



6 先史人類学への誘い

東京大学大学院 新領域創成科学研究科
先端生命科学専攻 人類進化システム分野

米田 穰 准教授

人骨やミイラを 化学的に分析 人類の進化の プロセスを探る

このコーナーでは、私たちの社会や生活に身近な研究テーマを分かりやすく紹介する。第一線で活躍なさっている研究者の研究内容を中心に、学問の仕組みや今後の可能性などについて、インタビューする。

人類はどのように進化してきたのか。これは、人間にとって最も興味深いテーマの1つです。そのため人類学や考古学、歴史学などさまざまな学問がその解明に挑んでいます。中でも先史人類学は、文献資料が残っていない時代の人類を対象に、人骨やミイラなどの考古遺物を化学的に分析することで、人類の進化のプロセスを明らかにしようとしています。骨の分析で何が分かるのか、研究の実際を紹介しましょう。

炭素や窒素の同位体分析により 古代人の食生活を復元する

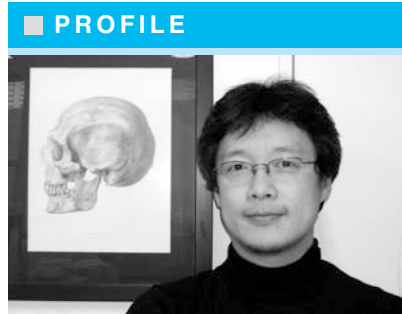
人類学は、人類を総合的に研究する学問で、主に骨の形などヒトの形質に注目して、生物学的な特性から進化のプロセスを明らかにしようとする自然人類学と、言語や社会構造など文化的な側面に注目して進化を考える文化人類学に大きく分かれます。考古学もこの大きな人類学に包含されています。

先史人類学は、文献記録が残っていない時代の人類を対象にした自然人類学の1領域であり、人骨やミイラに残された毛髪や皮膚、臓器などの軟部組織に対して、化学的な分析手法を適用することで、人間の生物学的な特性を解明しようとする学問です。分析手法としては、主に同位体分析を用います。同位体とは、同じ元素でも質量数の異なる原子のことです。自然界に存在する元素には、いくつもの同位体が存在します。例えば炭素Cの場合、98.9%は陽子6個と中性子6個からなる¹²Cですが、中性子が7個の¹³Cが約1%程度、中性子8個の¹⁴Cも

ごく微量に存在しており、自然界にはこの3種類の同位体が存在しています。また窒素Nは99.6%が¹⁴Nですが、中性子が1個多い¹⁵Nも約0.4%存在しています。

炭素や窒素は有機物に最も多く含まれる元素であり、植物や動物の種類によって、それらを構成する炭素や窒素の同位体の比率が異なることがわかっています。人間や動物の体は、基本的には食べたもので作られるため、骨や軟部組織に残されたタンパク質は、食料とした動物の同位体比を反映していると考えられます。つまり、古代人の骨や軟部組織に残されたタンパク質を分析すれば、その食生活をある程度は類推することが可能になるのです。

骨の中にはコラーゲンというタンパク質が存在しています。コラーゲンは構造的に安定しており、長い間土中に埋まっても化学変化を受けにくい性質です。コラーゲンを代謝(*1)するには10年くらいかかりますから、骨から抽出したコラーゲンを分析すれば、死ぬ直前の10年間くらいの食べ物の平均値を得ることができます。また軟部組織は代謝が速いため、例えば肝臓なら数日間の平均値、皮膚なら3カ月くらいの平均値が得られます。髪の毛は1カ月に約1cm伸びるため、1.5~2cm



米田穰 (よねだみのる)
東京大学大学院新領域創成科学研究科先端生命科学専攻人類進化システム分野准教授
1969年生まれ。1992年東京大学理学部生物学科卒。同大学大学院理学系研究科人類学専攻博士課程中退(2002年に理学博士号取得)。1995年国立環境研究所に勤務。2003年より英国オックスフォード大学研究員を務め、2006年より現職。ヒトの進化と適応を生物学的な視点から研究する自然人類学を専門とする。特に、古代人の骨の同位体分析による食性の復元など、化学的な分析手法を通して、人類が環境にどのように適応してきたかを明らかにする研究に精力的に取り組む。



くらいに切って分析することで、季節ごとの食生活の変化が分析可能になります。

先史時代だけでなく、さまざまな時代の実態を調査 化学分析によって見えてくる食生活や社会的習慣

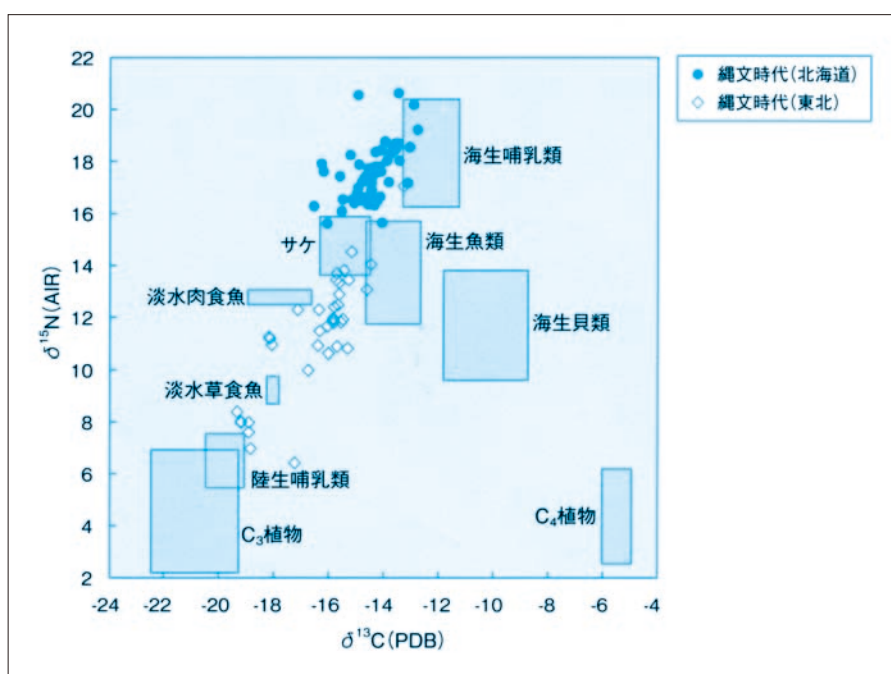
こうした分析によって食生活が復元できると、そこからさまざまな事実が浮かび上がってきます。先史時代以外の研究例も含めて、具体的に見ていきましょう。

(1) 生態系の一部だった縄文人

北海道と東北地方の縄文時代の人骨を調べたところ、興味深い事実が明らかになりました。両地域は津軽海峡を挟んで分断されていますが、それぞれの地域から出土した縄文土器などをみると、両地域に顕著な違いは見出せません。ヒスイや黒曜石など海峡を超えて相互に運び込まれた物品がいくつもあります。これはすでに縄文時代には、人的・物質的な交流がかなりあったことを意味しており、両地域は似たような文化圏として捉えることができそうです。

ところが、両地域の縄文時代の遺跡から発掘された人骨からコラーゲンを抽出し、炭素と窒素の同位体比を比較した結果、明らかに食生活に違いがあることが判明しました<図1>。北海道の縄文人の骨から抽出したコラーゲンには、 ^{15}N や ^{13}C などの質量数の大きい同位体が多く含まれています。これは、オットセイやアシカなど

<図1> 北海道と東北地方における縄文人の骨のコラーゲンに含まれる同位体比 (^{15}N および ^{13}C) の分布



の海生哺乳類を多く摂取していることを意味しています。一方、東北地方では陸上の一般的な C_3 植物(*2)を中心として、状況に応じて水産物を摂取する食生活をしてきたことが分かります。文化的な交流があったにもかかわらず、食生活に顕著な違いがあるという事実から、縄文人は基本的には、生態系の一部として存在していたことが見えてくるのです。

(2) 鎌倉時代は2歳で乳離れ

人類の進化を考える上で離乳は大変重要なトピックスです。人類は、他の哺乳類に比べて授乳期間が極めて短いことで知られています。乳児を長期間抱えていることは移動の際にリスクを伴いますし、授乳期間中は、妊娠しにくいホルモンバランスになっています。そこで人類は授乳期間を短くすることで、人口増加に結びつけていったのではないかとという仮説が提唱されています。その際のポイントが離乳食(*3)です。

離乳期の推定には、窒素の同位体比を用います。胎児のときは、母親の栄養をそのまま受け取りますから、母親と同じ同位体比を示していますが、生まれて母乳を飲むようになると、窒素の同位体比は高くなり、やがて離乳食に切り替わるにつれ、また母親と同じ同位体比に近づいてくるのが分かっています<図2>。子どもの年齢は、歯で細かく分かりますから、骨を分析することで、年齢だけでなく、授乳期かどうかはわかるのです。

実際に鎌倉市の由比ヶ浜から出土する多数の人骨の中から、3歳くらいまでの子どもの骨を約50体分析した結果、鎌倉時代は2歳くらいから離乳が始まっていたことが明らかになってきました。この事実から、当時すでに離乳に関する社会的習慣があったのではないかと推定されます。こうした調査を縄文人や弥生人などの骨に対して行い、離乳の時期が時系列的に分かってくれば、弥生時代以降の人口急増の原因の解明にもつながっていくはずですよ。

(3) 鉛汚染が進んでいた江戸時代

鉛は大量に摂取すると毒性を持ちます。現代人は、大気汚染によ

って鉛の濃度が高いのですが、大気汚染のなかったローマ時代や江戸時代も、鉛汚染が進んでいたことが知られています。ローマ時代は金属製品として鉛がよく使われ、またワインを甘くするシロップにも鉛を使ったことなどが原因だとされています。江戸時代の場合は、白粉に含まれる鉛が、化粧習慣の一般化と合わせて汚染につながったのではないかとされています。

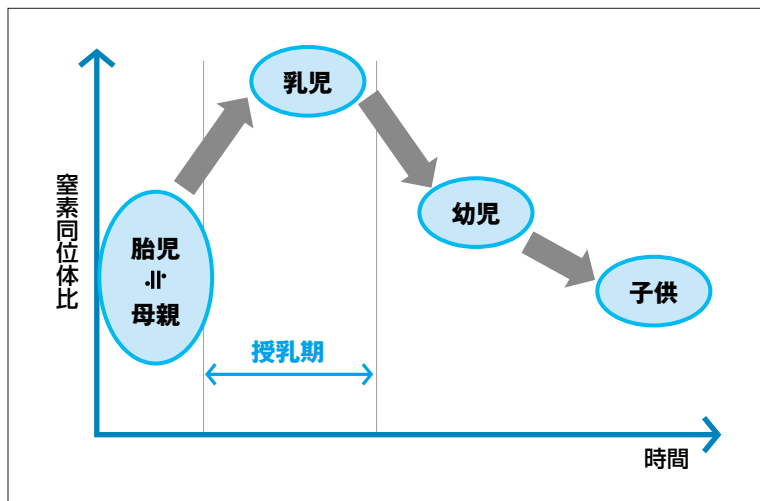
そこで江戸時代の人骨に対して、大名クラス、庶民クラス（都市部および農村部）などに分けて鉛の濃度を分析しました。大名クラスでは女性を中心に白粉の利用が日常的だったことから、経口摂取などによる鉛汚染の程度が高いことが予測でき、調査結果とも一致していました。しかし都市部においては、白粉が普及し始める時期よりかなり前から、庶民の間に鉛汚染が進んでいたことが明らかになりましたが、一方で、農村部ではそれほど汚染されていません。全体的に女性の方が鉛濃度が高いことから、白粉の影響は無視できませんが、都市部に関しては複合的な汚染が進んでいた可能性も考えられるため、現在さらに詳細な調査を続け、実態解明を目指しています。

分析技術の開発を進めながら 新たな人類の進化モデルの確立を目指す

このように、骨などを対象とした同位体分析などの化学分析は、人類の進化を考える上で貴重となる事実を提供してくれます。特に窒素や炭素の同位体分析は、技術の進歩で分析速度が向上したため、多くの研究者がその手法を利用できるようになりました。ただし、人骨やミイラなどの考古資料には限りがあり、簡単に調査や実験ができるわけではありません。化学分析を行うことで貴重な文化遺産を、たとえ一部分でも破壊するわけですから、それに見合うだけの研究成果が期待されます。

つまり、人類の進化に関する豊かな情報をより多く提供できる分析技術の開発は、先史人類学において大きな研究テーマになり得るのです。私の研究室でも、硫黄Sの同位体を測定する技術を使った分析手法の開発に取り組んでいるほか、コラーゲンに含まれるアミノ酸に注目し、各アミノ酸を構成する同位体を分析する手法の開発にも着手しています。アミノ酸レベルで解析ができれば、代謝の状況や栄養状態などを詳しく分析することが可能になります。

<図2> 授乳と窒素同位体比の関係



先史人類学は化学的な分析を武器とし、分析データを提供することで、さまざまな仮説を検証することができます。そして考古学や歴史学などの膨大な知見と融合することで、より多くの事実を説明可能にし、より強力な進化モデルを打ち出すことに貢献できます。これまでは、西アジアとヨーロッパの研究をベースとして、人類の進化モデルが作られてきました。例えば、最後の氷河期が終わり、大量の植物が手に入るようになって人類は定住を始め、それに続くヤングドライヤス^(※4)によって、農耕を始めたという進化モデルが提唱されています。しかし、縄文人が農耕を始めるのは、それよりずっと後で、このモデルには適合しません。日本の縄文人や弥生人をより詳細に調べることで、従来の人類進化モデルとは異なる新たなモデルを提供できる可能性もあるのです。

 (※1) 代謝…体内で食べ物などが化学的な物質に変換され、古い物質と入れ替わること。

(※2) C₃植物…光合成を行うときの化学反応の違いから、重い炭素同位体 (¹³C) の比率が小さい植物。食用の植物としてはコメやムギ、クリ、ドングリなどがC₃植物に分類される。一方、¹³Cの比率が高い種類はC₄植物と呼ばれ、トウモロコシ、ヒエ、アワ、サトウキビなどが含まれる。

(※3) 離乳食…「飲む」から「食べる」へと、エネルギー摂取の方法を変換する過程で与えられる食べ物。人類を除く哺乳類は、授乳期間が終わると、大人と同じ食べ物を摂取ようになるため、基本的に離乳食はない。ちなみに人は、生後約10数年間も親に食料を与えてもらい、栄養学的な独立が遅いという顕著な特色もある。

(※4) ヤングドライヤス…氷河期が終わり、地球が温暖化に向かっているときに、突然地球上の気温が低下した約1万3000年前の寒冷化現象。温暖化で溶けた大陸の氷が海に流れ込み、海水の濃度が急に下がったため、地球上の海水循環が止まったことが原因と考えられている。