

長江下流域における新石器時代のヒトと動物の炭素・窒素同位体分析

米田穰¹・松井章²・菊地大樹³・丸山真史⁴・孫国平⁵・王寧遠⁵・劉斌⁵

(1. 東京大学 2. 奈良文化財研究所 3. 京都大学 4. 東海大学 5. 浙江省文物考古研究所)

はじめに

先史時代の食生活を遺跡に残された遺物だけに基づいて復元することは、興味の対象である食物そのものは多くが消化されてしまうので容易ではない。さらに数千年にわたって土壌に埋没している間に、植物質や動物の軟部組織は分解し、骨や貝殻などの硬組織も徐々に劣化するため、多様な食料資源の相対的な重要性についても偏りが生じてしまう問題がある。本研究では、水田稲作農耕を生業のひとつにしつつも、狩猟採集活動によって天然の食料資源もあわせて利用していた新石器時代の跨湖橋文化・河姆渡文化・良渚文化に属する人骨とイヌ、ブタ・イノシシ、シカ類の骨コラーゲンを抽出し、炭素・窒素同位体比を測定した。これによって、長江下流域における新石器時代のヒトの食性の時代差や地理的変動、イヌやブタの家畜化ならびに管理について予察的に検討した。

本研究では、古人骨の化学成分に着目し当時の食生活を復元することを試みた。遺跡から出土する古人骨資料は食物に含まれる元素から構成されており、その化学成分には様々な食資源の特徴が反映されており、当時の食生活に関する直接的な証拠となる。本研究では古人骨・動物骨から骨の主要タンパク質であるコラーゲンを抽出し、それに含まれる炭素と窒素の同位体比を測定し、過去の食生活を復元する。組織の土台を形作るタンパク質であるコラーゲンは、条件が良ければ数千年の時を経過した古人骨からでも生前に残された食生活の情報を抽出することができる。コラーゲンの炭素・窒素同位体比には、食物のうち主にタンパク質の同位体の特徴が、利用した食料の量に応じて反映すると考えられている (Ambrose 1993)。また、骨の置換速度は遅いので、骨のコラーゲンの同位体比は、その個体が死亡する直前10年程度の平均的な食性を反映する。

資料と方法

本研究では、浙江省文物考古研究所が保管する人骨16体（跨湖橋2個体、田螺山3個体、卞家山8個体、美人地3個体）、イノシシ・ブタ34個体（跨湖橋16個体、美人地2個体、卞家山イノシシ10個体、卞家山ブタ？6個体）、イヌ11個体（跨湖橋6個体、田螺山2個体、卞家山3個体）、シカ類19個体（跨湖橋8個体、田螺山3個体、卞家山5個体、美人地3個体）の合計80個体から分析試料を採取し、炭素・窒素同位体比を分析した。まず骨資料のうち緻密質が厚い部位を選んで、ディスクカッターで約0.5gの骨片を採取する。それを純水中で超音波洗浄した後、0.2mol/Lの水酸化ナトリウム溶液に12時間浸けて、フミン酸やフルボ酸などの土壌有機物を除去して、乾燥後に粉碎する。この粉末試料を半透膜に封入し、1mol/Lの塩酸と穏やかに反応させて、骨の無機分画ハイドロキシアパタイトを溶解した。次に、残存した有機物を純水中で90℃に加熱することでコラーゲンのみを可溶化し、土壌有機物とコラーゲンを分離した。このように得られた溶液をガラスフィルター (Wattmann GF/F) で

ろ過した後に、凍結乾燥した抽出物（ゼラチン）を元素分析および炭素・窒素安定同位体比分析に供した（Yoneda et al. 2002）。

上記の方法で抽出されたゼラチンから約0.5mgを分取して、炭素・窒素安定同位体比分析に供した。同位体比測定には、元素分析計（EA：Thermo Flash 2000）で試料を燃焼し、生成された二酸化炭素および窒素を連続フロー型安定同位体比質量分析器（IRMS：Thermo Delta V）で測定する EA-IRMS システムを使用した。通常の測定精度は炭素同位体比（ $\delta^{13}\text{C}$ 値）で0.1‰程度、窒素同位体比（ $\delta^{15}\text{N}$ 値）で0.2‰程度である。元素分析計では同時に炭素と窒素の含有量を測定しており、炭素と窒素の含有量、C/N 比を基準として、抽出されたコラーゲンの保存状態と汚染状況を検討する。なお、安定同位体比は、それぞれの絶対値ではわずかな違いしかないので、国際標準物質との偏差を千分率（‰）として表記する。炭素ではベレムナイトの化石（PDB）を基準とし、窒素では大気中の窒素（AIR）を基準としている。

結果と考察

有機物であるコラーゲンは、生物の死後に自らのタンパク質分解酵素やバクテリアなどによって分解が急速に進む。また土壌埋没中に進行する化学変化（続成作用）、土壌有機物による汚染などでも同位体比が変動する可能性があるので、上記の前処理で抽出された有機物が生体に由来するコラーゲンかどうかを確認する必要がある。コラーゲンの保存状態の指標として、ゼラチンに含まれる炭素と窒素の含有率とその比（C/N 比）を用いることが多い。例えば、現代の動物では C/N 比は3.2を中心として2.9と3.6の間の値を示すので、考古試料でもその範囲にあるものでは、炭素が多く含有する土壌有機物が混入している危険は小さいと考えられる（DeNiro 1985）。また、コラーゲンの重量比が1 %以下にまで減少した資料は分析に適さない。さらに抽出された有機物中での炭素と窒素の重量比では、それぞれ保存状態がよければ30%以上と11%以上を示すとされている（Van Klinken 1999）。これらの基準に照らし合わせると、今回分析した骨資料から抽出された有機物では、全ての個体で保存状態が良好なコラーゲンが回収された。ただし、田螺山出土スイギュウ 1 点で分析に必要な量の有機物が回収されなかった。それ以外の79点では生前時の情報を維持した保存状態が良好なコラーゲンが保存されていたと考えられる。今回分析した浙江省の新石器時代骨資料は全般的にコラーゲンの保存状態が良好であるといえる。

図1にヒトの骨コラーゲンにおける炭素・窒素同位体比の結果を示す。比較のために、南川ら（2010）で報告された田螺山遺跡の人骨11点を加えて、日本産食料資源から推定されるコラーゲンの同位体比の範囲を示している（Yoneda et al. 2004）。日本産食料資源と比較すると、C3植物と炭素同位体比は近似するが、窒素同位体比は比較的高い値を示している。窒素同位体比が上昇する理由として、①肉食性が高いこと、②魚貝類や水鳥の利用、③水稻の利用が想定される。嫌気的な環境で栽培される水稻は、土壌における脱窒反応によって窒素同位体比が上昇することが報告されており（Yoneyama et al. 1990）、今回のヒトで認められた窒素同位体比の上昇は水稻消費に関連する可能性があり、注目される。炭素同位体比からは、多くの量の海産物や C4植物に属するアワ、ヒエ、キビなどの雑穀を多

く摂取した可能性は示されなかった。

ヒトの影響を受けている可能性があるイヌやブタ・イノシシの値を比較すると、イヌはヒトと近似した炭素・窒素同位体比を示しているのに対し（図2）、南川ら（2010）が報告した田螺山出土資料25点を加えたイノシシでは、窒素同位体比で大きな変動が見られる（図3）。イヌとヒトが近似した同位体比を示していることから、イヌはヒトと同様の食料を給餌された家犬であると考えられる。一方、ブタ・イノシシにおける窒素同位体比の多様性については、ヒトが利用した比較的窒素同位体比が高い食料資源にアクセスする個体と、天然のC3植物を主に使用した個体などが含まれているためと考えられる。

卞家山遺跡では形態学的な特徴から家畜化の特徴を呈する個体（ブタ？）と野生型の個体（イノシシ）が見られたが、炭素・窒素同位体比では明確な違いは見られない。このことは、家畜化によって形態的な変化がすすんでいる個体と野生型の特徴を保持する個体の間で、ヒトとの関係に大きな違いが無かったことを示唆する。家畜化初期の段階では、家畜と野生動物の間の境界線や管理方法に明確な区分が存在しなかったのかもしれない。

遺跡間で比較すると田螺山遺跡出土イヌ骨が比較的低い窒素同位体比を示している。ヒトでも同様な傾向が得られているので、遺跡周辺の生態系で窒素同位体比が低い傾向がなかったか、南川（2010）と本研究の間で測定の実験誤差が存在しないかを検討する必要がある。

ヒトや家畜の食性の特徴を理解するためには、遺跡周辺の自然生態系における炭素・窒素同位体比の特徴を測定する必要がある。そこで、中小型シカと大型シカあるいはスイギュウでも炭素・窒素同位体比を測定した（図4）。中小型シカは比較的低い窒素同位体比を示すが、炭素同位体比では非常に変動が大きいことが示された。一方、大型シカ・スイギュウでは窒素同位体比が比較的高い値を示しており、炭素同位体比も比較的高い値を示している。

結論

本研究では、浙江省の新石器時代における食性をヒト、イヌ、ブタ・イノシシ、シカ類の骨コラーゲンの炭素・窒素同位体比の比較から検討した。分析した人骨資料には、跨湖橋遺跡が属する跨湖橋文化（8000～7000年前）、田螺山遺跡が属する河姆渡文化（7000～5500年前）、卞家山遺跡・美人地遺跡が属する良渚文化（5000～4000年前）を含んでおり、長江下流域における新石器集団の食性の時代変遷を検討することが可能である。時代変化に着目すると、田螺山遺跡では窒素同位体比が低い傾向があるが、跨湖橋遺跡と良渚遺跡群では近似する炭素・窒素同位体比が示された。窒素同位体比のみが高くなるのは、C3植物と動物の肉の割合で後者が高くなった可能性、脱窒によって窒素同位体比が上昇した水稻を多く利用した可能性、淡水魚など内水面生態系の影響が考えられる。今後、アミノ酸での同位体比測定など追加分析によって詳細を検討することで、より具体的な要因を明らかにできるだろう。

イヌは非常にヒトと近似した値を示しており、ヒトによって給餌された家犬と考えられる。ブタ・イノシシは、シカ類に比べると比較的ヒトやイヌと同様に高い窒素同位体比を示す個体がいる一方、

中小型シカ類と同様に比較的低い窒素同位体比を示す個体も存在した。田螺山遺跡ではほかの遺跡よりも比較的低い窒素同位体比が示されており、ヒトと同様の傾向である。田螺山出土の中小型シカ類を分析することによって、田螺山遺跡ではヒトを含めて周辺の生態系全体で窒素同位体比が低い傾向にあったのか、あるいはブタ・イノシシはヒトの影響によって窒素同位体比が上昇しているのかを可能性を検討する必要がある。また、田螺山の低い窒素同位体比は、南川ら（2010）によって報告されたデータが多いので、前処理や測定に起因する系統誤差の可能性についても今後検討する。

中小型シカでは、比較的低い窒素同位体比が低い、炭素同位体比がC3植物食で期待される値よりも高い個体も示された。天然に中小型シカ類が利用できるC4植物が存在した可能性も考慮する必要がある。スイギュウ・大型シカ類では、炭素同位体比も窒素同位体比も変動が大きく、同位体生態学的な状況は極めて複雑である可能性が示唆された。遺跡からは、陸上の哺乳類だけでなく淡水魚や水鳥など内水面生態系の生物も多数出土している。現代の内水面は生活排水などによる富栄養化によって同位体比が大きく変動している可能性があるため、現代の生物資料を比較資料とすることには問題がある。より詳細な種同定が可能な動物骨を源泉し、浙江省における同位体生態学マップを作成することが必要である。また、ヒトや家畜の同位体比の解釈には、動物考古学による研究成果も踏まえて慎重に検討することが必要である。

参考文献

- Ambrose SH (1993) Isotopic analysis of paleodiet: Methodological and interpretive considerations. In MK Sandford (ed.): Investigation of Ancient Human Tissue: Chemical Analyses in Anthropology. Langhorne: Gordon and Breach, pp. 59-130.
- DeNiro MJ (1985) Postmortem Preservation and Alteration of In vivo Bone-Collagen Isotope Ratios in Relation to Paleodietary Reconstruction. *Nature* 317:806-809.
- Yoneda, M., A. Tanaka, Y. Shibata, M. Morita, K. Uzawa, M. Hirota, and M. Uchida, (2002). Radiocarbon marine reservoir effect in human remains from the Kitakogane site, Hokkaido, Japan. *Journal of Archaeological Science* 29(5), 529-536.
- Yoneda, M., Y. Shibata, M. Morita, R. Suzuki, T. Sukegawa, N. Shigehara, and T. Akazawa (2004). Isotopic evidence of inland-water fishing by a Jomon population excavated from the Boji site, Nagano, Japan. *Journal of Archaeological Science* 31(1), 97-107.
- Yoneyama T, Kouno K, Yazai J (1990) Variation of natural ^{15}N abundance of crops and soils in Japan with special reference to the effect of soil conditions and fertilizer application. *Soil Science and Plant Nutrition* 36, 667-675.
- van Klinken GJ (1999) Bone Collagen Quality Indicators for Palaeodietary and Radiocarbon Measurements. *Journal of Archaeological Science* 26:687-6.
- 南川雅男・松井章・中村慎一・孫国平（2010）人骨および動物骨のコラーゲン炭素窒素同位体組成より推測される食資源と家畜利用．「浙江省余姚田螺山遺跡の学際的研究 平成18-21年度科学研究費補助金基盤研究（A）」

Carbon and nitrogen isotope analyses on the Neolithic human and faunal remains from lower Yangtze River

YONEDA Minoru, MATSUI Akira, KIKUCHI Hiroki, MARUYAMA Masashi, SUN Guoping, WANG Ningyuan, LIU Bin

The Neolithic period witnessed an important transition of human subsistence from hunting-gathering-fishing to agriculture and animal husbandry. However, it is not clear that how and when this subsistence transition affected on human diet. In the case of the Near East, the subsistence change could be recognized as a series of changes in a couple of millennium periods. Because the process of Neolithization is not clear in the lower Yangtze River region in light of human diet, we have investigated carbon and nitrogen isotopes in human and animal bones to estimate the impact of Neolithic subsistence on human and animal diet. The comparison between domesticated and wild animals will also present a clue to reconstruct the way of animal husbandry at that time.

The comparison of carbon and nitrogen isotope ratios in bone collagen among human, deer, pig and dog showed that two interesting results. (1) Human and dogs were similar in their protein sources, indicating that dogs were totally domesticated and fed by human at that time. (2) On the other hand, pig had much wider diversity in and among sites, suggesting the nutritional effect by human on these animals were variable. Also wild artiodactyls including deer, cattle and water buffalo showed wider variation in carbon and nitrogen as well. We have to analyse wild animals more intensively to understand the natural isotope ecology in the region of lower Yangtze River for archaeological interpretation of Neolithic human and domesticated animals' data.

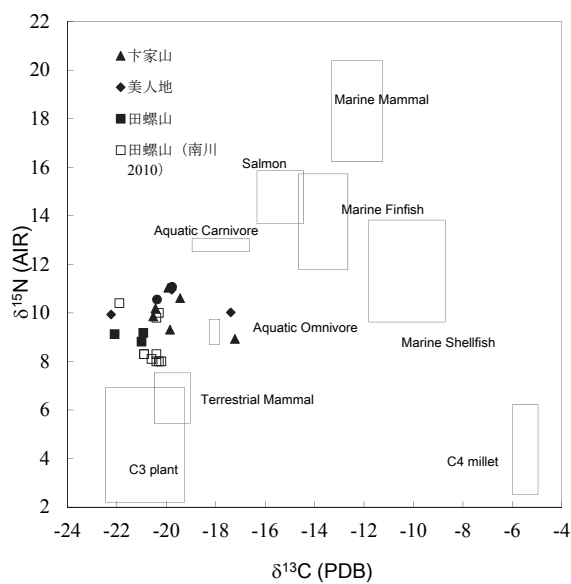


図 1 ヒトの骨コラーゲンにおける炭素・窒素同位体比

图 1 人类骨骼骨胶原的碳和氮同位素比

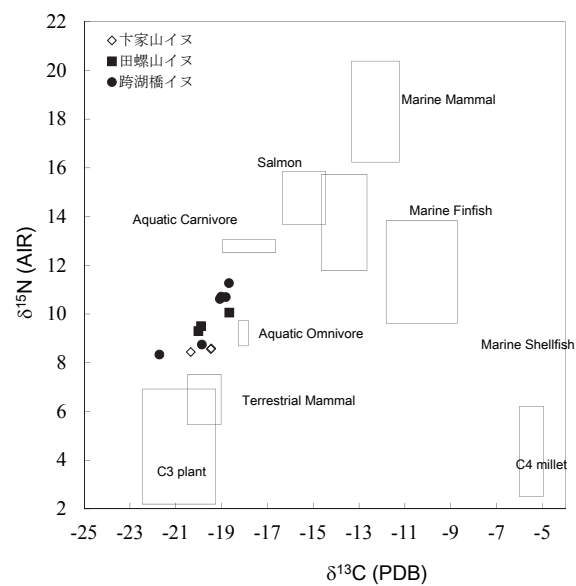


図 2 イヌの骨コラーゲンにおける炭素・窒素同位体比

图 2 狗骨骼骨胶原的碳和氮同位素比

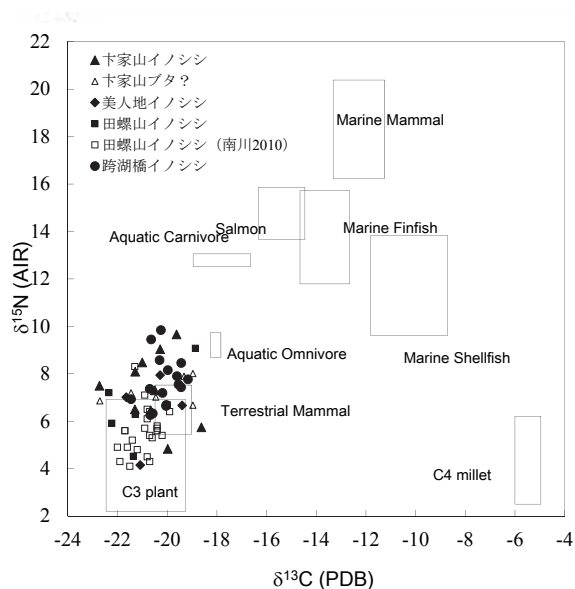


図 3 イノシシ・ブタの骨コラーゲンにおける炭素・窒素同位体比

图 3 野猪・家猪骨骼的骨胶原碳和氮同位素比

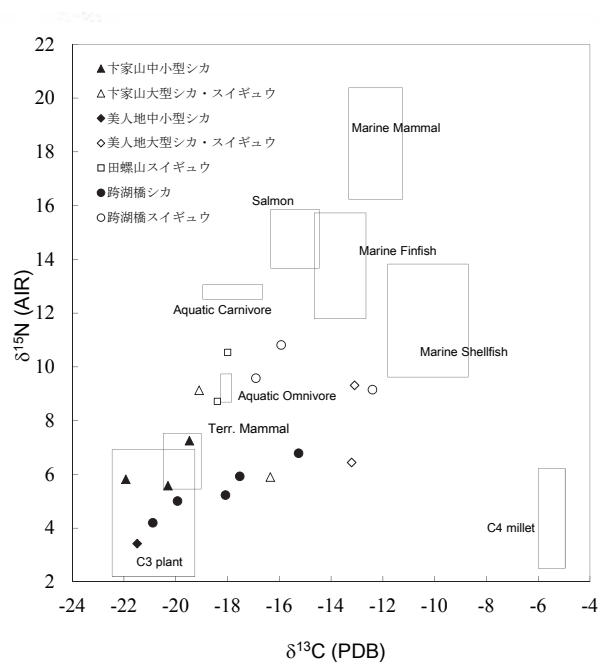


図 4 シカ類・スイギュウの骨コラーゲンにおける炭素・窒素同位体比

图 4 鹿类，水牛类骨胶原的碳和氮同位素比

长江下游新石器时代人类与动物骨骼的碳氮同位素分析

米田穰¹ · 松井章² · 菊地大树³ · 丸山真史⁴ · 孙国平⁵ · 王宁远⁵ · 刘斌⁵

(1. 东京大学 2. 奈良文化财研究所 3. 京都大学 4. 东海大学 5. 浙江省文物考古研究所)

序言

根据考古遗址存留的遗物来复原史前时代人类的食物生活比较困难,因为大多数希望分析的食物对象均已经消化而不复存在。同时由于数千年来一直埋没于地下的植物和动物质的软体组织分解,骨骼和贝壳等的硬体组织也开始劣化,因此就会产生对多样性食物资源判断上的偏颇性。本研究对以水田稻作农耕为其主要的生业活动,同时也通过狩猎采集活动获得天然食物资源并加以利用的新石器时代跨湖桥文化,河姆渡文化,良渚文化出土的人骨,狗骨,野猪,家猪和鹿类骨骼,通过抽出其骨胶原,并对其碳和氮同位素的测定,以此来探讨长江下游地区新石器时代人类的食物结构以及在食物结构上存在的时代差异与地域性变化,以及狗与猪的家畜化过程和饲养管理状况。

本研究着眼于人骨和动物骨骼的化学成分分析并以此复原当时人类的食物生活。遗址中出土的古人骨资料由食物元素构成,其化学成分反映多种多样的食物资源特征,可以成为当时人类食物生活状况的直接证据。本研究首先抽取人骨,动物骨含有的蛋白质骨胶原,对其包含的碳和氮同位素比进行测定,进而复原其原有的食物生活。形成骨骼组织最基本平台的蛋白质骨胶原,假若条件良好的话,即使经过数千年也可以从古人骨计测到其生前食物生活的信息。骨胶原的碳和氮同位素比的理论原理是根据所利用食物的量来反映食物中主要的蛋白质同位体特征的(Ambrose 1993)。此外,由于骨骼的转换速度很慢,骨的胶原素同位体比可以反映人骨死亡前10年左右的平均食性。

资料与方法

本次研究用于测定分析的资料分别是浙江省文物考古研究所保管的16具人骨(跨湖桥2具,田螺山3具,卞家山8具,美人地3具),野猪,家猪34头(跨湖桥16头,美人地2头,卞家山野猪10头,卞家山猪6),狗11只(跨湖桥6只,田螺山2只,卞家山3只),鹿类19只(跨湖桥8只,田螺山3只,卞家山5只,美人地3只),合计共对80件个体提取了分析样本,并进行了碳和氮同位素比分析。首先选择骨骼资料中致密质较厚的部分,用办公用裁纸刀割去0.5g的骨片。将其放入纯净水中用超声波洗净后,放入0.2mol/L的水酸化酚钠溶液浸泡12小时,除去腐植酸和黄腐酸等土壤有机物后,经干燥后粉碎。然后将这些粉末试料封入半透明膜,让其与1mol/L盐酸安稳反应,并溶解骨骼无机分化的对苯二酚(ハイドロキシアパタイト)。然后将残存的有机物放入纯水中加热90℃,使得骨胶原融化,土壤有机物与骨胶原分离。将以此得到的溶液用玻璃过滤器(Wattmann GF/F)过滤后,就得到了用以分析其碳和氮元素安定同位体比的冻结干燥明胶或者称为动物胶(Yoneda et al. 2002)。

从以上方法抽出的动物胶上采取大约0.5mg的样品,供碳和氮安定同位素比分析。计测安定同位素比分析,使用了EA-IRMS系统,首先用元素分析计(EA: Thermo Flash 2000)燃烧样品,将其生成的二氧化碳素和氮素用连续流通量型安定同位素比质量分析器(IRMS: Thermo Delta V)进行计测。通常

的计测精度是碳同位素比（ $\delta^{13}\text{C}$ 值）大约是0.1%，氮同位素比（ $\delta^{15}\text{N}$ 值）大约是0.2%。用元素分析器可以同时计测碳和氮素的含量，碳和氮素的含量以 C/N 比为基准，以此探讨抽出的骨胶原的保存状况和污染状况。此外，由于安定同位素比各自的绝对值仅有很小的偏差，与国际标准物质的偏差值以千分率（‰）表示。碳素以箭石的化石（PDB）为基准，氮素以大气中的氮素（AIR）为基准。

结果与考察

有机物质骨胶原，在生物体死亡后通过自身的蛋白质分解酵素和 Bacterium 使得分解急加速。同时由于埋在土壤中可能发生的化学变化（成岩作用），受到土壤有机物的污染等都可能使同位体发生变化，因此有必要在做以上处理之前确认抽出的有机物质是不是生体原本的骨胶原。骨胶原保存状况的指标，多使用包含在 gelatinous 的碳素和氮素的含有率及其比例（C/N 比）的多少来表示。比如，现代种动物 C/N 比以3.2为中心表示处于2.9和3.6的值，因此考古试料也认为若在此值范围之内的话，碳素含有量较多的土壤有机物混入的危险性比较小（DeNiro 1985）。另外，这不适合分析骨胶原的重量比减少到1%以下的资料。进一步来看，被抽出的有机物中的碳素和氮素的重量比在各自的保存状况良好的情况下，可以显示达到30%和11%以上（Van Klinken 1999）。按照这些标准，这次分析的骨骼资料抽出的有机物中，所有个体均抽取到了保存状况良好的骨胶原。但是，田螺山遗址出土的1件水牛没有得到分析所需的有机物。其他的79件骨骼其骨胶原保存良好，均包含了骨骼生前的所有信息。总体来说这次分析的所有浙江省新石器时代的骨胶原资料均保存良好。

图1表示人骨骨胶原含有碳和氮同位素比。为了便于比较，这里将南川等人在2010年发表的田螺山遗址出土的11具人骨的分析结果加入日本产食料资料所推算出的骨胶原同位体比的范围（Yoneda et al. 2004）。与日本产食料资料相比，C3植物和碳素同位体比近似，但是氮同位素比则显示着较高的数值。氮同位素比上升的理由有以下几点：①肉食的可能性较高。②鱼贝类和水生鸟类的利用。③水稻的利用。有报道认为在不好的环境中生产的水稻，根据土壤的反硝化反映其氮同位素比会上升（Yoneyama et al. 1990）。这次分析人骨中确认的氮同位素比的上升，应该关注其与水稻消费的关系。而碳同位素比则看不出他们摄取较多的海产品，以及属于 C4植物的粟，稗子，黍子等杂谷类食物。

与易于受到人的影响的狗，猪/野猪的数值相比，狗骨的碳和氮同位素比与人骨最接近，相反（图2），在南川等人2010年报告的田螺山出土的25件资料中加上野猪，其氮素值的同位素比则发生较大的变化（图3）。因为狗骨与人骨显示着近似的同位体比，因而可以认为当时的狗是与人消费同样食物的家狗。而猪与野猪氮同位素比的多样性，则可以认为这既包含着人类有意寻求较高的氮同位素的食物资源的个体，也包含着以仅利用天然 C3植物为主的个体。

卞家山遗址发现了形体特征显示家畜化的猪骨个体（家猪？）和野生型的猪骨个体（野猪），但是碳和氮同位素比没有看到明显的差异。这可能暗示着在因家畜化外形发生变化的个体与保持野生特征的个体之间，与人的关系的有无是一个很大的要因。在家畜化的初期阶段，也许家畜与野生动物之间的界限以及管理方式还不存在明确的区别。

根据遗址之间的比较，田螺山遗址出土的狗骨显示了较低的氮同位素比。因为人骨也显示了相同的倾向，有必要研究分析遗址周边地区的生态系统是不是有氮同位素比偏低的倾向，或者南川2010的研究

与本次研究之间的测定值是不是存在误差。

为了理解人与家畜食物性特征，有必要测定遗址周边自然生态环境的碳和氮同位素比的特征。这里对中小型鹿和大型鹿，或者水牛的碳和氮同位素比进行了测定（图4）。中小型鹿显示着较低的氮同位素比，但是碳素则显示了较大变动。另一方面，大型鹿和水牛则显示了较高的氮同位素比。碳素同位素比也比较高。

结论

本文以人骨，狗骨，猪骨，野猪和鹿骨类的骨胶原的碳和氮同位素比的比较，研究了浙江新石器时代的饮食习惯。在分析的人骨中，出自跨湖桥遗址的骨骼属于跨湖桥文化（8000~7000年前），田螺山遗址出土的人骨属于河姆渡文化（7000~5500年前），卞家山遗址和美人地遗址的人骨属于良渚文化（5000~4000年前），因此具备了从时间跨度上探讨长江下游地区新石器时代人类集团饮食习惯的时代变迁过程。首先从时代的变化来看，田螺山遗址的氮同位素比呈现较低的倾向，而跨湖桥遗址和良渚遗址则显示着近似的氮同位素比。而氮同位素比较高的原因，可以推测有以下这样几个原因：C3植物和动物肉食的比例较高；较多的利用了因反硝化而使得氮同位素上升的水稻，以及淡水鱼等内陆水面生态系统的影响。今后，将通过对氨基酸的同位体比的测定等分析来做进一步的详细探讨，以期能明确其具体的原因。狗骨显示了与人骨非常接近的数值，应该是与人类一起生活而获得食物的家犬。猪和野猪与鹿相比，即有显示与人骨，狗骨同样较高氮同位素的个体，又有显示与中小型鹿类同样较低的氮同位素的个体。田螺山遗址与其他遗址相比显示着较低的氮同位素比，与人骨呈现相同的倾向。根据对田螺山出土的中小型鹿类的分析，有可能田螺山遗址包括人类在内的周边生态整体体系的氮同位素比呈现较低的倾向，或者也有家猪，野猪因为人的影响而使得氮同位素比上升的可能性，这些都有进一步探讨的必要。田螺山较低的氮同位素比还有一个原因是分析数据中较多的使用了南川等人2010报告数据，这些数据在前期处理和测定中是不是存在系统的误差也是今后应该探讨的方面。

中小型鹿的氮同位素比比较低，但是碳素同位体比与c3植物期待的数值相比显的较高。有必要考虑中小型鹿类能够自然利用的c4植物存在的可能性。水牛和大型鹿类无论是碳素同位体还是氮同位素比的变动都比较大，暗示着其同位素生态学的状况可能比较复杂。遗址中不仅出土陆地哺乳类动物，也出土很多淡水鱼，鸟类等内陆水面生态系的生物。因为现在的内陆水面因为生活排水等富营养化也会使得同位体比发生较大的变动，用现代生物资料作为对比材料本身可能会有问题。因此有必要以更为详细的种属同定作为动物骨骼的基础，制作浙江省同位素生态学分布图。进而，在对人类和家畜的同位素比的解释上，必须根据动物学的研究成果来谨慎的进行思考。

参考文献

- Ambrose SH (1993) Isotopic analysis of paleodiet: Methodological and interpretive considerations. In MK Sandford (ed.): Investigation of Ancient Human Tissue: Chemical Analyses in Anthropology. Langhorne: Gordon and Breach, pp. 59-130.
- DeNiro MJ (1985) Postmortem Preservation and Alteration of In vivo Bone-Collagen Isotope Ratios in

- Relation to Paleodietary Reconstruction. *Nature* 317:806-809.
- Yoneda, M., A. Tanaka, Y. Shibata, M. Morita, K. Uzawa, M. Hirota, and M. Uchida, (2002). Radiocarbon marine reservoir effect in human remains from the Kitakogane site, Hokkaido, Japan. *Journal of Archaeological Science* 29(5), 529-536.
- Yoneda, M., Y. Shibata, M. Morita, R. Suzuki, T. Sukegawa, N. Shigehara, and T. Akazawa (2004). Isotopic evidence of inland-water fishing by a Jomon population excavated from the Boji site, Nagano, Japan. *Journal of Archaeological Science* 31(1), 97-107.
- Yoneyama T, Kouno K, Yazai J (1990) Variation of natural ^{15}N abundance of crops and soils in Japan with special reference to the effect of soil conditions and fertilizer application. *Soil Science and Plant Nutrition* 36, 667-675.
- van Klinken GJ (1999) Bone Collagen Quality Indicators for Palaeodietary and Radiocarbon Measurements. *Journal of Archaeological Science* 26:687-6.
- 南川雅男・松井章・中村慎一・孫国平 (2010) 人骨および動物骨のコラーゲン炭素窒素同位体組成より推測される食資源と家畜利用. 「浙江省余姚田螺山遺跡の学際的研究 平成18-21年度科学研究費補助金基盤研究 (A) 課題番号18251009研究成果報告書」(中村慎一編), 金沢大学人文学類フィールド文化学研究室, pp. 145-152.