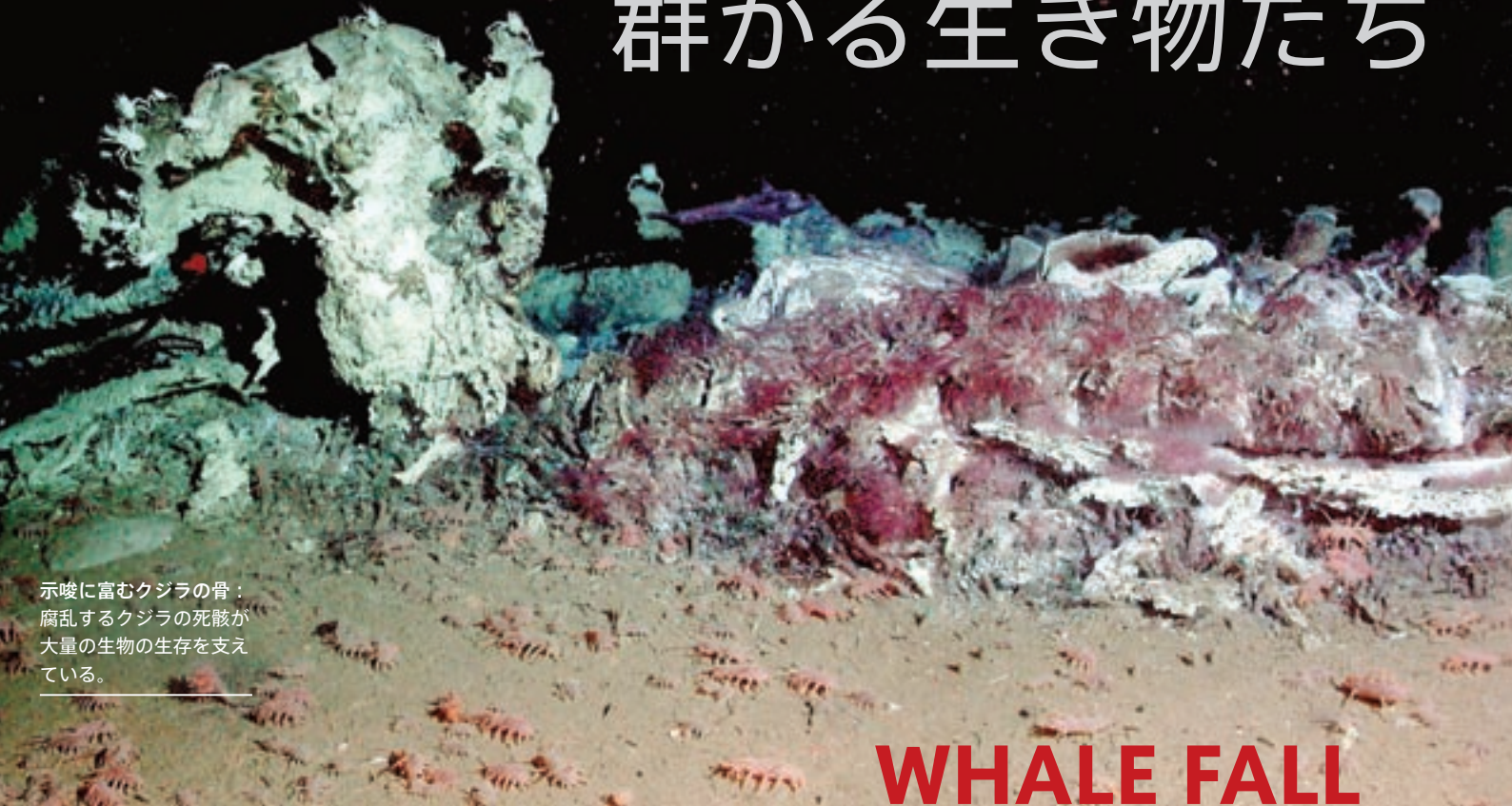


ホエールフォールに群がる生き物たち



示唆に富むクジラの骨：
腐乱するクジラの死骸が
大量の生物の生存を支え
ている。

WHALE FALL

Nature Vol.433(566-567)/10 February 2005
Amanda Haag

MBARI

海底に横たわるクジラの死骸には、脂質を多く含んだ骨がある。これが、海底生物にとって濡れ手に粟なのだ。ここに展開されるユニークな生態系を調べる研究者たちは、悪臭などの悪条件をものともせず、思い切った方法を使う。そんな研究者たちを Amanda Haag が追った。

1987年、有人潜水艇アルヴィン号は、泥のような深海底の定期探査を行っていた。その時、操縦士が何かを発見した。それは恐竜の化石のようにも見えた。しかし、実際には未知の水生恐竜の化石ではなく、体長21メートルのシロナガスクジラの骨だった。さらにこの骨の塊の上には、これまでに見たこともないようなものがあった。まるで絨毯を敷きつめたかのように細菌や環形動物が繁殖していたのだ。それは、海底火山の側面で見られる光景に似ていた。

アルヴィン号の探査チームが見たのは、腐敗するクジラの死骸から発生する硫黄分を含んだ軟泥の中で繁殖する

生物群集で、その発見以来「ホエールフォール」と呼ばれるようになった。果樹園に風が吹くと、熟した果実が地上に落ちる。これをウィンドフォール(windfall)と言うのだが、「ホエールフォール(whale fall)」ではクジラの死骸が海底に沈み、その死骸から大量の栄養素が海底に行き渡ることになる。ただしホエールフォールは、極めて稀にしか起こらないため、その様子を追跡調査して研究することが難しい。それでも研究者は、時には思い切った方法を使って、クジラの死骸近くで発見される新種の生物についての研究を進めている。これまでに発見された39種あまりの生物は、この環境に特に適した

ものか、あるいはこの環境に特有の生物でさえあると考えられている。

外洋の荒れ果てた海底に横たわるクジラの死骸は大そうな馳走だ。オンデンザメ、メクラウナギやコマチコシオリエビといったスカベンジャー(腐肉を食べる生物)はクジラの軟組織を食べるのだが、1頭のクジラがあれば、その大きさによっては数ヶ月から数年間生き延びることができる量なのである。また、クジラの組織のかけらが死骸の周りに広がって海底堆積物の栄養度が高まると、機を見るに敏な環形動物や甲殻類が集まってきて栄養源とする。そして嫌気性細菌によるクジラの腐敗が進むと、その周囲には硫化物が大量に含

まれるようになり、硫黄分を好む生物が集まってくる。環形動物、ハマグリ類、イガイ類を始めとする数多くの生物がそこに住みかを構え、脂質に富んだクジラの骨髄から得られる化学エネルギーによって代謝を可能にしてゆくのだ¹。

「他の海洋哺乳類の骨で、これほど複雑な生物群集が形成されたという報告はありません。おそらく、クジラの骨がかなり大きく、脂質も相当に多いことによるのだと思います」このように語るのは、ハワイ大学マノア校（米国）に所属するホエールフォールの専門家 Craig Smith だ。

ホエールフォールによって形成された生物群集は、クジラの骨から脂質と硫化物を吸収することで最長 100 年ほどは生き続けることができると研究者の間では推定されている。ホエールフォールに住みつく細菌は低温の海中で脂質を効率的に分解できることから、バイオテクノロジー企業の Diversa 社（米国カリフォルニア州サンディエゴ）は、この細菌が産生する酵素を冷水用洗剤に利用できないかどうか研究している。

Smith のようなホエールフォールの研究者には特有の課題がある。その最たるものは、研究対象となるクジラの死骸を探すことである。クジラが死ぬのは多くの場合、出産や誕生の過程でストレスがかかっていた雌のクジラや生まれたばかりのクジラが年 1 回の定期的な回遊に出る時だ。たとえば太平洋では、出産地であるメキシコのバハ半島沿岸から北方のアラスカへの長い移動の途中で命を失うクジラが多い。クジラの死骸はこの移動経路に多く集中するが、その分布に規則性はなく、死骸が非常に離れて点在していることもある。

死骸を求めて

「クジラの死骸は簡単には見つからない。熱水噴出孔を見つける時のように海底で特定の地質的特徴を追跡していくだけではだめだからだ」と Smith は言う。1990 年代の前半、米国海軍は

太平洋の海底 300 平方キロメートル以上にわたって未回収ミサイルの調査を行い、その調査の過程で 8 体のクジラの骨を発見した。海軍は Smith に連絡したが、クジラの骨の正確な位置を経緯度で記録していなかった。その後 Smith は現場に向かったが、1 体の骨しか見つからなかった。

これまでのところ、10 数人のホエールフォールの研究者が 10 カ所の天然のホエールフォールを調査している。これとは別に 20 カ所のホエールフォールの一部が、トロール漁船によって偶然に採取されている。ホエールフォールの研究

者は、より多くのホエールフォールを研究するため、浜辺に打ち上げられたクジラの死骸を海中に沈める作業も行う。しかし体重が 4 トンのコクジラの幼体や体重が 35 トンの成体を沈めるのは大変な作業だ、と Smith は言う。

クジラが浜辺に打ち上げられたという通報を受けると、研究者はチームを編成し、船を用意する。現場に到着する頃には、クジラの胴体は腐敗ガスによって膨れ上がっていることが多い。そんなクジラを海中に沈めるため、研究者は、鉄道車両用車輪からアンカーチェーンに至るさまざまな金属くずを



クジラの死骸を海中に沈める：骨を食う環形動物の新種 *Osedax*（写真上と右）や他の珍種の発見が関心呼び、研究者はクジラの死骸を深海底に沈めて研究している。

MBARI

G. ROUSE

C.R. SMITH

最大 3,000 キログラムも使って重しとし、クジラに巻きつける。浜辺のクジラを海底に沈めるまでに 2 日間を要することもある。それに、この作業に従事した人々は、とても不快な思いをすると異口同音に言う。「作業に使った衣服は捨ててしまうことが多いです。臭いはどうしても抜けないのです。この研究に伴う危険の 1 つと言えます (Smith)」

このようにして海中に沈められたクジラの死骸は約 20 体にのぼっている。研究者たちは、これらのホエールフォールを巡回し、クジラの死骸に繁殖する生物の様子を定期的にモニタリングする。Smith の研究グループは、1 体の死骸に経時撮影カメラを取り付け、8 ヶ月にわたってほぼ継続的に写真を撮影した。他の研究者は、潜水艇を現場に送り、肋骨や椎骨を採取して、そこに形成された生物群集を生きたまま、ほぼ完全な状態で地上に持ち帰っている。

Tjärnö 海洋生物学研究所 (スウェーデン・ストレームスタード) で集団遺伝学を研究する Thomas Dahlgren は、幸運にもクジラの死骸を研究室の近くに沈めることができた。それまで研究していたのはカリフォルニア沖の水深 1,200 ~ 3,000 メートルの地点にあるもので、一番近い研究所からでも少なくとも半日の航海を必要とした。Dahlgren のホエールフォールは水深 125 メートルで、彼の研究室から 30 分で行ける場所にあった。「太平洋上で長時間にわたって船に揺られた上に、持ち時間も限られてしまうというようなことはもうありません」と Dahlgren は言う。彼の研究チームは、いまや週 1 回の頻度でホエールフォールでの試料採取を行うことすらできるのだ。

また Dahlgren の研究室では、生きた生物標本のついたクジラの骨を海水タンクで保存している。熱水噴出孔で発見される生物は深海底の高圧条件下でなければ生存できないが、ホエールフォールで発見される生物の一部は、陸上での生活にも非常によく適応できる

ようだ。「私たちの低温室では、クジラの骨がぶらさげられ、その表面全体に付着した細菌が培養されているのです」と Dahlgren は言う。

深刻な脅威

このような研究によって数種類の奇妙な生物が発見されている。おそらく最も見事だったのが、環形動物の一種である *Osedax*² (「骨をむさぼる者」という意味のラテン語) の発見だろう。この環形動物は巧みな代謝メカニズムをもっている。*Osedax* には、目や口、胃がないが、クジラの骨から脂質を「掘り出す」根系が発達している。*Osedax* は、緑色をした肉質の根で骨に穴を掘り、まるで「穴あきのスイスチーズ」のようにしてしまう、と Smith は言う。そして *Osedax* の組織内にある細菌が、クジラの骨髄に含まれる油脂を分解する。この細菌は、石油流出事故現場で石油に付着しているところが見つかった細菌に似ているが、この種の細菌が別の生物と共生関係にあることが発見されたのは今回が初めてだ。

これまでに *Osedax* 属の 5 種類の生物が発見された。そのうち 4 種類は太平洋で発見され、最近になって大西洋で 1 種類が見つかった。このことから、*Osedax* 属は全世界に分布しているものと考えられる。このうちの 2 種類は一種の母系社会を形成しており、すべての雌は体長が人差し指程度であるのに対して、雄は顕微鏡でなければ見えないような大きさで、雌の輸卵管の中で生息している。1 匹の雌の体内からは最高 111 匹の雄が見つかった。

もう 1 つの珍種としては、ホエールフォールに生息する環形動物で、「ピンキー」という愛称がついたものがある。この環形動物が発見された当初、研究者は種の同定ができなかった。アデレード大学 (オーストラリア) の Greg Rouse もそんな研究者の 1 人だった。研究者がさんざん頭を悩ませた後、ピンキーは、多毛類 (ゴカイなど) の一種で、浅海に

生息する他の多毛類の仲間よりも体長がかなり大きいだけなのではないだろうか、ということが明らかになった。「ピンキーは巨大で、体長は 1 センチメートルを超えています。近縁種は数ミリ程度です。それにピンキーはとても太っているのです」と Rouse は言う。ピンキーの胴体は幅 1 ~ 2 ミリはあるのだ。

ホエールフォールの生物群集については、数多くの謎が残っている。たとえば、海中に放出されたホエールフォール生物の幼生が別の骨を見つけるまで生き続ける過程を解明するための研究が進められている。「これは、本当に巧妙な過程なのですが、そこところが解明できないのです。でも現に生き続けるのです」こう語るのは、サウサンプトン海洋学センター (英国) で深海生態学を研究する Paul Tyler だ。

研究者は、ホエールフォールの生物群集は約 3,500 万年ほど前から存在していると推定する。しかし、ここ数世紀の間、この生物群集は深刻な脅威にさらされてきた。Smith は、1800 年代から 1900 年代の捕鯨活動によってホエールフォールの生物群集が最大 95% 減少し、一部の海洋盆ではクジラの死骸に生息することに特化した生物種の最大 50% が絶滅した可能性があると推測している³。1 頭のクジラが漁船に釣り上げられるたびにクジラの個体数が減るだけでなく、海底に沈むクジラの数も減る。保護が必要なのはクジラだけではない、と Smith は言う。もし捕鯨が急ピッチで続けられていたならば、クジラだけでなく、ピンキーの数も減っていたかもしれないのだ。 ■

Amanda Haag は、米国コロラド州ボルダーを拠点とするフリーのサイエンスライター。

1. Smith, C. R. & Baco, A. R. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.* **41**, 311-354 (2003).
2. Rouse, G.W., Goffredi, S. K. & Vrijenhoek, R. C. *Science* **305**, 668-671 (2004).
3. Smith, C. R. in *Whales, Whaling and Ocean Ecosystems* (ed. Estes, J.) (Univ. California Press, Berkeley, in the press).