

テキスト2「化石を読む」

中川町郷土資料館 研究員 足田吉識

テキスト1では地層のことについて述べました。ここでは地層中に含まれる化石について基礎的なことをご紹介します。

1.化石とは？

化石とは簡単にいえば「大昔の生物が残していったもの」のことをいいます。化石のことを英語で「fossil」といいますが、これはもともとラテン語のフオシリス（fossilis）に由来するもので、「大地に埋まっていて掘り起こされたもの」を意味しています。かつては生物体のほか鉱物や岩石そして遺跡などで発掘されたものも化石とよばれていました。

化石は中国語では「化石（きょうせき）」といい、「死体のひからびたもの」とか「死んでも腐らない」ということを意味しています。そして日本語の「化石」は読んで字のごとく「変化して石になる」という意味です。この「化石」という言葉は江戸時代に日本人によってつくられたといわれており、現在では中国でも「化石」よりも「化石」の方が用いられているようです。

現在用いられている化石の定義は「地質時代の生物の遺骸や生活の痕跡が残されているもの」であり、それが石に変わっている（石化）かどうかは関係ありません。たとえば、第四紀の未固結の砂から発見される色まできれいに残っている貝殻も化石であり、一方、固い砂岩から発見される殻の残っていない印象だけの貝殻も「化石」です。ただし、貝塚から発見される貝殻は化石とは呼びません。また、波の化石（漣痕）などのように自然現象の痕跡を化石と呼ぶことがありますが、これは比喩的用法で、本来の「化石の定義」から考えると化石ではありません。



サメの仲間の歯化石
いろいろな大きさの歯が密集している；佐久層（白亜紀）；中川町

2.化石の種類

2-1) 体化石

生物の遺体そのものの全部または一部が地層中に保存されているものを「**遺体化石（体化石）**」といいます。さて体化石というとどんなものが思い浮かぶでしょうか？。恐竜の骨化石、サメの歯、アンモナイト、二枚貝、サンゴ、ウニなどなどいろいろな化石が頭に浮かぶことと思います。これらは生物体のなかでも鉱物質の多い部分（硬組織）が化石として保存されたものです。無脊椎動物のサンゴ・腕足類・軟体動物・ウニの仲間・有孔虫などはいずれも鉱物質の硬い殻（外骨格）の硬組織を持っており、しばしば化石として産出します。これに対して脊椎動物の場合には、体の内部の骨格（内骨格）・歯牙のほかにウロコ・耳石・卵殻などの硬組織が化石として保存されています。私たちが普段目にする化石はこのように動物ならば貝殻・骨格・歯牙などの硬組織の部分が多いのです。



魚の化石
骨が関節した状態で保存された素晴らしい標本；稚内層（新第三紀）；遠別町

2-2) 軟組織の化石

さて、体化石と聞いて、氷づけのマンモスと

かクラゲを思い浮かべた方もいらっしゃるかと思います。かなりのツウですね。クラゲのように硬組織を持たない動物や硬組織を持っているものでも筋肉や皮膚などの柔らかい組織（軟組織）が保存されることがあります。この場合は、1) まず氷づけのマンモスのように特別な条件で遺体が埋没する場合、そして2) 軟組織が鉱物等で置換されて保存される場合があります。

2) のケースは後述するとして、まずは1) 特別な条件で遺体が埋没するしのために軟組織が保存された例についてみていきましょう。シベリア北部では、これまで40頭以上もの氷づけのマンモスが発見されています。これらは永久凍土層から発見され、皮膚や筋肉・内蔵・血管・体毛などのほか胃の中には食べた植物がそのまま保存されていました。その肉は犬が食べれるほど新鮮だったそうです。この場合は永久凍土層中で冷凍保存されていたために軟組織が腐らずに保存されていたのでしょ。最近この氷づけのマンモスから精子をとりだし、マンモスを現在に復活させるプロジェクトが進められています。成功するとすごいことになりますよね。さて氷づけのマンモスの場合と同じように軟組織が分解されずに保存される例は他にもあります。アメリカのロサンゼルス近郊の新生代の地層に含まれるアスファルト中からはリスなどの軟組織の保存された小動物が含まれています。アスファルトの防腐作用によって軟組織が分解されずに保存された珍しい例です。

まだまだ他にも軟組織が保存された化石の例があります。コハクの中に閉じこめられた昆虫の化石です。コハク自体、針葉樹などの樹脂の化石なのですが、その中にハチや蚊などの昆虫が含まれていることが多くあります。映画「ジュラシック・パーク」では、このコハクの中に含まれる蚊が吸った恐竜の血液から、現在に恐竜を復活させましたよね。コハクのなかには昆虫だけでなく、トカゲなどの小動物や化石として非常に残りやすい植物の花なども発見されています。

2-3) 置換化石

さて前項では軟組織がそのまま保存される特殊な例についてご紹介しました。軟組織自体は分解されてもその形態が他成分に置換されて化石として保存される例があります。このような化石を「置換化石」といいます。たとえば恐竜の皮膚の化石とか珪化木などはその例です。これはもともと腐りやすい組織が、埋没後に堆積物中の間隙水や温泉水・地下水に含まれる特定の化合物や周囲の堆積物によって置換される為その形態が保存されるのです。珪化木は、腐りやすい木質部が珪化作用によって石英質になったものです（右上写真）。このように化石になる過程（化石化過程）での置換作用（交代作用）は本来残りやすい生物体の柔らかい組織が保存されるため重要な役割を担っています。

軟組織に限らず、骨や貝殻などの硬組織も別の鉱物に置換された化石がしばしば発見されます。化石は地層中に長時間含まれている間に、多かれ少なかれ変質するのが普通です。アンモナイトの殻は本来、アラレ石という鉱物でできていますが、地層中での続成作用によって成分は同じですが結晶形の違う方解石に変化していることが多くあります（右写真下）。中川町で発見されるアンモナイトはだいたいコニアシアン（9000万年前）以降のものは変質が少なく、真珠光沢の美しいアンモナイトが数多く発見されます（右写真、真ん中）。こ



珪化木
木質部が珪化したもの；佐久層（白亜紀）；
中川町



未変質のアンモナイト
初生的な真珠光沢がみられる；安川層
（白亜紀）；中川町



殻が方解石に変わったアンモナイト
殻が黒っぽくみえる；佐久川層
（白亜紀）；中川町

のほかに中川では、石英に置換された“メノウ化した”二枚貝やアンモナイト、また黄鉄鉱に置換されたアンモナイトなどが発見されています。現地スクーリングでも未変質のきれいなアンモナイトや他成分に置換されたアンモナイトをみる事ができるでしょう。もっと詳しい説明は現地スクーリングで実物を手にとってやることにしましょう。

2-4) 印象化石

古生物の体そのものが失われてもその形だけが岩石表面に押しつけられて保存されることがあります。このような化石を「印象化石」といいます。印象化石では、硬組織をもたない軟組織だけのクラゲのような生物が化石として保存されることが重要です。オーストラリア南部のエディアカラ周辺の先カンブリア時代末期の地層からは、硬組織を持たないさまざまな無脊椎動物の印象化石が多く発見され、エディアカラ動物群と呼ばれています。二枚貝やアンモナイトの殻が溶けて印象化石となったものをはじめ、中川でもいろいろな印象化石が発見されます。

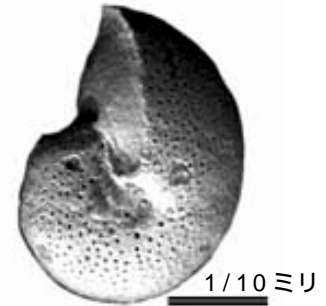
2-5) 微化石

これまでは主に肉眼で識別できるサイズの化石について紹介してきました。しかし地層を構成する岩石を薬品で処理して、顕微鏡で観察してみると小さな化石が含まれていることが多くあります。このように小型の化石で、顕微鏡による観察で認められる程度の大きさのものを「微化石」といいます。これに対してこれまでご紹介してきたような化石は「大型化石」または「巨視化石」といいます。

微化石には原生動物の有孔虫（右上写真）、放散虫、単細胞植物の珪藻や植物の花粉や孢子などがあります。微化石は大型化石の含まれていない地層中でもしばしば産出し、また大型化石にくらべて少量の堆積物中にたくさん含まれているために地層の対比や詳細な古環境解析に有効です。現地スクーリングで時間に余裕があれば、岩石のなかの様々な微化石を顕微鏡で探してみましょう。

2-6) 生痕化石

生物の遺跡（生活の産物）が残ったものを「生痕化石」といいます。たとえば、糞の化石、足跡、はいずり跡（右写真）、巣穴の化石などです。恐竜の足跡の化石からは恐竜がどのように歩いていたかなどが研究されています。テキスト1「地層を読む」で説明したので詳細は省きます。



有孔虫の化石
北海道大学石村豊穂氏提供



はいあとの化石
更別層（第四紀）；中川町

3.化石になるために-どうなれば化石として保存されるのか-

ここまで化石の種類について述べましたが、ここではどうなれば化石になるか？ということについてみていきましょう。化石になりやすい条件のひとつとして、硬組織（骨や歯、貝殻など）をもっていることがよくあげられます。しかし硬組織も、地表付近では風雨にさらされたり、地下水（弱酸性）やバクテリアの働きによってすぐに分解されてしまいます。人間を含む硬組織をもった生物のほとんどが化石になるとすると、地球上の至る所が化石だらけになってしまいますね。化石になる古生物が硬組織をもつということは、硬組織をもたない古生物よりも化石なる可能性が高いという程度のことでしょう。さてそれでは化石になるためにはどのような条件が必要でしょうか。これまでに以下の3項目が化石になるための条件であるといわれています。

1. 古生物の個体数

ある地質時代を通して古生物が進化・発展し、地球上に広く栄えることが第一条件です。簡単にいえば、たくさんいたほうが化石になるチャンスが多いというでしょう。逆に言えば、ひとつでも化石として産出するとその古生物は当時非常に栄えていたということが考えられます。

2. 運搬の作用

古生物が死んで遺体となっても、そのまま風雨にさらされるような場所にあったのでは、前述したようにバクテリアによって分解されたり、雨水などで溶けたりしてしまいます。そのため化石になるためには古生物が死んだ後に遺体が、土砂（地層）が堆積しやすい場所に運ばれることが条件となります。地層の堆積する場所はテキスト1「地層を読む」で述べたように海とか湖などです。



運搬され集積したアンモナイト化石

様々な種類・大きさのアンモナイトが密集している産状を示す、すばらしい標本；佐久川層（白亜紀）；中川町

3. 埋没の作用

古生物の遺体が急速な分解からまぬがれ、化石として保存されるためにはできるだけ早く堆積物の中に埋没することが必要です。つまり、遺体が分解する前に埋まる

ほうがいいということです。このような急速な埋没は、波などによる破壊など機械的な力から遺体が保護されるということだけでなく、空気中や水中の酸素や炭酸などによる化学的な分解、バクテリアなどによる生物学的な分解の両方から遺体を保護することになります。クラゲなど硬組織をもたない生物の化石やはいあとなどの生痕化石ができるためにも急速な埋没作用は化石になるための重要な条件です。右上写真をみてください。いろいろな種類のアンモナイトが様々な方向で岩石中に含まれているのがわかります。これらは殻の破損も少なく非常にいい標本です。これらのアンモナイトはどのような過程で化石となったのでしょうか。現地スクーリングで実物を手に取ってみんなで推理してみませんか？

近年、どのように化石になったか、化石化の過程を解明するタフォノミー（化石成因論）という分野の研究が盛んに行われています。このことは第4次テキスト「堆積作用とタフォノミー（化石化作用）」のところで詳しく紹介することにしましょう。

4. 化石からわかること

さていよいよ「化石を読む」テキストの本題にはいってきました。化石は私たちに様々な情報を与えてくれます。ここでは化石から何がわかるかということを紹介します。化石から何がわかるか？。ひとつは地層の堆積した時代、もうひとつは地層が堆積した当時の環境（古環境）です。もちろんこの他にも古生物の生態がわかるとか生物進化がわかるとかいろいろなご意見があると思いますが、ここでは前述の2項について紹介していくことにします。

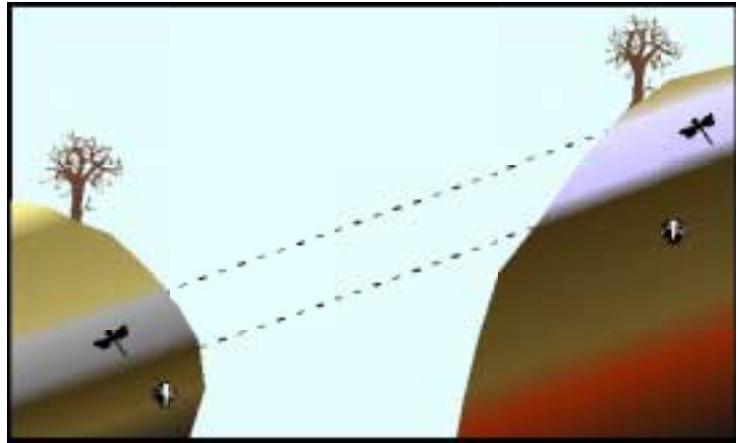
1. 化石による地層の時代対比—示準化石—

上下に重なる地層は、基本的に下にある（下位にある）地層の方が古いという「**地層累重の法則**」は1669年ステノによって提唱されました。この地質学における絶対的法則の発見によって、それ以降地層を時間的・歴史的な目でみることとなりました。さらにイギリスの技術者スミスは道路・運河・鉱山の開発のために地質調査を行い、様々な時代の地層を比較観察するうちに連続している地層のある部分にはそれぞれ固有の化石群が含まれることに気づきました。このことはこれまで岩相（岩石の様子；砂岩とか泥岩とかです）だけでは識別が困難であった地層の同定に非常



古生代の示準化石、三葉虫
印象化石；古生代；モロッコ

に有効であることがわかり、化石を用いて地層の同定を行うようになりました。これを「**地層同定の法則**」といいます。「**地層累重の法則**」が地層に相対的な時間軸をいれるものとすれば、「**地層同定の法則**」は地層の水平的・空間的な分布を明らかにするものです。この「**地層同定の法則**」によって遠く離れた地点間でも地層の対比が可能となりました(右図)。地層の対比に利用できる化石(相対的な年代を決定する化石)のことを特に「**示準化石**」といいます。たとえば、アンモナイトが発見されればその地層は中生代に堆積したものであるということがわかります。一般的な示準化石の条件は、1)



化石による地層の対比
色付けした地層は岩相の違いを示す。地層は側方に岩相変化することがあるが、図のように化石で対比できる場合がある。

進化速度が速いこと(時代とともに進化して形態が変わらなければ時代決定が難しいため)、2)短期間に広い地域に分布していること(生息時期が特定の時代に限定され、また広範囲に地層対比が可能となる)、3)局所的な環境変化に支配されにくいこと(局所的な環境に左右される種類は広範囲の地層対比に使えない)、4)多く産出すること、5)識別しやすい形態をもっていることなどがあげられます。よく用いられる示準化石として三葉虫類(古生代)、筆石(古生代オルドビス紀~シルル紀)、フズリナ(古生代石炭紀~ペルム紀(二疊紀))、アンモナイト(中生代)などです。それぞれの種類まで特定できれば、さらに細かい地質時代まで明らかになります。また有孔虫・放散虫・珪藻などの微化石は示準化石として優れた種類のものがたくさんあります。

2. 化石が示す過去の環境(古環境)ー示相化石ー

比較的新しい時代の地層から産出する化石の場合、現生生物との比較や産状(どのような状態で産出したか)などを検討して地層が堆積した当時の環境(古環境)を知ることが出来る場合があります。このように過去の自然環境を知るうえで役立つ化石を「**示相化石**」といいます。生物はそれぞれ独自の生活環境のもとで生活しているので、どの生物も必ず過去の環境を示しているのですが、なかでも特に限定された条件に適応した生物が示相化石として特に有効です。たとえば、身近な例としてよく食卓にあがるマガキについて考えてみましょう。マガキの群生した化石が泥岩中から発見されたらどのように解釈しますか?考えてみましょう。マガキが群生しているような場所は、潮干狩りに行くような浅い潮間帯、しかも群生するのは海水と淡水の混じりあう汽水域です。さらにマガキの生息のための適水温は0~30で、産卵水温は23以上とされています。これらのことから考えると、群生したマガキの化石が発見されたら、その地層が堆積した当時は、浅い汽水域が広がっており、その水温は年間を通してだいたい0~30、さらに群生するほど繁殖するので、ある期間は水温が23以上になるような古環境であったと推定されます。マガキのように現在も生きている種(現生種)に関しては、このように生息環境の情報を応用するのは比較的容易ですが、古い時代まで適応させるには注意が必要です。たとえば、古生代に栄えたウミユリは現在ではかなり深い海底に生息していますが、ウミユリ化石が産出する地層は必ずしも深い海底での堆積物ではありません。このように同一のグループに属する生物であっても、地質時代の変遷とともに生息環境をかえる場合が



ピカリアの化石

ピカリアは示準化石としても示相化石としても非常に重要な化石である;新第三紀;広島県

あります。さらに古生物が化石になる過程で様々な情報が失われます（詳しくは第4次テキスト「堆積作用とタフオノミー（化石化作用）」で紹介します）ので、化石だけから判断するのではなく、化石の産状や含まれる地層の岩相・堆積構造などから複合的に判断する必要があります。また過去の気候（古気候）の推定は植物化石や花粉化石を調べて当時の植生を明らかにし、その内容を現在の植生と比較することによって行われます。もちろんこの場合の現生種と比較できるような化石でないと古環境推定は行えません。このように比較的新しい時代の化石については、多くの場合現生生物の生活環境が十分に参考になると考えられており、過去の環境条件を知るうえでよく利用されます。

ビカリア（前ページ写真）：新第三紀中新世の示準化石であり、日本の各地から産出します。温暖な内湾の環境を示すと考えられています。もしこの化石が中川町から発見されたら、これはもう大事件です。ここまでテキストを読んでいただいた方にはその意味はおわかりいただけるでしょう（わかる！といって下さい！）。

さてこのテキストでは、化石についての基礎的なことを解説してまいりましたが、抽象的で面白くないと思われた方もいらっしゃると思います。そこで化石から得られる情報を最大限に生かした中川町での研究例を「化石を読む－実践編」として別テキストで配信しますので、このテキストの応用編として参照ください。このテキスト以降の化石に関するテキストでは、実際に地層や化石をどのようにみるかということを中心に配信していきます。