

ふおっしる

タカハシホタテっていったいどんな生物？

中島 礼

産業技術総合研究所 地質情報研究部門

What kind of creature is a *Fortipecten takahashii* ?

Rei Nakashima

Geological Survey of Japan, AIST, Tsukuba Central 7, 1-1-1 Higashi, Tsukuba, Ibaraki 305-8567, Japan
(rei@ni.aist.go.jp)

はじめに

地球上に生命が出現した約 40 億年前から現在にかけて、莫大な量の生物が出現しては絶滅するということが繰り返されている。それらの中には、数 10 m という恐竜のように大きな生物から数 μm という小さな生物や、陸上に生息するもの、海に生息するものなど様々である。さて、絶滅した生物の中でどれだけの生物の生態が明らかにされてきただろうか。

5.4 億年前、カンブリア紀の大爆発とよばれる生物の多様性が増加した時期には、まるで生物の進化の実験室と例えられたバージェス動物群 (Gould, 1989) を代表とする様々な形態をした生物が存在した。著者が学生の時、Gould (1989) による「Wonderful Life」の訳本「ワンダフルライフ」が出版され、講義の教科書として読まれたのであるが、現在ではとても想像がつかない奇妙な形態をした生物たちがまるで生きてるように復元されており、興奮気味に読んだ記憶がある。このバージェス動物群を見事に復元した研究手法の一つは、機能形態学である。古生物学における機能形態学とは、生物の外形や器官の構造から各部位の機能を推察し、その生物の生活様式を推定する研究である。生物の構造とその形態の機能は密接に関係しており、形態からその生活様式を推定することが可能であり、また逆も可能である。絶滅生物についてはその生態を実際に見ることができないため、その形態に類似した現生生物の形態と比較することで絶滅生物の古生態を明らかにすることが一般的な手法である。

「ワンダフルライフ」の出版後、Crichton (1990) による「Jurassic Park」の訳本「ジュラシックパーク」も出版された。子供の時に恐竜好きであった著者は、こちらの本により興奮した。述べるまでもないが、恐竜の古生物学と遺伝子工学を組み合わせることによって、生身の恐竜を蘇らせたフィクションであり、現実として全く不可能ではないと思える内容である。古生物学は基本的に化石の形態を記載して、他の生物や現生生物との比較や解析を行うこ

とによって、その生物の分類学的・系統学的位置や生態を明らかにする学問である。しかし、化石の形態を観察し比較・解析するだけでは得られない古生態情報を得るためにはどのようにすればよいのだろうか。そこで、ジュラシックパークのように他の科学分野の研究手法、例えば生化学や地球化学的手法を用いることで、化石として保存されにくく、また形態からは想像のつかない古生態情報を得ることが可能になるのである。

古生物学を研究する上での醍醐味の一つは、「この生物はどうやって生きてたの？」と疑問を抱かせるような不可思議な形態をした絶滅生物を復元することである。日本の新生代の地層からは多種多様なホタテガイ類の化石が産出するが、その中でも目立ってユニークな形態をしているのがタカハシホタテである。タカハシホタテとは、北西太平洋域において鮮新世に繁栄した絶滅種である。明らかにホタテガイの仲間であるが、その独特な形態はどんな生活をしていたのかと疑問を抱かせる。さらに手にとってみるとそのずっしりとした重量感に驚かされ、ホタテガイの王様といっても過言ではない。本稿では、このタカハシホタテの古生態を明らかにするために、形態解析と安定同位体比を用いた地球化学的解析を組み合わせた研究例 (Nakashima *et al.*, 2004a) を紹介する。

タカハシホタテとは

タカハシホタテ (*Fortipecten takahashii* (Yokoyama, 1930)) は、Yokoyama (1930) によりサハリン南部のマカロフ周辺 (当時の元泊郡東柵丹磯牛周辺: 中島ほか, 2002) に分布するマルヤマ層から産出した標本に命名記載された種である。“*takahashii*” という種小名は、コルサコフ (当時の大泊^{もどまりぐん ひがしきくたん いそうし}) の中学校 (middle school) の教師であったタカハシ (S. Takahashi) 氏に献名されたものである。このタカハシ氏とその学生によって採集された多くの貝化石が、東京帝国大学の教授であった横山又次郎氏に謹呈され、その中からタカハシホタテという種が生まれたの



図1. 北西太平洋域におけるタカハシホタテの分布。白丸はタカハシホタテの主な産地。星印は Nakashima *et al.* (2004) で安定同位体比解析をした標本の産地である北海道沼田町の位置。

である (Yokoyama, 1930)。命名された当初は *Pecten* 属に帰属していたが、Yabe and Hatai (1940) が“*takahashii*”を模式種として、強く膨れた右殻とそれより平坦な左殻で、太い放射肋と大きな耳状部を持つなどの特徴に基づき、亜属 *Fortipecten* を提唱した。“forti”とはラテン語で“丈夫な”という意味で、“pecten”は“櫛”という意味である。Yabe and Hatai (1940) によれば、本種はすでに仙台市の竜の口層から産出することが知られており、*Pecten wadai* と命名された記載論文が準備されていたが、Yokoyama (1930) が先に本種を“*takahashii*”として発表したとのことである。ちなみに“*wadai*”とは、帝国地質調査所の初代所長であった和田維四郎氏に献名されたものである。Masuda (1962) は *Fortipecten* を属名として扱い、それ以降は属として扱われることが多くなった。しかし、Yabe and Hatai (1940) による *Fortipecten* の特徴は、属あるいは亜属として定義するほどの特徴でないとして、*Patinopecten* を本種の属名として扱っている研究例もある (例えば Akiyama, 1962)。著者は、サハリンから北日本にかけての本種の形態を検討した結果、本種の特徴は十分他のイタヤガイ科 (Pectinidae) とは区別できると考え、*Fortipecten* を属として使用する。

タカハシホタテは、本邦の新生代第三紀鮮新世を特徴づける二枚貝類として昔から知られてきた (藤江, 1958)。近年の微化石層序の高精度化により、その生息年代は中新

世末期から更新世初期 (約 700 万～100 万年前) とされ、その分布は福島県から北海道、サハリン、カムチャツカの北西太平洋域である (図1: Nakashima, 2002; Nakashima *et al.*, 2003)。右殻がお椀のように膨らんでいるのが特徴的で、両殻とも平坦な現生種のホタテガイ (*Mizuhopecten yessoensis* (Jay)) とは同じホタテガイ類でも全く違う形態を示す (図2)。東北地方におけるタカハシホタテは大きな殻高・殻長を示すが、両殻とも薄く湾曲度も弱い。一方、北海道やサハリン産の個体はとても重厚で湾曲度が強いものが多く、両殻合わせて 1 kg 以上の重量の個体もある。

これまでの形態学的研究

タカハシホタテの左殻には、フジツボ類や *Polydora* などの多毛類による付着および穿孔痕が多く見られる一方、右殻にはそのような痕跡はほとんどみられない。また、殻を開閉させてジャンプするという遊泳能力を持つ現生ホタテガイとは違って、重厚で強く湾曲した殻を持つことから、タカハシホタテは左殻を上側に、右殻を下側で海底に埋めた状態の生息姿勢を保ち (図2の左下の姿勢)、泳ぐことが苦手な種類であったと従来考えられていた。

タカハシホタテの形態の個体および地理的変異を最初に検討したのは鈴木 (1979) である。この研究によれば、タカハシホタテの右殻は殻高 70～75 mm 以降の成貝期になると、殻に変曲点とよばれる折れ曲がり形成され、殻の湾曲度や重厚性が増すことがわかった。そして、湾曲度の地域差として、日本海側の個体は湾曲度が大きく太平洋側の個体は小さいことが指摘された。

次に、タカハシホタテの形態を検討した研究は Hayami and Hosoda (1988) であり、タカハシホタテを機能形態学的に検討した例である。この研究では、北海道中央部に位置する滝川市と沼田町から採集されたタカハシホタテの殻長、殻高、殻厚、前後の耳状部の長さ、殻頂角 (殻頂部から前背縁と後背縁を結んだ角度)、殻重量などを測定し (各部位については図2を参照)、現生ホタテガイとの比較を行った。そして成長に伴って以下に述べる形態変化が明らかとなった。1) タカハシホタテは、成長中期になると、殻の重量が急激に増加する傾向に変化する不等成長を示す。これは、殻を平面的に広げる伸張成長よりも殻の厚みを増す肥厚成長が顕著になるということである。一方、ホタテガイはより貝殻を広げる傾向に変化する。2) ホタテガイは捕食者に襲われそうになると、殻を開閉させて前背縁、後背縁の隙間からジェット水流を出して遊泳する。一方、タカハシホタテの幼期には隙間がみられるが、中期以降になると隙間が無くなる (図3)。3) タカハシホタテの殻頂角は、成長に伴って小さくなり、前後耳状部背縁の長さが大きくなる。4) タカハシホタテの開殻筋は、遅筋の部分が相対的に大きくなる。ホタテガイは逆に速筋が大きくなる。Hayami and Hosoda (1988) は上述の形態変化に基づき、タカハシホタテは発生後、浮遊生活か

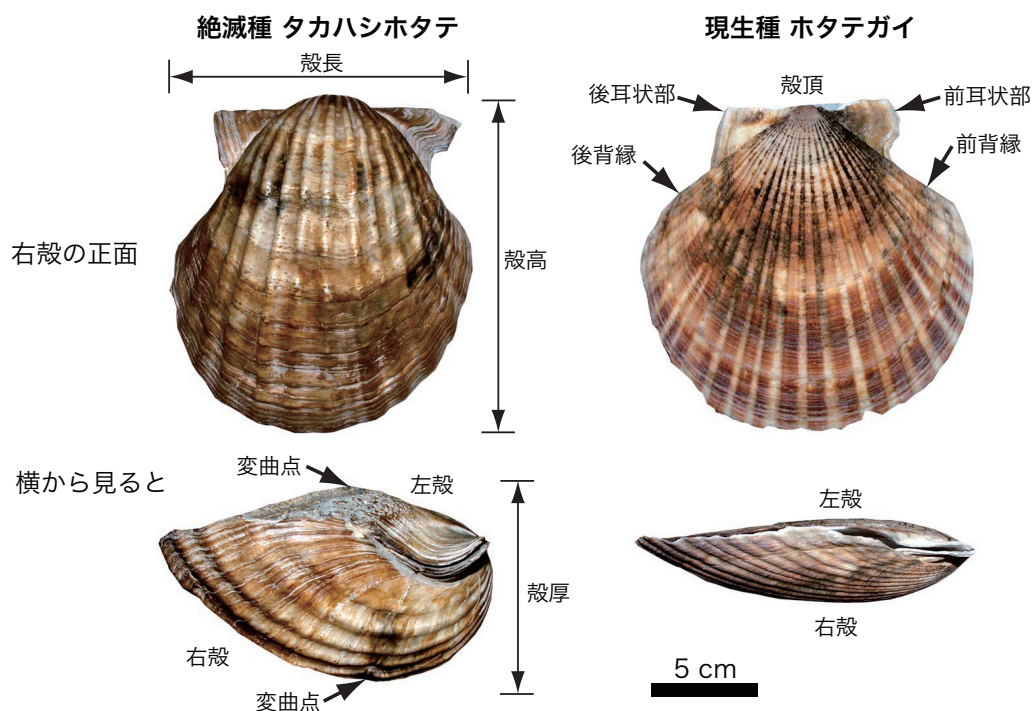


図2. 絶滅種タカハシホタテ（北海道沼田町産）と現生種ホタテガイ（北海道周辺海域産）の形態の違い。上段は右殻表面，下段は側方から見た合弁殻の側面で，生息姿勢を示す。部位の名前や測定箇所はタカハシホタテとホタテガイで共通，ただし，変曲点はホタテガイにない。

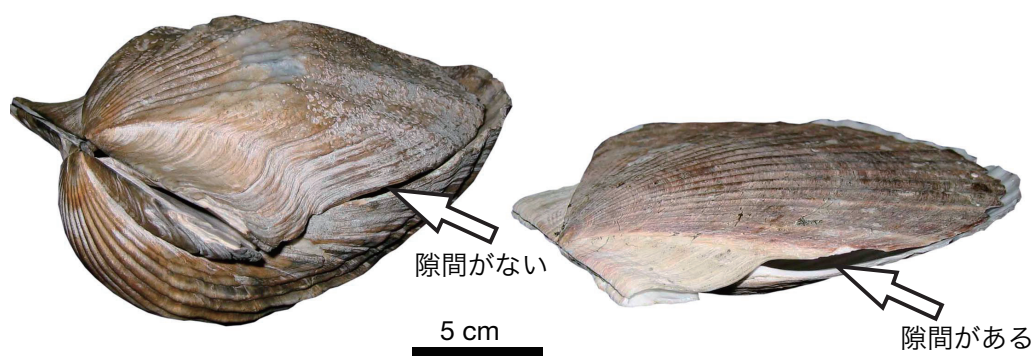


図3. 成員のタカハシホタテ(左)とホタテガイ(右)の前背縁部. ホタテガイにはジェット水流を噴出する隙間があるが, 成員のタカハシホタテには隙間がない.

ら海底での付着生活を経た後、底生生活に入り、現生ホタテガイのように遊泳（遊泳型）できたが、成長中期以降になると遊泳能力をほとんど失ったと解釈した（図4）。そして殻が重厚になり、膨らみが大きくなった成長中期以降は、軟らかい泥質な海底面に横たわるようにして生活（横臥型）していたと考えた（図4）。このように海底面に浮かぶようにして生活し、厚い貝殻を持つことで捕食から逃れていた生活戦略は、「氷山戦略」とよばれる。この戦略を持った生物は、中生代ではカキの仲間である *Gryphaea* などに知られるが、新生代ではほとんど知られていない（Stanley, 1970 など）。

最近では中島（2001）が、タカハシホタテの殻が内側に

折れ曲がる変曲点の位置の地理的変異を検討し、太平洋側の個体の変曲点は日本海側の個体よりも殻頂からの距離が大きい、つまり時期が遅いことを示した。

さて、鈴木 (1979) や Hayami and Hosoda (1988) の研究によって、タカハシホタテは、成長に伴って殻の形態変化が重厚になり、生活形態が成長中期に変化したことがわかった。しかし、貝殻形態を解析するだけでは、これ以上の考察をすることは困難であり、「なぜタカハシホタテは特有な形態を持ち生態変化をしたのか?」、「変曲点の意味は?」などという疑問は残されたままであった。

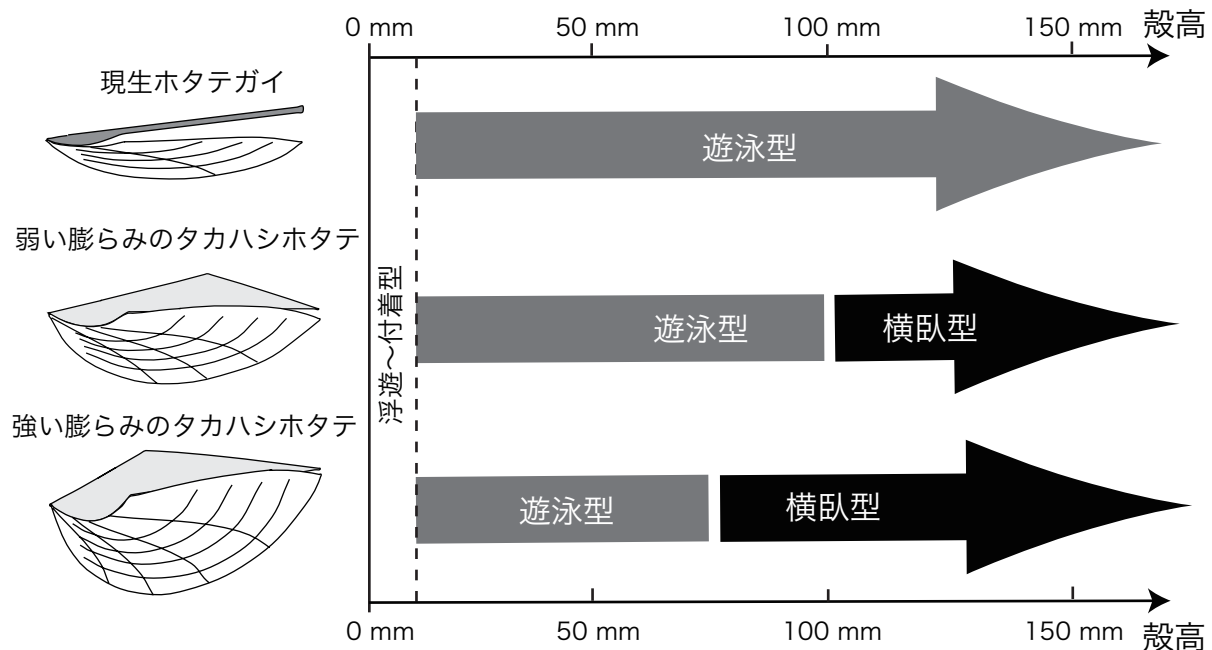


図4. Hayami and Hosoda (1988) の機能形態学的解析に基づくタカハシホタテと現生ホタテガイの生態変化過程。一般にホタテガイ類は、発生直後は浮遊生活を送り、そして海底や海中の物体に付着する。さらに成長してから底生生活に入り、遊泳するようになる。タカハシホタテは、成長中期になると遊泳することをやめ、横臥型の生活を送るようになる。

安定同位体比解析を使った研究手法

化石の形態解析から得ることが困難である情報として、その生物の絶対成長、つまり時間軸が挙げられる。実際にモニタリングされている現生生物であれば、その成長を追跡することが可能であるが、野生生物や化石ではその成長過程の時間的推移を形態から明らかにすることは困難である。化石としてよく保存されることが知られる生物の多くには、貝類やサンゴのように付加成長する硬組織を持つという特徴がある。この硬組織には、一般に年輪や成長線、成長輪などと呼ばれる縞構造（成長縞）が発達していることが多く、縞の数や幅を測定することで時間軸を認定することが可能となる（例えば Rhoads and Lutz, 1980；佐藤, 2001）。最近では、水温などの環境情報のパラメーターとして酸素・炭素安定同位体比を炭酸塩からなる硬組織から抽出することで、その生物の時間軸を復元する研究が行われてきた（Wefer and Berger, 1991; Jones, 1998 など）。また、成長縞の中でも日周期や潮汐周期などで形成される微細成長縞（佐藤, 2001）による時間軸の認定（Sclerochronology）や、安定同位体比を高密度で測定・解析をすることで、生物硬組織を用いた高精度な環境解析や生態・生活史復元の研究手法が主流となってきている（Schöne and Surge, 2005 など）。

これまでのタカハシホタテについての研究においては、相対的な時間軸に基づく成長解析は研究されたが、年齢などの絶対的な時間軸に基づく生態については明ら

かではない。そこで、タカハシホタテの絶対的な時間軸を明らかにするため、貝殻の酸素・炭素安定同位体比の分析を行った。特に酸素同位体比は水温のパラメーターとして有用であり、この同位体比を解析することで、タカハシホタテ殻の形成された時間軸や年齢、環境情報が明らかになる可能性が高い。分析材料としたのは、北海道雨竜郡沼田町に分布する下部鮮新統幌加尾白利加層から採集された2枚の左殻（IN1とIN4）である（図5）。IN1は約550万年前の層準から、IN4は約400万年前の層準から採集された。まず、これらの貝殻の表面にみられる付着生物などを除去して洗浄した後、貝殻に二次的鉱物が沈着していないか、貝殻が変質していないかを確認するために、貝殻表面をSEM（Scanning electron microscope：走査型電子顕微鏡）で観察し、XRD（X-ray diffraction：X線回折）分析により貝殻の鉱物組成を調べた（図6）。アラレイシで形成された硬組織は方解石に変質しやすいために、XRD分析を行うことで変質していないかを確認することは重要である。ホタテガイ類の貝殻の外層は比較的に変質しにくい方解石で形成されており、地球化学的手法を用いるのに有用である。次に、貝殻表面にみられる成長縞の観察を行った。本稿では、成長縞のうち、段差を持つ成長縞を“強い成長障害輪”とし、段差は持たないが溝状の構造を持つ成長縞を“弱い成長障害輪”とし、それらの位置の測定を行った（図5）。そして、デンタルドリルを用いて、殻頂から殻縁への成長方向に沿って、約0.5 mm 間隔で安定同位体比測定用の

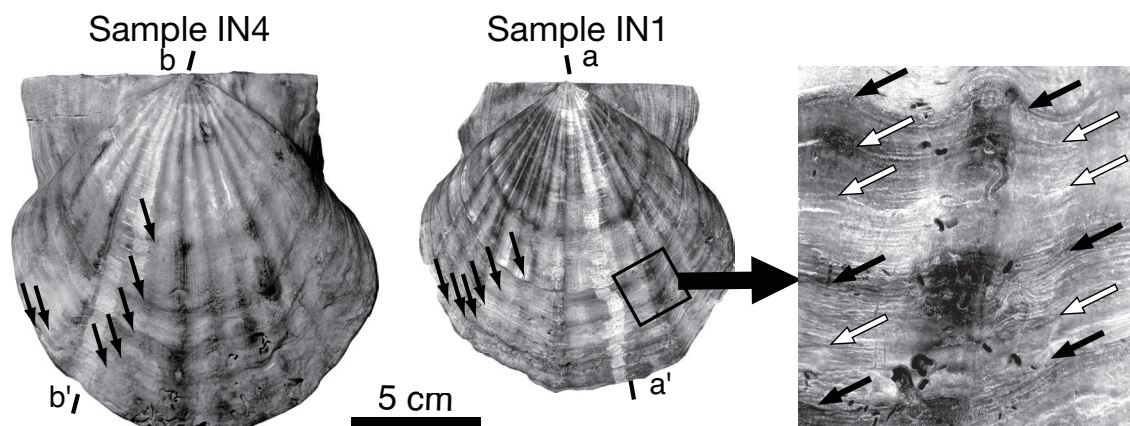


図5. 安定同位体比測定を行ったタカシホタテの左殻。黒い矢印は“強い成長障害輪”の位置を示し、白い矢印は“弱い成長障害輪”の位置を示す。測線 a-a'、b-b' の成長方向に沿って同位体比測定試料を採取した。

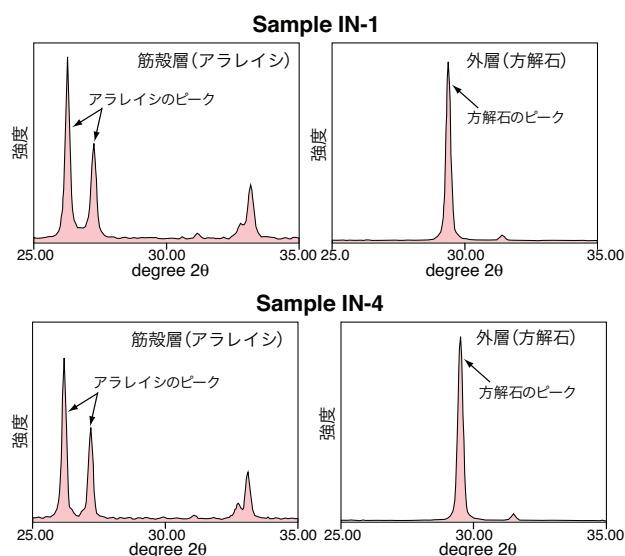


図6. タカシホタテ殻のXRD分析結果。サンプルIN1, IN4の同位体比測定を行った外層（方解石）と筋殻層（アラレイシ）の分析結果。アラレイシは方解石に変質しやすいが、両個体のアラレイシともに変質がみられないことがわかる。

粉末試料を採取した（図5）。粉末試料は、ウッズホール海洋研究所の質量分析計を用いて安定同位体比を測定した。本稿では、ホタテガイ類の成長過程を水温の季節変化と結びつけて議論するために、水温のパラメーターとなる酸素同位体比を用いて主に議論した。

酸素同位体比から推定された季節変動

酸素・炭素安定同位体比を測定した結果を図7に示す。酸素同位体比からは、IN4については約10回、IN1については約8回の山と谷が繰り返すがズグザの変動が認められる（図7）。酸素同位体比は水温のパラメーターとなるため、この変動は水温の上昇下降を意味し、それぞれが季

節変動を示すことがわかる。つまりIN4は10年分、IN1は8年分の水温変動サイクルを記録しているのである。

両個体のサイクルは、成長と共に酸素同位体比の振幅（変動幅）と波長（成長幅）が減少しているように見える（図7）。とくに両個体ともに、サイクル2と3を境して、サイクルの変動幅と成長幅が小さくなっており、成長前期（サイクル1, 2）と成長後期（サイクル3以降）の2つのフェーズに区分できる（図7）。前期と後期の冬季の酸素同位体比をみると2‰前後が最大値であるのに対し、夏季に相当する部分の酸素同位体比は前期に比べて後期は高い値（低い水温）を示す。つまり、後期には夏季の高水温のデータが記録されていない可能性が高い。そこで、Craig (1965) の水温と酸素同位体比の関係式を用いて、IN4における古水温を算出した。鮮新世前期の海水の酸素同位体比はKranz (1990) による $-0.3 \sim -0.4 \text{ ‰}$ を用いた。その結果、前期は $8 \sim 21 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 、後期は $8 \sim 16 \text{ }^{\circ}\text{C}$ の水温幅が得られた。タカシホタテの推定される生息水深は20～30 mであり、現在の北海道西部沖20～30 m水深の水温幅は $15 \text{ }^{\circ}\text{C}$ （ $5 \sim 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ）であることを考慮すると、IN4の成長後期は夏季の水温が欠如しているということがいえる。以上のことから、成長前期には水温がほぼ途切れずに記録されているが、後期になると夏季に貝殻の成長が停滞した結果、夏季の水温が記録されず、酸素同位体比の変動幅と成長幅が小さくなったと考えられる。

また、サイクルの波長が減少した原因として、タカシホタテが成長中期に殻の成長方向を平面的に広げる傾向から、厚みを増加させる傾向へと変化させたこと (Hayami and Hosoda, 1988) も挙げられる。

成長障害輪の形成要因

成長障害輪の位置と酸素同位体比変動の関係をみると、IN1の強い障害輪はサイクルの夏季のピーク部分に、IN4

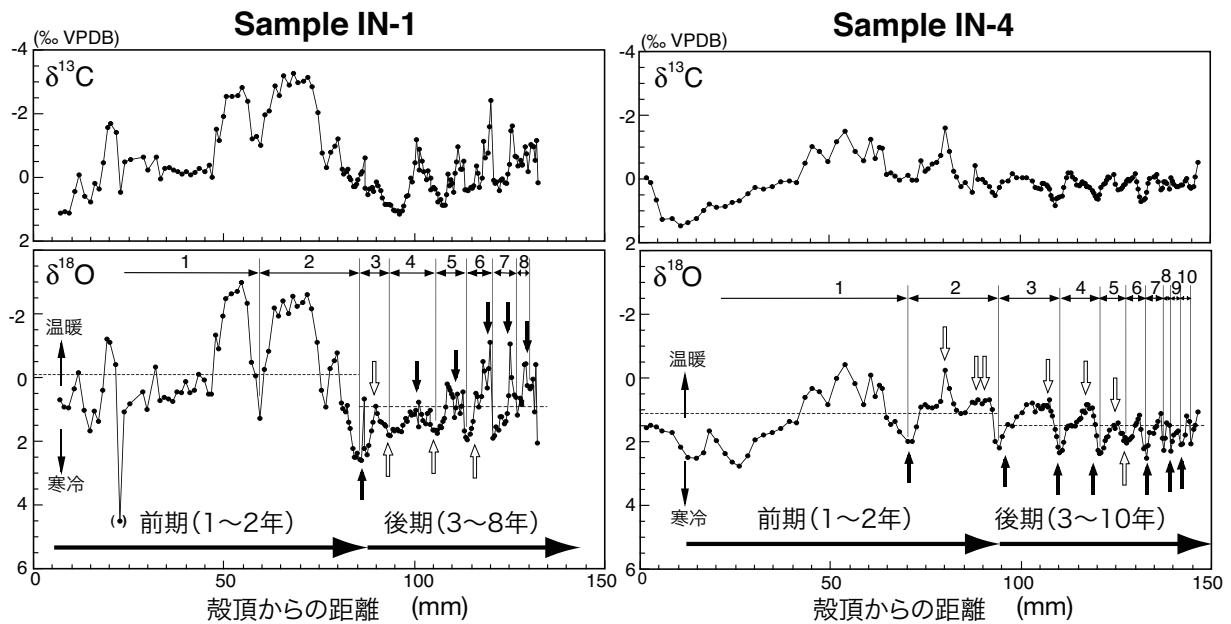


図7. タカハシホタテの安定同位体比測定結果。縦軸が反転していることに注意。上段は炭素同位体比の変化、下段は酸素同位体比の変化。右方向は成長方向を示す。黒い矢印は“強い成長障害輪”の位置を示し、白い矢印は“弱い成長障害輪”の位置を示す。酸素同位体比の変化は、負にふれるほど水温が温かく、正にふれるほど冷たくなることを意味する。下段に引かれた点線は、成長の前期と後期の間隔での酸素同位体比の平均値を示す。

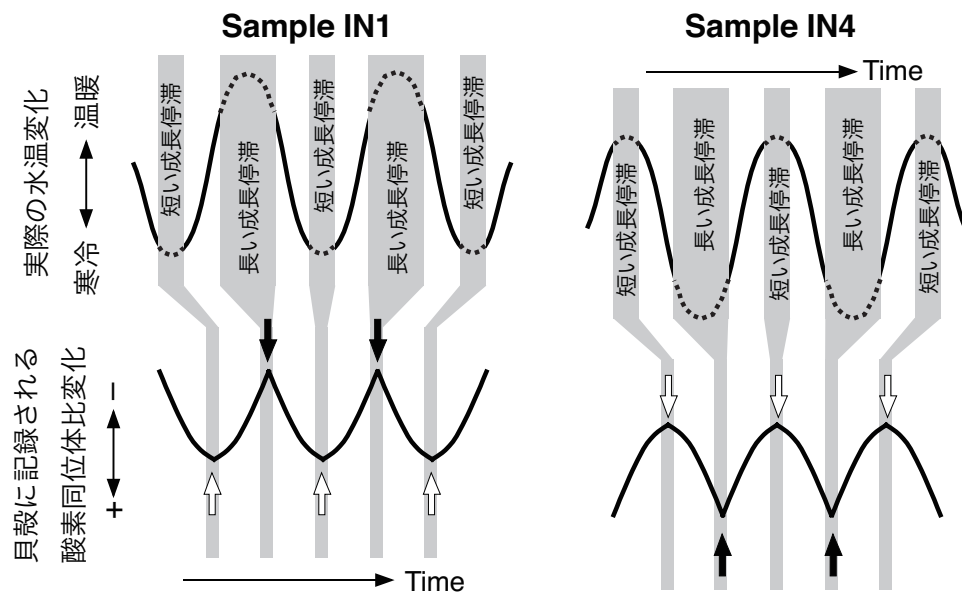


図8. 成長停滞時期、水温変化、実際に貝殻に記録される酸素同位体比変化の関係。灰色部の横幅は成長停滞期間の長さを意味する。黒矢印は“強い成長障害輪”の位置、白矢印は“弱い成長障害輪”の位置を示す。成長停滞する時期や期間が異なれば、サイクルの形状や障害輪の強弱が変わってくることがわかる。

では冬季のピーク部分に位置しており、どちらもサイクルの形状の尖った部分に位置していることがわかる（図7）。一方、弱い障害輪はIN1では冬季部分に、IN4では夏季部分におよそ位置しており、サイクルの形状の丸い部分に位置している（図7）。また、両個体のサイクル3以降をみると、IN1は下に凸型の形状をしているのに対し、IN4は上に凸型の形状をしているという違いがみられる（図7）。以上のことから、両個体共に夏と冬の水温のピーク時に障

害輪が観察されるため、障害輪の形成は夏季の高水温と冬季の低水温が原因で、貝殻成長が停滞して障害輪が形成されたといえる。また、成長障害輪の強弱は、殻の成長が停滞した時間の長さを意味しており、IN1は夏季、IN4は冬季の成長停滞期間が顕著であったことが考えられる。したがって、成長停滞の時期がそれぞれ異なったため、殻に記録された酸素同位体比のサイクルの凸型形状の向きと障害輪の特徴が異なると考えられる（図8）。

強い成長障害輪の形成時期の違いは、両個体の生息環境の水温の違いによることからいえる。つまり、IN1 の生息環境（約 550 万年前）の水温が IN4 の環境（約 400 万年前）よりも相対的に高かったため、IN1 の夏季の成長停滞が顕著で、逆に IN4 の冬季の成長停滞が顕著であったと考えられる。これは両個体の成長前期・後期における酸素同位体比の平均値（図 7 の点線）が IN1 のほうが IN4 よりも低い（高い水温）ことから示唆される。

タカハシホタテの生活史の復元

タカハシホタテの貝殻の酸素同位体比を測定することで明らかになったことは、夏季と冬季における高水温・低水温によって成長が停滞することで成長障害輪が形成され、そして成長前期にはほぼ一年中殻の成長が続くものに対して、後期になると夏季に殻が伸張方向へ成長しなくなるという 2 点である。では、なぜ成長後期になると夏季の殻成長が止まってしまうのだろうか。Jones *et al.* (1986) は、現生のオオシャコガイ (*Tridacna gigas*) の酸素・炭素同位体比を測定することで、タカハシホタテと同様な安定同位体比の変動幅が減少するパターンを報告している（図 9）。Jones *et al.* (1986) によれば、約 10 年の段階でオオシャコガイが性成熟を迎えており、その結果、貝殻形成よりも配偶子形成や産卵に多くのエネルギーを優先的に費やすように方針転換をしたためと解釈されている。日本のホタテガイを含む北方系貝類の大半は、春から夏にかけて産卵することや、ホタテガイは一般に 2 歳（サイクル 3 に相当）から産卵を開始することが知られている（澄川, 1994; Kosaka and Ito, 2006）。したがって、タカハシホタテもオオシャコガイと同様に、サイクル 3 以降に産卵を開始することで、貝殻形成よりも産卵などの代謝活動にエネルギーを優先的に費やしたため、春から夏にかけての殻の伸張方向への成長速度が停滞し、その時期の同位体比データが貝殻に記録されなかったと考えられる。一方、現生種のホタテガイについては、性成熟の前後において、産卵期の酸素同位体比は貝殻に記録されている（Nakashima *et al.*, 2004b）。

次に、Hayami and Hosoda (1988) によるタカハシホタテの機能形態学的解析の結果と酸素同位体比による解析結果を組み合わせ考察する。IN1 と IN4 の成長前期と後期の境界は殻高の 8～9 cm に相当しており（図 7）、この位置には左殻が内側に折れ曲がる変曲点がみられる。Hayami and Hosoda (1988) は、タカハシホタテの生態が遊泳型から横臥型へと変化する時期を殻高の 7～8 cm と示している。Hayami and Hosoda (1988) が検討した沼田町と滝川市産のタカハシホタテの変曲点は、平均すると殻高の約 7 cm（4～9 cm の範囲）に位置している（中島, 2001）。したがって、タカハシホタテの変曲点は、性成熟して産卵を開始したと考えられる成長前期から後期に移行する時期を意味し、それは生態が遊泳型から横臥型へと

変化する時期をも意味することがわかる。

以上のことから、タカハシホタテは性成熟して産卵を開始することがきっかけとなり、殻を平面的に広げる伸張成長から厚みを増す肥厚成長へと殻の成長方向をシフトした、つまり遊泳型から横臥型へと生態変化をしたのである（図 10）。その結果、伸張成長の速度が小さくなり、成長後期のサイクルの波長（成長幅）が小さくなった（図 7）と考えられる。また、春から夏季にかけては貝殻成長よりも産卵にエネルギーを消費することで、さらに成長後期のサイクルが短くなったのだろう（図 7）。一般に水温の温暖な時期に貝殻は大きく成長する。しかし、タカハシホタテはこの温暖な時期に、貝殻成長を止めて遊泳能力を犠牲にしてまで、子孫繁栄のため産卵にエネルギーを費やすことに方針転換したのではないだろうか。

ところが、遊泳能力を捨てたタカハシホタテは捕食者から逃れることができなくなる。そこで、タカハシホタテは捕食者から逃げる必要がないように、殻を重厚にする肥厚成長にシフトすることで、「「食えるものなら食ってみよ」と居直ったのである」（速水, 1987）。タカハシホタテの特徴である重厚で膨らみのある殻は、軟らかい海底面において水力学的に安定な状態を維持することに有効である。また、右殻の強い膨らみは、両殻内部に存在する軟体部の体積の増加を意味する。つまり、子孫繁栄のための精巣・卵巣を大量に蓄えるため、殻の膨らみを増したのかもしれない。

タカハシホタテは約 700 万年前の中新世後期の北海道周辺海域に出現し、約 500～400 万年前の鮮新世前期には北はカムチャツカ、南は東北日本にまで分布を広げたが、その後、徐々に寒冷化していった気候とともに分布を狭め、更新世初期の約 100 万年前に急激な寒冷化のため絶滅したと古気候解析の見地から考えられている（Nakashima, 2002）。鮮新世には遊泳能力を一生持ち続ける現生種のホタテガイも出現し、タカハシホタテと同じ浅海域に生息していた。遊泳能力を捨てて冰山戦略者となったタカハシホタテは絶滅し、一方遊泳能力を持ち続けたホタテガイは現在も生息している。この事実は、タカハシホタテの絶滅要因が寒冷化という気候的要因だけではなく、子孫繁栄のため生態・形態変化したタカハシホタテが捕食圧に耐えきれなくて絶滅したという可能性も否定できない。

著者がタカハシホタテの研究の話をすると、「貝柱（閉殻筋）は大きくて食べがいがあったでしょうね。さぞや美味しかったでしょうね」と聞かれることが多い。タカハシホタテの貝柱は、ホタテガイの貝柱の 2～3 倍の厚さがあり、直径も若干大きめであったことが筋痕の大きさから推定され、たしかに食べがいがあったと思われる。しかし、遊泳能力を捨てたタカハシホタテの貝柱の味はどうだったのだろうか。一般に運動をほとんどしない動物の筋肉よりも、ある程度運動をした動物の筋肉のほうが美味しいといわれる。著者は以前、ほぼ同じ環境で生育し、同時期に水揚げされた地巻き養殖（海底に捲いて自由生活させる）

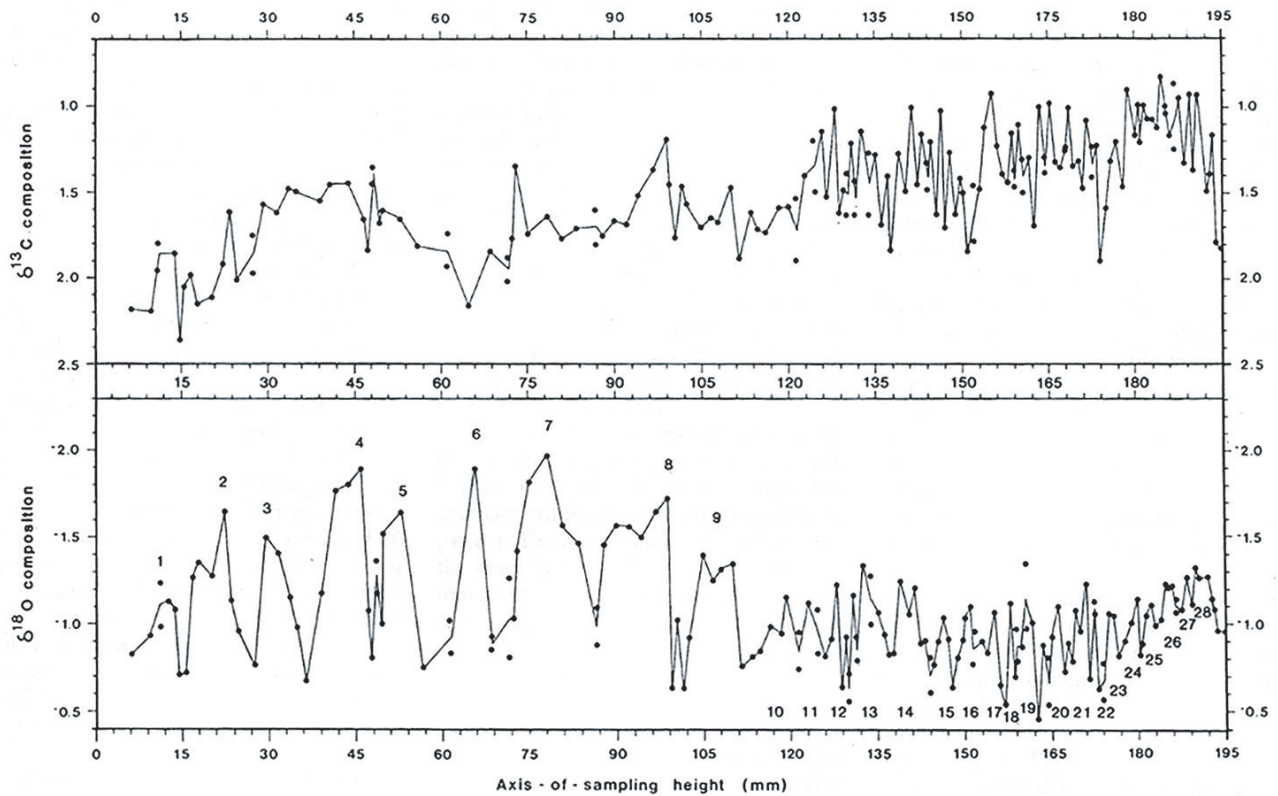


図9. オオシャコガイ (*Tridacna gigas*) の酸素・炭素同位体比測定結果 (Jones *et al.* (1986) の Fig. 1 を複製. Copyright (1986), American Association for the Advancement of Science). 上段は炭素同位体比, 下段は酸素同位体比の変化。右方向は成長方向を示す。下段図中の数字は年サイクルを示す。10年目から年サイクルの変動幅が小さくなっており、産卵を開始したためと考えられている。

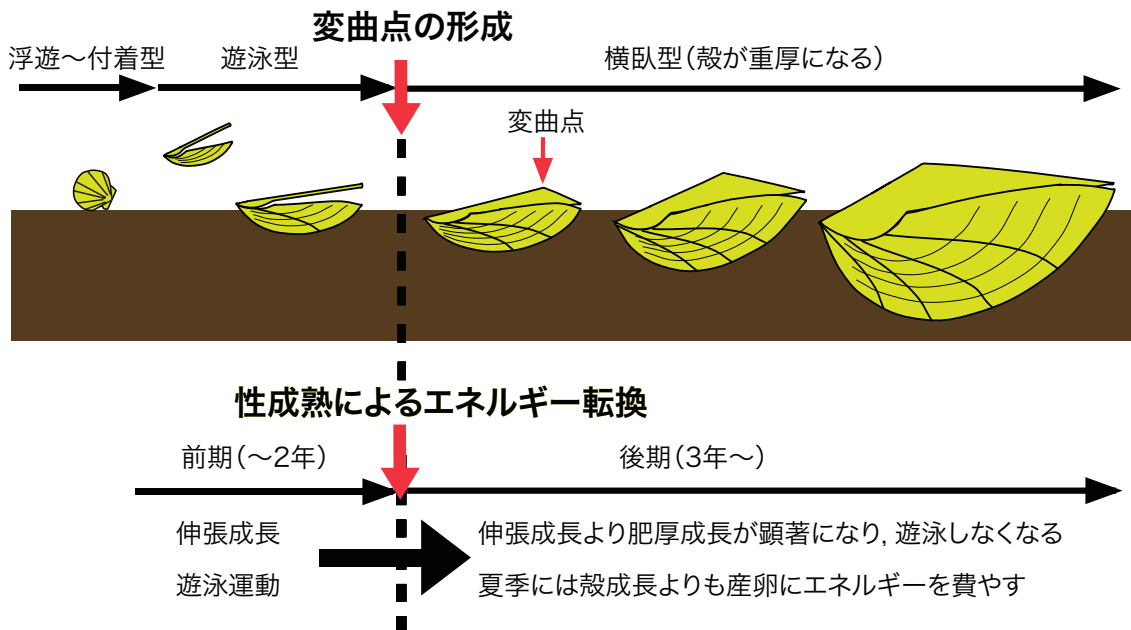


図10. タカハシホタテの生態変化。性成熟し産卵を開始することで、遊泳型から横臥型へと生態が変化し、殻の膨らみが強くなっていく。子孫繁栄のため、遊泳能力を捨て、産卵することにエネルギーを費やしたと考えられる。

のホタテガイと籠養殖 (50 cm 程度の籠の中で生育させる) のホタテガイの貝柱を, どちらが美味しいか判断するために約 10 人に食べ比べてもらったことがある。すると 1 人を除いて全員が地産きのホタテガイが美味しいと答えた。味覚は人それぞれだが, これだけ意見がまとまると, 狭い籠の中や耳吊りであまり動けないホタテガイよりも, ヒトデなどの捕食者から逃げ回って生きていたホタテガイのほうが美味しいのではないかと思う。したがって, 運動不足であったタカハシホタテの貝柱は大味だったのだろう。

謝辞

本稿をまとめるにあたり, 産業技術総合研究所の鈴木 淳, 大串健一, 北海道大学の渡邊 剛博士には多くの情報を提供していただき, また詳細に議論をしていただいた。産業技術総合研究所の利光誠一, 長森英明博士には粗稿を読んでいただいた。ウッズホール海洋研究所の D. Ostermann 氏には安定同位体比を測定していただいた。神奈川県立生命の星・地球博物館の樽 創氏には本稿を公表する機会をいただいた。以上の方々に厚く御礼申し上げます。

文献

- Akiyama, M., 1962. Studies on the phylogeny of *Patinopecten* in Japan. *Science Reports of Tokyo Kyoiku Daigaku, Section C*, **74**, 63-122.
- Craig, H., 1965. The measurement of oxygen isotope paleotemperatures. In Tongiorgi, E., ed., *Stable isotopes in oceanographic studies and paleotemperatures*. Proceedings Spoleto Conference, 1-24, Pisa.
- Crichton, M., 1991. *Jurassic Park*. 416 p., Alfred A. Knopf, New York.
- 藤江 力, 1958. 新生代化石解説 (26) — 滝川・本別化石動物群と代表種 *Patinopecten* (F.) *takahashii* Yokoyama の分布について —, 新生代の研究, (26), 597-601.
- Gould, S. J., 1989. *Wonderful Life: The Burgess Shale and the Nature of History*. 347 p., Norton, New York.
- 速水 格, 1987. タカハシホタテの適応戦略—中生代型生活様式の復活。日本古生物学会編, 化石の科学, 62-63, 朝倉書店, 東京。
- Hayami, I. and Hosoda, I., 1988. *Fortipecten takahashii*, a reclining pecten from the Pliocene of north Japan. *Palaeontology*, **31**, 419-444.
- Jones, D. S., 1998. Isotopic determination of growth and longevity in fossil and modern invertebrates. In Norris, R. D. and Corfield, R. M. eds., *Isotope Paleobiology and Paleoecology, The Paleontological Society Papers*, **4**, 37-67.
- Jones, D. S., Williams, D. F., Romanek, C. S., 1986. Life history of symbiont-bearing giant clams from stable isotope profiles. *Science*, **231**, 46-48.
- Kosaka, Y. and Ito, H., 2006. Chapter 22, Japan. In Shumway, S. E. and Parsons, G. J. eds., *Scallops: Biology, Ecology and Aquaculture*, 1093-1141, Elsevier, Amsterdam.
- Krantz, D. E. 1990. Mollusk-isotope records of Plio-Pleistocene marine paleoclimate, U.S. middle Atlantic coastal plain. *Palaos*, **5**, 317-335.
- Masuda, K., 1962. Tertiary Pectinidae of Japan. *Science Reports of the Tohoku University, Second Series*, **33**, 117-238.
- 中島 礼, 2001. タカハシホタテ *Fortipecten takahashii* (Yokoyama) の古生物学的意義。生物科学, **55**, 148-152.
- Nakashima, R., 2002. Geographic distribution of the late Cenozoic bivalve *Fortipecten* in the northwestern Pacific. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **186**, 261-274.
- 中島 礼・天野和孝・Vladimir D. Khudk, 2002. 南サハリンの新生界と *Fortipecten takahashii* の産出状況。地質学雑誌, **108** (3), v-vi.
- Nakashima, R., Watanabe, M., Yanagisawa, Y., Amano, K. and Khudik, V. D., 2003. Geologic range and paleogeography of the late Cenozoic bivalve *Fortipecten* in the northwestern Pacific. *Science Report of the Institute of Geoscience, University of Tsukuba, Section B*, **23**, 17-30.
- Nakashima, R., Suzuki, A. and Watanabe, T., 2004a. Life history of the Pliocene scallop *Fortipecten*, based on oxygen and carbon isotope profiles. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **211**, 299-307.
- Nakashima, R., Suzuki, A., Watanabe, T. and Kawahata, H., 2004b. Life history of the Pliocene scallop *Fortipecten*, based on oxygen and carbon isotope profiles. *32nd International Geological Congress, Abstracts Volume, Part 1*, 808.
- Rhoads, D. C. and Lutz, R. A., 1980. *Skeletal Growth of Aquatic Organisms: Biological Records of Environmental Change*. 750 p., Plenum Press, New York, London.
- 佐藤慎一, 2001. 絶対成長。池谷仙之・棚部一成編, 古生物の科学 3 古生物の生活史, 46-72, 朝倉書店, 東京。
- Schöne, B. R. and Surge, D., 2005. Looking back over Skeletal Diaries — High-resolution Environmental Reconstructions from Accretionary Hard Parts of Aquatic Organisms. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **228**, 1-192.
- Stanley, S. M., 1970. Relation of shell form to life habits in the Bivalvia (Mollusca). *Geological Society of America, Memoir*, **125**, 1-296.
- 澄川精吾, 1994. 性と生殖。波部忠重, 奥谷喬司, 西脇三郎編, 軟体動物学概説, 上巻, 159-176, サイエンス出版社, 東京。
- 鈴木清一, 1979. *Patinopecten* (*Fortipecten*) *takahashii* の変異と成長。平地学同好会会報特別号, 48-51。
- Wefer, G. and Berger, W. B., 1991. Isotope paleontology: growth and composition of extant calcareous species. *Marine Geology*, **100**, 207-248.
- Yabe, H. and Hatai, K., 1940. A note on *Pecten* (*Fortipecten*, subg. nov.) *takahashii* Yokoyama and its bearing on the Neogene deposits of Japan. *Science Reports of the Tohoku Imperial University, Second Series*, **21**, 147-160.
- Yokoyama, M., 1930. Tertiary Mollusca from South Karafto. *Journal of the Faculty of Science, Tokyo Imperial University, Section 2*, **2**, 407-418.