

自然人類学における同位体分析の応用

——縄文人の食性と移動——

日 下 宗一郎*

はじめに

自然人類学は、主にヒトを含む霊長類の化石を研究対象として、生物学的な観点から人類の起源やその環境適応を追求していく分野である。安定同位体分析は有効なトレーサーとして、自然人類学においても適用されている。縄文時代人の食性や集団間の移動について調べるために、人骨に同位体分析を応用した事例を紹介する。

先史時代の食料資源について明らかにすることは、彼らの環境適応やその戦略を知るために重要である。貯蔵可能な食物を蓄え、季節的に変化する資源を有効に利用していたことが縄文時代の人々の適応戦略であった。縄文時代の人々が摂取した食物構成は、出土した食物残滓から知ることが出来る。陸上哺乳類ではシカやイノシシが代表的なものであり、ドングリやクワに代表される堅果類、魚介類も主要な食物資源だった。遺物のうちでも人骨を直接分析して食性を調べる手法として、骨コラーゲンの炭素・窒素安定同位体分析がある。この手法が縄文時代の古人骨に応用され、日本列島スケールでの食性の地域差が明らかとなっている。

先史時代の様々な人類集団において、生前に前歯を故意に抜く抜歯風習が発見されている。縄文時代の人骨からも抜歯風習が見つかっている。特に縄文時代後・晩期において、多数の歯を抜く例が見つかっており、そのパターンが多

様性が高いという特徴がある。13歳から16歳以降の人骨から抜歯が見つかる。このことから、基本的には成人儀礼であろうと推測されている。

縄文時代の抜歯風習については、いくつかの型式に分けられており、副葬品などの考古学的証拠を考慮しながら抜歯の意義が推測されている(春成, 2002)。抜歯は大きく2系列に分類されている。上顎犬歯2本と、下顎切歯4本を抜く抜歯の仕方は、4I系とされている。上顎と下顎の犬歯合わせて4本を抜く抜歯の仕方が2C系である。4I系は副葬品とともに埋葬されている割合が高いため、集団のなかで優位な立場にある在地者であり、移入者と結婚した。その移入者は2C系の抜歯を施したと考えられた。

本研究では、縄文時代人骨の性別と抜歯型式に着目し、食性の集団内および集団間変異とその理由を探った。また、人骨に記録されたストロンチウム同位体比を測定することで、移動した個体を判別し、性別や抜歯型式ごとの移入者の割合を明らかにした。さらに、それらの結果から縄文時代の社会組織と抜歯の意義を探ることを目的とした。

炭素・窒素安定同位体分析

炭素・窒素は生物の体を構成する基本的な元素であり、それらには複数の安定同位体が存在する。自然界には質量数が12と13の安定な炭素同位体が存在し、その同位体比は標準物質に

*総合地球環境学研究所プロジェクト研究員

第278回京都化学者クラブ例会(平成25年8月3日)講演

対する ^{13}C の相対割合として、 $\delta^{13}\text{C}$ (‰) で表される。質量数 14 と 15 がある窒素も同様に、同位体比は $\delta^{15}\text{N}$ (‰) と表現される。重い元素は生物の体の中で濃縮するため、食物よりもそれを摂取した生物の $\delta^{13}\text{C}$ と $\delta^{15}\text{N}$ が高くなることが知られており、生態学では動物の栄養段階の指標として用いられる。 $\delta^{13}\text{C}$ の生体濃縮の値は約 1‰ であり、 $\delta^{15}\text{N}$ (‰) では 3-4‰ である (Minagawa and Wada 1984)。各生物はその食性など栄養段階に対応した同位体比を示す。基本的には C_3 生態系の動植物が低い $\delta^{13}\text{C}$ と $\delta^{15}\text{N}$ を示し、一方で、海産資源は全体的に高い $\delta^{13}\text{C}$ と $\delta^{15}\text{N}$ を示す。この違いを利用することで、先史時代の人々の陸上資源と海産資源への依存度を推定することができる。

資料は、山陽地域と東海地域の沿岸部から出土した縄文時代人骨である。炭素・窒素安定同位体分析には、6 遺跡 (大田、船元、津雲、川地、吉胡、稲荷山貝塚) から人骨計 162 体分を使用した。

炭素・窒素安定同位体分析のために、まず

肋骨から骨コラーゲンを抽出した。元素分析器に接続した質量分析器を用いて、骨コラーゲンの安定同位体比を測定した (Kusaka et al., 2010)。

人骨コラーゲンの炭素・窒素同位体比を図 1 に示している。食物資源の同位体比は、Yoneda et al. (2004) より引用した。食物と骨コラーゲンの間の生体濃縮の値として、食物の $\delta^{13}\text{C}$ に 4.5‰、 $\delta^{15}\text{N}$ に 3.4‰ を足している。人骨の同位体比は、陸上資源と海産資源の同位体比の間に分布している。多くの個体が両方の資源を異なる割合で摂取していたことを示している。いくつかの個体は陸上哺乳類や C_3 植物に近い低い同位体比を示している。集団ごとに同位体比の分布を見ると、川地集団を除いて、それぞれの集団で炭素と窒素の同位体比の間に有意な相関が見られた。

本研究では、集団内における食性の個人差に着目した。性別ごとに同位体比を比較すると、大田集団の男性は、女性よりも海産資源に依存する傾向が強かった。抜歯系列ごとに同位体比

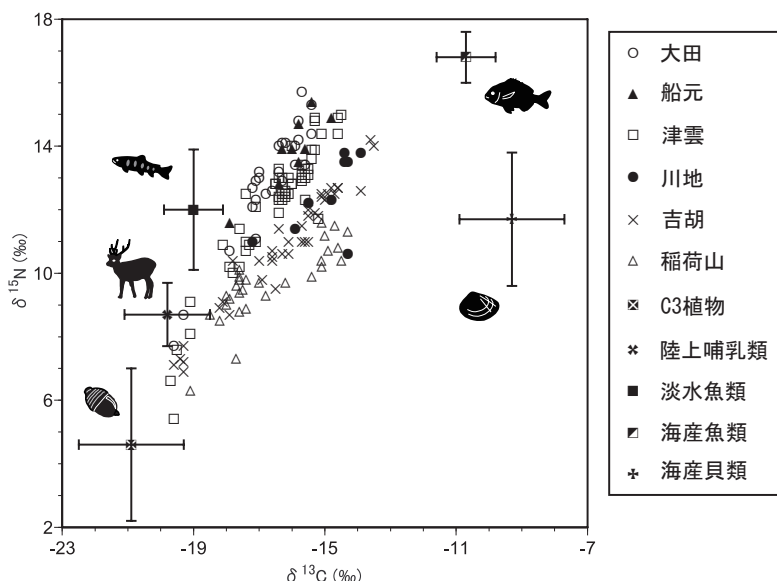


図 1 縄文時代人骨の炭素・窒素同位体比

を比較すると、稲荷山貝塚集団において抜歯系列に対応した食性の個人差が見られた。4I系の人骨がより低い炭素・窒素同位体比を示し、2C系の人骨が高い同位体比を示した。さらに、稲荷山集団の男性において、抜歯系列に対応した同位体比の違いが見つかった。2C系の男性が高い同位体比を示すいっぽうで、4I系の男性がより低い同位体比を示した。4I系の女性は2C系の男性よりも陸上資源に依存していた。2C系の女性は1個体しか分析できなかったため、女性の抜歯系列の間で値を比較することはできなかった。このように、食性の個人差に着目すると、性別や抜歯型式が食性と関連していたことが明らかとなった。

ストロンチウム同位体分析

ストロンチウム (Sr) はアルカリ土類金属に属し、そのイオン半径 (1.13 Å) は、カルシウム (Ca) のイオン半径 (0.99 Å) と近い。そのため、斜長石やアパタイト、霏石など Ca を含む鉱物中に Sr も多量に存在する (Faure and Mensing 2005)。Sr 同位体比は、 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ として表される。岩石は、その形成年代と Rb/Sr 比によって、様々な Sr 同位体比を示す。一般的には、高い Rb/Sr 比をもつ花崗岩が高い同位体比 (約 0.716) を示し、海洋の玄武岩は低い Sr 同位体比 (約 0.703) を示す (Bentley 2006)。陸上では、地域によって地質構造が異なるため、地域ごとに様々な Sr 同位体比を示す。

岩石中の Sr は風化により環境中に放出される。環境中では、土壌や河川水に拡散し、植物や動物に、さらにはヒトにも摂取される。 ^{87}Sr と ^{86}Sr の質量数の比は小さく、栄養段階を昇っても ^{87}Sr の濃縮はほとんど起こらない。つまり、生物中の同位体比は環境中の同位体比と同

じであると仮定することができ、Sr 同位体比は生物の生息場所を示す指標として用いることができる。

人体の中では骨や歯に多くの Sr が含有されている。歯のエナメル質は幼少期から子ども期に形成される。一度形成されると、置換や再形成されない。よって、幼少期から子ども期に過ごした場所の情報を Sr 同位体比として記録している。本研究で用いたのは第三大臼歯であり、9 から 13 歳程度の間で過ごした場所が分かる (Hillson 1996)。エナメル質は結晶が大きく密であるため、続成作用の影響をほぼ無視できると考えられる。一方で、骨は死亡前 10 年程度の間で過ごした場所の情報を保持している。しかし、骨は多孔質であるため、埋葬中に土壌由来の Sr が吸着や置換している可能性がある。よって、骨の Sr 同位体比は生前の情報を有しているとは言えない。しかし、続成作用に由来する Sr 同位体比も遺跡内の土壌を起源とするため、概して骨の値は在地の値を示唆すると考えられる。

ストロンチウム同位体分析には、東海地域の吉胡貝塚と稲荷山貝塚から出土した人骨、それぞれ 39 個体と 17 個体を用いた。ストロンチウム同位体分析のために、まず第三大臼歯のエナメル質と肋骨の緻密骨を採取した。酢酸緩衝溶液で洗浄することで、続成作用に由来する成分を除去した。陽イオン交換樹脂を用いて、それらの試料から Sr を単離した。ストロンチウム同位体比 ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) は、表面電離型質量分析器を使用して測定した (Kusaka et al., 2011)。

人骨を分析する前に、愛知県南部の地質構造に対応した植物中の Sr 同位体比の地理的分布を明らかにした。渥美半島の植物の Sr 同位体比は、0.7091 であり、東の弓張山地の植物は、0.7086 であった。この二つの地域は、秩父帯の

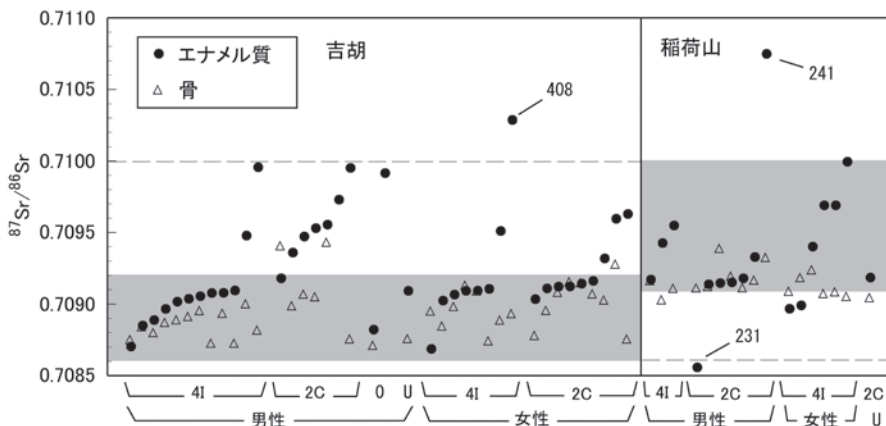


図2 縄文時代人骨のストロンチウム同位体比

石灰岩やチャートから構成されていて、それらの植物は地質構造から想定される Sr 同位体比を示している。稲荷山貝塚の北に位置する三河高原の植物は、0.7111 を示し、領家帯の花崗岩に対応する値である。吉胡貝塚人骨の歯のエナメル質の Sr 同位体比は、0.7093 であり、肋骨の Sr 同位体比は 0.7090 を示した (図 2)。

Sr 同位体分析では、在地の Sr 同位体比の範囲を設定し、その範囲のなかにエナメル質の値が入る個体を在地者、それから外れる個体を移入者として判別される (Bentley 2006)。吉胡集団にとって重要な Sr の供給源は、海産資源と陸上資源である。海水は、縄文時代から現代まで世界中で一定の値 (0.7091-0.7092) を示し、海産資源も同様の値を示す。一方で、陸上資源の Sr 同位体比は、遺跡周辺の半径 10km から採取した現代の植物の値 (0.7091) から推定できる。この値は、海水飛沫の効果によって海水の値に近づいていると考えられる。実際の地質の同位体比は、0.707 程度である。よって、海産資源の値より低い値は在地であると考えられる。最終的に 0.7086-0.7092 を在地の Sr 同位体比の範囲として設定した。特に 0.7088-0.7092 の範囲の個体の値は、漸次的に移行しており、

海産資源と陸上資源の依存度に応じた同位体比の分布であると考えられる。よって吉胡人骨では 36% の個体が移入者であると判別された。男女別にみると、男性の 41% と女性の 29% が移入者と判別された。抜歯系列ごとに分析すると、4I 系の 20%、2C 系の 56% が移入者であると判別され、0 型の 2 個体中、1 個体は移入者と判別された。性別と抜歯系列を組み合わせると、どのグループにも移入者が判別されたが、2C 系男性の移入者の割合が高い傾向にあった。腰飾りや貝輪などの副葬品と共に埋葬された人では、56% が移入者であり、副葬品がなかった人の 30% が移入者として判別された。また、肋骨の同位体比の分布を見ると、ほとんどの個体の値が設定した在地の範囲に収まっており、在地の範囲の設定が確からしいことを示唆する。

稲荷山集団のエナメル質の Sr 同位体比は、0.7093 を示し、肋骨の値は 0.7091 を示した (図 2)。稲荷山周辺の植物の Sr 同位体比は、0.7100 を示した。陸上資源と海産資源の値の範囲 (0.7091-0.7100) を在地の範囲と設定した。すると、17 個体中、4 個体 (24%) が移入者と判別された。抜歯と性別で分けて比較すると、

4I系の女性では6個体中、2個体(33%)が移入者であり、2C系の男性では7個体中、2個体(29%)が移入者であり、4I系の男性の3個体はすべて在来者だった。また、抜歯系列間で在来者のエナメル質の値を比較すると、4I系の在来者の値(0.7096)のほうが、2C系の在来者の値(0.7092)よりも高かった。より詳しくは別稿に述べている(日下, 2012)。

まとめ

本研究では、山陽地域と東海地域から出土した縄文時代の人骨の安定同位体分析を行った事例を紹介した。縄文時代人の食性と集団間の移動を明らかにし、その結果を性別や抜歯系列ごとに分けて分析した。まず、炭素・窒素同位体分析によって、大田貝塚集団においては、女性よりも男性のほうが海産資源に依存する割合が高いことが明らかとなった。稲荷山貝塚集団では、4I系の男性は陸上資源に強く依存する一方、2C系の男性は海産資源に強く依存し、抜歯系列と食性との明瞭な関係が認められた。続いて、エナメル質のストロンチウム同位体比によって、吉胡人骨では、36%の個体が移入者と判別され、稲荷山人骨では、24%の個体が移入者と判別された。4I系人骨と2C系人骨は移入者と在来者をどちらも含むという結果は、4I系人骨が在来者で2C系人骨が移入者を意味するという従来の仮説と整合しなかった。本稿は、縄文人の食性と集団間移動が、性別と抜歯系列に一定の関連を示すことを明らかにした。このように同位体分析を、縄文時代人骨に応用することで、新たな知見が得られる。

引用・参考文献

春成秀爾 2002『縄文社会論究』塙書房
日下宗一郎 2012 縄文時代人の食性と集団間移

動—安定同位体分析による試論—。考古学
研究. 59, 92-102.

- Bentley, R.A. 2006. Strontium isotopes from the earth to the archaeological skeleton: A review. *Journal of Archaeological Method and Theory* 13, pp. 135-187.
- Faure, G., Mensing, T.M. 2005. *Isotopes: Principles and Applications*. John Wiley & Sons, Inc., New Jersey.
- Hillson, S. 1996. *Dental Anthropology*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Kusaka, S., Hyodo, F., Yumoto, T., Nakatsukasa, M. 2010. Carbon and nitrogen stable isotope analysis on the diet of Jomon populations from two coastal regions of Japan. *Journal of Archaeological Science* 37, pp. 1968-1977.
- Kusaka, S., Nakano, T., Yumoto, T., Nakatsukasa, M. 2011. Strontium isotope evidence of migration and diet in relation to ritual tooth ablation: a case study from the Inariyama Jomon site, Japan. *Journal of Archaeological Science* 38, pp. 166-174.
- Minagawa, M., Wada, E. 1984. Stepwise enrichment of ^{15}N along food chains: Further evidence and the relation between $\delta^{15}\text{N}$ and animal age. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 48, pp. 1135-1140.
- Yoneda, M., Suzuki, R., Shibata, Y., Morita, M., Sukegawa, T., Shigehara, N., Akazawa, T. 2004. Isotopic evidence of inland-water fishing by a Jomon population excavated from the Boji site, Nagano, Japan. *Journal of Archaeological Science* 31, pp. 97-107.