

大分県大分市横尾貝塚遺跡出土人骨の¹⁴C年代測定

大森 貴之¹, 中村 俊夫²

¹名古屋大学 環境学研究科, ²名古屋大学 年代測定総合研究センター

〒464-8602 名古屋市中千種区不老町 TEL: 052-789-3091

E-mail: omori@nendai.naogya-u.ac.jp

1. はじめに

大分県大分市大字横尾に所在する横尾貝塚遺跡は、大分県内最大河川の大野川左岸に広がる鶴崎丘陵の段丘崖の下に位置する。昭和40年、および、55-56年に発掘調査が実施され、縄文前期から後期にかけて貝塚と多数の遺物や埋葬遺構が検出された。貝塚周辺には集落を構成する遺構群が出土しており、集落の立地環境を具体的に示す好例として位置づけられている。縄文時代後期とされる貝塚からは土器、石器、骨角器など日常の生活を象徴する遺物と共に保存状態の良い埋葬人骨15体が出土した。これらの人骨試料は、長崎大学にて、人類学的な分析が進められてきた。今回は、それら人骨資料から一部を採取し、名古屋大学年代測定総合研究センターにてタンデム加速器質量分析計を用いて放射性炭素年代測定、および、炭素・窒素安定同位体比測定から食性解析を行った。

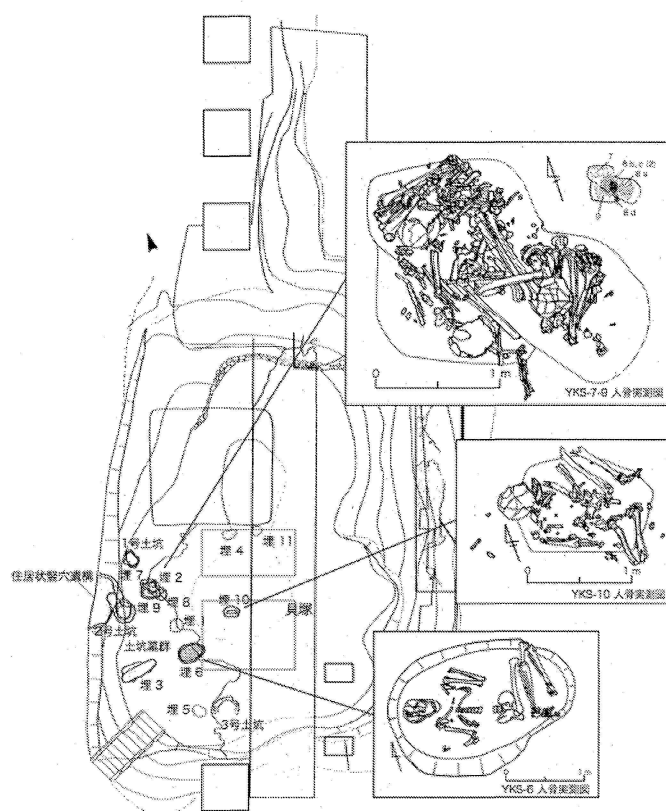


図1 横尾貝塚遺構図と対象資料における土坑墓実測図

2. 横尾貝塚遺跡より出土した人骨資料について

¹⁴C測定用試料として、大分市教育委員会から提供された試料 9 点の詳細を、表 1 に表した。各人骨資料は、図1中の土坑より出土しており、試料名は土坑番号に対応している。

調査資料から、出土人骨のほとんどは貝層を含む埋土中から出土しているものであったが、化学的観点からはいずれも保存状態が十分良いとは言えなかった。さらに同位体分析に提供された骨資料量も少量であったため、試料調製では、あくまで測定を目的とした最低限必要な化学処理により、ゼラチン抽出を行い¹⁴C測定用試料の準備をする必要があった。したがって、今回の実験では、目的物質であるゼラチンの収率が可能な限り落ちないよう、穏和な条件下での処理を基本とした。

表 2 ^{14}C 年代測定用試料として扱った横尾貝塚出土人骨

試料名	性別	年齢	出土区	時期(縄文)	埋葬形態	貝層との関係	備考
YKS-S-85	データなし	-	-	-	-	-	-
YKS-1	女性	-	8B	-	改葬	埋土に貝層含む	-
YKS-2	女性	-	7B	後期	改葬	埋土に貝層含む	YKS-7.8 と一連の可能性あり
YKS-6	男性	壮年	8B	前期?	屈葬	土坑上部は貝層被覆	貝層との関係で前期の可能性あり
YKS-7	男性	壮年	7B	後期	改葬	埋土に貝層含む	YKS-2.8 と一連の可能性あり
YKS-8a,b	不明	-	7B	後期	改葬	埋土に貝層含む	YKS-2.7 と一連の可能性あり
YKS-9	女性	壮年	7B	後期	-	埋土に貝層含まない	-
YKS-10	女性	壮年	7C	後期	屈葬	貝層内より出土	-
YKS-11a	男性	-	7C	後期	散乱	貝層よりも上に出土	大腿骨のみ

大分県教育庁埋蔵文化財センター送付資料より作成(試料名 YKS のあとに付けた番号が送付資料の人骨番号に対応)。

YKS-S-85 は、大分県教育委員会による 93 次発掘調査(2004 年)にて出土した埋葬人骨である。この調査で、土坑墓 3 基のうちの 1 基(STO85)から出土した人骨である。他の試料は、すべて大分県教育委員会による昭和 55-56 年の発掘調査において出土した埋葬人骨である。網掛は、今回年代測定に至った試料であり、そのほかは、表 2 に示すようにゼラチン収量が低く、年代測定はできなかった。

3. 人骨の試料調製

これまでに、名古屋大学年代測定総合研究センターでは、一般的手法として、セルロース透析チューブ(半透膜)を用いたゼラチン抽出を行っている(Minami *et al* 2000)。なお、アミノ酸抽出法については、試料の分量が限られているため今回の測定では採用できなかった。

まず、骨表面をデンタルドリル、あるいは、スパーテル等を用いてクリーニングを行った。十分な皮質骨(緻密骨)を持った試料に対しては、表面の削り取りを十分に行ったが、皮質骨が薄い肋骨等の部位に関しては、汚れを取る程度に止めた。表面のクリーニングを終えた試料は、蒸留水を用いて可能な限り穏やかに超音波洗浄を行った。ここまでの物理的なクリーニングにより肉眼レベルでは、十分に表面付着物の洗浄が行えたことを確認している。次に、埋没環境由来の有機物汚染を除去するため、0.1 mol/l 水酸化ナトリウム水溶液による洗浄を行った(約 4 °C で一晩)。この処理によって、埋没時に変色したとみられる骨試料から褐色の溶出を確認しており、著しい溶出物質が見られる場合は、水酸化ナトリウム水溶液を交換して、処理を継続した。その後、無機成分の除去(脱灰)を行うため、試料を十分に乾燥させ、粉碎した。粉末状になった骨試料は、セルロース透析チューブ(UC 30-32, 三光純薬株式会社)に入れ、0.3 mol/l の塩酸で一晩処理した。それぞれの試料からは発泡が観察され、炭酸塩類の存在を確認した。半透膜を用いた酸処理により、骨組織の無機成分は膜外へ流出し、分子量の大きなタンパク質は膜内に保たれる。得られた有機成分の分画を熱水で 12 時間処理し、コラーゲンを変性させてゼラチンを水溶液中に展開した。この水溶液を凍結乾燥させることで、測定用ゼラチン試料を得た。

^{14}C 年代測定では、試料を高純度のグラファイトとして回収する必要がある。当センターのグラファイト生成法については、北川ら(1993)によって確立されており、今回の試料についてもそれに依拠している。ただし、窒素ガス(N_2)生成については南ら(2000)を参照して行い、窒素安定同位体比測定を行った。

表 2 各人骨の試料調製結果

試料名	試料重量 (mg)	ゼラチン重量 (mg)	ゼラチン収率 (%)	測定試料重量 (mg)	炭素含有率 (%)
YKS-S-85	550.7	1.5	0.3	-	-
YKS-1	1056.6	2.8	0.3	-	-
YKS-2	1259.6	100.8	8	7.2	43.0
YKS-6	2147.6	96.8	4.5	7.0	42.6
YKS-7	1870.6	131.2	7.0	7.2	39.8
YKS-8a,b	1395.1	87.5	6.3	8.0	45.7
YKS-9	395.4	1.3	0.3	-	-
YKS-10	923.3	63.7	7	7.2	41.7
YKS-11a	1340.6	2.4	0.2	-	-

網掛は、今回年代測定に至った試料

真空下で、適量のゼラチン試料、酸化銅および銀触媒を小型石英カップにつめ、これを還元銅の入った石英管に入れて真空下で封管した。ここで、酸化銅は、CO₂生成、および、還元銅は、N₂生成のためであり、銀触媒はCl₂除去に利用される。この石英管を、850℃で約6時間加熱し、各気体を生成した。得られた気体は、真空ガラスラインで精製し、窒素安定同位体比測定用、炭素安定同位体比測定用、および、¹⁴C年代測定用に分取した。¹⁴C年代測定用に分取されたCO₂は、鉄触媒を入れた石英管に適量の水素ガスとともに封管し650℃、約4時間、加熱して、グラファイトを生成した。安定同位体比測定には、気体用質量分析計 (Finnigan, MAT-252) を用い、¹⁴C年代測定には、加速器質量分析計 (HVEE, model-4130-AMS) を用いた。

保存状態を考慮した化学調製を行ったが、最終的にゼラチン抽出が行えた試料は、5点に止まる(表2参照)。ただし、ゼラチン抽出に成功した試料については、ゼラチンの化学的状态を示す収率、あるいは、炭素含有率が、それぞれ4.0%以上、および、40%程度であることから、その純度は良好であることを保証している。

4. 炭素・窒素安定同位体による食性解析について

今回の対象遺跡である大分県大分市横尾貝塚の立地から考えて、出土人骨は海洋リザーバ効果の影響を受けている可能性が十分に考えられるため、炭素・窒素安定同位体比測定を用いることで海産性食資源の寄与率を試算し、海洋リザーバ効果の補正を行った。以下に、炭素・窒素安定同位体による食性解析法について述べる。

炭素・窒素安定同位体比 ($\delta^{13}\text{C}$ および $\delta^{15}\text{N}$) を用いた定量的な食性解析では、南川ら(1992)やPhillipsら(2002)によって解析法が報告されている。特に、南川らによる食性分析は、モンテカルロ法を用いた短時間解析が行え、また、出力結果からヒトが取り得る食資源割合のみを抽出することで信頼度の高い解析が可能である。本解析では、この方法に準じて行った。

炭素・窒素安定同位体の観点から食資源の多くは、C3植物(堅果類、根菜等の自然植物、コメ、マメ等の栽培植物)、C4植物(アワ、ヒエ、モロコシ、キビなど)、陸上動物(イノシシ、シカ等)、魚介類(タイ、サケ、マス、カツオ、アジ等)、および、海産大型動物(マグロ、イルカ、アザラシ等)の5種に大別することが可能である。これらの食資源は、固有の $\delta^{13}\text{C}$ 、および、 $\delta^{15}\text{N}$ を持っており、対象とする個体の同位体比は、各食資源に任意の利用割合を与えた合計値で見積もることができる。つまり、人骨試料の測定値 $\delta^{13}\text{C}_s$ 、および、 $\delta^{15}\text{N}_s$ は、以下の式から算出することができる。

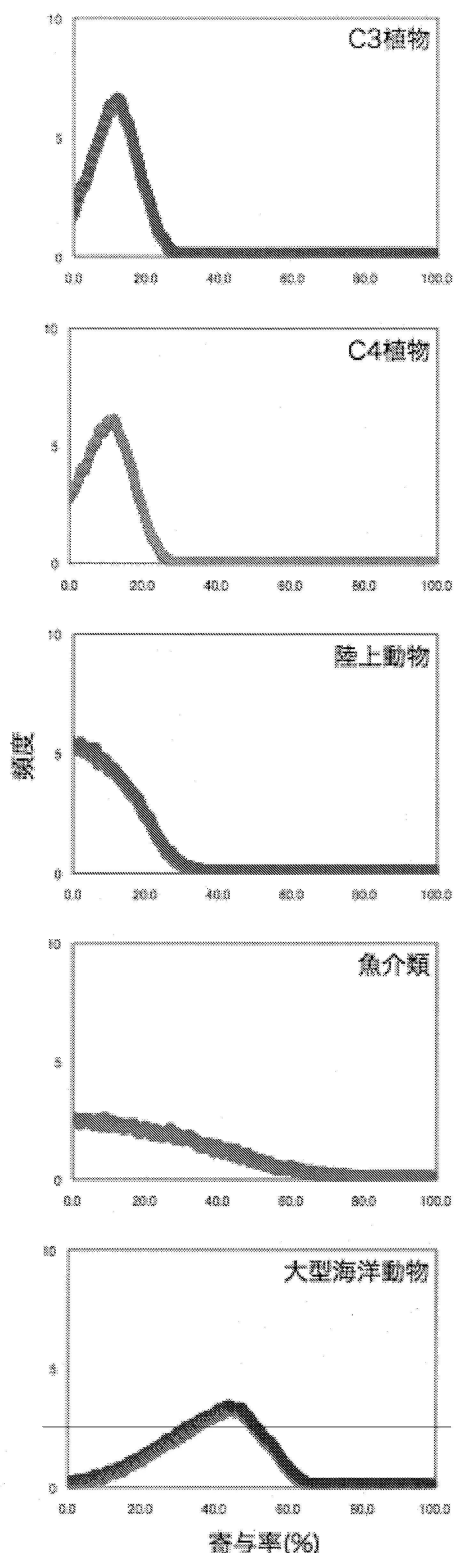


図2 食性解析結果の例

例として、人骨試料の測定値が $\delta^{13}\text{C} = -15.0 \text{ ‰}$ 、 $\delta^{15}\text{N} = 15.0 \text{ ‰}$ のときの食性解析結果を示した。各食資源に表されている頻度分布は、タンパク質寄与率をあらわす。MC サンプリングは、10,000,000 回行った。

$$\sigma^{13}C_s = \sigma^{13}C_{c3} * f_{c3} + \sigma^{13}C_{c4} * f_{c4} + \sigma^{13}C_a * f_a + \sigma^{13}C_m * f_m + \sigma^{13}C_{ma} * f_{ma} \quad (1)$$

$$\sigma^{15}N_s = \sigma^{15}N_{c3} * f_{c3} + \sigma^{15}N_{c4} * f_{c4} + \sigma^{15}N_a * f_a + \sigma^{15}N_m * f_m + \sigma^{15}N_{ma} * f_{ma} \quad (2)$$

ただし、 f_x は各食資源の利用率、添え字のc3、c4、a、m、maは、C3植物、C4植物、陸上動物、魚介類、海産大型動物に該当する。また、食資源の $\delta^{13}C$ 、および、 $\delta^{15}N$ は、南川ら(2001)のデータを参照した。モンテカルロ法による解析では、各利用割合(f_{c3} 、 f_{c4} 、 f_a 、 f_m 、 f_{ma})に対して、合計が100%を超えないランダムな値を発生させ、(1)式、および、(2)式を同時に満たす利用割合の組み合わせを抽出する。実際の解析では、同一個体間の誤差を $\pm 1.0\%$ の範囲と設定している。以上の操作を繰り返すことで、各資源の利用割合が頻度分布として現れる(サンプリングは、1,000,000回程度)。ただし、無数に出力された食資源割合の組み合わせは、あくまでランダムに試算されたモデルであり、ヒトの生存に適さない非現実的組み合わせも多数存在することになる。そのため、得られた利用割合から、獲得熱量、および、タンパク質吸収量を算出し、現実的な組み合わせのみを抽出することでより信頼性の高い結果を導き出すことが期待できる。現代日本人の平均的な獲得熱量、および、タンパク質吸収量は、2053 kcal/day、78.5 g/dayとれされており、これをもとに各栄養条件の分布範囲を、1000-3600 kcal/day、40-300 g/dayと設定した(南川 2001)。最終的な、食性解析の結果は、頻度密度として算出され、図4のように表される。図2に示された利用割合の頻度分布は、各食資源の $\delta^{13}C$ 、 $\delta^{15}N$ 値に対して、個体が寄与した割合であるとともに、タンパク質の構成比率と解釈することが可能である。海洋リザーバ効果の補正には、魚介類と海産大型動物のタンパク質寄与率を合計した値を採用した。また、本報告では、年代較正と共に熱量、あるいは、重量寄与率もそれぞれ試算しており、個体の食性傾向を議論する場合は、こちらも参照していただきたい。

5. 古人骨の食性解析と ^{14}C 年代測定結果に関する考察

今回提供された古人骨の中で、ゼラチンが抽出できた5点の炭素・窒素安定同位体比、および、 ^{14}C 年代測定結果を表3に示した。また、図3では、測定された試料の $\delta^{13}C$ 、および、 $\delta^{15}N$ と典型的食資源との関係を表した。いずれの個体も、海洋性食資源の利用傾向が読みとれるが、特にYKS-6とYKS-10は海洋食資源の利用傾向が顕著に表れている。表4には、各個体の食性分析結果をまとめた。この結果

表3 炭素窒素安定同位体比、および、 ^{14}C 年代測定結果

試料名	$\delta^{13}C$ (‰)	$\delta^{15}N$ (‰)	Lab code	^{14}C 年代 (BP)
YKS-2	-17.9	10.6	NUTA2-12468	4683 ± 35
YKS-6	-15.9	13.3	NUTA2-12469	4371 ± 36
YKS-7	-18.1	10.4	NUTA2-12470	4675 ± 35
YKS-8a,b	-18.5	9.4	NUTA2-12471	4759 ± 37
YKS-10	-15.6	13.5	NUTA2-12472	4406 ± 36

$\delta^{13}C$ 、および、 $\delta^{15}N$ の誤差は、それぞれ、0.1 ‰、および、0.2 ‰
 ^{14}C 年代は、1 σ の誤差

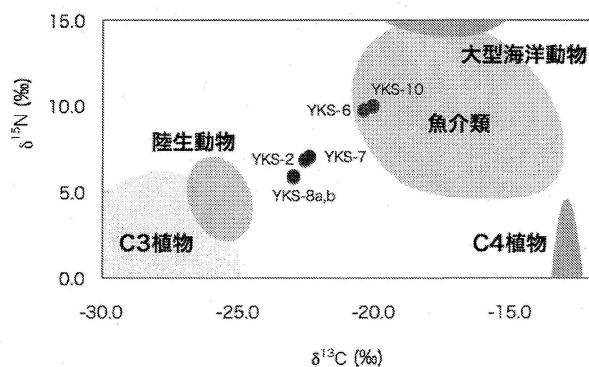


図3 人骨試料の炭素窒素安定同位体値
各データは、食資源-人骨タンパク質間の同位体濃縮効果を補正(Ambrose 1993)しており、 $\delta^{13}C$ については、4.5 ‰、 $\delta^{15}N$ については、3.5 ‰を減じたものを記載

から、5つの個体を食性傾向の大きく異なる2つのグループに分けられることがわかる。YKS-2、YKS-7、YKS-8a,bは、摂取した食物重量で、約8割程度が植物起源であり、陸上動物をタンパク源とした割合が約3割程度と比較的高い依存率が推定される。海産性食資源のタンパク質寄与率は、約2割程度であり、比較的小さい。一方、YKS-6、および、YKS-10の個体は、前述したグループと植物性食資源とおおよそ同程度の依存率であるが、海産性食資源のタンパク質寄与率が、5割弱と非常に高い。これに加えて、陸上動物のタンパク質寄与率も約2割程度であることより、相対的に動物性食資源の摂取量が増加している。少ない測定点数の中で、この結果を解釈することは難しいが、後者のグループに属する個体群の生存当時に、より貝塚形成が活発になったのでは

表4 食性解析結果

試料名	C3植物	C4植物	陸上動物	魚介類	海産大型動物
タンパク質寄与率 (%)					
YKS-2	30	21	29	12	9
YKS-6	18	21	19	24	18
YKS-7	32	20	27	13	8
YKS-8a,b	39	21	26	8	6
YKS-10	17	22	17	26	19
熱量寄与率 (%)					
YKS-2	56	29	8	4	2
YKS-6	42	36	6	10	6
YKS-7	60	27	7	4	2
YKS-8a,b	65	26	6	2	1
YKS-10	40	38	6	10	6
重量寄与率 (%)					
YKS-2	65	16	11	5	3
YKS-6	49	21	9	12	8
YKS-7	68	15	10	5	3
YKS-8a,b	73	14	8	3	2
YKS-10	47	22	8	13	9

年代較正には、魚介類、および、海産大型動物のタンパク質寄与率の和を用いた。

ないかという可能性は示唆できる。ただし、食習慣の決定因子には当然として社会的要因なども考慮してなくてはならないため、考古学的な観点からの考察とつきあわせて解析を行う必要があるだろう。

較正年代は、それぞれIntcal04(陸上食資源100%)、Marine04(海産食資源100%)、および、Intcal04+Marine04(各食性解析からの混合モデル)の較正データセットを用いて表5にまとめた。また、図4には、各較正年代を確率密度関数で表した。食性解析から得られた混合モデルの較正年代が最も確からしい年代と考えられるが、Intcal04による較正年代を個体のとりうる最も古い年代、Marine04による較正年代を最も新しい年代の上限として較正年代を提示した。人骨の発掘状況から年代測定を行った個体は一部を除いていずれも縄文時代後期(2500-1200 BC)と推測されていた人骨であるが(表1参照)、100%の海産食資源に依存していたと仮定をしても、縄文時代後期にあたる年代は得られず、全ての個体で縄文時代中期に属する可能性が高い。また、YKS-6については、縄文時代前期に属する可能性も示唆されていたが、¹⁴C年代測定の観点から見れば、むしろ縄文中期後葉の年代付けが妥当であろう。較正年代は、食性解析の結果と同様に、YKS-2、YKS-7、YKS-8a,b(3630 - 3120 cal BC)とYKS-6、YKS-10(3010 - 2670 cal BC)の2時期に分けることができる。一方、本遺跡を土器型式の立場から年代付けした場合も、中期中葉に属する船元式を中心とした瀬戸内系土器、および、中期後葉の一部に属することが示唆される阿高系土器が検出されていることから(大分県教育委員会 1982)、縄文中期における遺跡利用は少なくとも2時期に区分される可能性が示唆される。また、前者は3個体とも改葬形態であり、後者は屈葬形態での埋葬がなされている点も特筆すべき点としてあげておく。

表5 較正年代一覧

試料名	IntCal04 による較正		Marine04 による較正		IntCal04+Marine04による較正	
	較正年代 (cal BC)	確率密度 (%)	較正年代 (cal BC)	確率密度 (%)	較正年代 (cal BC)	確率密度 (%)
YKS-2	3630 - 3600	9.0	3060 - 2870	95.4	3620 - 3610	0.2
					3520 - 3270	86.4
	3630 - 3370	86.4			3230 - 3180	5.6
					3160 - 3120	3.3
YKS-6	3090 - 2910	95.4	2660 - 2420	95.4	2920 - 2670	95.4
	3630 - 3600	6.2			3520 - 3260	81.6
YKS-7	3630 - 3600	6.2	3060 - 2870	95.4	3230 - 3170	8.7
	3630 - 3370	89.2			3160 - 3120	5.1
YKS-8a,b	3640 - 3510	83.6	3240 - 3200	5	3630 - 3560	25.4
	3430 - 3380	11.8			3540 - 3370	70.0
YKS-10	3320 - 3270	3.7	2760 - 2480	95.4	3010 - 2980	2.5
	3270 - 3240	4.9				
	3170 - 3160	0.5				
	3110 - 2920	86.3			2970 - 2700	92.9

較正年代は、較正解析ソフト OxCal4.0 にて出力した。Marine04 の較正では、100%の海洋リザーバ効果を受けた場合を仮定して出力

6. まとめ

食性解析、および、 ^{14}C 年代測定結果に基づき横尾貝塚遺跡における人間活動は以下のようにまとめられる。

まず、縄文中期における横尾貝塚では、少なくとも2時期(3630 – 3120 cal BC、および、3010 – 2670 cal BC)に活発な遺跡利用があったことがうかがえる。その根拠には、出土人骨の年代値が2時期に分かれることは当然として、大きく異なった食習慣を持つ個体のグループが存在すること、2時期に対応するように各型式の土器が出土していること、および、埋葬形態が異なることがあげられる。また、縄文中期中葉にあたるグループ(3630 – 3120 cal BC)は、主に動物性食資源を主なタンパク源としており、中期後葉(3010 – 2670 cal BC)へ時代が進むにつれて海産食資源を主なタンパク源とする傾向に移り変わっている。この食性変遷は海の後退と逆相関の関係にあり、当時の食習慣が環境的要因だけではなく、社会的要因など別の決定因子が大きく寄与していた可能性を示す手がかりになるかもしれない。

今回の分析結果からは以上のように推測できるが、あくまで古人骨資料5点での分析結果であり、各個体の持つ意味を十分に考察することは難しい。古人骨の食性解析については、資料が限られているために、個体レベルでの解析にとどまったが、この場合偶発的な不確定さが含まれている可能性は拭えない。この寄与を確かめるには、前述したストロンチウム同位体比による分析が必要となってくるであろう。一方、数値年代をさらに明確にするためには、貝塚中の獣骨や貝殻、さらには、植物遺体など異なった試料を測定することが望ましい。また、それぞれの資料に出土状況から相対的な新旧関係がある場合、較正年代の解析によって、1個体の試料の年代でも非常に高精度な較正年代を得ることも可能かもしれない。特に、横尾貝塚遺跡では、縄文時代前期から後期までの連続した層序を持った遺跡であり、 ^{14}C 年代測定を行う上で適した遺跡であるといえよう。

9. 謝辞

本研究で行った食性解析にあたっては、北海道大学環境科学院南川雅男教授に援助と協力を得た。厚くお礼申し上げます。

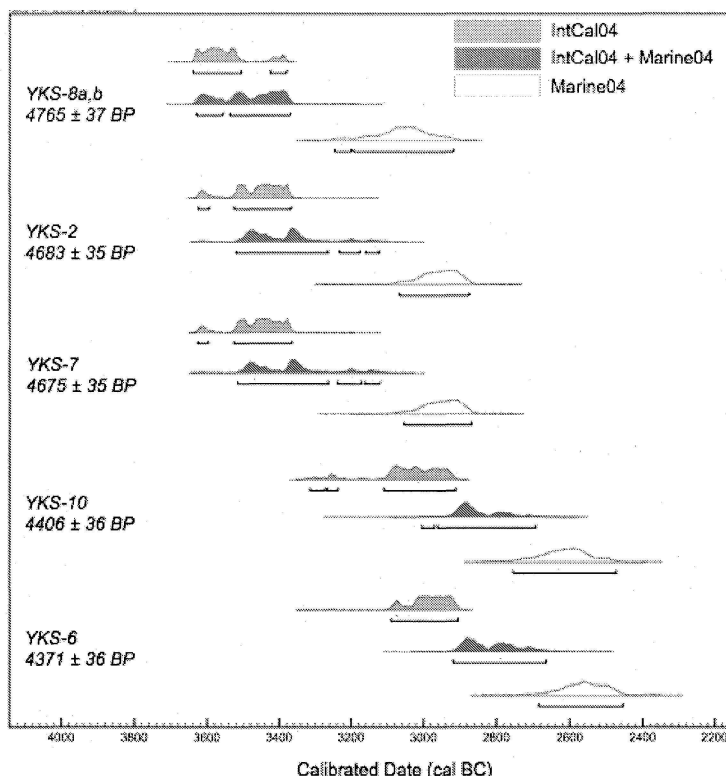


図4 横尾貝塚遺跡出土人骨の較正年代
それぞれの ^{14}C 年代について、3つの較正条件を考慮して較正年代を得た

10. 参考文献

大分県教育委員会(1982), 横尾貝塚発掘調査概報 県道鶴崎一大南線改良工事に伴う発掘調査の概要, pp 1-31.

南川雅男(2001), 炭素・窒素同位体分析により復元した先史日本人の食生態, 国立民族博物館研究報告, 第86集, pp 333-356.

Ambrose S H (1993), Isotopic analysis of paleodiet: methodological and interpretive considerations. In: Sandford MK, editor. Investigations of ancient human tissue: chemical analyses in anthropology. Langhorne: Gordon and Breach, pp 59-130.

Pillips, D L. and Koch, P. L. (2002), Incorporating concentration dependence in stable isotope mixing models, *Oecologia*, 130, pp 114-125.

Hughen, K A, *et al* (2004), Marine04 marine radiocarbon age calibration, 0-26 cal kyr BP, *Radiocarbon*, 46, pp 1059-1086.

Kitagawa, H, Masuzawa, T, Nakamura, T and Matsumoto, T (1993), A Batch Preparation Method for Graphite Targets with Low-Background for AMS C-14 Measurements, 35, pp 295-300.

Minagawa, M. and Akazawa, T. (1992), Dietary Patterns of Japanese Jomon Hunter-Gatherers: Stable Nitrogen and Carbon Isotope Analysis of Human Bones, *Pacific Northeast Asia in Prehistory*, eds. by C. Melvin Aikens and Song Nai Rhee, pp 59-67.

Ramsey, C B, (1995), Radiocarbon calibration and analysis of stratigraphy: The OxCal program, *Radiocarbon*, 37 (2) 425-430

Reimer, P J and Reimer, R W (2001), A marine reservoir correction database and on-line interface, *Radiocarbon*, 43, pp 461-463

Reimer, P J, *et al* (2004), IntCal04 terrestrial radiocarbon age calibration, 0-26 cal kyr BP, *Radiocarbon*, 46, pp 1029-1058.

Yoneda, M, Uno, H, Shibata, Y, Suzuki, R, Kumamoto, Y, Yoshida, K, Sasaki, T, Suzuki, A and Kawahata, H (2007), Radiocarbon marine reservoir ages in the western Pacific estimated by pre-bomb molluscan shells, *Nuclear Instruments & Methods in Physics Research, B*, 295, pp 432-437.

Radiocarbon dating of human bones from the Yoko shellmound site, Oita, Japan

Takayuki OMORI¹ and Toshio NAKAMURA²

1) Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, Nagoya 464-8601

2) Center for Chronological Research, Nagoya University, Nagoya 464-8602

This report presents the results of radiocarbon dating of five human skeletons excavated at the Yoko shellmound site, Oita, Japan. The human skeletons were reported to be accompanied by shellmound to the Latest Jomon period from the viewpoint of Archaeology. However, these individuals were dated Middle Jomon period. Addition to this, it was found that they are divided into two period. We will discuss the radiocarbon results with diet analysis of $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$.