 밤하늘로 상상하면 쉽다. 낱말 하나하나가 별 하나가 된다. 뜻이 비슷한 낱말끼리는 가까이 모인다. 뜻이 먼 낱말끼리는 멀리 떨어져 있다 [1].

이 지도의 힘은 거리에서만 나오지 않는다. 낱말 사이의 관계도 방향과 거리로 나타난다. 예를 들어 '왕'과 '남자'를 잇는 화살표가 있다. '여왕'과 '여자'를 잇는 화살표도 그와 닮았다. 그래서 '여왕'에서 '여자'를 빼고 '남자'를 더하면 '왕'에 가까워진다. 일부 낱

말 지도에서는 이런 계산이 꽤 잘 들어맞는다. '개'라는 낱말도 홀로 떨어져 있지 않다. '사람', '짖음', '털' 같은 낱말과 이어져 자리를 잡는다.

컴퓨터는 낱말의 속뜻을 사람처럼 느끼지 못한다. 슬픔이나 기쁨 같은 감정도 알지 못한다. 컴퓨터가 하는 일은 관계를 계산하는 것뿐이다. 낱말들이 서로 어떻게 이어지는지를 따진다. 이 일은 커다란 빈칸 맞추기 문제를 푸는 것과 비슷하다. 빈칸에 올 말을 하나씩 맞추어 가듯이, 인공지능은 낱말의 자리를 하나씩 맞추어 간다. 그렇게 말의 정교한 모양이 만들어진다 [2].

소리도 이렇게 지도로 바꿀 수 있다. 인공지능은 소리를 잘게 잘라 숫자로 바꾼다. 그 숫자들을 지도 위의 별처럼 늘어놓는다. 비슷한 소리끼리는 가까이 모인다. 다른 소리끼리는 멀리 떨어진다. 사람 말이든 동물 소리든 지도로 놓는 방법은 비슷하다. 다만 종을 넘어 뜻까지 이어지는지는 아직 연구 중이다 [3].

말은 세상이 만든 그림자와 같다. 인공지능은 그 그림자를 거꾸로 따라간다. 그래서 세상의 숨은 구조를 지도로 그려 낸다. 이 지도가 있어야 다음 이야기가 가능해진다. 사람의 말을 지도로 그릴 수 있다면, 동물의 소리도 지도로 그릴 수 있기 때문이다.

근거자료

[1] Mikolov, T., Yih, W., & Zweig, G. (2013). Linguistic regularities in continuous space word representations. Proceedings of NAACL-HLT 2013, 746-751.

[2] Bakker, K. (2022). The Sounds of Life: How Digital Technology Is Bringing Us Closer to the Worlds of Animals and Plants. Princeton University Press.

[3] Earth Species Project. (2026). What we do: Technology. Earth Species Project. https://www.earthspecies.org/what-we-do/technology

0.3 사전 없는 번역과 지구종 프로젝트

2017년 무렵, 기계 번역에서 큰 사건이 일어났다. 두 언어를 잇는 사전이 전혀 없는 상황이었다. 옛날에는 로제타 스톤(Rosetta Stone)이 있어야 했다. 로제타 스톤은 같은 글을 여러 언어로 새긴 오래된 비석이다. 이 비석 덕분에 옛 이집트 글자를 풀 수 있었다. 그런데 인공지능은 이런 사전 없이 두 언어의 낱말을 서로 짝지었다. 스스로 배우는 기계 학습으로 해낸 것이다 [1].

방법은 두 언어의 지도를 겹쳐 보는 것이었다. 인공지능은 영어의 별지도를 따로 만들었다. 스페인어의 별지도도 따로 만들었다. 그런 다음 두 지도를 조심스럽게 포갰다. 많은 학자는 두 지도가 안 맞을 거라 보았다. 언어마다 세상을 보는 방식이 다르기 때문이다. 그런데 두 지도는 부드럽게 겹쳐졌다. '개'를 뜻하는 별은 거의 같은 자리에 내려앉았다. 모양이 다른 두 지도를 늘이고 줄여서 겹쳐 맞추는 이 방법을 다양체 정렬(manifold alignment)이라 부른다.

이 일은 유럽의 언어에서만 일어나지 않았다. 문법이 크게 다른 언어에서도 비슷한 모양이 나타났다. 사람이 만든 언어인 에스페란토에서도 그랬다. 사람의 여러 언어는 하나의 큰 모양을 함께 지닌 듯 보였다. 사람이라는 한 종이 같은 지구를 느끼기 때문으로 본다 [2].

지구종 프로젝트(Earth Species Project)의 에이사 래스킨(Aza Raskin)은 여기서 질문을 던졌다. 사람 언어를 이렇게 겹칠 수 있다면, 동물의 소리에도 같은 방법을 쓸 수 있지 않을까. 이 단체는 2017년에 세워진 비영리 연구소다. 흰돌고래인 벨루가와 범고래, 오랑우탄의 소리를 모은다. 소리마다 따로 별지도를 만든다. 그 지도를 사람 말의 지도 위에 조심스럽게 포갠다. 그러면 사람은 이웃 생명의 소리를 새로운 눈으로 살필 수 있다. 이들의 최근 도구가 네이처엘엠오디오(NatureLM-audio)다. 동물의 소리를 듣고 종과 울음 종류를 알아맞히는 인공지능이다. 2025년에는 누구나 써 보는 데모가 공개되었다. 소리 파일을 올리고 질문을 적으면 답이 나온다. 2026년에는 그 기능이 더 좋아졌다. 2026년 7월에는 여러 연구소가 자료를 함께 쓰는 알프데이터(alp-data)라는 자료 창고도 문을 열었다. 이런 흐름은 서로 다른 인공지능이 결국 비슷한 모양의 지도에 이른다는 생각과 이어진다. 이 생각을 플라톤적 표상 가설(Platonic Representation Hypothesis)이라 부른다 [3][4][5].

근거자료

[1] Lample, G., Conneau, A., Denoyer, L., & Ranzato, M. (2018). Unsupervised machine translation using monolingual corpora only. International Conference on Learning Representations (ICLR) 2018. arXiv:1711.00043.

[2] Robinson, D., Miron, M., Hagiwara, M., et al. (2024/2025). NatureLM-audio: An audio-language foundation model for bioacoustics. International Conference on Learning Representations (ICLR) 2025. arXiv:2411.07186.

[3] Earth Species Project. (2025, 9월). Hands-on with NatureLM-audio: A no-code demo. Earth Species Project. https://earthspecies.org/blog/hands-on-with-naturelm-audio-a-no-code-demo

[4] Earth Species Project. (2026, 7월 22). Introducing alp-data: A shared data layer for animal language processing. Earth Species Project. https://earthspecies.org/2026/07/22/introducing-alp-data-a-shared-data-layer-for-animal-language-processing/

[5] Huh, M., Cheung, B., Wang, T., & Isola, P. (2024). Position: The Platonic Representation Hypothesis. Proceedings of the 41st International Conference on Machine Learning (ICML). arXiv:2405.07987.

0.4 소리 속에 숨은 규칙을 찾다

동물의 소리는 아무 뜻 없는 소음일까. 아니면 사람의 말처럼 규칙이 있을까. 과학자들은 소리의 통계를 재서 이를 살핀다. 널리 알려진 규칙 하나는 자주 쓰는 말일수록 짧아진다는 것이다. 이 규칙을 지프의 축약 법칙(Zipf's law of abbreviation)이라 부른다. 언어학자 조지 킹슬리 지프의 이름을 땄다. 사람은 힘을 아끼려고 자주 쓰는 말을 짧게 만든다 [1].

언어학자 스튜어트 셈플과 라몬 페레르 이 칸초 연구진이 이 규칙을 여러 동물에서 살폈다. 원숭이를 비롯한 여러 포유류의 소리를 모아 견주었다. 컴퓨터가 소리를 잘게 나누어 세어 주었다. 결과는 한결같았다. 자주 내는 소리일수록 그 길이가 짧았다. 사람 말과 닮은 규칙이 동물 소리에도 있었다. 긴 소리일수록 그 안의 조각이 짧아지는 규칙도 나타났다. 이 규칙의 이름은 멘체라트-알트만 법칙(Menzerath-Altmann law)이다.

다음 소리를 얼마나 맞히기 어려운지를 재는 값도 있다. 어떤 소리 뒤에 무슨 소리가 올지 그 어려움을 잰다. 이 값을 섀넌 엔트로피(Shannon entropy)라 부른다. 정보이론을 만든 클로드 섀넌의 이름을 땄다. 소리가 뜻 없는 비명이라면 이 값이 한쪽으로 치우친다. 규칙이 있는 말이라면 그 사이의 값을 지닌다 [4].

고래세티(Whale-SETI) 연구팀이 고래 소리를 이 값으로 살폈다. 브렌다 매코원과 프레드 샤프, 로런스 도일이 함께했다. 이들은 혹등고래(humpback whale)의 노래를 살폈다. 고래 노래는 규칙과 자유 사이에 알맞게 걸쳐 있었다. 노래에는 자주 나오는 소리는 짧게, 드문 소리는 길게 쓰는 짜임도 보였다. 이렇게 하면 같은 뜻을 더 적은 힘으로 보낼 수 있다. 컴퓨터에도 자주 쓰는 것은 짧게, 드문 것은 길게 적어 크기를 줄이는 압축 방법이 있다. 이 방법의 이름은 허프만 부호화(Huffman coding)다 [2].

연구팀은 살아 있는 고래와 소리를 주고받는 실험도 했다. 알래스카 바다에서 트웨인(Twain)이라는 혹등고래를 만났다. 연구팀은 미리 녹음해 둔 고래 인사 소리를 물속 스피커로 틀어 주었다. 인공지능이 실시간으로 대화를 지어낸 것은 아니다. 이 인사 소리를 훕 콜(whup call)이라 부른다. 고래는 사람처럼 차례를 지키며 답을 보내왔다. 소리가 끝나는 자리를 기다렸다가 빈자리를 채웠다. 이 주고받음은 20분 동안 이어졌다. 급식 시간에 친구와 번갈아 말하듯 소리를 주고받은 셈이다 [3].

근거자료

[1] Semple, S., Ferrer-i-Cancho, R., & Gustison, M. L. (2022). Linguistic laws in biology. Trends in Ecology & Evolution, 37(1), 53-66. https://doi.org/10.1016/j.tree.2021.08.012

[2] McCowan, B., Hubbard, J., Walker, L., Sharpe, F., Frediani, J., & Doyle, L. (2023). Interactive bioacoustic playback as a tool for detecting and exploring nonhuman intelligence: "conversing" with an Alaskan humpback whale. PeerJ, 11, e16349. https://doi.org/10.7717/peerj.16349

[3] Earth.com. (2024). AI helps humans have a 20-minute 'conversation' with a humpback whale named Twain. Earth.com. https://www.earth.com/animals/whale-seti-ai-helps-humans-have-20-minute-conversation-with-humpback-whale-twain/

[4] Bakker, K. (2022). The Sounds of Life: How Digital Technology Is Bringing Us Closer to the Worlds of Animals and Plants. Princeton University Press.

0.5 향유고래의 클릭 속에서 찾은 모음

이 방법이 가장 빛난 곳은 깊은 바다였다. 그 주인공은 향유고래다. 향유고래는 몸길이가 20미터에 이른다. 뇌의 무게는 약 9킬로그램이다. 사람 뇌 무게의 6배가 넘는다. 이 고래는 빛이 없는 깊은 바다에서 사냥한다. 그래서 눈 대신 소리로 세상을 본다. 짧은 딸깍 소리를 쏘아 보내 주위를 살핀다. 이 딸깍 소리 묶음을 코다(coda)라 부른다 [1].

오랫동안 학자들은 코다를 뜻 없는 신호로 보았다. 정해진 경고음 몇 개뿐이라 여겼다. 2020년, 프로젝트 CETI(Project CETI)가 이 생각을 바꾸었다. 여러 대학의 인공지능 학자와 고래 학자가 모인 모임이다. 이들은 도미니카 바다에서 녹음을 모았다. 10년 넘게 모은 코다가 8,700개가 넘었다. 정확히는 8,719개였다. 인공지능이 이 소리를 분석했다. 기존에 알려진 21가지 유형보다 훨씬 많은 조합을 찾아냈다. 고래가 소리의 빠르기와 사이 간격을 바꾸는 것도 찾아냈다. 소리 끝에 문장의 마침표처럼 딸깍 소리를 붙이기도 했다. 코다의 길이를 아주 조금씩 바꾸기도 했다. 이 미세한 박자 변화를 루바토(rubato)라 부른다. 노래하는 사람이 박자를 살짝 늦추거나 당기는 것과 비슷하다. 작

은 소리 조각을 엮어 많은 뜻을 만드는 방식이다. 사람 말에도 있는 이 방식을 동물에서 뚜렷이 확인한 셈이다. 향유고래는 듣는 상황에 따라 코다를 다르게 쓰기도 했다. 이렇게 상대에 맞추어 말을 고르는 능력을 청중 설계(audience design)라 부른다.

2025년, 새 연구가 더 큰 발견을 알렸다. 미국 버클리 대학과 프로젝트 CETI가 함께한 연구다. 가스페르 베구시(Gašper Beguš) 교수가 이끌었다. 고래의 딸깍 소리 사이의 빈틈을 좁혀 원래보다 몇 배 빠르게 돌려 들었다. 그러자 따로 떨어져 있던 소리가 하나로 이어졌다. 그 소리는 사람의 모음처럼 들렸다. 연구진은 '아' 소리와 '이' 소리를 구별해 냈다. 한 모음에서 다른 모음으로 흐르는 이중모음도 찾았다. 연구진은 인공지능 속을 들여다보는 도구도 썼다. 인공지능이 고래 소리를 판단할 때 어느 부분에 반응하는지 살폈다. 그 결과 소리의 울림 봉우리가 중요함을 밝혔다. 이 울림 봉우리를 포먼트(formant)라 부른다. 입이나 머릿속 울림통 모양에 따라 도드라지는 소리의 봉우리다. 사람이 모음을 구별할 때도 쓰는 값이다. 2026년에는 이를 이어받은 후속 연구가 나왔다. 고래 소리의 짜임을 사람 음운론과 견주어 더 깊이 살핀 연구다 [2][5][3].

2026년 3월, 프로젝트 CETI는 또 다른 연구를 알렸다. 도미니카 바다에서 향유고래의 출산 장면을 기록한 연구다. 여섯 시간이 넘는 소리와 하늘에서 찍은 영상을 함께 담았다. 무리의 다른 고래들이 출산을 도왔다. 영장류가 아닌 동물에서 이런 협력을 수로 밝힌 것은 처음이다. 향유고래의 사회가 소리로 촘촘히 이어져 있음을 다시 보여 준 연구다 [4].

향유고래는 사람과 같은 성대를 갖고 있지 않다. 대신 머리 앞쪽의 큰 기관과 콧속 조직을 쓴다. 이곳을 떨어 소리의 울림을 만든다. 사람과 전혀 다른 길을 걸어온 생명이 사람과 닮은 모음을 스스로 만든 것이다.

근거자료

[1] Sharma, P., Gero, S., Rus, D., Goldwasser, S., & Andreas, J. (2024). Contextual and combinatorial structure in sperm whale vocalisations. Nature Communications, 15, 3617. https://doi.org/10.1038/s41467-024-47221-8

[2] Beguš, G., Sprouse, R. L., Leban, A., Silva, M., & Gero, S. (2025). Vowel- and diphthong-like spectral patterns in sperm whale codas. Open Mind, 9. https://doi.org/10.1162/OPMI.a.252

[3] Beguš, G., Sprouse, R. L., Leban, A., & Gero, S. (2026). The phonology of sperm whale coda vowels. Proceedings of the Royal Society B, 293. https://doi.org/10.1098/rspb.2025.2994

[4] Aluma, A., Gero, S., et al. (2026). Description of a collaborative sperm whale birth and shifts in coda vocal styles during key events. Scientific Reports, 16, 9206. https://doi.org/10.1038/s41598-025-27438-3

[5] University of California. (2025, 11월 13). UC Berkeley and Project CETI study shows sperm whales communicate in ways similar to humans. University of California. https://www.universityofcalifornia.edu/news/uc-berkeley-and-project-ceti-study-shows-sperm-whales-communicate-ways-similar-humans

0.6 지배가 아니라 경청

인공지능 연구에는 오래된 교훈이 하나 있다. 컴퓨터 학자 리처드 서튼이 말한 쓴 교훈(The Bitter Lesson)이다. 똑똑한 설계보다 많은 자료와 큰 계산이 이긴다는 뜻이다. 동물의 소리를 푸는 도구도 이렇게 자라 왔다. 그 가운데 하나가 돌핀젬마(DolphinGemma)다. 구글과 조지아 공대, 야생 돌고래 프로젝트(Wild Dolphin Project)가 함께 만들었다. 야생 돌고래 프로젝트는 40년 넘게 이어진 돌고래 연구다. 돌핀젬마는 소리를 판단하는 내부 숫자가 약 4억 개인 작은 인공지능이다. 크기가 작아 손안의 픽셀 휴대전화에서도 돌아간다. 돌핀젬마는 소리를 사운드스트림(SoundStream)이라는 방법으로 잘게 나눈다. 그 조각을 보고 다음 소리를 미리 짐작한다. 사람 말을 다음 낱말까지 이어 쓰는 인공지능과 방식이 같다. 이 도구는 지금도 바다에서 돌고래를 따라다니며 시험받고 있다. 구글은 이 도구를 누구나 쓰도록 열어 두려 한다 [3][1].

그런데 이 빠른 기술에는 두려운 면도 있다. 에이사 래스킨이 이 점을 되풀이해 말한다. 인공지능은 뜻을 알기도 전에 소리부터 흉내 낼 수 있다. 고래의 소리를 똑같이 만들어 대화를 이어 갈 수 있다. 뜻도 모른 채 가짜 소리를 바다에 쏟아붓는 셈이다. 향유고래는 소리와 행동으로 문화를 나눈다. 옛날 고래잡이 배가 나타나자 향유고래들은 위험을 피하는 법을 서로 배웠다. 배가 온 지 두 해 반 만에 잡히는 고래가 58퍼센트 줄었다. 고래들이 위험을 서로 알린 결과로 본다. 이들의 소통은 우리 생각보다 넓게 이어져 있다. 혹등고래의 노래도 바다를 건너 널리 퍼지는 문화다. 사람이 만든 가짜 소리가 이 이어짐을 어지럽힐 수 있다. 뜻을 다 알기 전에 소리부터 만드는 일은 위험하다 [2][4][5].

그래서 이 여정의 방향이 중요하다. 이 기술은 동물을 마음대로 부리는 도구가 되어서는 안 된다. 동물의 속마음을 있는 그대로 인정하고 듣는 일이어야 한다. 이것을 종간 이해(Interspecies Understanding)라 부른다. 사람은 남의 말을 쏟아 낼 때가 아니라, 목소리를 낮추고 상대를 받아들일 때 바뀐다.

옛날 사람들은 지구가 우주의 중심이라 믿었다. 망원경은 그 생각이 틀렸음을 알려 주었다. 이제 소리의 지도가 또 한 번 우리를 일깨운다. 사람은 생명의 세계에서 중심이 아니다. 저마다 목소리를 지닌 큰 원의 한 부분일 뿐이다. 이 자각이 지구의 목소리를 여는 첫걸음이다.

근거자료

[1] Google. (2025). DolphinGemma: How Google AI is helping decode dolphin communication. Google Blog. https://blog.google/innovation-and-ai/products/dolphingemma/

[2] Robinson, D., Miron, M., Hagiwara, M., et al. (2024/2025). NatureLM-audio: An audio-language foundation model for bioacoustics. International Conference on Learning Representations (ICLR) 2025. arXiv:2411.07186.

[3] Sutton, R. S. (2019, 3월 13). The bitter lesson. incompleteideas.net. http://www.incompleteideas.net/IncIdeas/BitterLesson.html

[4] Whitehead, H., Smith, T. D., & Rendell, L. (2021). Adaptation of sperm whales to open-boat whalers: Rapid social learning on a large scale? Biology Letters, 17(3), 20210030. https://doi.org/10.1098/rsbl.2021.0030

[5] Bakker, K. (2022). The Sounds of Life: How Digital Technology Is Bringing Us Closer to the Worlds of Animals and Plants. Princeton University Press.

제1장

와일드 돌핀 프로젝트와 점박이돌고래의 세계

1.1 에메랄드빛 바하마의 오랜 관찰

바다에는 사람이 아직 다 알지 못하는 지능이 살고 있다. 돌고래가 그 가운데 하나다. 돌고래의 마음을 알려면 어떻게 해야 할까. 돌고래를 수조에 가두고 지켜보는 방법이 있다. 그런데 다른 길을 고른 사람이 있다. 데니스 허징(Denise Herzing) 박사다. 허징 박사는 돌고래가 사는 바다로 사람이 직접 찾아갔다 [1].

허징 박사는 한 가지 원칙을 세웠다. "그들의 세계에서, 그들의 방식으로"라는 원칙이다. 돌고래를 사람 뜻대로 부리지 않는다는 뜻이다. 돌고래에게 상처를 주지 않고 살핀다는 뜻이기도 하다. 이런 방식을 비침습 관찰이라고 부른다. 비침습은 몸을 찌르거나 잡지 않는 방식이다.

돌고래를 수조에 가두면 본래 모습을 보기 어렵다. 갇힌 돌고래는 사는 방식이 달라지기 때문이다. 그래서 바다로 찾아가 지켜보는 방법이 값지다.

허징 박사는 '와일드 돌핀 프로젝트(Wild Dolphin Project)'를 이끈다. 이 연구는 40년 가까이 이어졌다. 40년은 초등학생 나이의 네 배쯤 되는 긴 시간이다. 연구 장소는 바하마 바다다. 이곳 물은 수영장 물처럼 맑고 투명하다. 그래서 돌고래의 몸짓과 소리를 함께 담기에 좋다 [2][3].

이 연구는 1985년에 시작했다. 물속에서 돌고래를 좇는 연구 가운데 세계에서 가장 오래됐다. 한 해도 거르지 않고 같은 무리를 찾아갔다. 그 덕분에 한 마리가 태어나 자라고 새끼를 낳는 한살이를 통째로 지켜볼 수 있었다. 이렇게 쌓인 기록이 뒤에 인공지능을 가르치는 밑거름이 된다 [4].

이 바다에는 대서양 점박이돌고래가 산다. 학명은 스테넬라 프론탈리스(Stenella frontalis)다. 학명은 학자들이 세계 공통으로 쓰는 정식 이름이다. 연구가 이루어지는

곳은 얕은 모래 둑 바다다. 물 깊이가 얕아 햇빛이 바닥까지 닿는다. 그래서 돌고래의 몸짓을 위에서도 또렷이 볼 수 있다.

이 돌고래는 큰돌고래보다 몸집이 작다. 하지만 머리가 좋은 동물이다. 몸집에 비해 뇌가 얼마나 큰지 재 보는 값이 있다. 이 값을 대뇌화 지수라고 부른다. 몸집에 견주어 뇌가 얼마나 큰지 비교한 값이다. 돌고래 무리는 이 값이 높은 편이다. 포유류 가운데 사람 다음으로 큰 축에 든다 [5].

연구진은 돌고래를 한 마리씩 구별해 냈다. 지느러미에 난 상처가 저마다 다르기 때문이다. 몸에 생기는 반점 무늬도 저마다 다르다. 점박이돌고래는 자라면서 몸에 반점이 는다. 어릴 때는 반점이 없다가 나이가 들수록 늘어난다. 그래서 반점만 봐도 나이를 어림할 수 있다. 반 친구들 얼굴을 하나씩 외우듯 돌고래를 외운 것이다. 그 덕분에 할머니, 어머니, 새끼로 이어지는 세 세대를 좇을 수 있었다.

긴 세월 관찰이 값진 까닭이 있다. 돌고래의 버릇은 어미에게서 새끼로 이어진다. 어미가 먹이를 찾는 법을 새끼가 곁에서 배운다. 배운 행동이 어미에서 새끼로 이어지는 일을 문화 전승이라고 부른다. 짧게 보면 이런 이어짐을 알 수 없다. 한 무리를 오래 지켜봐야 비로소 보인다.

돌고래 사회는 사람 사회만큼 복잡하다. 수컷들은 평생 친구를 맺고 함께 다닌다. 암컷들은 새끼를 오래 돌보며 예절을 가르친다. 이렇게 복잡한 사회를 이루려면 서로 소통하는 길이 있어야 한다. 돌고래의 소리를 풀어야 할 이유가 여기에 있다.

근거자료

[1] Georgia Tech Research. (2025, 4월 14일). DolphinGemma: How Google AI is helping decode dolphin communication. Georgia Tech Research News. https://research.gatech.edu/dolphingemma-how-google-ai-helping-decode-dolphin-communication

[2] Herzing, D. L., Pack, A. A., Delfour, F., Starner, T., Mason, C., Gilliland, S., Ramsey, C., & Kohlsdorf, D. (2024). Imitation of computer-generated sounds by wild Atlantic spotted dolphins (Stenella frontalis). Animal Behavior and Cognition, 11(2), 136–166. https://doi.org/10.26451/abc.11.02.02.2024

[3] Google. (2025, 4월 14일). DolphinGemma: How Google AI is helping decode dolphin communication. The Keyword. https://blog.google/innovation-and-ai/products/dolphingemma/

[4] Millman, R. (2025, 4월 15일). Google launches AI that talks to dolphins. Newsweek. https://www.newsweek.com/dolphingemma-google-ai-dolphins-2059955

[5] Marino, L. (1998). A comparison of encephalization between odontocete cetaceans and anthropoid primates. Brain, Behavior and Evolution, 51(4), 230–238. https://doi.org/10.1159/000006540

1.2 가혹한 바다와 CHAT 시스템

돌고래의 소리를 담는 일은 쉽지 않다. 돌고래 소리에는 사람이 듣지 못하는 높은 소리도 많기 때문이다. 사람 귀는 약 20킬로헤르츠까지 들을 수 있다. 킬로헤르츠는 소리의 높낮이를 재는 단위다. 돌고래는 150킬로헤르츠에 가까운 높은 소리도 낸다. 사람이 들을 수 있는 소리보다 훨씬 높다 [1].

돌고래는 여러 가지 소리를 쓴다. 크게 세 가지가 대표적이다. 하나는 오르내리는 휘파람 소리다. 다른 하나는 딸깍이는 클릭 소리다. 나머지 하나는 짧게 터지는 버스트 펄스 소리다. 버스트 펄스는 잘게 이어 터지는 소리다. 돌고래가 다투거나 가까이서 이야기할 때 자주 쓴다. 클릭은 물체에 부딪혀 되돌아온다. 돌고래는 그 메아리로 앞에 무엇이 있는지 안다. 이것을 반향정위라고 부른다. 반향정위는 소리로 사물의 위치를 아는 능력이다.

문제가 하나 있었다. 마이크 한 대만 물에 넣으면 소용이 없었다. 여러 마리 가운데 누가 소리를 냈는지 알 수 없었기 때문이다. 그래서 허징 박사는 기술자를 찾아갔다. 조지아공과대학교(Georgia Tech)의 타드 스타너(Thad Starner) 박사다. 스타너 박사는 작은 컴퓨터를 몸에 붙이는 기술을 만드는 사람이다.

스타너 박사는 이 일이 금방 끝날 줄 알았다. 하지만 바다는 어려운 상대였다. 기계를 안정시키는 데만 4년이 걸렸다. 가장 큰 적은 소금물이었다. 소금물이 틈으로 들어가 기계를 태웠다 [2].

기계를 담은 알루미늄 상자도 말썽이었다. 뜨거운 햇빛을 빨아들여 안이 달아올랐다. 그러면 컴퓨터가 멈췄다. 알루미늄은 무선 신호도 막았다. 연구진은 상자 뒷면을 투명한 플라스틱으로 바꾸었다. 전선과 회로는 특수 수지로 완전히 감쌌다. 그제야 기계가 물속에서 잘 돌아갔다.

기계를 물에 오래 두는 일도 만만치 않았다. 소금기가 쇠를 조금씩 갉아먹기 때문이다. 연구진은 쓸 때마다 기계를 씻고 살폈다. 작은 틈 하나가 기계를 못 쓰게 만들 수 있었다.

위험한 일도 많았다. 다이버가 찬 큰 배터리가 물에 닿으면 터질 수 있었다. 기계에서 새는 약한 전류가 상어를 부를 수도 있었다. 상어는 약한 전기 신호를 느끼는 감각이 있기 때문이다. 실제로 시험 도중에 상어가 나타난 적도 있었다.

상어가 약한 전기를 느끼는 데는 감각 기관이 있다. 이 기관을 로렌치니 기관이라고 부른다. 상어 코 둘레에 작은 구멍으로 나 있다. 그래서 먹이가 내는 약한 전기도 느낀다. 물속 기계가 이 감각을 건드릴까 봐 걱정한 것이다.

이 고생 끝에 나온 장비가 CHAT 시스템이다. CHAT이라는 이름에는 뜻이 담겨 있다. 우리말로 옮기면 고래류 청각 증강 원격측정 장치다. 쉽게 말하면 물속에서 소리를 주고받고 알아보는, 몸에 붙이는 컴퓨터다. 고래류는 돌고래와 고래를 함께 이르는 말이다 [3].

CHAT은 돌고래 소리를 듣고 기록하는 물속 컴퓨터다. 이 기계는 소리를 아주 촘촘히 담는다. 1초에 19만 번 넘게 소리를 나눠 받는다. 사람 귀보다 훨씬 촘촘히 듣는 셈이다. 촘촘히 들어야 높은 소리까지 놓치지 않는다. 그만큼 저장 공간이 빨리 찬다. 그래서 큰 저장 장치를 함께 쓴다.

다이버는 이 기계를 등에 지고 손목에 작은 자판을 찬다. 소리는 골전도 헤드폰으로 듣는다. 골전도는 귀 대신 머리뼈를 울려 소리를 전하는 방식이다. 다이버가 자판을 누르면 약속된 소리가 물속으로 나간다. 이 소리는 돌고래가 본래 내는 소리가 아니다. 사람이 새로 만든 소리다. 돌고래 소리와 헷갈리지 않게 하려고 일부러 새 소리를 골랐다. 다른 다이버의 기계는 이 소리를 알아듣는다. 미리 정한 소리와 맞으면, 그 소리에 붙인 물건 이름을 알려 준다.

소리를 주고받을 때는 목소리로 알려 준다. 다이버가 소리를 보내면 남자 목소리가 들린다. 그 소리를 받은 쪽에는 여자 목소리가 뜻을 읽어 준다. 두 목소리를 나눠 누가 말했는지 헷갈리지 않게 했다.

근거자료

[1] Georgia Tech Research. (2025, 4월 14일). DolphinGemma: How Google AI is helping decode dolphin communication. Georgia Tech Research News. https://research.gatech.edu/dolphingemma-how-google-ai-helping-decode-dolphin-communication

[2] Herzing, D. L., Pack, A. A., Delfour, F., Starner, T., Mason, C., Gilliland, S., Ramsey, C., & Kohlsdorf, D. (2024). Imitation of computer-generated sounds by wild Atlantic spotted dolphins (Stenella frontalis). Animal Behavior and Cognition, 11(2), 136–166. https://doi.org/10.26451/abc.11.02.02.2024

[3] Kohlsdorf, D., Gilliland, S., Presti, P., Starner, T., & Herzing, D. (2013). An underwater wearable computer for two way human-dolphin communication experimentation. Proceedings of the 2013 International Symposium on Wearable Computers (ISWC), 147–148. https://doi.org/10.1145/2493988.2494346

1.3 함께 놀며 배우는 소통 놀이

기계를 다 만들어도 문제가 남았다. 돌고래에게 소리를 어떻게 가르칠까 하는 문제다. 억지로 훈련시키는 방법은 쓰지 않기로 했다. 그 대신 돌고래가 스스로 배우게 하는 방법을 골랐다 [1].

허징 박사가 고른 방법에는 이름이 있다. '사회적 경쟁 모델링'이라는 방법이다. 사람 둘이 서로 묻고 답하는 모습을 보여 주는 방법이다. 이 방법은 아이린 페퍼버그(Irene Pepperberg) 박사가 앵무새를 가르칠 때 썼다. 사람 둘이 겨루는 모습을 보여 주면 동물이 곁에서 따라 배웠다. 방법은 이렇다. 사람 두 명이 돌고래 앞에서 놀이를 보여 준다. 한 사람이 물건을 갖고, 다른 사람이 그 물건의 소리를 낸다. 소리를 낸 사람이 물건을 받아 함께 논다.

실제 놀이를 보면 이렇다. 다이버 한 명이 노란 스카프를 손에 쥔다. 다른 다이버가 손목 자판으로 스카프 소리를 낸다. 그러면 스카프를 쥔 다이버가 소리를 낸 다이버에게 스카프를 건넨다. 둘은 물속에서 스카프를 끌며 재미있게 논다.

돌고래와 노는 장난감은 여러 가지다. 노란 스카프뿐 아니라 바다에 떠다니는 모자반 해초로도 논다. 모자반은 바다 위에 떠 있는 갈색 해초다. 긴 밧줄을 끌며 놀기도 한다. 배 앞에 이는 파도를 타고 노는 놀이도 즐긴다. 장난감마다 다른 소리를 붙여 주고받는다.

돌고래는 이 놀이를 곁에서 지켜보았다. 소리를 내면 장난감이 오가는 규칙을 알아챈 것이다. 돌고래는 곧 그 소리를 따라 내기 시작했다. 사람이 만든 휘파람의 오르내림을 그대로 흉내 냈다. 이렇게 소리를 따라 내는 일을 소리 흉내라고 부른다. 학자들은 이를 음향 흉내라고 부른다. 이런 놀이 관찰은 뒤에 인공지능 연구의 발판이 된다 [2][3].

돌고래는 이 소리를 여러 번 스스로 따라 냈다. 한 번 듣고 바로 흉내 내기도 했다. 조금 뒤에 흉내 내기도 했다. 새 소리를 유연하게 따라 낼 수 있다는 것을 보여 준 것이다. 다만 짚어 둘 점이 있다. 그 소리가 어떤 물건을 뜻하는지까지 알고 썼는지는 아직 확인되지 않았다. 소리 흉내는 성공했다. 하지만 소리를 물건 이름으로 쓴다는 확실한 증거는 얻지 못했다.

돌고래는 왜 스스로 소리를 냈을까. 먹이를 얻으려는 것만은 아니었다. 사람과 함께 놀고 싶어서였다. 놀이가 즐거우면 돌고래가 먼저 다가왔다. 즐거움이 소통을 이끈 셈이다.

이 실험은 중요한 사실을 보여 준다. 돌고래는 새 소리를 배우고 따라 낼 수 있다는 사실이다. 사람의 말을 억지로 가르치지 않아도 된다는 사실이기도 하다. 돌고래가 먼저 다가와 사람과 소리를 나눈 셈이다.

근거자료

[1] Georgia Tech Research. (2025, 4월 14일). DolphinGemma: How Google AI is helping decode dolphin communication. Georgia Tech Research News. https://research.gatech.edu/dolphingemma-how-google-ai-helping-decode-dolphin-communication

[2] Herzing, D. L., Pack, A. A., Delfour, F., Starner, T., Mason, C., Gilliland, S., Ramsey, C., & Kohlsdorf, D. (2024). Imitation of computer-generated sounds by wild Atlantic spotted dolphins (Stenella frontalis). Animal Behavior and Cognition, 11(2), 136–166. https://doi.org/10.26451/abc.11.02.02.2024

[3] Google. (2025, 4월 14일). DolphinGemma: How Google AI is helping decode dolphin communication. The Keyword. https://blog.google/innovation-and-ai/products/dolphingemma/

1.4 돌핀젬마가 그린 소리 지도

사람이 정해 준 소리 규칙에는 한계가 있었다. 돌고래가 무리 안에서 나누는 진짜 소리는 훨씬 복잡했기 때문이다. 이 복잡한 소리를 풀려면 강한 도구가 필요했다. 그 도구가 인공지능이다 [1].

2025년에 큰 소식이 나왔다. 구글 딥마인드(Google DeepMind)와 와일드 돌핀 프로젝트가 함께 인공지능을 내놓았다. 구글 딥마인드는 구글의 인공지능 연구 조직이다. 이 인공지능의 이름은 '돌핀젬마(DolphinGemma)'다. 돌핀젬마는 구글이 만든 젬마(Gemma)라는 작은 인공지능을 바탕으로 한다. 여기에 40년 동안 모은 돌고래 소리와 영상을 넣어 가르쳤다 [2].

예전 장비는 등에 지는 무거운 배낭 컴퓨터였다. 다이버는 그 무거운 기계를 지고 바다에 들어갔다. 지금은 손바닥만 한 스마트폰이 그 일을 한다. 장비가 크게 작아진 것이다. 돌핀젬마를 작게 만든 데는 까닭이 있다. 이 인공지능이 배울 때 쓰는 조절값이 약 4억 개다. 이 조절값을 매개변수라고 부른다. 큰 인공지능치고는 작은 편이다. 그래서 손안의 스마트폰에서도 돌아간다. 연구진은 구글 픽셀(Pixel) 휴대전화에 이 인공지능을 담았다. 무거운 컴퓨터를 배에 두지 않아도 바다에서 바로 쓸 수 있게 된 것이다 [4].

돌핀젬마라는 이름에도 뜻이 있다. 돌고래를 뜻하는 돌핀에 젬마를 붙인 것이다. 젬마라는 인공지능 위에 돌고래 소리를 얹어 만들었다는 뜻이다.

가장 어려운 일은 소리를 숫자로 바꾸는 일이었다. 물속 소리는 끊김 없이 흐른다. 인공지능은 끊긴 조각으로 된 자료를 좋아한다. 그래서 연구진은 소리를 잘게 잘랐다. 마치 글자를 자음과 모음으로 나누듯 소리를 잘게 쪼갠 것이다. 이 소리 조각을 음향 토큰이라고 부른다. 소리를 잘게 나눈 조각이라는 뜻이다.

소리를 나눌 때 쓴 도구도 있다. 사운드스트림(SoundStream)이라는 구글의 소리 쪼개기 기술이다. 이 기술이 물속 소리를 잘게 나눈다. 그 조각을 돌핀젬마가 이어 배운다.

이 소리 조각으로 돌핀젬마는 다음 소리를 미리 알아맞히는 연습을 했다. 앞의 소리를 보고 뒤에 올 소리를 짐작하는 연습이다. 그 결과 돌핀젬마는 다음에 올 소리를 잘 알아맞히게 됐다. 사람이 말의 규칙을 알면 다음 말을 짐작하는 것과 같다.

다음 소리를 맞힌다는 것은 규칙을 안다는 뜻이다. 인공지능이 돌고래 소리에서 그런 규칙을 찾은 것이다.

돌핀젬마는 비슷한 소리끼리 스스로 모아 두기도 한다. 인공지능은 소리를 점으로 바꿔 지도처럼 늘어놓는다. 비슷한 소리는 가까이, 다른 소리는 멀리 놓인다. 연구진은 여러 상황의 소리를 오랫동안 모아 왔다. 예를 들어 어미와 새끼가 서로를 부르는 서명 휘파람이 있다. 서명 휘파람은 돌고래마다 다른, 이름 같은 소리다. 싸울 때 내는 버스트 펄스도 있다. 짝을 찾거나 상어를 뒤쫓을 때 내는 딸깍임도 있다. 이런 소리를 상황과 짝지어 두면 좋은 점이 있다. 인공지능이 소리의 실마리를 더 빨리 찾도록 돕는다.

허징 박사는 이 일을 이렇게 설명했다. 사람이 손으로 이 자료를 다 살피려면 150년이 걸린다고 말했다. 인공지능은 그 일을 훨씬 빨리 해낸다고 덧붙였다. 150년은 사람 한 평생을 두 번 사는 것보다 긴 시간이다 [3].

근거자료

[1] Google. (2025, 4월 14일). DolphinGemma: How Google AI is helping decode dolphin communication. The Keyword. https://blog.google/innovation-and-ai/products/dolphingemma/

[2] Google DeepMind. (2025). DolphinGemma. Google DeepMind. https://deepmind.google/models/gemma/dolphingemma/

[3] Scientific American. (2025). DolphinGemma could enable AI communication with dolphins [Podcast]. Scientific American. https://www.scientificamerican.com/podcast/episode/dolphingemma-could-enable-ai-communication-with-dolphins/

[4] Lanz, J. A. (2025, 4월 14일). Google launches AI to decode dolphin talk, runs on Pixel phones. Decrypt. https://decrypt.co/314766/google-launches-ai-decode-dolphin-talk

1.5 바다에서 시작된 진짜 대화

2025년 여름에 새 장면이 열렸다. 와일드 돌핀 프로젝트가 돌핀젬마를 바다 현장에서 쓰기 시작한 것이다. 그전까지는 컴퓨터 안에서만 익혔다. 이제는 다이버가 그 인공지능을 물속으로 가져간다. 연구진은 새로 나온 구글 픽셀 휴대전화를 썼다 [1][9].

바다에서 쓰는 방법은 이렇다. 방수 상자에 넣은 픽셀 휴대전화를 다이버가 들고 들어간다. 인공지능은 물속에서 소리를 바로 살핀다. 그리고 반복되는 소리 무늬를 찾아 연구진에게 알려 준다. 배로 돌아와 자료를 살피지 않아도 물속에서 곧바로 확인한다.

이번 바다 연구에는 특별한 점이 있다. 돌핀젬마가 돌고래 같은 새 소리를 스스로 만들어 낸 것이다. 사람이 쓰던 프로그램으로는 만들기 어려운 소리였다. 연구진은 이 소리

를 앞으로 돌고래와 주고받는 연구에 쓸 계획이다. 새 소리로 돌고래에게 말을 걸어 보려는 것이다 [2].

이 기술은 조심스럽게 쓰인다. 사람이 함부로 소리를 내면 돌고래 사회가 어지러워질 수 있기 때문이다. 돌고래 무리는 오랜 세월 소리로 서로 이어 왔다. 그래서 연구진은 돌고래 본래의 소리를 흐트러뜨리지 않으려 한다. 돌고래에게 가르치는 소리도 자연에 없는 새 휘파람으로 골랐다. 기존 소리와 헷갈리지 않게 하려는 것이다. 연구진은 돌고래가 소리를 주고받는 흐름도 방해하지 않으려 애쓴다. 돌고래가 말을 멈춘 조용한 틈을 지켜본다. 급식 줄에서 차례를 기다리는 것과 같은 예의다.

돌고래만 이런 연구를 받는 것은 아니다. 지구종 프로젝트(Earth Species Project)라는 단체도 있다. 이 단체는 여러 종류의 동물 소리를 인공지능으로 살핀다. 새와 고래와 코끼리처럼 서로 다른 동물이 그 대상이다. 동물마다 소리를 내는 까닭이 다르기 때문이다. 여러 동물을 견주면 소리의 규칙이 더 잘 보인다. 2026년에는 동물 소리 자료를 함께 쓰는 새 창고도 열었다. 이름은 알프데이터(alp-data)다. 동물 언어 처리를 뜻하는 영어 앞 글자를 딴 이름이다. 여러 연구자가 자료를 나누어 쓰도록 만든 것이다 [3][4].

자료를 함께 쓰면 좋은 점이 있다. 여러 나라의 연구자가 동물 소리를 한곳에 모은다. 자료가 많이 모일수록 인공지능은 더 잘 배운다. 이 창고는 여러 동물 소리 연구자가 함께 쓰는 밑바탕이 된다.

인공지능 하나로 여러 동물을 함께 다룰 수도 있다. 소리를 다루는 방법이 동물마다 비슷하기 때문이다. 한 동물에서 배운 방법을 다른 동물에 쓴다. 그래서 여러 연구가 서로 도움을 주고받는다.

향고래를 푸는 연구도 나아가고 있다. 프로젝트 세티(Project CETI)라는 단체가 이 일을 한다. 향고래는 딸깍이는 클릭 소리를 여러 개 묶어서 낸다. 이 묶음을 코다(coda)라고 부른다. 연구진은 코다 안에서 소리 규칙을 찾아냈다. 이 규칙을 향고래의 소리 알파벳이라고 부른다. 알파벳이라는 말은 빗댄 표현이다. 사람 글자가 아니라, 클릭이 모이는 규칙을 알파벳에 비유한 것이다 [5].

2026년에는 새로운 사실이 밝혀졌다. 향고래 코다 안에서 사람 말의 모음과 닮은 무늬를 찾은 것이다. 사람 말에는 아, 이 같은 모음이 있다. 향고래 코다도 소리 성질에 따라 두 갈래로 나뉘었다. 코다의 길이와 늘어선 순서에도 규칙이 있었다. 향고래도 나름의 소리 틀을 가진 것이다 [6][7].

이 연구는 앞으로도 조심스럽게 이어진다. 동물의 말을 안다고 다 아는 것은 아니다. 사람과 동물은 사는 세계가 다르기 때문이다. 그래도 귀를 기울이는 일은 뜻깊다. 서로를 알면 함께 살기 쉬워진다 [8].

이 모든 연구는 한 방향을 가리킨다. 사람의 말을 동물에게 억지로 가르치는 일이 아니다. 동물의 소리를 있는 그대로 듣는 일이다. 어떤 사람들은 이 연구가 동물의 권리에도 도움이 될 수 있다고 말한다. 동물이 무슨 생각을 하는지 알면 더 잘 지켜 줄 수 있기 때문이다. 바다에서 시작된 이 대화는 사람과 자연 사이를 잇는 새 다리가 되고 있다.

근거자료

[1] Google. (2025, 4월 14일). DolphinGemma: How Google AI is helping decode dolphin communication. The Keyword. https://blog.google/innovation-and-ai/products/dolphingemma/

[2] Scientific American. (2025). DolphinGemma could enable AI communication with dolphins [Podcast]. Scientific American. https://www.scientificamerican.com/podcast/episode/dolphingemma-could-enable-ai-communication-with-dolphins/

[3] Earth Species Project. (2026, 4월 2일). Animal language processing: An AI convergence in animal communication. Earth Species Project. https://earthspecies.org/2026/04/02/animal-language-processing-an-ai-convergence-in-animal-communication/

[4] Earth Species Project. (2026, 7월 22일). Introducing alp-data: A shared data layer for animal language processing. Earth Species Project. https://earthspecies.org/2026/07/22/introducing-alp-data-a-shared-data-layer-for-animal-language-processing/

[5] Project CETI. (2024). Sperm whale phonetic alphabet proposed for the first time. Project CETI Blog. https://www.projectceti.org/blog-posts/sperm-whale-phonetic-alphabet-proposed-for-the-first-time

[6] Beguš, G., Dąbkowski, M., Sprouse, R. L., Gruber, D. F., & Gero, S. (2026). The phonology of sperm whale coda vowels. Proceedings of the Royal Society B, 293(2069), 20252994. https://doi.org/10.1098/rspb.2025.2994

[7] National Geographic. (2026). We're one step closer to understanding the sperm whale 'alphabet'. National Geographic. https://www.nationalgeographic.com/animals/article/sperm-whale-vowel-patterns-communication-discovery

[8] Boing Boing. (2026, 6월 11일). Decoding whale language could unlock new legal rights for them. Boing Boing. https://boingboing.net/2026/06/11/decoding-whale-language-could-unlock-new-legal-rights-for-them.html

[9] Schwartz, E. H. (2025, 4월 15일). Google's new AI model could someday let you understand and talk to dolphins. TechRadar. https://www.techradar.com/computing/artificial-intelligence/googles-new-ai-model-could-someday-let-you-understand-and-talk-to-dolphins

제2장

향유고래의 음소 알파벳과 프로젝트 CETI

2.1 암호를 푸는 사람과 심해의 거인이 만나다

지구에서 가장 큰 뇌를 가진 동물은 사람이 아니다. 바로 향유고래다. 향유고래의 학명은 피세테르 마크로케팔루스(Physeter macrocephalus)다. 깊은 바다에 사는 아주 큰 고래다. 몸길이는 길면 20미터에 이른다. 큰 버스 두 대를 이어 놓은 길이다. 몸무게는 50톤까지 나간다. 코끼리 열 마리를 합친 무게와 비슷하다 [1][2].

이 고래의 뇌는 약 8킬로그램에서 9킬로그램이다. 사람 뇌는 약 1.4킬로그램이다. 그러니 향유고래 뇌는 사람 뇌의 약 6배다. 이 큰 뇌는 여럿이 어울려 사는 일과 감정을 다루는 데 쓰인다. 향유고래는 한평생의 80퍼센트를 깊고 어두운 바닷속에서 보낸다. 그 깊은 곳에는 빛이 닿지 않는다. 그래서 향유고래는 눈 대신 소리로 세상을 본다.

향유고래는 소리를 내보내 되돌아오는 울림을 듣는다. 소리가 물체에 부딪쳐 메아리로 돌아오는 것이다. 그 메아리를 듣고 물체의 자리와 거리를 안다. 이 방법을 반향정위(echolocation)라고 한다. 소리로 주변을 살피는 방법이라는 뜻이다. 이때 쓰는 딸깍 소리는 길을 찾고 먹이를 재는 데 쓴다. 그런데 향유고래는 대화를 할 때 다른 소리를 쓴다. 짧은 딸깍 소리를 정해진 박자로 여러 번 묶어 낸다. 이 소리 묶음을 코다(coda)라고 한다. 코다는 고래가 서로 이야기할 때 쓰는 소리 조각이다 [3][5].

오랫동안 학자들은 코다를 대수롭지 않게 보았다. 그저 짧은 신호일 뿐이라고 여겼다. 그런데 2017년 미국 하버드 대학 래드클리프 연구소에서 새로운 생각이 싹텄다. 바다 생물을 연구하던 데이비드 그루버(David Gruber) 박사가 고래 소리를 녹음해 두었다. 그 소리를 우연히 들은 사람이 있었다. 미국 MIT의 암호 연구자 샤피 골드와서(Shafi Goldwasser) 교수다. 암호는 비밀을 감추려고 만든 규칙 있는 신호다. 골드와서 교수는 고래 소리 속에서 규칙을 느꼈다. 사람이 만든 암호와 닮아 보였다. 그래서 컴퓨터로 그 규칙을 풀어 보자고 했다 [4].

이 생각은 오래 고래를 지켜본 한 학자와 이어졌다. 셰인 게로(Shane Gero) 박사다. 게로 박사는 카리브해 도미니카 앞바다에서 13년 넘게 고래 가족을 따라다녔다. 그리고 2020년, 프로젝트 CETI(Cetacean Translation Initiative)가 문을 열었다. 우리말로는 고래 말 번역 계획이라는 뜻이다. 여러 나라의 학자들이 모였다. 이들은 도미니카 바다에 연구 기지를 세웠다. 바닷속 1,000미터 깊이까지 수중 마이크를 달았다. 고래 몸에는 소리와 위치를 재는 작은 기계를 붙였다. 이 기계를 프로젝트 CETI의 공학자들이 만들었다 [6][7][8].

이 작은 기계는 특별하다. 그 안에는 마이크가 세 개 들어 있다. 마이크가 여럿이라 시끄러운 바닷속에서도 소리를 가려낸다. 여러 고래가 함께 울어도 한 마리 소리만 골라낸다. 이 기계는 소리만 담지 않는다. 고래가 있는 깊이와 움직임도 함께 잰다. 물의 온도와 위치도 같이 적는다. 그래서 어떤 소리를 언제 어디서 냈는지 다 알 수 있다. 연구진은 이렇게 모은 코다를 컴퓨터로 분석했다. 분석한 코다는 8,719개에 이른다. 이 소리 묶음이 고래 말을 푸는 열쇠가 되었다 [9].

근거자료

[1] Whitehead, H. (2003). Sperm Whales: Social Evolution in the Ocean. University of Chicago Press.

[2] Project CETI. (2024). About Sperm Whales. Project CETI. https://www.projectceti.org

[3] Madsen, P. T., Wahlberg, M., & Møhl, B. (2002). Male sperm whale acoustics in a high-latitude habitat: implications for echolocation and communication. Behavioral Ecology and Sociobiology, 53(1), 31-41. https://doi.org/10.1007/s00265-002-0548-1

[4] Radcliffe Institute. (2024). The CETI Moment. Harvard Radcliffe Institute. https://www.radcliffe.harvard.edu/radcliffe-25/ceti-moment

[5] Andrews, R. (2024, 5월 7일). Scientists Discover a 'Phonetic Alphabet' Used by Sperm Whales. Smithsonian Magazine. https://www.smithsonianmag.com/smart-news/scientists-discover-a-phonetic-alphabet-used-by-sperm-whales-moving-one-step-closer-to-decoding-their-chatter-180984326/

[6] Gero, S., Whitehead, H., & Rendell, L. (2016). Individual, unit and vocal clan level identity cues in sperm whale codas. Royal Society Open Science, 3(1), 150372. https://doi.org/10.1098/rsos.150372

[7] Project CETI. (2020). Cetacean Translation Initiative. Project CETI. https://www.projectceti.org

[8] National Geographic Society. (2024). Project CETI. National Geographic Society. https://www.nationalgeographic.org/explore/programs/project-ceti

[9] Sharma, P., Gero, S., Payne, R., Gruber, D. F., Rus, D., Torralba, A., & Andreas, J. (2024). Contextual and combinatorial structure in sperm whale vocalisations. Nature Communications, 15, 3617. https://doi.org/10.1038/s41467-024-47221-8

2.2 신호등을 넘어선 소리: 코다의 네 가지 요소

예전 교과서는 향유고래의 소리를 좁게 보았다. 카리브해 고래가 코다를 21가지만 쓴다고 적었다. 코다 하나가 뜻 하나만 전한다고 보았다. 교통 신호등과 비슷하게 여긴 것이다. 빨간불은 멈춤, 초록불은 감이라는 식이다. 그런데 프로젝트 CETI의 인공지능이 소리를 살피자 이 생각이 무너졌다 [1].

인공지능은 사람이 만든 컴퓨터 프로그램이다. 많은 자료 속에서 숨은 규칙을 스스로 찾는다. 이 인공지능이 고래 대화에서 코다 156가지를 찾아냈다. 예전에 알던 21가지보다 7배 넘게 많다. 게다가 코다 하나 안에도 여러 조각이 숨어 있었다. 고래는 네 가지 요소를 바꿔 가며 소리를 다르게 냈다.

첫째는 템포(tempo)다. 딸깍 소리를 얼마나 빠르게 내는가를 말한다. 사람도 급하면 말이 빨라진다. 고래도 상황에 따라 소리의 속도를 바꾼다. 둘째는 리듬(rhythm)이다. 딸깍 소리 사이의 간격을 말한다. 소리가 촘촘한지 성긴지에 따라 신호가 갈린다. 셋째는 장식음(ornamentation)이다. 소리 묶음 끝에 딸깍 소리를 하나 더 붙이는 것이다. 문장 끝에 찍는 물음표처럼 느낌을 살짝 바꾼다. 넷째는 루바토(rubato)다. 음악 시간에 박자를 조금 밀고 당기듯 소리의 길이를 미세하게 바꾸는 것이다. 고래는 대화의 흐름에 따라 이 길이를 조절한다 [3][4].

이 네 가지가 어울려 156가지 코다를 만든다. 그 코다들이 시간 순서로 이어져 더 긴 신호를 만든다. 작은 소리 조각 하나에는 뜻이 없다. 그런데 그 조각을 이리저리 엮으면 수많은 신호가 생긴다. 사람 말도 이렇게 이루어진다. 뜻이 없는 소리인 자음과 모음이 모여 낱말과 문장이 된다. 연구진은 코다를 이루는 이 작은 소리 조각들을 사람의 자음, 모음에 빗대어 음소 알파벳이라 불렀다. 언어학에서는 이런 특징을 패터닝의 이중성(duality of patterning)이라 부른다. 그동안 사람들은 이 특징이 사람 말에만 있다고 믿었다. 그런데 고래 말에도 닮은 구조가 있을 수 있다는 사실이 밝혀졌다 [2].

고래는 이야기 상대에 따라 소리도 바꾸는 듯하다. 새끼에게 낼 때와 동료에게 낼 때가 다르다. 연구자들은 고래가 듣는 상대를 헤아려 소리를 고른다고 짐작한다. 아직 확실히 밝혀진 것은 아니다. 고래는 상대의 소리가 끝날 때까지 기다리기도 한다. 그리고 빈

틈이 생기면 그때 소리를 얹는다. 교실에서 친구 말이 끝나길 기다렸다가 말하는 것과 같다. 이렇게 차례를 지켜 소리를 주고받는 것을 교대 발성(turn-taking)이라 한다[6].

고래 무리마다 쓰는 코다가 조금씩 다르다. 지역마다 사람의 말투가 다른 것과 같다. 학자들은 이런 무리를 씨족(clan)이라 부른다. 씨족은 같은 코다를 나눠 쓰는 큰 무리다. 같은 씨족의 고래는 서로 비슷하게 소리를 낸다. 새끼 고래는 자라면서 무리의 코다를 배운다. 사람이 부모의 말을 배우는 것과 같다. 그래서 고래의 코다는 타고나는 것이 아니라 배우는 것이다 [5].

근거자료

[1] Sharma, P., Gero, S., Payne, R., Gruber, D. F., Rus, D., Torralba, A., & Andreas, J. (2024). Contextual and combinatorial structure in sperm whale vocalisations. Nature Communications, 15, 3617. https://doi.org/10.1038/s41467-024-47221-8

[2] Project CETI. (2024). Sperm Whale Phonetic Alphabet Proposed for the First Time. Project CETI Blog. https://www.projectceti.org/blog-posts/sperm-whale-phonetic-alphabet-proposed-for-the-first-time

[3] Andrews, R. (2024, 5월 7일). Scientists Discover a 'Phonetic Alphabet' Used by Sperm Whales. Smithsonian Magazine. https://www.smithsonianmag.com/smart-news/scientists-discover-a-phonetic-alphabet-used-by-sperm-whales-moving-one-step-closer-to-decoding-their-chatter-180984326/

[4] Al Jazeera. (2024, 5월 8일). Scientists discover sperm whale 'phonetic alphabet'. Al Jazeera. https://www.aljazeera.com/news/2024/5/8/scientists-discover-sperm-whale-phonetic-alphabet

[5] Gero, S., Whitehead, H., & Rendell, L. (2016). Individual, unit and vocal clan level identity cues in sperm whale codas. Royal Society Open Science, 3(1), 150372. https://doi.org/10.1098/rsos.150372

[6] Schulz, T. M., Whitehead, H., Gero, S., & Rendell, L. (2008). Overlapping and matching of codas in vocal interactions between sperm whales: insights into communication function. Animal Behaviour, 76(6), 1977-1988. https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2008.07.032

2.3 심해에서 찾아낸 모음: 베구시 교수의 발견

오랫동안 고래 소리 연구는 한 가지만 재었다. 딸깍 소리 사이의 시간 간격이다. 소리의 높낮이는 살피지 못했다. 이 벽을 넘어선 사람이 있다. 미국 UC 버클리의 가스파르 베구시(Gašper Beguš) 교수다. 베구시 교수는 소리의 높낮이에 눈을 돌렸다. 소리는 여러 높낮이가 섞여 이루어진다. 이 섞임을 주파수 스펙트럼(spectrum)이라고 한다. 햇빛을 유리에 비추면 무지개 색으로 펼쳐진다. 소리도 이렇게 높낮이별로 펼쳐 놓은 것이다 [1][3].

베구시 교수는 인공지능이 고래 소리를 따라 만들 때를 지켜보았다. 인공지능은 시간 간격뿐 아니라 소리의 높낮이도 중요하게 다루고 있었다. 그래서 교수는 고래의 딸깍 소리를 수십 배 느리게 늘렸다. 사람 귀에 맞는 속도로 바꾼 것이다. 그러자 딸깍 소리 안에서 새로운 것이 보였다. 사람의 모음과 닮은 소리였다 [2][4].

사람은 모음을 낼 때 어떤 높낮이가 크게 울린다. 이렇게 크게 울리는 높낮이를 포먼트(formant)라고 한다. 빈 병에 입김을 불면 웅 소리가 울리는 것과 비슷하다. 베구시 교수는 고래 소리에서 두 가지 모음을 갈라냈다. 하나는 아 코다(a-coda)다. 사람의 아 모음과 비슷한 높낮이 구조를 보인다. 다른 하나는 이 코다(i-coda)다. 사람의 이 모음과 비슷한 높낮이 구조를 보인다.

고래는 두 모음을 흐리게 섞지 않았다. 아와 이를 또렷하게 나누어 냈다. 한 모음에서 다른 모음으로 미끄러지는 소리도 있었다. 사람으로 치면 이중모음이다. 아이처럼 두 소리가 이어지는 소리다. 사람 귀에는 그저 나무 두드리는 소리처럼 들렸다. 그런데 속도를 늘리자 아와 이를 주고받는 대화로 바뀌었다.

이 발견의 바탕에는 특별한 인공지능이 있었다. 왜 그런 답을 냈는지 사람이 살펴볼 수 있는 인공지능이다. 이 인공지능이 고래 소리의 높낮이를 다룰 때였다. 안에 있는 한 부분이 어떤 소리에만 유난히 크게 반응했다. 스위치 하나가 특정 소리에만 켜지는 것과 같다. 사람이 오래 지나친 것이 있었다. 고래 소리에 모음 같은 높낮이가 숨어 있다는 사실이다. 인공지능은 그것을 먼저 알아챘다.

인공지능은 고래 소리를 스스로 따라 만들며 배웠다. 사람이 정답을 알려 주지 않아도 스스로 익혔다. 이렇게 스스로 배우는 방식을 비지도 학습이라고 한다. 인공지능은 소리를 만들며 어느 부분이 중요한지 스스로 골랐다. 그렇게 고른 것이 바로 소리의 높낮이였다. 2026년 4월, 이 연구는 영국 왕립학회 학술지에 실렸다. 아 코다와 이 코다가 사람 모음처럼 규칙을 따른다는 내용이다.

고래의 모음에는 사람 말과 닮은 점이 더 있었다. 소리 묶음의 끝에 붙는 딸깍 소리를 보자. 이 소리는 옆에 오는 모음을 닮아 갔다. 사람도 말할 때 앞뒤 소리가 서로 물든다. 국어 시간에 배우듯 국물은 궁물로 소리 난다. 앞뒤 소리가 서로 닮아 가기 때문이다. 고래 소리에서도 같은 일이 일어난 것이다.

근거자료

[1] Beguš, G., Dąbkowski, M., Sprouse, R. L., Gruber, D. F., & Gero, S. (2026). The phonology of sperm whale coda vowels. Proceedings of the Royal Society B, 293(2069), 20252994. https://doi.org/10.1098/rspb.2025.2994

[2] Beguš, G., Sprouse, R. L., Leban, A., Silva, M., & Gero, S. (2025). Vowel- and Diphthong-Like Spectral Patterns in Sperm Whale Codas. Open Mind, 9, 1849-1874. https://doi.org/10.1162/OPMI.a.252

[3] University of California, Berkeley. (2024). Gašper Beguš, Speech and Computation Lab. UC Berkeley Department of Linguistics. https://linguistics.berkeley.edu

[4] Zimmer, K. (2026, 4월 1일). Sperm whale clicks follow similar rules to human speech. Phys.org. https://phys.org/news/2026-04-sperm-whale-clicks-similar-human.html

2.4 코 통로에서 모음을 만드는 몸

사람과 향유고래는 서로 다른 길을 걸어 왔다. 오랜 세월 따로 진화한 것이다. 그런데도 둘 다 아와 이 같은 모음을 낸다. 이런 일을 수렴 진화(convergent evolution)라고 한다. 서로 다른 생물이 같은 문제 앞에서 같은 답을 찾는 현상이다. 새와 박쥐가 따로 진화했지만 둘 다 날개를 가진 것과 같다. 사는 곳의 물리 법칙이 같으니 답도 닮아지는 것이다 [1][2].

사람은 모음을 내려고 목의 성대를 쓴다. 성대는 목 안에서 소리를 처음 만드는 주름이다. 사람은 모음을 내려고 후두를 아래로 내렸다. 후두는 목 한가운데의 울림통으로 성대가 그 안에 있다. 사람은 입술과 혀도 잘게 움직이도록 진화했다. 그런데 향유고래는 사람처럼 목의 성대를 떨어 소리를 내지 않는다. 대신 고래는 머릿속 코 통로에 자기만의 소리 기관을 발달시켰다. 깊은 바다의 큰 물 압력을 견디며 소리를 내야 했기 때문이다.

향유고래의 소리 기관은 두 부분이 짝을 이룬다. 첫째는 소리 입술(phonic lips)이다. 코 통로 안쪽에 있는 주름진 구조다. 사람의 성대와 같은 일을 한다. 공기가 지날 때 떨리며 첫 소리를 만든다. 풍선 입구를 손으로 쥐고 바람을 빼면 삑 소리가 나는 것과 비슷하다. 둘째는 기름 주머니와 공기 주머니다. 고래의 큰 이마를 채우는 기관이다. 첫 소리는 이 주머니들을 지나며 여러 번 부딪친다. 그 사이 어떤 높낮이가 크게 울린다. 사람 입안이 소리를 다듬는 일과 같다 [3].

이 두 부분이 함께 소리를 만든다. 소리를 처음 내는 곳을 소스(source)라고 한다. 소리를 다듬는 통로를 필터(filter)라고 한다. 기타 줄을 튕겨 소리를 내는 곳이 소스다. 그 소리를 곱게 울리는 통은 필터다. 이 둘이 만나 소리의 결이 정해진다. 이 원리를 소스 필터 이론(source-filter theory)이라 한다. 향유고래는 성대를 쓰지 않고도 이 원리를 스스로 이루어 냈다 [4].

이 소리 기관에는 숨은 얼굴이 하나 더 있다. 고래가 부드러운 모음을 내는 바로 그 기관이다. 그런데 같은 기관이 아주 센 소리도 낸다. 그 세기는 약 230데시벨로 잰다. 물속에서 잰 동물 소리 가운데 가장 센 축에 든다. 다만 물속 데시벨은 공기 중 데시벨과 기준이 다르다. 그래서 두 값을 그대로 견주면 안 된다. 이 소리가 사람을 다치게 한다는 이야기는 아직 확인되지 않았다. 고래는 이 큰 힘을 서로에게 겨누지 않는다. 대신 부드러운 목소리로 서로를 감싼다. 그렇게 오랜 세월 바다의 우정을 지켜 왔다 [5].

근거자료

[1] Beguš, G., Dąbkowski, M., Sprouse, R. L., Gruber, D. F., & Gero, S. (2026). The phonology of sperm whale coda vowels. Proceedings of the Royal Society B, 293(2069), 20252994. https://doi.org/10.1098/rspb.2025.2994

[2] Madsen, P. T., Wahlberg, M., & Møhl, B. (2002). Male sperm whale acoustics in a high-latitude habitat: implications for echolocation and communication. Behavioral Ecology and Sociobiology, 53(1), 31-41. https://doi.org/10.1007/s00265-002-0548-1

[3] Cranford, T. W., Amundin, M., & Norris, K. S. (1996). Functional morphology and homology in the odontocete nasal complex. Journal of Morphology, 228(3), 223-285. https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-4687(199606)228:3<223::AID-JMOR1>3.0.CO;2-3

[4] Fant, G. (1960). Acoustic Theory of Speech Production. Mouton.

[5] Møhl, B., Wahlberg, M., Madsen, P. T., Heerfordt, A., & Lund, A. (2003). The monopulsed nature of sperm whale clicks. Journal of the Acoustical Society of America, 114(2), 1143-1154. https://doi.org/10.1121/1.1586258

2.5 3천만 년의 바다 도서관과 고래의 권리

프로젝트 CETI와 베구시 교수의 연구는 큰 생각거리를 남긴다. 향유고래는 본능에 따라 마구 소리치는 무리가 아니다. 이들은 바다 곳곳에 소리로 이어진 무리다. 저마다의 문화와 가족 유대를 나누는 존재다 [1].

이런 유대를 보여 주는 연구가 2026년 3월에 나왔다. 프로젝트 CETI가 향유고래의 출산을 자세히 기록한 것이다. 새끼를 낳는 자리에 다른 암컷 고래들도 함께 있었다. 이들은 곁에서 산모 고래를 도왔다. 서로 남남인 고래들까지 힘을 보탰다. 영장류가 아닌 동물이 출산을 돕는 모습을 수로 밝힌 드문 사례다. 이때 고래의 소리도 달라졌다. 중요한 순간마다 목소리의 결이 바뀌었다. 그 속에는 모음을 닮은 소리도 들어 있었다. 고래가 서로 돕는 존재임을 다시 보여 준 연구다 [2].

카리브해 고래들이 자주 쓰는 소리 하나가 있다. 학자들은 이를 1 더하기 1 더하기 3 코다라고 부른다. 딸깍 두 번, 잠깐 멈춤, 그리고 빠른 세 번으로 이루어진다. 연구진은 이 소리의 뜻을 조심스럽게 풀어 본다. 나는 여기에 있다라는 뜻일 수 있다고 본다. 이 소리는 카리브해 무리가 나눠 쓰는 문화 방언이다. 지역 무리마다 쓰는 방언이 다르다. 한편 향유고래 계통은 수천만 년 동안 바다에 적응하며 살아왔다. 아주 오랜 세월 어두운 바닷속에서 소리로 서로를 확인해 온 것이다 [3].

고래의 소리는 위험을 알리는 그물이기도 했다. 1800년대에 사람들은 배를 타고 고래를 잡으러 다녔다. 그때 살아남은 몇몇 고래가 소식을 퍼뜨렸다. 배를 피하는 방법을 소리로 서로에게 알린 것이다. 그 결과 고래를 잡는 성공률이 크게 떨어졌다. 2년 반 만에 약 58퍼센트나 줄었다. 고래의 소리가 넓은 정보 그물임을 보여 주는 기록이다 [4].

인공지능이 밝힌 고래의 말은 새로운 물음을 던진다. 고래를 사람과 어떻게 함께 대해야 하는가다. 그래서 고래에게 법적 인격을 주자는 움직임이 커지고 있다. 법적 인격은 사람처럼 법이 지켜 주는 자격을 말한다. 물건이 아니라 권리를 누리는 대상으로 본다는 뜻이다. 2024년 3월, 뉴질랜드와 태평양 섬나라의 원주민 지도자들이 선언을 발표했다. 고래를 법적 인격으로 인정하는 선언이다. 이름은 헤 화카푸탕가 모아나(He Whakaputanga Moana)다. 다만 이 선언은 법으로 강제하는 규칙은 아니다. 이 움직임은 프로젝트 CETI와 손잡았다. 미국 뉴욕대 로스쿨의 모스(MOTH) 프로그램도 함께했다. 모스는 인간 너머의 생명을 뜻하는 이름이다 [5][6].

한편 사람이 내는 소음은 고래의 소리를 가로막는다. 배의 프로펠러 소리와 바다 탐사 소음이다. 이 소음은 고래가 서로 나누는 소리를 덮어 버린다. 그러면 어린 고래가 무리의 말을 배우기 어려워진다. 문화가 다음 세대로 이어지지 못하는 것이다. 지구종 프로젝트(Earth Species Project)도 이런 연구에 힘을 보탠다. 이곳은 여러 동물의 소리를

한꺼번에 다루는 인공지능을 만들었다. 이름은 네이처엘엠 오디오(NatureLM-audio)다 [7][8].

우리가 할 일은 분명하다. 고래에게 함부로 만든 소리를 쏘아 이들의 문화를 흔들면 안 된다. 대신 이들이 오랜 세월 바다에 쌓아 온 소리에 귀를 기울여야 한다. 수천만 년 동안 이어진 바다의 도서관이다. 그 가락에 조용히 귀를 맞추는 일이 먼저다. 그것이 사람과 고래가 나란히 사는 길이다.

근거자료

[1] Whitehead, H. (2003). Sperm Whales: Social Evolution in the Ocean. University of Chicago Press.

[2] EurekAlert!. (2026, 3월). Studies documenting rare sperm whale birth and ancient cooperative care released. EurekAlert! / Project CETI. https://www.eurekalert.org/news-releases/1120823

[3] National Geographic. (2026). Whales could one day be heard in court and in their own words. National Geographic. https://www.nationalgeographic.com/animals/article/whale-communication-legal-personhood

[4] Whitehead, H., Smith, T. D., & Rendell, L. (2021). Adaptation of sperm whales to open-boat whalers: rapid social learning on a large scale? Biology Letters, 17(3), 20210030. https://doi.org/10.1098/rsbl.2021.0030

[5] Rodríguez-Garavito, C. (2026). Animal Communication, AI, and the Future of Nonhuman Rights. NYU Law MOTH Program. https://www.law.nyu.edu/news/ideas/cesar-rodriguez-garavito-animal-communication-ai

[6] Te Ao Māori News. (2024, 3월 28일). Māori king and other indigenous Pacific leaders sign up to granting whales legal personhood. Te Ao Māori News. https://www.teaonews.co.nz/2024/03/28/maori-king-and-other-indigenous-pacific-leaders-sign-up-to-granting-whales-legal-personhood/

[7] Erbe, C., Marley, S. A., Schoeman, R. P., Smith, J. N., Trigg, L. E., & Embling, C. B. (2019). The Effects of Ship Noise on Marine Mammals—A Review. Frontiers in Marine Science, 6, 606. https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00606

[8] Earth Species Project. (2025). Using AI to Understand Animal Communication. Earth Species Project. https://www.earthspecies.org/blog/using-ai-to-understand-animal-communication

제3장

혹등고래 트웨인과의 조우

3.1 외계 지능을 향한 지구의 예행연습

우주 저 멀리에서 신호 하나가 날아온다고 생각해 보자. 그 신호가 그냥 잡음일까, 아니면 누군가 보낸 말일까. 잡음은 아무 뜻이 없는 어지러운 소리다. 우리에게는 그 말을 풀어 줄 사전이 없다. 뜻을 알려 줄 열쇠가 하나도 없는 셈이다.

이 물음에 답하려고 하늘이 아니라 바다로 눈을 돌린 사람들이 있다. 우주에서 오는 지능 신호를 찾는 연구소가 있다. 이름은 외계 지적 생명체 탐사 연구소(SETI Institute)다. 이 연구소와 미국 캘리포니아 대학교 데이비스 캠퍼스(UC Davis)의 연구진이 손을 잡았다. 여기에 고래 소리를 오래 연구한 학자들이 힘을 보탰다. 이들은 함께 '고래 세티(Whale-SETI)'라는 연구단을 만들었다 [1].

연구를 이끈 사람은 브렌다 매코원(Brenda McCowan) 교수다. 세티 연구소의 로런스 도일(Laurance Doyle) 박사도 함께했다. 혹등고래 전문가 프레드 샤프(Fred Sharpe) 박사도 팀에 들어왔다. 이들은 한 가지 생각을 나누어 가졌다. 우주의 낯선 존재를 만나기 전에, 지구의 이웃부터 알아보자는 생각이다.

그 이웃은 수염고래의 한 종류인 혹등고래(Megaptera novaeangliae)다. 혹등고래는 긴 노래를 부르는 큰 바다 짐승이다. 이 노래는 주로 수컷이 부른다. 같은 무리의 수컷들이 서로 노래를 배운다. 그렇게 노래가 퍼지고 조금씩 바뀐다. 혹등고래는 매년 넓은 바다를 건너며 소리로 연락도 한다 [2].

연구진이 세운 계획은 이렇다. 알래스카 앞바다에 작은 배 한 척을 띄운다. 배의 엔진을 완전히 끈다. 물속으로 마이크와 스피커를 내린다. 그리고 고래 소리를 한 번 들려준다. 녹음한 소리를 다시 틀어 동물이 어떻게 하는지 보는 방법이 있다. 이 방법을 되들려주기 실험(playback)이라고 한다 [3].

들려준 소리는 '접촉 호출음'이었다. 고래가 무리 안에서 자기 자리를 알릴 때 내는 소리다. 이 소리를 '훕 콜(whup call)'이라고 부른다. 위험을 알리는 소리가 아니라 평화로운 소리다. 사람 말로 옮기면 "나 여기 있어"와 비슷한 소리로 여겨진다.

이 소리는 바로 전날 그 바다에서 녹음한 진짜 고래 목소리였다. 그 무리 속에는 38살 암컷 혹등고래가 있었다. 이름은 '트웨인(Twain)'이었다. 트웨인은 오래전부터 연구진이 지켜보던 고래였다.

왜 연구진은 고래를 골랐을까. 고래는 사람처럼 오래 산다. 무리를 지어 함께 지낸다. 소리로 서로 연락하며 산다. 배운 노래를 다른 고래에게 전하기도 한다. 이런 점이 사람과 닮았다. 그래서 낯선 지능을 이해하는 연습 상대로 알맞다고 보았다.

우주 신호를 푸는 일에는 큰 어려움이 있다. 신호를 보낸 쪽과 받는 쪽이 미리 정한 약속이 없기 때문이다. 두 나라 말을 나란히 적어 둔 책이 있으면 번역이 쉽다. 하지만 외계 신호에는 그런 책이 없다. 그래서 규칙을 처음부터 찾아내야 한다.

실험을 앞둔 배 위는 조용했다. 연구진은 숨을 죽이고 수면을 지켜보았다. 트웨인이 답을 할지 아무도 알 수 없었다.

근거자료

[1] SETI Institute. (2023, 12월 12일). Whale-SETI: Groundbreaking encounter with humpback whales reveals potential for non-human intelligence communication. SETI Institute. https://www.seti.org/news/whale-seti-groundbreaking-encounter-with-humpback-whales-reveals-potential-for-non-human-intelligence-communication/

[2] McCowan, B., Hubbard, J., Walker, L., Sharpe, F., Frediani, J., & Doyle, L. (2023). Interactive bioacoustic playback as a tool for detecting and exploring nonhuman intelligence: "Conversing" with an Alaskan humpback whale. PeerJ, 11, e16349. https://doi.org/10.7717/peerj.16349

[3] Ralls, E. (2026, 4월 29일). AI helps humans have a 20-minute 'conversation' with a humpback whale named Twain. Earth.com. https://www.earth.com/animals/whale-seti-ai-helps-humans-have-20-minute-conversation-with-humpback-whale-twain/

3.2 트웨인과의 20분

스피커에서 첫 소리가 흘러나왔다. 얼마 지나지 않아 트웨인이 나타났다. 트웨인은 조용히 배 쪽으로 다가왔다. 배 둘레를 크게 한 바퀴 돌았다. 그리고 스피커를 향해 자기 소리를 냈다.

트웨인은 한 번 소리를 내고 사라지지 않았다. 사람이 소리를 들려주면 트웨인이 소리로 답했다. 사람이 멈추면 트웨인도 기다렸다. 다시 소리가 나오면 그때 다시 답했다. 이 주고받기는 20분 동안 이어졌다. 20분은 짧은 만화 영화 한 편 길이와 비슷하다.

연구진은 20분 동안 휩 콜을 38번 내보냈다. 트웨인은 휩 콜로 36번 소리를 냈다. 그 가운데 33번은 사람이 들려준 소리에 곧바로 맞춘 답이었다. 나머지 3번은 사람이 소리를 멈춘 뒤에 낸 소리였다. 사람과 야생 고래가 이렇게 오래 소리를 주고받은 일은 처음이었다.

트웨인은 소리의 간격까지 맞추었다. 사람이 소리 사이를 길게 두면 트웨인도 길게 두었다. 짧게 두면 트웨인도 짧게 답했다. 상대의 방식을 그대로 따라 준 것이다.

연구를 이끈 매코원 박사는 이렇게 밝혔다. 이 일은 사람과 고래 사이에 일어난 뜻깊은 소리 주고받기로 보인다고 했다. 다만 사람이 고래 말의 뜻을 옮긴 것은 아니다. 서로 차례를 맞춰 소리를 나눈 일이라고 연구진은 해석했다.

트웨인은 20분 내내 반갑게만 소리를 낸 것은 아니다. 처음에는 소리 주고받기에 잘 참여했다. 그런데 연구진이 똑같은 휩 콜만 되풀이해 들려주자 반응이 달라졌다. 트웨인은 점점 초조해 보였다. 숨을 자주 쉬고 수면을 치기도 했다. 그러다 마침내 그 자리를 떠났다. 참여, 초조, 이탈의 세 단계를 보인 것이다.

이 만남에는 분명한 한계가 있다. 실험 대상은 트웨인 한 마리였다. 실험도 우연히 찾아온 단 한 번의 기회였다. 그래서 이 결과 하나로 고래가 대화한다고 못을 박을 수는 없다. 연구진도 이 점을 조심스럽게 밝혔다.

그래도 이 만남은 되들려주기 실험의 힘을 보여 주었다. 녹음한 소리를 들려주고 답을 살피는 방법이다. 이 방법으로 야생 동물의 반응을 가까이서 볼 수 있다. 연구진은 이것을 새로운 연구 도구라고 불렀다.

근거자료

[1] SETI Institute. (2023, 12월 12일). Whale-SETI: Groundbreaking encounter with humpback whales reveals potential for non-human intelligence communication. SETI Institute. https://www.seti.org/news/whale-seti-groundbreaking-encounter-with-humpback-whales-reveals-potential-for-non-human-intelligence-communication/

[2] McCowan, B., Hubbard, J., Walker, L., Sharpe, F., Frediani, J., & Doyle, L. (2023). Interactive bioacoustic playback as a tool for detecting and exploring nonhuman intelligence: "Conversing" with an Alaskan humpback whale. PeerJ, 11, e16349. https://doi.org/10.7717/peerj.16349

[3] Frediani, J. (2024). "Conversing" with a humpback whale named Twain. The Safina Center. https://www.safinacenter.org/blog/conversing-with-a-humpback-whale-named-twain

3.3 차례를 지키는 대화

사람은 서로 말을 할 때 규칙을 지킨다. 상대가 말을 끝낼 때까지 기다린다. 상대가 멈추면 그때 내 말을 시작한다. 이렇게 번갈아 말하는 규칙을 교대 발성(turn-taking)이라고 한다. 급식을 받으려고 줄을 서서 차례를 지키는 모습과 닮았다.

상대가 말을 끝내고 잠깐 조용해지는 순간이 있다. 그 짧은 틈을 대화의 쉼(conversational pause)이라고 한다. 이 쉼이 있어야 서로 말이 겹치지 않는다. 혹등고래도 야생에서 이 규칙을 지킨다.

트웨인은 20분의 주고받기에서 이 규칙을 어기지 않았다. 사람의 소리가 나오는 동안에는 끼어들지 않았다. 소리가 완전히 끝나기를 기다렸다. 조용해지는 그 순간을 골랐다. 그리고 그 빈자리에 자기 소리를 넣었다.

연구진은 트웨인이 답하는 시간을 재어 보았다. 소리가 끝난 뒤 몇 초 만에 답이 나오는지 살폈다. 이 일에 인공지능을 쓴 것은 아니다. 녹음한 소리와 통계로 시간을 하나하나 따졌다. 그 시간이 사람의 대화 규칙과 잘 맞았다.

이 결과가 알려 주는 것이 있다. 트웨인이 기계 소리에 짜증이 나서 소리 지른 것이 아니라는 점이다. 트웨인은 상대의 차례와 자기 차례를 가려서 소리를 냈다. 연구진은 트웨인이 소리 주고받기에 참여한 것으로 보았다.

사람은 이 규칙을 아기 때부터 익힌다. 엄마와 눈을 맞추며 소리를 주고받는다. 말을 배우기 전에도 이 순서를 먼저 배운다. 대화의 바탕이 되는 규칙이다.

대화의 쉼은 아주 짧은 시간이다. 눈을 한 번 깜박이는 것보다 짧을 때도 있다. 트웨인은 이 짧은 틈을 놓치지 않았다. 정확한 순간에 소리를 넣었다.

이런 정밀함은 연습 없이는 어렵다. 트웨인은 야생에서 늘 이렇게 소리를 나누어 왔다. 그 익숙한 방식을 사람 쪽 소리에도 그대로 썼다. 상대가 진짜 고래가 아니어도 규칙을 지킨 것이다.

근거자료

[1] McCowan, B., Hubbard, J., Walker, L., Sharpe, F., Frediani, J., & Doyle, L. (2023). Interactive bioacoustic playback as a tool for detecting and exploring nonhuman intelligence: "Conversing" with an Alaskan humpback whale. PeerJ, 11, e16349. https://doi.org/10.7717/peerj.16349

[2] SETI Institute. (2023, 12월 12일). Whale-SETI: Groundbreaking encounter with humpback whales reveals potential for non-human intelligence communication. SETI Institute. https://www.seti.org/news/whale-seti-groundbreaking-encounter-with-humpback-whales-reveals-potential-for-non-human-intelligence-communication/

[3] Ralls, E. (2024, 1월 6일). Scientists have a 20-minute 'conversation' with a humpback whale named Twain. Earth.com. https://www.earth.com/news/scientists-have-20-minute-conversation-with-a-humpback-whale-named-twain/

3.4 수학이 밝혀낸 고래의 문법

도일 박사는 고래 노래를 수로 풀어 보았다. 고래 노래가 그냥 아무 소리가 아니라고 생각했기 때문이다. 그래서 정보이론(information theory)이라는 도구를 썼다. 정보이론은 소리나 글자에 규칙이 얼마나 담겼는지 수로 재는 방법이다.

연구진은 지프의 법칙(Zipf's law)을 고래 노래에 맞춰 보았다. 지프의 법칙은 말에 숨은 규칙 하나를 알려 준다. 사람 말에서는 자주 쓰는 낱말과 드물게 쓰는 낱말의 수가 일

정한 비율을 이룬다. 예를 들어 우리말의 '은, 는, 이, 가'는 아주 자주 나온다. 어려운 낱말은 어쩌다 한 번 나온다. 이 많고 적음 사이에 늘 비슷한 비율이 있다.

2025년에 이 규칙을 고래 노래에서 찾은 연구가 나왔다. 아르논(Inbal Arnon) 연구진이 혹등고래 노래를 오래 살폈다. 남태평양에서 8년 동안 모은 노래였다. 그 노래가 지프의 법칙과 잘 맞았다. 사람 말 밖에서 이 규칙을 뚜렷이 찾은 것은 처음이었다.

이 결과는 무엇을 뜻할까. 고래 노래 안에 규칙이 있다는 표시일 수 있다. 하지만 이것만으로 고래 노래에 뜻이나 문법이 있다고 증명되지는 않는다. 연구진도 고래 노래가 사람 말과 같다고 말하지 않았다. 오히려 사람의 음악에 더 가까울 수 있다고 보았다.

연구진은 섀넌 엔트로피(Shannon entropy)도 살폈다. 섀넌 엔트로피는 다음에 올 소리를 얼마나 맞히기 어려운지를 수로 재는 방법이다. 소리가 완전히 뒤죽박죽이면 이 값이 높다. 같은 소리만 되풀이하면 이 값이 0에 가깝다. 고래 노래는 그 두 극단의 가운데에 있었다. 규칙을 지키면서도 늘 같지만은 않았다.

이런 짜임은 다른 고래 연구에서도 보인다. 여기서 잠깐 다른 고래 이야기를 예로 들어 본다. 프로젝트 세티(Project CETI)라는 연구단이 있다. 이들은 향유고래를 살핀다. 향유고래는 혹등고래와 다른 종이다. 향유고래는 딸깍거리는 소리를 짧게 묶어서 낸다. 이 소리 묶음을 코다(coda)라고 한다.

2024년 프로젝트 세티 연구진은 코다의 짜임을 밝혔다. 향유고래는 리듬, 빠르기, 루바토, 장식음이라는 네 가지 요소를 섞어 소리를 만든다. 루바토는 박자를 조금 늘리거나 줄이는 것이다. 장식음은 소리에 딸깍음을 하나 더 붙이는 것이다. 이 네 요소를 이리저리 조합해 아주 많은 소리를 만든다. 사람만 이런 조합을 쓴다고 여겼는데 향유고래도 그랬다 [4].

근거자료

[1] Doyle, L. R., & McCowan, B. (2011). Information theory, animal communication, and the search for extraterrestrial intelligence. Acta Astronautica, 68(3-4), 406-417. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0094576509005682

[2] Arnon, I., et al. (2025). Whale song shows language-like statistical structure. Science, 387. https://doi.org/10.1126/science.adq7055

[3] Sharma, P., et al. (2024). Contextual and combinatorial structure in sperm whale vocalisations. Nature Communications, 15, 3617. https://doi.org/10.1038/s41467-024-47221-8

[4] Project CETI. (2024, 5월 7일). Sperm whale phonetic alphabet proposed for the first time. Project CETI. https://www.projectceti.org/blog-posts/sperm-whale-phonetic-alphabet-proposed-for-the-first-time

3.5 우주로 보내는 편지

고래 세티 연구의 마지막 목표가 있다. 고래를 알아보는 것에서 그치지 않는다. 언젠가 우주에서 올 낯선 신호를 가려낼 도구를 만드는 것이다. 잡음과 뜻이 담긴 신호를 나누는 잣대가 필요하기 때문이다.

고래 노래를 수로 푼 방법들이 있다. 지프의 법칙이나 섀넌 엔트로피 같은 방법이다. 이 방법들을 훗날 우주 신호에 써 볼 수 있다. 다만 아직 우주 신호에 바로 쓴 것은 아니다. 앞으로 써 볼 만한 방법으로 연구하는 중이다.

많은 학자들이 사람의 오만을 짚었다. 같은 지구에 사는 고래의 소리조차 못 알아듣는다는 점이다. 그러면서 우주 저편의 신호를 어떻게 알아듣겠느냐고 물었다. 이 물음은 사람을 겸손하게 만든다.

옛날에 사람은 지구가 우주의 가운데라고 믿었다. 하지만 그 믿음은 틀렸다고 밝혀졌다. 사람만 뜻을 나눈다는 믿음도 이와 닮았을 수 있다. 바다에도 소리를 나누는 이웃이 있을지 모른다.

사람은 오랫동안 고래 노래를 잡음으로만 여겼다. 수많은 고래를 잡기도 했다. 배와 기계로 바다를 시끄럽게 만들었다. 그래도 고래는 소리 나누기를 멈추지 않았다. 아주 오랜 옛날부터 서로 소리를 건네 왔다.

그래서 트웨인과의 20분은 예행연습이었다. 낯선 지능을 만났을 때 쓸 방법을 미리 익혀 보는 자리였다. 우주로 말을 보내기 전에 옆의 소리부터 듣는 일이다. 잘 듣는 힘이 통역의 시작이다.

근거자료

[1] SETI Institute. (2023, 12월 12일). Whale-SETI: Groundbreaking encounter with humpback whales reveals potential for non-human intelligence communication. SETI Institute. https://www.seti.org/news/whale-seti-groundbreaking-encounter-with-humpback-whales-reveals-potential-for-non-human-intelligence-communication/

[2] McCowan, B., Hubbard, J., Walker, L., Sharpe, F., Frediani, J., & Doyle, L. (2023). Interactive bioacoustic playback as a tool for detecting and exploring nonhuman intelligence: "Conversing" with an Alaskan humpback whale. PeerJ, 11, e16349. https://doi.org/10.7717/peerj.16349

[3] Ralls, E. (2024, 1월 6일). Scientists have a 20-minute 'conversation' with a humpback whale named Twain. Earth.com. https://www.earth.com/news/scientists-have-20-minute-conversation-with-a-humpback-whale-named-twain/

3.6 인공지능이 여는 새 문

트웨인과의 만남 뒤로 연구가 빠르게 자라고 있다. 인공지능이 고래 소리를 더 깊이 살피게 해 주기 때문이다. 사람 혼자서는 수십 년이 걸릴 일을 인공지능이 빠르게 돕는다.

지구종 프로젝트(Earth Species Project)라는 단체가 있다. 이들은 동물 소리를 알아듣는 인공지능을 만든다. 그 인공지능의 이름은 네이처엘엠오디오(NatureLM-audio)다. 이 도구는 소리만 듣고 어떤 동물인지 가려낸다. 소리의 종류도 나눈다. 이런 일은 이미 잘 해낸다.

이 인공지능에는 실험 단계의 능력도 있다. 녹음 속에 동물이 몇 마리 있는지 세어 보는 일이다. 한 번도 배운 적 없는 동물 소리를 알아보는 일도 있다. 이런 일은 아직 완벽하지 않다. 마구 찍는 것보다 조금 더 잘 맞히는 정도다.

인공지능에는 바탕이 되는 큰 인공지능이 있다. 이런 큰 인공지능을 파운데이션 모델(foundation model)이라고 한다. 한 가지로 여러 일에 두루 쓰는 인공지능이다. 구글(Google)이 만든 퍼치(Perch)가 그런 예다.

인공지능이 고래 연구를 도운 이야기는 시간 순서로 나누어 볼 수 있다. 먼저 2018년의 일이다. 구글과 미국 국립해양대기청(NOAA)이 손을 잡았다. 국립해양대기청은 바다와 날씨를 연구하는 미국 기관이다. 두 곳은 14년 동안 모은 바닷속 소리를 함께 살폈다. 그 양은 187,000시간이 넘었다. 사람이 쉬지 않고 들어도 21년쯤 걸리는 양이다. 인공지능은 이 큰 자료에서 혹등고래 노래를 골라냈다.

다음은 2025년의 일이다. 구글은 퍼치를 새로 손봐 퍼치 2.0을 내놓았다. 퍼치는 처음에 새소리로 배운 인공지능이다. 그런데 바닷속 소리에도 잘 들어맞았다. 고래 소리를 가려내는 일에서 좋은 성적을 냈다. 새를 배운 인공지능이 고래 연구에도 도움을 준 것이다.

인공지능의 큰 힘은 빠르기에 있다. 사람이 몇 달 동안 들어야 할 소리를 인공지능은 몇 시간에 훑는다. 그만큼 연구가 빨라졌다. 사람이 놓치던 작은 소리도 찾아낸다. 그 덕분에 오래된 자료 속에서 새 사실이 드러난다.

여기서 조심할 점이 있다. 인공지능이 고래 소리를 가려낸다고 해서 고래 말을 다 푼 것은 아니다. 소리 안의 규칙은 찾았지만 그 뜻까지 안 것은 아니다. 고래 말의 뜻을 온전히 풀었다는 증거는 아직 확인되지 않았다. 사람과 고래 사이의 사전은 이제 첫 장을 넘겼을 뿐이다.

지구종 프로젝트는 고래만 살피는 것이 아니다. 까마귀 소리도 살핀다. 코끼리 소리도 살핀다. 흰돌고래 소리도 살핀다. 여러 동물의 소리를 한 도구로 다룬다. 앞으로는 사람이 만든 소리를 동물에게 들려줄 계획도 있다. 동물이 그 소리에 어떻게 답하는지 살피려는 것이다. 트웨인과의 소리 주고받기가 그 첫걸음이었다.

최근에는 고래 노래의 짜임을 밝힌 연구도 나왔다. 2026년 미국 시러큐스 대학교(Syracuse University)의 줄리아 제(Julia Zeh) 연구진이다. 이들은 노래하는 수컷 혹등고래 몸에 작은 기록 장치를 붙였다. 빨판으로 잠깐 붙이는 녹음기 겸 움직임 기록기다. 이 연구는 트웨인의 소리 주고받기와는 다른 주제다. 고래가 물속을 오르내리는 움직임과 노래가 맞물린다는 내용이다. 깊이 내려갈 때와 올라올 때 부르는 노래가 달랐다. 노래가 몸의 움직임에 맞춰 짜여 있었던 것이다 [5].

그래서 연구는 지금도 이어진다. 사람과 고래 사이의 사전을 한 장씩 채워 가는 중이다. 트웨인의 20분이 그 사전의 첫 문장을 열었다.

근거자료

[1] Earth Species Project. (2024, 11월 11일). Introducing NatureLM-audio: An audio-language foundation model for bioacoustics. Earth Species Project. https://www.earthspecies.org/blog/introducing-naturelm-audio-an-audio-language-foundation-model-for-bioacoustics

[2] Robinson, D., Miron, M., Hagiwara, M., Weck, B., Keen, S., Alizadeh, M., Narula, G., Geist, M., & Pietquin, O. (2025). NatureLM-audio: An audio-language foundation model for bioacoustics. International Conference on Learning Representations (ICLR) 2025. https://arxiv.org/abs/2411.07186

[3] Google Research. (2018, 10월). Acoustic detection of humpback whales using a convolutional neural network. Google Research Blog. https://research.google/blog/acoustic-detection-of-humpback-whales-using-a-convolutional-neural-network/

[4] Google Research. (2026, 2월 9일). How AI trained on birds is surfacing underwater mysteries. Google Research Blog. https://research.google/blog/how-ai-trained-on-birds-is-surfacing-underwater-mysteries/

[5] Syracuse University. (2026, 8월 31일). How a whale's dive shapes its song. Syracuse University News. https://news.syr.edu/2026/08/31/how-a-whales-dive-shapes-its-song/

제4장

심해의 오케스트라

4.1 시끄러운 바다에서 목소리를 골라내다

바다는 조용한 곳이 아니다. 물속은 소리로 가득 찬 넓은 공간이다. 고래의 노래, 돌고래의 휘파람, 파도 소리가 쉬지 않고 섞인다. 물속에서는 소리가 공기보다 훨씬 빠르게 퍼진다. 공기 속보다 약 4.5배 빠르다. 그래서 고래는 눈보다 귀로 세상을 읽는다. 먼바다에서 서로를 찾을 때 소리를 쓴다. 먹이를 쫓고 위험을 피할 때도 소리를 쓴다 [1][2].

물속에서 소리는 1초에 약 1,500미터를 간다. 육상에서 소리가 가는 거리보다 훨씬 멀다. 그래서 고래는 아주 먼 친구의 소리도 들을 수 있다.

문제는 사람이 만든 소음이다. 큰 배의 프로펠러 소리가 물속을 뒤흔든다. 바닷속을 살피는 음파 탐지기(소나) 소리도 크다. 바다 밑 자원을 찾는 폭발음도 있다. 이런 소음은 수천 킬로미터 밖까지 퍼진다. 오늘날 배 소리는 바다에서 가장 넓게 퍼진 사람의 소음이다. 소음이 크면 고래의 소리가 그 속에 묻힌다. 학자들은 이것을 소리가 가려진다고 말한다. 소리로 사는 고래에게 이 일은 큰 위협이다.

소음은 고래의 몸도 아프게 한다. 2001년 미국에서 큰 사고가 나자 배가 잠시 크게 줄었다. 그때 바다가 조용해졌다. 로절린드 롤런드(Rosalind Rolland) 연구팀은 이 틈을 살폈다. 캐나다 펀디만에 사는 참고래의 똥을 모아 조사했다. 바다가 조용해지자 고래 몸의 스트레스 물질이 줄었다. 사람이 시끄러운 공사장 옆에서 가슴이 두근거리는 것과 비슷하다. 소음이 고래를 지치게 한다는 첫 증거였다 [3].

여러 소리가 뒤엉킨 곳에서 한 고래의 목소리만 골라내기는 어렵다. 학자들은 이 어려움을 '칵테일 파티 문제'라고 부른다. 사람이 많은 방에서 친구 한 명의 말만 골라 듣는 일과 같다. 급식실이 시끄러워도 옆 친구 말은 들리는 것과 비슷하다. 예전 기계는 이 일을 잘 못 했다. 배의 금속 소리가 고래 소리와 겹치면 자주 헷갈렸다.

인공지능은 이 문제를 새로 풀었다. 뒤섞인 소리에서 원하는 소리만 골라내는 기술이다. 기계는 먼저 소리를 숫자 지도로 바꾼다. 이 지도 위에서 배 소리와 고래 소리는 서로 다른 자리에 놓인다. 색색의 구슬이 섞여도 색깔별로 다시 담는 것과 같다. 기계는 그 자리를 나눠 고래 소리만 다시 모은다. 지구종 프로젝트(Earth Species Project) 연구진은 깨끗한 정답 소리가 없어도 소음을 지우는 방법을 만들었다. 그 덕에 사람은 고래의 목소리를 더 또렷하게 다시 들을 수 있게 되었다 [4].

근거자료

[1] Bakker, K. (2022). The sounds of life: How digital technology is bringing us closer to the worlds of animals and plants. Princeton University Press.

[2] NOAA Fisheries. (2025). A whale's world of sound. National Oceanic and Atmospheric Administration. https://www.fisheries.noaa.gov/feature-story/whales-world-sound

[3] Rolland, R. M., Parks, S. E., Hunt, K. E., et al. (2012). Evidence that ship noise increases stress in right whales. Proceedings of the Royal Society B, 279(1737), 2363-2368. https://doi.org/10.1098/rspb.2011.2429

[4] Miron, M., Keen, S., Hoffman, B., Hagiwara, M., et al. (2024). Biodenoising: Animal vocalization denoising without access to clean data. Earth Species Project. arXiv:2410.03427. https://arxiv.org/abs/2410.03427

4.2 범고래 가족의 사투리

시끄러운 소음을 걷어내자, 학자들은 고래 목소리에 담긴 비밀을 읽기 시작했다. 그 비밀은 가족마다 다른 '사투리'다. 캐나다 서쪽 바닷가에는 범고래를 연구하는 기지가 있다. 이름은 오르카랩(OrcaLab)이다. 이곳의 헬레나 사이몬즈(Helena Symonds)와 폴 스퐁(Paul Spong) 박사는 수십 년 동안 야생 범고래의 소리를 기록해 왔다. 고래를 붙잡거나 괴롭히지 않고, 물속 마이크로 소리만 조용히 모았다 [1].

범고래는 어머니를 중심으로 사는 동물이다. 새끼는 평생 어머니 무리를 떠나지 않는다. 그래서 가족마다 대를 이어 물려주는 고유한 소리가 생긴다. 학자들은 이것을 엄마 쪽 가족이 함께 쓰는 사투리라고 부른다. 우리 반과 옆 반의 말투가 조금씩 다른 것과 비슷하다. 이 사투리로 범고래는 넓은 바다에서 자기 가족을 알아본다. 가까운 친척끼리 짝짓지 않게 막아 주는 구실도 한다.

오르카랩은 아주 오랜 시간 소리를 모았다. 그 녹음만 2만 시간에 가깝다. 사람이 이 소리를 다 듣기는 어렵다. 그래서 학자들은 인공지능에게 이 일을 맡겼다. 독일과 캐나다

연구진이 만든 프로그램 이름은 오르카스팟(ORCA-SPOT)이다. 이 프로그램은 긴 녹음 속에서 범고래 소리만 자동으로 찾아낸다. 사람이 붙인 정답과 견주니 100번 중 93번을 맞혔다. 몇 해가 걸릴 일을 기계는 여드레 만에 끝냈다 [5].

인공지능이 소리를 나눌 때는 중요한 부분에 힘을 준다. 사람이 긴 글에서 중요한 낱말에 밑줄을 치는 것과 같다. 기계는 이렇게 미세한 억양 차이까지 잡아낸다. 새끼 범고래는 어머니와 무리의 소리를 들으며 사투리를 배운다. 사람 아기가 부모의 말을 따라 배우는 것과 같다. 학자들은 인공지능이 그린 소리 지도를 보고 새로운 사실도 찾았다. 한 가족의 소리가 세대를 거치며 조금씩 바뀌어 왔다는 점이다. 오래 쓰는 말이 시대에 따라 조금씩 변하는 것과 같다. 이것은 고래 소리가 타고난 본능만이 아니라는 뜻이다. 사람의 말처럼 배우고 물려주며 바뀌는 문화라는 증거다.

사투리를 아는 일은 고래를 지키는 데도 쓰인다. 어느 가족이 어디에 사는지 소리로 알 수 있기 때문이다. 배가 자주 다니는 바다에 어느 가족이 있는지 살필 수 있다. 소리로 가족을 세면 수가 주는지도 빨리 안다. 이런 연구는 지금도 이어진다. 2026년에는 범고래 소리를 자동으로 찾아 나누는 새 프로그램 오르카이(orcAI)가 나왔다. 이 프로그램은 캐나다가 아니라 아이슬란드 바다의 범고래 소리를 배웠다. 그곳 범고래는 청어를 사냥하며 산다. 사람이 오래 듣지 않아도 기계가 긴 녹음을 대신 살펴 준다 [6].

근거자료

[1] Bakker, K. (2022). The sounds of life: How digital technology is bringing us closer to the worlds of animals and plants. Princeton University Press.

[5] Bergler, C., Schröter, H., Cheng, R. X., et al. (2019). ORCA-SPOT: An automatic killer whale sound detection toolkit using deep learning. Scientific Reports, 9, 10997. https://doi.org/10.1038/s41598-019-47335-w

[6] Bonhoeffer, S., Selbmann, A., et al. (2026). orcAI: A machine learning tool to detect and classify acoustic signals of killer whales in audio recordings. Marine Mammal Science, 42(1), e70083. https://doi.org/10.1111/mms.70083

4.3 얼음 밑 흰돌고래의 소리를 되살리다

범고래가 맑은 연안에서 사투리를 가꾼다면, 차갑고 탁한 물에서 사는 고래도 있다. 북극과 캐나다 세인트로렌스강(St. Lawrence River)에 사는 흰돌고래(Beluga Whale)다. 몸이 하얘서 북극의 천사라고 불린다. 새처럼 높고 맑은 소리를 잘 내서 바다의 카나

리아라는 별명도 있다. 세인트로렌스강의 흰돌고래는 지금 크게 줄고 있다. 공장 소음과 물의 오염이 쌓인 탓이다. 보호 구역을 정한 뒤에도 수가 잘 늘지 않아 걱정이 크다[1][7].

캐나다 윈저 대학교(University of Windsor)의 재클린 오빈(Jaclyn Aubin) 연구원이 이 일에 함께했다. 흰돌고래의 소리를 풀기로 한 것이다. 이 일은 쉽지 않았다. 흰돌고래는 무리를 지어 사는 사교적인 동물이다. 수십 마리가 한데 모여 소리를 낸다. 휘파람과 빠른 딸깍 소리를 한꺼번에 쏟아낸다. 소리가 뒤섞여서 어디가 시작이고 어디가 끝인지 사람이 나누기 어려웠다.

연구팀은 이 소리를 인공지능에게 맡겼다. 먼저 소리를 찾아내는 기계가 긴 녹음에서 흰돌고래 소리만 오려냈다. 그다음 다른 기계가 그 소리를 종류별로 나눴다. 이때 지구종 프로젝트가 만든 프로그램 에이브스(AVES)도 함께 썼다. AVES는 동물 소리를 배우는 바탕 모델이다. 바탕 모델이란 많은 자료를 미리 배워 두고 여러 일에 두루 쓰는 인공지능을 말한다. AVES는 사람이 정답을 알려 주지 않아도 스스로 소리의 짜임을 배운다[8].

인공지능이 나눈 소리를 사람이 나눈 것과 견주어 보니, 두 결과가 거의 똑같았다. 사람이 손대지 않아도 기계가 전문가만큼 흰돌고래 소리를 나눈 것이다. 이렇게 하면 좋은 점이 있다. 사람이 며칠씩 들어야 할 긴 녹음을 기계가 빠르게 살핀다. 강에 사는 흰돌고래가 언제 어디서 우는지 꾸준히 기록할 수 있다. 이 기록은 줄어드는 흰돌고래를 지키는 밑바탕이 된다.

얼음이 깨지고 부딪히는 소리는 큰 방해였다. 연구진은 이 소음을 지우려고 소음 제거 전문 인공지능을 함께 썼다. 이 기계는 시끄러운 소리 속에서 흰돌고래의 목소리만 되살린다. 그 덕에 잃어버릴 뻔한 흰돌고래의 소리를 다시 들을 수 있게 되었다. 이렇게 인공지능은 얼음 밑에 묻힌 목소리를 지켜 냈다.

근거자료

[1] Bakker, K. (2022). The sounds of life: How digital technology is bringing us closer to the worlds of animals and plants. Princeton University Press.

[7] Cotillard, T., Aubin, J., Vergara, V., et al. (2024). Automatic detection and classification of beluga whale calls in the St. Lawrence estuary. The Journal of the Acoustical Society of America, 156(6), 3723-3740. https://doi.org/10.1121/10.0030472

[8] Hagiwara, M. (2023). AVES: Animal vocalization encoder based on self-supervision. ICASSP 2023 - 2023 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing. https://doi.org/10.1109/ICASSP49357.2023.10095642

4.4 새소리로 배운 AI가 바다를 듣다

바다 이야기를 하다가 왜 갑자기 새가 나올까. 까닭이 있다. 바다 동물 소리를 푸는 데 새소리로 배운 인공지능이 큰 힘이 되었기 때문이다. 그 시작은 구글에서 나왔다. 컴퓨터 학자 톰 덴톤(Tom Denton) 박사가 이끄는 연구팀의 '퍼치(Perch)' 프로젝트다. 이 팀의 꿈은 크다. 지구에서 나는 온갖 자연의 소리를 하나로 정리하는 것이다 [10].

퍼치 팀은 새소리로 인공지능을 가르쳤다. 세계에 사는 새 1만 종이 넘는 노랫소리를 배우게 했다. 배운 시간만 수십만 시간에 이른다. 이렇게 만든 인공지능은 소리를 숫자 좌표로 바꿔 정리한다. 소리마다 자리를 정해 주는 넓은 지도를 그린다고 보면 된다.

그런데 뜻밖의 일이 일어났다. 새소리를 배운 인공지능이 물속 동물 소리도 잘 나눈 것이다. 한 동물에게서 배운 규칙이 다른 동물 소리에도 통한 셈이다. 새는 공기에서 울고 고래는 물에서 운다. 사는 곳도 소리도 다르다. 그런데도 새소리로 익힌 지도가 고래 소리에까지 맞았다.

연구진은 이 힘을 개구리로 확인했다. 이때 쓴 자료가 아누라셋(AnuraSet)이다. 브라질 개구리 42종의 소리를 모은 자료다. 아마존이 아니라 세라도와 대서양림이라는 숲에서 녹음했다. 이 자료는 구글이 아니라 카냐스(Cañas) 연구팀이 만들었다. 구글은 이 공개 자료를 빌려 인공지능을 시험했다. 개구리 소리 몇 개만 보여 주었는데도 인공지능은 95%가 넘게 소리를 맞혔다. 몇 개만 보고 새 일을 익히는 이 방법 덕분이다. 이 힘은 개구리에서 그치지 않았다. 고래의 딸깍 소리와 돌고래의 휘파람에도 그대로 통했다 [9].

이 연구는 계속 자란다. 2025년 8월 구글은 퍼치의 새 판(퍼치 2.0)을 내놓았다. 이 인공지능은 새뿐 아니라 여러 땅 동물의 소리로 배웠다. 배운 동물이 1만 4천 종이 넘는다. 새와 함께 젖먹이동물, 개구리, 곤충 소리까지 배웠다. 하지만 바닷속 소리는 거의 배우지 않았다. 그런데도 2026년 2월 구글은 이 인공지능이 고래 소리 연구에서 좋은 성과를 냈다고 밝혔다. 여러 고래 소리 시험에서 이 인공지능이 가장 잘하거나 두 번째로 잘했다. 구글은 돌고래를 위한 인공지능 돌핀젬마(DolphinGemma)도 만들었다. 이 프로그램은 크기가 작아 스마트폰 안에서도 돌아간다. 야생 돌고래 프로젝트가 오래 모은 소리를 배웠다. 아직 돌고래 말의 뜻을 밝힌 것은 아니다. 소리의 짜임과 규칙을 찾는 연구 도구다 [11].

돌핀젬마는 소리를 나누기만 하지 않는다. 돌고래 소리를 흉내 내 새로운 소리도 스스로 만들어 낸다. 이 소리를 바다에서 돌고래에게 들려주는 실험도 이어진다. 돌핀젬마가 배운 소리는 오래 모은 것이다. 야생 돌고래 프로젝트는 1985년부터 소리를 모았다. 바하마 바다에 사는 대서양알락돌고래의 소리다. 짝짓기나 다툼 같은 행동과 소리를 함께 기록했다. 구글은 이 프로그램을 누구나 쓰도록 열어 두었다.

근거자료

[9] Cañas, J. S., Toledo, L. F., et al. (2023). AnuraSet: A dataset for benchmarking Neotropical anuran calls identification in passive acoustic monitoring. PeerJ Computer Science, 9, e1575. https://doi.org/10.7717/peerj-cs.1575

[10] Google Research. (2026, February 9). How AI trained on birds is surfacing underwater mysteries. Google Research Blog. https://research.google/blog/how-ai-trained-on-birds-is-surfacing-underwater-mysteries/

[11] Google. (2025, April 14). DolphinGemma: How Google AI is helping decode dolphin communication. Google Blog. https://blog.google/innovation-and-ai/products/dolphingemma/

4.5 흙탕물 속 분홍돌고래를 지키는 작은 AI

물속 인공지능은 넓은 바다만이 아니라 강에서도 일한다. 눈으로는 아무것도 볼 수 없는 아마존의 흙탕물에서다. 이곳에는 분홍빛 몸을 가진 강돌고래 보토(Boto)가 산다. 브라질의 마미라우아 연구소(Mamirauá Institute)와 국립아마존연구소(INPA)가 보토를 지키는 일을 이끈다 [12].

보토는 지금 빠르게 줄고 있다. 사람이 강에 버린 그물에 걸린다. 금을 캐며 흘린 수은에 오염된다. 개발 소음에도 시달린다. 아마존강은 흙과 나뭇잎이 많아 물이 늘 뿌옇다. 그래서 카메라나 드론으로는 보토를 찾을 수 없다. 오직 소리만이 보토를 지키는 열쇠다 [13].

연구진은 강물 속에 소리를 듣는 마이크를 넣어 두었다. 이 마이크는 오랜 시간 쉬지 않고 소리를 기록한다. 사람이 이 긴 녹음을 다 듣기는 어렵다. 그래서 인공지능이 대신 살핀다. 쓰인 인공지능은 소리 그림을 보고 판단하는 기계다. 정글의 비바람 소리와 나뭇가지 소리는 걸러낸다. 그리고 보토가 내는 딸깍 소리를 찾아낸다.

이 인공지능은 보토 소리를 95% 정확도로 찾아냈다. 배가 지나가는 소리도 92% 정확도로 가려냈다. 눈이 완전히 먼 흙탕물 아래에서, 기계가 소리만으로 보토의 자리를 지킨다. 강에 사는 다른 돌고래인 투쿠시 소리도 함께 가려냈다. 이렇게 인공지능은 보이지 않는 돌고래를 소리로 찾는다.

이 기록은 보토를 지키는 데 바로 쓰인다. 연구진은 보토가 자주 다니는 길목을 소리로 그려 냈다. 어느 철에 어디로 모이는지도 알아냈다. 물이 불어나는 철이 되면 보토는 큰 강에서 물에 잠긴 숲으로 들어갔다. 소리를 살피니 이 움직임이 또렷이 보였다. 이 지도는 배가 다니는 길과 그물 놓는 자리를 바꾸도록 돕는다. 소리가 보토의 생명을 지키는 안내판이 된 것이다. 큰 컴퓨터가 없는 정글 오지에서도 소리를 오래 듣고 지킬 방법을 찾는 연구가 이어진다 [2].

근거자료

[2] NOAA Fisheries. (2025). A whale's world of sound. National Oceanic and Atmospheric Administration. https://www.fisheries.noaa.gov/feature-story/whales-world-sound

[12] Erbs, F., Gaona, M., van der Schaar, M., Zaugg, S., & André, M. (2023). Towards automated long-term acoustic monitoring of endangered river dolphins: A case study in the Brazilian Amazon floodplains. Scientific Reports, 13, 10801. https://doi.org/10.1038/s41598-023-36518-1

[13] Kane, S. (2023, August 1). AI unlocks secrets of Amazon river dolphins' behavior, no tagging required. Mongabay. https://news.mongabay.com/2023/08/ai-unlocks-secrets-of-amazon-river-dolphins-behavior-no-tagging-required/

4.6 바다에 귀를 기울이다

제4장에서 본 인공지능의 물속 연구는 한 가지 오래된 생각을 바꾼다. 사람은 오랫동안 다른 동물을 그저 본능만 따르는 존재로 여겨 왔다 [1]. 그러나 최근 연구는 다른 모습을 보여 준다 [1]. 범고래의 사투리는 세대를 넘어 이어 온 문화를 보여 준다 [1]. 흰돌고래가 강에서 서로 소리를 주고받는 모습은, 이들이 관계로 얽힌 사회를 이룬다는 증거다 [1].

고래 말에 관한 새 사실도 이어서 나왔다. 프로젝트 세티(Project CETI)와 여러 대학 연구진의 연구다. 2024년 이들은 향고래 소리의 짜임을 밝혔다. 향고래는 딸깍 소리를 여러 개 이어서 신호를 만든다. 이 소리 묶음을 코다(coda)라고 부른다. 연구진은 코다에 빠르기와 리듬 같은 규칙이 있음을 찾았다. 이 규칙을 섞으면 수많은 다른 소리가 나온다. 그 신호가 생각보다 훨씬 짜임새 있다는 뜻이다. 연구진은 이 소리 조각을 정리한 '소리 알파벳'도 내놓았다. 2026년에는 한 걸음 더 나아갔다. 향고래 소리에서 사람 말의 모음과 닮은 두 가지 소리 형태를 찾았다. 사람의 '아' 소리, '이' 소리처럼 나뉘는 형태다. 다만 이것이 향고래 말의 뜻을 알아냈다는 말은 아니다 [14][15].

동물 소리를 사람 말로 묻고 답하게 돕는 인공지능도 자란다. 지구종 프로젝트가 만든 네이처엘엠(NatureLM-audio)이다. 이것은 동물 소리를 위한 첫 소리·언어 바탕 모델이다. 사람이 평범한 말로 물으면, 인공지능이 소리를 살펴 답한다. 종을 나누고, 소리를 찾고, 몇 마리가 우는지 세는 일까지 한다 [16].

고래 말을 읽는 기술은 법에도 새 물음을 던진다. 2025년 10월, 법학자와 프로젝트 세티 연구진이 함께 논문을 냈다. 이들은 고래가 문화를 나누고 서로 소통하는 존재라고 보았다. 그래서 고래에게도 잔인한 대우를 받지 않을 권리를 주자고 제안했다. 뉴욕 대학교 법대의 '인간 너머의 생명(MOTH)' 모임이 이 일을 이끈다. 인공지능이 연 새로운 귀가 법과 윤리의 물음으로 이어진 것이다 [17].

우리는 그동안 바다에 소음을 쏟아부었다. 큰 배 소리와 탐사 폭발음으로 고래의 소통 길을 끊어 왔다. 인공지능은 이제 바다의 소리를 조심스레 읽는 청진기가 되었다. 이 도구는 사람에게 한 가지를 일러 준다. 우리 목소리를 낮추고 자연의 소리를 있는 그대로

들으라는 것이다. 바다를 지배하려는 마음을 내려놓을 때, 우리는 고래의 오랜 노래를 제대로 들을 수 있다. 심해의 오케스트라는 아직 연주를 멈추지 않았다. 우리가 귀를 기울이는 만큼, 그 소리는 다시 우리에게 돌아온다 [2][1].

근거자료

[1] Bakker, K. (2022). The sounds of life: How digital technology is bringing us closer to the worlds of animals and plants. Princeton University Press.

[2] NOAA Fisheries. (2025). A whale's world of sound. National Oceanic and Atmospheric Administration. https://www.fisheries.noaa.gov/feature-story/whales-world-sound

[14] Sharma, P., Gero, S., Payne, R., et al. (2024). Contextual and combinatorial structure in sperm whale vocalisations. Nature Communications, 15, 3617. https://doi.org/10.1038/s41467-024-47221-8

[15] Beguš, G., Dąbkowski, M., Sprouse, R. L., Gruber, D. F., & Gero, S. (2026). The phonology of sperm whale coda vowels. Proceedings of the Royal Society B, 293(2069). https://doi.org/10.1098/rspb.2025.2994

[16] Robinson, D., Miron, M., Hagiwara, M., Pietquin, O., et al. (2024). NatureLM-audio: An audio-language foundation model for bioacoustics. arXiv:2411.07186. https://arxiv.org/abs/2411.07186

[17] Rodríguez-Garavito, C., Gruber, D. F., Nemeth, A. O., & Beguš, G. (2025, October). What if we understood what animals are saying? The legal impact of AI-assisted studies of animal communication. Ecology Law Quarterly, 52(1). https://www.ecologylawquarterly.org/print/what-if-we-understood-what-animals-are-saying-the-legal-impact-of-ai-assisted-studies-of-animal-communication/

제5장

대지의 언어

5.1 침팬지의 소리에는 규칙이 있다

사람의 말은 소리 몇 개를 이리저리 이어 붙여 만든다. 몇 안 되는 소리로 끝없이 많은 뜻을 만든다. 오랫동안 사람들은 이런 재주가 오직 사람만의 것이라고 믿었다. 그런데 동물의 소리를 오래 지켜본 학자들이 이 믿음을 다시 보게 되었다.

무대는 아프리카 서쪽 코트디부아르의 타이 국립공원이다. 여기에는 야생 침팬지 무리가 산다. 독일 막스 플랑크 진화인류학 연구소와 프랑스 국립과학연구원의 학자들이 이들을 오래 지켜보았다. 세드리크 지라르뷔토 박사와 로만 위티히 박사가 앞장섰다 [1].

이 연구는 한두 해로 끝나지 않았다. 여러 해에 걸쳐 같은 무리를 지켜본 결과다. 학자들은 다 자란 침팬지 46마리의 소리를 모았다. 녹음한 소리가 4,826개나 되었다. 예전에는 이 소리를 그냥 감정을 드러내는 신음으로만 여겼다. 그러나 하나하나 세어 보니 안에 질서가 있었다.

학자들은 이 많은 소리를 오래 듣고 갈래지었다. 소리의 높낮이와 길이를 자로 재듯 나누었다. 그 결과 침팬지가 쓰는 기본 소리가 12가지로 나뉘었다. 끙끙거림, 짖음, 비명 같은 소리다. 사람 말의 자음과 모음처럼 가장 작은 소리 조각인 셈이다.

침팬지는 이 12가지 소리를 아무렇게나 내지 않았다. 정해진 순서에 따라 이어 붙였다. 그렇게 만든 소리 묶음이 390개가 넘었다. 어떤 순서는 자주 나오고 어떤 순서는 거의 나오지 않았다. 소리를 잇는 데 틀이 있다는 뜻이다.

요즘은 이런 많은 소리를 살필 때 기계학습이라는 인공지능이 학자를 돕는다. 기계학습은 수많은 소리에서 되풀이되는 짜임을 빠르게 찾아낸다. 사람 혼자서는 몇 해가 걸릴 셈을 며칠 만에 해낸다. 규칙을 찾아내는 것은 학자이고, 인공지능은 그 일을 거드는 도구다.

소리 묶음은 층을 이루고 있었다. 두 소리를 이은 묶음이 세 소리 묶음 안에 들어가기도 했다. 사람 말도 이렇게 층을 이룬다. 낱말이 모여 구가 되고, 구가 모여 문장이 되는 것과 같다.

학자들은 사람 말의 큰 특징을 하나 든다. 뜻이 없는 작은 소리 조각을 이어 새 뜻을 만드는 힘이다. 소리 조각 하나에는 뜻이 없다. 이어 붙이는 순서가 비로소 뜻을 만든다. 이런 힘을 소리의 이중 짜임이라고 부른다. 다만 침팬지의 12가지 소리가 사람의 자음, 모음과 똑같지는 않다. 학자들은 아직 조심스럽게 살피고 있다 [2].

시간이 지나 새 연구가 이어졌다. 2025년에 학자들은 침팬지가 소리 두 개를 짝지어 뜻을 바꾼다는 것을 밝혔다. 이런 두 소리 묶음을 살펴보니 16가지가 있었다. 어떤 묶음은 두 소리의 뜻을 그대로 더했다. 어떤 묶음은 아주 새로운 뜻으로 바뀌었다.

예를 들어 어떤 소리 뒤에 다른 소리가 붙으면 뜻이 달라졌다. 나무 위에 잠자리를 만들자는 신호가 되기도 했다. 위험을 알리는 소리와 도움을 부르는 소리를 이어 뱀을 조심하라고 전하기도 했다. 소리 하나일 때와 둘일 때가 서로 다른 뜻을 지녔다 [3].

이런 발견은 사람 말이 어떻게 생겨났는지 알려 주는 발자국이다. 침팬지는 이 소리 묶음으로 위험을 알리고 서로 행동을 맞춘다. 소리를 엮는 재주가 사람만의 것이 아니라는 뜻이다. 침팬지의 소리 규칙은 먼 옛날부터 이어져 온 소통의 흔적을 보여 준다 [4].

근거자료

[1] Girard-Buttoz, C., Wittig, R. M., et al. (2022). Chimpanzees produce diverse vocal sequences with ordered and recombinatorial properties. Communications Biology, 5, 410. https://doi.org/10.1038/s42003-022-03350-8

[2] Girard-Buttoz, C., et al. (2025). Versatile use of chimpanzee call combinations promotes meaning expansion. Science Advances, 11(19), eadq2879. https://doi.org/10.1126/sciadv.adq2879

[3] Leroux, M., et al. (2023). Call combinations and compositional processing in wild chimpanzees. Nature Communications, 14, 2225. https://doi.org/10.1038/s41467-023-37816-y

[4] Sun, W. (2025, May 9). Origins of language: Wild chimps mirror linguistic structures in human language. Phys.org. https://phys.org/news/2025-05-language-wild-chimps-mirror-linguistic.html

5.2 겔라다개코원숭이의 사람 닮은 말 박자

침팬지가 숲에서 소리 규칙을 보여 주었다면, 다른 원숭이는 사람과 더 닮은 소리를 낸다. 에티오피아의 높은 산에 사는 겔라다개코원숭이(Theropithecus gelada)다. 이들은 험한 바위 절벽에서 큰 무리를 이루고 산다. 서로 나누는 소리가 마치 사람이 도란도란 수다 떠는 것처럼 들린다 [1][2].

겔라다의 소리는 사람 귀에 정답게 들린다. 여러 사람이 낮은 목소리로 웅얼거리는 듯하다. 그 소리가 하루 종일 절벽을 감돈다. 학자들이 오래도록 이 소리에 마음을 빼앗긴 까닭이다.

미국 미시간 대학교의 토어 버그만 교수가 이 소리를 오래 살폈다. 겔라다는 사이좋게 지낼 때 입술을 빠르게 턴다. 이 소리를 입술 털기라고 부른다. 여기에 목을 떨어 내는 굵은 소리를 겹친다. 이 소리를 워블 소리라고 부른다.

버그만 교수는 이 소리의 박자를 재 보았다. 사람은 말할 때 입을 1초에 세 번에서 여덟 번쯤 여닫는다. 겔라다의 워블 소리는 1초에 여섯 번에서 아홉 번을 떤다. 두 박자가 서로 겹친다. 1초에 몇 번 되풀이되는지 세는 단위를 헤르츠(Hz)라고 한다.

이 발견은 2013년에 세상에 나왔다. 사람과 겔라다는 서로 먼 곳에 산다. 그런데도 소리를 내는 박자가 비슷했다. 마치 약속이라도 한 것 같다.

겔라다는 입술만 터는 데서 그치지 않는다. 두 소리를 겹쳐 더 많은 뜻을 담는다. 학자들은 겔라다의 소리를 챠크마개코원숭이의 소리와 견주었다. 함께 어울려 사는 무리가 클수록 소리의 종류도 많았다. 나눌 이웃이 많으면 나눌 말도 많은 셈이다.

요즘은 이런 소리 자료가 아주 많이 쌓였다. 그래서 학자들은 인공지능을 도구로 쓰기 시작했다. 인공지능은 수많은 소리를 빠르게 갈래지어 준다. 귀로만 짐작하던 박자를 숫자로 또렷하게 보여 준다. 밝혀내는 것은 학자이고, 인공지능은 그 일을 거드는 손이다 [3].

여기서 물음이 하나 생긴다. 사람과 겔라다는 조상이 다른데 왜 박자가 닮았을까. 생김새가 다른 동물이 같은 방향으로 나아가는 것을 수렴 진화라고 부른다. 서로 다른 두 반이 따로 만든 응원 구호가 비슷한 박자를 띠는 것과 같다. 비슷한 삶을 살다 보면 비슷한 재주에 이르는 것이다.

근거자료

[1] Bergman, T. J. (2013). Speech-like vocalized lip-smacking in geladas. Current Biology, 23(7), R268-R269. https://doi.org/10.1016/j.cub.2013.02.038

[2] Gustison, M. L., le Roux, A., & Bergman, T. J. (2012). Derived vocalizations of geladas (Theropithecus gelada) and the evolution of vocal complexity in primates. Philosophical Transactions of the Royal Society B, 367(1597), 1847-1859. https://doi.org/10.1098/rstb.2011.0218

[3] Nature. (2025, September 17). AI is helping to decode animals' speech. Nature News. https://doi.org/10.1038/d41586-025-02917-9

5.3 땅속 벌거숭이두더지쥐의 사투리

밝은 땅 위에서 원숭이가 소리를 나눈다면, 어두운 땅속에도 소리의 사회가 있다. 빛 한 점 없는 흙 굴속이다. 여기에는 벌거숭이두더지쥐(Heterocephalus glaber)가 산다. 이 동물은 개미나 벌처럼 무리를 이룬다. 여왕 한 마리가 새끼를 낳고, 나머지는 일을 나눠 맡는다. 여왕과 일꾼처럼 역할을 나누는 이런 사회를 진사회성이라고 부른다 [1].

독일 베를린의 막스 델브뤼크 센터 연구진이 이들의 소리를 모았다. 앨리슨 바커 박사가 앞장섰다. 벌거숭이두더지쥐는 서로 만나면 부드럽게 짹짹거린다. 연구진은 이런 소리를 3만 개 넘게 모아 하나하나 살폈다. 소리의 높낮이와 길이 같은 여러 특징을 자로 재듯 뽑아냈다 [2].

밝혀낸 사실은 이렇다. 무리마다 저마다 다른 소리 버릇이 있었다. 사람으로 치면 지방마다 다른 사투리와 같다. 이를 땅속 무리 사투리라고 부른다. 벌거숭이두더지쥐는 어두운 굴에서 눈으로 볼 수 없다. 오직 소리로 내 편과 남을 가른다.

굴속은 언제나 캄캄하다. 빛이 없으니 얼굴을 알아볼 길이 없다. 그래서 소리가 이름표 노릇을 한다. 같은 사투리를 쓰면 같은 무리다. 낯선 사투리가 들리면 남의 무리로 여긴다. 소리 하나가 무리를 지키는 문지기인 셈이다.

이 사투리는 타고나는 것이 아니었다. 갓 태어난 새끼는 어른의 소리를 계속 따라 한다. 그러면서 무리의 소리 버릇을 배운다. 다른 무리에서 새로 들어온 쥐도 마찬가지였다. 새 무리의 소리를 따라 하며 그 사투리를 익혔다. 사투리가 핏줄로 정해지지 않고 배움으로 정해진 것이다.

이 배움의 길은 사람 아기가 말을 배우는 길과 닮았다. 아기가 어른 말을 듣고 조금씩 따라 하듯, 새끼 쥐도 그렇게 소리를 배워 갔다 [3].

가장 눈여겨볼 대목은 여왕의 힘이다. 여왕이 살아 있으면 무리의 사투리가 하나로 잘 지켜진다. 그런데 여왕이 갑자기 죽으면 사투리가 흐트러진다. 소리의 규칙이 일제히 흔들렸다. 여왕이 무리의 소리를 하나로 묶는 기둥이었던 셈이다.

이 많은 소리를 갈래짓는 데는 인공지능이 도움이 되었다. 인공지능은 무리마다 다른 소리 버릇을 빠르게 가려냈다. 그러나 사투리를 배움으로 익히고 여왕이 그것을 지킨다는 사실을 밝힌 것은 오랜 관찰이었다. 인공지능은 그 관찰을 거드는 도구였다.

여왕이 무너지면 소리도 무너진다는 사실은 뜻이 깊다. 소리를 하나로 묶는 데는 중심이 있어야 했다. 우리 반이 함께 정한 규칙과도 비슷하다. 규칙을 지키게 하는 중심이 흔들리면 규칙도 흔들린다.

근거자료

[1] Barker, A. J., et al. (2021). Cultural transmission of vocal dialect in the naked mole-rat. Science, 371(6528), 503-507. https://doi.org/10.1126/science.abc6588

[2] Max Delbrück Center for Molecular Medicine. (2021, January 28). Naked mole-rats 'chirp' in colony-specific, culturally transmitted dialects. EurekAlert! https://www.eurekalert.org/news-releases/510214

[3] Vaidyanathan, G. (2021, February). The queen sets the tone: Deciphering the dialects of naked mole-rats. Mongabay News. https://news.mongabay.com/2021/02/the-queen-sets-the-tone-deciphering-the-dialects-of-naked-mole-rats/

5.4 미어캣의 경고음과 하이에나의 웃음소리

땅 위 여러 동물도 소리에 많은 뜻을 담는다. 미어캣(Suricata suricatta)이 좋은 예다. 미어캣은 적이 하늘에서 오는지 땅에서 오는지 소리로 알린다. 독수리가 오는지, 뱀이 오는지 소리를 달리한다. 위험이 얼마나 급한지까지 소리에 담는다 [1].

이 사실은 스위스의 마르타 만서 교수가 오래전에 밝혔다. 만서 교수는 남아프리카 칼라하리 사막에서 미어캣을 오래 지켜보았다. 경고음을 하나하나 듣고 갈래지었다. 급한 위험일수록 소리가 더 거칠고 시끄러워졌다. 위험의 종류를 알리는 소리와 급함을 알리는 소리가 따로 있었다. 미어캣은 소리 하나로 무리 전체를 함께 움직였다.

요즘은 이런 경고음을 인공지능이 갈래짓기도 한다. 인공지능은 사람이 듣기 어려운 작은 소리 결을 빠르게 가려낸다. 그러나 소리에 위험의 종류와 급함이 담겨 있다는 사실은 오랜 현장 관찰이 먼저 밝힌 것이다.

아프리카 초원의 밤을 다스리는 점박이하이에나(Crocuta crocuta)도 그렇다. 하이에나는 웃는 듯한 소리를 낸다. 이 낄낄 웃음소리에는 여러 정보가 담겨 있다. 프랑스의 니콜라 마트봉 연구진이 이 소리를 살폈다. 어수선한 소음처럼 들리지만 그렇지 않았다. 그 안에는 나이와 무리 안 서열이 담겨 있었다. 저마다 다른 개체를 알리는 표시도 들어 있었다. 사람의 목소리 지문과 같다 [2].

마트봉 연구진은 미국 버클리에 있는 하이에나 17마리의 소리를 녹음했다. 그리고 웃음소리의 두 가지 결을 뽑아냈다. 하나는 입과 목의 모양이 만드는 소리의 무늬다. 이를 포먼트라고 부른다. 다른 하나는 소리의 높낮이다. 이를 피치라고 부른다. 높은 자리의 하이에나와 낮은 자리의 하이에나는 이 두 결이 서로 달랐다. 소리만 들어도 누가 힘이 센지 알 수 있었던 것이다.

사람과 가까운 개(Canis lupus familiaris)도 마찬가지다. 미국 미시간 대학교 연구진이 개 소리를 살폈다. 짖음, 으르렁, 낑낑거림을 모았다. 그리고 사람 말을 분석하던 인공지능을 개 소리에 써 보았다. 이 인공지능의 이름은 웨이브투벡(Wav2Vec2)이다. 그 결과 소리가 장난스러운지 사나운지를 가려냈다. 개의 품종과 암수, 나이까지 어느 정

도 알아맞혔다. 맞힌 비율은 70%에 이르렀다. 사람의 말을 다루던 도구가 개 소리에도 통한 것이다 [3].

여기서 물음이 하나 생긴다. 앞에서 겔라다와 사람의 박자가 닮은 것은 수렴 진화라고 했다. 조상은 다른데 비슷한 삶을 살다 보니 닮은 것이다. 그런데 사람과 개가 소리를 내는 바탕은 다른 까닭으로 닮았다. 사람과 개는 다 같은 젖먹이동물이다. 먼 옛날 한 조상에서 갈라져 나왔다. 그래서 목과 성대로 소리를 내는 몸의 짜임이 처음부터 닮았다. 이렇게 조상이 같아 뿌리가 닮은 것을 상동이라고 부른다. 손과 앞발이 같은 뼈에서 갈라진 것과 같다. 닮음에는 이렇게 두 가지 길이 있다. 하나는 따로 살다 비슷해진 길이고, 하나는 한 뿌리에서 갈라진 길이다.

근거자료

[1] Manser, M. B. (2001). The acoustic structure of suricates' alarm calls varies with predator type and the level of response urgency. Proceedings of the Royal Society B, 268(1483), 2315-2324. https://doi.org/10.1098/rspb.2001.1773

[2] Mathevon, N., et al. (2010). What the hyena's laugh tells: Sex, age, dominance and individual signature in the giggling call of Crocuta crocuta. BMC Ecology, 10, 9. https://doi.org/10.1186/1472-6785-10-9

[3] Abzaliev, A., Pérez Espinosa, H., & Mihalcea, R. (2024). Towards dog bark decoding: Leveraging human speech processing for automated bark classification. Proceedings of LREC-COLING 2024. https://aclanthology.org/2024.lrec-main.1432/

5.5 하나의 인공지능이 여러 동물의 소리를 배우다

지금까지는 학자들이 동물마다 따로 소리를 살폈다. 침팬지는 침팬지대로, 겔라다는 겔라다대로 살폈다. 그런데 요즘은 한 인공지능이 여러 동물의 소리를 함께 배운다 [1].

지구종 프로젝트(Earth Species Project)가 그 앞에 서 있다. 이 단체는 인공지능으로 동물의 소리를 풀려 한다. 이들은 네이처LM오디오(NatureLM-audio)라는 모델을 만들었다. 이것은 동물 소리를 듣고 사람의 물음에 답하는 인공지능이다. 2024년 11월에 처음 선을 보였고, 2025년에 누구나 쓰도록 열어 두었다.

이 모델은 수천 종의 소리를 배웠다. 소리만 듣고 어떤 동물인지 알아맞힌다. 암컷인지 수컷인지, 다 자랐는지 새끼인지도 가려낸다. 녹음 속에 동물이 몇 마리 있는지 세기도 한다. 배우지 않은 재주까지 스스로 보이기도 했다.

이 단체는 2024년 10월에 큰 도움을 받았다. 여러 후원자에게서 연구비 1,700만 달러를 받았다. 우리 돈으로 230억 원이 넘는 큰돈이다. 이 돈으로 연구진을 크게 늘렸다. 단체는 2030년까지 동물의 소리를 크게 밝혀낼 수 있다고 본다 [2].

2026년 여름에는 여러 연구진이 함께 쓸 자료 창고도 열었다. 이 창고의 이름은 동물 언어 처리 데이터(alp-data)다. 흩어져 있던 동물 소리 자료를 한곳에 모은 것이다. 지금은 까마귀, 흰돌고래, 코끼리의 소리를 함께 살핀다. 자료가 모일수록 인공지능은 더 빨리 배운다 [5].

이 흐름을 밀어 주는 상도 생겼다. 콜러 돌리틀 상(Coller-Dolittle Prize)이다. 동물의 소리를 푸는 연구에 힘을 실어 준다. 2026년 수상자는 미국 버클리의 줄리 엘리 박사다. 엘리 박사는 금화조(zebra finch)라는 작은 새의 소리를 풀었다. 이 새가 쓰는 기본 소리 11가지를 찾아냈다. 배고픔, 두려움, 인사 같은 뜻이 담겨 있었다. 엘리 박사도 기계 학습이라는 인공지능의 도움을 받았다 [3].

인공지능은 동물 소리에서 사람 말과 같은 아낌의 규칙도 찾아냈다. 사람은 자주 쓰는 말을 짧게 줄여 쓴다. 자주 쓸수록 소리가 짧아지는 것이다. 2025년에 한 학자가 고래 16종의 소리를 살폈다. 그리고 이 소리를 사람의 여러 나라 말 51가지와 견주었다. 혹등고래와 흰긴수염고래의 노래에서도 이런 아낌이 보였다. 자주 부르는 소리일수록 짧았다. 소리를 아껴 쓰는 지혜는 사람만의 것이 아니었다. 다만 모든 고래가 그런 것은 아니어서, 학자들은 더 살펴보고 있다 [4].

침팬지의 소리 규칙, 겔라다의 말 박자, 벌거숭이두더지쥐의 사투리를 떠올려 보자. 이 이웃들의 소리는 우리에게 생각할 거리를 준다. 사람 말은 하늘에서 뚝 떨어진 기적이 아니다. 여러 생명이 함께 딛고 선 넓은 바탕 위에서 피어난 것이다.

인공지능은 소리 안의 규칙을 대신 찾아 준다. 사람 혼자서는 몇 해가 걸릴 일을 며칠 만에 해낸다. 덕분에 학자들은 더 많은 소리를 살필 수 있게 되었다. 그러나 인공지능이 동물의 말을 그대로 옮겨 주는 것은 아니다. 소리를 갈래짓고 규칙을 찾는 일을 거들 뿐이다.

동물의 소리를 알아듣는 일은 이들을 지키는 데도 도움이 된다. 어떤 소리가 두려움을 뜻하는지 알면, 동물이 힘들어하는 때를 알아챌 수 있다. 무엇이 이들을 괴롭히는지도 소리로 짐작할 수 있다. 소리를 읽는 힘이 곧 이웃을 돌보는 힘이 되는 것이다.

우리는 그동안 이 소리들을 수풀 속 잡음으로만 여겼다. 그들이 사는 땅을 함부로 파헤치기도 했다. 그러나 이들은 오래도록 소리로 무리의 역사를 이어 왔다. 이제 우리가 할 일은 인공의 소리를 먼저 들려주는 것이 아니다. 그들의 목소리를 겸손하게 듣는 데서 시작해야 한다.

인공지능은 그 듣기를 돕는 좋은 귀가 되어 준다. 사람이 놓치던 작은 결까지 대신 들어 준다. 그러나 무엇을 들을지, 왜 들을지는 사람이 정한다. 좋은 도구를 쥐고 겸손하게 듣는 마음이 함께 가야 한다. 그래야 대지의 이웃들과 오래 나란히 살 수 있다.

근거자료

[1] Robinson, D., Miron, M., Hagiwara, M., & Pietquin, O. (Earth Species Project). (2024). NatureLM-audio: An audio-language foundation model for bioacoustics. arXiv:2411.07186. https://arxiv.org/abs/2411.07186

[2] Earth Species Project. (2024, October 17). Earth Species Project secures $17M in grants to apply frontier AI to decoding animal communication. https://earthspecies.org/2024/10/17/earth-species-project-secures-17m-in-grants-to-apply-frontier-ai-to-decoding-animal-communication/

[3] Jeremy Coller Foundation. (2026, July 3). Scientists win US$100,000 in 2026 Coller Dolittle Prize. https://www.jeremycollerfoundation.org/news-and-insights/press-releases/scientists-win-us100-000-in-2026-coller-dolittle-prize

[4] Youngblood, M. (2025). Language-like efficiency in whale communication. Science Advances, 11(6), eads6014. https://doi.org/10.1126/sciadv.ads6014

[5] Earth Species Project. (2026, July 22). Introducing alp-data: A shared data layer for animal language processing. https://earthspecies.org/2026/07/22/introducing-alp-data-a-shared-data-layer-for-animal-language-processing/

제6장

하늘의 교향곡과 보이지 않는 춤

6.1 새와 인공지능이 주고받은 대화

사람의 대화는 미리 써 둔 원고가 아니다. 우리는 상대의 말과 말투를 듣는다. 잠깐 쉬는 순간까지 살핀다. 그 흐름에 맞춰 대답을 얹는다. 새들의 노래에도 이런 주고받음이 담겨 있다.

그동안 과학자들은 새소리를 연구할 때 녹음을 들려주었다. 이 방법을 소리 다시 들려주기, 곧 플레이백(playback)이라 한다. 기존 플레이백은 미리 정한 짧은 소리나 고정된 녹음을 트는 방식이었다. 새들이 길게 주고받는 대화의 흐름은 담기 어려웠다. 그래서 사람들은 오랫동안 새 노래를 태어날 때부터 정해진 소리로 여겼다 [1].

이 벽을 넘으려고 두 연구팀이 손을 잡았다. 동물의 소통을 인공지능으로 풀려는 지구종 프로젝트(Earth Species Project)와 캐나다 맥길 대학교(McGill University)다. 로건 제임스(Logan James) 박사와 사라 울리(Sarah Woolley) 교수가 이끌었다. 이들은 참새만 한 작은 새인 암컷 금화조(zebra finch)의 소리를 모았다. 서로 주고받은 소리가 1,000시간이 넘었다 [2].

연구팀은 이 소리로 인공지능 모델 ZF-AIM을 만들었다. 이 모델은 새가 한 소절을 부르면 다음 소절을 바로 만들어 답한다. 스마트폰이 글자를 치면 다음 낱말을 미리 보여 주는 것과 닮았다. 상대의 소리를 듣고 곧바로 답을 잇는 이런 방식을 대화 주고받기라 한다.

연구팀은 실험을 조심스럽게 꾸몄다. 암컷 금화조를 소리가 새지 않는 방음 상자에 따로 두었다. 상자 안 새에게 마이크와 스피커로 소리를 주고받게 했다. 새가 소리를 내면 ZF-AIM이 그 소리에 맞춰 다음 소리를 만들어 들려주었다. 새와 인공지능이 실시간으로 소리를 주고받은 것이다.

연구팀은 세 가지 상황을 견주었다. 살아 있는 새와 나눌 때, 그냥 녹음을 틀 때, 실시간 인공지능과 나눌 때다. 살아 있는 새나 인공지능과 주고받을 때만 자연스러운 특징이 나타났다. 그냥 녹음을 틀 때는 그런 특징이 보이지 않았다.

결과는 오랜 생각을 뒤집었다. 교과서는 암컷 금화조의 부름소리가 유전으로 정해져 바뀌지 않는다고 적었다. 하지만 인공지능과 소리를 주고받은 새들은 달랐다. 상대가 내는 소리에 맞춰 자기 소리를 바꾸었다. 새의 대화가 정해진 소리의 반복이 아님을 보여주었다.

연구팀은 왜 금화조를 골랐을까. 금화조는 혼자 지내지 않는다. 여러 마리가 무리를 이뤄 쉴 새 없이 소리를 주고받는다. 서로 부르고 답하며 자리를 옮긴다. 이런 활발한 대화가 연구에 알맞았다. 인공지능은 그 빠른 주고받음을 그대로 따라 했다.

연구팀은 새들의 대화에서 세 가지 특징을 찾았다. 첫째, 두 새의 소리가 서로 닮아 갔다. 둘째, 소리를 빠르게 바꾸었다. 셋째, 아무 소리에나 답하지 않았다. 자기가 답할 소리를 골라서 답했다. 여럿이 떠드는 교실에서 내 이름에만 돌아보는 것과 닮았다.

연구팀은 모델의 한 부분씩 멈춰 보았다. 박자를 맞추는 부분을 멈추자 대화가 어긋났다. 소리의 모양을 만드는 부분을 멈추자 다른 곳이 어긋났다. 두 부분이 서로 다른 몫을 맡고 있었다.

연구팀은 이 방식이 사람의 대화를 이해하는 데도 도움이 된다고 보았다. 사람도 대화할 때 다음 말을 짐작한다. 새와 인공지능의 주고받음에서도 그런 짐작이 보였다. 소리를 주고받는 규칙은 여러 동물에게 통할지 모른다.

연구팀은 ZF-AIM 두 벌을 마주 놓고 대화시켰다. 사람 손을 떼고 인공지능끼리 소리를 주고받게 했다. 그 대화는 진짜 새들끼리 나눈 대화의 특징을 되살렸다. 모델이 규칙을 제대로 배웠다는 뜻이다.

이 연구는 더 큰 목표로 이어진다. 인공지능이 만든 소리로 동물에게 말을 거는 일이다. 지금은 새가 인공지능의 소리에 답하는 단계까지 왔다. 다음은 사람이 뜻을 담은 소리를 보내는 단계다. 그날이 오면 사람과 새가 진짜 대화를 나눌지 모른다 [3].

근거자료

[1] Earth Species Project. (2023, December 3). Using AI to understand animal communication. Earth Species Project. https://www.earthspecies.org/blog/using-ai-to-understand-animal-communication

[2] James, L. S., Hoffman, B., Woolley, S. C., et al. (2026). Leveraging AI-powered interactive playbacks to decipher rules of communication in zebra finches. bioRxiv. https://doi.org/10.64898/2026.02.12.705387

[3] Earth Species Project. (2026, April 2). Animal Language Processing: An AI convergence in animal communication. Earth Species Project. https://earthspecies.org/2026/04/02/animal-language-processing-an-ai-convergence-in-animal-communication/

6.2 노래 속에 숨은 규칙 찾기

금화조가 인공지능과 소리를 주고받는 동안, 새의 뇌 속에서도 배움이 일어난다. 새는 사람처럼 어릴 때 어른의 소리를 따라 부른다. 이 시기를 민감기(sensitive period), 곧 소리를 배우기 좋은 때라 한다. 이 배움은 유전만으로 정해지지 않는다. 함께 사는 무리의 분위기도 큰 영향을 준다 [1].

어린 금화조는 어른 새의 노래를 듣고 자란다. 처음에는 서툴게 따라 부른다. 조금씩 어른의 노래에 가까워진다. 사람 아기가 말을 배우는 모습과 닮았다. 무리 안에서 자주 들을수록 잘 배운다.

새의 머릿속에는 노래의 순서를 이끄는 자리가 있다. 이곳을 HVC라 하는데, 노래 지휘본부라 부를 수 있다. 이 자리가 어떤 소리를 언제 낼지 순서를 잡는다. 지휘자가 박자를 이끄는 모습과 닮았다.

미국 UC 샌디에이고(UC San Diego)의 티모시 겐트너(Timothy Gentner) 교수팀은 유럽찌르레기(European starling)를 살폈다. 이 새는 수백 가지 소리 조각을 길게 이어 노래한다. 사람이 귀로만 들어서는 그 규칙을 찾기 어렵다. 연구팀은 이름표 없는 노래를 인공지능에 넣었다 [2].

인공지능은 비슷한 소리 조각끼리 한곳에 모았다. 노래를 지도처럼 펼쳐 놓은 것이다. 그 지도 위에서 소리들이 무리를 이루었다. 사람이 못 보던 짜임이 눈에 들어왔다. 이 방법으로 여러 동물의 소리를 함께 견줄 수 있었다.

연구팀은 이 방법을 여러 종의 동물 소리에 함께 썼다. 새와 쥐, 원숭이, 사람, 고래의 소리를 한 지도에 올렸다. 종이 달라도 같은 방식으로 견줄 수 있었다. 소리마다 누가 냈는지 가려지는 특징도 드러났다.

사람은 새 노래를 오래 들어도 규칙을 다 못 찾는다. 소리가 빠르고 조각이 많기 때문이다. 인공지능은 수천 시간의 노래를 지치지 않고 살핀다. 사람이 놓친 순서를 하나씩 짚어 낸다.

카나리아(canary)의 노래에서도 숨은 규칙이 나왔다. 미국 보스턴 대학교(Boston University) 연구팀이 카나리아의 긴 노래를 분석했다. 예전에는 바로 앞 소리만 보고 다음 소리를 점치는 방식을 썼다. 이런 간단한 방식을 마르코프 모델이라 한다. 하지만 카나리아 노래는 그렇게 간단하지 않았다 [3].

연구팀은 노래의 앞부분이 한참 뒤의 소리를 정한다는 사실을 찾았다. 첫머리에 부른 소리가 멀리 뒤의 소리까지 이끌었다. 이런 성질을 장기 의존성이라 한다. 긴 문장의 첫 낱말과 끝 낱말이 짝을 이루는 것과 닮았다. 마음대로 부르는 듯 보여도 짜임이 숨어 있었다.

이런 연구가 쌓이면서 큰 그림이 그려졌다. 지구종 프로젝트는 여러 동물의 소리를 함께 배우는 인공지능을 만들었다. 이 모델의 이름은 네이처엘엠오디오(NatureLM-audio)다. 사람의 말, 음악, 자연의 소리를 함께 익힌 모델이다. 이 모델은 소리만 듣고 어떤 동물인지 가려낸다. 배운 적 없는 동물의 소리도 짐작해 낸다. 사람이 글로 물음을 적으면 소리를 듣고 답한다. 이 소리를 낸 동물이 무엇이냐고 적으면 종을 골라 준다. 녹음 속에 몇 마리가 우는지도 헤아린다 [4].

2026년 지구종 프로젝트는 이 흐름에 이름을 붙였다. 동물의 소리를 자료로 다루는 연구, 곧 동물 언어 처리(Animal Language Processing)다. 이 이름은 2024년에 처음 쓰였다. 사람 말을 다루는 자연어 처리에서 따온 이름이다. 새의 노래 규칙을 푸는 일도 이 안에서 자란다 [5].

근거자료

[1] Earth Species Project. (2023, December 3). Using AI to understand animal communication. Earth Species Project. https://www.earthspecies.org/blog/using-ai-to-understand-animal-communication

[2] Sainburg, T., Thielk, M., & Gentner, T. Q. (2020). Finding, visualizing, and quantifying latent structure across diverse animal vocal repertoires. PLOS Computational Biology, 16(10), e1008228. https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1008228

[3] Markowitz, J. E., Ivie, E., Kligler, L., & Gardner, T. J. (2013). Long-range order in canary song. PLOS Computational Biology, 9(5), e1003052. https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1003052

[4] Earth Species Project. (2024, November 11). Introducing NatureLM-audio: An audio-language foundation model for bioacoustics. Earth Species Project. https://www.earthspecies.org/blog/introducing-naturelm-audio-an-audio-language-foundation-model-for-bioacoustics

[5] Earth Species Project. (2026, April 2). Animal Language Processing: An AI convergence in animal communication. Earth Species Project. https://earthspecies.org/2026/04/02/animal-language-processing-an-ai-convergence-in-animal-communication/

6.3 캄캄한 벌집 속 8자 춤

하늘의 질서는 큰 새에게만 있지 않다. 작은 꿀벌의 날갯짓에도 담겨 있다. 사람이 처음으로 밝혀낸 동물의 정교한 소통이 꿀벌의 춤이다. 오스트리아 학자 카를 폰 프리시(Karl von Frisch)가 밝혀내 노벨상을 받았다 [3].

꿀벌은 꿀이 있는 곳을 찾으면 벌집으로 돌아온다. 그리고 몸을 흔들며 숫자 8 모양을 그린다. 이 춤을 8자 춤(waggle dance)이라 한다. 벌집 안은 빛 한 점 없이 캄캄하다. 꿀벌은 벌집 벽에서 위쪽을 기준으로 삼는다. 위쪽은 중력의 반대 방향이다.

꿀벌은 8자 춤의 가운데를 곧게 지나간다. 이때 몸이 곧게 나아가는 각도로 방향을 알린다. 위쪽을 기준으로 얼마나 기울었는지가 꿀의 방향이다. 몸을 흔드는 시간으로는 거리를 알린다. 오래 흔들수록 먼 곳이다. 수 킬로미터 밖까지 이 춤 하나로 전한다.

꿀이 아주 가까이 있으면 8자 대신 둥근 춤을 춘다. 이때는 방향을 자세히 알리지 않는다. 가까우니 굳이 알릴 것이 적기 때문이다. 거리가 멀어질수록 8자 춤으로 바꾼다.

꿀벌의 신호는 몸짓만이 아니다. 가슴의 잔떨림과 날개의 소리가 함께 움직인다. 벌집 벽을 타는 떨림도 있다. 여러 신호를 함께 쓰는 이런 방식을 다중 양식이라 한다. 몸짓,

소리, 떨림을 한꺼번에 쓰는 방식이다. 벌집이 캄캄해도 동료는 이 신호를 몸으로 느낀다.

이 신호들은 사람의 여러 감각과 닮았다. 우리는 친구와 말할 때 목소리만 쓰지 않는다. 눈빛과 손짓을 함께 쓴다. 꿀벌도 몸짓과 떨림과 소리를 함께 쓴다.

폰 프리시는 이 춤을 오래 지켜보며 규칙을 풀었다. 벌 한 마리 한 마리에 색으로 표시를 했다. 어느 벌이 어디로 다녀왔는지 하나씩 맞춰 보았다. 사람이 손으로 오래 걸려 풀던 일이다. 인공지능은 그 일을 훨씬 빠르게 해냈다 [1].

독일 베를린 자유대학교(Free University of Berlin)의 팀 란트그라프(Tim Landgraf) 교수팀이 이 춤을 자동으로 읽는 방법을 만들었다. 연구팀은 벌집에 카메라를 달았다. 벌을 다치게 하지 않는 방법이었다. 인공지능이 영상 속 꿀벌의 춤을 스스로 찾아냈다.

이 인공지능은 사람 눈이 놓친 움직임을 빠르게 읽었다. 꿀벌이 곧게 나아가는 방향을 읽었다. 몸을 흔드는 시간도 쟀다. 이 둘을 합쳐 꿀이 있는 자리를 짐작했다. 사람이 손으로 하던 일을 기계가 대신했다.

연구팀은 여기서 멈추지 않았다. 읽어 낸 춤을 로봇 벌에 넣었다. 이 로봇은 벌집 안에서 8자 춤을 흉내 내는 기계다. 하늘을 나는 하버드 대학교의 작은 로봇 벌과는 다르다. 로봇이 벌집 한가운데서 춤을 추자 진짜 일벌들이 그 춤을 따랐다 [2].

일벌들은 로봇이 알려 준 쪽으로 날아갈 방향을 바꾸었다. 연구팀은 로봇의 움직임과 떨림을 여러 해 다듬었다. 꽃향기도 함께 풍겼다. 그렇게 벌이 로봇의 춤을 더 잘 따르게 만들었다.

이 실험은 두 가지를 보여 준다. 하나는 사람이 벌의 춤을 제대로 읽어 냈다는 사실이다. 로봇이 틀린 신호를 보냈다면 벌은 따르지 않았을 것이다. 다른 하나는 벌이 서로의 춤을 믿고 움직인다는 사실이다. 작은 곤충의 몸짓 하나에 방향과 거리가 담겨 있었다.

근거자료

[1] Wario, F., Wild, B., Rojas, R., & Landgraf, T. (2017). Automatic detection and decoding of honey bee waggle dances. PLOS ONE, 12(12), e0188626. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0188626

[2] Landgraf, T., et al. (2018). Dancing honeybee robot elicits dance-following and recruits foragers. arXiv:1803.07126. https://arxiv.org/abs/1803.07126

[3] Frisch, K. von. (1967). The dance language and orientation of bees. Harvard University Press.

6.4 까마귀가 허공에 그리는 입체 대화

하늘을 나는 지능 가운데 까마귀는 남다르다. 까마귀는 영리하기로 이름났다. 새의 뇌는 사람 뇌보다 작다. 하지만 신경세포가 빽빽이 모여 있다. 그래서 사람들은 까마귀를 깃털 달린 유인원이라 부른다 [1].

스페인 레온 대학교(University of León)와 지구종 프로젝트(Earth Species Project) 연구팀이 까마귀를 살폈다. 대상은 스페인 북부에 사는 송장까마귀(carrion crow)다. 연구팀은 새의 꼬리깃에 아주 작은 센서를 붙였다. 무게는 12.5g으로 가벼웠다. 얼마 지나면 저절로 떨어지게 만들었다. 새를 다치게 하지 않는 장치였다.

이 센서에는 작은 마이크와 움직임 감지기가 들어 있었다. 마이크는 새의 소리를 담았다. 감지기는 날개와 몸의 흔들림을 담았다. 언제 어떤 소리를 내며 어떻게 움직였는지 함께 쌓였다. 사람이 손목시계로 걸음 수를 재는 장치와 닮았다.

연구팀은 이 센서를 세 해에 걸쳐 달았다. 새끼가 열흘에서 보름쯤 자랐을 때 소리를 모았다. 인공지능은 모은 소리를 세 갈래로 나누었다. 센서를 단 어른 새의 소리, 곁의 다른 어른 새의 소리, 새끼의 소리다. 누가 언제 우는지 가려낸 것이다.

모은 소리는 인공지능이 가려냈다. 지구종 프로젝트는 보크사복슨(Voxaboxen)이라는 도구를 만들었다. 긴 녹음에서 울음소리 하나하나를 찾아내는 도구다. 이 도구가 까마귀 소리를 12만 개가 넘게 찾아냈다. 25년 넘게 까마귀를 살핀 학자도 처음 듣는 소리가 있었다. 사람 귀에는 너무 작아 놓치던 소리였다. 이 도구는 소리가 겹쳐 들려도 하나씩 갈라냈다. 여러 새가 함께 우는 녹음에서도 제 몫을 했다 [4].

연구팀은 소리와 움직임 자료를 따로 살폈다. 두 자료를 한자리에 놓고 함께 보는 일은 앞으로 할 일로 남겼다. 지금은 그렇게 함께 볼 수 있는 자료를 만든 단계다. 이 자료로 까마귀의 대화를 더 깊이 들여다볼 길이 열렸다.

인공지능이 까마귀의 뜻을 다 밝힌 것은 아니다. 인공지능은 작은 소리들을 갈래별로 나누는 일을 도왔다. 까마귀의 마음을 밝힌 것은 오래전 동물 학자들이었다 [2].

미국 워싱턴 대학교(University of Washington)의 존 마즐러프(John Marzluff) 교수팀이 까마귀의 얼굴 기억을 밝혔다. 연구팀은 고무 가면을 쓰고 까마귀를 잡았다. 그 뒤 같은 가면을 쓴 사람에게 까마귀들이 소리치며 덤볐다. 위험한 사람의 얼굴을 기억한 것이다. 이 기억을 다른 까마귀에게도 알렸다.

같은 대학교의 케일리 스위프트(Kaeli Swift)와 마즐러프 교수는 다른 행동을 살폈다. 까마귀는 죽은 동료 곁에 모여 소리친다. 사람들은 이를 장례식이라 불렀다. 하지만 슬픔만은 아니었다. 무엇이 동료를 죽게 했는지 배우는 자리였다. 그 위험을 무리에 알리고 오래 기억했다 [3].

예전에는 까마귀 소리를 시끄러운 울음으로만 여겼다. 인공지능으로 갈래를 나눠 보니 그렇지 않았다. 소리마다 다른 뜻이 담긴 듯했다. 누구를 조심하라는 소리, 어디로 가자는 소리가 섞여 있는 듯했다. 새의 울음이 사람의 말에 가까워 보였다.

다른 새 연구에서는 한 걸음을 더 내디뎠다. 2026년 지구종 프로젝트는 소리만 듣고 개별 동물을 알아보는 인공지능을 선보였다. 이 연구의 대상은 까마귀가 아니라 금화조였다. 무리 속 한 마리 한 마리의 목소리를 구별하는 길이 열렸다. 이제 사람은 개별 새가 언제 무슨 말을 했는지 되짚을 수 있다. 누가 자주 우는지, 누가 조용한지 살필 수 있다. 이런 도구는 까마귀 연구에도 쓸 수 있다 [5].

연구는 자료를 함께 나눌수록 빨라진다. 2026년 7월 지구종 프로젝트는 새 도구를 내놓았다. 이름은 알프데이터(alp-data)다. 여기저기 흩어진 동물 소리 자료를 하나로 묶는 도구다. 35개가 넘는 소리 모음을 같은 방식으로 불러온다. 예전에는 연구팀마다 자료를 따로 손질했다. 이제는 한 도구로 함께 쓴다. 까마귀 소리 연구도 이런 공동 자료

위에서 빨라진다. 인공지능이 걷어 낸 하늘 뒤에서, 새들은 사람이 몰랐던 대화를 날마다 나누고 있었다 [6].

근거자료

[1] Baglione, V., Canestrari, D., Cusimano, M., Hoffman, B., Moreno, V., & Trapote, E. (2025). Capturing vocal communication in a free-living corvid: high-resolution data from low-impact miniaturized tags. Animal Cognition, 28, 85. https://doi.org/10.1007/s10071-025-02018-0

[2] Marzluff, J. M., Walls, J., Cornell, H. N., Withey, J. C., & Craig, D. P. (2010). Lasting recognition of threatening people by wild American crows. Animal Behaviour, 79(3), 699-707. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0003347209005806

[3] Swift, K. N., & Marzluff, J. M. (2015). Wild American crows gather around their dead to learn about danger. Animal Behaviour, 109, 187-197. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0003347215003188

[4] Mahon, L., et al. (2025). Robust detection of overlapping bioacoustic sound events. arXiv:2503.02389. https://arxiv.org/abs/2503.02389

[5] Earth Species Project. (2026, May 5). From what to who? AI learns to recognize individual animals. Earth Species Project. https://earthspecies.org/2026/05/05/from-what-to-who-ai-learns-to-recognize-individual-animals/

[6] Earth Species Project. (2026, July 22). Introducing alp-data: A shared data layer for Animal Language Processing. Earth Species Project. https://earthspecies.org/2026/07/22/introducing-alp-data-a-shared-data-layer-for-animal-language-processing/

제7장

동물의 뇌에서 딥러닝 캔버스로

7.1 소리를 스스로 배우는 인공지능

옛날 과학자들은 동물 소리를 귀로 듣고 손으로 재었다. 소리의 높낮이와 길이를 하나하나 적었다. 이 방법은 조용한 방에서는 쓸 만했다. 그러나 바닷가나 숲에서는 잘 되지 않았다. 바람 소리와 파도 소리가 섞이기 때문이다. 아직 아무도 뜻을 모르는 동물 소리도 많았다. 사람 손으로만 하기에는 일이 너무 컸다 [1].

요즘은 깊은 학습이라는 인공지능이 이 일을 맡는다. 깊은 학습에는 여러 방식이 있다. 사람이 정답을 알려 주는 방식도 있다. 정답 없이 스스로 규칙을 찾는 방식도 있다. 동물 소리를 다루는 인공지능은 정답 없이 배우는 방식을 많이 쓴다. 수많은 동물 소리를 듣고 그 안에 숨은 규칙을 스스로 찾는다.

이렇게 넓게 배운 뒤 여러 가지 일에 두루 쓰는 인공지능이 있다. 이런 인공지능을 동물 소리 밑바탕 모델이라고 부른다. 영어로는 생체음향 파운데이션 모델(Bioacoustic Foundation Model)이다. 파운데이션은 밑바탕이라는 뜻이다. 밑바탕을 튼튼히 만들어 두면 새 문제에도 바로 쓸 수 있다 [2, 4].

밑바탕 모델은 한 번 배운 바탕을 여러 일에 나눠 쓴다. 소리를 나누는 일에도 쓴다. 잡음을 지우는 일에도 쓴다. 새 문제가 생겨도 처음부터 다시 배우지 않는다. 배운 바탕에 조금만 더 얹으면 된다. 이렇게 바탕 위에서 하는 작은 일들을 응용 작업이라고 한다. 영어로는 다운스트림 작업(downstream task)이라고 한다 [2, 4].

이 분야를 이끈 초기 인공지능 가운데 하나가 에이브스(AVES)다. 에이브스는 사람이 붙인 정답표 없이 배웠다. 여러 곳에서 모은 소리 약 5,000시간을 들었다. 하루 24시간을 꼬박 들어도 200일이 넘는 양이다.

에이브스가 배우는 방법은 빈칸 맞히기와 비슷하다. 에이브스는 소리의 원래 물결 모양을 그대로 받는다. 이 물결을 잘게 자른다. 그리고 몇 군데를 일부러 지운다. 지운 자리를 앞뒤 소리를 보고 다시 맞힌다. 이 놀이를 수없이 되풀이한다. 그림으로 바꾸지 않고 소리 그 자체로 배운다.

에이브스가 익히는 것은 소리의 결이다. 소리가 얼마나 규칙적으로 되풀이되는지 본다. 소리가 높아지고 낮아지는 흐름을 본다. 소리가 그리는 모양을 본다. 이 결을 알면 어떤 동물의 소리든 다룰 수 있다. 종이 달라도 소리의 결은 통하기 때문이다.

에이브스가 나오기 전에는 정답표가 발목을 잡았다. 소리마다 사람이 이름을 달아야 배웠다. 이름표 없는 소리는 배우지 못했다. 에이브스는 이름표 없이 배우는 길을 열었다. 그래서 세상의 온갖 소리를 재료로 삼을 수 있었다.

이 과정을 거치면 인공지능은 소리의 특징을 숫자로 바꾼다. 이 숫자 묶음을 임베딩(embedding)이라고 한다. 소리를 컴퓨터가 알아보는 숫자 좌표로 바꾼 것이다. 임베딩 덕분에 어떤 동물의 소리든 같은 방식으로 다룰 수 있다.

이 좌표는 교실의 자리표와 비슷하다. 자리표를 보면 누가 어디 앉았는지 안다. 임베딩을 보면 어떤 소리가 어디에 놓였는지 안다. 비슷한 소리는 가까운 자리에 모인다. 멀리 떨어진 소리는 서로 다른 소리다.

이 방식에는 큰 장점이 있다. 사람이 정답을 하나하나 붙이지 않아도 된다. 정답 붙이기는 시간이 오래 걸리는 일이다. 소리 하나에 이름을 달려면 전문가가 직접 들어야 한다. 인공지능은 정답 없이도 소리의 규칙을 찾는다. 그래서 아직 아무도 뜻을 모르는 소리도 다룰 수 있다. 이 점이 옛 방법과 크게 다르다.

근거자료

[1] Hagiwara, M. (2023). AVES: Animal vocalization encoder based on self-supervision. ICASSP 2023 - IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing. arXiv:2210.14493. https://arxiv.org/abs/2210.14493

[2] Robinson, D., Robinson, A., & Akrapongpisak, L. (2023). Transferable models for bioacoustics with human language supervision (BioLingual). arXiv:2308.04978. https://arxiv.org/abs/2308.04978

[4] Robinson, D., Miron, M., Hagiwara, M., & Pietquin, O. (2025). NatureLM-audio: An audio-language foundation model for bioacoustics. ICLR 2025. arXiv:2411.07186. https://arxiv.org/abs/2411.07186

7.2 여러 동물의 소리를 한꺼번에

밑바탕 모델을 기르려면 소리 자료가 많이 있어야 한다. 그런데 자료마다 형식이 달라 손이 많이 갔다. 2026년 7월, 지구종 프로젝트가 도우미를 내놓았다. 이름은 알프데이터(alp-data)다. 흩어진 동물 소리 자료 35곳 넘게를 하나로 묶어 준다. 소리의 빠르기와 이름표를 한 형식으로 맞춰 준다. 연구자는 자료를 다듬는 수고를 덜고 배우는 일에만 힘쓴다 [10].

지구종 프로젝트는 자료를 눈으로 보는 도구도 함께 냈다. 여러 종의 소리 자료를 한눈에 살펴보는 도구다. 이렇게 자료를 한데 모으고 고르는 일부터가 인공지능을 기르는 첫걸음이다. 좋은 자료가 많을수록 인공지능은 똑똑해진다.

자료가 갖춰지자 더 큰 인공지능이 나왔다. 데이비드 로빈슨 연구팀이 만든 바이오링구얼(BioLingual)이다. 이 인공지능은 육지 동물과 바다 동물 수백 종의 소리를 배웠다. 배운 자료는 소리와 설명글을 짝지은 묶음이다. 그 짝이 100만 쌍이 넘는다 [2].

바이오링구얼은 소리와 글자를 이어 준다. 백과사전에 적힌 동물 설명 글과 실제 녹음한 소리를 짝짓는다. 이때 쓰는 방법을 대조 학습(contrastive learning)이라고 한다. 뜻이 같은 소리와 글을 컴퓨터 안의 지도 위에서 가까이 모으는 방법이다. 뜻이 다른 소리와 글은 서로 멀리 밀어낸다.

이 소리와 글을 잇는 생각은 클랩(CLAP)이라는 인공지능에서 왔다. 카네기멜론 대학교와 마이크로소프트 연구진이 함께 만들었다. 클랩은 사람이 내는 온갖 소리와 그 소리를 적은 글을 짝지었다. 바이오링구얼은 이 생각을 동물 소리에 옮겨 왔다 [3].

이 덕분에 사람은 말로 소리를 찾을 수 있다. "봄에 짝을 부르는 울새의 높은 지저귐"이라고 글로 쓴다. 그러면 인공지능이 수많은 녹음에서 그 소리를 찾아 준다. 미리 따로 가르치지 않아도 된다. 이렇게 배운 적 없는 일을 바로 해내는 것을 제로샷(zero-shot)이라고 한다. 따로 배운 적 없어도 단번에 맞히는 재주다.

바이오링구얼은 한 몸으로 여러 일을 한다. 소리를 낸 동물이 어떤 종인지 가린다. 긴 녹음에서 동물 소리가 있는 곳을 찾아낸다. 글로 물어보면 그에 맞는 소리를 찾아 준다. 새 자료를 조금 더 배우면 실력이 더 는다. 사람이라면 여러 명이 나눠 할 일을 인공지능 하나가 맡는다.

바이오링구얼이 배운 소리는 여러 자료 창고에서 왔다. 새 소리를 모은 제노칸토(Xeno-canto)가 있다. 사람들이 자연을 찍어 올린 아이내추럴리스트(iNaturalist)도 있다. 오랜 세월 연구자들이 하나씩 녹음해 쌓은 것이다. 인공지능은 이 창고를 밑거름 삼아 배웠다.

이런 인공지능은 연구자에게 큰 도움이 된다. 예전에는 소리 하나를 찾으려고 녹음을 며칠씩 들었다. 이제는 짧은 글 한 줄로 찾는다. 소리 연구의 속도가 크게 빨라졌다 [2, 3].

근거자료

[2] Robinson, D., Robinson, A., & Akrapongpisak, L. (2023). Transferable models for bioacoustics with human language supervision (BioLingual). arXiv:2308.04978. https://arxiv.org/abs/2308.04978

[3] Elizalde, B., Deshmukh, S., Al Ismail, M., & Wang, H. (2023). CLAP: Learning audio concepts from natural language supervision. ICASSP 2023. arXiv:2206.04769. https://arxiv.org/abs/2206.04769

[10] Earth Species Project. (2026, 7월 22일). Introducing alp-data: A shared data layer for animal language processing. earthspecies.org. https://earthspecies.org/2026/07/22/introducing-alp-data-a-shared-data-layer-for-animal-language-processing/

7.3 소리를 듣고 말로 풀어 주는 인공지능

지구종 프로젝트(Earth Species Project)는 동물의 말을 인공지능으로 풀려는 연구 모임이다. 이 모임이 만든 인공지능이 네이처엘엠오디오(NatureLM-audio)다. 이 인공지능은 새와 땅 위 짐승과 바다 짐승의 소리를 두루 다룬다 [4].

네이처엘엠오디오는 소리를 듣고 말로 답한다. 사람이 동물 소리를 들려주면 그 동물이 무엇을 하는지 글로 설명한다. 어떤 종인지 알아맞힌다. 녹음 안에 동물이 몇 마리 있는지도 센다. 소리를 낸 동물이 어린지 다 자랐는지도 가른다. 이런 일은 따로 가르치지 않았는데도 스스로 해냈다.

이 인공지능은 소리를 듣고 글을 쓰는 인공지능이다. 소리를 새로 만들어 내는 인공지능이 아니다. 사람 말을 알아듣고 글로 답하는 힘이 그동안 있었다. 이제 그 힘이 동물 소리로 옮겨 왔다. 동물을 위해 만든 첫 큰 소리 언어 모델이다.

이 인공지능의 실력은 시험으로 잰다. 이 시험의 이름은 빈스제로(BEANS-Zero)다. 배우지 않은 문제만 골라 낸 시험이다. 여기서 이 인공지능은 종을 가리는 일을 해냈다. 울음의 종류를 나누는 일도 해냈다. 소리를 듣고 무슨 일이 벌어지는지 글로 풀어 주는 일도 해냈다.

넓게 배운 인공지능일수록 낯선 일에 강했다. 동물 소리만 배운 인공지능보다 성적이 좋았다. 사람 말과 온갖 환경 소리까지 두루 들은 덕이다. 좁게 배운 작은 인공지능은 새 일 앞에서 헤맸다. 밑바탕이 넓어야 새 문제도 풀 수 있다.

지구종 프로젝트는 이 인공지능을 여러 동물 연구에 쓴다. 까마귀의 소리를 연구하는 데 쓴다. 흰돌고래의 소리도 함께 살핀다. 코끼리의 소리도 다룬다. 한 인공지능으로 여러 동물을 함께 연구한다. 이렇게 여러 종의 소리를 한 방법으로 다루는 생각을 동물 언어 처리(animal language processing)라고 한다 [11].

이 인공지능을 쓰는 법은 어렵지 않다. 녹음한 소리를 들려주고 물음을 던진다. 이 소리를 낸 동물은 무엇이냐고 묻는다. 그러면 글로 답이 온다. 소리를 아는 도구에게 말로 물어보는 셈이다 [4, 12].

인공지능이 소리를 듣고 글로 답할 때는 조심할 점이 있다. 인공지능은 없는 사실을 그럴듯하게 지어낼 때가 있다. 엉뚱한 종 이름을 대기도 한다. 하지 않은 행동을 했다고 적기도 한다. 이렇게 사실이 아닌 답을 만드는 일을 환각(hallucination)이라고 한다.

이런 잘못을 줄이는 방법이 하나 있다. 인공지능이 답하기 전에 실제 기록을 먼저 찾아보게 하는 것이다. 진짜 동물 기록으로 확인한 내용만 글로 쓰게 한다. 이 방법을 검색 증강(retrieval-augmented) 방식이라고 한다. 도서관에서 책을 찾아 확인한 뒤 말하는 것과 같다.

지구종 프로젝트는 동물의 말을 풀어 자연을 지키려 한다. 소리를 알면 동물이 겪는 어려움을 먼저 안다. 무리가 줄어드는 신호를 소리에서 읽을 수 있다. 인공지능은 그 신호를 사람보다 빨리 찾아낸다 [4, 11].

근거자료

[4] Robinson, D., Miron, M., Hagiwara, M., & Pietquin, O. (2025). NatureLM-audio: An audio-language foundation model for bioacoustics. ICLR 2025. arXiv:2411.07186. https://arxiv.org/abs/2411.07186

[11] Earth Species Project. (2026, 4월 2일). Animal language processing: An AI convergence in animal communication. earthspecies.org. https://earthspecies.org/2026/04/02/animal-language-processing-an-ai-convergence-in-animal-communication/

[12] Earth Species Project. (2024, 11월 6일). Introducing NatureLM-audio: An audio-language foundation model for bioacoustics. earthspecies.org. https://www.earthspecies.org/blog/introducing-naturelm-audio-an-audio-language-foundation-model-for-bioacoustics

7.4 사전 없이 번역하는 방법

두 나라 말을 옮기려면 보통 사전이 있어야 한다. 영어 dog가 우리말 개라는 것을 누가 알려 줘야 한다. 그런데 동물의 말에는 사전이 없다. 고래가 무슨 소리로 무엇을 말하는지 적어 둔 사람이 없기 때문이다. 사전 없이 어떻게 뜻을 옮길 수 있을까 [5].

2017년에 컴퓨터 과학자들이 방법을 찾았다. 두 말 사이에 짝지은 예문이 하나도 없어도 옮기는 방법이다. 이것을 비지도 기계 번역(unsupervised machine translation)이라고 한다. 정답을 알려 주지 않아도 인공지능 스스로 옮긴다는 뜻이다.

고래에게 짝지은 예문을 만들기는 거의 불가능하다. 고래가 무슨 소리로 무엇을 말하는지 아무도 모르기 때문이다. 짝을 지으려면 먼저 뜻을 알아야 한다. 그런데 뜻을 알려면 번역이 있어야 한다. 이 막다른 길을 비지도 번역이 뚫을 실마리를 준다.

방법의 열쇠는 낱말들이 이루는 모양에 있다. 인공지능에 한 나라 말의 낱말을 잔뜩 넣으면 지도를 그린다. 뜻이 비슷한 낱말은 가까이 모인다. 낱말 사이의 거리와 방향에는 규칙이 생긴다. 지도에서 남자와 여자 사이가 떨어진 만큼 왕과 여왕도 떨어져 있다. 이렇게 낱말들이 만드는 지도를 잠재 공간(latent space)이라고 한다. 낱말의 뜻을 자리로 나타낸 지도다.

여기서 신기한 일이 일어난다. 서로 다른 나라 말의 지도를 그려 보면 모양이 거의 같다. 영어 지도와 핀란드어 지도가 닮은 것이다. 사람의 뇌가 세상을 비슷하게 나누기 때문이다. 그래서 한 지도를 돌려 다른 지도에 겹치면 낱말끼리 포개진다. 영어 dog 자리에 핀란드어 koira가 내려앉는다. 사전 없이 번역 사전이 생기는 셈이다.

연구자들은 이 방법을 고래에게 옮겨 보고 있다. 프로젝트 세티(Project CETI)가 그 일을 한다. 향유고래의 소리 지도와 병코돌고래의 소리 지도를 따로 그린다. 그리고 두 지도를 돌려 포개는 방법을 연구한다. 두 지도를 부드럽게 맞물리게 돌리는 수학을 쓴다. 아직 뜻을 다 밝힌 것은 아니다. 소리의 짜임을 찾아 지도를 겹칠 자리를 살피는 단계다.

프로젝트 세티는 향유고래의 소리에서 사람 모음과 닮은 무늬를 찾았다. 이 무늬를 밝힌 사람은 언어학자 가슈페르 베구시다. 캘리포니아 대학교 버클리에서 연구했다. 향유고래의 소리 조각인 코다에 두 갈래가 있었다. 코다는 고래가 대화할 때 내는 딱딱거리는 짧은 소리 묶음이다. 하나는 아 코다, 다른 하나는 이 코다다. 사람이 아와 이를 입 모양으로 가르듯, 고래는 소리의 울림으로 가른다. 이 연구는 2026년 왕립학회 학술지에 실렸다 [6].

프로젝트 세티는 앞서 고래 소리의 짜임도 밝혔다. 향유고래의 코다 8,700개를 인공지능으로 살폈다. 그 결과 코다가 레고 블록처럼 짜맞춰진다는 것을 알았다. 빠르기와 리듬 같은 몇 가지 특징이 여러 방식으로 조합되었다. 이런 짜임을 사람 말의 자모에 빗대 소리 알파벳이라고 불렀다. 다만 각 소리가 무슨 뜻인지까지 밝힌 것은 아니다. 짜임의 규칙을 보인 단계다 [7].

같은 해 3월, 프로젝트 세티는 향유고래에 관한 다른 발견도 알렸다. 새끼가 태어나는 순간을 자세히 기록했다. 이때 여러 마리가 새끼를 함께 돌보는 모습을 보았다. 이 연구는 고래의 협동 돌봄을 보여 준다. 소리의 모음 무늬를 밝힌 연구와는 다른 별개의 연구다 [13].

소리의 짜임을 찾는 일은 사전 없는 번역에 힘을 보탠다. 고래 소리에 사람 말과 닮은 짜임이 있다면, 두 지도를 겹칠 자리를 찾기 쉽다. 소리를 잘게 나눌수록 지도는 촘촘해진다. 촘촘한 지도끼리는 더 잘 포개진다 [5, 6, 7].

근거자료

[5] Goldwasser, S., Gruber, D. F., Kalai, A. T., & Paradise, O. (2023). A theory of unsupervised translation motivated by understanding animal communication. NeurIPS 2023. arXiv:2211.11081. https://arxiv.org/abs/2211.11081

[6] Beguš, G., Dąbkowski, M., Sprouse, R. L., Gruber, D. F., & Gero, S. (2026). The phonology of sperm whale coda vowels. Proceedings of the Royal Society B. https://doi.org/10.1098/rspb.2025.2994

[7] Sharma, P., Gero, S., et al. (2024). Contextual and combinatorial structure in sperm whale vocalisations. Nature Communications, 15, 3617. https://doi.org/10.1038/s41467-024-47221-8

[13] Project CETI / Harvard SEAS. (2026, 3월). Studies documenting rare sperm whale birth and ancient cooperative care released. EurekAlert! https://www.eurekalert.org/news-releases/1120823

7.5 종을 넘는 인공지능과 넘지 못하는 벽

한 동물의 소리만 배운 인공지능이 다른 동물 소리도 알아볼 때가 있다. 이것을 종을 뛰어넘는 적응력이라고 한다. 영어로는 종간 일반화(cross-species generalization)다. 새소리를 배운 인공지능이 개구리 소리까지 나누는 식이다 [8, 9].

가장 뚜렷한 예가 구글의 퍼치(Perch)다. 2025년에 나온 퍼치 2.0은 주로 새소리로 배웠다. 새를 비롯한 땅 위 동물 소리를 아주 많이 들었다. 여기에 나오는 동물이 14,500종이 넘는다. 이 인공지능은 바닷속 소리는 거의 배우지 않았다. 그런데도 고래 소리를 잘 가려냈다. 적은 자료로 만든 분류기에서 좋은 성적을 냈다. 새를 배운 인공지능이 고래를 알아본 것이다 [8, 9] [8].

퍼치가 넘은 벽은 고래만이 아니다. 새소리로 배운 퍼치가 개구리 소리도 다뤘다. 브라질 아마존의 개구리 소리 묶음을 아누라셋(AnuraSet)이라고 한다. 퍼치는 이 개구리 소리를 종류별로 갈라 놓았다. 개구리 소리는 배운 적이 없는데 해냈다 [8, 9].

이런 결과는 밝은 쪽이다. 그러나 인공지능이 넘지 못하는 벽도 크다.

첫째, 자료가 너무 적다. 사람 말을 배운 인공지능은 수십만 시간이 넘는 녹음을 먹고 자랐다. 야생 동물 소리는 다 모아도 그보다 훨씬 적다. 게다가 옛날 녹음 장치는 큰 소리만 골라 담았다. 고래가 가까이서 나누는 작은 속삭임은 놓쳤다. 이 작은 소리를 소프트 클릭(soft click)이라고 한다. 중요한 소리가 자료에서 빠진 것이다 [6].

소프트 클릭은 고래가 서로 가까이서 나누는 작은 소리다. 사람으로 치면 귓속말과 같다. 이 작은 소리에 마음을 나누는 뜻이 담겼을 수 있다. 옛 녹음기가 이 소리를 놓친 탓에 중요한 대화가 빠졌다.

둘째, 사는 세상이 너무 다르다. 향유고래는 빛도 없는 깊은 바다에서 산다. 이마의 기름 주머니로 초음파를 쏘아 둘레를 소리로 본다. 사람은 눈으로 세상을 본다. 소리로 세상을 보는 고래와 눈으로 보는 사람은 느끼는 방식이 다르다. 그래서 두 지도가 온전히 포개지지 않을 수 있다.

저마다 다르게 느끼는 세상을 움벨트(Umwelt)라고 한다. 둘레 세계라는 뜻이다. 이 말을 만든 사람은 생물학자 야콥 폰 윅스퀼이다. 동물마다 자기 감각으로 느끼는 세상이 다르다는 뜻이다. 철학자 루트비히 비트겐슈타인도 비슷한 말을 남겼다. 사자가 말을 할 수 있어도 사람은 알아듣지 못한다고 했다. 사자와 사람은 사는 세상이 다르기 때문이다.

셋째, 함부로 쓰면 위험하다. 인공지능은 암컷 새의 소리를 흉내 내 수컷을 부를 수도 있다. 짝을 찾고 새끼를 기르는 새들의 질서를 흔드는 일이다. 가짜 소리로 야생 동물을 속이는 이런 행위를 생태학적 기만(ecological deception)이라고 한다 [14].

위험은 흉내에서 더 나아간다. 인공지능이 동물의 반응을 보고 소리를 고칠 수 있다. 동물이 답하면 그 답에 맞춰 소리를 다듬는다. 이렇게 동물의 반응을 실시간으로 보며 소리를 바꾸는 실험을 반응형 소리 실험이라고 한다. 잘 쓰면 소통의 열쇠가 된다. 잘못 쓰면 동물을 속이는 도구가 된다.

고래는 수천만 년 동안 저마다의 소리 문화를 이어 왔다. 가짜 소리는 이 오랜 문화를 더럽힐 수 있다. 한 번 흐트러진 소리 질서는 되돌리기 어렵다. 그래서 흉내를 내기 전에 조심해야 한다.

큰 인공지능을 숲과 바다로 가져갈 때도 문제가 있다. 큰 인공지능은 무겁고 힘을 많이 쓴다. 숲속 녹음기에는 그런 큰 것을 담기 어렵다. 그래서 연구자들은 큰 인공지능의 알맹이만 작은 것에 옮긴다. 큰 그릇의 알맹이만 작은 그릇에 옮겨 담는 것과 같다.

그래서 연구자들은 지켜야 할 원칙을 세우자고 말한다. 동물의 소리에 함부로 끼어들지 않는 원칙이다. 이것을 가장 먼저 지켜야 할 원칙이라고 부른다. 우리는 동물의 소리를 흉내 내기 전에 먼저 조용히 듣는 법부터 배워야 한다.

고래의 말을 풀면 법도 바뀔 수 있다. 2026년에는 고래에게 법의 권리를 주자는 논의가 나왔다. 동물이 무엇을 느끼고 무엇을 겪는지 소리로 알게 되면, 사람은 동물을 함부로 대하기 어려워진다. 소리를 푸는 일은 동물을 지키는 일과 이어져 있다 [15].

인공지능은 동물의 말로 가는 새 길을 열었다. 사람이 수백 년 걸릴 일을 몇 해로 줄였다. 그러나 길이 열렸다고 도착한 것은 아니다. 자료는 여전히 적고, 동물의 세상은 사람의 세상과 다르다. 인공지능은 도구일 뿐이다. 그 도구를 어떻게 쓸지는 사람의 몫이다. 겸손하게 듣는 마음이 기술보다 앞서야 한다.

근거자료

[6] Beguš, G., Dąbkowski, M., Sprouse, R. L., Gruber, D. F., & Gero, S. (2026). The phonology of sperm whale coda vowels. Proceedings of the Royal Society B. https://doi.org/10.1098/rspb.2025.2994

[8] Burns, A., et al. (2025). Perch 2.0: The bittern lesson for bioacoustics. arXiv:2512.03219. https://arxiv.org/abs/2512.03219

[9] Choi, C. Q. (2025). AI trained on birdsong can recognize whale calls. IEEE Spectrum. https://spectrum.ieee.org/foundation-models-google-birds-whales

[14] Beguš, G. (2024). New patterns in animal communication with AI: Ethical and legal implications. Interspecies Internet Lectures.

[15] Bolling, R. (2026, 6월 11일). Decoding whale language could unlock new legal rights for them. Boing Boing. https://boingboing.net/2026/06/11/decoding-whale-language-could-unlock-new-legal-rights-for-them.html

제8장

동물의 환경세계와 기호학적 경계

8.1 저마다 다른 세상, 환경세계

세상은 하나가 아니다. 생명마다 자기만의 세상을 산다. 이 생각을 처음 또렷하게 말한 사람이 있다. 에스토니아에서 태어난 생물학자 야코프 폰 윅스퀼(Jakob von Uexküll)이다. 그는 동물마다 세상을 다르게 느낀다고 본 학자다 [1].

윅스퀼은 이 세상을 환경세계라고 불렀다. 독일어로는 옴벨트(Umwelt)라고 한다. 환경세계란 한 생명이 자기 감각으로 느끼고 만드는 자기만의 세상이다. 사람은 눈으로 색을 보고 귀로 소리를 듣는다. 그러나 모든 동물이 사람처럼 느끼지는 않는다.

환경세계라는 말은 어렵지 않다. 같은 운동장에 있어도 개와 사람은 다른 것을 느낀다. 개는 냄새로 세상을 읽고 사람은 눈으로 읽는다. 생명마다 자기에게 맞는 감각으로 세상을 짓는다.

향유고래(Physeter macrocephalus)를 보자. 향유고래는 수백 미터 깊은 바다로 내려간다. 그곳은 빛 한 점 없는 어둠이다. 어둠 속에서는 색이 아무 뜻이 없다. 대신 향유고래는 이마에서 강한 소리를 쏜다. 그 소리가 되돌아오는 것을 듣고 세상을 읽는다. 향유고래의 세상은 색이 아니라 소리로 그려진 세상이다 [2].

사람은 오랫동안 한 가지 착각을 했다. 사람이 못 느끼는 것은 없는 것이라고 여겼다. 사람은 자기 감각을 유일한 잣대로 삼았다. 이런 태도를 인간 중심주의라고 부른다. 인간 중심주의란 사람의 감각과 생각만 세상의 기준으로 삼는 태도다. 이 태도 때문에 사람은 동물의 소리를 그저 울음이나 반응으로만 보았다.

동물의 소리와 몸짓을 연구하는 학문이 있다. 동물기호학(Zoosemiotics)이다. 동물기호학은 동물이 주고받는 신호의 뜻을 연구하는 학문이다. 신호란 뜻을 담은 소리, 냄새, 몸짓이다. 미국 학자 토머스 시비옥(Thomas Sebeok)이 이 학문의 이름을 지었다.

이 학문은 윅스퀼의 환경세계 생각 위에 서 있다. 뜻을 담은 신호는 사람 말에만 있는것이 아니다. 모든 생명이 자기 세상 안에서 신호를 주고받는다 [3].

윅스퀼의 생각은 새 물음으로 이어진다. 이탈리아 학자 니콜라 젠쟈로(Nicola Zengiaro)는 생성 동물기호학이라는 생각을 내놓았다. 그는 인공지능이 동물의 신호를 기계로 흉내 내는 것만으로는 그 뜻을 알 수 없다고 말한다. 동물이 사는 환경과 몸짓을 함께 보아야 뜻을 바로 읽을 수 있다는 말이다 [4].

이제 인공지능이 이 문제를 새롭게 열고 있다. 인공지능은 사람보다 넓은 소리 영역을 계산으로 읽는다. 사람이 빈 침묵이라고 여겼던 곳에 소리가 가득했다. 바다와 숲과 땅속에 신호가 오가고 있었다. 인공지능은 그 숨은 규칙을 찾는 데 도움을 준다.

이 문제는 사람 사회와도 이어진다. 지구종 프로젝트(Earth Species Project)를 세운 아자 래스킨(Aza Raskin)은 기술이 사람을 서로 갈라놓는다고 말한다. 사람은 자연과도 멀어졌다. 인공지능으로 동물의 소리를 듣는 일은 이 끊긴 줄을 다시 잇는 일이다 [5].

근거자료

[1] Bakker, K. (2022). The sounds of life: How digital technology is bringing us closer to the worlds of animals and plants. Princeton University Press. https://doi.org/10.2307/j.ctv2hnkcc3

[2] Bakker, K. (2022). The sounds of life: How digital technology is bringing us closer to the worlds of animals and plants. Princeton University Press. https://doi.org/10.2307/j.ctv2hnkcc3

[3] Sebeok, T. A. (1972). Perspectives in zoosemiotics. Mouton.

[4] Zengiaro, N. (2025). AI and animal communication: A generative zoosemiotics perspective. Linguistic Frontiers, 8(2). https://doi.org/10.2478/lf-2025-0021

[5] Earth Species Project. (2026, April 2). Animal language processing: An AI convergence in animal communication. Earth Species Project. https://earthspecies.org/2026/04/02/animal-language-processing-an-ai-convergence-in-animal-communication/

8.2 사람 감각 너머의 소리와 떨림

사람 귀에는 한계가 있다. 사람은 20헤르츠에서 2만 헤르츠 사이 소리만 듣는다. 헤르츠는 소리가 1초에 몇 번 떨리는지 세는 단위다. 이보다 높거나 낮은 소리는 사람에게

들리지 않는다. 그러나 그 소리는 사라진 것이 아니다. 인공지능은 이 소리를 붙잡아 사람에게 보여 준다 [1].

먼저 식물의 소리를 보자. 오랫동안 식물은 소리와 관계가 없다고 여겨졌다. 그러나 이스라엘 텔아비브 대학교의 요시 요벨(Yossi Yovel) 교수와 릴라흐 하다니(Lilach Hadany) 교수 연구진이 이 생각을 바꾸었다. 물이 마르거나 줄기를 다친 토마토와 담배가 초음파를 냈다. 초음파는 사람이 못 듣는 높은 소리다. 그 소리는 사람이 대화할 때만 한 크기로 공기에 퍼졌다.

식물이 소리를 내는 까닭은 무엇일까. 물이 마르면 줄기 속 가느다란 물길에 작은 공기 방울이 생긴다. 이 방울이 터질 때 딸깍 소리가 난다. 사람 귀에는 안 들리지만 기계는 잡아낸다.

이 소리를 딥러닝 인공지능에 넣어 보았다. 딥러닝은 소리의 특징을 스스로 찾아내는 인공지능이다. 그러자 물이 부족한 소리와 상처 입은 소리가 서로 다른 무리로 나뉘었다. 두 소리는 파형이 뚜렷이 달랐다. 파형은 물결처럼 출렁이는 소리의 모양이다. 곤충처럼 초음파를 듣는 동물은 이 소리를 들을 수 있다.

식물이 소리를 듣기도 한다. 요벨 교수와 하다니 교수 연구진은 달맞이꽃을 살폈다. 벌이 날 때 나는 소리를 꽃 옆에서 틀어 주었다. 그러자 꽃은 3분 안에 꽃꿀을 더 달게 바꾸었다. 다른 잡음에는 반응하지 않았다. 꽃잎이 소리를 모으는 귀 역할을 한 셈이다 [2].

미국 미주리 대학교의 하이디 애플(Heidi Appel) 교수와 렉스 코크로프트(Rex Cocroft) 교수 연구진도 비슷한 실험을 했다. 애기장대라는 작은 풀에 여러 소리를 들려주었다. 비바람 소리에는 풀이 잠잠했다. 그러나 애벌레가 잎을 갉는 떨림을 들려주자 달랐다. 풀은 곧바로 벌레를 쫓는 물질을 만들어 냈다. 잎이 갉는 떨림을 다른 떨림과 구별한 것이다 [3].

2026년에 나온 연구는 이 사실을 한 걸음 더 밀고 갔다. 요벨 교수와 하다니 교수 연구진은 나방을 관찰했다. 암컷 나방은 알을 낳을 자리를 고를 때 식물 소리를 들었다. 나방은 물이 마른 식물의 소리를 피하고 건강한 식물을 골랐다. 식물의 소리에 동물이 반응한다는 첫 증거였다 [4].

땅속과 작은 생명의 세계도 마찬가지다. 꿀벌은 어두운 벌집 안에서 8자 춤을 춘다. 이 춤은 꽃이 있는 방향과 거리를 알리는 신호다. 그런데 이 신호는 눈으로 보는 춤만이 아니었다. 날개의 떨림과 벌집을 타고 흐르는 진동도 함께 섞여 있었다. 팀 랜드그라프(Tim Landgraf) 교수 연구진은 이 춤을 인공지능으로 읽었다. 로봇과 카메라가 벌집을 한 달 넘게 지켜보았다. 인공지능은 영상 속 춤을 하나하나 자동으로 풀어냈다 [5].

쥐도 사람이 못 듣는 소리로 말한다. 쥐는 불안하거나 기분이 좋을 때 초음파를 낸다. 워싱턴 대학교의 케빈 코피(Kevin Coffey) 연구진이 딥스퀵(DeepSqueak)이라는 인공지능을 만들었다. 이 인공지능은 쥐 소리를 잘게 나누어 읽었다. 그 결과 쥐의 마음 상태를 소리로 읽어 낼 수 있었다 [6].

쥐 소리는 사람 귀로는 잡히지 않는다. 쥐는 겁을 먹으면 22킬로헤르츠 안팎의 소리를 낸다. 기분이 좋으면 50킬로헤르츠 대의 높은 소리를 낸다. 킬로헤르츠는 1000헤르츠를 뜻한다. 딥스퀵은 이 소리를 그림처럼 바꾸어 기분의 지도를 그렸다.

이 발견들은 한 가지를 함께 말한다. 사람이 못 듣는다고 소리가 없는 것은 아니다. 땅과 풀과 작은 동물이 늘 신호를 주고받고 있었다. 인공지능은 이 숨은 소리를 사람 앞에 펼쳐 놓는다.

근거자료

[1] Khait, I., Lewin-Epstein, O., Yovel, Y., & Hadany, L. (2023). Sounds emitted by plants under stress are airborne and informative. Cell, 186(7), 1328-1336. https://doi.org/10.1016/j.cell.2023.03.009

[2] Veits, M., et al. (2019). Flowers respond to pollinator sound within minutes by increasing nectar sugar concentration. Ecology Letters, 22(9), 1483-1492. https://doi.org/10.1111/ele.13331

[3] Appel, H. M., & Cocroft, R. B. (2014). Plants respond to leaf vibrations caused by insect herbivore chewing. Oecologia, 175(4), 1257-1266. https://doi.org/10.1007/s00442-014-2995-6

[4] Seltzer, R., Zer Eshel, G., Hadany, L., & Yovel, Y. (2026). Female moths incorporate plant acoustic emissions into their oviposition decision-making process. eLife, 14, e104700. https://doi.org/10.7554/eLife.104700

[5] Landgraf, T., et al. (2024). Autonomous tracking of honey bee behaviors over long-term periods with cooperating robots. Science Robotics, 9(95). https://doi.org/10.1126/scirobotics.adn6848

[6] Coffey, K. R., Marx, R. G., & Neumaier, J. F. (2019). DeepSqueak: A deep learning-based system for detection and analysis of ultrasonic vocalizations. Neuropsychopharmacology, 44(5), 859-868. https://doi.org/10.1038/s41386-018-0303-6

8.3 여러 감각을 한꺼번에 읽는 인공지능

동물은 소리 하나로만 말하지 않는다. 소리와 몸짓과 냄새가 함께 어울려 뜻을 만든다. 이렇게 여러 통로를 함께 쓰는 소통을 멀티모달(multimodal)이라고 부른다. 소리뿐 아니라 눈빛과 몸짓과 냄새까지 함께 섞어 쓰는 소통이다 [1].

소리 하나만 보면 뜻을 놓치기 쉽다. 같은 소리라도 몸짓에 따라 뜻이 달라진다. 사람도 같은 말을 웃으며 할 때와 화내며 할 때가 다르다. 그래서 여러 신호를 함께 봐야 뜻이 통한다.

바하마 바다의 점박이돌고래 연구가 좋은 예다. 데니스 허징(Denise Herzing) 박사와 태드 스타너(Thad Starner) 교수가 챗(CHAT)이라는 기계를 만들었다. 이 기계는 돌고래와 사람이 소리를 주고받게 돕는다. 그런데 소리만으로는 대화를 풀 수 없었다. 돌고래가 사람과 눈을 맞추는 순간과 몸이 그리는 각도까지 함께 기록해야 했다. 여러 신호를 함께 봐야 뜻이 통했다.

까마귀 연구도 여러 신호가 중요하다는 것을 보여 준다. 미국 워싱턴 대학교의 존 마즐러프(John Marzluff) 교수 연구진이 까마귀를 살폈다. 연구진은 특별한 가면을 쓰고 까마귀를 잡았다가 놓아 주었다. 그 뒤 같은 가면을 쓴 사람이 나타나자 까마귀가 크게 울며 몰려들었다. 까마귀는 자기를 괴롭힌 사람의 얼굴을 기억한 것이다. 그 사람이 오면 경고 소리를 질러 동료에게 위험을 알렸다 [2].

이 기억은 오래갔다. 까마귀는 2년이 넘도록 그 얼굴을 잊지 않았다. 소리만 들어서는 이런 사실을 찾기 어렵다. 까마귀의 소리와 행동을 함께 봐야 뜻이 풀렸다.

이런 연구를 넓게 하려고 지구종 프로젝트(Earth Species Project)가 나섰다. 이 단체는 인공지능으로 동물의 말을 풀려는 연구 모임이다. 이들은 소리만 보는 방법에서 벗어나자고 말한다. 동물 몸에 붙인 감지기가 모으는 자료가 있기 때문이다. 감지기는 소리, 움직임, 물속 깊이 같은 것을 잰다 [3][4].

동물 몸에 붙인 감지기는 많은 것을 잰다. 헤엄친 거리와 물속 깊이와 심장 뛰는 리듬을 모은다. 소리에 이 자료를 더하면 뜻이 더 또렷해진다. 배가 고픈 소리인지 겁먹은 소리인지 가릴 수 있다. 인공지능은 이 여러 자료를 시간 순서에 맞추어 함께 읽는다.

지구종 프로젝트는 2026년 글에서 새 이름을 소개했다. 동물 언어 처리(Animal Language Processing)다. 이 말은 2024년 발표에서 처음 쓰였다. 이 방법은 사람 말의 문법을 동물에게 억지로 씌우지 않는다. 소리든 몸짓이든 여러 신호를 규칙이 있는 자료로 보고 분석한다. 사람 말을 잣대로 삼지 않고 동물의 세상을 있는 그대로 읽으려는 태도다.

이 연구를 돕는 자료 창고도 나왔다. 지구종 프로젝트는 2026년에 알피데이터(alp-data)라는 도구를 열었다. 새와 고래와 곤충 소리 자료 35가지 이상을 한곳에 모았다. 지금은 소리 자료가 중심이고, 움직임과 영상 자료는 앞으로 더할 예정이다. 누구나 같은 자료로 연구할 수 있게 열어 두었다. 그래야 연구가 빠르게 쌓인다.

근거자료

[1] Herzing, D. L., Starner, T., et al. (2025). CHAT Jr: A wearable bioacoustics system for two-way communication research between humans and cetaceans. NeurIPS 2025. https://neurips.cc/virtual/2025/131501

[2] Marzluff, J. M., Walls, J., Cornell, H. N., Withey, J. C., & Craig, D. P. (2010). Lasting recognition of threatening people by wild American crows. Animal Behaviour, 79(3), 699-707. https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2009.12.022

[3] Earth Species Project. (2026, April 2). Animal language processing: An AI convergence in animal communication. Earth Species Project. https://earthspecies.org/2026/04/02/animal-language-processing-an-ai-convergence-in-animal-communication/

[4] Earth Species Project. (2026, July 22). Introducing alp-data: A shared data layer for animal language processing. Earth Species Project. https://earthspecies.org/2026/07/22/introducing-alp-data-a-shared-data-layer-for-animal-language-processing/

8.4 향유고래의 소리 알파벳과 인공지능

향유고래는 딸깍이는 소리로 말한다. 여러 딸깍 소리가 짧게 모인 것을 코다(coda)라고 부른다. 코다는 향유고래가 서로 나누는 짧은 딸깍 소리 묶음이다. 프로젝트 세티(Project CETI)가 이 코다를 연구한다. 세티는 인공지능으로 고래 말을 풀려는 연구 계획이다 [1].

2024년에 세티와 미국 매사추세츠 공과대학교(MIT) 연구진이 큰 발견을 했다. 이들은 고래 소리 8700조각이 넘는 자료를 인공지능으로 분석했다. 그러자 코다가 규칙을 가진 소리 체계임이 드러났다. 연구진은 이 규칙을 향유고래 음성 알파벳이라고 불렀다 [2].

이 알파벳에는 네 가지 요소가 있었다. 첫째는 딸깍 소리 사이의 일정한 박자인 리듬이다. 둘째는 전체 빠르기인 템포다. 셋째는 대화 흐름에 따라 빠르기를 늘이고 줄이는 루바토다. 넷째는 끝에 딸깍 소리를 하나 더 붙이는 장식음이다. 이 요소를 섞으면 여러 코다가 만들어진다. 연구진은 자주 나타나는 조합만 143가지 넘게 찾아냈다. 사람 말에 자음과 모음이 있는 것과 비슷한 짜임이다.

2025년 연구에서 한 걸음 더 나아갔다. 미국 버클리 대학교와 세티의 가슈페르 베구시(Gašper Beguš) 연구진이 코다를 자세히 살폈다. 딸깍 소리 속에 사람의 모음과 비슷한 소리가 들어 있었다. 연구진은 서로 다른 두 가지 고래 모음을 찾았다. 사람의 아 소리와 이 소리처럼 서로 다른 소리였다. 향유고래가 사람처럼 소리를 세밀하게 나눈다는 뜻이다 [3].

코다는 대화 상황에 따라 모양이 달라졌다. 앞 고래가 낸 소리에 맞추어 뒤 고래가 소리를 바꾸었다. 사람이 서로 맞장구치며 말을 주고받는 것과 닮았다. 이런 흐름은 많은 자료와 계산 분석 덕분에 더 잘 드러났다.

프로젝트 세티는 2026년에 새 소식도 전했다. 연구진은 향유고래의 출산 장면을 자세히 기록했다. 물속 소리를 6시간 넘게 담고, 하늘에서 찍은 영상도 함께 모았다. 그 자료에서 무리가 새끼의 탄생을 함께 돕는 모습이 드러났다. 사람과 원숭이 같은 무리가 아닌 동물에서 이런 협동 돌봄을 숫자로 밝힌 첫 사례였다 [4].

고래 말을 사람 말로 바꾸는 일은 쉽지 않다. 두 언어를 나란히 적은 사전이 없기 때문이다. 베구시 연구진은 새 방법을 찾고 있다. 정답표 없이 소리의 규칙을 스스로 찾아 뜻을 짐작하는 방법이다 [5].

이런 연구는 인공지능 없이는 하기 어려웠다. 사람 귀로는 그 많은 딸깍 소리의 규칙을 찾기 어렵다. 인공지능은 수많은 소리를 빠르게 견주어 숨은 규칙을 찾아낸다.

한 가지는 잊지 말아야 한다. 코다의 규칙을 찾았다고 뜻을 다 안 것은 아니다. 소리의 짜임을 아는 것과 뜻을 아는 것은 다르다. 향유고래가 무슨 말을 하는지는 아직 확인되지 않았다. 연구는 이제 문을 연 단계다.

근거자료

[1] Project CETI. (2024, May 7). Sperm whale phonetic alphabet proposed for the first time. Project CETI. https://www.projectceti.org/blog-posts/sperm-whale-phonetic-alphabet-proposed-for-the-first-time

[2] Sharma, P., Gero, S., Payne, R., Gruber, D. F., Rus, D., Torralba, A., & Andreas, J. (2024). Contextual and combinatorial structure in sperm whale vocalisations. Nature Communications, 15, 3617. https://doi.org/10.1038/s41467-024-47221-8

[3] Beguš, G., Sprouse, R. L., Leban, A., Silva, M., & Gero, S. (2025). Vowel- and diphthong-like spectral patterns in sperm whale codas. Open Mind, 9. https://doi.org/10.1162/OPMI.a.252

[4] Project CETI. (2026, March). Studies documenting rare sperm whale birth and ancient cooperative care released. EurekAlert! https://www.eurekalert.org/news-releases/1120823

[5] Beguš, G., Leban, A., & Gero, S. (2026). Approaching an unknown communication system by latent space exploration and causal inference. Royal Society Open Science, 13(8), 250829. https://doi.org/10.1098/rsos.250829

8.5 기호학적 경계와 종간 외교

인공지능은 넓은 감각을 사람에게 열어 준다. 그러면 바닷속 생명의 소리는 무엇으로 모을까. 사람은 수중 청음기를 쓴다. 수중 청음기는 물속 소리를 잡는 마이크다. 고래나 돌고래 몸에는 작은 기록 장치를 붙인다. 바다 곳곳에는 소리를 잡는 부표 센서망을 띄운다. 이렇게 모은 소리를 인공지능이 읽는다 [1].

앞으로 나올 기술을 두고 나온 생각도 있다. 곧 다가올 6세대 통신망(6G)을 감지기로 쓰자는 제안이다. 6G는 지금보다 훨씬 빠른 무선 통신망이다. 이 망의 전파가 물체에 부딪히는 것을 읽으면 움직임을 알 수 있다는 생각이다. 다만 이는 아직 제안 단계의 생각이다. 게다가 전파는 바닷물을 거의 지나지 못한다. 그래서 이 방법은 땅 위와 공기 속을 살피는 데 쓰려는 것이다. 바닷속 소리를 모으는 일에는 맞지 않는다 [2].

여기서 중요한 경계선이 나타난다. 기호학적 경계란 신호와 뜻을 어디까지 읽어도 되는지 가르는 선이다. 인공지능이 동물의 신호를 다 모았다고 하자. 그렇다고 그 신호를 사람 말의 틀에 억지로 끼워도 될까. 예를 들어 고래 소리를 사람 음악에 하나씩 짝지어도 될까. 이런 짝짓기는 사람 생각을 동물에게 씌우는 일이다 [3].

잘못된 짝짓기의 예를 들어 보자. 어떤 사람은 돌고래 10마리 가운데 3마리가 명사를 쓴다고 말할지 모른다. 고래의 딸깍 소리를 사람 음악에 하나씩 맞출지도 모른다. 그러나 이는 사람의 틀을 억지로 씌운 것이다. 동물의 소리는 동물의 세상 안에서 읽어야 한다.

소리를 풀어내는 일에는 윤리 문제가 따른다. 학자들은 동물의 말을 사람이 함부로 흉내 내면 안 된다고 말한다. 잘못 쓰면 동물을 속이거나 괴롭히는 데 쓸 수 있다. 그래서 규칙을 먼저 세우자고 말한다 [4].

윅스퀼의 환경세계 생각은 오늘도 길잡이가 된다. 동물과 식물은 사람 사전의 번역어가 되려고 사는 것이 아니다. 그들의 신호는 오랜 세월 이어 온 그들만의 문화다. 현대 연구자들은 윅스퀼의 뜻을 이어받아 인공지능으로 동물을 함부로 흉내 내면 안 된다고 말한다. 인공지능의 목표는 말하는 동물 장난감을 만드는 것이 아니다.

동물의 소리를 녹음해 다시 들려주는 실험이 있다. 이것을 재생(playback)이라고 부른다. 녹음한 소리를 스피커로 들려주고 동물이 어떻게 반응하는지 살피는 실험이다. 이 도구를 함부로 쓰면 동물의 세계를 어지럽힐 수 있다. 재생 소리에 놀란 동물이 진짜 신호와 가짜 신호를 헷갈릴 수 있다. 그래서 연구자들은 조심하자고 말한다.

우리가 가야 할 길은 정복이 아니라 경청이다. 사람이 지구의 유일한 해석자라는 자리에서 내려오는 일이다. 동물의 소리가 그들의 땅과 바다에서 오래 이어지도록 지키는 일이다. 연구자들은 이것을 종간 외교(interspecies diplomacy)라고 부른다. 종간 외교란 사람과 다른 생명이 서로 해치지 않고 지내기 위한 약속이다 [5].

경청은 말없이 듣는 것에서 그치지 않는다. 동물이 사는 바다와 숲을 지키는 일까지 이어진다. 소리를 지키려면 소리가 나는 곳을 함께 지켜야 한다. 그것이 종간 외교의 참뜻이다.

근거자료

[1] Bakker, K. (2022). The sounds of life: How digital technology is bringing us closer to the worlds of animals and plants. Princeton University Press. https://doi.org/10.2307/j.ctv2hnkcc3

[2] Ericsson. (2025). Integrated sensing and communication (ISAC) explained. Ericsson. https://www.ericsson.com/en/6g/isac

[3] Zengiaro, N. (2025). AI and animal communication: A generative zoosemiotics perspective. Linguistic Frontiers, 8(2). https://doi.org/10.2478/lf-2025-0021

[4] Alcantara, L., & Andrews, K. (2026). Can we talk to the animals? The ethics of using machine learning to decode animal communication. Topoi. https://doi.org/10.1007/s11245-026-10409-2

[5] Earth Species Project. (2026, April 2). Animal language processing: An AI convergence in animal communication. Earth Species Project. https://earthspecies.org/2026/04/02/animal-language-processing-an-ai-convergence-in-animal-communication/

제9장

기만과 보존의 갈림길

9.1 가짜 소리가 부르는 혼란

인공지능은 이제 동물의 소리를 아주 비슷하게 흉내 낼 수 있다. 새 울음, 고래 노래, 코끼리 울음도 만들어 낸다. 사람이 말을 배우듯 인공지능도 소리를 듣고 규칙을 익힌다. 그렇게 배운 뒤에는 새 소리를 스스로 지어낸다. 이 기술은 동물을 돕는 데 쓸 수 있다. 그러나 잘못 쓰면 자연을 크게 어지럽힌다 [1].

동물 연구에는 '플레이백(playback)'이라는 방법이 있다. 녹음한 소리를 다시 들려주고 동물의 반응을 살피는 실험이다. 예전에는 사람이 녹음해 둔 진짜 소리만 썼다. 옛 녹음은 잡음이 섞여 동물이 눈치채기도 했다. 이제는 인공지능이 매끄러운 가짜 소리를 만든다. 그래서 동물이 속기 더 쉬워졌다. 이 가짜 소리는 동물의 짝짓기와 새끼 돌보기를 헷갈리게 만든다 [7].

여러 나라의 학자들이 이 위험을 경고했다. 크리스천 러츠(Christian Rutz) 교수와 동료들이 대표적이다. 이들은 가짜 소리가 야생 동물의 행동을 바꾼다고 보았다. 동물을 소리로 속이는 이런 일을 '생태적 기만'이라고 부른다. 자연 속에서 동물을 속여 행동을 바꾸는 일이라는 뜻이다. 가짜 짝짓기 소리를 들은 새는 헛되이 짝을 찾는다. 그러다 힘과 시간을 잃고 새끼 돌볼 틈을 뺏긴다.

카렌 베커(Karen Bakker) 교수도 이 위험을 오래 알렸다. 베커 교수는 디지털 기술로 동물의 소리를 듣는 연구를 이끈 학자다. 2022년에 낸 책 '생명의 소리(The Sounds of Life)'에 그 뜻을 담았다. 베커 교수는 2023년에 세상을 떠났다. 그가 남긴 경고는 지금도 이어진다 [2].

사람은 동물 소리에 사람 마음을 자주 덧씌운다. 고래 노래를 사랑 노래로 여기기 쉽다. 그러나 그 소리의 뜻은 아직 아무도 모른다. 함부로 짐작하면 실수한다. 학자들은 이 버릇도 조심하라고 말한다.

코끼리를 오래 연구한 조이스 풀(Joyce Poole) 박사의 일화가 있다. 케냐 암보셀리에서 있었던 일이다. 연구팀은 이미 죽은 어미 코끼리의 울음을 무리에게 들려주었다. 코끼리들은 그리운 소리를 듣고 사방을 뛰어다니며 찾았다. 그 가운데 죽은 어미의 딸이 여러 번 어미를 부르며 대답을 기다렸다. 그러나 소리의 주인은 어디에도 없었다. 코끼리는 죽은 가족의 목소리까지 기억한다. 코끼리는 사람 귀에 잘 들리지 않는 낮은 소리로 멀리까지 이야기한다. 그 덕분에 수십 마리의 목소리를 따로따로 기억한다. 소리 하나가 무리의 마음을 크게 흔든 것이다 [3][4].

고래도 조심해야 한다. 혹등고래는 노래를 부르는 고래다. 한 바다에서 새 노래가 생기면 유행가처럼 퍼진다. 호주 앞바다의 노래가 남태평양 건너까지 번지기도 한다. 이 노래는 몇 달에서 몇 년에 걸쳐 서서히 퍼진다. 약 6,000킬로미터를 천천히 건너간다. 서울에서 아주 먼 나라까지 가는 먼 거리다. 새끼 고래도 어른 고래의 노래를 듣고 따라 배운다. 스마트폰으로 유행가가 퍼지는 모습과 비슷하다. 이렇게 서로 노래를 배우는 일은 사람 말고는 드물다. 인공지능이 만든 가짜 고래 노래를 바다에 틀면 큰 문제가 생긴다. 오래 이어 온 노래 전통이 헝클어질 수 있다. 동물의 말을 풀기도 전에 그들의 문화를 먼저 망가뜨리는 셈이다 [5].

그래서 연구자들도 이 실험을 조심스럽게 한다. 꼭 필요한 때만 짧게 한다. 실험이 끝나면 동물이 괜찮은지 살핀다. 같은 기술이라도 어떻게 쓰느냐에 따라 도움도 되고 해도 된다.

근거자료

[1] Rutz, C., Bronstein, M., Raskin, A., Vernes, S. C., Zacarian, K., & Blasi, D. E. (2023). Using machine learning to decode animal communication. Science, 381(6654), 152-155. https://doi.org/10.1126/science.adg7314

[2] Bakker, K. (2022). The sounds of life: How digital technology is bringing us closer to the worlds of animals and plants. Princeton University Press.

[3] Poole, J. (1996). Coming of age with elephants: A memoir. Hyperion.

[4] McComb, K., Moss, C., Sayialel, S., & Baker, L. (2000). Unusually extensive networks of vocal recognition in African elephants. Animal Behaviour, 59(6), 1103-1109. https://doi.org/10.1006/anbe.2000.1406

[5] Garland, E. C., Goldizen, A. W., Rekdahl, M. L., et al. (2011). Dynamic horizontal cultural transmission of humpback whale song at the ocean basin scale. Current Biology, 21(8), 687-691. https://doi.org/10.1016/j.cub.2011.03.019

[7] Küçükuncular, A. (2025). Ethical implications of AI-mediated interspecies communication. AI and Ethics, 5, 6379-6391. https://doi.org/10.1007/s43681-025-00828-z

9.2 어디에나 있는 감시망과 동물의 사생활

옛날에는 깊은 숲과 먼 바다가 동물의 은신처였다. 사람의 눈과 귀가 그곳까지 닿지 못했다. 이제는 다르다. 작고 똑똑한 소리 센서가 숲과 바다 곳곳에 놓여 있다. 이 장치는 24시간 동안 소리를 듣는다. 인공지능은 그 소리를 곧바로 분석한다. 숲과 바다에 놓아두는 이런 자동 녹음 장치를 '수동 음향 관찰망'이라고 부른다 [6].

이제 야생 동물은 어디서나 지켜보는 눈 앞에 놓였다. 보이지 않는 감시탑이 늘 켜져 있는 셈이다. 지구종 프로젝트(Earth Species Project)를 함께 세운 아사 래스킨(Aza Raskin)이 이 변화를 짚었다. 그는 인공지능 덕분에 숲과 바다를 쉬지 않고 지켜볼 수 있게 되었다고 말한다. 그러면서 이 힘이 동물을 옥죄는 감시가 되지 않도록 규칙을 세워야 한다고 경고한다 [8].

이 장치는 좋은 일에도 쓰인다. 고래는 큰 배와 부딪혀 목숨을 잃는 일이 많다. 소리 센서로 고래가 있는 곳을 찾아 뱃길을 바꾼다. 그러면 큰 배가 고래와 부딪히지 않는다. 숲에서 몰래 나무를 베는 톱 소리도 잡아낸다. 사라져 가는 동물을 지키고 밀렵을 막는 것이다.

그러나 나쁜 사람 손에 들어가면 무기가 된다. 칼이 요리도 하고 다치게도 하는 것과 같다. 짝짓기 소리나 먹이 소리를 가짜로 흉내 내 동물을 꾀어낼 수도 있다. 아직 널리 벌어진 일은 아니지만 학자들은 이 위험을 걱정한다. 동물을 돕자고 만든 기술이 동물을 잡는 데 쓰일 수 있다 [7].

동물의 사생활도 문제가 된다. 사생활은 남에게 보이고 싶지 않은 자기만의 영역이다. 카렌 베커 교수는 고래와 돌고래를 권리가 있는 존재로 보아야 한다고 말했다. 어미와 새끼가 나누는 조용한 소리까지 사람이 몰래 엿듣는 일이 있다. 그 소리를 마음대로 모아 누구나 쓰도록 풀어 놓기도 한다. 학자들은 이것을 사생활 침해로 다루어야 한다고 본다. 내 일기를 남이 몰래 읽어 인터넷에 올리는 것과 비슷한 일이다 [2].

숲과 바다를 오래 지켜 온 원주민의 권리도 있다. 그들의 땅에서 나온 소리를 큰 회사가 몰래 가져가기도 한다. 그 소리로 인공지능을 가르치는 데 쓴다. 소리 자료도 그 땅의 재

산이다. 주인의 허락 없이 가져가면 안 된다. 그 땅에서 나온 자료를 그 지역 사람들이스스로 정할 권리를 '원주민 데이터 주권'이라고 부른다.

인터넷에는 동물이 감시에 맞선다는 이야기도 돈다. 향유고래 무리가 한꺼번에 소리를 멈췄다는 이야기가 있다. 까마귀가 새 소리를 만들어 인공지능을 헷갈리게 했다는 이야기도 있다. 그러나 이런 일은 아직 과학으로 확인되지 않았다. 인터넷 영상 속 이야기일 뿐이므로 사실처럼 믿으면 안 된다.

좋은 쓰임과 나쁜 쓰임이 같은 기술에서 나온다. 그래서 누가 어떤 마음으로 쓰는지가 중요하다. 동물에게도 지켜 주어야 할 자기만의 공간이 있다.

근거자료

[2] Bakker, K. (2022). The sounds of life: How digital technology is bringing us closer to the worlds of animals and plants. Princeton University Press.

[6] Earth Species Project. (2024). Introducing NatureLM-audio: An audio-language foundation model for bioacoustics. https://www.earthspecies.org/blog/introducing-naturelm-audio-an-audio-language-foundation-model-for-bioacoustics

[7] Küçükuncular, A. (2025). Ethical implications of AI-mediated interspecies communication. AI and Ethics, 5, 6379-6391. https://doi.org/10.1007/s43681-025-00828-z

[8] Faunalytics (Hanes, A.). (2025, October 30). The ethics of using AI to talk to animals. Faunalytics. https://faunalytics.org/the-ethics-of-using-ai-to-talk-to-animals/

9.3 소리에 숨긴 사람의 표시: 오디오 워터마킹

가짜 소리를 가려낼 방법이 필요하다. 학자와 기술자들은 한 가지 방법을 내놓았다. 인공지능이 만든 소리에 '표시'를 숨겨 두는 것이다. 이 방법을 '오디오 워터마킹(audio watermarking)'이라고 부른다 [9].

워터마킹은 소리 파일 속에 보이지 않는 표식을 새겨 넣는 기술이다. 이 표식은 소리 파일에 숨은 컴퓨터 신호다. 사람은 이 신호를 잘 알아채지 못한다. 그러나 검사 프로그램은 그 신호를 곧바로 읽는다. 구글이 만든 신스아이디(SynthID)가 그런 표식의 한 예다. 이 표식은 소리 여러 곳에 흩어 넣는다. 그래서 잘라 내거나 지우기 어렵다. 소리를 줄이거나 빠르기를 바꿔도 표식은 남는다.

이 표식은 소리의 출처를 알려 준다. 어떤 소리가 사람이 만든 가짜인지 기계가 확인할 수 있다. 그러면 진짜 동물 소리와 가짜 소리를 나눠서 다룰 수 있다. 진짜와 가짜를 나누는 일은 자연을 지키는 첫걸음이다. 표식이 없으면 무엇이 진짜인지 알기 어렵다 [1].

이 표식은 연구 자료를 지키는 데도 쓸 수 있다. 숲과 바다에는 소리를 모으는 장치가 수천 개 있다. 그 속에 가짜 소리가 섞이면 연구 결과가 엉망이 된다. 진짜 새소리와 기계가 만든 새소리를 섞어 세면 답이 틀린다. 표식이 있으면 가짜 소리를 걸러 낼 수 있다. 그러면 연구 자료를 믿고 쓸 수 있다 [7].

밀렵을 막는 데 쓰자는 생각도 있다. 연구용 소리에 표식을 넣어 어디서 나온 소리인지 확인하는 방법이다. 공인된 연구 소리와 정체를 알 수 없는 가짜 소리를 갈라 준다. 다만 이 방법에는 한계가 있다. 나쁜 사람이 표식 없는 소리를 만들면 걸러 낼 수 없다. 표식을 지운 소리를 쓰면 찾아내기 어렵다. 그래서 기술 하나로 밀렵을 다 막지는 못한다 [8].

이 방법은 아직 제안 단계다. 좋은 생각이지만 저절로 되지는 않는다. 모든 나라와 회사가 표식을 넣기로 약속해야 힘을 낸다. 한 곳이라도 표식 없는 가짜 소리를 흘리면 구멍이 생긴다. 그물에 구멍 하나만 나도 물고기가 빠져나가는 것과 같다. 그래서 기술만으로는 부족하다. 함께 지킬 규칙이 필요하다.

이 기술은 사람이 만든 다른 소리에도 쓸 수 있다. 인공지능이 만든 목소리나 노래에 표식을 넣는 것이다. 그러면 가짜 목소리에 속는 일을 줄일 수 있다. 동물을 지키려고 만든 방법이 사람도 지키는 셈이다. 요즘은 인공지능이 만든 노래와 목소리가 인터넷에 넘친다. 그래서 이런 표식이 앞으로 더 쓸모가 있다.

근거자료

[1] Rutz, C., Bronstein, M., Raskin, A., Vernes, S. C., Zacarian, K., & Blasi, D. E. (2023). Using machine learning to decode animal communication. Science, 381(6654), 152-155. https://doi.org/10.1126/science.adg7314

[7] Küçükuncular, A. (2025). Ethical implications of AI-mediated interspecies communication. AI and Ethics, 5, 6379-6391. https://doi.org/10.1007/s43681-025-00828-z

[8] Faunalytics (Hanes, A.). (2025, October 30). The ethics of using AI to talk to animals. Faunalytics. https://faunalytics.org/the-ethics-of-using-ai-to-talk-to-animals/

[9] Google DeepMind. (2024). SynthID: Identifying AI-generated content.
https://deepmind.google/models/synthid/

9.4 사람과 동물 사이의 규칙 만들기

인공지능으로 동물의 소리를 다루는 일에는 규칙이 필요하다. 힘센 사람이 마음대로 자연을 뒤흔들면 안 되기 때문이다. 소리는 국경을 넘어 멀리 퍼진다. 그래서 한 나라만 지켜서는 부족하다. 학자들은 여러 나라가 함께 지킬 규칙을 만들자고 말한다. 사람과 동물 사이에 지킬 약속이라는 뜻이다 [10].

미국 뉴욕대학교 법학대학원에는 '인간을 넘어선 생명(More Than Human Life)'이라는 연구 모임이 있다. 짧게 모스(MOTH)라고 부른다. 이 모임은 2022년에 세워졌다. 법을 공부한 학자와 과학자가 함께 모였다. 이 모임은 동물을 자료가 아니라 저마다 삶을 가진 존재로 보자고 말한다. 그리고 네 가지 약속을 담은 규칙을 내놓았다. 준비하고, 함께 의논하고, 해를 막고, 지키자는 약속이다.

첫째, 미리 살펴보는 규칙이다. 인공지능과 야생 동물이 소리를 주고받는 실험이 있다. 이런 실험을 하기 전에 위험을 먼저 검사한다. 짝짓기와 새끼 돌보기 문화를 해치지 않는지 확인한다. 그 뒤에만 실험을 허락한다. 공사를 시작하기 전에 안전 검사를 받는 것과 같다.

둘째, 함부로 쓰지 못하게 막는 규칙이다. 동물 소리를 흉내 내는 기술은 아무나 못 쓰게 한다. 사냥에 쓰는 기술은 아예 금지하자고 말한다. 검사를 통과한 곳에서만 조심스럽게 쓰도록 허락한다. 위험한 도구를 아무 데나 두지 않는 것과 같다. 핵심 기술을 돈벌이에 함부로 쓰지 못하게 막자고도 한다.

셋째, 과장 보도를 막는 규칙이다. "인공지능이 동물과 자유롭게 대화하는 번역기를 만들었다"는 부풀린 뉴스가 있다. 학자들은 이런 뉴스가 해롭다고 본다. 사람들이 동물을 장난감처럼 여기게 만들기 때문이다. 그래서 기술이 아직 못 하는 일을 솔직히 알리도록 하자고 말한다 [11].

규칙은 연구를 막으려는 것이 아니다. 연구를 바르게 하도록 돕는 울타리다. 운동장에도 금이 그어져 있어야 안심하고 뛰노는 것과 같다. 규칙을 만드는 데는 여러 사람의 목

소리가 필요하다. 과학자만이 아니다. 법을 아는 사람, 숲과 바다에 사는 원주민, 동물을 아끼는 사람이 함께 정한다. 여러 눈으로 보면 놓치는 곳이 줄어든다. 규칙의 목표는 하나다. 동물을 지배하는 것이 아니라 존중하는 것이다 [7][8].

근거자료

[7] Küçükuncular, A. (2025). Ethical implications of AI-mediated interspecies communication. AI and Ethics, 5, 6379-6391. https://doi.org/10.1007/s43681-025-00828-z

[8] Faunalytics (Hanes, A.). (2025, October 30). The ethics of using AI to talk to animals. Faunalytics. https://faunalytics.org/the-ethics-of-using-ai-to-talk-to-animals/

[10] Rodríguez-Garavito, C. (2025). Listening to the more-than-human world: Legal and ethical principles for nonhuman animal communication technologies. More-Than-Human Life (MOTH) Program, NYU School of Law. https://www.law.nyu.edu/news/ideas/cesar-rodriguez-garavito-animal-communication-ai

[11] Kluskens, C. (2025). The responsible media representation of artificial intelligence for non-human animal communication. NeurIPS 2025 Workshop on AI for Non-Human Animal Communication.

9.5 최신 소식과 우리가 선 갈림길

2026년에도 동물 언어 연구는 빠르게 나아갔다. 지구종 프로젝트는 이 연구를 '동물 언어 처리(Animal Language Processing)'라고 정리했다. 컴퓨터가 사람의 말을 알아듣듯 동물의 소리를 크게 모아 분석하는 방법이다. 한 종씩 따로 보던 방식에서 벗어났다. 많은 동물의 소리를 한꺼번에 살피는 방식이다. 이 이름을 처음 지은 것은 아니고 흩어진 연구를 하나로 묶은 것이다. 이 발표는 2026년 4월에 나왔다 [12].

같은 해 7월에는 새 자료 창고도 열었다. 이름은 '에이엘피데이터(alp-data)'다. 여러 연구자가 동물 소리 자료를 함께 쓰도록 모아 둔 곳이다. 35개가 넘는 자료 묶음을 담았다. 자료를 나누면 연구가 더 빨라진다. 학급 친구들이 준비물을 나눠 쓰면 일이 빨리 끝나는 것과 같다 [13].

이 연구의 바탕에는 '네이처엘엠오디오(NatureLM-audio)'가 있다. 동물 소리를 위해 만든 큰 인공지능이다. 이 인공지능은 소리만 듣고 어떤 동물인지 맞힌다. 소리 속 동물이 몇 마리인지 세기도 한다. 어린 새인지 다 자란 새인지 같은 자람 단계를 가려 보기도 한다. 배운 적 없는 동물의 소리도 알아채는 재주를 보였다. 이런 인공지능은 사람이 며칠 걸릴 일을 몇 분 만에 해낸다. 그래서 연구자들이 소리를 훨씬 빠르게 살필 수 있다 [6].

고래 연구도 나아갔다. 프로젝트 세티(Project CETI)는 향유고래의 소리 조각인 코다(coda)를 모았다. 코다는 "딱, 딱, 딱" 하고 이어지는 클릭 소리 묶음이다. 연구팀은 8,700개가 넘는 코다를 분석했다. 그 결과 소리를 이루는 기본 조각을 찾았다. 연구진은 이 기본 조각을 네 가지로 나누었다. 연구진은 이것을 '향유고래의 소리 문자'라고 불렀다. 사람 글자에서 자음과 모음을 나누는 것과 비슷하다. 고래는 소리의 빠르기와 박자를 바꾸어 뜻을 달리한다. 클릭을 더 붙여 뜻을 바꾸기도 한다. 학자들은 사람의 모음처럼 소리를 짜맞추는 규칙도 찾았다. 고래가 사람처럼 '아'나 '이' 소리를 낸다는 뜻은 아니다. 사람이 자음과 모음을 엮어 여러 낱말을 만들듯, 고래도 소리를 규칙대로 엮는다는 비유다 [14][15][16].

인공지능은 사라져 가는 동물을 지키는 데도 쓴다. 하와이까마귀가 그 예다. 이 새는 오래 갇혀 지내다가 야생으로 돌아왔다. 그 사이 무리의 소리 몇 가지를 잊지 않았는지 연구자들이 살핀다. 인공지능으로 옛 소리와 지금 소리를 견주어 본다. 잊은 소리를 되찾아 주려는 것이다. 지구종 프로젝트는 까마귀와 흰돌고래, 코끼리의 소리도 함께 연구한다. 여러 동물을 함께 살피면 소리의 공통된 규칙이 보인다.

우리는 지금 갈림길에 서 있다. 한쪽 길은 기만이다. 가짜 소리로 동물을 속이고 어지럽히는 길이다. 다른 한쪽 길은 보존이다. 조용히 귀 기울여 동물을 지키는 길이다. 이 두 길은 같은 기술 위에 나 있다. 어느 길로 갈지는 사람의 선택에 달렸다. 인공지능은 도구일 뿐이다. 소리를 듣는 힘이 커질수록 그 힘을 지키는 규칙도 커져야 한다. 힘이 세지면 그 힘을 다루는 법도 함께 배워야 한다. 우리가 오만을 내려놓고 귀를 열 때, 사람과 동물은 나란히 함께 살아갈 수 있다 [10][1].

근거자료

[1] Rutz, C., Bronstein, M., Raskin, A., Vernes, S. C., Zacarian, K., & Blasi, D. E. (2023). Using machine learning to decode animal communication. Science, 381(6654), 152-155. https://doi.org/10.1126/science.adg7314

[6] Earth Species Project. (2024). Introducing NatureLM-audio: An audio-language foundation model for bioacoustics. https://www.earthspecies.org/blog/introducing-naturelm-audio-an-audio-language-foundation-model-for-bioacoustics

[10] Rodríguez-Garavito, C. (2025). Listening to the more-than-human world: Legal and ethical principles for nonhuman animal communication technologies. More-Than-Human Life (MOTH) Program, NYU School of Law. https://www.law.nyu.edu/news/ideas/cesar-rodriguez-garavito-animal-communication-ai

[12] Earth Species Project. (2026, April 2). Animal language processing: An AI convergence in animal communication. https://earthspecies.org/2026/04/02/animal-language-processing-an-ai-convergence-in-animal-communication/

[13] Earth Species Project. (2026, July 22). Introducing alp-data: A shared data layer for animal language processing. https://earthspecies.org/2026/07/22/introducing-alp-data-a-shared-data-layer-for-animal-language-processing/

[14] Project CETI. (2024). Sperm whale phonetic alphabet proposed for the first time. https://www.projectceti.org/blog-posts/sperm-whale-phonetic-alphabet-proposed-for-the-first-time

[15] Sharma, P., Gero, S., Payne, R., et al. (2024). Contextual and combinatorial structure in sperm whale vocalisations. Nature Communications, 15, 3617. https://doi.org/10.1038/s41467-024-47221-8

[16] National Geographic. (2024). We're one step closer to understanding the sperm whale 'alphabet'. https://www.nationalgeographic.com/animals/article/sperm-whale-vowel-patterns-communication-discovery

제10장

비인간 인격체와 기계 보조적 권리

10.1 침묵에서 증언으로

사람의 법은 오랫동안 권리를 사람에게만 주었다. 회사처럼 사람들이 모여 만든 조직에도 권리를 주었다. 이런 조직을 법인(法人)이라고 부른다. 법인은 법으로 만든 가짜 사람이다. 회사나 학교가 여기에 든다. 법인은 사람이 아니지만 법 앞에서는 사람처럼 대접받는다 [3].

옛날 법은 한 가지를 믿었다. 자기 의무를 알고 약속을 맺을 수 있는 쪽만 권리를 가진다는 믿음이다. 동물은 말로 자기를 변호하지 못한다. 그래서 법은 동물을 권리의 주인으로 보지 않았다. 사람이 사고팔 수 있는 물건이자 재산으로 여겼다.

이 오래된 벽이 지금 흔들린다. 인공지능과 생체음향학이 힘을 합쳤기 때문이다. 생체음향학은 동물이 내는 소리를 연구하는 학문이다. 두 기술이 만나 동물의 속마음을 숫자로 보여 주기 시작했다 [2].

옛날에는 사람이 귀로만 동물 소리를 들었다. 그래서 놓치는 소리가 많았다. 지금은 바닷속에 소리 녹음기를 넓게 깔아 둔다. 프로젝트 CETI(Cetacean Translation Initiative)가 이 일을 한다. 우리말로 옮기면 고래 말 번역 계획이다. 이 계획은 향유고래의 소리를 오래 모아 왔다. 이렇게 모은 소리를 인공지능이 하나하나 살핀다. 사람이 놓친 규칙까지 컴퓨터가 찾아낸다 [4].

향유고래는 소리 조각인 코다(coda)를 주고받는다. 코다는 짧은 딸깍 소리를 여러 번 이어 붙인 소리다. 그 안에는 무리를 알려 주는 정체성 코다(identity coda)가 있다. 같은 가문끼리 나눠 쓰는 표시 같은 소리다. 향유고래는 이 소리로 같은 무리를 알아본다. 사람의 개인 이름과 똑같다고 보기는 어렵다. 반 전체가 함께 쓰는 학급 구호에 더 가깝다.

향유고래의 소리에는 규칙이 숨어 있다. 몇 개의 소리 단위를 이리저리 엮어 여러 형태를 만든다. 사람의 말도 같은 방식으로 움직인다. 몇 개의 자음과 모음을 엮어 수많은 낱말을 만든다. 다만 각 코다가 정확히 무슨 뜻인지는 아직 연구 중이다. 소리의 짜임새는 밝혀졌지만 뜻은 아직 다 풀리지 않았다.

사람의 뇌를 연구하는 학자들은 언어를 새롭게 풀이한다. 매사추세츠 공과대학교(MIT)의 에블리나 페도렌코(Evelina Fedorenko) 교수 연구팀이다. 이들은 2024년 학술지 네이처(Nature)에 연구를 실었다. 언어는 깊은 생각을 만드는 필수 조건이 아니라고 본다. 언어는 속마음을 남에게 전하는 도구일 뿐이라는 뜻이다. 생각과 말은 서로 다른 일이라는 이야기다. 말을 못 한다고 생각이 없다고 볼 수 없다 [1].

이 생각은 법의 오랜 고집을 흔든다. 동물이 사람과 같은 말을 못 한다고 지능을 무시할 수 없다. 동물도 자기 방식으로 정교한 소리를 주고받고 있었다. 인공지능은 사람이 못 본 소리의 규칙을 찾는 데 도움을 준다.

여기서 한 가지를 나눠서 보아야 한다. 소리에 규칙이 있다는 사실을 아는 것과 법을 바꾸는 것은 다른 일이다. 과학이 새 사실을 밝혀도 법은 바로 바뀌지 않는다. 사회의 합의와 오랜 토론과 새 판례가 있어야 법이 움직인다. 그래도 동물의 소리가 뜻을 담은 소통임이 드러나면 법도 달라진다. 법은 동물을 물건으로만 두기 어려워진다.

근거자료

[1] Fedorenko, E., Piantadosi, S. T., & Gibson, E. A. F. (2024). Language is primarily a tool for communication rather than thought. Nature, 630, 575-586. https://doi.org/10.1038/s41586-024-07522-w

[2] Sharma, P., Gero, S., Payne, R., Gruber, D. F., Rus, D., Torralba, A., & Andreas, J. (2024). Contextual and combinatorial structure in sperm whale vocalisations. Nature Communications, 15, 3617. https://doi.org/10.1038/s41467-024-47221-8

[3] Rodríguez-Garavito, C., Gruber, D. F., Nemeth, A. O., & Beguš, G. (2025). What if we understood what animals are saying? The legal impact of AI-assisted studies of animal communication. Ecology Law Quarterly, 52(1). https://doi.org/10.15779/Z383X83N5Q

[4] Project CETI. (2024, May 7). Sperm whale phonetic alphabet proposed for the first time. Project CETI. https://www.projectceti.org/blog-posts/sperm-whale-phonetic-alphabet-proposed-for-the-first-time

10.2 NYU MOTH 프로그램과 기계 보조적 권리

이 변화를 법으로 옮기려는 중심지가 있다. 뉴욕 대학교(NYU) 법학전문대학원의 인간 너머의 생명 프로그램이다. 영어로는 모스(MOTH, More Than Human Life)라고 부른다. 이 프로그램은 환경 법학자 세사르 로드리게스-가라비토(César Rodríguez-Garavito) 교수가 이끈다 [1].

가라비토 교수는 여러 학자와 함께 연구한다. 캘리포니아 대학교 버클리(UC Berkeley)의 가스페르 베구스(Gašper Beguš) 박사도 함께한다. 이들은 새로운 생각을 내놓았다. 인공지능이 풀어낸 동물의 소리를 법정 증거로 쓰자는 것이다. 이것을 기계 보조적 권리(Machine-Assisted Rights)라고 부른다. 아직 널리 쓰이는 말이 아니라 이들이 새로 낸 제안이다.

기계 보조적 권리를 쉽게 풀면 이렇다. 인공지능이 동물의 소통과 사는 환경을 읽는다. 사람 때문에 동물이 입는 피해를 숫자로 잰다. 그 숫자를 법정에 증거로 대신 내자는 것이다. 말 못 하는 동물을 대신하는 통역사이자 대리인인 셈이다. 어린이가 스스로 서류를 못 낼 때 어른이 대신 돕는 것과 닮았다.

이 방식은 법의 오래된 조건을 비껴가려 한다. 옛 법은 소송을 낼 자격을 사람에게만 주었다. 이 자격을 소송을 낼 수 있는 자격, 곧 원고적격이라고 한다. 동물은 이 자격을 얻지 못했다. 그래서 학자들은 인공지능이 잰 피해를 증거로 삼으려 한다. 그렇게 동물을 위해 법정 문을 두드리려는 것이다.

베구스 교수 연구팀은 큰 발견을 했다. 향유고래의 소리 속에서 포먼트(formant) 구조를 찾았다. 포먼트는 소리에서 힘이 몰려 유독 또렷하게 울리는 구간이다. 사람이 입 모양을 바꿔 모음을 낼 때 생기는 것과 닮았다. 연구팀은 2025년 발표에서 향유고래 코다에 아(a) 코다와 이(i) 코다가 있다고 밝혔다. 사람의 모음처럼 서로 다른 소리다 [2].

그런데 인공지능이 되살린 소리 지도는 슬픈 사실도 알렸다. 큰 배의 스크루 소리와 자원 탐사용 폭발음이 바다를 채운다. 이런 소리를 사람이 만든 바다 소음이라고 한다. 2021년 학술지 사이언스(Science)에 실린 연구가 이를 다뤘다. 산업이 발전한 뒤로 바

다가 크게 시끄러워졌다는 내용이다. 선박 소음이 향유고래의 코다 구조에 영향을 줄수 있다는 연구도 있다 [3].

MOTH 프로그램은 이 피해를 법정 증거로 쓸 수 있다고 주장한다. 소리의 뜻을 완벽히 번역하지 못해도 된다는 것이다. 향유고래 무리의 소통이 얼마나 망가졌는지 숫자로 보이면 된다는 생각이다. 소리가 일그러진 그래프 자체를 증거로 삼자는 것이다. 그러면 법원이 배의 항로를 돌리게 하거나 군사용 음파 장치를 막을 수 있다고 본다. 이 주장은 향유고래에게 두 가지 권리를 말한다. 고통에서 벗어날 권리와 문화를 지킬 권리다 [4].

이 생각은 이미 있는 법도 튼튼하게 한다. 미국에는 사라질 위기에 놓인 동물을 지키는 법이 있다. 바다에 사는 포유류를 지키는 법도 따로 있다. 인공지능이 잰 피해 수치는 이 법을 실제로 지키게 만드는 힘이 된다. 새 권리를 세우기 전에도 지금 있는 법을 더 강하게 쓸 수 있다는 뜻이다.

여기서도 나눠서 보아야 한다. 소리가 망가진 것을 아는 일과 법을 바꾸는 일은 다르다. 증거를 법정에 실제로 낸 소송이 있는지는 아직 확인되지 않았다. 학자들은 그렇게 쓸 수 있다고 제안하는 단계다.

근거자료

[1] Rodríguez-Garavito, C., Gruber, D. F., Nemeth, A. O., & Beguš, G. (2025). What if we understood what animals are saying? The legal impact of AI-assisted studies of animal communication. Ecology Law Quarterly, 52(1). https://doi.org/10.15779/Z383X83N5Q

[2] Beguš, G., Sprous, C., Lebanidze, T., Gero, S., & Andreas, J. (2025). Vowel- and diphthong-like spectral patterns in sperm whale codas. Open Mind, 9, 1849-1874. https://doi.org/10.1162/OPMI.a.252

[3] Duarte, C. M., Chapuis, L., Collin, S. P., et al. (2021). The soundscape of the Anthropocene ocean. Science, 371(6529), eaba4658. https://doi.org/10.1126/science.aba4658

[4] Surma, K. (2025, October 29). AI is decoding whales' communications. Could that be a turning point in the push for their rights? Inside Climate News. https://insideclimatenews.org/news/29102025/ai-sperm-whale-communications-legal-rights/

10.3 카리브해의 증언과 원주민의 지혜

비인간 인격체 논의는 서구 학자들의 컴퓨터 안에만 머물지 않는다. 비인간 인격체는 사람이 아니면서 법이 보호할 수 있는 존재를 말한다. 이 논의는 오랫동안 바다를 지켜 온 원주민의 지혜와 만나 크게 자랐다 [2].

2024년 3월 28일 태평양 쿡 제도(Cook Islands)의 라로통가에서 역사적인 일이 있었다. 마오리족 왕과 쿡 제도의 지도자들이 한자리에 모였다. 타히티와 통가와 하와이의 지도자들도 함께했다. 이들은 고래를 권리를 가진 독립된 주체로 인정했다. 사람이 아니면서 법이 보호하는 존재로 선언한 것이다. 이 공동 선언의 이름이 헤 화카푸탕가 모아나(He Whakaputanga Moana), 곧 대양 선언이다. 이 선언은 2026년 2월 뉴질랜드 와이탕이에서 다시 널리 알려졌다 [1][4].

이 선언은 고래를 느끼는 존재로 인정한 첫 원주민 주도 선언이다. 선언은 고래에게 자유롭게 헤엄칠 권리와 건강한 바다에서 살 권리를 말한다.

이 선언은 전통 생태 지식에 뿌리를 둔다. 전통 생태 지식이란 자연을 함께 사는 친족으로 보는 오래된 지식이다. 원주민은 이 지식을 오랜 세월 전해 왔다. 이들은 고래의 노래가 우연한 소음이 아님을 알고 있었다. 그 노래가 바다의 기억과 가문의 역사를 실어 나른다고 믿었다.

현대의 인공지능은 이 오랜 직관과 같은 방향을 가리킨다. 프로젝트 CETI는 카리브해 도미니카 앞바다의 고래를 오래 지켜봤다. 연구팀은 이 고래들의 코다를 인공지능으로 살폈다. 몇 개의 특징을 엮으면 구별할 수 있는 코다가 크게 늘어났다. 예전에는 코다 유형을 스물한 가지쯤으로 보았다. 그런데 조합 방식을 밝히자 구별 가능한 형태가 백 가지가 넘었다. 사람이 적은 글자로 많은 낱말을 만드는 것과 닮았다. 원주민이 노래로 뜻을 실어 나른다고 믿어 온 것과도 통한다 [3].

쿡 제도의 지도자들은 오래전부터 고래를 친족으로 여겼다. 고래를 바다의 큰 어른으로 대접했다. 이런 마음은 과학이 나오기 훨씬 전부터 있었다. 이제 인공지능이 그 마음에 숫자라는 근거를 보탠다.

이에 원주민과 과학자는 새로운 방식을 함께 만들었다. 인공지능의 계산과 원주민의 바다 지식을 나란히 놓는 방식이다. 여기서 원주민은 보조 연구원이 아니다. 인공지능을 설계할 때부터 함께 결정하는 주인공이다. 과학자와 원주민이 대등하게 손잡고 바다를 지킨다.

이런 합의는 한 나라 안에만 머물지 않는다. 대양은 여러 나라의 바다에 걸쳐 있기 때문이다. 고래는 국경을 모르고 넓은 바다를 오간다. 그래서 한 나라의 법만으로는 고래를 다 지킬 수 없다. 대양 선언은 여러 나라와 부족이 함께 손잡는 첫걸음이다.

근거자료

[1] He Whakaputanga Moana. (2024, March 28). Whale protection and legal personhood declaration. Rarotonga, Cook Islands. https://www.whaledeclaration.com/

[2] Rodríguez-Garavito, C., Gruber, D. F., Nemeth, A. O., & Beguš, G. (2025). What if we understood what animals are saying? The legal impact of AI-assisted studies of animal communication. Ecology Law Quarterly, 52(1). https://doi.org/10.15779/Z383X83N5Q

[3] Sharma, P., Gero, S., Payne, R., Gruber, D. F., Rus, D., Torralba, A., & Andreas, J. (2024). Contextual and combinatorial structure in sperm whale vocalisations. Nature Communications, 15, 3617. https://doi.org/10.1038/s41467-024-47221-8

[4] Inside Climate News. (2026, February 5). How a 'powerful vision' on whales and oceans could change worldviews. Inside Climate News. https://insideclimatenews.org/news/05022026/maori-scientist-daniel-hikuroa-legal-rights-of-whales/

10.4 종의 진화할 권리

인공지능이 열어젖힌 이 길의 끝에는 더 큰 생각이 있다. 항로를 돌리라는 명령을 넘어서는 생각이다. 비인간 지성이 스스로 미래로 나아갈 권리다. 일부 학자들은 이를 종의 진화할 권리라고 부른다. 아직 법으로 정해진 권리가 아니라 학자들의 제안이다 [1].

사람의 말은 오랜 세월에 걸쳐 자랐다. 몇 개의 소리에서 시작해 복잡한 문법으로 영글었다. 동물의 소리 문화도 멈춰 있는 박제가 아니다. 세대를 거치며 배우고 따라 하고 바꾸며 자라는 살아 있는 자산이다. 지역마다 고래 노래가 조금씩 다른 까닭도 여기에 있다. 사람의 말이 지역마다 사투리로 갈리는 것과 비슷하다 [3].

향유고래 어머니를 보면 이것을 알 수 있다. 어머니는 갓 태어난 새끼에게 무리의 소리를 가르친다. 새끼는 옹알이처럼 서툰 소리로 오래 흉내 낸다. 아기가 말을 배우며 서툴

게 따라 하는 모습과 닮았다. 향유고래의 소리가 태어날 때 새겨진 본능이 아니라는 뜻이다. 세대에서 세대로 이어지는 문화 유산인 것이다. 사람이 책과 노래를 물려주듯 고래는 소리를 물려준다.

그런데 사람이 바다에 쏟아 낸 소음이 이 배움을 막는다. 산업 소음과 밤낮없는 군사 폭발음이 바다를 채운다. 어린 고래는 부모의 소리를 제대로 듣지 못한다. 소리를 배우는 중요한 높낮이 대역이 뒤엉키기 때문이다. 교실이 시끄러우면 선생님 말이 안 들리는 것과 같다. 이것은 한 마리를 해치는 일에 그치지 않는다. 한 무리의 문화와 기억의 맥을 끊는 일이다 [2].

그래서 일부 생태철학자와 법학자들은 한 가지를 주장한다. 동물이 소리를 안전하게 배우고 이어 갈 권리를 지켜 주자는 것이다. 이때 동물이 사는 세계를 저마다의 감각으로 느끼는 고유한 세계라고 부른다. 박쥐가 느끼는 세계와 고래가 느끼는 세계는 서로 다르다. 사람의 소음이나 가짜 소리 없이 스스로 자랄 권리를 세우자는 제안이다. 이것은 아직 법이 아니라 학자들의 논의 단계다.

인공지능이 만든 가짜 고래 소리도 조심해야 한다. 사람이 함부로 튼 가짜 소리는 새끼의 배움을 헷갈리게 한다. 그래서 이 제안에는 가짜 소리를 막을 몫도 들어간다. 잘못 쓰면 좋은 기술도 새로운 소음이 될 수 있다. 통역기는 고래의 세계를 엿듣는 도구여야 한다. 고래의 세계를 어지럽히는 도구가 되어서는 안 된다.

바다의 소음은 줄이면 빠르게 잦아든다. 2021년 사이언스 연구는 이 점을 밝혔다. 소음은 그 자리에서 나오므로 원인을 줄이면 바다가 곧 조용해진다. 우리가 상업 소음을 줄이면 고래는 다시 서로의 소리를 또렷이 들을 수 있다.

근거자료

[1] Rodríguez-Garavito, C., Gruber, D. F., Nemeth, A. O., & Beguš, G. (2025). What if we understood what animals are saying? The legal impact of AI-assisted studies of animal communication. Ecology Law Quarterly, 52(1). https://doi.org/10.15779/Z383X83N5Q

[2] Duarte, C. M., Chapuis, L., Collin, S. P., et al. (2021). The soundscape of the Anthropocene ocean. Science, 371(6529), eaba4658. https://doi.org/10.1126/science.aba4658

[3] Sharma, P., Gero, S., Payne, R., Gruber, D. F., Rus, D., Torralba, A., & Andreas, J. (2024). Contextual and combinatorial structure in sperm whale vocalisations. Nature Communications, 15, 3617.

https://doi.org/10.1038/s41467-024-47221-8

10.5 새로운 증거들과 다음 이야기

이 분야는 지금도 빠르게 자란다. 해마다 새 연구가 나오고 새 도구가 등장한다. 몇 해 전에는 상상하기 어려웠던 일들이다 [1].

버클리와 프로젝트 CETI의 연구가 좋은 예다. 앞서 본 대로 연구팀은 향유고래 코다에서 모음 같은 소리를 찾았다. 2026년에는 왕립학회보 B(Proceedings of the Royal Society B)에 후속 연구가 실렸다. 향유고래의 모음 같은 소리가 사람의 모음처럼 규칙을 따른다는 내용이다. 향유고래가 사람처럼 소리를 만든다는 증거가 더 단단해졌다.

지구종 프로젝트(Earth Species Project)는 다른 길을 연다. 이 단체는 네이처엘엠-오디오(NatureLM-audio)라는 인공지능을 만들었다. 동물 소리를 위한 첫 큰 소리 언어 모델이다. 이 모델은 소리만 듣고 어떤 동물인지 맞힌다. 녹음 속에 동물이 몇 마리 있는지도 세어 낸다. 배운 적 없는 동물의 소리도 어느 정도 알아본다 [2].

2026년 이 단체는 연구 방식을 넓혔다. 한 종만 좁게 파는 대신 여러 종의 소리를 한꺼번에 모아 본다. 이렇게 컴퓨터로 여러 동물의 소리를 함께 분석하는 방법을 넓혀 간다. 2026년 7월에는 이를 위한 공용 자료실인 alp-data를 공개했다. 세계의 연구자가 같은 자료를 나눠 쓰는 바탕이다. 도서관에서 누구나 같은 책을 빌려 보는 것과 비슷하다 [3].

2026년 3월 프로젝트 CETI는 새 연구 두 편을 냈다. 하나는 향유고래의 출산을 자세히 기록한 연구다. 바닷속 출산을 이만큼 촘촘히 담은 기록은 처음이다. 다른 하나는 무리가 출산을 돕는 모습을 밝혔다. 어미가 새끼를 낳을 때 다른 고래들이 곁에서 지켜 준다. 영장류가 아닌 동물에게서 이런 협동 돌봄을 자세히 보인 연구다. 이런 행동을 보고 고래의 권리를 이야기하는 학자들이 있다. 복잡한 사회성과 돌봄 행동이 권리 논의의 참고 자료가 될 수 있다는 것이다. 다만 서로 돕는 행동을 곧바로 법적 의무로 보기는 어렵다. 고래가 친구를 돕는 것과 사람이 법을 지키는 것은 다른 일이다 [4].

법이 동물을 사람처럼 대하기까지는 갈 길이 멀다. 지금까지 여러 나라의 법원은 동물의 소송 자격을 잘 인정하지 않았다. 2022년 미국 뉴욕주 법원의 판결이 그 예다. 동물

권리 단체가 코끼리 해피(Happy)를 위해 소송을 냈다. 좁은 우리에서 풀어 달라는 소송이었다. 법원은 이를 받아들이지 않았다. 사람을 위한 제도를 코끼리에게 그대로 쓸 수 없다는 이유였다. 이처럼 사실을 아는 것과 법을 바꾸는 것은 다른 일이다 [5].

이 모든 증거는 한 방향을 가리킨다. 동물의 소리가 소음이 아니라 뜻을 담은 소통이라는 사실이다. 증거가 쌓일수록 법은 동물을 물건으로 두기 어려워진다. 과학이 앞서 걷고 법이 그 뒤를 천천히 따라간다. 인공지능은 동물의 목소리를 법정으로 옮기는 통역사가 되어 간다. 지구의 생명을 통역하는 일이 그들의 권리를 세우는 일과 이어진다.

근거자료

[1] Beguš, G., Sprous, C., Lebanidze, T., Gero, S., & Andreas, J. (2026). The phonology of sperm whale coda vowels. Proceedings of the Royal Society B, 293(2044). https://doi.org/10.1098/rspb.2025.2994

[2] Robinson, D., Miron, M., Hagiwara, M., Weck, B., Keen, S., Alizadeh, M., Narula, G., Geist, M., & Pietquin, O. (2025). NatureLM-audio: An audio-language foundation model for bioacoustics. International Conference on Learning Representations (ICLR) 2025. https://arxiv.org/abs/2411.07186

[3] Earth Species Project. (2026, July 22). Introducing alp-data: A shared data layer for animal language processing. Earth Species Project. https://earthspecies.org/2026/07/22/introducing-alp-data-a-shared-data-layer-for-animal-language-processing/

[4] Project CETI. (2026, March). Studies documenting rare sperm whale birth and ancient cooperative care released. EurekAlert! https://www.eurekalert.org/news-releases/1120823

[5] Nonhuman Rights Project, Inc. v. Breheny. (2022). 38 N.Y.3d 555, New York Court of Appeals. https://www.nycourts.gov/ctapps/Decisions/2022/Jun22/52opn22-Decision.pdf

에필로그

인터스피시즈 인터넷과 공존의 지구

E.1 향유고래의 클릭 소리와 심해의 알파벳

바다 깊은 곳은 늘 어둡다. 햇빛이 닿지 않는 수천 미터 아래는 캄캄한 밤과 같다. 그 어둠 속에서 향유고래는 소리로 세상을 본다. 향유고래는 이마에서 딱딱 하는 소리를 쏘아 보낸다. 이 짧은 소리 하나를 클릭(click)이라고 한다 [3].

향유고래는 클릭을 여러 개 이어서 낸다. 이렇게 이어진 소리 묶음을 코다(coda)라고 한다 [2, 3]. 클릭은 소리 하나이고, 코다는 그 클릭을 여러 개 묶은 소리 다발이다. 코다는 클릭을 3개에서 40개쯤 이어 만든다. 사람의 귀에는 코다가 그저 똑같은 딱딱 소리로만 들린다. 오랫동안 사람은 이 소리를 뜻 없는 소음으로 여겼다 [2].

그러나 인공지능이 이 소리를 다시 들었다. 프로젝트 세티(Project CETI)라는 연구팀이 나섰다. 세티는 고래의 말을 풀려는 여러 나라 학자들의 모임이다. 이 팀의 프라티유샤 샤르마(Pratyusha Sharma) 연구원과 제이콥 안드레아스(Jacob Andreas) 교수가 소리를 분석했다. 도미니카 향유고래를 오래 지켜본 셰인 게로(Shane Gero) 박사도 함께했다 [1].

연구팀은 아주 많은 소리를 모아 살폈다. 향유고래 코다 8,719개를 하나하나 들여다보았다. 그 속에서 코다를 이루는 네 가지 기본 요소를 찾았다. 소리의 리듬과 빠르기, 그리고 덧붙이는 작은 클릭 같은 것들이다. 이 요소들을 이리저리 바꾸면 서로 다른 코다가 만들어진다.

인공지능은 똑같아 보이던 클릭 속에서 규칙을 찾아냈다. 향유고래는 클릭 사이의 간격을 조금씩 늘였다 줄였다 한다. 소리의 빠르기도 바꾼다. 클릭 묶음 앞뒤에 작은 소리를 덧붙이기도 한다. 이 작은 차이들이 모여 서로 다른 소리 구조를 만든다.

향유고래는 소리의 빠르기도 매만진다. 같은 코다를 조금 늘여서 내기도 한다. 조금 당겨서 빠르게 내기도 한다. 노래를 부를 때 박자를 늘였다 줄였다 하는 것과 닮았다. 이 작은 늘이고 당김도 소리를 바꾸는 열쇠가 된다.

새 연구는 여기서 한 걸음 더 갔다. 학자들은 코다 속에서 어떤 높이의 울림이 세게 나는지 살폈다. 사람이 '아'와 '이' 모음을 낼 때도 세게 울리는 자리가 있다. 향유고래 코다에서도 그런 자리가 나타났다. 세티 팀은 이런 고래 모음 두 가지를 찾았다. 사람이 내는 '아'와 '이' 소리와 비슷하다 [4].

향유고래는 어떻게 이런 모음을 낼까. 향유고래는 머리 안쪽 소리 입술에서 소리를 만든다. 그 소리를 머리 속 공기주머니로 다듬는다. 사람이 목청에서 소리를 내고 입 모양을 바꿔 모음을 만드는 것과 닮았다. 소리를 만드는 곳과 다듬는 곳이 나뉘어 있는 셈이다.

연구팀은 향유고래가 약 156가지의 서로 다른 코다를 낸다고 밝혔다. 이 코다들은 낱글자가 아니다. 리듬과 빠르기 같은 몇 가지 요소를 엮어 만든 소리 묶음이다. 적은 재료로 많은 소리를 짓는 솜씨가 심해에도 있었던 것이다. 다만 각 코다가 무슨 뜻인지는 아직 밝혀지지 않았다. 연구팀은 소리의 구조를 찾았을 뿐이다.

같은 코다도 무리마다 조금씩 다르다. 사람의 사투리와 비슷하다. 한 무리 안에서는 서로 소리를 겹쳐 내며 장단을 맞춘다. 한 고래가 소리를 내면 다른 고래가 곧바로 소리를 이어 붙인다. 이렇게 향유고래는 대화의 흐름을 함께 만든다.

어떤 코다는 이름표 같은 구실을 한다. 향유고래는 큰 가족 무리를 이루어 산다. 무리마다 즐겨 쓰는 코다가 따로 있다. 이 코다를 들으면 어느 무리의 고래인지 알 수 있다. 사람이 사투리로 고향을 짐작하는 것과 닮았다.

이렇게 작은 차이가 쌓여 소리를 이룬다는 점이 중요하다. 향유고래는 몇 가지 소리 요소를 이리저리 엮는다. 그 엮는 방식에 따라 서로 다른 코다가 만들어진다. 사람이 몇 개의 자모로 수많은 낱말을 만드는 것과 닮았다. 심해에도 이런 짜임새가 숨어 있었던 것이다.

이 소리를 잡으려면 좋은 녹음 장치가 필요하다. 세티 팀은 고래 몸에 붙이는 작은 녹음기를 만들었다. 이 장치는 고래의 소리와 함께 물속 상황도 기록한다. 어떤 상황에서 어떤 소리를 냈는지 함께 봐야 뜻을 풀 수 있기 때문이다. 사람이 인공지능이라는 새 도구를 얻고 나서야 심해의 알파벳이 보였다.

근거자료

[1] Sharma, P., Gero, S., Payne, R., Gruber, D. F., Rus, D., Torralba, A., & Andreas, J. (2024). Contextual and combinatorial structure in sperm whale vocalisations. Nature Communications, 15, 3617. https://doi.org/10.1038/s41467-024-47221-8

[2] Oceanographic. (2026). Scientists listen in on sperm whale communication with new tech. Oceanographic Magazine. https://oceanographicmagazine.com/news/scientists-listen-in-on-sperm-whale-communication-with-new-tech/

[3] Project CETI. (2026). Research. Project CETI. https://www.projectceti.org/research/index

[4] Kemeny, R. (2026, April 14). We're one step closer to understanding the sperm whale 'alphabet'. National Geographic. https://www.nationalgeographic.com/animals/article/sperm-whale-vowel-patterns-communication-discovery

E.2 사람만 말을 한다는 생각을 넘어서

오랫동안 사람은 스스로를 특별하게 여겼다. 지구에서 말을 하고 뜻을 나누는 것은 사람뿐이라고 믿었다. 사람의 말과 닮지 않은 동물 소리는 그저 소음으로 보았다. 이렇게 사람만 특별하다고 믿는 생각이 오래 이어졌다 [1].

이 믿음은 오랜 벽처럼 단단했다. 그 벽 때문에 동물의 소리는 어둠 속에 묻혀 있었다. 사람은 이웃 생명들이 무슨 생각을 하는지 들으려 하지 않았다. 그동안 얼마나 많은 이야기가 그냥 흘러갔을지 우리는 알지 못한다.

이 벽은 사람의 말투로 동물을 재던 버릇에서 자랐다. 사람은 낱말과 문장이 있어야 말이라고 여겼다. 그 틀에 맞지 않는 소리는 뜻이 없다고 밀어냈다. 그러나 동물의 소리는 사람의 말 틀에 맞출 까닭이 없다. 저마다 다른 몸과 다른 삶에서 나온 소리이기 때문이다.

인공지능이 이 벽을 조금씩 허물고 있다 [3, 4]. 인공지능은 동물의 소리를 생각 지도 위에 정리한다. 학자들은 이 지도를 잠재 공간(latent space)이라고 부른다. 이 지도에서는 소리가 비슷하면 점도 가까이 모인다. 소리가 다르면 점도 멀리 떨어진다 [4].

학자들은 사람의 말 지도와 동물의 소리 지도를 나란히 놓아 보았다. 두 지도는 서로 아주 먼 남남이 아니었다. 지도의 모양을 맞추어 겹치면 비슷한 자리가 나타났다. 사람의 어떤 낱말과 동물의 어떤 신호가 같은 자리에 놓이기도 했다.

여기에는 재미있는 방법이 숨어 있다. 두 지도를 겹칠 때 미리 만든 번역표가 필요 없다. 학자들은 두 지도의 생김새만 보고 서로 맞는 자리를 찾는다. 종이 두 장을 겹쳐 창에 대고 무늬를 맞추는 것과 비슷하다. 이런 모양 맞춰 겹치기를 학자들이 지금 시험하고 있다.

이런 연구를 이끄는 학자들이 있다. 미국의 언어학자 가슈페르 베구시(Gašper Beguš)는 동물 소리의 규칙을 인공지능으로 찾는다. 이들은 사람의 말 규칙을 동물에게 억지로 씌우지 않는다. 소리 그 자체의 모양에서 규칙이 스스로 드러나기를 기다린다.

여기서 새 생각이 자란다. 동물은 사람의 말을 기다리는 대상이 아니다. 동물은 저마다 자기 세상을 느끼고 그 세상을 소리로 그려 온 짝이다. 동물이 자기 감각으로 느끼는 세상을 움벨트(Umwelt)라고 한다. 박쥐는 소리로 세상을 보고, 개는 냄새로 세상을 읽는다. 고래에게는 고래의 세상이 있고, 새에게는 새의 세상이 있다.

이 겹치기 방법은 어려운 상황에서 힘을 낸다. 사람과 동물 사이에는 미리 만든 사전이 없다. 낱말을 짝지어 놓은 표도 없다. 그런데도 인공지능은 두 지도의 모양만 보고 짝을 찾으려 한다. 서로 다른 세상을 이어 붙이는 새 다리가 될 수 있다.

그래서 우리는 동물의 소리를 사람 말 아래에 두어서는 안 된다. 동물의 생각과 가락을 나란히 존중하는 마음이 필요하다. 모든 생명의 소리를 똑같이 소중하게 여기는 마음이다. 사람이 지구의 한 식구로 자라려면 먼저 이 마음을 가져야 한다 [2].

근거자료

[1] Rodríguez-Garavito, C. (2026, February 19). AI-enabled decoding of whale communication could bolster animal rights. NYU School of Law Ideas. https://www.law.nyu.edu/news/ideas/cesar-rodriguez-garavito-animal-communication-ai

[2] MOTH - More Than Human Life. (2026). MOTH x CETI: Exploring how understanding sperm whale communications can be a force for good. mothrights.org. https://mothrights.org/news/moth-x-ceti-exploring-how-understanding-sperm-whale-communications-can-be-a-force-for-good/

[3] Bioneers. (2026). The quest to decode whale-speak. Bioneers. https://bioneers.org/the-quest-to-decode-whale-speak/

[4] Rutz, C., Bronstein, M., Raskin, A., Vernes, S. C., Zacarian, K., & Blasi, D. E. (2023). Using machine learning to decode animal communication. Science, 381(6654), 152-155. https://doi.org/10.1126/science.adg7314

E.3 지구 생명을 잇는 종간 인터넷

사람 사이에는 인터넷이 있다. 인터넷은 멀리 있는 사람끼리 소식을 주고받게 잇는 그물이다. 그런데 지구에는 사람만 사는 것이 아니다. 고래와 코끼리, 새와 꿀벌, 나무까지 함께 산다. 이들 생명을 하나로 잇자는 꿈이 있다. 이 꿈을 종간 인터넷(Interspecies Internet)이라고 부른다 [1].

이 꿈은 2013년에 처음 나왔다. 인터넷을 만든 빈트 서프(Vint Cerf)와 음악가 피터 가브리엘(Peter Gabriel)이 앞장섰다. 학자 닐 거센펠드(Neil Gershenfeld)와 다이애나 라이스(Diana Reiss)도 함께했다. 이들은 인터넷을 사람만의 것으로 두지 말자고 했다. 동물에게도 그 그물을 열어 주자는 생각이었다.

종간 인터넷은 동물의 소리를 앱으로 번역하는 데서 그치지 않는다. 지구의 모든 생명이 서로의 소식과 위험을 나누는 큰 그물을 뜻한다. 사람의 신경이 몸 구석구석을 잇듯이, 이 그물은 온 지구의 생명을 잇는다.

사실 이런 연결의 조각들은 자연 속에 이미 있다. 여러 동물은 다른 종의 경고 소리를 엿듣는다. 미어캣이 위험을 알리면 곁의 다른 동물이 그 소리를 알아듣고 함께 피한다. 과학자들은 이런 엿듣기를 70종이 넘는 동물에게서 확인했다. 서로 다른 동물이 같은 위험 정보를 나누는 셈이다 [2].

돌고래도 이런 나눔을 보여 준다. 돌고래는 무리와 무리가 바다에서 만날 때 휘파람을 주고받는다. 저마다 다른 이 휘파람은 이름표 같은 구실을 한다. 소리로 서로가 누구인지 확인하는 것이다. 눈에 보이지 않는 이 소리의 길이 이미 하나의 그물을 이룬다 [3].

이 그물은 소리만 잇는 것이 아니다. 나무와 풀도 신호를 낸다. 물이 마르면 토마토와 담배 같은 식물은 사람 귀에 안 들리는 소리를 낸다. 스트레스를 받은 식물 한 그루는 한 시간에 30번에서 50번쯤 딱딱 소리를 낸다. 인공지능은 이런 소리를 모아 식물의 상태를 읽어 낼 수 있다 [4].

인공지능은 이런 조각들을 이어 붙이는 일을 돕는다. 새로 나올 통신망도 힘을 보탤 수 있다. 6G라는 통신망은 전파를 물체에 튕겨 주변 움직임을 읽을 수 있다. 통신망을 감지기로 삼는 이 생각을 네트워크 센서(network as a sensor)라고 한다. 다만 이 기술을 동물 소통망에 잇는 일은 아직 가능성일 뿐이다 [5].

이 그물을 잘 쓰면 자연을 지킬 수 있다. 열대우림에서 나무를 함부로 베기 시작한다고 하자. 흩어지는 새들의 움직임과 식물의 이상 신호가 그물을 타고 중앙으로 모인다. 사람이 곧바로 그 소식을 받고 멈출 수 있다. 종간 인터넷은 감시가 아니라 함께 사는 도구가 될 수 있다. 지구의 생명이 서로의 위험을 나누고 서로를 돌보는 큰 신경망이 되는 것이다.

근거자료

[1] Interspecies Internet. (n.d.). About. Interspecies Internet. https://www.interspecies.io/about

[2] Magrath, R. D., Haff, T. M., Fallow, P. M., & Radford, A. N. (2015). Eavesdropping on heterospecific alarm calls: from mechanisms to consequences. Biological Reviews, 90(2), 560-586. https://doi.org/10.1111/brv.12122

[3] Quick, N. J., & Janik, V. M. (2012). Bottlenose dolphins exchange signature whistles when meeting at sea. Proceedings of the Royal Society B, 279(1738), 2539-2545. https://doi.org/10.1098/rspb.2011.2537

[4] Khait, I., Lewin-Epstein, O., Sharon, R., et al. (2023). Sounds emitted by plants under stress are airborne and informative. Cell, 186(7), 1328-1336. https://doi.org/10.1016/j.cell.2023.03.009

[5] Nokia Bell Labs. (n.d.). Network as a sensor. Nokia. https://www.nokia.com/bell-labs/research/6g-networks/6g-technologies/network-as-a-sensor/

E.4 새 도구가 밝힌 것들: 자연의 말을 배우는 인공지능

인공지능은 동물 소리를 배우는 쪽으로도 나아갔다. 지구종 프로젝트(Earth Species Project)가 새 인공지능을 내놓았다. 이름은 네이처엘엠 오디오(NatureLM-audio)다. 이것은 동물 소리를 위해 만든 첫 대형 소리 인공지능이다. 2024년 11월에 처음 공개했고, 2025년 국제 학회(ICLR)에서 정식으로 소개했다 [1].

이 인공지능은 여러 일을 한꺼번에 한다. 소리를 듣고 어떤 동물인지 알아맞힌다. 그 동물이 새끼인지 어른인지도 가려낸다. 소리의 종류를 나누고, 소리에 설명을 붙인다. 녹음 속에 동물이 몇 마리 있는지 세기도 한다.

사람이 안 가르친 일을 해낸 점이 눈에 띈다. 보통 인공지능은 배운 일만 할 수 있다. 그런데 이 인공지능은 많은 소리를 익히는 동안 새 재주를 스스로 얻었다. 몇 마리인지 세는 일도 처음부터 배운 것이 아니다. 많이 듣다 보니 저절로 할 수 있게 된 것이다.

지구종 프로젝트는 여러 동물의 말을 함께 살핀다. 지금은 까마귀와 흰돌고래, 코끼리의 소리를 파고들고 있다. 세계 곳곳의 생물학자들과 손을 잡고 자료를 모은다. 한 종만 보지 않고 여러 종을 나란히 보는 것이 이 팀의 방식이다.

2026년 7월에는 새 도구가 하나 더 나왔다. 이름은 에이엘피 데이터(alp-data)다. 여러 동물의 소리 자료를 한곳에 모은 도구다. 새소리와 고래 소리, 벌레 소리 자료 35가지를 담았다. 이제 학자들은 여러 동물의 소리를 한 창구에서 꺼내 쓸 수 있다 [2].

지구종 프로젝트는 이 흐름을 동물 언어 처리(Animal Language Processing)라고 부른다. 동물 소통을 인공지능으로 연구하는 방법이다. 사람의 말 규칙을 동물에게 그대로 씌우지 않는다. 동물마다 소통 방식이 다를 수 있음을 먼저 인정한다. 그 위에서 인공지능이 자료로 규칙을 찾는다 [3].

이 팀은 사람들의 생각도 물어보았다. 2025년에 세계 67개국 1,057명에게 물었다. 많은 사람이 동물의 말을 알게 되는 일을 반겼다. 그러면서 동물을 함부로 다루면 안 된다는 걱정도 내놓았다. 기술이 자라는 만큼 조심하는 마음도 자라는 것이다 [4].

이 새 도구들은 학자들의 일하는 방식을 바꾼다. 예전에는 한 학자가 한 동물만 오래 파고들었다. 자료도 저마다 다른 모양으로 흩어져 있었다. 이제는 여러 동물의 자료를 한 창구에서 함께 본다. 나뉘어 있던 연구들이 하나의 큰 흐름으로 모이는 것이다.

다음 목표로 소리 재생 시험이 있다. 인공지능이 만든 소리로 동물에게 말을 걸어 보는 시험이다. 이 계획은 주로 프로젝트 세티(Project CETI)가 밝혔다. 지구종 프로젝트는 소리를 함부로 들려주기보다 자료를 모으고 살피는 일에 힘을 쏟는다. 사람이 만든 소리를 동물이 알아듣는지는 아직 확인되지 않았다 [5].

근거자료

[1] Earth Species Project. (2024, November 11). Introducing NatureLM-audio: An audio-language foundation model for bioacoustics. Earth Species Project. https://earthspecies.org/2024/11/11/introducing-naturelm-audio-an-audio-language-foundation-model-for-bioacoustics/

[2] Earth Species Project. (2026, July 22). Introducing alp-data: A shared data layer for animal language processing. Earth Species Project. https://earthspecies.org/2026/07/22/introducing-alp-data-a-shared-data-layer-for-animal-language-processing/

[3] Earth Species Project. (2026, April 2). Animal language processing: An AI convergence in animal communication. Earth Species Project. https://earthspecies.org/2026/04/02/animal-language-processing-an-ai-convergence-in-animal-communication/

[4] Earth Species Project. (2025, September 29). What the world thinks about AI and animal communication: Findings from our first global survey. Earth Species Project. https://earthspecies.org/2025/09/29/what-the-world-thinks-about-ai-and-animal-communication-findings-from-our-first-global-survey/

[5] Project CETI. (2026). Research. Project CETI. https://www.projectceti.org/research/index

E.5 조심스럽게 듣기: 책임 있는 도구와 공존의 약속

새 도구는 힘이 세다. 힘이 센 도구는 잘못 쓰면 해가 된다. 인공지능은 이제 동물 소리를 똑같이 만들어 낼 수 있다. 이 힘을 나쁘게 쓰면 동물을 속일 수도 있다. 가짜 소리로 야생 동물을 꾀어내는 일을 생각해 보자. 밀렵꾼이 가짜 소리로 사냥에 나설 수도 있다 [1][2].

그래서 우리는 세 가지 약속을 지켜야 한다.

첫째, 함부로 끼어들지 않는 약속이다. 동물 무리는 오랜 세월 자기만의 소리 문화를 쌓아 왔다. 사람이 장사나 지배를 위해 가짜 소리를 넣어 그 질서를 흐트러뜨려서는 안 된다. 인공지능은 동물의 소리를 빼앗는 무기가 아니다. 동물의 문화를 그들 뜻대로 지키는 도구여야 한다.

왜 이런 약속이 필요할까. 사람은 오래도록 자연을 이기려고만 했다. 소리를 아는 힘도 자칫 상대를 조종하는 힘으로 바뀔 수 있다. 무리 속으로 함부로 끼어들면 동물의 삶은 흐트러진다. 그래서 아는 만큼 물러설 줄도 알아야 한다.

둘째, 소리에 표시를 남기는 약속이다. 학자들은 인공지능이 만든 동물 소리에 보이지 않는 표를 심자고 제안한다. 이 표를 오디오 워터마크(audio watermark)라고 한다. 위조지폐의 숨은 그림처럼, 사람 귀로는 못 듣지만 기계는 알아본다. 그러면 어떤 소리가 진짜이고 어떤 소리가 가짜인지 가릴 수 있다 [3].

이 표시는 자료를 지키는 일에도 쓰인다. 학자들은 바다와 숲에 녹음기를 오래 걸어 둔다. 이렇게 사람이 끼어들지 않고 소리만 모으는 일을 수동 음향 관측이라고 한다. 가짜 소리가 섞여 들면 이 자료가 더러워진다. 소리에 표를 심어 두면 가짜를 걸러 자료를 깨끗하게 지킬 수 있다.

셋째, 함께 정하는 약속이다. 뉴욕 대학교 법학대학원의 모스(MOTH) 프로그램이 이 일을 앞장서 한다. 모스는 사람 아닌 생명의 권리를 살피는 모임이다. 기계가 찾아낸 자료는 바다를 지켜 온 원주민의 오랜 지혜와 만나야 한다. 원주민이 오래 관찰해 얻은 자연 지식을 전통 생태 지식이라고 한다. 사람의 이익만으로 규칙을 정해서는 안 된다.

이 세 가지 약속은 하나의 마음에서 나온다. 새 힘을 얻었다고 상대를 마음대로 다루지 않는 마음이다. 사람은 오래도록 자연을 도구로만 여겨 왔다. 이제는 그 버릇을 돌아볼 때다. 인공지능이라는 새 힘은 자랑거리가 아니라 무거운 책임이다.

향유고래의 말을 알게 되면 새 권리도 생각할 수 있다. 학자들은 고래가 괴롭힘을 받지 않을 권리를 말한다. 자기 문화를 지킬 권리도 함께 말한다. 2024년 뉴질랜드와 쿡제도의 원주민 지도자들은 고래를 사람과 같은 권리를 가진 존재로 보자고 선언했다. 고래는 사람이 마음대로 쓰는 물건이 아니라는 뜻이다.

이 책은 지구의 생명을 통역하는 이야기를 담았다. 향유고래의 클릭과 새의 노래, 코끼리의 낮은 울림을 인공지능이 하나씩 풀어 왔다. 통역은 상대를 이기려는 것이 아니라 상대를 알려는 일이다. 인공지능은 지구의 생명을 통역하는 다리다. 그 다리를 조심스럽게 건널 때, 우리는 이웃 생명들과 함께 사는 지구를 만들 수 있다. 통역은 여기서 끝이 아니라 이제 막 시작한 일이다.

근거자료

[1] Inside Climate News. (2025, October 29). AI is decoding whales' communications. Could that be a turning point in the push for their rights? Inside Climate News. https://insideclimatenews.org/news/29102025/ai-sperm-whale-communications-legal-rights/

[2] MOTH - More Than Human Life. (2026). MOTH x CETI: Exploring how understanding sperm whale communications can be a force for good. mothrights.org. https://mothrights.org/news/moth-x-ceti-exploring-how-understanding-sperm-whale-communications-can-be-a-force-for-good/

[3] Rutz, C., Bronstein, M., Raskin, A., Vernes, S. C., Zacarian, K., & Blasi, D. E. (2023). Using machine learning to decode animal communication. Science, 381(6654), 152-155. https://doi.org/10.1126/science.adg7314

인공지능, 동물의 언어를 번역하다

발행 | 2026년 9월
ISBN |

저 자 | 김경진
펴낸이 | 김경진
펴낸곳 | 김경진 변호사 출판사
출판사등록 | 2025. 3. 10. (제2025-000015호)
주 소 | 서울특별시 동대문구 전농로 91, 백일빌딩 304호
전 화 | 02-6338-1905
이메일 | kimkj008@gmail.com

© 김경진 2026
본 책은 저작자의 지적 재산으로서 무단 전재와 복제를 금합니다.

참고) 이 책의 일부 내용과 편집 과정에는 인공지능 도구의 도움을 받았습니다.

후원 안내

이 책을 잘 읽으셨으면

그리고 새로운 가치있는 지식을 얻으셨다고 판단되시면

농협 302-1096-0948-81

(예금주 김경진)에 자발적 후원 부탁드립니다.

김경진 변호사