

小珠山遺跡出土アサリの酸素・炭素安定同位体比分析の 基礎的研究

富森 岡田 直人¹・景山 智波¹・佐藤 優子¹
森畑 田山 耕智¹・起史³・山眞¹ 畑田 秀恭 波矢¹・太金 藤田 優有 子香²
賈 笑 冰⁴

¹ 岡山理科大学生物地球学部, ² 岡山理科大学工学部, ³ 埼玉大学大学院, ⁴ 中国社会科学院

一 論 文 要 旨 一

貝殻成長線分析の手法を再検討し、さらに高い情報性を得るために同位体比質量分析計を利用して、放流実験資料と小珠山遺跡出土試料の測定を行った。小珠山遺跡（中国遼寧省大連市広鹿島、北緯39度11分）出土アサリを中心として分析するため、緯度の近い松川浦放流実験地区（福島県相馬市、北緯37度49分）を利用した。その結果、以下が判明した。

- 1) 染色放流実験では冬の日成長増量は10～30 μ mで、夏～秋の日成長増量は10～90 μ m程度で時々みられる成長障害を除くと20～90 μ mであった。
- 2) 染色放流実験試料での酸素安定同位体比 $\delta^{18}\text{O}$ の数値は、冬は1～-0.5、春～秋は0～-3程度であった。また、放流時前後の成長障害でも数値の減少がみられた。
- 3) 染色放流実験試料での炭素安定同位体比 $\delta^{13}\text{C}$ の数値は、冬は-0.5～1、春～秋は1～-1程度で、冬にやや低い場合があるものの、明確な季節的変動は把握できなかった。
- 4) 小珠山遺跡での冬の日成長増量は12～20 μ m、夏～秋の成長増量は時々みられる10 μ m程度の成長障害を除くと20～63 μ mで、松川浦の実験試料より少しだけ低い値であるが、季節的成長の増減には類似点がみられ、小珠山遺跡の貝殻成長線の解釈に、松川浦の試料が参考にできるといえる。
- 5) 小珠山遺跡出土資料では、酸素安定同位体比 $\delta^{18}\text{O}$ の数値は、冬と推定された部分で-3と0前後、-2前後がみられた。これは生体染色放流実験のものと比較するとポイントで最大4、最小で0.5程異なっている。
- 6) 小珠山遺跡出土資料では、炭素安定同位体比 $\delta^{13}\text{C}$ の数値は、冬と推定された部分で0前後と1～1.5前後、春～秋で1.5～-1と冬にやや低い場合があるものの変化の振れ幅は大きかった。
- 7) 冬のみならず夏～秋の成長障害は、松川浦の放流個体にも小珠山遺跡の個体にも看取された。これらの形成は外的環境の変化とともに、配偶子形成等の内的環境の変化の影響が予想されるが、今回の分析では明確な証左が得られなかった。
- 8) 以上より、小珠山遺跡のアサリ貝殻成長線分析は、松川浦等の現生アサリの放流実験データを参考に酸素安定同位体比分析を併用することで、より実証的に遂行することが可能になる見通しが得られたが、酸素同位体比のみからでは死亡季節推定が困難といえる。

キーワード：小珠山遺跡, 中国考古学, 貝殻成長線分析, 酸素・炭素安定同位体比分析

はじめに

日本および近接地域の貝塚等の遺跡からは、多くの貝類が出土する。これらは、考古学研究上、先史時代を含む過去の資源動態と環境変化を検討する上で極めて重要な資料である。これらについて富岡らは継続的に貝殻成長線分析を用いて研究してきたが、その示す成長縞の解釈は図像的な分析のみでは、限界に達しつつあると考えていた。

文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業プロジェクト「ヒト-資源環境系の歴史の変遷に基づく先史時代人類誌の構築」より生業に関連した分析のための助成を受け、酸素・炭素安定同位体比分析を導入することで、停滞しつつあったこの分析への新たなアプローチを試みることにした。

1. 目的

従来のアサリ貝殻成長線分析の手法を検証し、さらに高い情報性を開拓するため、国立科学博物館所有の高精度安定同位体比質量分析計を利用し、酸素・炭素安定同位体比分析を行うことにした。Chinzei et al. (1987)、Stephens et al. (2008) 等の先行研究より、貝殻から得られる酸素・炭素安定同位体比は、古海水温・塩分濃度・摂餌を表すことが知られており、この知見を応用しつつ、各遺跡・各時代の人類による貝類採集の季節性の復元を

行うための基礎的研究に取り組むこととした。

2. 分析資料

遺跡出土貝類の分析結果を検討するため、a. 生体染色放流実験試料 b. 遺跡出土資料 の2種類の資料群を分析することとした。

a. 生体染色放流実験試料

福島県相馬市松川浦（図1 a, 北緯37度49分）で実施したアサリの生体染色放流実験試料を用いた。この実験は、当時の福島県水産試験場松川浦分場（後の相馬支場）が実施したもので、東北大学考古学研究室富岡直人が補助し、1989～1990年にかけて行われたものである（須藤1995）。今回の生体の解剖データは松川浦分場が抽出したものである。

1989年4月6日に標高10cmの干潟である第1地点とそれより30cm程標高の高い干潟の第2地点に500点ずつアクリルマーカで染色したアサリを放流し、1990年5月まで6回にわたって回収した。それぞれの属性を表1に示す。

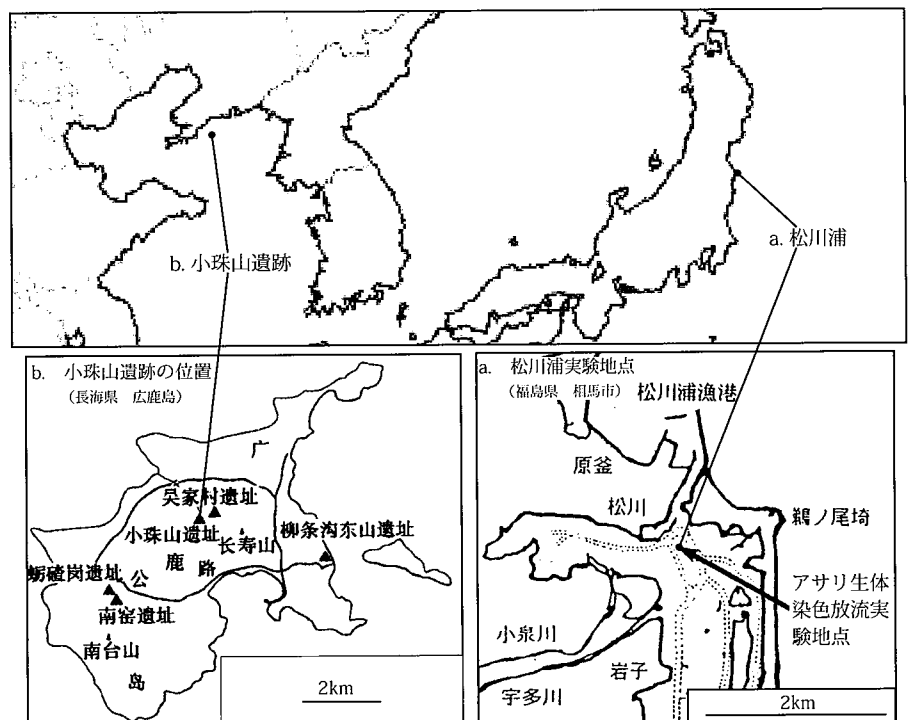
b. 遺跡出土資料

中国遼寧省大連市広鹿島小珠山遺跡（図1 b, 北緯39度11分）で、金英熙、賈笑冰らを中心とした中国社会科学院考古研究所の発掘した約3800年前のアサリ資料を利用した。それぞれの属性を表2に示す。

図1 本論に関連する遺跡とアサリ生体放流実験地点

a : 福島県相馬市 松川浦
(放流実験の第1地点は第2地点と水平距離で46m離れ、第2地点より水深は約40cm深い。)

b : 中国遼寧省長海県小珠山遺跡
(図は中国社会科学院考古研究所2009. p.400より)



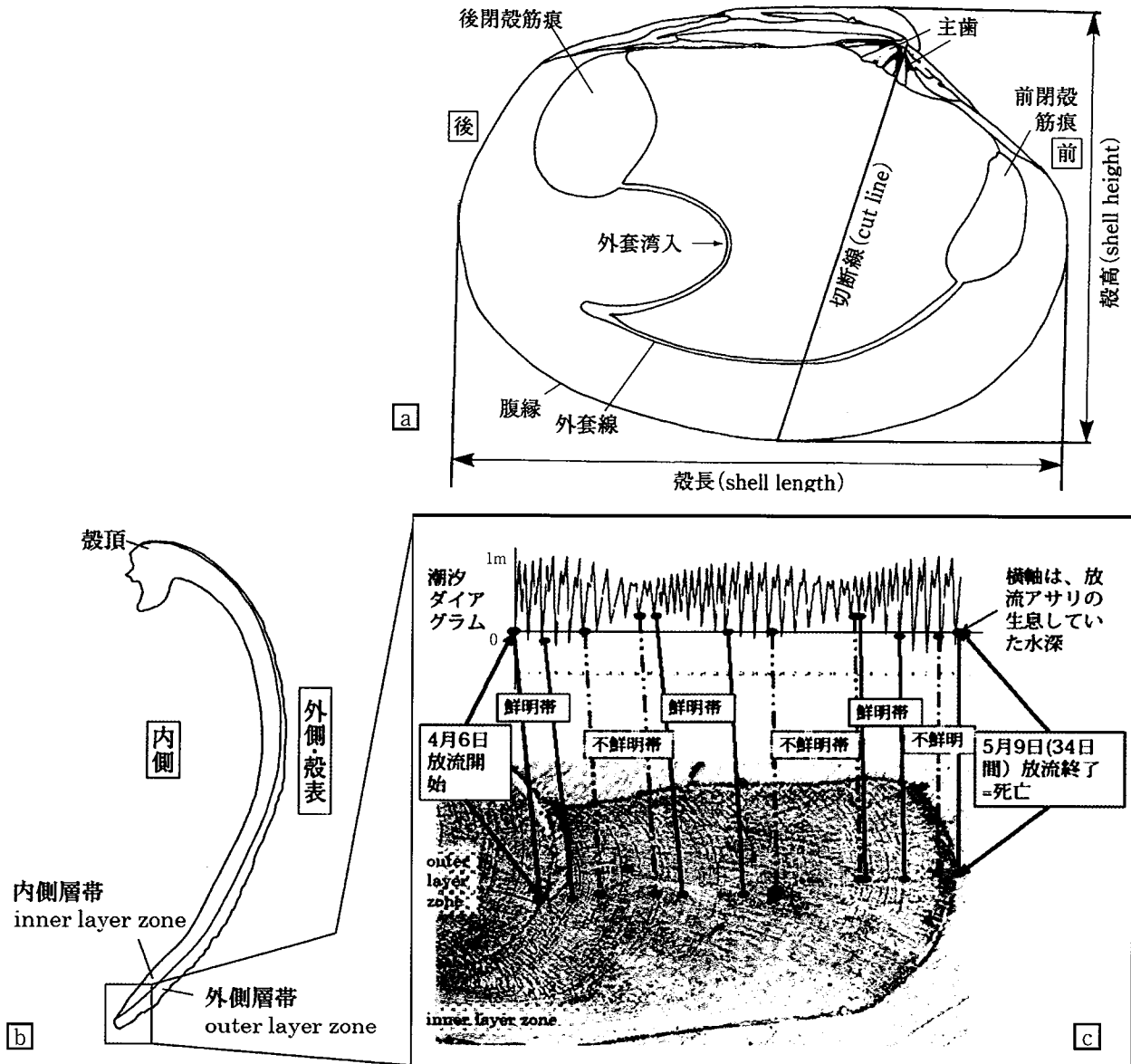


図2 貝殻計測ポイント・成長線分析基準 (富岡2003 一部改変)

a. 貝殻内側 b. 貝殻断面 c. 貝殻断面腹縁部クローズアップ

(画像は松川浦で1989年4月6日～5月9日まで34日間放流した第1地点採集のサンプル19890509①L24試料、潮汐によって形成された鮮明帯と不鮮明帯の繰り返しが明確に観察できる。貝殻の写真の上にしたグラフは松川浦第1地点での時系列潮位変化を示す。)

この出土資料は完新世の資料であり、当然海況の影響は考慮すべきものの、現在の大連市周辺での海況、特に潮汐パターンや海水温の季節的変動をある程度参考にできると考えられる。現在みられる大連市での潮汐は、松川浦に比べ干満差が大きいので、貝殻成長線のパターンは松川浦のものより明瞭帯の発達が明確になりやすく daily line は勿論、 subdaily line も明確になりやすいと推定される。

3. 分析方法

a. 貝殻成長線分析

現生試料・出土資料ともに貝殻形態の計測、写真撮影を行った後、常法(富岡2003)で設定されている切断線(図2 a)で貝殻を切断し、断面の成長縞を観察した。成長縞は潮汐の影響で概ね14日周期で鮮明帯と不鮮明帯を示すので、これを参考に日成長線を割出し、その座標を生物顕微鏡付属のメジャー(0.1mm単位)で計測し、1日

表1 アサリ放流実験試料

| 放流地点 | 整理番号 | 地点 | 死亡季節 | 放流日数 | 殻高 (mm) | 殻長 (mm) | 殻深 (mm) |
|-----------------------|---------|------|------------|------|------------|------------|------------|
| 福島県相馬市松川浦 ノリ棚・養殖場内 | MUB②L12 | 第2地点 | 1989年11月9日 | 218 | 24.89 | 35.34 | 8.47 |
| | MUB②L20 | 第2地点 | 1989年11月9日 | 218 | 27.65 | 39.44 | 9.40 |
| | MUB②L27 | 第2地点 | 1989年11月9日 | 218 | 22.90 | 33.90 | 8.81 |

表2 アサリ出土資料

| 出土地点 | 整理番号 | 発掘区 | 時代 | 殻高 (mm) | 殻長 (mm) | 殻深 (mm) |
|----------------------|------------|-----------------|--------------------|------------|------------|------------|
| 中国遼寧省大連市 広鹿島小珠山遺跡 | RPL21 (17) | 3号柱 (17) A-2 | 新石器時代 (約3800年前) | 22.55 | 31.10 | 7.85 |
| | RPL23 (17) | 3号柱 (17) A-2 | 新石器時代 (約3800年前) | 26.42 | 36.35 | 10.34 |

あたりの成長増量を求めた。また、過去の研究で把握された成長縞の季節的パターン(須藤編 1995: PL.91)を参考に最低海水温の頃に形成される冬輪を認定した。

b. 酸素・炭素安定同位体比分析と貝殻成長線の比較

これらの安定同位体比分析は、国立科学博物館地学研究部環境変動史研究グループ齋藤めぐみ先生に御協力頂き、図3に示す同博物館のMAT253高精度安定同位体比質量分析計(Thermo Scientific社製)を用いて測定した。

酸素安定同位体比分析では、 ^{18}O と ^{16}O の比率R: $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ 、 $\delta^{18}\text{O} = \{(R \text{ 試料}/R \text{ 標準}) - 1\} \times 1000(\text{‰})$ を求めた。 ^{16}O は ^{18}O よりも質量が軽いため蒸発しやすい。通常、蒸発した ^{16}O は水蒸気となった後、雨雪等になって地上へ降り、氷となったり、河川を流れて海に戻るといふ循環が起こす。ここで季節的な変化を検討すると、冬には ^{16}O が地上に降る時に雪になり、地上で氷となって堆積するものが増える。そのため、海水中の ^{16}O と ^{18}O の比率が変わり ^{18}O が比率として多くなる。このことから ^{18}O の比率が高い成長線部分が冬で、低い成長線部分が夏に形成された可能性が高い。

炭素安定同位体比分析では、 $\delta^{13}\text{C}$ を見ることで分析を行った。炭素は餌と、それが生息する水域の底質に關

わっていると予想される。アサリの餌である植物プランクトンや底棲微細藻類の摂餌率によって ^{13}C 値が変化すると予想され、その季節的変動が間接的に貝殻に季節変化の様子を記録することとなると考えられる。

4. 結果

a. 現生アサリの成長線形成

1) 貝殻の成長と配偶子形成

図4に松川浦に放流した現生アサリ試料の各時点における殻高の分布を示す。横軸は日付を示し、試料のサンプル日であり、縦軸がそれぞれ採集されたサンプルの殻高である。これによると春から夏にかけてと秋から冬の成長が遅いことが把握された。このような貝殻成長は、生体のアサリを取り囲む外的環境要因と、栄養状態・生殖活動等の内的要因が影響をしていると考えられる。

内的要因の検討として、生殖活動の様子を検討した。図5に各時点でのアサリの生殖腺の膨らみを観察した結果を示す。生殖腺の膨らみは配偶子形成の活発・不活発を示すと考えられ、この観察所見をもって配偶子形成を各個体で0, 1/2, 1と評価した。この作業は福島県水産試験場において実施し、評価の際には二人で観察し、

図3 MAT253高精度安定同位体比質量分析計

(Thermo Science社製、国立科学博物館地学研究部環境変動史研究グループ)



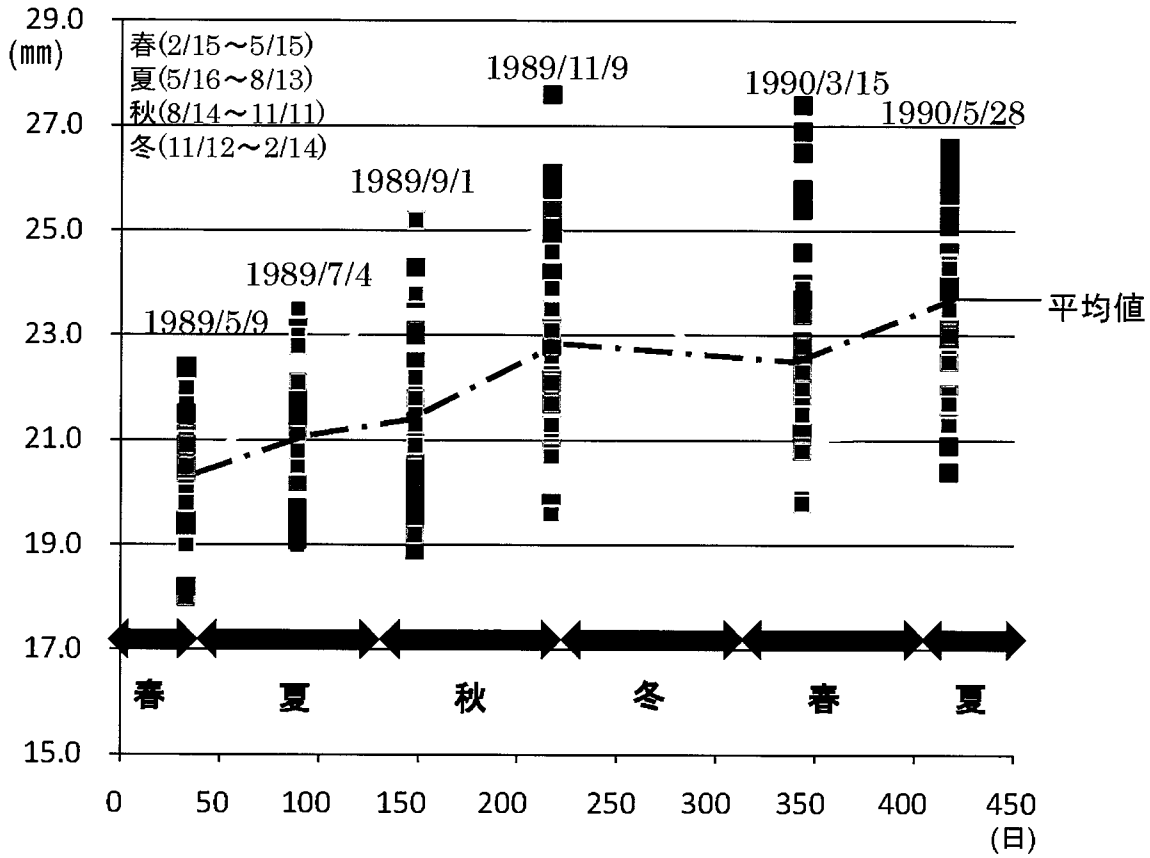


図4 生体染色放流アサリ群の殻高分布図

サンプル群を放流した1989年4月6日を0日とし、その後回収された時系列毎にアサリの殻高をノギスで計測し、散布図としたもの。冬と夏に成長速度の低下が指摘される。同様の指摘は須藤 (1995: pp.197-198) でも行われている。

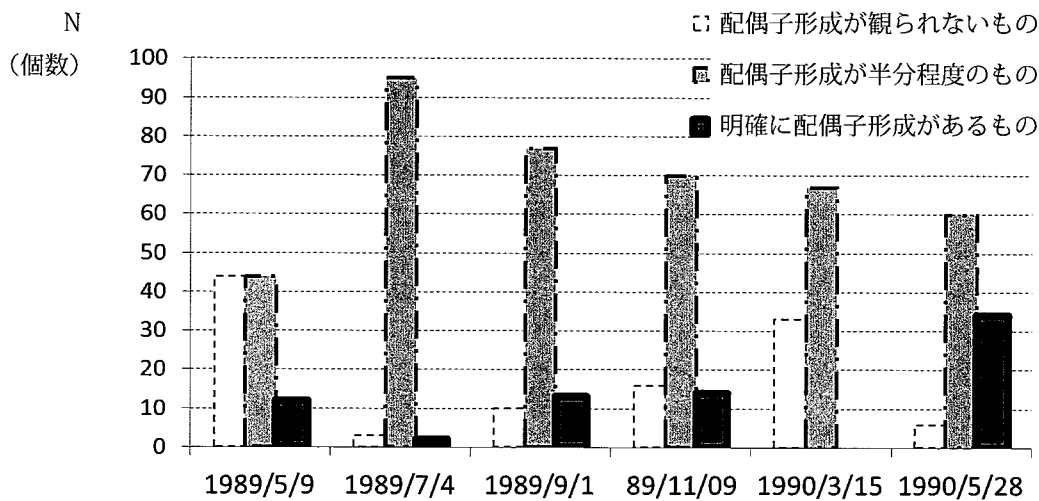


図5 生殖腺発達(配偶子形成)の状況

配偶子形成をする生殖腺の発達度合を福島県水産試験場旧松川浦分場の松本育夫氏、水野拓治氏に実態顕微鏡を用いながら解剖・観察して頂き、記録した。各個体毎に生殖腺の成熟度を「配偶子形成が観られないもの」「配偶子形成が半分程度のもの」「明確に配偶子形成が観られるもの」として記録した。縦軸はそれぞれ観察された個体数(N)を示す。ただし、1989年11月9日の採集日は潮位が高く、第1地点でのサンプル採集が不可能だったため、第2地点で採集したサンプルの個数を2倍して推定値を示した。放流直後は生殖腺の発達は鈍く、本来生殖腺が発達して良いと予想された7月に配偶子形成が観られなかった。翌年2歳に成長した個体群が5月に配偶子形成を活発に行うようになり、配偶子形成が半分程度のもの、配偶子形成が観られないものが減少している。

読み合わせ法によって同定精度を高める努力を払った。1989年4月6日に放流した個体は貝殻の成長状況から観察して、殆どが1歳であったと推定される。この時点で、採集されたサンプルのうち9割以上は生殖腺の発達が弱かった。その後、5月9日になると生殖腺の未発達と発達途上の個体が相半ばする程度になり、完全に生殖腺が発達した個体は1割程度となった。7月4日になると生殖腺発達が半分程度である発達途上の個体が増え、未発達のはほとんどなくなった。一方で成長は進み、殻高は大きくなっている。9月1日、11月9日には生殖腺の完全に発達した個体が1割程度となった。5月～11月に配偶子形成がみられ、そのうち特に7月頃に配偶子形成のピークがあった可能性が高いと推定される。冬が明けたら3月には発達した個体は全くおらず、殻高成長も明らかに停滞している。また、生殖腺の未発達の個体が3割以上を占め、冬から初春は配偶子形成がみられないことが示された。しかし5月になるとまた発達した個体がみられることからこのアサリは春から秋にかけて配偶子形成を行っていたと考えられる。

松川浦でのアサリ生体染色放流資料において夏に成長が不良となる現象は、富岡が分析を担当した須藤(1995: pp.197-198)でも指摘した通りである。さらにこの成長障害は貝殻成長線の形成不全を招いていたことは、夏の成長縞を認定する上で重要な知見となった。ただし、これは先史時代にも共通して生じるかどうかは不明確である。というも、このような夏の成長障害は遺跡出土資料で観察した経験がないためである。

このような松川浦産アサリでの夏の成長障害の原因の一つはここで論じた配偶子形成によるストレスが絡んでいる可能性がある。さらにこれ以外に現代の松川浦の夏に観察される湾内での海水の貧酸素状態が挙げられる。これもストレスとなって成長不良とさらに酸素同位体比の異常値の発生を招いた可能性がある。これらのストレスは、夏を中心に貝殻内面に発生がみられたblisterの生成にも関与した可能性があることも指摘しておきたい。

何れにせよ貝殻の成長の解釈に配偶子形成が重要なファクターであることがあらためて指摘でき、さらにそれは環境の季節変化にも連動しており、その環境は必ずしも先史時代と現代で共通するものではないこと、不確実な条件が多数存在することが解釈を複雑にしている可能性を確認することができた。今後は、生体染色放流実験は勿論、実験室でのアサリの飼育など、条件を人為的にコントロールした状態で貝殻の成長と配偶子形成を観察する必要性を指摘しておきたい。

2) 現生アサリの炭素安定同位体比

配偶子形成の確認された部分の酸素・炭素安定同位体比を計ったところ、図6の通り微量元素でも違いが確認された。ただし、これがどのようにして生じたのか、① 外的要因(例えば餌や海水の塩分濃度の変化)、② 内的要因(各個体の配偶子形成の影響)、等が想定しうが、今回の分析だけでは明確な答えに到達できなかった。

貝殻縁辺の断面成長縞を比較すると、生殖腺が発達していない個体は成長線のラインが明瞭であった。一方、生殖腺の発達している個体は、成長線の弧状のラインが波打った様相を示し、貝殻形成が不良であったことをうかがわせる。ただし、これらは観察している時期も異なっているので、季節的な成長線の形成の差が、これらの成長線の特徴に影響している可能性がある。今後、さらに放流実験を繰り返して検証すべき課題といえるだろう。

b. 遺跡出土アサリの成長線・成長縞

図7は、小珠山遺跡出土アサリの断面写真とそこから得られたデータである。図7中の(1)は断面とその貝殻成長縞の特徴より看取される冬輪位置を示す。(2)はサンプリングスポットを示す。(3)はサンプリングされたパウダー資料から測定された酸素・炭素安定同位体比である。一部に不整合がみられるものの、多くの場合2ヵ月程の誤差内での整合性がみられ、季節的な変動がそれぞれの分析からうかがわれた。さらに、炭素安定同位体比は、規則的な変動を示しているが、これは主にアサリの配偶子形成とともに季節的摂餌の変化を示すものと理解され、古環境の復元に資することが期待される。(4)の日成長増量は、分析したものが成長した個体であったためか、松川浦試料より夏・秋での値がやや低いことが指摘される。

現在の潮位変化を参考にすると、大連市近海は夏～秋に不鮮明帯が生じやすく、冬～春先は鮮明帯が生じやすい特徴が指摘できる。なお、入手できた現生標本について貝殻成長線分析と酸素・炭素安定同位体比分析を実施したところ、両分析の整合性はある程度みられたが、採集時期とこれらのデータがまったく合わなかったため、再検討をするべきであると考えており、今回は松川浦データを参考に遺跡出土資料の分析を実施することとした。今後の研究の展開においては、遼寧省・大連市周辺で採集主体と時期が正確に記録された現生サンプルでの検証作業が課題となるべきことを指摘しておきたい。

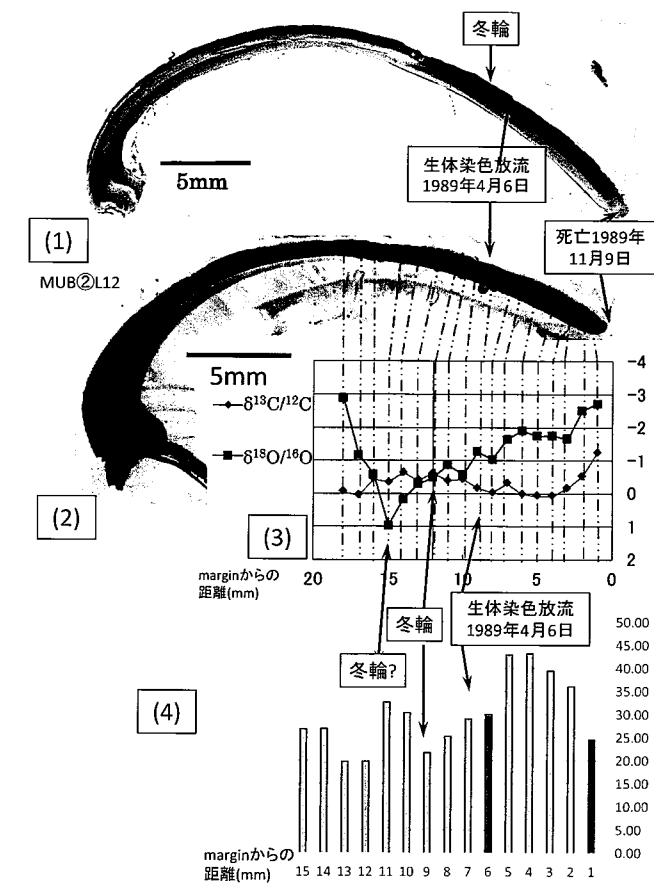


図7 a 松川浦生体染色放流アサリデー
第2地点放流11月9日採集 L 12
(1) 貝殻横断面 (薄片プレパラート)
(2) サンプルングスポット位置
(3) 酸素・炭素安定同位体比データ (‰)
(4) 貝殻日成長増量 ($\mu\text{m}/\text{day}$)

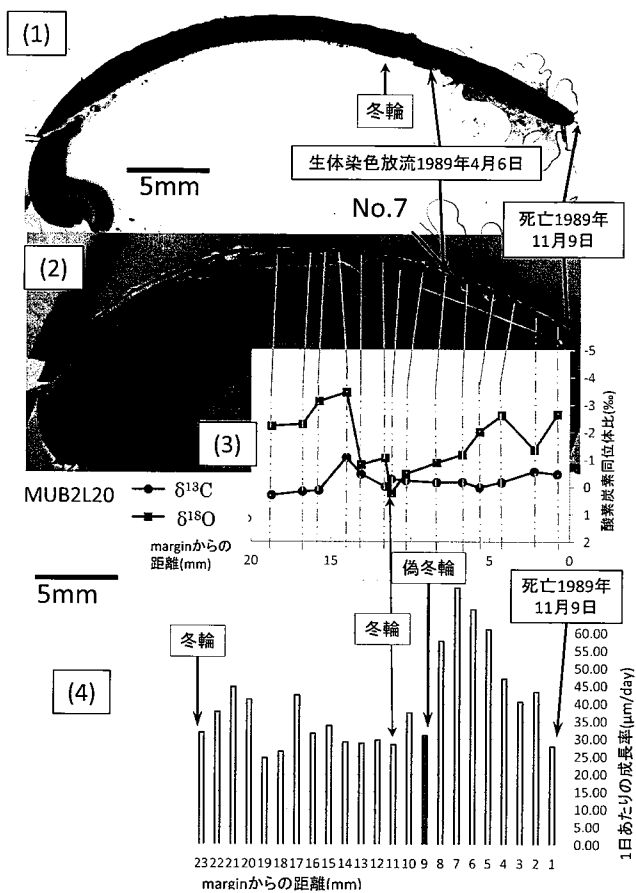


図7 b 松川浦生体染色放流アサリデー
第2地点放流11月9日採集 L 20
(1) 貝殻横断面 (薄片プレパラート)
(2) サンプルングスポット位置
(3) 酸素・炭素安定同位体比データ (‰)
(4) 貝殻日成長増量 ($\mu\text{m}/\text{day}$)

図7 a の試料は、放流日数218日の個体であった。これら貝殻成長線分析で計数した所、放流時の成長障害から死亡した時までに形成された日成長線本数は218本で、実数と同じ値となった。

成長線本数の観察による貝殻日成長増量(4)で冬輪と推定されたポイントは、薄片写真(1)ではアラゴナイトの層が密に集まった様にみえる透明度が高い部分とその右側であった。また、冬輪は(2)の写真では、放流された時に形成された成長障害より殻頂umbo側に寄ったポイントにあたり、サンプル番号No.10の部分であった。また、(3)の酸素同位体比は冬輪部分にあつたNo.12の測定値は約-0.5‰程度でNo.15は1‰程度であった。

図7 b の試料は、放流日数218日の個体であった。これら貝殻成長線分析で計数した所、放流時の成長障害から死亡した時に形成された腹縁部までで計数された日成長線本数は197本で実数より31ポイント少なかった。

成長線本数のカウントによる貝殻日成長増量(4)で冬輪と推定されたポイントは、薄片写真(1)では図7 a と同様に透明度が高い部分とそのやや右側であった。その冬輪は放流された時に形成された成長障害より殻頂umbo側に寄ったポイントにあり、安定同位体比のサンプルスポットを示す(2)の写真で示されるNo.7とNo.8の間付近であった。また、(3)の酸素同位体比では冬輪部分にあつたサンプルNo.7、No.8の測定値は、約0.5~-0.5‰でグラフの最小値であった。

冬輪に隣接して偽冬輪がみられた点は、遺跡出土資料にもみられることから観察において注意を要することを指摘しておきたい。

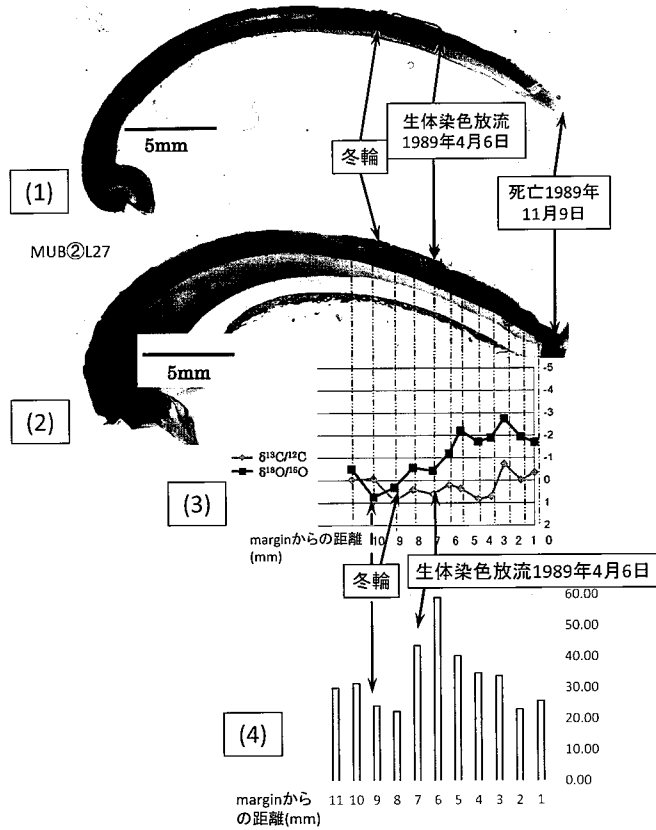


図7c 松川浦生体染色放流アサリデータ
第2地点放流11月9日採集L27
(1) 貝殻横断面 (薄片プレパラート)
(2) サンプルングスポット位置
(3) 酸素・炭素安定同位体比データ (‰)
(4) 貝殻日成長増量 ($\mu m/day$)

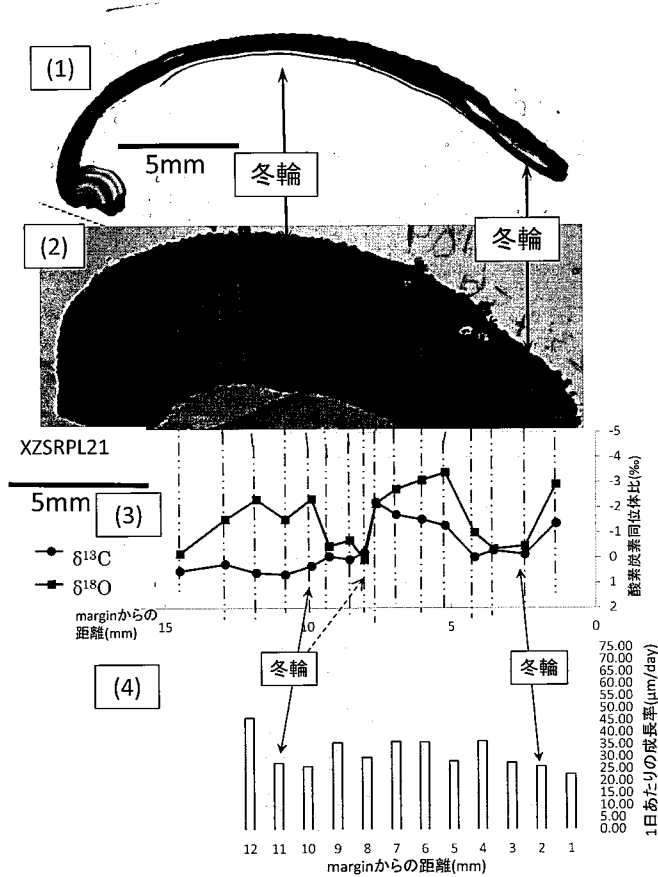


図8a 小珠山遺跡出土アサリデータ
XZSRPL21
(1) 貝殻横断面 (薄片プレパラート)
(2) サンプルングスポット位置
(3) 酸素・炭素安定同位体比データ (‰)
(4) 貝殻日成長増量 ($\mu m/day$)

図7cの試料は、放流日数218日の個体であった。これを貝殻成長線分析で計数した所、放流時の成長障害から死亡した時に形成された日成長線本数は224本で実数より6ポイント多かった。

成長線本数のカウントによる貝殻日成長増量(4)で冬輪と推定されたポイントは、薄片写真(1)では図7aと同様に透明度が高い部分とそのやや右側であった。その冬輪は放流された時に形成された成長障害より殻頂umbo側に寄ったポイントにあり、安定同位体比のサンプルスポットを示す(2)の写真で示されるNo.11とNo.12の間である殻高9mm付近であった。また、(3)の酸素同位体比のグラフでは冬輪部分の測定値は、約0.6~1‰となった。酸素同位体で推定される低温部分と貝殻成長線分析で推定される冬輪が、1mm程のズレを示した事も特筆される。

図8aの試料は、小珠山遺跡出土のアサリである。これを貝殻成長線分析で計数した所、推定冬輪から腹縁まで計数された日成長線本数32本で推定死亡時期が3月18日となった。

成長線本数のカウントで求められた貝殻日成長増量(4)と成長線パターンで冬輪と推定されたポイントは、薄片写真(1)では透明度が高い部分とそのやや右側で、矢印によって図示した。(2)の写真で示されるNo.2とNo.12であった。また、(3)の酸素同位体比のグラフでは冬輪部分の測定値は、No.2で0~-0.5‰、No.12で-2~-2.5‰であった。いずれも周囲により値が大きい部分があり冬輪の認定は酸素同位体比からは難しいことがうかがわれた。放流実験の場合の様に明確なピークの低下が確認されなかった。

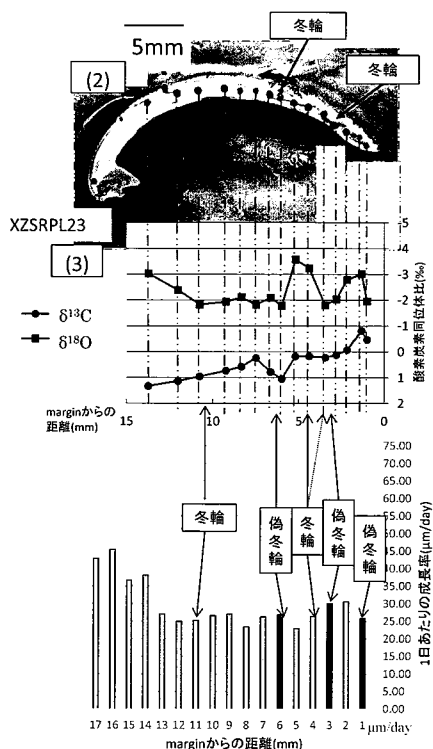


図8 bの試料は、小珠山遺跡出土のアサリである。これを貝殻成長線分析で計数した所、推定冬輪から腹縁まで計数された日成長線本数は165本で推定死亡時期が7月29日となった。

成長線本数のカウントで求められた貝殻日成長増量(4)と成長線パターンで冬輪と推定されたポイントは、(2)の写真で示されるNo.4とNo.8であった。また、(3)の酸素同位体比のグラフでは冬輪部分の測定値は、約-1.5～-2‰となった。いずれも周囲よりは低い値ではあるものの、放流実験の場合に明確なピークの低下が確認されなかった。

この結果も図8 aに示したXZSRPL21と同じく、貝殻成長線分析のみや、酸素同位体比のみでは冬輪、偽冬輪の認定が難しいことを示している。

図8 b 小珠山遺跡出土アサリデータ

XZSRPL23 T1312(19) A-2

- (1) 貝殻横断面 (薄片プレパラート)
薄片製作時に破損したため撮影できなかった。
- (2) サプリングスポット位置
- (3) 酸素・炭素安定同位体比データ (‰)
- (4) 貝殻日成長増量 (μm/day)

5. 考察・まとめ

以上の基礎的分析の結果、遺跡出土アサリに貝殻成長線分析と酸素同位体比分析の導入によって死亡季節推定や年齢構成の推定を実施する見通しが得られた。

勿論、淡水の影響を受ける塩分濃度の低い塩水に生息するアサリの貝殻は、間接的に海水温を示すものであるが、今後生体染色放流実験資料との比較例を増やすことで、より有効な解釈が行えると期待される。特に小珠山遺跡のアサリの分析との比較には、遼寧省周辺での現生サンプルの確保が望ましいと考えられる。

また、図7 bに示した個体のように、従来貝殻成長線分析による季節推定が困難であると考えられた加齢の進んだアサリについても、年齢推定・成長速度推定・死亡季節推定が実現する見通しが得られた。成長線分析と酸素炭素安定同位体比分析という二つの異なる分析の結果がおおまかには調和的であること、ただし微妙なズレが存在する状況、さらに炭素同位体比もほぼ同じ地点に生息してきたアサリが染色放流実験でも遺跡出土資料でも異なった数値を出すケースがあることが把握された。

さらに今回の分析方法ではサプリングスポットが最外層を捉えておらず、死亡時の正確な酸素・炭素安定同位体比を把握できていない。本研究を継続していた3年間で、サプリングスポットを直径約0.5mmから直径約0.3mmに減ずる努力を図ったが、樹脂のコンタミが生じたり、outer layer zoneの粉末が多く含まれたりといっ

た問題が確認された。これらも方法的に解決すべきで、樹脂包理を行わない貝殻からの試料サンプルを含めた手法の刷新が必要といえる。

今後は、この貝殻成長線分析と酸素・炭素安定同位体比分析を統合的に行うことで、詳細な死亡季節推定や海況復元を試みて行きたい。

謝辞

東北大学大学院文学研究科名誉教授須藤隆先生、福島県水産試験場旧松川浦分場の各位、なかでも松本育夫さん、水野拓治さん、当時東北大学農学部大越健嗣先生には、1989～1990年に実施した福島県相馬市松川浦での放流実験の準備から分析に至る迄様々な御協力を頂き、本稿の分析のきっかけを作って頂きました。その際の樹脂包理やプレパラート製作には、東北大学考古学研究室の佐々木務さん、関根達人君、太田洋平君に多大な協力を頂きました。

国立科学博物館地学研究部環境変動史研究グループ齋藤めぐみ先生、鈴木希実さん、久保田好美さん、北里大学医学部の覚張隆史さんには酸素炭素安定同位体比分析において多大な御援助と御協力を頂きました。岡山理科大学富岡ゼミの古賀日香理さん、片岡明衣さん、足立望さん、江川達也君、環境考古学研究会の武内周君には水洗・計測・安定同位体比の測定・データ整理において御

協力を頂きました。

末筆ながら、本稿の岡山理科大学における分析の経費の多くは、小野昭先生が代表である文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業プロジェクト「ヒト・資源環境系の歴史の変遷に基づく先史時代人類誌の構築」より補助を受けました。

以上記して深謝致します。

引用文献

須藤 隆編 1995 「動物遺存体の分析 貝類」『縄文時代晩期貝塚の研究2 中沢目貝塚Ⅱ』[東北大学文学部考古学研究会]: pp.186-198

富岡直人 2003 「貝殻成長線分析」『環境考古学マニュアル』[同成社]: pp.237-250

中国社会科学院考古研究所 2009 「遼寧長海県小珠山新石器時代遺址発掘簡報」『考古』2009-5: pp.400-405

Chinzei, Kiyotaka, Koike, Hiroko, Oba, Tadamichi, Matsushima, Yoshiaki and Kitazato, Hiroshi 1987 'Secular Changes in the Oxygen Isotope Ratios of Mollusc Shells During the Holocene of Central JAPAN' in "Palaeogeography, Palaeoclimatology" 61: pp.155-166

Stephens, M., Matthey, David, G. and Murray-Wallance, Colin 2008 'Shell-gathering from mangroves and the Seasonality of the Southeast Asian Monsoon using high-resolution stable isotopic analysis of the tropical estuarine bivalve (*Geloina erosa*) from the Great Cave of Niah, Sarawak: methods and reconnaissance of mollusc of early Holocene and modern times' "Journal of Archaeological Science" 35: pp.2686-2697