

化石友の会コーナー

熊本大学ラボツアーを実施しました

大橋智之（北九州市立自然史・歴史博物館）

2013年の古生物学会年会最終日の6月30日(日)の午後、熊本大学理学部地球環境科学教室の研究施設の見学会を化石友の会幹事の企画、同校の長谷川四郎先生と小松俊文先生の研究室の協力で実施しました。両先生と研究室の学生の皆様には、この紙面を借りて、御礼申し上げます。

最初に小松先生から、熊本大学における古生物学の研究成果の紹介と、学会会場となった理学部の1階に展示されているウタツギョリュウのレプリカ及び旧制五校標本の解説がありました。その後、微化石標本の処理から観察まで、実際の研究の流れに沿って実験室等を見学しました。

まずは酸処理室の見学です。ドラフトチャンバーや各種処理液の入っている容器等が並ぶ中、岩石から標本を取り出すための酸処理の原理や有効性などを小松先生から解説していただき（図1）、処理後の標本回収作業を大学院生に実演していただきました。「どうして石灰質の岩石からサンゴ化石を酸処理によって抽出できるのか」と質問があり、小松先生が丁寧に回答しておられました。

次に実体顕微鏡下での微化石の拾い上げです。長谷川先生から微化石についての解説、拾い上げの方法等の手順を紹介していただいた後、大学院生の補助の下で、星の砂などの有孔虫を筆を用いて拾い上げ、プレパラートを作成するところまでを参加者に体験していただきました（図2）。予定時間を大幅に超えて、熱心に拾い上げ作



図1. 小松先生による酸処理室の説明。

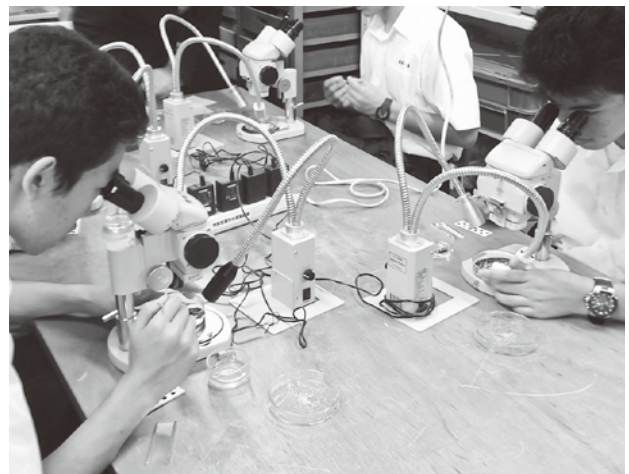


図2. 有孔虫の拾い上げ。



図3. 大学院生による電子顕微鏡の説明。

業と顕微鏡観察に取り組んでいました。作成した微化石のプレパラートはお持ち帰りいただき、参加者にはよい記念品になったと思います。ここでは、大学院生の研究紹介や微化石の詳細な解説もあり、参加者はもちろんのこと、我々担当幹事も有意義な時間を過ごすことができました。

最後は電子顕微鏡による微化石の観察です。走査型電子顕微鏡の原理、利点等を長谷川先生や大学院生に解説していただいた後、有孔虫とコノドントを観察しました（図3）。高倍率像がモニターに表示された瞬間には驚きの声があがりました。有孔虫等の微化石に関する質問にも長谷川先生と大学院生が丁寧に答えてくださり、参加者の興味関心を喚起したラボツアーとなりました。

横浜国立大学の第162回例会での講演会に続き、今回はラボツアーという形式で化石友の会幹事が企画するイベントを実施しました。2014年冬の第163回例会時にもイベントを計画しております。また、熊本年会から高校

生ポスターセッションが新たに始まりましたが、こうしたセッションに参加する高校生や中学生にも参加していただければと考えております。

化石友の会のパンフレットを作りました

高乗祐司（群馬県立自然史博物館）

多くの人たちに化石に興味を持ってもらい、化石友の会のことも知っていただこうと、日本古生物学会や株式会社ACTOWの協力のもと、化石友の会の入会案内パンフレットを作りました（図）。このパンフレットは博物館などで開催される化石関係の展示イベントにおいて、配布しています。どこかで見かけましたら、手にとって眺めてみてください。また、友の会事務局にも若干部置いてあります。化石に興味を持っているお知り合いに化石友の会を紹介したいというご希望がありましたら、パンフレットをお送りしますので、ぜひご一報ください。

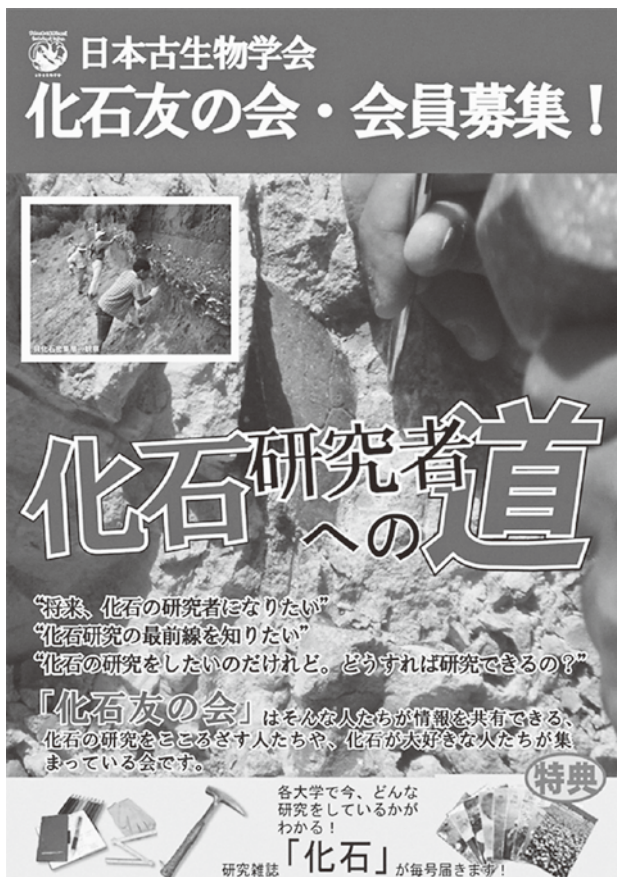


図. 化石友の会のパンフレット。表紙はカメラ化石などの発掘、タイトルのエンジ色が目印です。

Paleontological Research 掲載論文の解説

岐阜県赤坂石灰岩から産出したペルム紀中期の介形虫化石群

田中源吾（群馬県立自然史博物館）・小野輝雄（岐阜県瑞穂市）・西村智弘（むかわ町立穂別博物館）・前田晴良（京都大学）

16巻4号289–306頁，2013年1月発行。

岐阜県赤坂市の金生山は、古生代ペルム紀の大型化石を多産することで知られ、古生物学の黎明期から数多くの研究がなされてきました。金生山の中腹には「金生山化石館」があり、ここで産出した多種多様な化石が展示されています。これらの化石は、金生山化石研究会の方々が、何十年もかけてこつこつと集めた世界的にも貴重な標本です。

今回、私たちは金生山化石研究会の高木洋一氏、橋本秀雄氏、奥村廣行氏が、赤坂石灰岩の黒色石灰岩の風化表面より採取・保存していた多くの介形虫化石標本を調査する機会に恵まれました。また、同様な介形虫化石群を、紡錘虫のヤベイナや大型二枚貝のシカマイアが産出する層準の直下の石灰岩の割れ目（裂隙）に含まれていた未固結の泥より発見しました。これらの介形虫化石の分類学的検討をおこなった結果、検討した種が、いずれも未記載の分類群であることがわかり、標本数の多い9種について記載をおこないました。なかでも最も個体数が多く、殻の長さが2mmを超えるものは、これまで世界でも類縁種の報告がない固有の種類です。当初、この大きな介形虫は、殻のアウトラインから、スコットが1959年に提唱したパラパルチ科に帰属すると思われましたが、極端に大きな殻、殻の外側表面に多数の穴（ピット）が分布すること、また右殻が左殻をオーバーラップすることから、本論文で独立した新科：イケヤパルチ科を提唱しました。科名の先頭のイケヤは、日本の介形虫学をリードされてきた故・池谷仙之先生（静岡大学名誉教授、元日本古生物学会会長）にちなんでいます。イケヤパルチ科の模式種としてギファパルチテス タカギアイ (*Gifuaparchites takagii*) を指定しました。これは、標本が見つかった岐阜県と、標本を数多く提供していただいた高木洋一氏にちなんで名づけました（図）。本種には、サイズが大きいほかに、殻中央部の閉殻筋が付着していたあたりから、放射状に伸びる溝が何本もあることが確認できました。このような構造は、現在のウミホタルのような石灰質の殻を持たない介形虫にみられる、心臓から血液を送り出す血管と形状や分布が非常によく似ています。

ギファパルチテスをはじめとして、金生山の介形虫化石が固有種ばかりなのは、介形虫が生涯を通じて底生生活をおくることに加えて、これらの介形虫が生きていた当時、金生山が、なんらかの要因で他地域と隔離されて

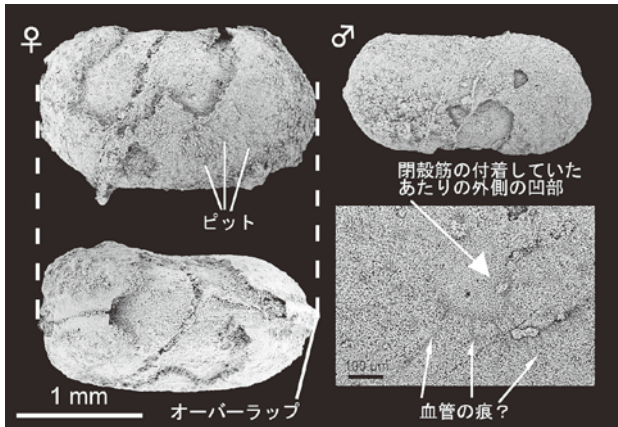


図. ギファパルチテス タカギアイの模式標本(左)と副模式標本(右上). 上2つ(♀, ♂)は, 標本を右側面から見たところ(右側が前方). 左下は左上の標本を背側から見たところ. 右下は, 殻を外側から見たときに中央部に観察される微細な構造.

いたことが考えられます. このことは, 金生山が当時, 大陸(パンゲア)から遠く離れたパンサラッサ海の赤道中央部の海山であったとする地質学的な証拠を裏付けるものです.

田中源吾

北部ベトナムのアンチョウ堆積盆地に分布する下部三畳系(オレネキアン階)のバックテウイ累層から産出したクリッテンデニア(二枚貝類)

小松俊文(熊本大学)・重田康成(国立科学博物館)・ダン=トラン=ヒューエン=ディンコン=ティエン(ベトナム地質科学鉱物資源研究所)・前川 匠(熊本大学)・田中源吾(群馬県立自然史博物館)

17巻1号1-11頁, 2013年4月発行.

古生代の末期に生じた大量絶滅は, 地球の歴史上, 最も規模の大きな絶滅イベントの一つでした. そのため, 大量絶滅後の生物相の回復には時間がかかり, 回復に1千万年以上かかった分類群も多数ありました. 海生二枚貝類の回復は, 他の分類群と比べると比較的早かったことが知られており, 回復期には特異な形をした殻や古生態を獲得した二枚貝が出現したことも明らかになっています. そのような二枚貝化石の一つにクラライア(*Claraia*)と呼ばれているグループがあります. この仲間は, 殻が平滑なものが多く, 殻の厚さが1mmにも満たない種が多数あります. クラライアは, 足糸で物に固着して生活していたと考えられていますが, クリッテンデニア(*Crittendenia*)と呼ばれているクラライアの仲間は(クリッテンデニアは, 一般的なクラライアと比べて, 殻の膨らみが強い特徴があります), アンモナイトの殻に固着していたことが知られており, 殻の表面にアンモナイトの殻の装飾や臍の一部がプリントされている化石が

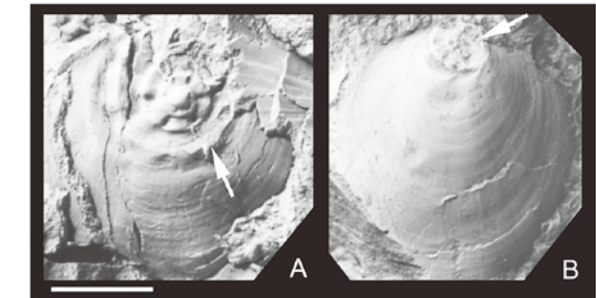
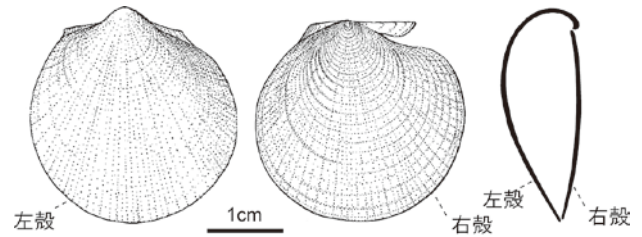


図. *Crittendenia australasiatica* (Krumbeck) の復元図(上). 上図の右端は合弁殻の断面図. アンモナイト(*Xenocelites variocostatus* Brayard and Bucher)の臍の一部(矢印)がプリントされた*C. australasiatica*(下). A, 右殻. B, 左殻. 下図のスケールバーは1 cm.

多数見ついています(図). クリッテンデニアがアンモナイトの死殻に固着していたのか, アンモナイトが活着している間に固着したのかは定かではありませんが, アンモナイトが活着している間に固着したと考えている研究者もいます.

前期三畳紀には, 大陸や多くの島々で囲まれたテチス海と呼ばれる海域とそれ以外の海域であるパンサラッサ海が分布していました. クリッテンデニアが見つかった北部ベトナムは, 当時, テチス海東域の低緯度地域にありました. クリッテンデニアは, 過去の研究でパンサラッサ海の堆積物が分布するアメリカ西部やテチス海南部に位置していたヒマラヤなどから報告されていましたが, 北部ベトナムからも本属が見つかったため, パンサラッサ海とテチス海の東部~南部かけてクリッテンデニアが広く分布し, これらの海域では海洋生物の交流があったことが明らかになりました.

また, ベトナムでは, 新種を含む2種類のクリッテンデニアが見つかり(*Crittendenia australasiatica* (Krumbeck), *C. langsonensis* sp. nov), 前期三畳紀オレネキアン期の前期と後期の境界を示すアンモナイト化石と共産しました. その結果, これらのクリッテンデニアは, 前期三畳紀オレネキアン期の“中期”に生存していた種であることが分かり, バックテウイ累層上部の詳しい地質年代も明らかになりました.

小松俊文

南西日本・甌島諸島に分布する姫浦層群から産出した獣脚類恐竜の単離歯

對比地孝亘（東京大学）・小松俊文（熊本大学）・真鍋真（国立科学博物館）・三宅優佳・荒巻美紀（熊本大学）・関口洋美（大分県立芸術文化短期大学）

17巻1号39–46頁，2013年4月発行。

恐竜類の一分類群である獣脚類は、現生の鳥類を含むクレード（単系統群）です。近年日本の下部白亜系の獣脚類の標本は次々と学術論文として報告されていますが、上部白亜系のもは標本数も論文としての報告もまだまだ数少ないのが現状です。本論文では、鹿児島県下甌島の上部白亜系から見つかった獣脚類の単離歯一つについて報告しました。

標本は姫浦層群蘭牟田層の河川の後背湿地でできたと考えられる堆積物から発見されました。蘭牟田層の年代は先行研究から、カンパニアン期中期と考えられています。標本は歯冠部のみからなり、扁平で、前後の縁に鋸歯が発達している典型的な獣脚類の形態を示します（図）。遊離した獣脚類の歯からその分類群を突き止めるのは一般に困難です。今回は本標本の分類学的位置を推定するために、Smithら（2005）が行った獣脚類の歯の計測データを基にした判別関数分析に本標本の計測値を加えて解



1 cm

図. 今回報告した下甌島産獣脚類単離歯。

析をやり直しました。また、同じデータセットを基に主成分分析も行いました。両方の解析結果とも、本標本が非テタヌラ類、基幹的なテタヌラ類、コエルロサウルス類という多様な獣脚類の歯と類似性を持つことを示したことから、その細かな分類の決定は不可能であるという結論しか得られませんでした。

日本で発見されているカンパニアン期の獣脚類標本はまだごくわずかであるため、今後の姫浦層群の古生物学的調査が進むことにより、この時代の東アジアにおける恐竜進化についてのより詳しい情報が得られることが期待されます。

Smith, J. B., Vann, D. R. and Dodson, P., 2005. *Anatomical Record Part A*, 285A, 699–736.

對比地孝亘

北海道の白亜系マーストリヒチアン階最下部から見つかったゴードリセラス属アンモナイトの一新種とその生層序学的意義

重田康成（国立科学博物館）・西村智弘（むかわ町立穂別博物館）

17巻1号47–57頁，2013年4月発行。

北海道の中軸部や東部には、白亜紀に堆積した地層が広く分布し、保存良好な化石を多産します。特に、アンモナイト類は様々な層準から産出するため、生層序（化石層序）学の研究に盛んに利用されてきました。北海道中央南部に位置するむかわ町穂別地域には、函淵層とよばれる砂岩や砂質泥岩を主体とする地層が分布し、白亜紀末期・マーストリヒチアン期前期のアンモナイトを多産します。

今回、穂別地域のノストセラス・ヘトナイエンゼ（*Nostoceras hetonaiense*）帯（マーストリヒチアン階最下部）から、ゴードリセラス（*Gaudryceras*）属アンモナイトの一新種を発見し、ゴードリセラス・ホベツエンゼ（*Gaudryceras hobetsense*）として命名・記載しました（図）。この新種アンモナイトは、殻表面装飾の肋が成長初期では細かいが、次第に太く粗くなり、成長後期では肋の頂部が平らになるという特徴を持ちます。

穂別地域に加えて、北米のアラスカ南部、北海道東部の浜中地域、北海道北部の中頓別地域からもこの新種が産出することがわかりました。これらの地域では、示準化石のノストセラス・ヘトナイエンゼが未発見であったため、これまでマーストリヒチアン階最下部の対比が十分にできていませんでした。今回、ゴードリセラス・ホベツエンゼの産出を確認したことにより、これらの地域においてもマーストリヒチアン階最下部の高精度の対比が可能になりました。

北太平洋地域では白亜紀末期の地層には、浅海層や非海成層が多く含まれることなどから、化石記録が間欠的

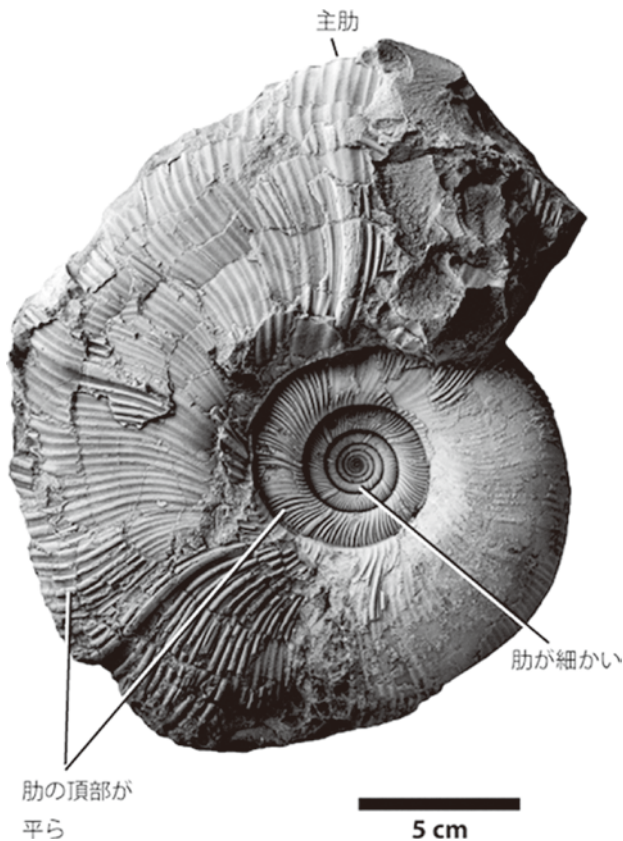


図. 新種ゴードリセラ・ホベツエンゼ (*Gaudryceras hobetsense*) の完模式標本。

になっています。そのため、アンモナイトに限らず、すべての分類群による生層序や時代決定に関する研究は白亜紀の他の時代に比べて遅れている傾向があります。今回の研究を含めて、生層序や地層の対比、古生物の分類に関する研究を進めていくことで、白亜紀末期における海洋生物相の実体とその変遷が解明されると期待されます。

西村智弘

海底洞窟にすむ微小二枚貝の酸素同位体記録に基づく沖縄海域の現在の温暖化

北村晃寿・小林小夏・玉置周子（静岡大学）・山本なぎさ（マリン・ワーク・ジャパン）・入野智久（北海道大学）・宮入陽介・横山祐典（東京大学）

17巻1号58-68頁，2013年4月発行。

この論文では、化石から、未来の環境を予測するための重要な情報を解読します。

最高気温を更新したというニュースを良く耳にします。我々人類の排出した大量の二酸化炭素で、この50年間に気温や海面表層水温が徐々に上がっているからです。温暖化は我々の生活や生物に影響を与えています。このまま温暖化が進行すると、世界はどうなるのでしょうか？

その予測には、各地の生物が、過去に今よりも温暖な時期を経験したかどうかを調べるのが重要です。それには化石が大変に役立ちます。この論文では、温暖化がもたらす沖縄海域の海洋生物への影響を予測するために、海底洞窟にすむ微小二枚貝の酸素同位体記録を調べました（図）。

インターネットで検索すると「海底洞窟」は数十万件を超え、そのほとんどはゲームに関するページで、たいてい巨大で凶暴なモンスターが出てきます。でも、実際の海底洞窟にはモンスターはいません。それどころか、そこに生息する動物は、外海に住む近縁種よりも小さかったり、外海に見られない風変わりな動物が生息します。この論文の研究対象の微小二枚貝イェジマケシザルガイ

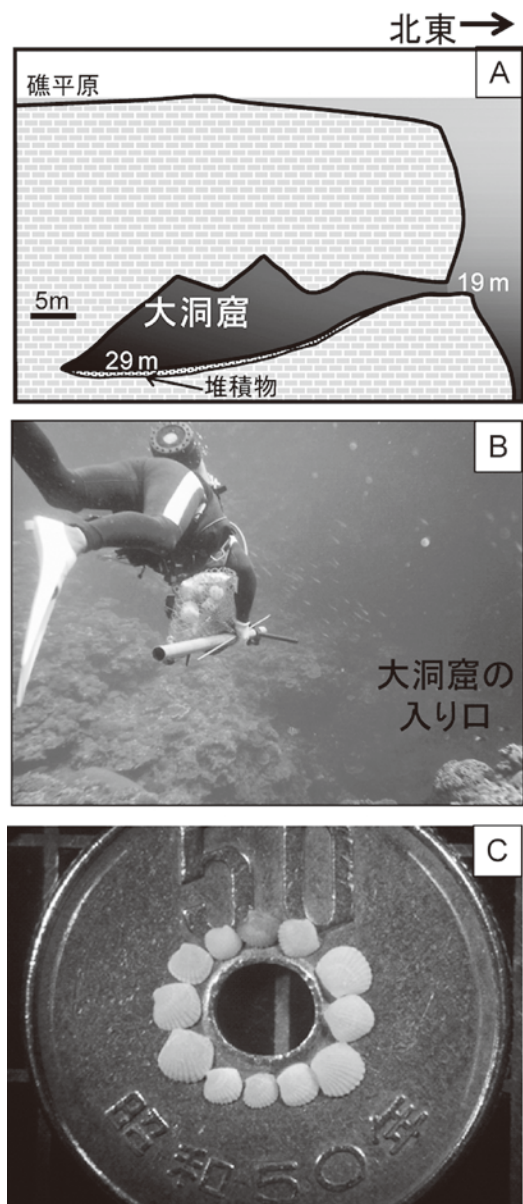


図. A, 海底洞窟「大洞窟」の概略的な断面図. B, 調査の様子. C, 微小二枚貝イェジマケシザルガイの写真。

(*Carditella iejimensis*) も小さく、大きさは3.5 mm 以下です。

調査は、沖縄県の伊江島沖にある海底洞窟「大洞窟」で行いました。その入口は水深19 mで、最大深度は29 mで、洞窟の奥は暗黒の空間です。その底には泥がたまっています。この泥の表層にイエジマケシザルガイが生息しています。この貝は1年中成長するようですが、1 mmの大きさに達するには1年を要すると推定されています。

生貝を採取し、1個体ずつ貝殻の酸素同位体を測定し、大洞窟の水温と比較しました。その結果、貝殻の酸素同位体が、沖縄本島周辺の海洋表層の年平均水温の指標になることが分かりました。したがって、生貝と化石の酸素同位体を比較することで、沖縄周辺では過去に今よりも温暖な時期があったかどうか分かるわけです。堆積物に含まれるイエジマケシザルガイの化石の年代は、放射性炭素年代測定で求めた堆積速度から推定しました。そして、生貝と化石の酸素同位体を比較した結果、現在の沖縄海域の表層海水温は、過去7,000年間の中でも例外的に温暖な状況にあることが分かりました。このように、化石は過去を知るだけでなく、未来の予測にも役立つのです。

北村晃寿

日本近海産キヌタレガイ類（軟体動物：二枚貝）5種の貝殻微細構造

佐藤 圭（東京大学）・中島 礼（産業技術総合研究所）・間嶋隆一（横浜国立大学）・渡部裕美（海洋研究開発機構）・佐々木猛智（東京大学）

17巻1号69-90頁，2013年4月発行。

キヌタレガイの仲間は、鰓内に硫黄酸化細菌を共生する化学合成二枚貝です。化学合成二枚貝はシンカイヒバリガイやシロウリガイなどが有名ですが、キヌタレガイ類は最も起源の古い化学合成二枚貝と考えられています。キヌタレガイ類は貝殻形態が単純すぎるために分類体系は未だに整理されていません。そこで私たちは貝殻微細構造と呼ばれるミクロスケールの貝殻の形態形質に着目し、キヌタレガイ類の分類体系を検討しました。微細構造は硬組織の形質であることから、化石種においても有用な分類形質であると考えられ、これまでに多くの微細構造が記載されてきました。しかし、キヌタレガイ類においては貝殻微細構造の研究例が多くありませんでした。

本研究では日本近海に生息するキヌタレガイ類全5種について、微細構造記載を行いました。電子顕微鏡観察の結果、5種のキヌタレガイは全て外層と内層の2層構造（図）であり、合計9種類の貝殻微細構造が観察されました。XRDの鉱物同定解析の結果、全ての構造はアラゴナイトで構成されていることが明らかとなりました。

貝殻の外層を構成する微細構造組み合わせから、キヌ

タレガイ類5種を以下の4つの構造種群に区別することができました（図）。(1)放射状稜柱構造 type Aを外層にもつ種：*Solemya (Petrasma) pervernicosa*, *S. (S.) tagiri*。(2)放射状稜柱構造 type Bを外層にもつ種：*S. (S.) pusilla*。(3)放射状稜柱構造 type Cを外層に持つ種：*Acharax japonica*。(4)網目状構造を外層に持つ種：*A. johnsoni*。つまり、同じ属や亜属であっても外層の微細構造は同じでなく、むしろ異なっていることがわかりました。したがって、形態形質が乏しく分類が困難である本分類群においては、貝殻微細構造が分類形質として極めて有用であると考えられます。

深海のメタン湧水帯に生息する種として知られる *A. johnsoni* の外層で観察された網目状構造は、本研究で初

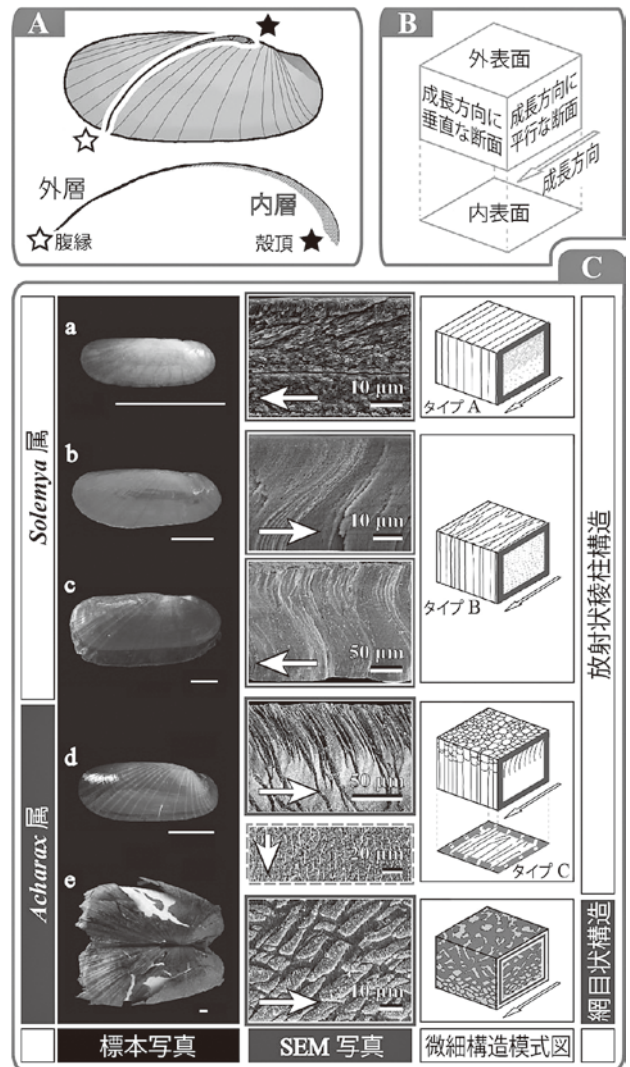


図. A, *Acharax japonica* 貝殻模式図と貝殻断面の模式図. B, 貝殻微細構造模式図のみかた. C, 貝殻微細構造観察結果まとめ図. 標本写真; a, *Solemya (Solemya) pusilla*. b, *Solemya (Solemya) tagiri*. c, *Solemya (Petrasma) pervernicosa*. d, *Acharax japonica*. e, *Acharax johnsoni*. スケールバーは全て5 mm. SEM (電子顕微鏡) 写真; 矢印は成長方向を示す. 微細構造模式図; 太枠箇所がSEM写真と対応.

めて発見されたものです。この構造がもつ網目状に複雑に配列する有機シートは、貝殻が溶解しやすい深海の環境に適応的と考えられ、深海の化学合成生態系進出と関連付けられる可能性があります。

佐藤 圭

東部赤道太平洋における中期中新世から更新世の浮遊性有孔虫生層序

林 広樹・出光恭子（島根大）・ブリジット＝ウエイド（リーズ大学）・出原祐樹（島根大）・木元克典（海洋研究開発機構）・西 弘嗣・松井浩紀（東北大）

17巻1号91-109頁，2013年4月発行。

浮遊性有孔虫は、炭酸カルシウムの殻をもつ微小な海洋プランクトンで、その殻は化石として海底の堆積物中に大量に含まれています。浮遊性有孔虫は、海流に乗って世界中の広い範囲に拡散するので、化石の分布も汎世界的です。ですから、遠く離れた地層どうしを比べてつなげる化石（示準化石）としてよく使われています。

私たちは、浮遊性有孔虫の示準化石としての価値を、ますます高めたいと考えています。そのためには、過去のさまざまな浮遊性有孔虫の種について、海域ごとに、その出現や絶滅の層準（生層準と呼びます）を調べておく必要があります。そのための研究材料としては、深海底から掘削船で掘削した地層が適しています。なぜなら、深海底の地層には断層のような地層の変形や不連続が少なく、また陸上からの砂や泥の急激な堆積もほとんど無いので、目的とする海洋プランクトンの殻が主要な堆積粒子として連続的に降り積もっているからです。

今回、私たちが研究対象に選んだのは、統合国際深海掘削計画（IODP）の第321次航海によって東部赤道太平洋で掘削された、U1338地点（北緯2度30.469分，東経117度58.178分，水深4,193m）の地層です。東部赤道太平洋は、赤道湧昇の影響により、プランクトンが特にたくさん分布している地域です。したがって、この地域はプランクトンの化石を使って生物進化や環境変動を詳しく解明するのに適しています。

私たちは、海底下0mから409.48mまでの269試料について浮遊性有孔虫化石を分析し、どんな種が含まれているのかを明らかにしました（図）。この区間は、だいたい1,500万年前（中期中新世）から現在までに相当します。航海中に予察的に分析した結果と総合すると、この区間では浮遊性有孔虫の生層準が合計60層準ほど認められました。これらの生層準は、東部赤道太平洋地域の地層を年代決定するうえで、良い基準になると考えられます。なお、他の海域における生層準と比較してみると、グロボロタリア・トルンカトリノイデス（*Globorotalia truncatulinoides*）という種の出現など一部の生層準では、他の生層準との前後関係の矛盾が認められました。一般

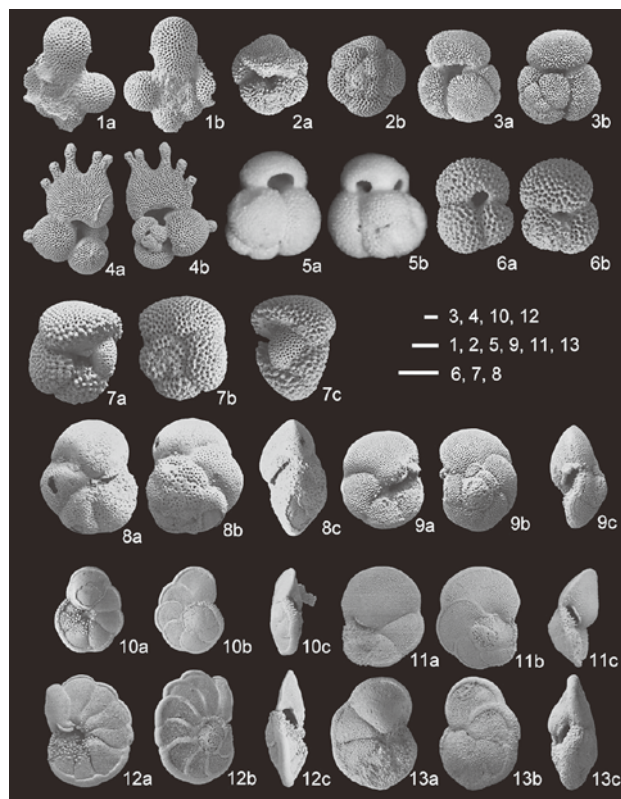


図. 本研究で認められた浮遊性有孔虫の一部について、電子顕微鏡で写真を撮影しました。丸いものやトゲトゲしたもので、本当にさまざまな形のものがあります。右側中ほどの短い白い棒は、それぞれ0.1mmのスケールになります。

に、生物種の出現や絶滅の年代には、生態学的その他の理由で多少なりとも地域差があります。そうした実態を詳しく解明することも、将来の面白い課題のひとつであると私たちは考えています。

林 広樹

友の会トピック

教科書のなかの古生物学

川辺文久（文部科学省）

2011年度から小学校，2012年度から中学校及び高等学校の数学と理科，2013年度から高等学校のその他の教科で、新しい学習指導要領に基づいた教科書が使われ始めました（図1）。今回の友の会トピックでは、新しい教科書を古生物学会員が目と眺めてみたいと思います。文部科学省ホームページに学習指導要領と教科書制度の詳しい説明がありますので、興味のある方はご覧ください。

学習内容として化石や古生物が最初に登場するのは、小学校6年理科です。ここでは、化石とは地層の中から見つかる生物のからだや生活のあとと説明されます。化



図1. 化石が登場する理科の新しい教科書.



図2. 貝化石を含む新生代の地層(茨城県鉾田市). この写真は、化石友の会パンフレットや小学校6年理科の教科書1点に掲載. 産業技術総合研究所提供.

石を含む地層(図2)や国内産恐竜化石などを紹介し、古生物への興味・関心を喚起します。中学校になると古生物学の扉を開き、1年理科で地層の重なり、変形、対比、示準化石と示相化石の概念などを、2年理科で進化の証拠としての化石や相同の概念などを学びます。続いて高等学校理科(図3;本文中では科目名を「」で示します)では、「地学基礎」及び「地学」で層序学の各種概念や古生物の変遷と地球環境の変化を、「生物」で進化の仕組み、生命の系統、地球環境の変化と関連づけた生物の変遷を学習します。なお、学習指導要領の改訂によって「科学と人間生活」、「理科課題研究」の2科目が新設されましたが、「科学と人間生活」は古生物学に関連する内容を含んでいませんし、「理科課題研究」は教科書で学習する科目になっていません。参考までに紹介すると、改訂前にあった“科学史”を学ぶ「理科基礎」でキュビエやダーウィンにふれた記述のなかで化石が登場し、また、“自然史”を学ぶ「理科総合B」には地球環境と生物の変

旧課程 (1999年告示の学習指導要領)		新課程 (2009年告示の学習指導要領)	
科目名	標準単位数	科目名	標準単位数
理科基礎	2	科学と人間生活	2
理科総合A	2	物理基礎	2
理科総合B	2	物理	4
物理I	3	化学基礎	2
物理II	3	化学	4
化学I	3	生物基礎	2
化学II	3	生物	4
生物I	3	地学基礎	2
生物II	3	地学	4
地学I	3	理科課題研究	1
地学II	3		

図3. 高等学校理科の科目構成. 新課程での必修科目は「科学と人間生活」、「物理基礎」、「化学基礎」、「生物基礎」、「地学基礎」のうち「科学と人間生活」を含む2科目、又は「物理基礎」、「化学基礎」、「生物基礎」、「地学基礎」のうちから3科目.

遷が含まれていました。

現時点で、新しい教科書は、小学校6年理科で6社6点、中学校1年理科と2年理科とともに5社5点、高等学校「地学基礎」で5社5点、「生物」で4社4点、来春から使用される「地学」で2社2点あります(図1)。いずれもフルカラー印刷です。教科書の巻末には執筆者などの一覧があり、発行社のホームページでも確認することができます。この一覧を古生物学会の会員名簿と照らし合わせると、小学校理科で6名(小学校教員1名、大学教員5名)、中学校理科で5名(中・高教員2名、大学教員3名)、高等学校「地学基礎」と「地学」で7名(高校教員3名、大学教員4名)、「生物」で1名(大学教員)の古生物学会員が教科書作りに関わっていることが分かります。いずれも理科教育や学術研究で活躍している人物で、古生物学会の会長経験者や学術賞受賞者もいます。このような古生物学のエースたちが執筆した教科書には、大学生や社会人にとっても熟読に値する内容がたくさん盛り込まれていますので、お子さんやお孫さんから借りる、大学の図書館で探す(わたしの母校にはありました)などしてみてください。以下に、注目していただきたい記述をいくつか紹介しておきます。

慣れ親しんだ教科書記述が変わってしまうことがあります。「水金地火木土天海冥」が「水金地火木土天^{めい}海」となった太陽系惑星、1192か1185かといった鎌倉時代の始まりなどがその代表例といえるでしょう。最近、われわれの分野でも似たようなことが起こりました。2009年6月、地質科学を統括する国際組織が新生代第四紀の定義を変更したことで、従来約180万年前とされていた第四紀の始まりが約260万年前となりました。この変更を受けて、2010年1月には日本の関連学術団体が、新しい第四紀の定義を国内でも使用するとともに、これまで新第三紀と古第三紀を併せた地質年代として用いられてき

た「第三紀」は、学術論文、教科書、地質時代・年代層序表には使用しないと発表しました（詳しくは日本地質学会や日本第四紀学会のホームページをご覧ください）。このような学術動向から、中学校と高等学校の新しい教科書では、新生代が古第三紀、新第三紀、第四紀の3区分となり、第四紀の始まりは約260万年前と記述されています（小学校では地質年代は登場しません）。ちなみに、高等学校「地学基礎」と「地学」の教科書に掲載される年表では下から上に向かって時間が進むのに対し、「生物」や地理の教科書には上から下に時間が進む年表があります。天地が逆です。わたしは、上方にカンブリア紀、下方に第四紀がある年表に違和感があります。地球と生命の歴史は地層に記録され、地層は下が古く上が新しいことに慣れ親しんでいるからでしょう。みなさんはいかがでしょうか。

さて、わたしが顕微鏡サイズの化石を知ったのは、大学に入学し古生物学会に参加するようになってからです。ところが、今や小学校5年理科の水中の小さな生物の観察で介形虫のミジンコや珪藻が登場し、中学校1年理科では放散虫、有孔虫、珪藻、石灰質ナノプランクトンの化石が深海コア試料とともに紹介されているではありませんか。日本列島の地質の解明には放散虫が、海洋底拡大説の立証には浮遊性の有孔虫が示準化石として貢献したように、微古生物学の意義は確実に教科書に反映されているのです。

先に述べた第四紀の定義の変更の背後にも、微古生物学の成果が潜んでいます。1950～60年代、単細胞生物の有孔虫がつくる炭酸カルシウムの殻の化学分析値（酸素同位体比）から、太古の海水温や大陸上の氷の量の変動を見積もる手法が開発されました。今日では世界中の深海底堆積物でこの手法が実践され、温暖な中生代白亜紀から寒冷な世界へと移り行く新生代6,600万年間の環境復元がなされています。新生代中頃の急激な寒冷化により南極大陸が氷で覆われ、新生代後期には再び寒冷化が進行して北極圏の陸地も氷の世界となりました。そして、260万年前頃から氷が拡大する時期（より寒い時期）と縮小する時期の規則的な繰り返しが明瞭になりました。第四紀の新しい定義は、周期的な氷の拡大と縮小という現在につながる気候変動の仕組みの成立を重視したもので、小さな化石の研究が新しい第四紀像を築いたと言えます。「地学基礎」の教科書4点で、第四紀を特徴づける周期的な寒暖の変化が図示されています。さらに、学習指導要領には示されていない発展的な学習として、有孔虫の殻の酸素同位体比から古気候を復元する原理を述べた教科書も1点あります。

次は、大型の生物の話です。中学校2年理科の教科書には、脊椎動物が、体のつくり、子の生まれ方、呼吸の仕方、体温などの特徴によって、魚類、両生類、爬虫類、鳥類、哺乳類の五つに分類できることと、脊椎動物の進

化のおおまかな道のりが記されています。この辺りの記述を注意深く読むと、おやっと思うかもしれません。教科書会社のホームページに、新しい中学校理科の教科書について次のようなQ&Aがあります。

Q 哺乳類は、爬虫類から進化したのではないですか？

A …… 今までの教科書では、哺乳類は爬虫類から進化したと説明していました。しかし近年の研究の成果から、哺乳類と爬虫類は、別物であるという考えが主流となっています。

現在では、両生類から羊膜類（羊膜と卵殻をもつ四肢動物）が進化し、そのときに双弓類と単弓類が進化したと考えられています。

双弓類は頭骨の左右に2つずつ、双弓型側頭窓という穴をもち、「爬虫類と鳥類の共通の祖先とそのすべての子孫を含む単系統群。（生物学辞典 東京化学同人 2010）」と定義されています。

単弓類は頭骨の左右に1つずつ、単弓型側頭窓という穴をもち、「すべての哺乳類の共通の祖先とそのすべての子孫を含む単系統群。かつてはディメトロドンやキノドン類などを哺乳類型爬虫類とよんでいた。しかし、単弓類と爬虫類が石炭紀から独立した進化をしていたことが明らかになるにつれ、単弓類の一部を爬虫類の一部のような名前ではよぶのは適切ではないと考えられるようになっていく。そのため、かつての哺乳類型爬虫類（哺乳類ではない）は単弓類と称するのが一般的になりつつある。（生物学辞典 東京化学同人 2010）」と定義されています。

また、「単弓類はペルム紀には大型の草食者や肉食者に進化し、その時代には卓越した四肢類であった。しかし、ペルム紀から三畳紀にかけての絶滅が響き、三畳紀には彼らの多様性は減少した。哺乳類に似た単弓類は2億年前の三畳紀末期に出現した。最初の哺乳類はジュラ紀に出現し、いくつもの系統に多様化した。その多くは絶滅した。（キャンベル生物学 丸善 2007）」とあるように、単弓類の進化の道のりも、平坦ではなかったようです。

以上のことから、哺乳類は、両生類から進化した単弓類（爬虫類とは別物）から進化したと考えられています。

http://www.shinko-keirin.co.jp/keirinkan/j-scie/q_a/より

このように、哺乳類の祖先を説明するには専門的な用語がたくさん必要となります。しかし、脊椎動物の進化は、魚類、両生類、爬虫類、哺乳類、鳥類の五つの言葉で説明できるほど単純ではないことも事実となってきました。中学校の教科書では、脊椎動物の五つのグループそれぞれの出現時期のみを示したり、哺乳類と他の四足動物との関係に触れない、もしくは、ぼかした表現となっています。哺乳類型爬虫類という言葉は新しい教科書には見当たらず、高等学校「地学基礎」3点は単弓類を使っています。「生物」3点は、両生類からの進化の記述のな



図4. 国立科学博物館の単弓類の展示・解説.

かで、羊膜に触れています。四足動物の系統については、日本古生物学会監修の図鑑『大むかしの生物（小学館2004）』や国立科学博物館の展示（図4）に分かりやすい解説があるので、ご覧ください。

研究者にとって、他人が書いた図書に自分の論文の図が採用されるのは、とても名誉なことです。ここでは、高等学校の教科書で採用されている三つの例を紹介します。1980年代、米国シカゴ大学の故セプコスキー氏は、それまでに見つかっている海生無脊椎動物化石のすべての科について（のちに属についても）、その最初と最後の産出記録を整理するという気の遠くなるような作業から顕生累代（過去5.4億年間）の生物の種類の変遷を一枚の図にまとめました（図5）。そして、生物の種類が短期間に激減している時期、すなわち大量絶滅が、少なくとも5回あったことを示しました。この図は「地学基礎」4点と「地学」1点で使われています。さらに別の「地学」

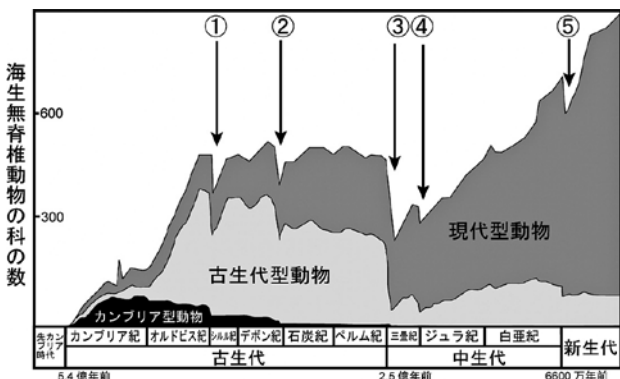


図5. 教科書に登場する図。顕生累代の多様性の変遷と五大絶滅(①～⑤)。故セプコスキー氏が1984年に米国古生物学会発行Paleobiology誌に発表した図をもとに筆者が作図。

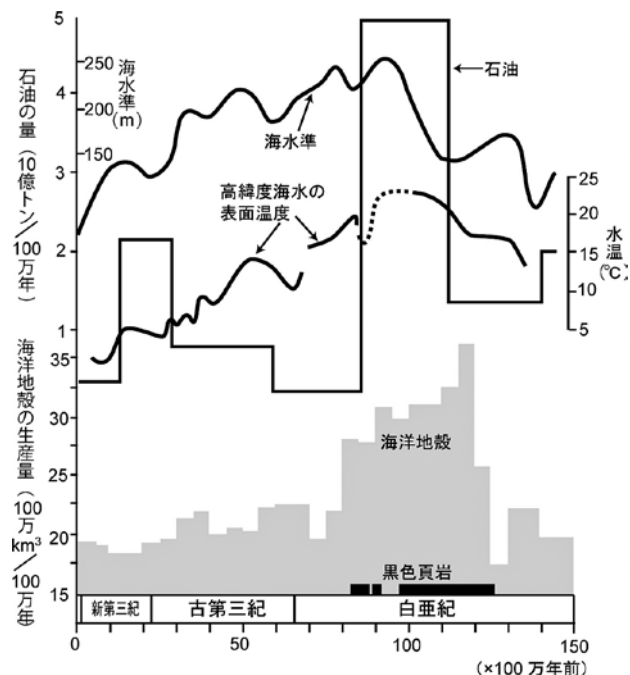


図6. 教科書に登場する図。過去1.5億年間の地球表層環境と地球内部の活動（海洋地殻の生産量から見積もる）。ラーソン氏が1991年に米国地質学会発行Geology誌に発表した図をもとに筆者が作図。

1点と「生物」1点には、このデータを絶滅率で示した図が掲載されています。二つめは、1991年に米国ロード・アイランド大学のラーソン氏が、地球表層で生じる多くの現象が地球内部の活動と調和する事例を示した図です（図6）。白亜紀中期は、活発な火山活動によって二酸化炭素濃度が上昇し、温暖な時期が続いたこと、海面がとても高かったこと、大量の生物遺骸が地層中に有機物として埋没し、それが現在の石油のもとになったことなどを記述する「地学基礎」2点がこの図を使い、さらに1点が図を用いずにこの内容を取り上げています。故セプコスキー氏とラーソン氏の成果をいち早く国内に広めたのは、白亜紀の古環境や絶滅の研究者で第25代古生物学会会長の平野弘道氏です。

三つめは、2000年代に米国イェール大学のバーナー氏が炭素循環モデル（のちに炭素・硫黄循環結合モデルに改良）によって推定した顕生累代を通じた大気中の二酸化炭素と酸素の濃度の変遷です（図7）。最近文庫本化されたウォード著『恐竜はなぜ鳥に進化したのか 絶滅も進化も酸素濃度が決めた（文芸春秋2008）』でこの図をご覧になった方もいるでしょう。なお、ウォード氏は生きている化石のオウムガイの殻形成メカニズムや白亜紀末のアンモナイトの絶滅の研究で名を成した古生物者です。バーナー氏の図は「地学基礎」4点（うち1点は二酸化炭素のみ）、「地学」1点にあり、温室効果ガスである二酸化炭素の濃度が地球の寒暖の歴史に関わっていることを説明する際に使われています。

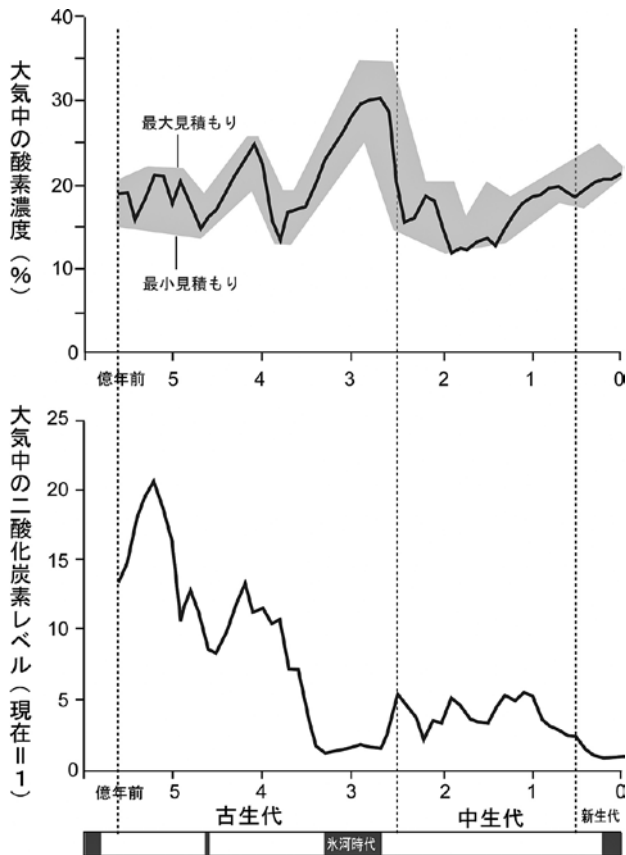


図7. 教科書に登場する図。顕生累代の酸素（上）と二酸化炭素（下）の濃度の変遷。バーナー氏が2006年にエルゼビア社発行 *Geochimica et Cosmochimica Acta* 誌に発表した図をもとに筆者が作図。

一方、酸素濃度の変遷は、小学校からの総合学習です。小学校6年理科で葉に光が当たるとデンプンができること、中学校1年理科では、光合成は光のエネルギーを利用して、二酸化炭素と水からデンプンなどの有機物と酸素を生じる反応であることを学習します。光合成を化学反応式で表すと、次のようになります。



古生代の中頃になると植物や動物が本格的に陸上に進出し、古生代後期の石炭紀にはシダ植物の森林が広がりました。従来の高校教科書では、この時期の活発な光合成が二酸化炭素を吸収し、大気中の酸素濃度を非常に高くしたと記されていました。たしかにバーナー氏の図（図7）にも、古生代後期に二酸化炭素と酸素の濃度が逆向きに大きく変わったことが示されています。しかしここで、中学校で学習する生態系における“分解者”の働きを思い出してください。有機物の遺骸は分解されて、最終的に無機物（水と二酸化炭素）に戻ってしまいます。先程示した化学反応式が右から左に進むのです。つまり、光合成で発生した酸素を減らさないためには、有機物の分解を阻止しなくてはなりません。それは埋めることです。「地学基礎」と「地学」の教科書には、有機物の埋没

の効果に触れた記述が随所にあります。

もう一度、光合成の化学反応式をご覧ください。O₂の由来は、CO₂でしょうか、H₂Oでしょうか。答えはH₂Oです。大雑把にいうと、光合成は光のエネルギーを利用して水素を取り出す工程と、CO₂を材料に有機物を合成する工程からなります。前半の工程の廃棄物がO₂です。シアノバクテリア、藻類、植物が行っています。ところが、緑色硫黄細菌や紅色硫黄細菌は水ではなく硫化水素から水素を取り出すので、酸素は発生せずに硫黄が蓄積します。このような反応を酸素非発生型光合成と呼び、次の式で表せます。



高等学校「地学基礎」、「地学」、「生物」の教科書は、酸素発生型と非発生型の光合成を区別して、先カンブリア時代の環境と生物を記述しています。また、「生物」の教科書には、異化（呼吸、発酵）と炭酸同化（光合成、化学合成）のしくみや反応の説明があります。先進的な古生物学を理解する助けにもなるでしょう。

古生物学会の会長経験者による市販テキストに触れておきます（図8）。前会長の間嶋隆一氏と故池谷仙之氏は『古生物学入門（朝倉書店 1996）』の冒頭で、古生物学の目的は、過去の地球に生存したすべての生物を描きつくすことであり、研究対象が化石に留まらないことを明言しています。故池谷仙之氏と北里 洋氏は『地球生物学（東京大学出版会 2004）』で地学と生物学の融合を図っており、現会長の大路樹生氏は『フィールド古生物学（東京大学出版会 2009）』で自発的に地層、化石、生き物に関わってきた体験をいきいきと語っています。わたしはこのトピックで小学校から高等学校までの地学と生物の学習内容を題材としましたが、古生物学をより深く理解するためには化学、物理、数学の勉強も大切です。最後に、古生物学者を目指す中高校生に向けて、日本の古生

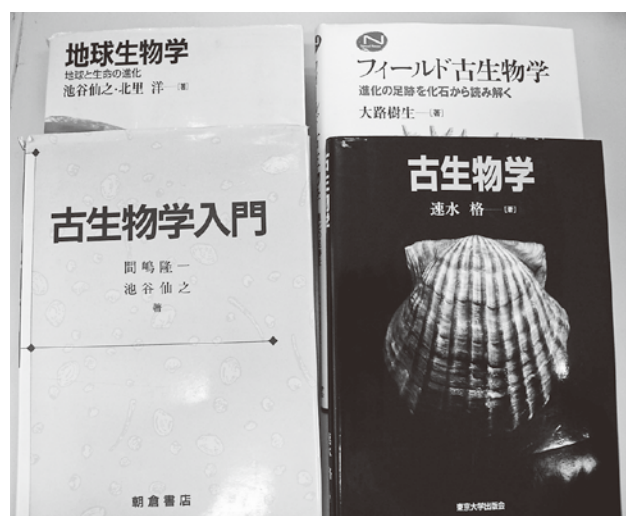


図8. 日本古生物学会の会長経験者による市販テキスト。

物学界の巨星の言葉を紹介します。

基礎的な自然科学は、高校の理科の科目にもあるように、物理、化学、生物、地学に大別される。しかし、これは教育上の便宜的な区分であって、少なくとも研究面ではどこにも切れ目のようなものはない。科学研究の面白さの1つは、あまり関連がないように見える分野の間に新しい橋を架けることにある。

速水 格著『古生物学（東京大学出版会 2009）』より

化石友の会の問い合わせ先

日本古生物学会事務局

〒113-0033 東京都文京区本郷7-2-2 本郷MTビル4階

電話：03-3814-5490 FAX：03-3814-6216

E-mail：psj-office@world.ocn.ne.jp

古生物学会URL：http://www.palaeo-soc.japan.jp/

化石友の会URL：

http://www.palaeo-soc.japan.jp/friends/index.html

