

鯨骨生物群集

海洋生物多様性研究分野 藤原義弘、河戸勝
 海洋生命理工学研究開発センター 宮本教生

「鯨骨生物群集」とは海底に沈んだ鯨遺骸周辺に形成される独特の生物集団で、1987年にカリフォルニア沖のサンタカタリナ海盆で発見された (Smith et al. 1989)。この生物群集の主なエネルギー源は、鯨遺骸中に含まれる「脂質」および遺骸中の有機物が嫌氣的に分解される過程で発生する「硫化物」である。特に後者に依存する期間が長いため、鯨骨生物群集も熱水噴出孔生物群集や冷水湧出帯生物群集と同様に化学合成生物群集の一つとして数えられている。出現する動物は、高次分類群レベルでは熱水噴出域/湧水域と共通するが (Smith & Baco 2003)、鯨骨域にのみ分布する種も少なくない (Fujiwara et al. 2007)。これまでに知られる最深の鯨骨生物群集は水深4204mで、JAMSTECが実施した世界周航研究航海 QUELLE2013によりブラジル沖で発見された (Sumida et al. 2016)。この章では、鯨骨生物群集を代表する動物であるホネクイハナムシおよび東京湾に沈めた鯨骨から発見された興味深い繊毛虫について紹介する。さらに、鯨の骨と生物の進化との関係についても概説する。

「ホネクイハナムシ」という生き方

ホネクイハナムシは、死して海底に沈んだ鯨の骨に生息する動物である。ミミズやゴカイの仲間であるが、口や消化管はない。代わりに体の後端に発達した根 (菌根部) で栄養を得ている。根を骨の中に張り巡らせ、骨を消化し、さらに根から栄養を吸収する。根の中にいる共生細菌も栄養代謝に関わっているかもしれない。赤い花のように見えているのは、すべて雌である。雄は体長1mm未満で、雌の体表にくっついて生活している。雌は雄から精子を受け取り、体内で受精した後、海水中に産卵する。卵は幼生となり海水中を漂いながら、新たな骨を探す。幼生が骨を見つけるとそこに着底し、雌となる。このとき生涯をともにする共生細菌も取り込む。次にやってきた幼生は、雌に着底し雄となる (Miyamoto et al. 2013)。動物が深海底の特殊な環境に如何にして適応してきたのか、その進化のモデル生物として研究が進められている。



図1 骨から姿を現すホネクイハナムシ(雌)。白い粒状のものは卵。挿入：雌の体表を覆う、無数の雄(矢印)。

死んだ鯨の骨から発見した化学合成共生織毛虫

鯨骨が特殊な生物群集を養うことができるのは深海だけなのであろうか？それとも沿岸域でも鯨骨は化学合成生態系の基盤となるのだろうか？その答えを求めて東京湾の水深約5mの海底に鯨の骨が設置された。一年後、鯨骨の周辺に化学合成に依存する動物は皆無であった。しかし鯨骨表面から微小な原生生物が発見された。顕微鏡観察や遺伝子解析により、*Zoothamnium niveum*という織毛虫であることが分かった。この織毛虫はカリブ海や地中海の沿岸域で植物の泥炭などから発見されており、太平洋および動物遺骸からの報告は皆無であった (Kawato et al. 2010)。*Z. niveum*は自らの細胞の表面に硫黄細菌を付着させ、その細菌を食べることで栄養にすることが知られており、東京湾から採集したこの織毛虫も同じ硫黄細菌を共生させていた。この発見により、鯨骨が沿岸域においても化学合成生態系を養う基盤となり得ることが明らかになった。

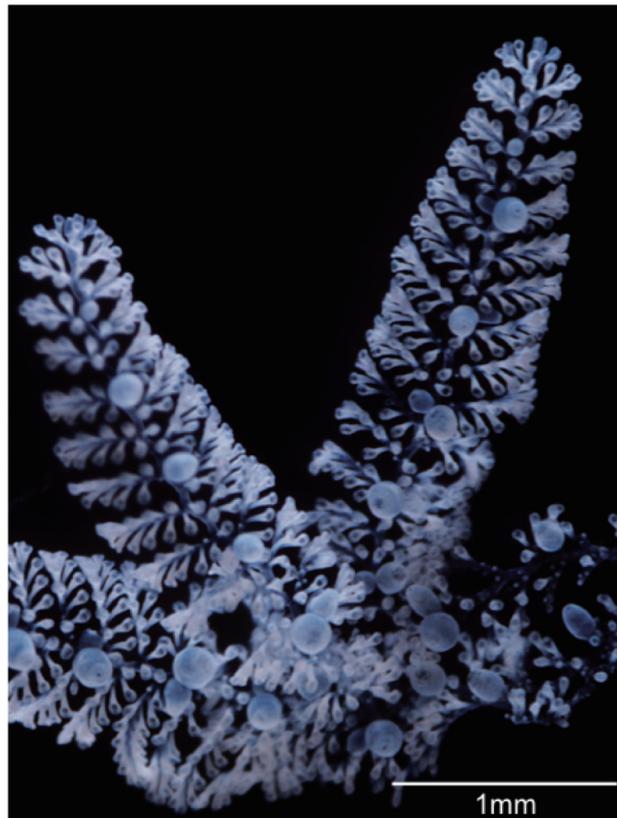


図2 死んだ鯨の骨から発見した化学合成共生織毛虫。

鯨の骨は進化の「飛び石」

深海温泉にはシンカイヒバリガイ類とよばれる大型の二枚貝が生息する。このグループは鰓の細胞内に共生細菌を宿し、細菌に栄養依存する。貝に共生するのは硫黄細菌やメタン酸化細菌といった化学合成細菌で、温泉に含まれる硫化水素や水素、メタンを利用して炭酸同化を行う。もともと沿岸に暮らすムラサキガイのようなイガイ類から進化したと考えられるこのグループが、どのようなプロセスをたどって深海温泉に行き着いたのだろうか？最近の研究によって、それらの進化には海底に沈んだ鯨の骨や沈木が大きく関わっていることがわかってきた。生物の遺骸は海底で腐敗し硫化水素を発生させる。ただしその濃度は熱水噴出孔などに比べて低い。このような環境でイガイ類の祖先は硫化水素への耐性を獲得し、細菌との共生関係を樹立した。やがてイガイ類と細菌の共生関係が成熟すると、もっと硫化水素濃度の高い熱水噴出孔などの環境への進出が可能となり、現在に至ったと考えられている (Fujiwara et al. 2010)。このように鯨の骨やそれに類似した腐敗環境がイガイ類の進化の「飛び石」と

して機能し、やがてこれらの動物を、より過酷な環境へと導いていったのである。



図3 共生イガイ類の進化に関する模式図.

Fujiwara Y, Kawato M, Noda C, Kinoshita G, Yamanaka T, Fujita Y, Uematsu K, Miyazaki J-I (2010) Extracellular and mixotrophic symbiosis in the whale-fall mussel *Adipicola pacifica*: A trend in evolution from extra- to intracellular symbiosis. PLoS One 5 : e11808

Fujiwara Y, Kawato M, Yamamoto T, Yamanaka T, Sato-Okoshi W, Noda C, Tsuchida S, Komai T, Cubelio SS, Sasaki T, Jacobsen K, Kubokawa K, Fujikura K, Maruyama T, Furushima Y, Okoshi K, Miyake H, Miyazaki M, Nogi Y, Yatabe A, Okutani T (2007) Three-year investigations into sperm whale-fall ecosystems in Japan. Mar Ecol 28 : 219-232

Kawato M, Uematsu K, Kaya T, Pradillon F, Fujiwara Y (2010) First report of the chemosymbiotic ciliate *Zoothamnium niveum* from a whale fall in Japanese waters. Cah Biol Mar 51 : 413-421

Miyamoto N, Yamamoto T, Yusa Y, Fujiwara Y (2013) Postembryonic development of the bone-eating worm *Osedax japonicus*. Die Naturwissenschaften 100 : 285-289

Smith CR, Baco AR (2003) Ecology of whale falls at the deep-sea floor. In : Gibson RN, Atkinson RJA (eds) Oceanography and Marine Biology, Book 41. Taylor & Francis, New York

Smith CR, Kukert H, Wheatcroft RA, Jumars PA, Deming JW (1989) Vent fauna on whale remains. Nature 341 : 27-28

Sumida PY, Alfaro-Lucas JM, Shimabukuro M, Kitazato H, Perez JA, Soares-Gomes A, Toyofuku T, Lima AO, Ara K, Fujiwara Y (2016) Deep-sea whale fall fauna from the Atlantic resembles that of the Pacific Ocean. Sci Rep 6 : 22139