

古人骨の同一個体内における部位の違いによる C/N 比、 $\delta^{13}\text{C}$ 値、 $\delta^{15}\text{N}$ 値、 ^{14}C 年代の相違 瀧上 舞¹⁾・南 雅代²⁾・中村俊夫²⁾

1) 東京大学大学院新領域創成科学研究科 2) 名古屋大学年代測定総合研究センター

[はじめに]

化石骨（獣骨・人骨ともに）は放射性炭素年代測定による遺跡の年代決定や生物進化の研究に用いられる。また、骨のたんぱく質成分は生前の食性を残しており、その炭素・窒素安定同位体比から古代人の食性解析がなされている(Vogel and Merwe, 1977; Lee-Thorp et al., 1989; Yoneda et al., 2004 など)。

これまで、骨の代謝は 10 年であるため、形成時期の早い歯を覗いて、どの部位を用いて分析を行っても大差ないとみなされてきた。しかし、同一個体内の部位によって受けた続成作用の程度に差が生じているかどうかの詳細な議論はほとんどなされておらず、特に日本の温暖湿潤気候、酸性土壌での議論はなされていない。また、骨の分析が始まった頃に比べ、今は分析精度が向上しているため、部位同士のわずかな差が測定結果に現れているかもしれない。さらに近年、一つの遺跡内での個体ごとの社会的背景を考えるなど、これまでより詳細な議論が行われようとしており、個体内でのばらつきの有無を考慮する必要がある。

もし骨の部位によって ^{14}C 濃度や同位体比が大きく違えば、年代測定や食性解析の結果が変わってしまうので、一部位の測定結果をその個体の代表値とみなし、個体間で比較することは不相当だと考えられる。

そこで我々は、古人骨の同一個体内の異なる部位 11 箇所について、C/N 比、 $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ 値、 ^{14}C 年代に相違がないのかを調べ、部位の異なる骨試料同士を比較して食性解析を行って良いのかを検討した。

[試料]

試料は鎌倉市に所在する由比ガ浜南遺跡(Fig. 1)から出土した単体埋葬の人骨3体(YM121A, YM5654, YM5001)を使用した。

まず、実験手法による誤差（外部誤差）を見積もるために、YM121A の大腿骨からおおよそ 2cm 四方（約 1.5g）で 6 試料削りだして、同じ手法で化学処理を行った。

3 体に関して、同一個体内における部位 7~11 箇所[頭蓋骨・蝶形骨・歯・肋骨・上腕骨・橈骨又は尺骨・大腿骨・大腿骨関節面・脛骨・背骨（頸椎と胸椎と腰椎から二箇所）(Fig. 2)]を削りだした。これらの部位は厚さ、緻密質・海面質の量、密度などの違いを考え採取した。個体差を考慮するために、3 体分に関して同じ部位を削りだしたが、11 部位全てが入手できたのは YM121A のみであり、他 2 体は欠けている部位がある（YM121A:11 点、YM5654:7 点、YM5001:9 点）。骨形態学から YM121A は凡そ 60 歳以上の女性、YM5654 は凡そ 60 歳以上の女性、YM5001 は凡そ 40~60 歳の男性と分析されている。（由比ガ浜南遺跡発掘調査報告書）

[実験方法]

骨を 1.5~3.0mg 削り取り、歯科用ドリルで海面質部分を削り、表面の汚れを取る。表面についているカビやフミン酸・フルボ酸を除去するため、蒸留水に浸して超音波洗浄を 5 分×4~5 回行う。五分ほど 0.6M 塩酸に浸け、0.6M の水酸化ナトリウムに 20 時間ほど浸す（途中、数回溶液を変える）。その後中

性に戻し、凍結乾燥する。乾燥した骨をステンレス乳鉢で砕き、重量を測定する。これが使用した骨の重さとなる。ここで、元素分析用と保存用に 15mg~500mg 分取する。粉状にした試料をセルロースチューブに入れ、ビーカー内で 0.6M 塩酸に 4℃ 以下の状況下で 20 時間以上浸し、脱灰する。これにより、ヒドロキシアパタイトや炭酸塩などの無機成分や小さなたんぱく質が除去され、分子の大きな酸不溶性たんぱく質のみが残る。脱灰が終了したら残渣を取り出し、0.6M の水酸化ナトリウムに 2 時間ずつ 2 回浸す。続けて、1.2M の塩酸に 1 時間、0.6M の塩酸に 1 時間半ずつ 2 回浸して、中性に戻した後、凍結乾燥させる。最後に試料を 15ml の蒸留水に浸し、80~90℃ で 12 時間温め、ゼラチンコラーゲンを抽出する。ゼラチンコラーゲンが溶け込んだ溶液を凍結乾燥させ、固体状態のゼラチンコラーゲンを得る。

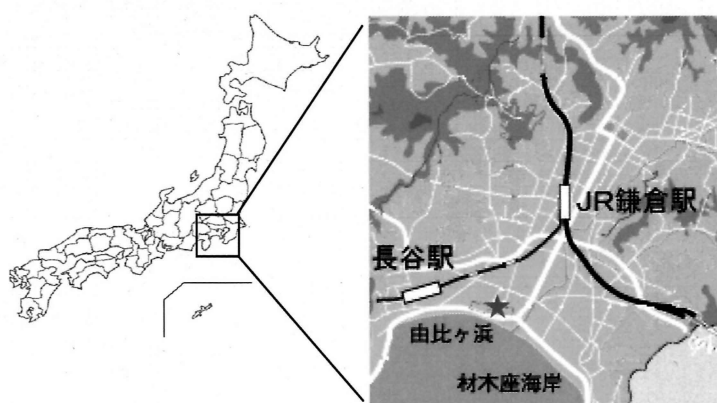


図 1. 由比ヶ浜南遺跡の位

Fig. 1. Map indicating location of Yuigahama-minami site and affiliated sites in Kamakura, Japan.

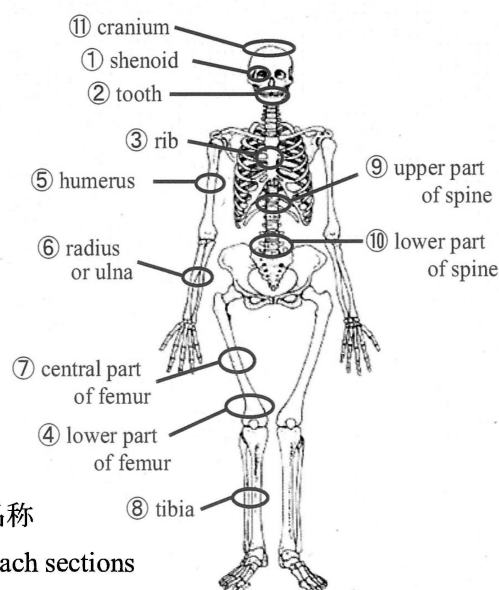


図 2. 各部位の名称

Fig. 2. Name of each sections

C/N 比の測定

ゼラチンコラーゲンは 1.5mg、Sn 箔に包んで、大学院環境学研究科の元素分析計 (EuroVector, EuroEA3000) で測定した。標準試料には Sulphanilamide ($4\text{-NH}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_2\text{NH}_2$) を用いた。データの C/N 比は、測定した炭素と窒素の重量%を比にとって、mol 比にしたものである。

$\delta^{13}\text{C} \cdot \delta^{15}\text{N}$ の測定

ゼラチンコラーゲンを 7mg、 CO_2 にするための CuO を 600mg、Cl を取るための少量の Ag を 6φ のバイコール管に詰め、 N_2 を作るための Cu を 500mg を入れた 9φ のバイコール管に入れ、850℃ で 6 時間焼きガス化する。

ガス化した試料を真空ライン内で精製分離する。試料ガスを液体窒素でトラップし、トラップされなかった N_2 をモレキュラーシーブスで回収する。液体窒素を外し、-80℃ に冷やしたエタノールと液体窒素で H_2O を取り除いて、-120℃ のペンタンと液体窒素で SO_2 を除去し、 CO_2 のみを 6φ のパイレックス管に封入する。

精製分離して 6φ のパイレックス管に封入した $\text{CO}_2 \cdot \text{N}_2$ を、年代測定総合研究センターの気体用質量分析計 (Finnigan, MAT252) で測定した。 CO_2 の標準試料にはシュウ酸 (NIST SRM-4990C) を用いた。 N_2 の標準試料には DL-Alanine ($\text{CH}_3\text{CH}(\text{COOH})\text{NH}_2$) を用いた。

$\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ は以下の式で計算した。 $\delta^{13}\text{C}$ は PDB で規格化し、 $\delta^{15}\text{N}$ は air で規格化している。

[結果]

Table. 1 に GC 収率（骨から抽出したゼラチンの含有率：ゼラチン量/骨量）、C 収率（ゼラチン中の炭素の含有率）、ゼラチンの C/N 比、ゼラチンの $\delta^{13}\text{C}$ 値・ $\delta^{15}\text{N}$ 値を示す。

試料の GC 収率（含有率：ゼラチンコラーゲン量/骨量）は 0.6~10% と様々だった。GC 収率が 0.7% 未満の保存の悪い試料は、同じ地層から発掘された木片の ^{14}C 年代よりも数千年若い年代値を示すので、コラーゲン含有量の少ない試料は不適であるという報告がなされている（中村 ほか, 1991）。今回の実験で GC 収率が 0.7% に満たなかったのは、2 点 (YM121A-6, YM121A-10) である。実験初期に扱った試料 (YM121A) は不慣れさから粉状にした試料をセルロースチューブに入れる際に損失することが多く、収率がやや低くなった。特に YM121A-6 は、損失した量が多かったので GC 収率が 0.7% 以下になったと考えられる。実験に慣れてくると、6.5% 程度の GC 収率が得られるようになった（試料 YM5654, YM5001 について）。また、海面質の中に埋もれていた砂が超音波洗浄では取りきれず、骨を粉上に砕いた時に混入し、骨の重さとして共に測定してしまい、それが YM121A-10 の GC 収率が低くなった原因と考えられる。

ゼラチンに含まれる炭素含有率は全ての試料が 40% 以上となった。また C/N 比は全ての試料が 2.9~3.6 の範囲に収まった。これは現生の動物骨のコラーゲンが示す値で、この範囲を外れる骨は保存状態がよくないと報告されている (DeNiro, 1985)。以上より、今回抽出したゼラチンは全て、炭素窒素安定同位体比の測定に適した試料だと判断した。

年代測定の結果は Table. 2 に示す。 ^{14}C 較正年代は OxCal を用いて計算した。

$\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ 値の外部誤差の評価

今回の実験では、ガス化した試料を精製して窒素を回収する際、回収時間が短かったために重い窒素同位体を十分に回収できず同位体分別を起こして、軽い値の測定結果が出てしまった。しかし、回収時間は一定時間で区切っており、DL-Alanine 標準試料で一律に 1.67% 軽くなったので、試料のデータは 1.67% で補正した値を示した。

同一個体内の同一部位より削りだし、同じ手法で処理を行った 6 点の測定結果から外部誤差を見積もる。機械に伴う内部誤差は、炭素・窒素同位体比ともに 1σ で $\pm 0.1\%$ であり、6 点から求めた実験手法に伴う誤差、すなわち外部誤差は $\delta^{13}\text{C}$ 値で 1σ : $\pm 0.1\%$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ 値で 1σ : $\pm 0.2\%$ となっている。よって外部誤差が内部誤差以上になったので、今後この外部誤差を試料に伴う誤差としてエラーバーをつけていく。

同一個体内の異なる部位 11 箇所での $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ 値の結果

<YM121A> (Fig. 3)

頭蓋骨・上腕骨・橈骨又は尺骨・大腿骨・大腿骨関節面・脛骨はまとまっており、低い $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ 値を示している。肋骨は $\delta^{13}\text{C}$ 値がやや高くなっており、大三大臼歯は $\delta^{15}\text{N}$ 値がやや高くなっている。背骨は顕著に $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ 値が共に高くなっており、 $\delta^{13}\text{C}$ 値が $-19.3 \sim -18.2\%$ で 1.1%、 $\delta^{15}\text{N}$ 値が 12.6~14.0% で 1.4% 重くなっている。

<YM5654> (Fig. 4)

試料数が少なく、脊椎の大きな値の変化は認められないが、大腿骨、脊椎、肋骨の値は一致していない。ばらつきは $\delta^{13}\text{C}$ 値が $-19.3 \sim -18.4\%$ で 0.9% の差、 $\delta^{15}\text{N}$ 値が 12.4~13.1% で 0.7% の差と、他の二個体

表 1. 骨のゼラチン含有率、ゼラチンの炭素含有率、ゼラチン中の C/N 比、 $\delta^{13}\text{C}$ 値と $\delta^{15}\text{N}$ 値。Table. 1. Gelatin and carbon yields, C/N atomic ratios and $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ values of extracted gelatins.

sample	Bone section	Gelatin yield (wt%)	Carbon yield (wt%)	C/N (atomic ratio)	$\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ (‰)	$\delta^{15}\text{N}_{\text{air}}$ (‰)
YM121A-1	shenoid	1.8	44.1	3.3	-19.0	13.1
YM121A-2d	third molar	4.6	45.5	3.2	-19.3	13.4
YM121A-3	rib	1.2	44.0	3.3	-18.7	12.8
YM121A-4	lower part of femur	0.9	43.8	3.3	-19.2	—
YM121A-5	humerus	0.7	43.2	3.3	-19.1	12.6
YM121A-6	radius or ulna	0.6	43.7	3.4	-19.0	13.0
YM121A-7	central part of femur	0.8	44.1	3.3	-18.9	13.0
YM121A-8	tibia	0.7	43.3	3.4	-18.8	13.2
YM121A-9	upper part of spine	1.4	42.7	3.3	-18.3	14.0
YM121A-10	lower part of spine	0.5	42.9	3.1	-18.2	13.6
YM121A-11	cranium	1.0	43.4	3.3	-19.0	12.9
average		1.3	43.7	3.3	-18.9	13.2
YM5654-1	shenoid	2.0	43.6	3.2	—	—
YM5654-2d	central incisor	2.3	43.7	3.2	—	—
YM5654-3	rib	7.1	43.6	3.2	-18.9	12.4
YM5654-4	lower part of femur	11.0	44.7	3.2	-18.4	12.8
YM5654-7	central part of femur	10.6	43.7	3.2	-18.4	13.1
YM5654-9	central part of spine	7.0	45.0	3.2	-19.0	13.0
YM5654-10	lower part of spine	5.6	45.1	3.2	-18.9	12.9
average		6.5	44.2	3.2	-18.7	12.8
YM5001-2d	canine tooth	5.7	46.7	3.2	-18.3	13.6
YM5001-3	rib	6.1	43.8	3.2	-18.3	13.5
YM5001-4	lower part of femur	5.5	43.9	3.2	-18.5	12.7
YM5001-5	humerus	4.7	43.3	3.2	-18.6	13.1
YM5001-6	radius or ulna	8.8	44.2	3.2	-18.6	12.7
YM5001-7	central part of femur	6.3	44.4	3.2	-18.7	12.8
YM5001-8	tibia	6.1	43.8	3.2	-18.5	12.6
YM5001-9	central part of spine	4.7	43.5	3.2	-17.8	13.9
YM5001-10	lower part of spine	7.8	43.7	3.2	-17.7	14.1
average		6.2	44.1	3.2	-18.3	13.2
YM121A7-1	central part of femur	2.5	45.1	3.3	-19.1	12.7
YM121A7-2	central part of femur	2.0	45.5	3.3	-19.1	12.4
YM121A7-3	central part of femur	2.9	45.4	3.2	-19.3	12.7
YM121A7-4	central part of femur	1.8	45.7	3.3	-19.0	12.7
YM121A7-5	central part of femur	2.5	45.7	3.3	-19.2	12.8
YM121A7-6	central part of femur	2.2	45.3	3.3	-19.0	13.0
average		2.3	45.5	3.3	-19.1	12.7

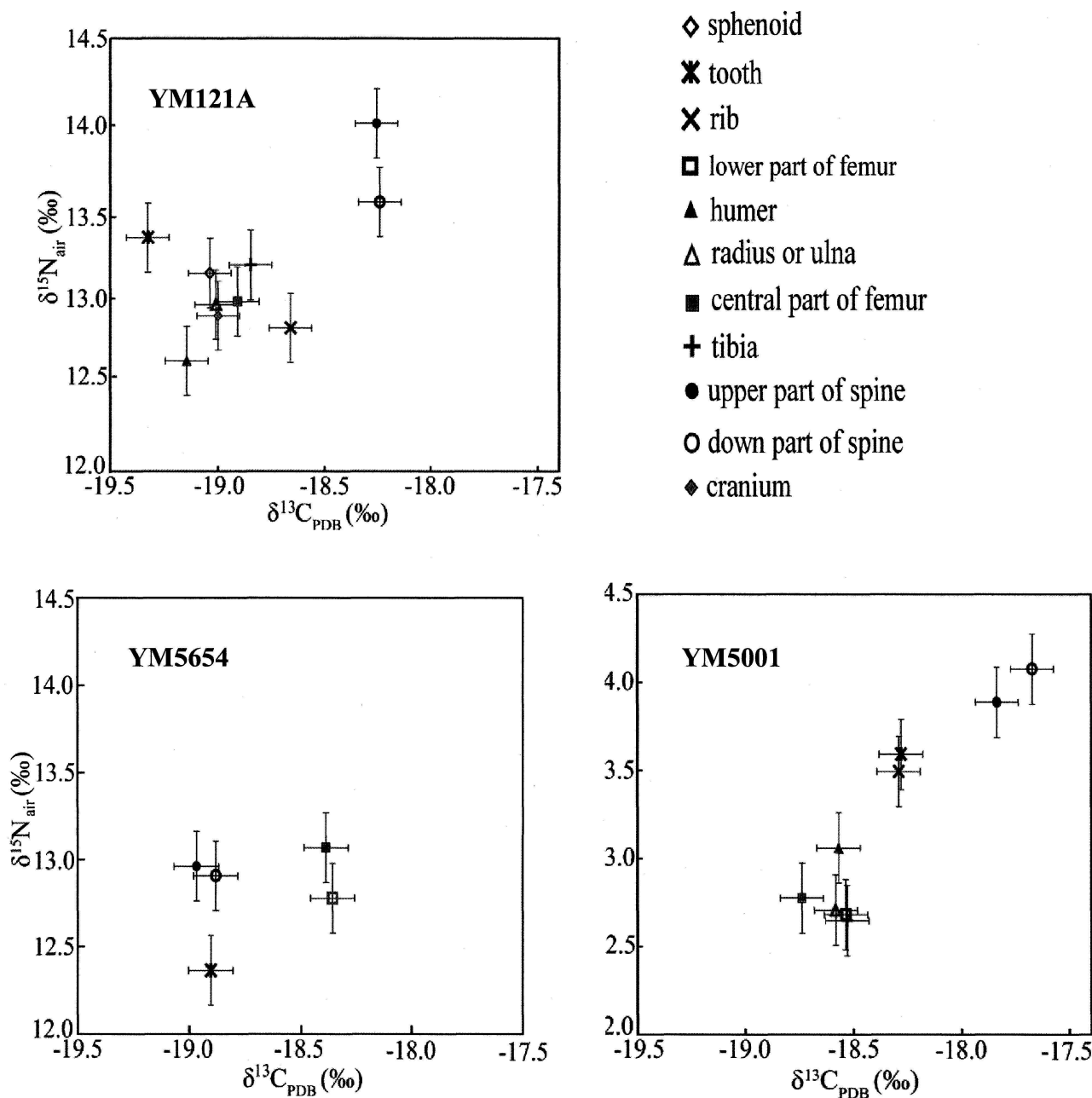


図 3~5. 炭素と窒素の安定同位体比と各部位の凡例。

Fig. 3~5. Carbon and nitrogen isotopic ratios of extracted gelatin for different bone sections in an individual and symbol key in Figs. 3~5.

に比べて小さい。

<YM5001> (Fig. 5)

一個体目と同様に $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ 値にばらつきが見られる。上腕骨・橈骨又は尺骨・大腿骨・大腿骨関節面・脛骨は低い $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ 値でまとまっており、犬歯・肋骨はやや高い $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ 値を示し、背骨は顕著に高い $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ 値をもつ。

個体内でのばらつきは、 $\delta^{13}\text{C}$ 値が $-18.7 \sim -17.7\%$ で 1.0% の差、 $\delta^{15}\text{N}$ 値が $12.6 \sim 14.1\%$ で 1.5% の差が生じた。

[考察]

YM121A と YM5001 の $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ 値を Fig. 6 に示す。YM5654 は部位数が少なく、同一個体内でのばらつきも小さいのでプロットから外した。食物を摂取し、体内で組織となるまでに濃縮程度に差があり同位体分別が起こり、コラーゲン・アパタイト・脂質で同位体比に差が生じる(Lee-Thorp et al., 1989)。その濃縮を考え、人骨のコラーゲンの値は炭素で+5.0‰、窒素で+3.4‰の濃縮を補正してプロットした(Ambrose, 1993; 米田, 2006)。

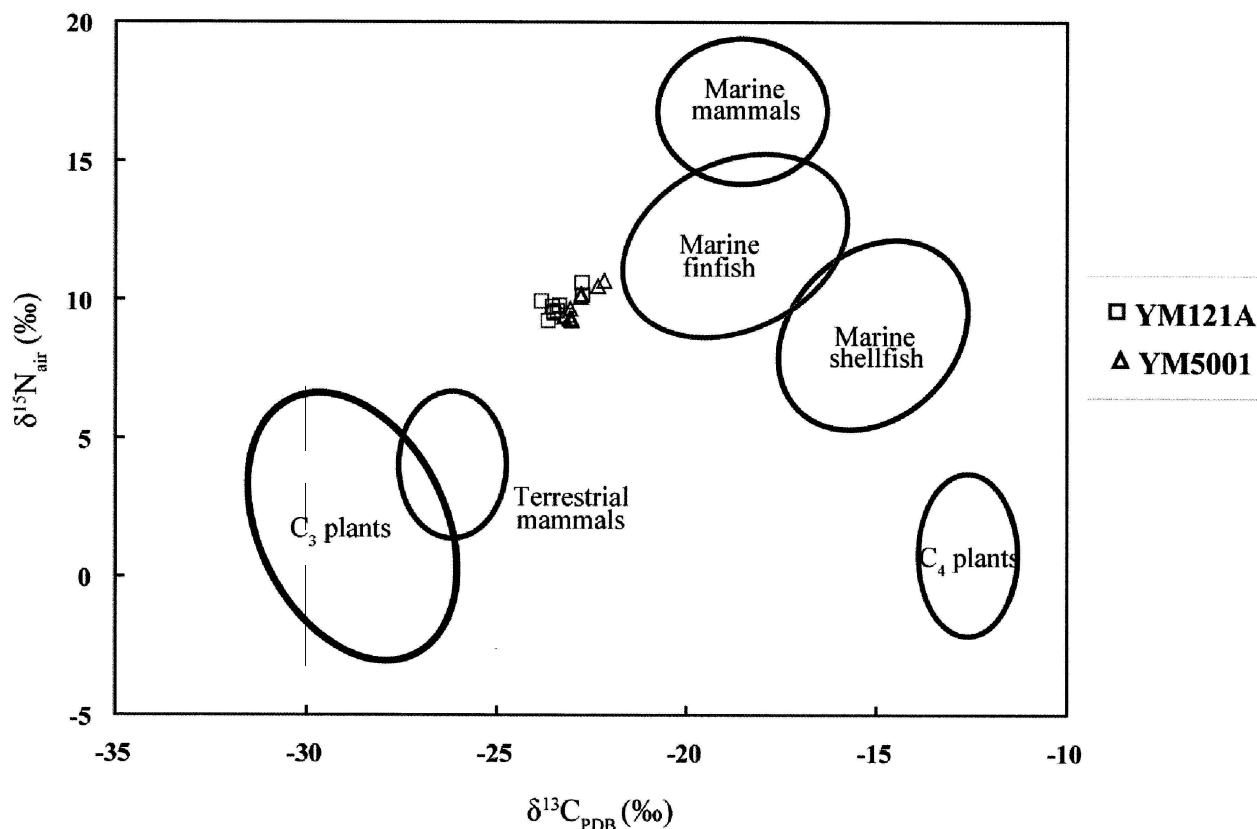


図 6. 由比ガ浜南遺跡から出土した人骨の食性解析。四角は YM121A を、三角は YM5001 を示している。楕円は日本列島と北太平洋で採取した代表食物の同位体比を表している (Yoneda et al., 2002)。

Fig.7. Reconstruction of $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ in protein intake of the Yuigahama-minami population. Square shows YM121A and triangle shows YM5001, regardless of bone sections. The ovals are showing the typical distribution of the native food resources collected in the Japanese archipelago and the North Pacific (Yoneda et al., 2002).

年代の大きな差は見られず、脊椎の顕著な差もない。もし土壌中の有機物がわずかでも混入していた場合、 ^{14}C 年代は敏感に反応して若くなると予想され、外部汚染はほぼないことがわかる。

この二個体は海産物の示す $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ 値に近い位置にプロットされるので、海産物を摂取していた傾向があることがわかる。また、各代表食物間の差が 10~20‰ と大きいので、 $\delta^{13}\text{C}$ 値で約 1‰、 $\delta^{15}\text{N}$ 値で

表2 YM121A における異なる部位の 14C 年代

Table. 2. ¹⁴C ages of different sections in YM121A.

Sample	Bone section	¹⁴ C age (BP, ±2s)	Lab code (NUTA2-)
YM121A7-1	central part of femur	745±48	11474
YM121A7-2,4(2)	central part of femur	741±46	11476
YM121A7-3	central part of femur	719±46	11477
YM121A7-5	central part of femur	704±44	11478
YM121A-1	shenoid	733±44	11482
YM121A-2d	third molar	729±44	11483
YM121A-3	rib	716±44	11484
YM121A-4	lower part of femur	710±44	11485
YM121A-5	humerus	700±44	11486
YM121A-6	radius or ulna	716±46	11487
YM121A-7	central part of femur	691±44	11488
YM121A-8	tibia	731±44	11491
YM121A-9	upper part of spine	734±44	11492
YM121A-10	lower part of spine	685±44	11493
YM121A-11	cranium	686±44	11494

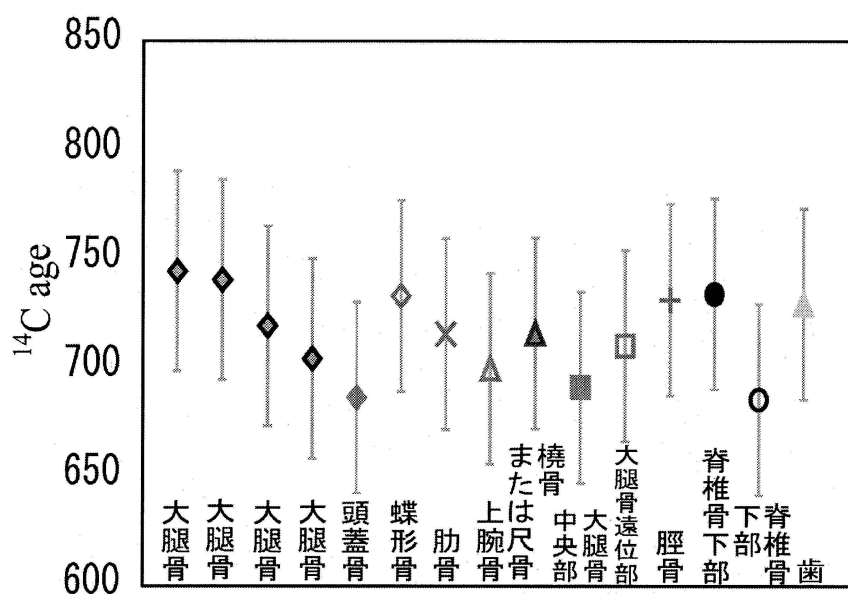


図7 部位による 14C 年代のばらつき

Fig. 7. Variation of 14C ages for different bone sections.

約 1.5%程度のばらつきでは古代人が何を食べていたかの大きな推測には影響しないといえる。同一個体内でのばらつきの原因として、大きくの三つが考えられる。二つは続成作用の可能性で、続成作用には外部有機物（フミン酸やフルボ酸）が付加する場合と、内部有機物（コラーゲン）が分解してアミノ酸が抜けていく場合の二つが考えられる。また、生体内でもともと部位に差が生じていた可能性もある。今回分析して脊椎が高い値を示した YM121A と YM5001 の二個体は変形性脊椎症の病変が

見られ、YM5654にはその病変が認められていないので、病気による骨増殖などが示唆される。病気による代謝速度の変化や、それに伴い食性の反映期間に違いが生じていること、骨の形成時期の違い、海綿質と緻密質での代謝の違いなども考えられる。外部有機物に関しては、C/N比でフミン酸・フルボ酸などの混入がないことを確認したが、C/N比に現れない微量の外部有機物が作用している可能性もある。それを確認するために、 ^{14}C 年代測定を行った(Fig. 7)。

[まとめ]

同一個体内の部位の違いによって、二個体において $\delta^{13}\text{C}$ 値で約1.0%、 $\delta^{15}\text{N}$ で約1.5%のばらつきが生じた。しかし、この程度のばらつきでは集団間の食性解析には影響しないが、近年重要視されてきている個体の社会性を考える際には場合によっては無視できないと示唆される。

特に脊椎と肋骨が四肢骨とずれる傾向にあるので、細かい議論を行う際には使用する部位に注意する必要があると考える。

^{14}C 年代測定の結果が大きくばらつかなかったことから、外部汚染はほとんどないと考えられる。C/N比、ゼラチン収率。炭素収率では変化が見られないコラーゲンの分解による続成作用が考えられるので、アミノ酸組成分析やアミノ酸毎の安定同位体比測定等を行う必要があると考える。また、病気や組織による代謝や形成時期の差といった成体由来のばらつきも考えられるので、続成作用を受けていない現生の骨で検討する必要があると考えている。

[謝辞]

聖マリアンナ医科大学の平田和明教授、長岡朋人博士には貴重な試料を提供していただき、試料に関する情報も提供していただきました。名古屋大学大学院環境学研究科の山本鋼志助教授には元素分析計によるゼラチンに含まれる炭素・窒素含有率の測定において大変お世話になりました。また名古屋大学年代測定総合研究センターの皆様には、試料処理や気体用質量分析計の使用にあたり、多くのご支援、ご助力をいただきました。心より感謝いたします。

[参考文献]

- VOGEL J. C. and VAN DER MERWE N. J. (1977) Isotopic evidence for early maize cultivation in new york state. *American Antiquity* 42, 238-242
- LEE-THORP J. A., SEALY J. C. and VAN DER MERWE N. J (1989) Stable Carbon Isotope Ratio Differences Between Bone Collagen and Bone Apatite, And their Relationship to Diet. *Journal of Archaeological Science* 16, 585-599
- YONEDA M., SUZUKI R., SHIBATA Y., MORITA M., SUKEGAWA T., SHIGEHARA N. and AKAZAWA T. (2004) Isotopic evidence of inland-water fishing by a Jomon population excavated from Boji site, Nagano Japan. *Journal of Archaeological Science* 31, 97-107
- 由比ガ浜南遺跡発掘調査団編 (2003) 神奈川県・鎌倉市 由比ガ浜南遺跡 <第二分冊・分析編 I > pp.49, 177~178, 191~192

- 中井信之, 有田陽子, 中村俊夫, 亀井節夫, 秋山雅彦, 沢田健 (1991) ナウマンゾウ、オオツノシカの AMS¹⁴C 年代と ¹³C/¹²C 比による最終氷期の気候変動 名古屋大学加速器質量分析計業績報告書 (II) 名古屋大学年代測定資料研究センター, 26-39
- DENIRO M. J. (1985) Postmortem preservation and alteration of in vivo bone collagen isotope ratios in relation to palaeodietary reconstruction. *Nature* 317, 806-809
- 米田穰 (2006) 「古人骨の化学分析による先史人類学: コラーゲンの同位体分析を中心に」 *Anthropological Science (Japanese Series)* 114, 5-15
- YONEDA M., TANAKA A., SHIBATA Y. and MORITA M. (2002) Radiocarbon marine reservoir effect in human remains from the Kitakogane site, Hokkaido, Japan. *Journal of Archaeological Science* 29, 529-536
- BADA J. L., SCHOENINGER M. J. and SCHIMMELMANN A. (1989) Isotopic fractionation during peptide bond hydrolysis. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 53, 3337-3341
- WYCKOFF R. W. G. (1972) The Biochemistry of Animal Fossils. *Sciencetchnia*, 152p.
- CORR L. T., SEALY J. C., HORTON M. C. and EVERSLED R. P. (2005) A novel marine dietary indicator utilizing compound-specific bone collagen amino acid $\delta^{13}\text{C}$ values of ancient humans. *Journal of Archaeological Science* 32, 321-330
- FULLER B. T., RICHARDS M. P. and MAYS S. A. (2003) Stable carbon and nitrogen isotope variations in tooth dentine serial sections from Wharram Percy. *Journal of Archaeological Science* 30, 1673-1684

[学会発表]

瀧上舞、南雅代、中村俊夫、平田和明、長岡朋人 (2006) 古人骨の同一個体内における骨部位の違いによる炭素・窒素安定同位体比の相違, 文化財科学会第 24 回大会 (奈良教育大学)

Variations of $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ values and ^{14}C ages in human bone sections

Mai TAKIGAMI¹, Masayo MINAMI², Toshio NAKAMURA²

1 Graduate School of Frontier Science, Tokyo University

2 Center for Chronological Research, Nagoya University

Prehistorical human bone is used for ^{14}C dating and isotope palaeodietary analysis. Fossil bone tends to be suffered from exogenous contaminants and diagenetic alteration during burial, especially in tropical and wet areas, and the state of bone collagen preservation differs with each bone sample. Since bone sections in an individual have different internal structures, such as density, thickness, amount of spongins and compact bone, different sections could have various levels of diagenesis. In this study, we investigated whether collagen extracted from different sections of an individual has variations of C/N ratios, $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ values for different sections of an individual, and whether we can estimate its palaeodietary by analyzing one bone section of a whole individual.

The samples used are eleven bone sections (cranium, sphenoid, tooth, rib, humerus, radius or ulna, the lower femur, the central femur, tibia and two back-bones) in an individual, nine sections in another, and seven sections in the other, collected from the Yuigahama-minami archeological site, Kamakura, Japan. The surface of fossil samples were shaved and ultrasonicated repeatedly in distilled water, followed by HCl and NaOH treatments; then samples were lyophilized and pulverized. The powdered bone sample was treated with 0.6M-HCl in a cellulose tube in a beaker over 20h at 4°C. The decalcified bone sample was treated by 0.6M-NaOH followed by 1.2M-HCl and 0.6M-HCl. Gelatin was extracted from acid/alkali-insoluble residue by heating in distilled water for 12h at 80-90°C. Combusted gelatin was refined into N_2 and CO_2 . These gases were used for carbon and nitrogen isotopic measurement by using an isotope ratio mass spectrometer (Finnigan, MAT252). Gelatin was wrapped into a Sn cup and measured for C/N ratios by using an elemental analyzer (EuroVector, EuroEA3000). To estimate sample preparation-induced variation, seven gelatins were extracted from a bone section, and each measured for C/N ratios, $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ values. The deviations of $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ values for seven gelatins are $\pm 0.1\text{‰}$ and $\pm 0.2\text{‰}$, respectively.

Most bone sections have gelatin yield of more than 0.7 wt%, and carbon yield of the combusted gelatin between 42 and 46 wt%. Bone with more than 0.7 wt% gelatin is generally well preserved, and collagens with around 40 wt% C are intact. The bone samples in this study, therefore, are well preserved and regarded as suitable for analysis. The C/N ratios of gelatins varied from 3.1 to 3.4 with different sections in an individual. The values show quality of the gelatin extractions because the good collagens have C/N ratios between 2.9 and 3.6. The $\delta^{13}\text{C}$ values of gelatins have variations of about 1‰, between -19.3 and -18.2‰, for different bone sections in an individual. The other two individuals have variations between -19.3 and -18.4‰, and -18.3 and -17.7‰. The $\delta^{15}\text{N}$ values have variations of about 1.5‰ (12.6~14.0‰, 12.4~13.1‰ and 12.6~14.1‰, respectively) for different sections of each individual. There is a positive correlation between $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ values. The back-bones tend to have highest values, and the rib and tooth have a little higher values than the others. ^{14}C ages have no variation in different sections. It means exterior organic substance don't get mixed in gelatin.