

3 仲歩切遺跡から出土した骨様物質の組織形態学的分析結果

(1) 緒言

平成26年度に実施された仲歩切遺跡の工事立会(2014178、本書26頁概要報告)において、古代の土坑(SK 8) 1～3から灰白色の骨様物質小片が出土した。そのうちの数点に、焼成した陸生哺乳類四肢長骨の緻密質に類似する形状を認めたものの、細片化が著しく肉眼観察では骨と断定するのは困難であった。こうした微小な骨様物質の鑑定には、顕微鏡を用いた組織形態観察が有効であることが知られている〔Greenlee and Dunnell, 2010; Sawada et al., 2014〕。そこで、(1) 骨か否か、(2) 骨だとすればヒトか動物かを明らかにするため、骨様物質を薄切して検鏡し、組織形態学的検討を実施した。以下にその結果を報告する。

(2) 試料と方法

組織形態の分析に際し、SK 8-1～3から出土した骨様物質3点を試料とした(NB01～03、写真1)。各試料を70%エタノールに浸漬して脱気処理を行い、80%・90%・100%エタノールに各1.5時間、別の100%エタノールに1.5時間浸漬して脱水した。その後、スチレンモノマーに2時間、別のスチレンモノマーに2時間、スチレンモノマーと樹脂(Rigolac2004とRigolac70F (Nissin EM) を7対3で混合)の等量混合液に24時間浸漬した後、樹脂(同上)に24時間浸漬した。以上の過程を経た試料を、重合促進剤(Benzoyl Peroxide、和光純薬工業)を添加した別の樹脂(同上)に包埋して恒温器内に安置し、30℃から12時間毎に10℃ずつ60℃まで温度を上げて樹脂を重合した。樹脂が十分に硬化したのち、硬組織切断機(SP1600、Leica)で50μm厚に薄切してプレパラートに封入した〔澤田ほか、2010〕。

検鏡には明視野・偏光観察の可能な光学顕微鏡(Imager A1、Zeiss)を使用した。骨構造を確認できた試料については、Pfeiffer〔2000〕およびSawada et al.〔2004〕にしたがって、完形の二次オステオンの面積(On.Ar)とハバース管の面積(H.Ar)を計測した。計測にあたり、骨組織像は顕微鏡に接続したCMOSカメラ(Go-5、QImaging)で撮影し、画像解析にはImageJ(US National Institute of Health, <http://imagej.nih.gov/ij/>)を用いた。比較データとして、ヒト、ニホンザル、ウマ、イノシシ、ニホンジカ、カモシカ、ウシ、キツネ、タヌキ、イヌ、クマのOn.Ar、H.Ar、H-On示数(Sawada et al.〔2014〕と澤田・奈良〔2015〕に基づく。附表参照)を利用した。

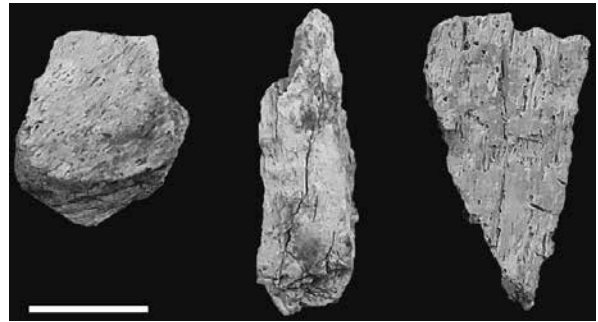


写真1 出土試料
左からNB01 (SK 8-1 出土)、NB02 (SK 8-2 出土)、NB03 (SK 8-3 出土)。スケール・バーは5 mm。

(3) 結果1：検鏡所見

試料の顕微鏡像を写真2に示す。全ての試料に骨構造の特徴が認められており、いずれも骨であることは疑いない。

NB01 (SK 8-1 出土) 骨質は劣化しており随所に亀裂や空隙が生じていたものの、二次オステオンを主体とする緻密質の組織構造が確認された(写真2-1)。偶蹄類などヒト以外の一部の動物に顕著に発達する葉状骨〔Hillier and Bell, 2007; Mulhern and Ubelaker, 2012〕(写真2-13)は見当たらない。二次オステオンの分布様相と緻密質の厚さは、中・大型の陸生哺乳類(写真2-4～2-12)に類似する。

NB02 (SK 8-2 出土) NB01と同様に二次オステオンを主体とする緻密質の組織構造が確認されたが、保存状態はきわめて不良である(写真2-2)。葉状骨は見当たらない。中・大型の陸生哺乳類に類似する。

NB03 (SK 8-3 出土) 二次オステオンを主体とする緻密質で、葉状骨は見当たらない(写真2-3)。他2点の試料に比べて組織形態の保存状態が良好で、二次オステオンの形状を明瞭に確認できる。二次オステオンの分布様相と緻密質の厚さは中・大型の陸生哺乳類に類似する。ハバース管の径は大きく、定性的な所見として成人骨(写真2-4)に近い印象を受けた。

(4) 結果2：骨組織形態計測値

試料NB01とNB03においては10個以上の完形二次オステオンおよびハバース管を確認し得たので、これら試料2点を対象として骨組織形態計測を実施した。試料NB02は組織構造の劣化が著しくオステオンの輪郭は不明瞭であったため計測に至らなかった。

試料の骨組織形態計測値を表1に示す。また、試料および各種動物四肢骨緻密質のOn.ArとH.Arを図1、H.ArとOn.Arの比(H-On示数)を図2にまとめた。NB01のOn.Arの平均値($39012.8\mu\text{m}^2$)、H.Arの平均値($2411.6\mu\text{m}^2$)、H-On示数の平均値(6.3)はいずれもヒトの平均値の範囲(On.Ar $31463.8\sim 49038.7\mu\text{m}^2$ 、H.Ar $1734.3\sim 2524.5\mu\text{m}^2$ 、H-

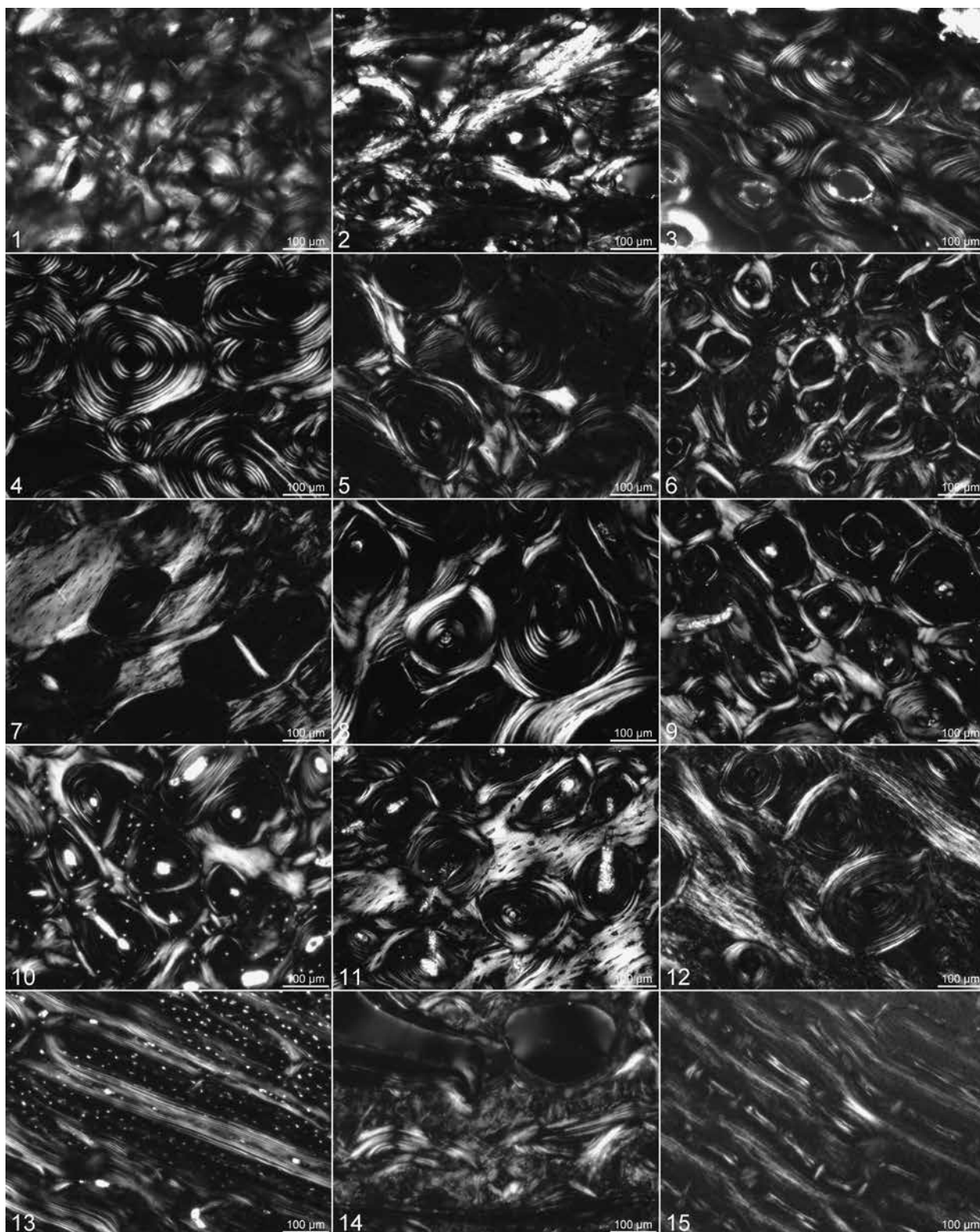


写真2 試料および比較動物四肢骨骨幹部の偏光顕微鏡写真

1 NB01、2 NB02、3 NB03、4 成人大腿骨、5 ニホンザル大腿骨、6 イヌ大腿骨、7 タヌキ大腿骨、8 クマ上腕骨、9 シカ大腿骨、10 イノシシ大腿骨、11 ウシ大腿骨、12 ウマ大腿骨、13 イノシシ大腿骨（葉状骨）、14 乳児大腿骨（一次骨）、15 オオハクチョウ大腿骨。4～12はいずれも二次オステオンを主体とする組織形態。

表1 仲歩切遺跡出土骨片試料の骨組織形態計測値

試料	n	On.Ar (μm^2)		H.Ar (μm^2)		H-On示数	
		Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
NB01	12	39012.8	11022.6	2411.6	987.2	6.3	2.1
NB03	15	55856.1	18639.3	2456.3	1382.6	5.0	1.7

n: 完形の二次オステオンの個数 On.Ar: 完形の二次オステオンの面積 H.Ar: 完形の二次オステオン内にあるハバース管の面積 H-On示数: (H.Ar/On.Ar)×100

On示数5.4-7.3) に収まっていた。NB03 のH.Arの平均値 ($2456.3\mu\text{m}^2$) もヒトの平均値の範囲にあり、On.Arの平均値 ($55856.1\mu\text{m}^2$) とH-On示数の平均値 (5.0) はヒトの平均値の範囲からわずかに外れるものの、比較動物群の中ではヒトに最も近いところに位置していた。

(5) 考 察

骨組織形態の大きさは同じ種のなかでも個体によって相違するが、大きさの平均値が顕著に異なる動物間で比較するときは、種内の個体差の影響は小さいとみなしてよい〔澤田ほか、2010〕。骨組織形態計測においてオステオンやハバース管の大きさは動物種の識別に有効とされており〔Currey, 1960; Harsányi, 1993〕、特にH-On示数は人獣鑑別に優れた指標である〔澤田ほか、2010; 澤田・奈良、2015〕。

試料はいずれも二次オステオンを主体とする緻密質であり、骨質が厚いことから中・大型哺乳類に比定される。このうち、試料NB01とNB03のOn.Ar、H.Ar、H-On示数は中・大型哺乳類の中でもヒトの値の範囲内ないしヒトに近い値を示したことから(図1・2)、これら2点の試料はヒトの可能性がきわめて高いと判断してよい。偶蹄目などヒト以外の一部の動物群に発達する葉状骨が試料に認められなかったことも、この見解と矛盾しない。なお、軟部組織に包まれた生骨が強く焼成したとき、高温により組織形態が変化することがある〔Nelson, 1992〕。しかしながら、試料の表面に生骨焼成に伴う亀裂〔cf. 池田, 1981〕が生じておらず、試料NB03に良好な組織形態が保存されていたことも考慮すると、焼骨であったとしても組織形態の変化の影響は小さいと思われる。

ヒトの骨組織形態は成長段階によって異なっており、例えば新生児から乳児の大腿骨骨幹部は一次骨を主体とするが(写真2-14)、2歳を過ぎると二次骨(二次オステオン)が散見されるようになり、成長に伴って二次骨の占める割合は増加していく〔Kerley, 1965; Sawada et al., 2004〕。試料は一次骨をほとんど含まず、二次オステオンを主体としていたことから、ある程度成長が進んだ個体に由来するとみなして大過ない。

試料NB02は中・大型哺乳類に類似していたものの、保存不良ゆえ人獣鑑別は困難であった。ただし、ヒトの特徴に合致しない組織形態は見られなかったことから、

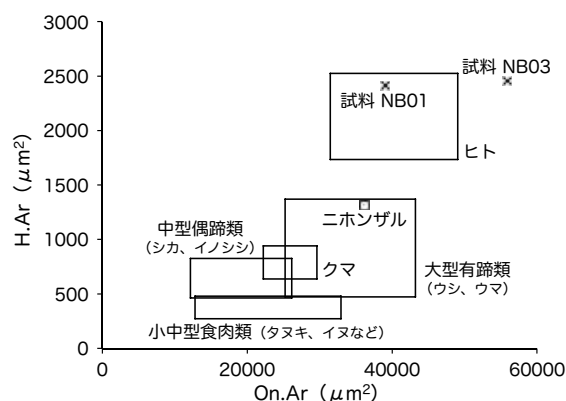


図1 オステオン面積 (On.Ar) とハバース管面積 (H.Ar)

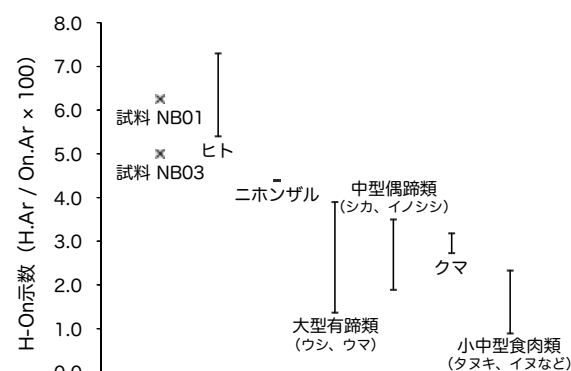


図2 オステオンとハバース管の面積比 (H-On示数)

ヒトの可能性は否定されない。

(6) 結 語

仲歩切遺跡平成26年度工事立会のSK 8-1～3から出土した白色の骨様物質を組織形態学的に検討した結果、これらがいずれも中・大型哺乳類の緻密質であることを明らかにした。なかでもSK 8-1・3から出土した骨片は、人骨の可能性が高いと考えられた。SK 8-2から出土した骨片は保存状態が悪く、人獣鑑別に至らなかった。(澤田純明・佐伯史子・奈良貴史)

引用・参考文献

- Currey J.D. (1960) Differences in the blood-supply of bone of different histological types. *Quart J Microscopic Sci*, 101: 351-370.
- Greenlee D.M. and Dunnell R.C. (2010) Identification of fragmentary bone from the Pacific. *J Archaeol Sci*, 37: 957-970.
- Harsányi L. (1993) Differential diagnosis of human and animal bone. In: Grupe G. and Garland A.N. (eds.) *Histology of Ancient Human Bone: Methods and*

Diagnosis, Springer, Berlin, pp. 79-94.

Hillier M. and Bell L.S. (2007) Differentiating human bone from animal bone: a review of histological method. J Forensic Sci, 52: 249-263.

Kerley E.R. (1965) The microscopic determination of age in human bone. Am J Phys Anthropol, 23: 149-164.

Mulhern D.M. and Ubelaker D.H. (2012) Differentiating human from nonhuman bone microstructure. In: Crowder C.M. and Stout S.D. (eds.) , Bone Histology, CRC Press, Boca Raton, pp. 109-134.

Nelson R. (1992) A microscopic comparison of fresh and burned bone. J Forensic Sci, 37: 1055-1060.

Pfeiffer S. (2000) Palaeohistology: health and disease. In: Katzenberg M.A. and Saunders S.R. (eds.) , Biological Anthropology of the Human Skeleton, Wiley-Liss, New York, pp. 287-302.

Sawada J., Kondo O., Nara T., Dodo Y., Akazawa T. (2004) Bone histomorphology of Dederiyeh Neanderthal child. Anthropol Sci, 112: 247-256.

Sawada J., Nara T., Fukui J., Dodo Y., Hirata K. (2014) Histomorphological species identification of tiny bone fragments from a Paleolithic site in the Northern Japanese Archipelago. J Archaeol Sci, 46: 270-280.

池田次郎 (1981) 出土火葬骨について. 奈良県立橿原考古学研究所編, 太安萬侶墓, 奈良県教育委員会, 橿原市, pp. 79-88.

澤田純明・奈良貴史・中嶋友文・斉藤慶吏・百々幸雄・平田和明 (2010) 骨組織形態学的方法による骨小片の人獣鑑別: 東北北部の平安時代遺跡から出土した焼骨の分析. Anthropol Sci (J Ser) , 118: 23-36.

澤田純明・奈良貴史 (2015) 大沢谷内遺跡出土焼骨の肉眼観察および骨組織形態学的所見. 新潟市文化財センター編, 大沢谷内遺跡Ⅳ第19・20・21次調査, 新潟市教育委員会, 新潟, pp. 154-158.

附表 比較動物標本の骨組織形態計測値

分類群	薄切標本番号	n	On.Ar (μm^2)		H.Ar (μm^2)		H-On示数	
			Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
霊長類								
ヒト	Homo03Ha	39	31463.8	10540.8	2040.9	894.7	6.9	3.2
ヒト	Homo01Fa	54	41846.8	15999.8	2524.5	1189.9	6.4	3.1
ヒト	Homo02Fa	55	33931.6	12228.2	1734.3	994.3	5.4	3.0
ヒト	Homo04Fa	46	35774.2	11193.3	2336.2	920.5	6.9	3.0
ヒト	Homo05Fa	22	36560.1	12066.7	1748.7	985.1	5.4	3.5
ヒト	Homo06Fa	26	49038.7	22959.9	2334.5	1327.7	5.4	3.6
ニホンザル	Macaca01Fa	12	36154.1	10694.8	1317.3	605.3	4.4	1.3
奇蹄類								
ウマ	Eq01F	55	41422.9	23738.4	1371.1	692.8	3.9	2.4
偶蹄類								
イノシシ	Sus01H	28	25294.5	11043.3	463.7	166.8	2.0	0.7
イノシシ	Sus01F	11	24932.9	10758.4	680.7	386.8	3.0	1.7
イノシシ	Sus02H	87	19673.2	7155.0	646.0	287.1	3.5	1.6
イノシシ	Sus02F	29	25740.1	7559.2	827.7	359.7	3.2	1.0
ニホンジカ	Cervus02Ha	51	19076.6	6231.2	469.4	139.4	2.6	0.9
ニホンジカ	Cervus03Ha	30	20618.6	7048.2	503.5	172.9	2.6	0.8
ニホンジカ	Cervus01Ra	49	12144.2	4344.5	—	—	—	—
ニホンジカ	Cervus01Fp	39	17965.2	8821.4	506.8	220.8	3.2	1.4
ニホンジカ	Cervus03Fp	48	22522.9	9747.8	722.2	317.6	3.4	1.4
カモシカ	Cap01F	32	26140.1	8269.3	485.8	208.0	2.0	1.0
ウシ	Bos04Ha	71	43209.7	14662.3	591.4	241.9	1.5	0.7
ウシ	Bos02Fa	25	31532.4	10001.6	699.6	283.2	2.3	0.8
ウシ	Bos03Fa	16	28061.3	10802.0	714.8	338.1	2.6	1.0
食肉類								
キツネ	Nyctes01M	21	32937.9	10748.3	294.6	142.3	1.9	0.5
タヌキ	Nyctereutes01Fp	13	22022.3	11545.9	480.1	192.8	2.5	1.1
イヌ	Canis01Fa	26	12789.2	5187.9	298.2	163.3	3.7	2.1
イヌ	Canis01Ta	65	15291.4	4916.0	273.3	131.0	2.8	0.8
クマ	Ursus01Ha	114	26356.1	11206.4	719.5	296.4	3.1	1.6
クマ	Ursus01Ra	109	29614.9	11581.4	942.1	400.1	3.4	1.2
クマ	Ursus01Fa	131	22203.2	8273.8	637.3	318.1	3.0	1.4
クマ	Ursus01Ta	138	22496.6	8158.6	715.9	356.1	3.3	1.3

n: 完形の二次オステオンの個数. On.Ar: 完形の二次オステオンの面積.
H.Ar: 完形の二次オステオン内にあるハバース管の面積. H-On示数: (H.Ar/On.Ar) × 100.
データはSawada et al. (2014) と澤田・奈良 (2015) に基づく.