

古代家畜ヤギの DNA 系統を解析 8 千年前頃に肥沃な三日月地帯から家畜ヤギが拡散した証拠を示す

名古屋大学博物館・大学院環境学研究科の門脇 誠二(かどわき せいじ)講師と同研究科の大西 敬子(おおにし けいこ)大学院生(当時)は、東京大学の西秋 良宏(にしあき よしひろ)教授と新井 才二(あらい さいじ)大学院生およびアゼルバイジャン共和国科学アカデミーの Farhad Guliyev 博士との共同研究において、7500～8000 年前の家畜ヤギの DNA を抽出・増幅し、その系統を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」^{註1}の北方に位置するコーカサス地方^{註2}において、古代農村の遺跡(7500～8000 年前)を発掘調査し、当時の家畜ヤギの骨を採取しました。そして、この骨からミトコンドリア DNA を抽出・増幅し、現生ヤギの参照 DNA を用いて系統解析を行いました。その結果、コーカサス地方の古代家畜ヤギは、在地の野生ヤギの系統と大きく異なり、肥沃な三日月地帯内の北東部(トルコ東部～イラン北西部)の野生ヤギと同じ系統に含まれることが分かりました。肥沃な三日月地帯は、家畜の飼育や穀物の栽培がコーカサス地方よりも早く(約 1 万年前以降に)発達した地域です。この起源地からコーカサス地方へ、8 千年前の古代に家畜ヤギが移送されていた証拠が得られたこととなります。この結果は、完新世^{註3}になって人類社会に農業が広く普及したプロセスの最初期の様相を示す具体例であり、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、平成 28 年 5 月 31 日に John Wiley and Sons 社の科学誌 *International Journal of Osteoarchaeology* 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、三菱財団、伊藤忠兵衛基金などの助成を受けて行われました。

【ポイントと意義】

- ・ 8 千年前にさかのぼる古代ヤギの DNA データの取得に成功した事例は、希少である。
- ・ コーカサス地方(図 1)には、家畜ヤギの祖先種とされる野性ヤギ(パサン)が分布するにも関わらず、これを家畜化するのではなく、肥沃な三日月地帯において既に家畜化されていたヤギが 8 千年前頃に持ち込まれた、という意外ながらも、人類活動の歴史性を示す興味深い結果が得られた。
- ・ この結果は、肥沃な三日月地帯において、約 1 万年前に始まったヤギ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。

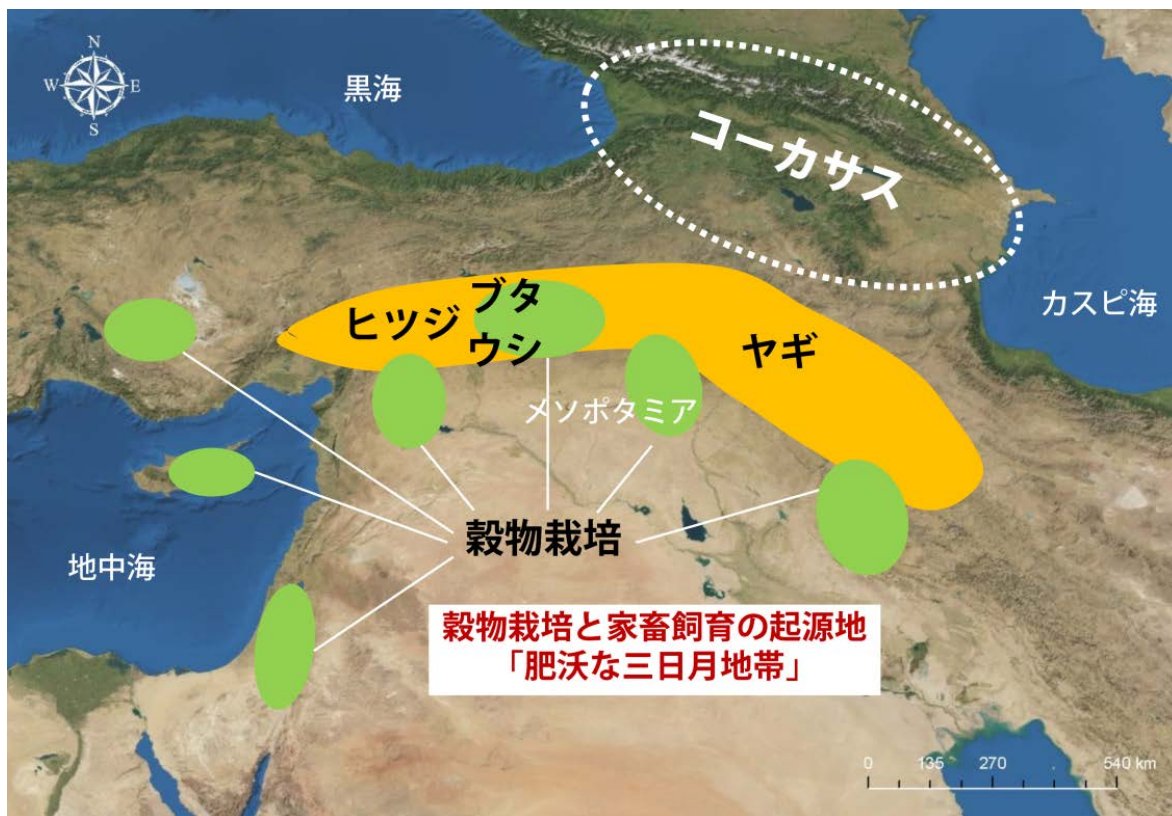


図1 西アジアにおける穀物栽培と家畜飼育の起源地（肥沃な三日月地帯）の北方にコーカサス地方が位置する。

【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、いわゆる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」であり、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、どのように進行したのか、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、今回の研究は家畜ヤギ(*Capra hircus*)に着目しました。現在、ヤギは世界各地で飼育されている家畜の 1 つで、多様な品種が存在しますが、その祖先種は西アジアに生息する野性ヤギの 1 種、パサン(*Capra aegagrus*)に限られることが通説になっています。したがって、パサンヤギがそもそも分布しない地域（日本やヨーロッパなど）におけるヤギの飼育は、家畜ヤギが持ち込まれることによって始まったことが明らかです（外来起源）。しかしながら、ヤギの飼育が西

アジア付近で普及し始めた最初期の状況を明らかにするには、家畜ヤギの起源地に近い地域(パサンヤギの分布域)を調べる必要があります。

今回の研究対象であるコーカサス地方は西アジアの北端に位置し、パサンヤギが分布しております(図1)。コーカサス地方におけるヤギの飼育は、在地の野性ヤギ(パサン)が家畜化されたことに起源する可能性も考えられるため、コーカサスにおける家畜ヤギの起源が在地なのか外来なのかを区別するために、ミトコンドリアDNAの系統解析が有効な方法となります。家畜ヤギには、主要な6系統(A, B, C, D, F, G)が存在することが知られており、その系統は、祖先種のパサンヤギにも同様に認められます。この系統が分岐した年代は、ヤギの家畜化よりもずっと古いことが分かっています。つまり、家畜ヤギの主要系統は家畜化の後に生じたのではなく、パサンヤギの集団内に元々あった系統が引き継いだものであり、例えば、A系統の家畜ヤギはA系統のパサンが家畜化されて生じた、ということになります。



図2 コーカサス地方の古代農村遺跡ギョイテペでの発掘調査風景

現在、南コーカサスで飼育されているヤギの内、5個体のミトコンドリアDNA系統が先行研究によって調べられ、その内4個体がA系統に属することが分かっています(1個体はB系統)。今回の研究では、アゼルバイジャンで現在飼育されている家畜ヤギの内、5個体のDNAを分析したところ、そのすべてがA系統に属することが分かりました。それでは、南コーカサス最古の家畜ヤギの系統はどうでしょうか？

この問題を調べるために、当地最古の農耕村落遺跡であるギョイテペとハッジ・エラムハンル・テペ(7500～8000年前)において発掘を行い、家畜ヤギの骨を採取しました(図2)。その骨から試料を採取し(図3)、5個体からDNAの抽出と増幅に成功し、その塩基配列を調べたところ、2種類の遺伝子型(ハプロタイプ)が検出されました。そして、これらの遺伝子型を、現在の家畜ヤギや野性ヤギ、および他の古代家畜ヤギのDNAデータと比較した結果、2種類ともA系統に属することが分かりました(図4)。ギョイテペとハッジ・エラムハンルは7500～8000年前の遺跡ですが、ジョージア(旧グルジア)の紀元前700～

1400年の遺跡で見つかったヤギにもA系統のみが検出されています。



図3 コーカサス地方最古の農村遺跡から発掘された家畜ヤギの骨からミトコンドリア DNA を抽出・増幅した。写真は、ヤギの下顎骨からドリルで試料を採取する様子。

これに対し、南コーカサスに現在生息する野性ヤギ(パサン)の内、ミトコンドリアDNAが分析された6個体は、A系統でもB系統でもありませんでした。先行研究では、1個体はF系統に属しましたが、残りは主要系統のどれにも属さないマイナーな系統であることが示されました。そして今回の研究によって、これら南コーカサスのパサンは、ギョイテペやハッジ・エラムハンルの初期家畜ヤギ(A系統)からも明確に区別されることが確認されました(図4)。A系統の家畜ヤギはA系統のパサンから派生したはずなので、A系統のパサンが南コーカサスに認められないことは、当地の家畜ヤギが外来起源であることが示唆されます。

それでは、コーカサス地方のA系統ヤギはどこから来たのでしょうか？その起源地をさぐる上で、A系統のパサンが現在、トルコ東部からイラン北西部(肥沃な三日月地帯の東北部)のみに分布していることが注目になります。なぜなら、この地域では、ヤギの家畜化が最も古く進行した動物考古学的記録が報告されているからです。このことから、トルコ東部～イラン北西部においてA系統のパサンが家畜化され、その家畜ヤギの一部が南コーカサスなどの周辺地域へ持ち出されたというシナリオが想定されます。

このシナリオは、他の考古記録とも矛盾しません。例えば、コーカサスの初期農村において主要な栽培穀物であったエンマーコムギの祖先種も、肥沃な三日月地帯に由来する可能性があります。また当時、肥沃な三日月地帯の北部とコーカサス地方の間には、彩文土器の一部や台形石器(石鏃の一種)、「雪だるま」式建築様式などの特徴的な物質文化において共通する要素が認められます。こうした文化要素の類似性を生じさせる要因として、両地域間の社会交流があったと考えられます。

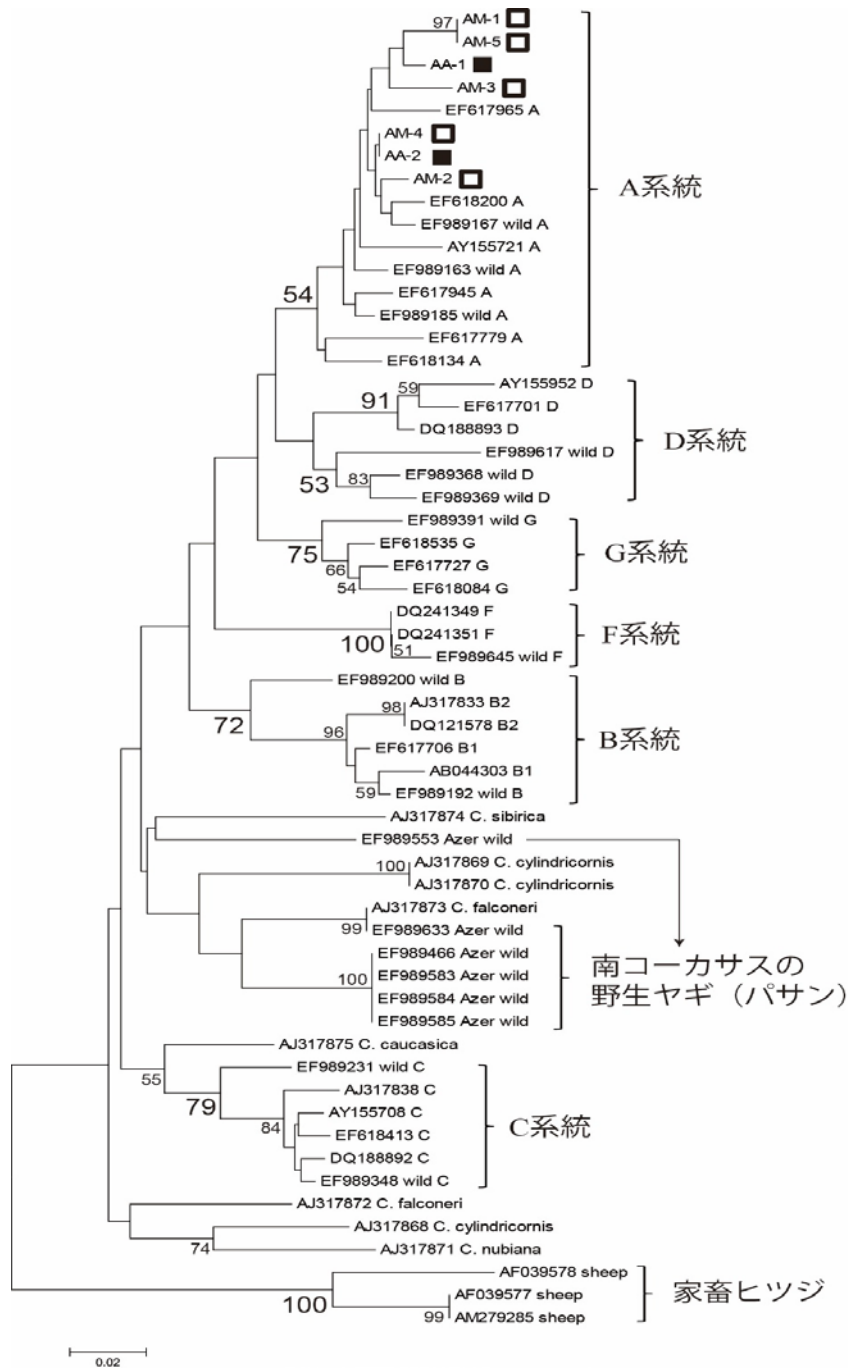


図4 アゼルバイジャンの家畜ヤギの遺伝系統を示す樹上図。7500~8000年前(■)も現代(□)も家畜ヤギはA系統に含まれる(比較として様々な系統の家畜ヤギと野生ヤギ、および家畜ヒツジが含まれる)。家畜ヤギの祖先はパサン(野生ヤギの一種)であるが、南コーカサスのパサンはA系統から明確に区別される。

【用語説明】

註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)。

註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)。

註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: International Journal of Osteoarchaeology (John Wiley and Sons)

URL: <http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1002/%28ISSN%291099-1212/earlyview>

論文名: Mitochondrial DNA Analysis of Ancient Domestic Goats in the Southern Caucasus: A Preliminary Result from Neolithic Settlements at Göytepe and Hacı Elamxanlı Tepe

著者: Seiji Kadowaki, Keiko Ohnishi, Saiji Arai, Farhad Guliyev, Yoshihiro Nishiaki

門脇誠二(名古屋大学博物館・大学院環境学研究科)・大西敬子(名古屋大学大学院環境学研究科)・新井才二(東京大学大学院人文社会研究科)・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: 2016年5月31日

DOI: 10.1002/oa.2534

【研究展示】

この研究の成果は、下記の博物館展示で一般公開されています。

国際共同展示「Qafqaz Neoliti(カフカズ ネオリティ) — 東京大学アゼルバイジャン新石器時代遺跡調査 2008–2015」

会場: 東京大学総合研究博物館「知の回廊」第三室

会期: 2016年5月14日～開催中

休館日や開館時間などの詳細は、下記のホームページをご覧ください。

URL: <http://www.um.u-tokyo.ac.jp/exhibition/2016azerbaijan.html>

【謝辞】

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 26～28 年度文部科学省科学研究費補助金(若手研究B)「西アジア北端の農耕起源をさぐる: 穀物加工と貯蔵の考古資料の通時的分析」(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)などの支援を受けて行われました。

ヤギ試料の年代測定では名古屋大学宇宙環境研究所・大学院環境学研究科の中村俊夫教授(当時)、古代 DNA 分析の手法では岐阜大学応用生物科学部の石黒直隆教授および山梨大学大学院医学工学総合研究部の高橋遼平助教からご協力・ご助言をいただきました。記して感謝申し上げます。