



## 新石器時代の西アジアで始まった家畜飼育の方法を 歯の同位体分析により解明

国立大学法人東海国立大学機構 名古屋大学大学院環境学研究科の廣瀬 允人 大学院生、名古屋大学博物館の内藤 裕一 研究員、門脇 誠二 講師は、東京大学の西秋 良宏 教授が主導する研究プロジェクトの一環として、総合研究大学院大学の新井 才二 研究員およびアゼルバイジャン共和国科学アカデミーの Farhad Guliyev (ファルハド・キリエフ) 博士とも協働し、西アジアにおける初期家畜の飼育方法を、家畜の歯の安定同位体分析によって解析することに成功しました。

この研究では、世界最古の農業起源地である「肥沃な三日月地帯」<sup>注1</sup>の北方に位置するコーカサス地方<sup>注2</sup>において、新石器時代初期（7500～8000 年前）の遺跡から発掘された家畜の歯が分析されました。歯のエナメル質には、動物が摂取した水分や食物の安定同位体比の季節変化が記録されています。そこで、研究チームはエナメル質の成長方向に沿って炭素と酸素の同位体比を連続的に測定することで、動物が摂取した飲み水や食物の季節変化を解析しました。その結果、複数の季節変動パターンがみられ、多様な牧畜の手法があったことが分かりました。例えば、夏に高原の牧草地へ移動した「移牧」の可能性のある個体や、飼い主が用意した餌で一定期間飼育された可能性のある個体が見られました。この結果は、完新世<sup>注3</sup>になって人類社会に農業が普及したプロセスの最初期の様相を具体的に示し、農業普及プロセスの解明に貢献すると期待されます。

この研究成果は、2021 年 3 月 11 日に Elsevier 社の科学誌 Journal of Archaeological Science: Reports において、オンラインで先行発表されました。この研究は、文部科学省科学研究費補助金や高梨学術奨励基金などの助成を受けて行われました。

### 【ポイントと意義】

- ・ 新石器時代の西アジアにおいて始まったとされる家畜飼育の初期段階において、季節的な移牧や冬期の餌やりといった飼育方法が行われていたことを示す希少な証拠を提示した。
- ・ 西アジア北部のコーカサス地方（図 1）における最古の農村遺跡を発掘調査し、そこから得られた家畜の歯の安定同位体分析を行い、家畜の飲み水や食物の季節的変化を示した。
- ・ この結果は、肥沃な三日月地帯において、約 1 万年前に始まった家畜の飼育が世界中に普及したプロセスの最初期の様相を示す貴重な事例であり、農業普及プロセスの解明という人類史上の大きな研究テーマに貢献すると期待される。

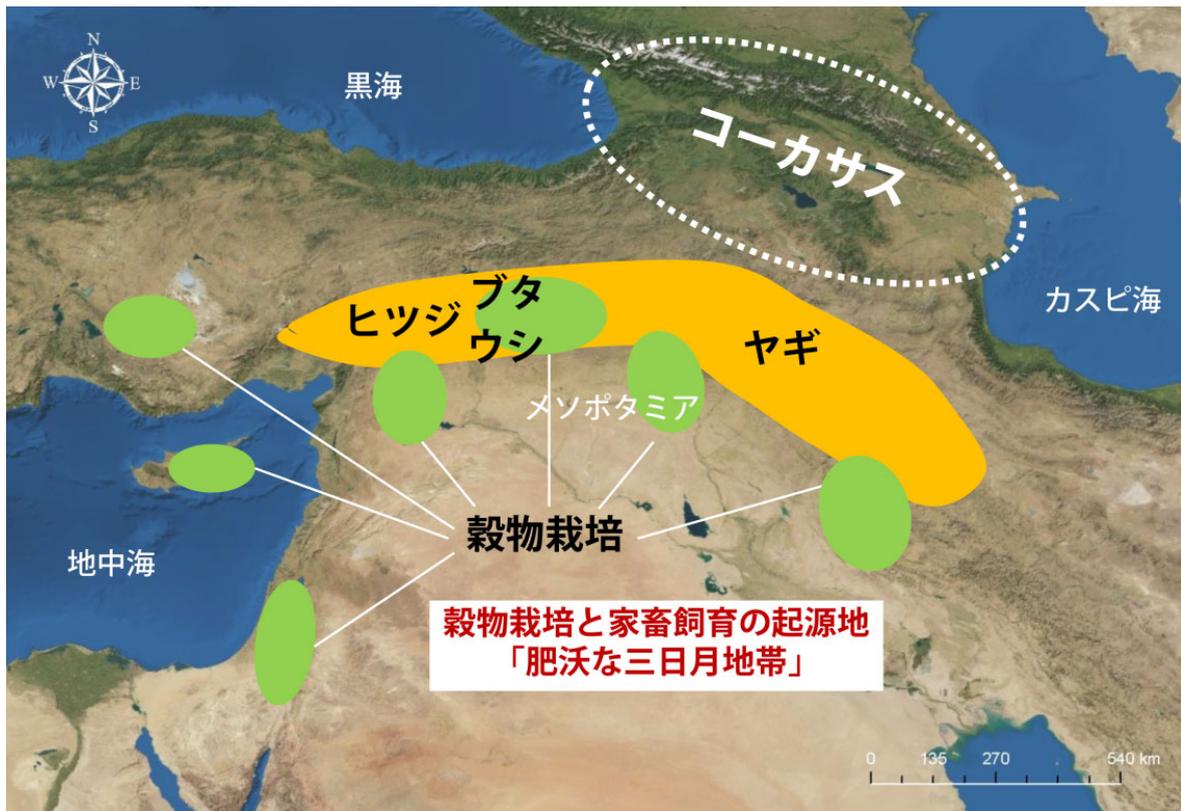


図 1 西アジアにおける穀物栽培と家畜飼育の起源地（肥沃な三日月地帯）の北方に位置するコーカサス地方最古の農村遺跡を調査し、初期家畜の歯のサンプルを採取して分析した。

### 【研究背景】

700 万年におよぶ人類史のほとんどにおいて、人類は野性の動植物を食料としてきました（狩猟採集経済）。しかしながら、地球の気候が現在の温暖期に入った約 1 万年前以降（完新世）、動物の飼育や植物の栽培が発達し、農作物を食料とする生活様式（農耕牧畜経済）が広く普及し現在に至ります。世界でも最古級の農耕牧畜経済が発達した地域が、西アジアの「肥沃な三日月地帯」です。そこで始まったムギ・マメ類の栽培やヤギ・ヒツジ・ウシ・ブタの家畜が世界各地に普及していったことが、これまでの研究で分かっています。しかし、こうした農業の世界的普及がいつ、どのように進化したのか、という具体的プロセスについては未解明な部分が多く残されています。

## 【研究の内容】

農業の普及プロセスを解明する方法として、今回の研究は家畜の飼い方に着目しました。南コーカサスにおける農耕村落の出現は 8000 年前頃で、隣接する「肥沃な三日月地帯」よりも約 2000 年～3000 年遅れました。この時間差の経緯や理由について調べることが、農耕牧畜の普及プロセスを解明する手掛りになると研究チームは考えました。コーカサスは肥沃な三日月地帯よりも北方に位置し、寒冷で山地が多いのが特徴です。こうした気候や地形といった環境の違いは農業普及の障壁になったかもしれません。そして、環境の違いに応じた農業の改変により普及が進行したのかもしれません。

この研究は、コーカサスで農耕牧畜が始まった当初、どのように家畜が飼育されていたかという点を明らかにすることを目的にしました。具体的には、集落周辺で放牧するだけだったのか、それとも飼い主が餌を用意したり季節的に遠くの牧草地を利用したりすること（移牧）があったのか、などです（図 2）。しかし、そのような季節的な情報は遺跡には残りにくく、出土した遺物を観察するだけでは限界があります。

そこで研究チームは、遺跡から出土した家畜の歯のエナメル質を、形成された順に削り取り、炭素や酸素などの安定同位体比を分析することで季節的な変動パターンを読み取る手法を利用しました。この手法により、一頭体ごとの季節的な行動変化を推測することができます。分析試料を得るために、南コーカサス最古の農村遺跡であるギョイテペ遺跡（Göytepe）（7500 年前頃）（図 3）とハッジエラムハンルテペ遺跡（Hacı Elamxanlı Tepe）（8000 年前頃）を発掘調査し、ヤギ（*Capra hircus*）、ヒツジ（*Ovis aries*）、ウシ（*Bos taurus*）の歯を採取しました。「テペ」とは西アジアで多くみられる「遺跡の丘」を意味します。泥レンガ住居などが建てられた集落が、廃棄と再建を繰り返すことで人為的に形成された丘が遺跡として残ったものです。この二つの遺跡は南コーカサスで最初に農耕牧畜を始めたシヨムテペ・シュラベリ文化（Shomutepe-Shulaveri culture）に属しています。世界最古のワイン醸造の痕跡がこの文化の遺跡から見つかったことでも知られています。



図 2 現在の南コーカサス地方での家畜ヒツジの放牧の様子



図3 コーカサス地方における最古級（7500年前）の農耕集落ギョイテペ遺跡での発掘調査風景

今回の研究で用いた方法（歯のエナメル質の連続安定同位体分析）は、比較的新しい手法です。歯のエナメル質は歯冠側から歯根側に向かって形成され、再形成されません。そのため、家畜が摂取した水分や食物の安定同位体比を反映した季節変動が記録されます。水分が蒸発する際、軽い酸素同位体をもつ分子の方が系外に出やすいため、夏などの気温が高い乾燥期には水の酸素同位体比の値が変化します。また、乾燥化等の変化によって植物の炭素同位体比の値が変動すると、それを摂取する動物体内の炭素同位体比の値も変化します。これらの原理から、一年中同じ場所（例えば低地）で放牧された家畜と、季節的に異なる場所（例えば低地と高地）を移動した家畜では、同位体変動パターンが異なることになります。具体的には、冬季に低地で過ごし夏季に高地へ移動した家畜は、高地は湿潤で気温が低いため、炭素と酸素の安定同位体比の変動幅が小さくなることが理論的に予想されます。

分析の結果、ギョイテペ遺跡とハッジエラムハンルテペ遺跡から出土した新石器時代のヤギ、ヒツジ、ウシからは、多様な安定同位体比の季節的な変動パターンが得られました（図4）。理論上、酸素同位体比が高くなっている部分は夏の変動、低くなっている部分が冬の変動と考えられます。炭素と酸素の同位体比が同調し、その変動幅が大きい個体は、遺跡周辺の低地のみで放牧されていたものと推測されます。それに対し、両同位体比の変動幅が小さいヤギも見られました。変動幅が小さくなる要因は複数考えられますが、主な要因として夏季に高地へ移動していた可能性があります。季節ごとに山を登り下りすることは労力を費やしますが、夏に高原の牧草地を利用する「移牧」は低地の牧草地の負担を軽減しつつ、家畜に新鮮な牧草を与えられる点で合理的な飼育技術とされています。

また、ウシの複数の個体では、酸素同位体比が高くなる夏季に炭素同位体比が減少する逆転変動パターンも見られました。このような変動の要因も複数考えられますが、夏季に高地へ移動す

ることもその可能性の一つです。加えて、炭素同位体比がある程度の期間ほとんど変化しない家畜も数個体みられました。この要因としては、飼育者が人為的に貯蔵した干草を家畜に与え続けたことが可能性の一つとして考えられます。

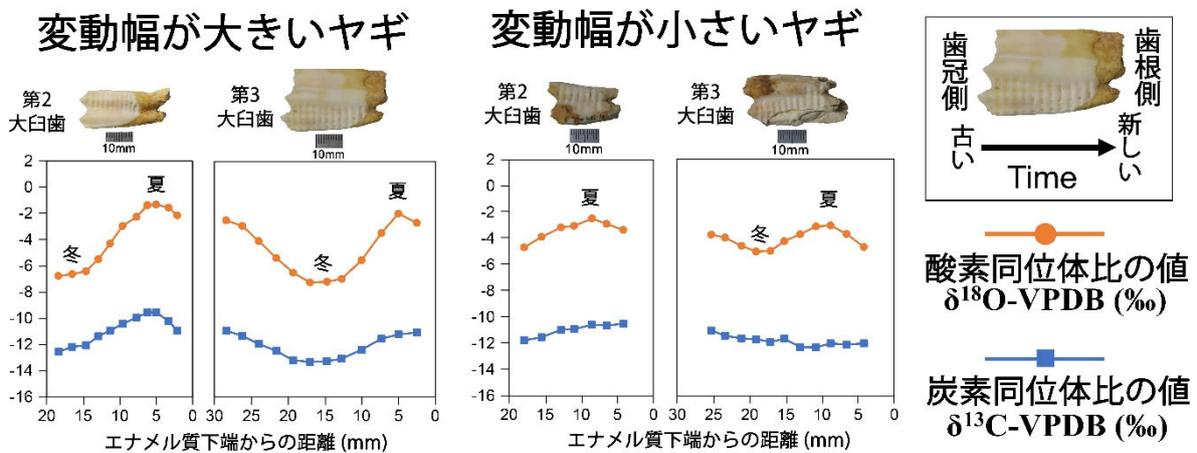


図4 コーカサス地方最古級の農耕集落であるギョイトペ遺跡から発掘された家畜ヤギの顎の歯とエナメル質の連続安定同位体分析によって得られた季節変動パターン。歯の表面の溝の連続は、エナメル質を削り出したサンプリング痕。

### 【成果の意義】

これらの結果から、コーカサスの初期の農牧社会では、山地を利用した季節的移牧が家畜の一部に対して行われていた可能性が明らかになりました。また、山地へ放牧されない家畜に対しては、餌を与えて家畜の食料を補っていた可能性も示唆されました。このように、コーカサスで牧畜が採用され始めた当初から複数の牧畜技術が応用されていたと考えられます。複数の飼育方法を採用することにより、それぞれのリスクを互いに軽減していたと考えられます。移牧や飼料の利用は、コーカサスに牧畜が伝わった8000年前頃には、肥沃な三日月地帯でも行われていたとする研究があります。このような牧畜技術の応用が、コーカサスへの家畜飼育の普及において一役を担っていたと考えられます。

また、ウシについては、荷運びを行なう労力としても利用された可能性があります。コーカサス地方の初期農村では黒曜石製の石器が多く見つっていますが、遺跡周辺では産出しない石材であるため、数百km離れたアルメニアの山地から石材を大量に運ぶ必要がありました。今回の研究では、ウシが山地に移動していた可能性が示されたので、山地から平野に移動する際には、ウシに黒曜石を運搬させたとしても不思議ではありません。このように、コーカサスの新石器時代の社会が日常の道具素材をどのように得ていたのかを考える上でも重要であると言えます。

ギョイトペ遺跡とハッジエラムハンルテペ遺跡が位置するアゼルバイジャンと、黒曜石の産出地があるアルメニアの間には、現代では国境があり、両国間では、2020年に係争地を巡る紛争が起こりました。しかし、両地域を往来したり、両地域の集団が交流したりすることで営まれていた社会が過去にはあったということが、今回の研究成果からも示唆されます。

## 【用語説明】

### 注1 肥沃な三日月地帯

西アジアにおいて農業や文明が発達した中心域。農業の先進地帯という意味では、地中海東岸域からチグリス・ユーフラテス河の中上流域およびタウロス・ザグロス山脈が相当する（図1参照）。

### 注2 コーカサス地方

西アジアの北端に位置し、黒海とカスピ海のあいだのコーカサス山脈とその周辺地域を指す。今回の研究は特に、アゼルバイジャン共和国とジョージア（旧グルジア）、アルメニア共和国が位置する南コーカサス地方を指す（図1参照）。

### 注3 完新世

地質時代の年代区分の一つで、約 11,700 年前から現在までの期間

## 【論文情報】

掲載雑誌：Journal of Archaeological Science: Reports (Elsevier)

URL：<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352409X2100081X>

論文名：Investigating early husbandry strategies in the southern Caucasus: intra-tooth sequential carbon and oxygen isotope analysis of Neolithic goats, sheep, and cattle from Göytepe and Hacı Elamxanlı Tepe

著者：Masato Hirose, Yuichi I. Naito, Seiji Kadowaki, Saiji Arai, Farhad Guliyev, Yoshihiro Nishiaki  
廣瀬允人（名古屋大学大学院環境学研究科）・内藤裕一（名古屋大学博物館）・門脇誠二（名古屋大学博物館・大学院環境学研究科）・新井才二（総合研究大学院大学）・Farhad Guliyev（アゼルバイジャン共和国科学アカデミー）・西秋良宏（東京大学総合研究博物館）

公開日：2021年3月11日

DOI：10.1016/j.jasrep.2021.102869

この研究は、平成 24～28 年度文部科学省科学研究費補助金（基盤研究 A）「西アジア型初期食料生産経済の北方への波及プロセス」（代表：西秋良宏）、平成 29～31 年度文部科学省科学研究費補助金（基盤研究 B）「コーカサス地方における初期家畜の由来と飼育行動を探る考古科学研究」（代表：門脇誠二）、平成 26 年度三菱財団人文科学研究助成「世界最古の農業伝播プロセスの考古学研究：南コーカサス新石器時代の穀物管理技術と古代ヤギ DNA」（代表：門脇誠二）、平成 26 年度伊藤忠兵衛基金学術研究助成「南コーカサス地方への農業伝播プロセス：新石器時代の穀物管理技術と古代ヤギ DNA に関する研究」（代表：門脇誠二）、令和 2 年度高梨学術奨励基金「エナメル質連続サンプリング同位体分析を用いた新石器時代初期の南コーカサスにおける家畜飼養戦略の研究」（代表：廣瀬允人）などの支援を受けて行われました。