

有孔虫の世界

JAMSTEC 木元克典

顕微鏡を用いることでしか詳細な形がわからないほどの小さな化石を総称して微化石、とよぶ。微化石には海洋や湖沼に生息していた原生生物の有孔虫や放散虫、珪藻、円石藻、そして陸上の植物花粉など、生物を起源とした粒子がふくまれる。頑丈な炭酸カルシウム (CaCO_3) や珪質 (SiO_2)、有機質の殻をつくるため、死後も堆積物中に保存され、長い時間を経て陸上に露出した地層中にその痕跡を見ることができる。

これら微化石の中で、もっとも多目的に利用されるのが有孔虫化石である。なぜなら有孔虫は世界の海洋の表層から深海底までのあらゆる場所に生息しているため、遺骸群集の解析を行うことで、様々な海域、水深の環境変化を推定することが可能だからである。さらに殻の成分である炭酸カルシウムに主に含まれる炭素、酸素の安定同位体などの化学シグナルから、過去の海水の炭素循環に関する情報、海水温などを推測できる。さらに近年では殻中にごく微量に存在するホウ素の同位体比を用いて、過去の海水のpHの復元を行うこともできるのだ。ここまで詳細な過去の情報を教えてくれる微化石は他にない。有孔虫はまさに微化石界の花形スターといえる。

一方で、有孔虫が持つもうひとつの側面、「かたち」について近年あらたな注目が集まっている。有孔虫のほとんどは、チェンバーとよばれる細胞質が格納される部屋を付加し、渦を巻くように成長してゆく。そのかたちや表面の構造は、とても単細胞の生物が作っているとは思えないほど複雑・精緻で、美しい。『このかたちにはいったいどんな意味があるのだろうか?』生物に興味をもつ者であれば誰しも抱く共通の疑問であろう。有孔虫をはじめとする微化石は長い地質学的時間と環境変化を経て、少しずつかたちを変化させてきた。微化石の進化は、かたちの変化の歴史そのものであるといってもよい。そうであるならば、微化石のかたちとは、数億年かけて周囲の環境に適応してきた結果である、と言えるかもしれない。有孔虫のかたちには、生命と環境の共進化を解き明かす鍵が秘められているに違いない。

私たちは現在、有孔虫のかたちから、海洋環境に結びつく新しい情報をひき出すべく研究を行っている。まずは微化石の小さなかたちを精密に記述することが必要となる。これにはマイクロフォーカスX線CT (MXCT) という最新の装置を用いる。MXCTは対象となる生物や物質にX線を全方向から照射し、その透過画像を取得、それをコンピュータ上で再構成することで、高解像度の3次元形態をコンピュータ上に復元するものだ。数値化されたかたちの情報より、殻の長さや厚さ、体積など、複数のパラメータが同時に計測できる。いわば有孔虫の3次元レントゲン撮影である。

図1を見てみよう。これは上述したホシズナ (バキュロジプシナ) をMXCTでスキャンしたものだ。通常の顕微鏡では外側からしか見ることができないため、ホシズナの表面の形しかわからない (左)。しかしMXCTでスキャンした画像をコンピュータ上でスライスし断面をみると、ホシズナの中央部には表面観察ではわからない渦巻き構造があることがはっきりわかる。さらにその渦巻きを中心に放射状に星型の腕につながる骨太の構造があり、その間を埋めるように、小さな部屋 (チェンバー) が敷き詰められているのがよみとれる。

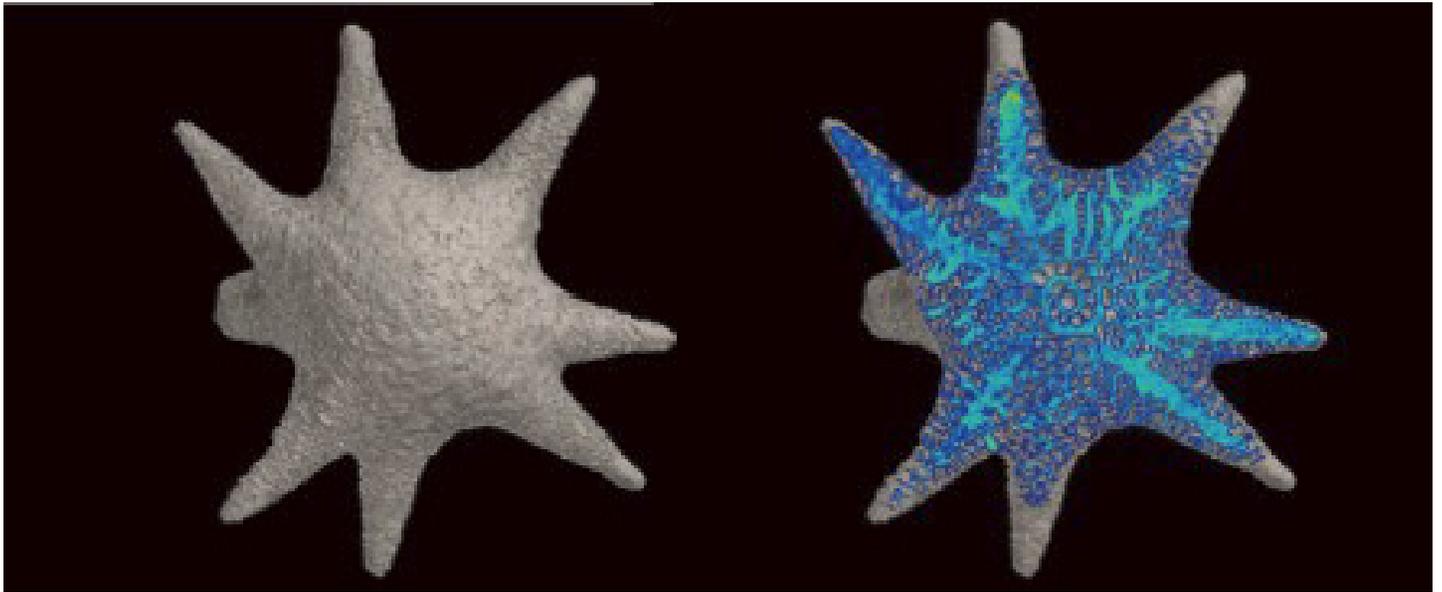


図1 ホシズナ(底生有孔虫)の表面像(左)およびその断面(右)のX線CT画像.

MXCT分析のメリットは、対象にダメージを与えることなく、外側と内側の構造を同時に観察できる点にある。私たちの最近の研究から、かたちを詳細に調べることで有孔虫の『健康診断』が可能であることがわかってきた。

図2は北太平洋の水深150mから採集した、現生の浮遊性有孔虫のグロビゲリナ・ブロイデスをMXCTで撮影し、断面を連続的に示したものである。

左側が夏の時期に採取した個体、右が冬の時期に採取した個体である。断面の色は殻の相対的な密度を示しており、青系が低密度、赤系が高密度であることを示している。図の右側の個体は青色が支配的であるのに対し、左側は黄～赤色が支配的であることがわかる。つまり採取する時期によって殻の密度が異なることを示している。わかりやすく言うと、冬(右)の浮遊性有孔虫の骨密度が低下して殻が脆弱になっている、ということになる。

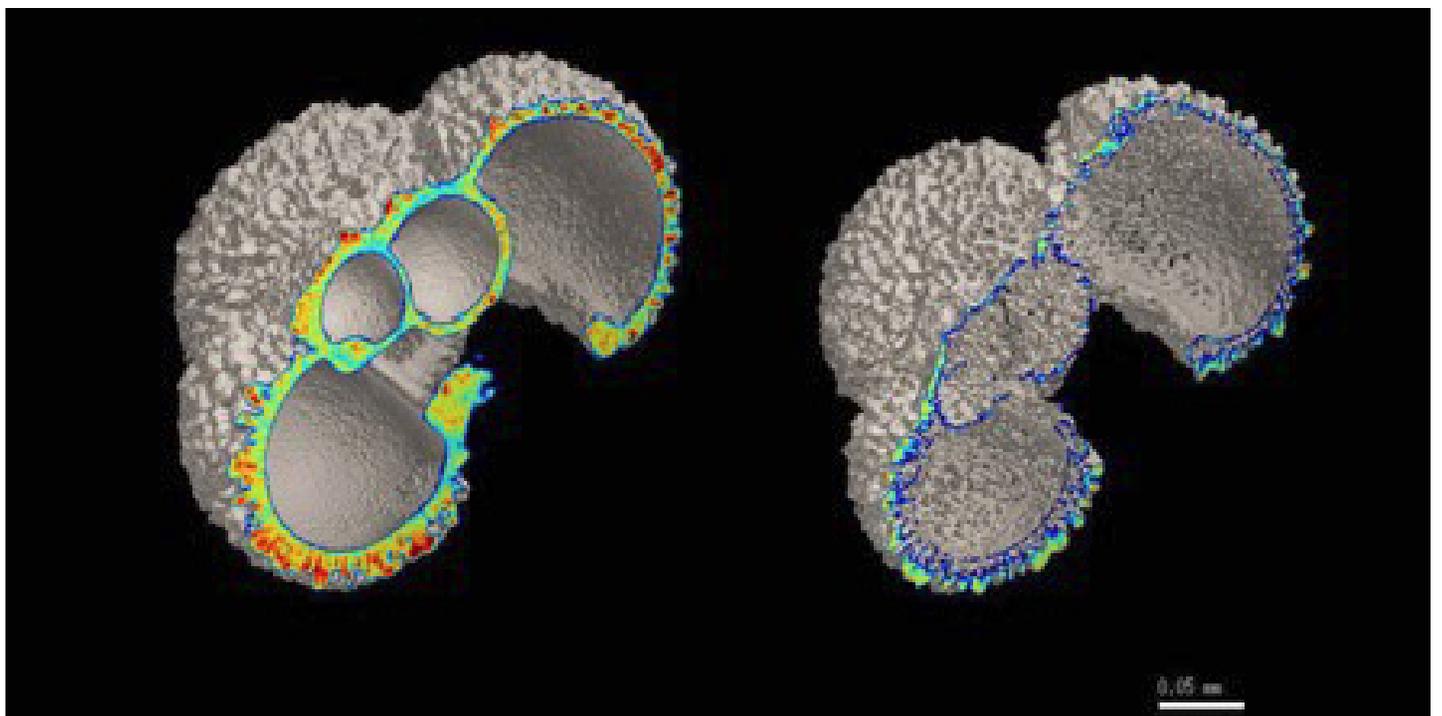


図2 浮遊性有孔虫グロビゲリナ・ブロイデスのX線CT断面画像。
150mの水深より夏に採取した個体(左)と冬に採取した個体(右)。

私たちはこのような冬の骨密度の低下は、海水のpH(水素イオン濃度指標)の変化と関係があるのではないかと考えている。実は荒天が続く冬の北太平洋では、亜表層から海水が持ち上げられ、二酸化炭素をより多く含む海水が表層にもたらされることで、pHが低くなる、つまりより酸性側に傾くことがわかっている。浮遊性有孔虫は、海水のpHの変化のために、十分な殻が作れていない可能性があるのだ。私たちは北太平洋で引き続き観測を行い、この殻の脆弱化の謎を明らかにしようと取り組んでいる。前述した殻の化学分析と、精密なかたちの計測を同時に行うことで、これから起こるであろう海洋環境変化をいち早く捉えることができると考えている。そしてこの手法を海底堆積物中の化石にも応用することで、過去にもさかのぼって環境復元ができると期待している。