

下総国府域出土馬の履歴をさぐる

— 北下遺跡出土馬の炭素・酸素同位体比分析による検討 —

植月 学^{*1}・覚張隆史^{*2}・金井拓人^{*1}・小林信一

^{*1}帝京大学文化財研究所、^{*2}金沢大学

1 はじめに

千葉県市川市北下遺跡は下総国分寺・国分尼寺が位置する国分台の台地東側斜面から国分谷を流れる国分川の川辺にかけて形成された遺跡である。古代の旧河道から人面墨書土器、斎串、人形などの形代類が出土しており、「川辺の祓所」(西野2013)との位置付けがなされている。旧河道からはウマを主体とする動物遺体も出土した。これら動物遺体については、すでに北下遺跡(14)の報告書で、同定結果を報告している(植月2017a)。ウマは個体数にして8~12個体程度が出土している。年代は共伴遺物より奈良~平安時代とされる。個体数や出土状況、遺跡の性格から古代の馬利用を復元する上で重要な事例であり、その食性や育成地の変化などの履歴を把握することは大きな意義があると考えられた。

そこで、本研究では、北下遺跡出土馬の特徴とその利用法を把握することを目的とした。具体的には、歯エナメル質の炭素・酸素同位体分析によって、形成時期(月齢)によるC3植物・C4植物摂取割合の変化や飼育環境の変化時期、さらに他遺跡との比較からその特徴の把握を試みた。

2 遺跡の概要

北下遺跡は市川市国分寺一丁目ほかに所在する遺跡である。発掘調査は東京外かく環状道路建設に伴って、2002年度~2021年度にかけて、(公財)千葉県教育振興財団によって断続的に調査が行われ、報告書は概報1冊(栗田2007)と本報告3冊(今泉ほか2011、今泉・大久保2014、小林・大久保2017)を刊行している。

台地斜面部には下総国分寺創建期の瓦窯2基があり、斜面裾部からは梵鐘等の青銅製品を製作する鑄造施設及び関連遺構を検出した。

低地部分の発掘調査では、川辺で道や溝を、河岸において段整形護岸遺構や階段などを検出した。さらに旧河道内には湧水点に至るまで掘り込まれた土坑群があり、護岸構造を備えたものや、土器が集積された土

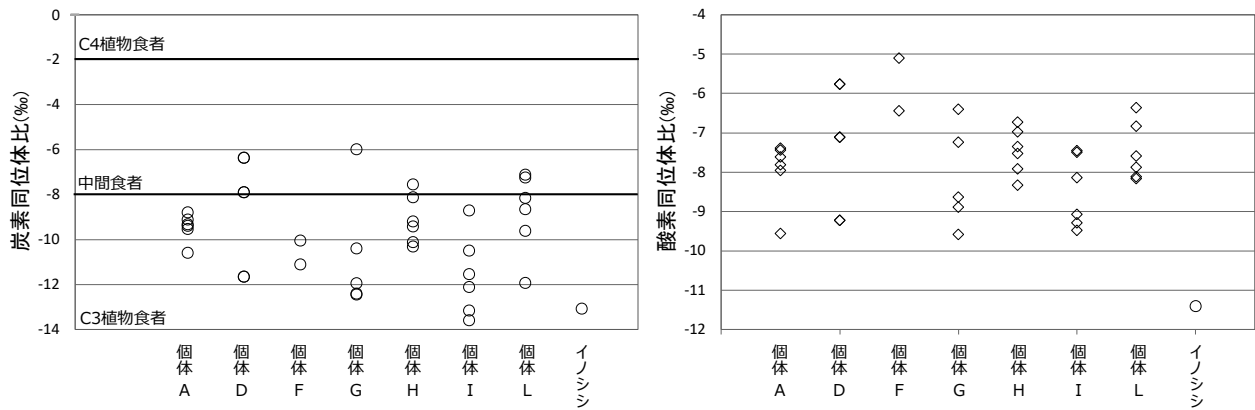
坑もあった。蛇行する旧河道内からは、土器や瓦、木製品等、奈良・平安時代を主体とする遺物が数多く出土した。

このように多くの様相を有する遺跡であるが、低地部、とくにウマの歯が多く出土した旧河道の状況をみると、完形若しくは完形に近い土師器杯の出土が顕著であり、多くの出土文字資料、木製祭祀具(斎串、人形・刀形・槍形・鳥形などの形代)のほか、人面等墨書土器(26点出土)、供物の可能性を考慮することができる桃核などの種実が出土した。

この中の出土文字資料でとりわけ注目されるのは、旧河道の堆積土中にあった「神門朝臣 奉」の刻字を有する白木弓である。これについては、『日本三代実録』貞観二年(860)二月十四日条に下総介として名がみえる「神門臣氏成」との関わりが考えられ、「下総介神門(朝)臣」が国府内で挙行された祭祀に際して自らの名を刻した白木弓を奉った可能性も指摘されている(平川2014)。また、「□(守カ)坏」「國」「□厨□」「浮嶋郷長」といった律令国家の地方組織に関わる墨書土器、「葛」「香取・小川」「結郡」「軽部」等、古代下総国内の広域に点在する郡郷地名およびその略記と認識される墨書をもつ土器もみられ、注目される¹⁾。

ウマの歯が多く出土した旧河道を中心とする箇所については、下総国府域の境界にあたる川辺において、官人により執り行われた儀式・行事の場として、8世紀後葉頃から10世紀頃まで、長期にわたり維持管理された区域であったと捉えることができる。

なお、墨書土器に記された内容が時期により変化しているため、この場で執り行われた儀式や行事の内容にも変容があった可能性も考えられる。また、仏像と仏面を墨で描いた土師器杯や「卍」の墨書土器、金光明天王護国之寺の一字とみられる「金」と墨書されたものが出土しており、近隣にある国分寺・国分尼寺との関連が考えられる。これら仏教に関わる表現が付加された出土遺物の存在も、儀式・行事に多様性があったことを示唆していると理解できる。



第1図 北下遺跡個体別炭素・酸素同位体比

3 試料と方法

北下遺跡出土馬の給餌形態を復元するために、7個体の臼歯20点から計36点の試料を採取した。また、可能な場合には各臼歯より歯冠、中間、歯根部の3箇所から採取した。約5mm角程度の各サンプリング地点の中心から歯根(叉部)までの長さを計測し、Hoppe et al. (2004)により各地点のエナメル質形成時期(月齢)を求めた。また、在地動物の指標としてイノシシ臼歯1点からも試料を採取した(第1表)。

炭酸塩の炭素・酸素同位体比は総合地球環境学研究所のガスベンチIRMS(Thermo Fisher Scientific)を使用して計測した。ガスベンチIRMSで測定した炭素・酸素同位体比は、標準物質であるJLs-1、NBS19、NBS18およびTEを用いて補正した。本試料の測定における炭素・酸素同位体比の測定精度は炭素同位体比で±0.1‰、酸素同位体比で±0.2‰であった。なお、紙数の都合上、分析方法の詳細については覚張(2015)、山崎ほか(2016)を参照されたい。

4 分析結果

(1) 炭素同位体比(δ¹³C)

歯エナメル質の炭素同位体比測定の結果、各個体の炭素同位体比は-6.0~-13.6までの幅広い値を示した(第1図、第1表)。ブラウザー型のイノシシは炭素同位体比が-13‰以下と低く、C3植物にほぼ完全に依存していることがわかる。一方で、グレイザー型のウマは個体Iを除けば炭素同位体比が-12‰よりも高いことから、イノシシと比べて一定量のC4植物摂取が認められる。

Cerling & Harris(1999)ではC3植物食者(-8‰以下)、C3・C4中間食者(-8‰~-2‰)、C4植物食者(-2‰以上)に分類している。その基準に従った場合、本遺

跡では7個体中3個体はおおむねC3植物食者の範囲に収まった(第1図)。一方、個体D、G、H、Lでは一部試料で中間食者に分類される値が見られた。C4植物には雑穀が含まれることから、これら個体には雑穀の種実ないし干し草が与えられていた可能性がある。

(2) 酸素同位体比(δ¹⁸O)

歯エナメル質の酸素同位体比測定の結果、各個体の酸素同位体比は-5.1~-9.6までの幅広い値を示した(第1表)。酸素同位体比は産地範囲の指標として利用可能であり、同所的に生息する哺乳動物であれば約2‰の範囲を示すことが知られている。北下遺跡では最大で4.5‰の開きがあり、多様な来歴を持った個体群であることが示唆される。1試料のみで確実性を欠くが、在地動物の可能性のあるイノシシとの差も大きかった。

(3) 炭素・酸素同位体比の経年変動

本分析で採取した歯エナメル質の採取箇所から、形成時期(月齢)を推定し、形成時期と炭素同位体比の変動を可視化することを試みた。歯エナメル質の各採取箇所から求めた推定形成時期(Te)は下記の式で求めた(覚張2015)。

$$Te = T_{min} + [(Hm - Hs) / Hm \times T_p] \text{ (Months)}$$

西中川ら(1991)で報告されている各歯種の最大歯冠高(Hm、mm)を基準とし歯根部最下部(エナメル質最下部)からサンプリング地点(サンプリング箇所の最下部)までの距離(Hs、mm)を求め、Hoppe et al. 2004で示された各歯種の形成期間(Tp、Months)および形成開始時期(Tmin、Months)と対応させた。得られた形成時期は炭素、酸素同位体比と対応させ、(第1表)2次元プロットで可視化した(第2図)²⁾。炭素、酸素同位体比の時期的変化を個体間で比較すると、変化の方向性や大きさは多様であり、一定のパターンは認めがたかった。しかし、変動の時期には類似性も認めら

第1表 炭素・酸素同位体比分析結果

遺跡	時代	文献	個体	上下	左右	No.	歯種	Sample name	採取部位	炭素同位体比 ($\delta^{13}C$)	酸素同位体比 ($\delta^{18}O$)	Hs	Hm	Tmin*	Tp*	Te	備考					
北下	古代	植月 (2017)	A	下	左	1	M1	KIS AM1 U	歯冠	-10.6	-7.4	40.5	75.8	0.5	22.5	11.0						
								KIS AM1 R	歯根	-9.5	-7.8	15.1	75.8	0.5	22.5	18.5						
							M2	KIS AM2 U	歯冠	-8.8	-7.6	44.7	84.4	7	30	21.1						
								KIS AM2 R	歯根	-9.1	-9.6	14.0	84.4	7	30	32.0						
							M3	KIS AM3 U	歯冠	-9.3	-7.4	43.4	74.3	21	34	35.1						
								KIS AM3 R	歯根	-9.4	-8.0	14.1	74.3	21	34	48.5						
				D	下	右	31	P3/4	KIS DP3 U	歯冠	-7.9	-7.1	56.9	75.8	14	22	19.5	P3で計算				
									KIS DP3 R	歯根	-6.4	-9.2	16.8	75.8	14	22	31.1	P3で計算				
									KIS DP3 U	歯冠	-7.9	-7.1	56.9	62.1	19	32	21.7	P4で計算				
									KIS DP3 R	歯根	-6.4	-9.2	16.8	62.1	19	32	42.4	P4で計算				
									33	M3	KIS DM3 U	歯冠	-11.6	-5.8	53.1	74.3	21	34	30.7			
										63	P2	KIS FP2 U	歯冠	-11.1	-5.1	50.0	53.4	13	18	14.1		
			F	下	左	58	M3	KIS FM3 U	歯冠	-10.0	-6.4	60.5	74.3	21	34	27.3						
								G	上	左	68	M1	KIS GM1 U	歯冠	-6.0	-8.6	69.5	69.6	0.5	22.5	0.5	
													KIS GM2 U	歯冠	-12.5	-9.6	82.5	85.2	7	30	8.0	
			M2	KIS GM2 R	歯根	-12.4	-8.9					18.6	85.2	7	30	30.4						
				M3	KIS GM3 U	歯冠	-11.9	-7.2	74.6	75.5	21	34	21.4									
			KIS GM3 R		歯根	-10.4	-6.4	18.9	75.5	21	34	46.5										
			H	上	左	70	M1	KIS HM1 U	歯冠	-8.1	-7.0	82.0	69.6	0.5	22.5	-3.5	月齢がマイナスのため、グラフでは0に修正					
								KIS HM1 R	歯根	-10.3	-7.4	20.7	69.6	0.5	22.5	16.3						
								M2	KIS HM2 U	歯冠	-9.2	-6.7	88.4	85.2	7	30	5.9					
									KIS HM2 R	歯根	-10.1	-7.5	33.4	85.2	7	30	25.3					
								M3	KIS HM3 U	歯冠	-9.4	-7.9	75.1	75.5	21	34	21.2					
									KIS HM3 M	中間	-7.6	-8.3	41.6	75.5	21	34	36.3					
						I	下	右	75a	P2	KIS IP2 U	歯冠	-13.2	-8.1	60.9	53.4	13	18	10.5			
											KIS IP2 R	歯根	-11.5	-9.1	19.7	53.4	13	18	24.4			
									75b	M2	KIS IM2 U	歯冠	-13.6	-7.5	88.4	84.4	7	30	5.6			
											KIS IM2 R	歯根	-10.5	-9.5	22.6	84.4	7	30	29.0			
									75c	M3	KIS IM3 U	歯冠	-12.1	-9.3	73.6	74.3	21	34	21.3			
											KIS IM3 R	歯根	-8.7	-7.5	18.4	74.3	21	34	46.6			
			L	上	左	84	M1	KIS LM1 U	歯冠	-7.1	-8.1	79.1	69.6	0.5	22.5	-2.6	月齢がマイナスのため、グラフでは0に修正					
								KIS LM1 R	歯根	-8.6	-7.9	16.3	69.6	0.5	22.5	17.7						
								M2	KIS LM2 U	歯冠	-7.2	-7.6	88.0	85.2	7	30	6.0					
									KIS LM2 R	歯根	-9.6	-6.8	19.0	85.2	7	30	30.3					
								M3	KIS LM3 U	歯冠	-8.1	-8.2	61.3	75.5	21	34	27.4					
									KIS LM3 R	歯根	-11.9	-6.4	16.2	75.5	21	34	47.7					
						69	M3	KIS boar M3	歯冠	-13.1	-11.4	-	-	-	-	-	イノシシ					
						お舟石	古墳	覚張他 (2017)、植月 (2019)	A	上	右	T2	M1	OFI T2 UR M1 U	歯冠	-6.8	-8.7	66.9	69.6	0.5	22.5	1.4
														OFI T2 UR M1 R	歯根	-7.8	-9.5	18.2	69.6	0.5	22.5	17.1
													M2	OFI UR M2 U	歯冠	-8.2	-8.1	72.4	85.2	7	30	11.5
														OFI UR M2 R	歯根	-6.0	-8.1	18.3	85.2	7	30	30.6
													M3	OFI UR M3 U	歯冠	-6.5	-9.2	58.6	75.5	21	34	28.6
			OFI UR M3 R	歯根	-7.6									-9.0	15.1	75.5	21	34	48.2			
			地耕免	奈良末～平安初	覚張・植月 (2016)、植月 (2020)				上	右	⑫_1号溝 No.6	M3	Y9	歯冠	-9.1	-6.8	70.9	75.5	21	34.0	23.067	
														歯根	-7.1	-7.6	15.5	75.5	21	34.0	48.042	
									下	右	⑦_1号溝 H-3 B No.1	M3	Y11	歯冠	-9.7	-6.9	68.2	74.3	21	34.0	23.773	
														歯根	-7.3	-6.9	18.6	74.3	21	34.0	46.479	
									上	右	⑬_1号溝 G-3 B-8	M1	Y13	歯冠	-9.6	-6.1	50.3	69.6	0.5	22.5	6.746	
歯根	-10.4	-6.6												13.9	69.6	0.5	22.5	18.497				
塚本	平安後～末	覚張・植月 (2016)	C	上	右	S137_31	M1/M2	Y20	歯冠	-7.6	-6.2	62.2	69.6	0.5	22.5	2.889	M1として計算					
									歯根	-7.8	-7.6	15.3	69.6	0.5	22.5	18.060	M1として計算					
									歯冠	-7.6	-6.2	62.2	85.2	7	30.0	15.095	M2として計算					
									歯根	-7.8	-7.6	15.3	85.2	7	30.0	31.620	M2として計算					
									歯冠	-6.7	-6.9	69.4	69.6	0.5	22.5	0.568	M1として計算					
									歯根	-6.7	-6.7	15.0	69.6	0.5	22.5	18.151	M1として計算					
			S137_32	M1/M2	Y21	歯冠	-6.7	-6.9	69.4	85.2	7	30.0	12.567	M2として計算								
						歯根	-6.7	-6.9	15.0	85.2	7	30.0	31.718	M2として計算								
						歯冠	-8.2	-7.4	52.6	75.5	21	34.0	31.299									
						歯根	-8.4	-6.8	15.6	75.5	21	34.0	47.993									
						S137_33	M3	Y22	歯冠	-4.7	-5.4	54.5	85.2	7	30.0	17.803						
									歯根	-5.6	-5.7	13.3	85.2	7	30.0	32.306						
坂ノ上 姥神	平安～中世	覚張・植月 (2016)	A	上	右	3号溝 No.3	M2	Y6	歯冠	-6.6	ND	59.0	74.3	21	34.0	28						
									歯根	-5.6	ND	13.3	74.3	21	34.0	39.3						
									歯根	-4.2	ND	13.3	74.3	21	34.0	48.9						
			1号土坑_5	M2	Y8	歯冠	-5.5	-8.0	86.6	85.2	7	30.0	6.5									
						中間	-5.9	-8.6	48.3	85.2	7	30.0	19.989									
						歯根	-5.1	-7.3	13.3	85.2	7	30.0	32.303									
1号土坑_4	M3	SK4	歯冠	-4.8	ND	59.0	74.3	21	34.0	22.8												
			中間	-5.4	ND	34.3	74.3	21	34.0	36.8												
			歯根	-6.5	ND	13.3	74.3	21	34.0	48.9												
武田城 下町	戦国～江戸初期	覚張他 (2017)、植月 (2017b)	A	上	右	CH 399	M3	TKJ 003 M3 U	歯冠	-6.9	-11.6	59.286	75.5	21	34	28.3						
									歯根	-6.3	-10.8	23.7	69.6	0.5	22.5	15.3	M1として計算					
						CH 398	M1/2	TKJ 002 M1 or M2 R	歯冠	-7.0	-10.6	72.2	69.6	0.5	22.5	0.0	M1として計算					
									歯根	-6.3	-10.8	23.7	85.2	7	30	28.6	M2として計算					
									歯冠	-7.0	-10.6	72.2	85.2	7	30	11.6	M2として計算					
									歯根	-7.0	-10.6	72.2	85.2	7	30	11.6	M2として計算					

* Hoppe et al. 2004

れた。その意味については次節において考察する。

5 考察

(1) 同位体比データのクラスタリング

北下遺跡では炭素・酸素同位体比が時期を同じくして大きく変動する個体があり(個体D、L)、移動や給餌における何らかの転換期を示すと予想された。そこで、転換点を客観的に評価し、その時期を把握するべく、以下の方法によりデータを解析した。なお、比較のために青森県林ノ前遺跡(植月ほか2019)、山梨県内遺跡群(覚張・植月2016、植月・覚張2017)のデータも同様の方法で解析した³⁾。

育成地や給餌などの飼育環境が変化すれば、炭素や酸素の同位体比は複数のクラスター(グループ)に分離できると考えられる。データが複数のクラスターに分けられるかどうかを検討するため、本研究ではまず代表的な方法であるカーネル密度推定を利用して同位体比の頻度を推定した(第2図)。カーネル密度推定には密度関数の形を視覚的に表現できるメリットがあり、中心線を挟んでカーネル密度曲線を左右対称に表示するバイオリンプロットなどの作図方法に利用される。カーネル密度曲線を利用することで、データがいくつのモードによって構成されているか、また、そのモードの位置はどこにあるのかを視覚的に推定することができる。例えば林ノ前No.12の炭素同位体比や酸素同位体比は明瞭な2つのモードをもっており、それぞれの同位体比データが2つのクラスターに分けられることを示唆している。一方で林ノ前No.9の酸素同位体比データでは、モードの数を1つと判断するか2つと判断するか意見が割れることが容易に予想できる。さらに、カーネル密度推定によって推定される密度関数の形はカーネル密度推定のバンド幅によって変化するという問題点があり、密度関数の形だけをもってデータが2つのクラスターに分けられるかどうかを判断することは困難である。

この問題の解決をはかる試みとして、本研究ではベイズ情報量基準を用いた混合ガウス分布へのフィッティングによってデータのクラスター数を推定した。この手法では同位体比データの密度関数を混合ガウス分布によって表現し、いくつのガウス分布の集合体として混合ガウス分布を作成するかについてベイズ情報量基準を利用して決定する。混合ガウス分布の確率密度関数は、

$$p(x) = \sum_{k=1}^K \pi_k f(x|\mu_k, \Sigma_k)$$

で表される。ここで $f(x|\mu_k, \Sigma_k)$ は平均が μ_k で分散共分散行列が Σ_k であるガウス分布の確率密度関数であり、 K は混合ガウス分布を構成するガウス分布(クラスター)の数である。また、 π_k は混合比を表し、

$$0 < \pi_k < 1$$

および、

$$\sum_{k=1}^K \pi_k = 1$$

を満たす。混合ガウス分布のデータへのあてはまりの良さを評価する対数尤度関数は、

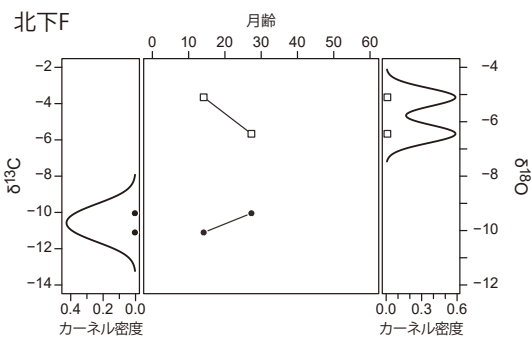
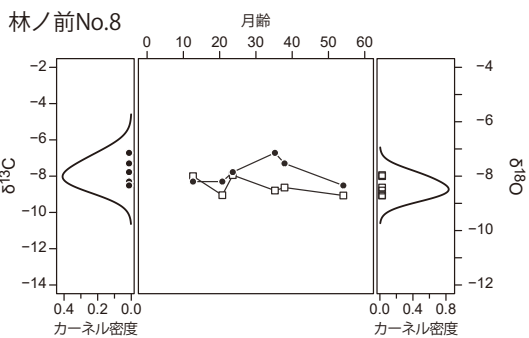
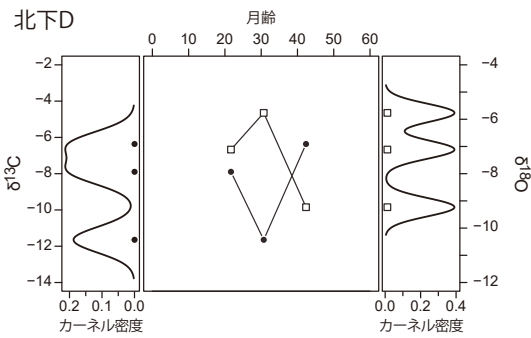
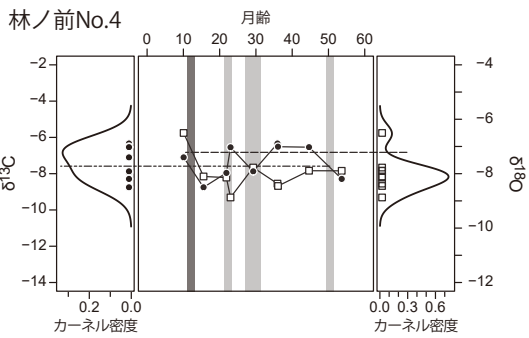
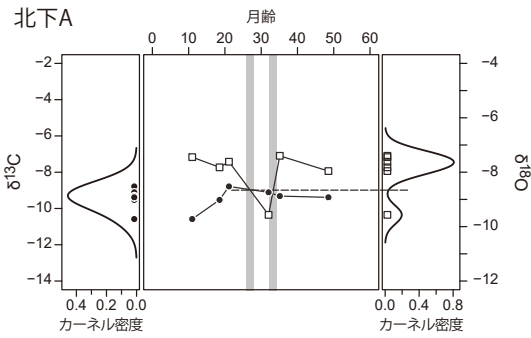
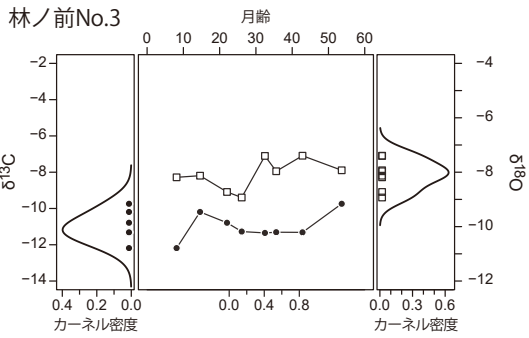
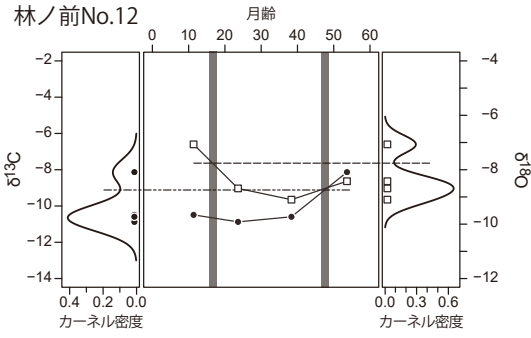
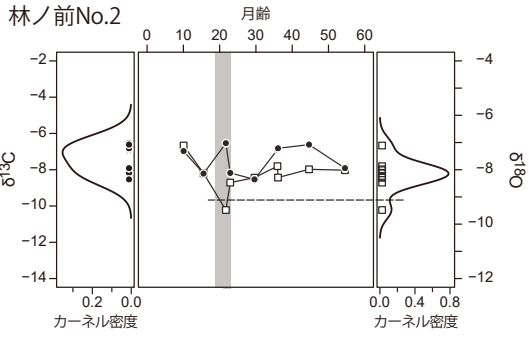
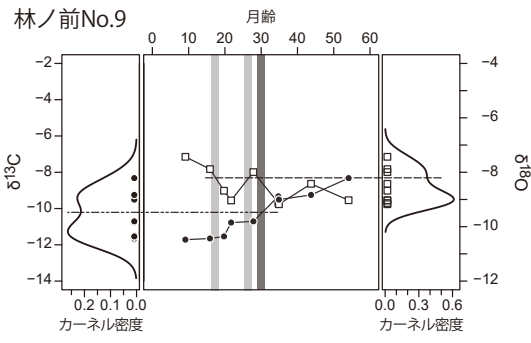
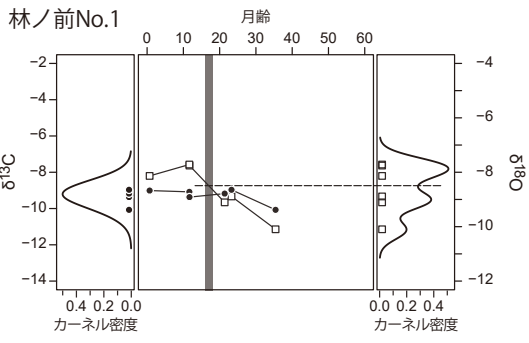
$$\log p(\mathbf{X}|\boldsymbol{\pi}, \boldsymbol{\mu}, \boldsymbol{\Sigma}) = \sum_{n=1}^N \log \left\{ \sum_{k=1}^K \pi_k f(x|\mu_k, \Sigma_k) \right\}$$

で表される。 N はデータ数を示し、 $\boldsymbol{\pi}, \boldsymbol{\mu}, \boldsymbol{\Sigma}$ はそれぞれ混合比、ガウス分布の平均、ガウス分布の分散共分散行列を束ねたものである。この対数尤度関数の値が大きいほどデータに対する混合ガウス分布の当てはまりが良いことを示す。当然、混合ガウス分布を構成するガウス分布の数 K が大きい方がデータに対する混合ガウス分布の当てはまりも良くなり、対数尤度も大きくなる。この対数尤度に基づいてモデル($K, \boldsymbol{\pi}, \boldsymbol{\mu}, \boldsymbol{\Sigma}$ の値)を選択する方法の一つがベイズ情報量基準(BIC)である。ベイズ情報量基準は対数尤度関数を用いて、

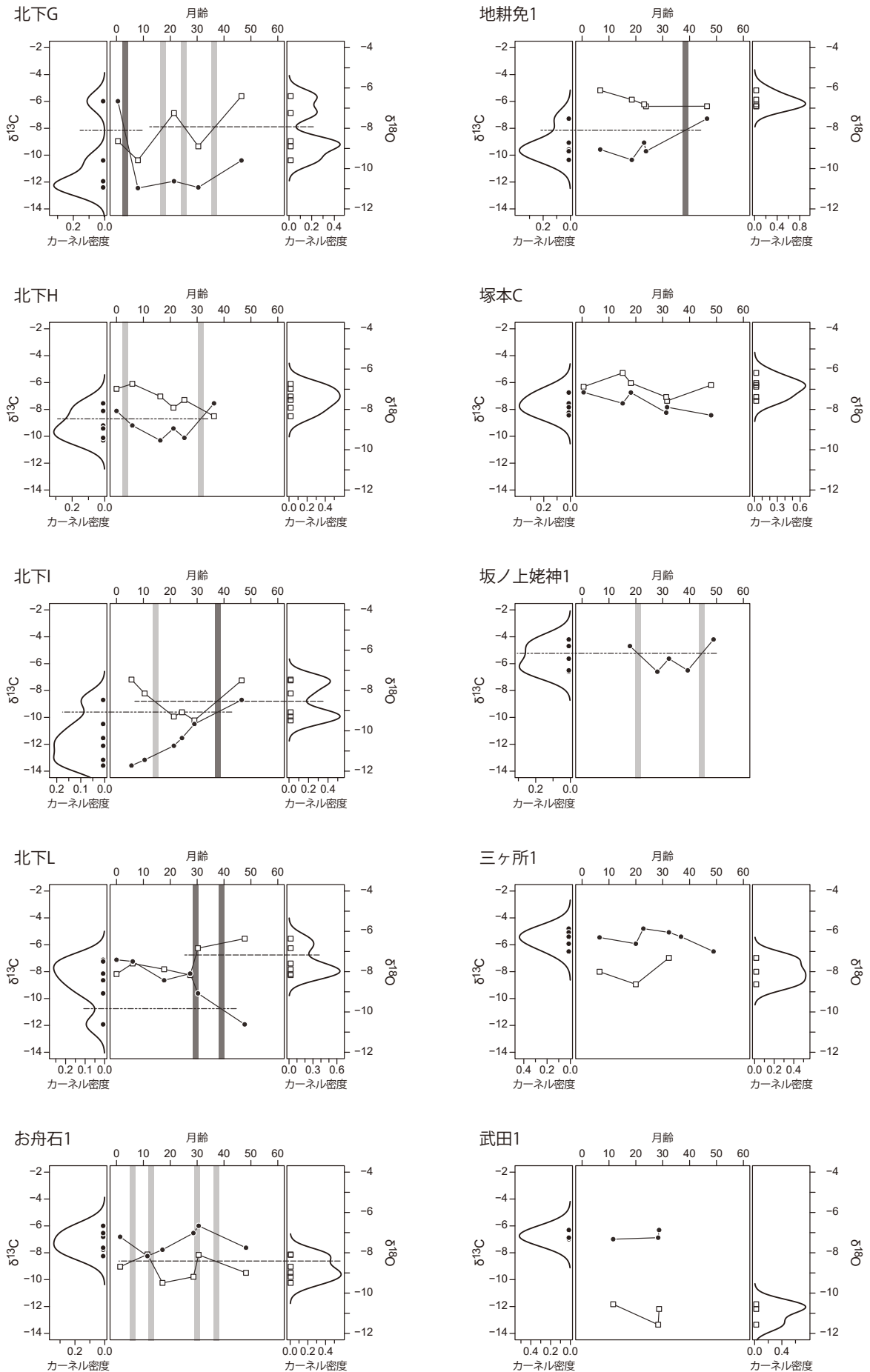
$$\text{BIC} = -2\log p(\mathbf{X}|\boldsymbol{\pi}, \boldsymbol{\mu}, \boldsymbol{\Sigma}) + K \log N$$

で表される。 $K, \boldsymbol{\pi}, \boldsymbol{\mu}, \boldsymbol{\Sigma}$ の値を変化させBICが最小となるモデルを選択する。混合ガウス分布の数 K についてみると、 K を増やすと対数尤度が大きくなり左項が小さくなるが、一方で右項は大きくなる。BICの値は小さい方が尤もらしいモデルと判断されるため、右項は K を増やすことに対する罰則の役割を持つ。混合ガウス関数、尤度関数およびベイズ情報量基準についてはビショップ(2012 a, pp.215-216; 2012 b, pp.146-151)による詳細な解説があるため、参照されたい。

上記の統計解析手法を用いることで理論上は同位体比データをクラスタリングすることができる。しかし本研究には独自の問題としてデータ数が少ないという問題がある。データ数が少ない場合、それぞれのクラスターに帰属するデータの数も少なくなり、クラスターの分散は小さく、確率密度は大きくなる傾向がある。極端な場合には1つのガウス分布が分散0で1点



第2図-1 炭素・酸素同位体比の個体ごとの月齢変化とクラスタリング結果 (● : $\delta^{13}\text{C}$, □ : $\delta^{18}\text{O}$)



第2図-2 炭素・酸素同位体比の個体ごとの月齢変化とクラスタリング結果 (● : δ¹³C、□ : δ¹⁸O)

に収束し、確率密度が無限大になる特異点が発生する(ピシヨップ, 2012 a, pp.150)。BICは確率密度の総和が大きい方を最適解と判断するため、データ数が少ない場合、クラスター数が多い方をより最適解として選択する傾向がある。本考察では飼育環境に変化があったか否かを焦点としているため、クラスター数を最小限に抑え、 $K=1$ の場合と $K=2$ の場合を比較してどちらの方が最適解かについて検討した。また、前述した特異点の発生を避けるため、混合ガウス分布を構成する各ガウス分布の分散は一定であるという制約のもとで最尤推定を行った。この制約により、ウマが複数の飼育環境で飼育された場合でも、それぞれの飼育環境が持つ酸素同位体比および炭素同位体比の分散は一定になると仮定することになる。この仮定が成立するか否かについては検討できていないが、特異点の発生を避けるために導入することとした。

BICに基づき $K=2$ と推定された同位体比データについて、2つのガウス分布の平均値に挟まれた混合ガウス分布の極を2つのクラスターの境界とし、その位置を図2に破線で示す。例えば林ノ前No.9の炭素同位体比の場合、クラスター境界は-10.1であり、27.8ヶ月と34.9ヶ月の間でクラスター境界をまたいでいる。このようにクラスター境界を1回のみまたぐ同位体比データからはクラスター境界をまたぐ月齢の間で環境変化があった可能性が示唆される。一方で、林ノ前No.9の酸素同位体比はクラスター境界が-8.2であり、15.9ヶ月と19.7ヶ月、21.7ヶ月と27.8ヶ月、27.8ヶ月と34.9ヶ月の間でクラスター境界をまたいでいる。このように、クラスター境界を2回以上またぐ同位体比データについては、環境変化が複数回あったと解釈するよりは、環境変化があったかどうか判断がつかないと解釈の方が妥当だと考えられる。なお、図2の薄い灰色のバーは境界を複数回またぐケース、濃い灰色のバーは1回のみまたぐケースである。

(2) 炭素・酸素同位体比の変動パターンの比較

以下ではクラスタリングによって明らかになった変動パターンの特徴を比較する。境界を何度もまたいでいる例は評価が困難なため、1回、ないし2回またぐ比較的単純なケースに絞ってみていく。なお、2回またぐ場合に、試料1点の前後を短期間でまたぐ場合は1つの変化として扱った(例：林ノ前No.2、北下Aなど)。一方、複数の試料を経てまたぐ、より長期的変化については別の変化とみなした(例：北下Hの炭素、Iの酸素)。

第2表 同位体比変化の時期別集計と方向性

林ノ前

		20ヶ月未満	30~40ヶ月
$\delta 180$	個体数	4	0
	個体記号	1,2,4,12	-
	上昇/下降	↓↓↓↓	-
$\delta 13C$	個体数	0	1
	個体記号	-	9
	上昇/下降	-	↑
個体数計		4	1

北下

		20ヶ月未満	30~40ヶ月
$\delta 180$	個体数	1	3
	個体記号	I	A,I,L
	上昇/下降	↓	↑↑↑
$\delta 13C$	個体数	2	3
	個体記号	G,H	H,I,L
	上昇/下降	↓↓	↑↑↓
個体数計		3	4

第2図により変化は主に二つの時期に発生していることがわかる。ひとつは10~20ヶ月齢の間に収まるパターン(以下、幼齢とする)、もうひとつは30~40ヶ月齢に収まるパターン(以下、若齢とする)である。

北下遺跡と林ノ前遺跡について、第2図をもとに二つのパターンを炭素同位体比、酸素同位体比に分けて個体数を集計し、変化の方向性をまとめたのが第2表である。両遺跡には以下の3つの違いが認められる⁴⁾。

① 変化時期の違い

林ノ前では7個体中4個体の変化が幼齢期に起きており、若齢期は1個体のみである。他に類例のない40~50ヶ月齢頃の変化も1例ある(No.12)。これに対して、北下でも7個体中幼齢期での変化が3個体あるが、若齢期が4個体とより多い。

② 変化する同位体の違い

林ノ前では4個体が酸素同位体比における変化で、炭素同位体比は1個体のみである。これに対して、北下でも酸素同位体比が3個体あるが、炭素同位体比は4個体とより多い。

③ 変化の方向性の違い

上記のように林ノ前では酸素同位体比の変化が顕著だが、変化の方向はいずれも下降である。1点のみの炭素同位体比は逆に上昇である。北下では幼齢期は酸素、炭素ともに下降だが、若齢期の酸素は上下、ないし上昇、炭素は上昇、ないし下降と一定しない。

以上の両遺跡の特徴のうち、林ノ前の幼齢期に顕著な酸素同位体比の下降については授乳の影響を考えたことがある(植月2021)。ヒトのエナメル質の酸素同位体比が授乳効果により高い値を示すことをもとに、ウマにおいても離乳期以前(野生馬では9ヶ月まで)に形成される歯での授乳の影響の可能性が指摘されており(Hoppe et al.2004)、酸素同位体比の上昇を授乳の影響とする例もある(Britton et al.2019)。ただし、ウマにおける授乳効果について詳細に検討された例がなく、さらに検討が必要である。

林ノ前遺跡の変化は詳細に見るといずれも10ヶ月齢前後の試料(主にM1の歯冠部分)の高い値からの下降であり、10ヶ月齢頃まで授乳していたとすれば上記野生馬のデータとも整合的である。その後の離乳に伴う下降が境界となっていると推測される。

北下遺跡でも同様に幼齢期の酸素同位体比の下降が存在する(個体I)。別の2個体では炭素同位体比で下降が見られる(G,H)。2個体ともに誕生直後と予想される早い時期に高い値を示す。特に個体Gにおける下降は急激で授乳の影響を強く示唆する。ウマにおける授乳の炭素同位体比への影響についても酸素同位体比同様に詳細は不明だが、ヒトでの乳児では授乳により約1%上昇するとの報告がある(Fuller et al.2006)。

北下遺跡は幼齢期に加えて若齢期にも変化が起きている個体が多いことが特徴的であった。この若齢期の変化は酸素同位体比(A)、炭素同位体比(H)、両方(I,L)と多様である。上昇、下降の変化の方向性も多様である点が画一的な幼齢期の変化と異なる。さらに、試料が3点のみのためクラスタリングでは分離されなかったが、個体Dも30ヶ月齢前後を境に炭素同位体比の急激な下降から上昇への転換が確認された。酸素同位体比は逆に上昇から下降へと転じている。やはり同様の時期での変化を示唆する。なお、同時期の変化は林ノ前のNo.9と山梨の地耕免遺跡でもみられ、いずれも炭素同位体比が上昇している。

(3) 同位体分析から見た馬利用の性格

炭素・酸素同位体比の特徴から導かれる北下遺跡の馬利用の性格についてはすでに植月(2021)において論じたが、再論すれば以下ようになる。

① 消費地的様相：履歴の多様性

- ・酸素同位体比の変化が顕著であることから移動してきた個体群で構成されると推定される。
- ・酸素、炭素同位体比の変異幅が大きく、変化の方向性もランダムである点は、移動パターンや食性の履

歴における多様性を示唆する。

- ・移動や食性における履歴の多様性は、消費地的な性格と関連すると推測される。
- ・これに対して林ノ前遺跡や山梨県域は個体内変化に乏しい。両地域は炭素同位体比から見た餌の変化や、酸素同位体比から見た移動の痕跡に乏しく、産地周辺にとどまった個体群の特徴を示している。

② 選抜時期：変化のタイミングの共通性

- ・北下遺跡の上記の多様性の中で、唯一共通性がみられるのは変化のタイミングである。
- ・北下遺跡の30~40ヶ月齢(約2歳半~3歳半)という転換期は、『延喜式』左馬寮式御牧条にみえる牧馬の4歳(数え年=満3歳)での選抜と近似する。
- ・この時期が古代馬の一生における画期であるとすれば、北下遺跡における変化と整合的である。

③ 国府周辺への多様な履歴の馬の集積

北下遺跡は下総国府との関わりが深い遺跡である。上記の同位体比の変化の特徴をもっとも矛盾なく説明できるのは、3歳頃の各地での選抜時期を機に環境の変化を経た、食性や育成地の面で多様な履歴を持つ馬が、国府周辺に集積されたという解釈であろう。山梨県域で唯一類似のタイミングでの変化が見られた地耕免遺跡も甲斐国府との関連を想定できる遺跡であり、同様の背景があったとみなせるかもしれない。

国府周辺への集積という解釈は必ずしも優秀な馬が集められたことを意味しない。食性の多様性に加えて、良馬への雑穀給餌と想定される炭素同位体比の上昇(覚張2015、青柳ほか2016)とは反対に下降している北下Lの例などは、良馬イメージとは結び付かない。選抜を漏れて払い下げになったような個体も含まれるとみるのが妥当である。こうした状況は平城京における馬の集積と、駄馬的用途、3~5歳での処分と類似しており(馬場2018、山崎2018)、地方官衙においても同様の馬利用が行われていたことを示唆する。

(4) ウマ遺体の特徴と出土状況からみた死馬の用途

以上の同位体分析から導かれた生前のあり方に対して、屠畜のタイミングや死馬の利用はどうだったのか。以下ではウマ遺体の特徴や遺構、出土状況との関係をもとに検討する。

ウマ遺体の特徴について報告書では以下のようにまとめた(植月2017a)。

- ・哺乳類遺体の9割以上がウマである(同定標本数)。
- ・12個体中8個体が3~5歳と若齢が主体となる。
- ・ウマの部位は頭部に偏る。全般に骨の遺存が不良な

ため、強度のある歯が残った可能性もあるが、一部顎骨も遺存しており、ほぼ完全な基節骨も出土した。胴部の骨がすべて消失したとみなすのは無理がある。

北下遺跡は「川辺の祓所」(西野2013)との位置付けがなされており、馬の出土も祭祀との関係において論じられてきた。しかしながら、溝などから牛馬遺体が出土した場合に安易に祭祀と結びつけることについては松井章が問題視しており、大部分は弊牛馬処理の結果であると論じた(松井1987)。一方、丸山真史は平安京における検討をもとに、祭祀説と弊牛馬処理説の双方の問題点を指摘した。すなわち、前者は牛馬以外の動物遺体の存在を無視しており、後者は祭祀遺物との共伴関係を無視している点である。この問題を解決するためには牛馬遺体のより詳細な出土状況の記録が必要とする(丸山2017)。筆者も山梨県地耕免遺跡の溝から出土したウマ遺体について最近検討を加えたが、出土状況の不明確さやウマ遺体の遺存状況の悪さから祭祀の結果か、弊牛馬処理の結果かは判断が困難であった(植月2020)。その際にも類似の事例として北下遺跡との比較検討をおこなった。

そこで、次に遺構と祭祀遺物の出土状況をみていく。北下遺跡でウマ遺体が多数出土した旧河道からは人面墨書土器や人形などの木製祭祀具が出土している。山路直充は出土遺物の詳細な検討から国府境界域において祓いの祭祀や道饗祭が執り行われたと論じている。さらに河道中の土坑2基では渇水期に底面に土器を安置したと推定されることから降雨や湧水祈願を想定している(山路2019)。

以上の検討により旧河道で祭祀が執り行われたことは疑いない。馬については降雨祈願との関りが想定されるが、上記土坑からはウマ遺体は出土しておらず、直接的な関係は証明できない。祭祀遺物との共伴関係については、人面墨書土器の分布は流路南端を除くほぼ全域に分布しており(今泉・大久保2014、第170図)、馬歯もほぼ同様の分布を示す(小林・大久保2017、第89図)。したがって、共伴しないとは言えないが、流路という性質上、明確に共伴するとも断定できない。

では弊牛馬処理の可能性についてはどうだろうか。旧河道は「湧水点に至るまで掘り込まれた河道内の土坑群、護岸構造をはじめとする各種遺構の存在」から、「浄水を得られる一体として維持管理された区域」とみなされている。この土坑に関連すると考えられている編組製品内からも馬骨(基節骨)が出土しており、なぜ浄水を採取するような場所に骨があるのか理解に苦

しむとされている(小林2017、p.141)。確かにそのような場所が弊牛馬の処理場として利用されるものなのか、疑問が生じる。加えて、ほとんどがウマであり、雑多な種が出土している訳ではないことは丸山(2017)が解体処理場的とした条件とは逆である。

さらに部位が頭部に偏ることも弊牛馬処理の結果としては不自然である。逆に祭祀との結果とみなせばこの偏りは不自然でない。松井(1995)も動物祭祀の集成において牛馬頭蓋骨が特別な扱いを受けることを指摘している。胴部の骨が希少である点は松井(1987)が指摘した、解体、再利用後の廃棄物とは性格が異なることを示唆している。

ウマ遺体のもう一つの特徴である若齢への偏りについては、筆者は古代遺跡の多くで同様の傾向が見られることから、基準に満たない個体の処分、死馬利用の結果と考えてきた(植月2011、2018など)。祭祀における若齢馬の利用はこの見解と合致しないようだが、報告書では処分、解体される前の馬が儀礼に用いられた、あるいはこれとは別の儀礼用に使われた馬であったと解釈した。

今回の同位体分析の結果によって、さらにこれらの馬が多様な履歴を持ち、各地から集積された馬であった可能性が強まった。変化のタイミングの共通性からは3歳前後の選抜時期を画期として国府周辺にもたらされたと推定され、最終的に祭祀に用いられたとみられる。食性はC3植物食からC3・C4中間食までさまざまであり、濃厚飼料である雑穀(C4植物)を多く給餌された良馬が選ばれている傾向も確認できない。選ばれた馬が祭祀に用いられたというより、胴部は皮や肉などの資源が利用され、頭部は祭祀に利用されたとみなす方が無理がない。したがって、報告書で示した上記解釈のうち「儀礼用に運ばれた馬」という見方は成り立ちにくい。「処分、解体される前の馬が儀礼に用いられた」という解釈が残るが、逆に処分、解体後に頭骨が祭祀用に利用されたという可能性も加えておきたい。

6 おわりに

最後に課題を挙げておく。炭素同位体比は食性、酸素同位体比は産地を主に反映するとされる。しかし、炭素同位体比の変化も同所で給餌を意図的に変える場合(たとえば良馬への雑穀給餌)だけでなく、移動の結果として餌が変化するケースも想定しうる。酸素同位体比についても逆に移動の結果でなく、同所で餌を変

化させた影響を受けている可能性もある。また、酸素同位体比に変化がない場合でも、同位体比に大きな違いがない地域間での移動も想定される。たとえば酸素同位体比が変化するケースでは特にV字ないしU字型を呈するケースが見られた。この場合、元の場所への回帰、あるいは第3の場所への移動の二つの可能性が生じる。今回の分析結果のみからはいずれの解釈が妥当であるかはわからない。今回はデータ解析にベイズ情報量基準の利用を試みたが、今後は解析手法そのものの検討や、より解像度の高いストロンチウム同位体比など異なる指標での検討も必要である。

本稿は試料(馬歯)の同定、選定を植月が、炭素・酸素同位体分析を覚張が、データ解析(炭素・酸素同位体比のクラスタリング)を金井がおこなった。執筆は2を小林、5(1)を金井、その他は植月が行い、全員で協議の上、まとめた。

謝辞

本論の作成にあたり、以下の諸氏・機関のご協力、ご助言を得ました。記して感謝申し上げます(敬称略、順不同)。

浅田智晴、大寫正之、櫛原功一、小林健二、斎藤秀樹、鷹野義朗、秦光次郎、平塚洋一、青森県埋蔵文化財調査センター、甲斐市教育委員会、甲府市教育委員会、千葉県教育委員会、南アルプス市教育委員会、山梨県埋蔵文化財センター、山梨県立考古博物館、山梨市教育委員会

本研究はJSPS科研費18H00733による成果である。

注

- 1)ただし、文字資料のなかには「財」・「千万」・「白万」・「徳」などの吉祥句や、「阿豆古刀自女身替」と記された長文墨書等も存在し、性格的には多くの様相がみられる。
- 2)本分析で使用した馬歯は遊離歯であるため、菌種同定が困難なものもあった。表1には両方の月齢推定結果を示したが、炭素、酸素同位体比の変動から見てより妥当な方を採用した。
- 3)林ノ前遺跡の同位体分析結果については植月ほか(2019)を参照。山梨県内遺跡のうち覚張・植月(2016)については酸素同位体比の結果を扱っておらず、植月・覚張(2017)については炭素・酸素同位体比とともに詳細なデータを報告していないので、本稿をもって正式報告とする。なお、山梨については経年変動を見るために同一個体で3点以上のデータが存在する試料のみ採用した。
- 4)この特徴については植月(2021)においても予察的に取り上げたが、紙数の都合上、詳細なデータを示せなかったため、本稿をもって正式報告とする。

引用・参考文献

- 青柳泰介・覚張隆史・丸山真史 2016「南郷大東遺跡から出土した馬歯の化学分析—安定同位体分析による食性および生育環境の復元の試み—」『青陵』146 pp.1-3
- 今泉 潔・西野雅人・大久保奈奈 2011『東京外かく環状道路埋蔵文化財調査報告書3—市川市北下遺跡(1)~(8)—』財団法人千葉県教育振興財団
- 今泉 潔・大久保奈奈 2014『東京外かく環状道路埋蔵文化財調査報告書6—市川市北下遺跡(9)~(12)』公益財団法人千葉県教育振興財団
- 植月 学 2010「1号土坑のウマ遺体」『三ヶ所遺跡』山梨市ほか pp.33-34
- 植月 学 2011「甲斐における平安・鎌倉時代の馬産—ウマ遺体の分析による検討—」『山梨県考古学協会誌』20 pp.97-114
- 植月 学 2017a「北下遺跡から出土した動物遺体」『東京外かく環状道路埋蔵文化財調査報告書11—市川市北下遺跡(14)・菅野遺跡(1)~(5)—』公益財団法人千葉県教育振興財団 pp.121-132
- 植月 学 2017b「出土した馬骨」『武田城下町遺跡IX(甲府市文化財調査報告86)』p.169 株式会社穴吹工務店・甲府市教育委員会
- 植月 学 2018「東国における牛馬の利用」『季刊考古学』144 pp.47-50
- 植月 学 2019「東国の古墳時代馬」『馬の考古学』雄山閣 pp.255-264
- 植月 学 2020「地耕免遺跡のウマ遺体—飼育環境と殺馬儀礼の再検討—」『山梨県考古学協会誌』27 pp.113-126
- 植月 学 2021「動物考古学からみた馬匹生産と馬の利用」『馬と古代社会』八木書店 pp.129-151
- 植月 学・覚張隆史 2017「東日本における馬給餌の歴史—同位体化学分析による検討—」『日本文化財科学会第34回大会研究発表要旨集』
- 植月 学・覚張隆史・浅田智晴 2020「青森県における古代の馬利用—林ノ前遺跡出土馬の動物考古学・同位体化学的研究—」『青森県埋蔵文化財調査センター 研究紀要』25 pp.51-65
- 覚張隆史 2015「歯エナメル質の炭素安定同位体比に基づく三ヶ所I・II遺跡出土馬の食性復元」『動物考古学』32 pp.25-37
- 覚張隆史・植月 学 2016「同位体化学分析に基づく山梨県域遺跡出土馬の給餌形態の復元」『山梨県考古学協会誌』24 pp.81-97
- 覚張隆史・植月 学・青柳泰介・丸山真史・山崎 健 2017「化学分析に基づく遺跡出土馬の食性復元」『日本文化科学会第34回大会 研究発表要旨集』pp.68-69
- 栗田則久 2007『市川市北下遺跡瓦窯跡発掘調査概報』千葉県教育委員会
- 小林信一 2017「水辺の祭祀と出土遺物」『東京外かく環状道路埋蔵文化財調査報告書11—市川市北下遺跡(14)・菅野遺跡(1)~(5)—』公益財団法人千葉県教育振興財団 pp.141-150
- 小林信一・大久保奈奈(編) 2017『東京外かく環状道路埋蔵文化財調査報告書11—市川市北下遺跡(14)・菅野遺跡(1)~(5)—』公益財団法人千葉県教育振興財団
- 西中川駿ほか 1991『古代遺跡出土骨からみたわが国の牛、馬の渡来時期とその経路に関する研究』科学研究費補助金(一

般研究(B))研究成果報告書平成2年]

- 西野雅人 2013「下総国府関連遺跡 市川市北下遺跡」『東国の古代官衙』古代東国の考古学1 高志書院
- 馬場 基 2018「史料からみた古代都市と動物」『条里制・古代都市研究』33 pp.49-61
- ビショップ C.M., 元田 浩・栗田多喜夫・樋口知之・松本裕治・村田 昇訳 2012 a『パターン認識と学習機械 上 ベイズ理論による統計的予測』シュプリンガー・ジャパン編、丸善出版、349p.
- ビショップ C.M., 元田 浩・栗田多喜夫・樋口知之・松本裕治・村田 昇訳 2012 b『パターン認識と学習機械 下 ベイズ理論による統計的予測』シュプリンガー・ジャパン編、丸善出版、433p.
- 平川 南 2014「付章1 千葉県市川市北下遺跡出土刻字白木弓」『東京外かく環状道路埋蔵文化財調査報告書6 -市川市北下遺跡(9)~(12)-』公益財団法人千葉県教育振興財団
- 松井 章 1987「養老厩牧令の考古学的考察—鬘れ馬牛の処理をめぐって—」『信濃』39-4 pp.231-256
- 松井 章 1995「古代・中世の村落における動物祭祀」『国立歴史民俗博物館研究報告』61 pp.55-71
- 丸山真史 2017「平安京跡出土の牛馬骨の解釈に関する問題点」『洛史』11 公益財団法人京都市埋蔵文化財研究所 pp.21-27
- 山崎 健 2018「馬の貢進・貝の貢進」『条里制・古代都市研究』33 pp.1-16
- 山崎 健・覚張隆史・降幡順子・石橋茂登・米田 稔 2016『藤原宮跡出土馬の研究。奈良文化財研究所報告書 17』独立行政法人国立文化財機構奈良文化財研究所
- 山路直充 2019「国府の景観」『市川市史 歴史編Ⅲ—まつりりごとの展開—(通巻3)』市川市 pp.145-165
- Britton, K., Pederzani, S., Kindler, L., Roebroeks, W., Gaudzinski-Windheuser, S., Richards, M.P., Tütken, T. (2019) Oxygen isotope analysis of *Equus* teeth evidences early Eemian and early Weichselian palaeotemperatures at the Middle Palaeolithic site of Neumark-Nord 2, Saxony-Anhalt, Germany. *Quaternary Science Reviews*, 226, 106029.
- Cerling, T.E. and Harris, J. M. (1999) Carbon isotope fractionation between diet and bioapatite in ungulate mammals and implications for ecological and paleoecological studies. *Oecologia*, 120, 347-363.
- Fuller, B. T., Fuller, J. L., Harris, D. A., Hedges, R. E. (2006) Detection of breastfeeding and weaning in modern human infants with carbon and nitrogen stable isotope ratios. *Am J Phys Anthropol*, 129, 279-293.
- Hoppe, K., Stover, A., Pascoe, S.M., Amundson, J.R. (2004) Tooth enamel biomineralization in extant horses: implications for isotopic microsampling. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 206, 355-365.
- Sharp, Z.D. and Cerling, T.E. (1998) Fossil isotope records of seasonal climate and ecology: Straight from the horse's mouth. *Geology*, 26, 219-222.