

大连市广鹿岛小珠山遗址出土动物遗骸的锶同位素比值分析

赵春燕 吕鹏 袁靖 金英熙 贾笑冰

关键词：小珠山遗址 动物 锶同位素分析

KEYWORDS: Xiaozhushan Site Fauna Strontium Isotope Analysis

ABSTRACT: Strontium isotope ratio ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) analysis of animal tooth enamel and bone samples, including 5 rodents, 47 pigs, and 19 deer, unearthed from the Xiaozhushan site, was conducted through thermal ionization mass spectrometry. First, this study establishes the range of bioavailable strontium ratios of the Xiaozhushan site based on strontium isotope ratios of deer tooth enamel samples. Secondly, according to the range of strontium isotope ratios, it is inferred that non-local pig individuals appeared at Xiaozhushan during Xiaozhushan culture phase III, all the way through phase IV and V. The great discrepancy in strontium isotope ratios of non-local pig individuals between phase III and phase IV-V suggests diverse geographic origins.

前 言

小珠山遗址位于辽宁省大连市长海县广鹿岛的小珠山东坡，考古发掘初步确立了辽东半岛的新石器时代文化序列^[1]。对小珠山遗址的动物考古学研究发现，史前居民获取动物资源的方式主要包括家畜饲养、狩猎和渔业等三种，在保持渔捞（捕捞贝类为主、捕鱼为辅）为重要方式且在各期无明显变化的情况下，对哺乳动物的获取经历了由以狩猎占绝对主导转向家畜饲养为主的过程^[2]。在这一过程中，家畜出现的时间及其来源，是值得关注的问题。利用锶同位素分析技术对小珠山遗址出土动物遗骸进行检测与研究，可以探索该遗址出土的动物是否为当地出生抑或来源不同，为进一步研究辽东半岛新石器时代文化内涵及与其他地区间是否存

在交流关系，明确辽东半岛在环渤海新石器时代文化中的地位和作用将有所助益。

锶同位素分析技术应用于考古学研究已有30余年的历史^[3]，实践证明这一方法的应用是有前提条件的。首要前提是如何确定某一地区的锶同位素比值特征。地质学研究已表明同一地区不同岩石和不同矿物之间的锶同位素组成可能有显著差别，而岩石风化形成土壤，导致锶进入土壤并进入地下水体系，形成了具有不同的锶同位素特征的区域。一般以 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值作为某一地区的表征指标。小珠山遗址位于广鹿岛上，四周被海水包围，与大陆隔海相望，从理论上讲遗址具有自己独特的地区锶同位素比值范围。随之而来的问题是如何确定这一地区的锶同位素比值特征。

国外学者对加勒比地区许多岛屿的研

作者：赵春燕、吕鹏、袁靖、金英熙、贾笑冰，北京市，100101，中国社会科学院考古研究所。

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

究结果显示，生物可利用锶同位素比值与地质样品锶同位素比值之间存在明显差异，而且 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值数据集之间的巨大差异很可能是多种因素共同作用的结果，其中包括海洋衍生锶（通过海浪和降雨）输入陆地岛屿生态系统。因此，不能直接从该地区的相关地质条件中推断出本地生物可利用的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值的绝对范围，岛屿环境中更有效的策略是将重点放在生物圈的直接采样上^[4]。这些结果对其他有关 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值空间模式研究的潜在重要意义是地质替代数据在岛屿、海岸和群岛环境中的用途可能有限。建议将生物圈样品直接取样作为一种更合适的方法。换句话说，地质学上的样品不能提供加勒比许多地区生物可利用的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值范围的准确估计。因植物的锶同位素比值变化范围小于土壤，动物主要以当地植物为食，导致其机体内锶同位素水平进一步平均化，锶同位素比值变化小于植物。因此可以利用当地的动物牙釉质或骨骼的锶同位素比值确定地区生物可利用的锶同位素比值特征^[5]。也就是说，生存在同一个地区的动物，其体内的锶同位素比值是与当地的锶同位素比值的地区特征相一致的。而对于生存在不同地区的同一种动物，其体内的锶同位素比值就可能因地质背景不同而具有差异性。所以，可以通过锶同位素的地区特征追溯动物的栖息地。对于出土动物来说，这种区域性指标在易于保存的牙齿、骨骼中可以找到^[6]。小珠山遗址出土了多种动物遗骸，为建立当地生物可利用锶同位素的比值范围提供了较好的评估标本。如何确认何种动物可以代表当地动物，需要结合研究区域的特定考古学文化、生态和地理环境及动物生活习性等因素加以综合考虑，必须根据当地情况调整抽样策略，因为不同种类的动物栖息在不同的区域并且有不同的活动范围。如小型啮齿类动物相对大型食草类动物而言，其活动范围相对较小，可能不会摄取一个给定遗址周围的所有来源

的锶。大型食草动物活动范围比较大，可能从遗址周围不同源区的植物中获取锶并进入到体内。人类是杂食性的，食物中既包括许多种类的植物，也包括许多活动范围不同的动物，体内的锶同位素比值特征更具有代表性。猪和狗也是杂食性的动物，而且被人类驯养的历史比较长。史前时期的猪和狗作为家养动物，很可能吃的是人类的生活残余，其食物来源与人基本相同。从理论上讲，它们体内的锶同位素比值和人应该是一致的^[7]。所以，目前的研究认为，在确认猪和狗是家畜的前提下，可以用考古出土猪和狗的牙釉质样品建立当地生物可利用锶同位素的比值范围。我们在中原地区一系列史前遗址的研究也证实上述认识具有普适性^[8]。

不过，在一个遗址如何确定所在地生物可利用锶同位素比值范围是比较复杂的问题，应根据遗址的具体情况加以分析判断，不能一概而论。因为考古遗址所在地的生物可利用锶同位素比值范围的确定对数据结果的解释具有举足轻重的作用，往往微小的变化都可能引起结论的不同。通常情况下，遗址所在地区的地质背景、人类遗骸、动物群等的同位素比值范围应保持大体一致，彼此构成一条证据链，这是获得所在地生物可利用锶同位素比值范围的相对理想的结果。但是在考古学研究中，往往不能同时具备以上全部条件，通常检测样品的选择要受到田野考古发掘的限制。也就是说，考古发掘出土的标本量是有限的，而且这些有限的标本也不一定完全符合检测的要求，如有些个体仅存骨骼，缺失牙齿；有些经过长时期的埋藏，骨骼样品受到埋藏环境污染的问题也要考虑，还需要仔细选择并经过初步检测剔除掉一些样品。所以，有时不能获得充分的样品量，所得出的研究结果可能会存在偏差。尽管如此，30多年来，研究者们并没有停下在这一领域探索的脚步，反而有越来越多的人加入进来，所研究的遗址地理范围遍及世

界各地^[9]。小珠山遗址的考古发掘情况比较特殊,迄今为止尚没有发现人类遗骸,因此只能从动物群的角度探索所在地生物可利用锶同位素比值范围。

小珠山遗址出土动物遗存有腹足纲、瓣鳃纲、甲壳纲、鱼纲、爬行纲、两栖纲、鸟纲和哺乳纲等共计8纲20目33科73种。依据骨骼形态、测量数据、年龄结构和数量比例等,发现小珠山遗址潜在的家畜种类主要是狗和猪,黄牛的数量极少。而且它们出现的时间有早晚之分:小珠山文化第一期已出现家犬,第三期出现家猪,第五期可能出现家养黄牛,但不能确定是否为广鹿岛本地驯养^[10]。

针对小珠山遗址出土动物遗骸的具体情况,我们首先选择遗址出土的啮齿动物、猪及野生的鹿等具有代表性的动物进行了锶同位素比值测定,并根据测定结果分别计算这几种动物锶同位素比值的标准偏差,以此判断何种动物是当地动物的可能性更大。其次在上述基础之上,通过计算建立小珠山遗址所在广鹿岛范围内的生物可利用锶同位素比值范围。然后以此范围探讨家畜驯养及来源问题。最后要充分考虑到出土动物的考古学背景及食性分析等研究结果,从而使建立在检测数据基础之上的推断与出土动物的考古学研究结果互为验证并相互呼应。

一、材料与方 法

(一) 考古背景与样品选择

小珠山遗址所在的广鹿岛为辽东半岛东侧黄海上的一 个小岛,长约10.1、宽约2.68公里,陆域面积约26.39平方公里,海岸线长约40.2公里,距大陆最近处约12.4公里。历史上广鹿岛曾与辽东半岛相连,故形成之初,野生动植物资源可能与半岛大体相同。岛上曾经野鹿成群,故名广鹿^[11]。广鹿岛现今陆域的形成大体在距今8500年左右。小珠山遗址位于广鹿岛中部的吴家村西,是一处

新石器时代中晚期的贝丘遗址。1978年辽宁省博物馆等单位曾对该遗址进行了小规模 的试掘,并将遗址分为小珠山下层、中层和上层文化,初步确定了辽东半岛新石器时代文化序列^[12]。2006~2008年,中国社会科学院考古研究所对遗址进行了发掘,出土了较多的考古遗迹和遗物,发掘者将遗址文化堆积分为五期:第一期年代为距今6500年左右,第二期年代为距今6000年左右,第三期年代为距今5500年左右,第四期年代为距今5000年左右,第五期年代为距今4500年左右^[13]。

本次研究选择了小珠山遗址出土的5份啮齿动物骨骼、47份猪和19份鹿的牙齿作为检测样品(表一)。根据考古学研究,本次检测的小珠山遗址动物遗存均出自小珠山文化第一至五期。此外,严格说来,动物牙齿的M1或M2的锶同位素比值应更具代表性,所以选择了鹿和猪的M1或M2牙齿作为标本。

(二) 样品的预处理与锶同位素比值测定

样品的预处理是在中国社会科学院考古研究所超净实验室内进行。首先用工具打磨每一个样品表面,除去任何可见的污垢或杂色物质,之后用纯净水超声清洗三次,每次20分钟;再加入Milli Q超纯水,超声清洗三次,每次20分钟。之后加入Milli Q超纯水,超声清洗20分钟,将洗液转移至样品瓶中,上机检测离子含量,直至清洗液中离子含量不再发生变化而止。清洗后的样品加入百分之五稀醋酸(优级纯),超声清洗30分钟,浸泡7小时,将稀醋酸倒掉,再加入Milli Q超纯水,超声清洗三次,每次20分钟。然后样品放入恒温干燥箱干燥后,于825℃下灼烧8小时。灰化后的样品进行锶同位素比值的测定,所用仪器为ISOPROBE-T热电离质谱仪,单带, M+, 可调多法拉第接收器接收。质量分馏用⁸⁶Sr/⁸⁸Sr=0.1194校正,标准测量结果是NBS987为0.710250±0.000007。

表一 小珠山遗址出土动物遗骸的锶同位素比值检测结果

序号	样品编号	样品名称	取样部位	分期	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	2σ
1	2008LCXT1612⑨B	猪	牙齿	一	0.711285	0.000014
2	2009LCXT1313⑭	猪	牙齿	一	0.711307	0.000014
3	2008LCXT1512⑮	猪	牙齿	一	0.711206	0.000014
4	2009LCXT1313⑩	猪	牙齿	一	0.710838	0.000017
5	2008LCXT1512⑭	猪	牙齿	一	0.711467	0.000015
6	2009LCXT1312⑳	猪	牙齿	一	0.711348	0.000017
7	2009LCXT1513㉘	猪	牙齿	一	0.711381	0.000015
8	2009LCXT1713H6	鹿	牙齿	一	0.711509	0.000009
9	2009LCXT1412西扩F5③	鹿	牙齿	一	0.710899	0.000012
10	2009LCXT1513㉙	小鹿	牙齿	一	0.711262	0.000010
11	2009LCXT1612东隔梁⑯	鹿	牙齿	一	0.711237	0.000009
12	2009LCXT1413㉚	猪	牙齿	二	0.710847	0.000016
13	2006LCXT1612⑥A	猪	牙齿	二	0.711400	0.000016
14	2009LCXT1513F8②	猪	牙齿	二	0.710611	0.000014
15	2009LCXT1413F8⑤:2	猪	牙齿	二	0.711436	0.000014
16	2009LCXT1713西扩⑩	猪	牙齿	二	0.710891	0.000010
17	2009LCXT1613⑧	猪	牙齿	二	0.710874	0.000010
18	2009LCXT1612⑨A	猪	牙齿	二	0.710897	0.000014
19	2009LCXT1413㉛	小鹿	牙齿	二	0.711228	0.000011
20	2009LCXT1513F8②	鹿	牙齿	二	0.710748	0.000010
21	2008LCXT1512⑩D	小鹿	牙齿	二	0.711077	0.000014
22	2009LCXT1213北隔梁⑦	猪	牙齿	三	0.710793	0.000008
23	2009LCXT1313⑧	猪	牙齿	三	0.709416	0.000012
24	2009LCXT1513⑱	猪	牙齿	三	0.711582	0.000012
25	2009LCXT1413H17	猪	牙齿	三	0.712551	0.000019
26	2009LCXT1913西扩T1612⑦A2	猪	牙齿	三	0.711431	0.000011
27	2008LCXT1512西扩F5①	猪	牙齿	三	0.712501	0.000013
28	2009LCXT1713西扩T1612⑦A2	猪	牙齿	三	0.711477	0.000012
29	LCXT1211.8D7	猪	牙齿	三	0.711020	0.000013
30	2009LCXT1513⑲	猪	牙齿	三	0.710549	0.000014
31	2009LCXT1011⑯	猪	牙齿	三	0.709018	0.000016
32	2009LCXT1312⑯	猪	牙齿	三	0.711814	0.000019
33	2009LCXT1413⑲	猪	牙齿	三	0.711024	0.000018
34	2008LCXT1512⑩	猪	牙齿	三	0.710773	0.000015
35	2009LCXT1412⑲	鹿	牙齿	三	0.710924	0.000010
36	2009LCXT1613H15①	鹿	牙齿	三	0.710840	0.000016
37	2009LCXT1412⑳	小鹿	牙齿	三	0.711039	0.000017
38	2008LCXT1512⑦A	小鹿	牙齿	三	0.710841	0.000013
39	2009LCXT1312㉓	鹿	牙齿	三	0.710988	0.000011
40	2006LCXT1612④A	猪	牙齿	四	0.711150	0.000014

续表一

序号	样品编号	样品名称	取样部位	分期	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	2σ
41	2006LCXT1010③	猪	牙齿	四	0.711210	0.000012
42	2009LCXT1311③	猪	牙齿	四	0.712547	0.000016
43	2009LCXT1011⑨	猪	牙齿	四	0.712577	0.000019
44	2009LCXT1412③A	猪	牙齿	四	0.711474	0.000018
45	2009LCXT1311⑩	猪	牙齿	四	0.710914	0.000018
46	2009LCXT1412③C	猪	牙齿	四	0.712403	0.000012
47	2009LCXT1312⑦	猪	牙齿	四	0.711206	0.000016
48	2009LCXT1413⑦	猪	牙齿	四	0.711443	0.000016
49	2008LCXT1211⑤	猪	牙齿	四	0.711892	0.000014
50	2006LCXT1612⑨B	鹿	牙齿	四	0.710629	0.000011
51	2009LCXT1412⑤	小鹿	牙齿	四	0.711183	0.000014
52	2009LCXT1513②A	鹿	牙齿	四	0.711237	0.000010
53	2008LCXT1211⑩	鹿	牙齿	四	0.711432	0.000012
54	2009LCXT1312⑥	猪	牙齿	五	0.713667	0.000010
55	2009LCXT1713③C西扩	猪	牙齿	五	0.711155	0.000016
56	2009LCXT1412③B	猪	牙齿	五	0.712050	0.000019
57	2009LCXT1713③B	猪	牙齿	五	0.713610	0.000012
58	2009LCXT1713西扩③C与4层中间大贝壳层	猪	牙齿	五	0.711160	0.000018
59	2009LCXT1513⑤A	猪	牙齿	五	0.711594	0.000019
60	2006LCXT1612①	猪	牙齿	五	0.710399	0.000018
61	2009LCXT1312⑤	猪	牙齿	五	0.711300	0.000012
62	2008LCXT1211③	猪	牙齿	五	0.710492	0.000018
63	2009LCXT1313③	猪	牙齿	五	0.712134	0.000019
64	2009LCXT1613④C	鹿	牙齿	五	0.711081	0.000011
65	2009LCXT1113⑤	小鹿	牙齿	五	0.711055	0.000014
66	2009LCXT1513北隔梁④C	鹿	牙齿	五	0.710891	0.000014
67	2009LCXT1412西扩⑦	啮齿动物	骨骼	一	0.710868	0.000014
68	2006LCXT1010⑩	啮齿动物	骨骼	三	0.711026	0.000016
69	2009LCXT1513⑨	啮齿动物	骨骼	三	0.710759	0.000014
70	2008LCXT1211⑤	啮齿动物	骨骼	四	0.710889	0.000012
71	2008LCXT1112③	啮齿动物	骨骼	五	0.711201	0.000015

二、结果与讨论

(一) 检测结果

小珠山遗址出土动物牙釉质的锶同位素分析结果列于表一。

(二) 小珠山遗址当地生物可利用锶同位素比值范围的建立

前面我们已经提到, 若要探索遗址出土

动物的来源, 首先必须建立当地的生物可利用锶同位素比值范围, 这必须确定何种动物是当地动物。根据国外学者的研究结果, 一般依据计算所有动物锶同位素比值的标准偏差结果来确定^[4]。相对其他动物, 某种动物锶同位素比值的标准偏差越小, 是当地动物的可能性越大。依据此次对小珠山遗址出土动物遗骸的锶同位素比值的测定结果, 经过

计算得出各种动物的标准偏差列于表二。从表二的数据可以看出，啮齿动物的锶同位素比值的标准偏差小于鹿，而鹿的标准偏差小于猪，可以推断啮齿动物是当地动物的可能性最大，其次是鹿。

国际上一般是以遗址出土的当地动物牙釉质锶同位素比值的平均值及两倍标准偏差来确定当地的生物可利用锶同位素比值范围^[15]。因此，根据小珠山遗址出土啮齿动物的锶同位素比值测定结果，经过计算得到5个啮齿动物的锶同位素比值的平均值为0.710949，将该平均值增加两倍或减少一半标准偏差可以得到其锶同位素比值范围在0.710609~0.711289之间。再依据19个鹿牙釉质的锶同位素比值，经过计算可以得到其锶同位素比值范围为0.710600~0.711516。虽然二者之间的数值范围略有不同，但反观啮齿动物锶同位素比值均在鹿牙釉质的锶同位素比值范围之内，二者互为验证，彼此构成证据链。前已述及，确认当地的动物需要结合考古学背景。具体到小珠山遗址所在的广鹿岛，在距今8500年左右，随着海平面上升，广鹿岛从大陆板块脱离，从而导致以鹿科动物为代表的野生哺乳动物滞留在岛上^[16]，所以鹿应是当地动物。其次，啮齿动物的活动范围相对鹿而言比较小，可能不会摄取一个给定遗址周围的所有来源的锶。而

鹿作为大型食草动物，活动范围比较大，可能从遗址周围不同源区的植物中获取锶并进入到身体组织中。而且，本次研究是以广鹿岛作为建立当地生物可利用锶同位素比值范围的地理边界，因此，选择活动范围比较大的野生哺乳动物鹿应该比活动范围较小的啮齿动物更具有代表性。最后，考虑到鹿的检测样品为牙齿，比啮齿动物所用的骨骼样品受到污染的可能性更小，而且鹿的检测样品为19份，大于啮齿动物的5份样品，从统计学角度来说选择鹿更具有代表性。所以，选择以鹿牙釉质的锶同位素比值建立当地的生物可利用锶同位素比值范围也是更恰当的。

(三) 小珠山遗址不同时期出土猪和鹿的锶同位素比值分析

小珠山遗址共分五期，年代跨度大约为两千年，现将每个时期猪和鹿的锶同位素比值分析结果分别进行讨论。根据小珠山遗址不同时期猪和鹿的锶同位素比值分析数据，通过计算获得各个时期猪和鹿的锶同位素比值平均值和标准偏差，列于表三。

从表三的数据可以看出，第一期的猪与鹿无论是锶同位素比值平均值或者标准偏差数值之间的差距均不大；第二期的猪与鹿锶同位素比值平均值之差并不大，但标准偏差数值之间差距加大；从第三期开始，猪的锶同位素比值的标准偏差数值突然增大，到第四

表二 小珠山遗址不同种类动物遗骸的锶同位素比值的标准偏差值

动物种类	锶同位素比值的平均值	标准偏差
啮齿动物	0.710949	0.000170
鹿	0.711058	0.000229
猪	0.711364	0.000853

表三 小珠山遗址不同时期猪和鹿的锶同位素比值的平均值及标准偏差

分期	猪的锶同位素比值平均值	猪的锶同位素比值标准偏差	鹿的锶同位素比值平均值	鹿的锶同位素比值标准偏差
第一期	0.711261	0.000204	0.711227	0.000251
第二期	0.710994	0.000306	0.711018	0.000245
第三期	0.711073	0.001030	0.710926	0.000088
第四期	0.711682	0.000627	0.711120	0.000345
第五期	0.711756	0.001141	0.711009	0.000103

期和第五期，一直居高不下。

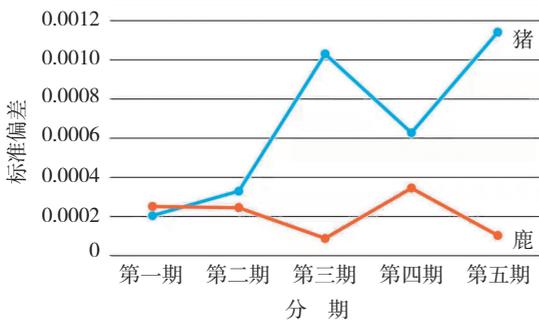
将不同时期猪与鹿的锶同位素比值平均值及标准偏差分别做成曲线图（图一；图二），可以更直观地说明二者的不同。从图一和图二可以清楚地看出，小珠山遗址出土鹿牙釉质的锶同位素比值的平均值及标准偏差曲线从早期到晚期一直比较平稳。相对鹿而言，猪的牙釉质锶同位素比值平均值或者标准偏差的曲线起伏较大，关键节点出现在第三期。

（四）小珠山遗址家猪出现的时间

为了更清晰地显示小珠山遗址不同时期动物遗骸的锶同位素比值分析结果，以探讨小珠山遗址家猪出现的时间。根据小珠山遗址出土动物遗骸的保存状况，在条件允许的情况下，每一期都分别采集了一定数量的猪和鹿牙釉质样品。将所测定的71份动物遗骸样品的锶同位素比值绘制在图三中。由图三



图一 小珠山遗址不同时期猪和鹿的锶同位素比值平均值



图二 小珠山遗址不同时期猪和鹿的锶同位素比值标准偏差

结合表一数据可以看出，小珠山文化第一、二期的猪牙釉质的锶同位素比值全部在遗址当地的生物可利用锶同位素比值范围之内，说明这些猪可能全部属于当地。至小珠山文化第三期，出土猪的牙釉质的锶同位素比值开始出现高于或低于遗址当地的锶同位素比值范围的现象，说明小珠山文化第三期的猪可能有外来个体。再至小珠山文化第四期和第五期，出土猪的牙釉质的锶同位素比值又出现高于遗址当地的锶同位素比值范围的个体，而且数值与前期的异常个体数值相差较大，推测后期的猪的来源可能与前期不同。

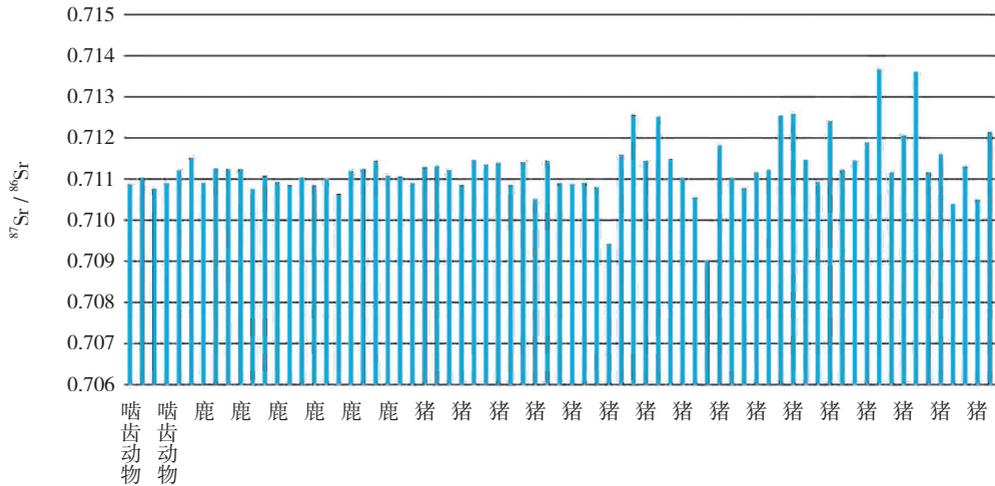
根据小珠山遗址出土动物遗骸的碳同位素值分析结果可知，野生动物鹿的碳同位素值表明其食物基本来自C₃类食物，意味着岛上自然环境中基本为C₃植物^[17]。因此，野猪以及放养情况下的家猪也应表现出与鹿类似的同位素特征。从小珠山遗址第三期开始，

部分猪的食物中有了C₄类食物，同时从小珠山遗址第三期开始，猪骨的数量大幅度增加，小珠山遗址出土猪的牙釉质的锶同位素比值也在第三期开始呈现出高于或低于遗址当地的生物可利用锶同位素比值范围。综合以上因素，推测至少在小珠山遗址第三期时，广鹿岛已经出现了家猪。

（五）小珠山遗址家猪来源试析

进一步考察小珠山文化第三期的13头猪的牙釉质的锶同位素比值可以发现，仅有6头猪牙釉质的锶同位素比值在遗址当地生物可利用锶同位素比值范围之内，其他7头猪牙釉质的锶同位素比值均在遗址当地的生物可利用锶同位素比值范围以外，推测它们至少有一部分可能是外来的。

这7头猪中有4头的牙釉质的锶同位素比值高于遗址当地的生物可利用锶同位素比值范围；还有3头的牙釉质的锶同位素比值低于遗址当地的生物可利用锶同位素比值范围。其中2009LCXT1313⑧猪的牙釉质



图三 小珠山遗址出土动物牙釉质锶同位素比值柱状图

锶同位素比值是0.709416, 较为特殊, 需要单独讨论。现代海水的锶同位素比值为固定值, 该值为0.70920^[18]。研究表明渤海湾南部6000多年来海水锶同位素变化范围在 $0.709215 \pm 12 \sim 0.709489 \pm 15$ 之间, 平均值为0.709360, 明显高于同期大洋海水的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值0.70920^[19], 主要原因是渤海湾紧接大陆, 陆源物对渤海湾的大量输入, 是其海水锶同位素 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值增高的原因。上面提到的编号为2009LCXT1313⑧具有特殊锶同位素比值的猪, 其牙釉质的锶同位素比值恰在渤海湾海水的锶同位素比值变化范围内, 但因为目前没有小珠山遗址周围所在黄海海域的锶同位素比值变化范围进行对比, 所以尚不能确定这头猪来自渤海湾地区。但可以确定的是这头猪牙釉质的锶同位素比值均在海水的锶同位素比值变化范围内, 而不在广鹿岛陆地锶同位素比值范围。猪是杂食性陆地动物, 体内的锶同位素比值却呈现出海洋生物特征, 说明这头猪可能是人工饲养的。无独有偶, 根据小珠山遗址出土动物骨骼的碳氮稳定同位素研究, 发现从小珠山遗址第二期开始, 遗址的狗就以海洋性食物为主食了^[20]。猪和狗作为家养动物, 可能是以人类的生活残余为食, 因猪的生长周期较短, 牙齿的锶同位素比值代表的是个体幼年栖息地

的饮食, 从食物吸收转化至牙齿内也需要一定的时间。所以, 小珠山文化第三期的这头猪若以海产品为主食也就不足为奇了。此外, 经过研究还发现, 小珠山史前居民获取动物资源的方式中, 渔业捕捞(捕捞贝类为主、捕鱼为辅)历来是一种重要方式且在各期无明显变化, 这也从侧面证实当时居民用海产品饲养家猪。

动物考古学研究结果证明猪在我国很早就进行饲养, 是最重要的家畜之一。袁靖提出的判别标准有测量猪的牙齿和骨骼、判断它的年龄结构、计算其在全部动物中所占的比例及参照考古学文化背景等^[21]。根据家畜的判别标准, 早在公元前6600年的贾湖遗址就已有人工饲养的家猪^[22]。

因小珠山遗址与辽东半岛隔海相望, 直线距离为12.4公里左右。小珠山遗址小珠山文化第三期的年代为距今5500年左右, 此时的大连地区已经出现了家猪饲养, 证据是大连北吴屯遗址出土的猪下颌牙齿排列紧密, 犬齿不发育, 第三臼齿尺寸与家猪无异, 且出土了相当数量肢骨骨骺未愈合的标本^[23]。小珠山遗址与辽东半岛大致在同一时期出现家猪饲养, 而且小珠山遗址家猪存在较高比例异地输入的可能, 这应该不是偶然现象, 背后的原因值得进一步探讨。

结 语

为了解小珠山遗址史前居民在获取动物资源的过程中家畜出现的时间及其来源，本文对小珠山遗址出土动物遗存进行了锶同位素比值分析，并结合相关研究成果探讨了小珠山遗址猪的饲养方式及其可能来源。

通过测定小珠山遗址出土的啮齿动物、猪与鹿牙釉质的锶同位素比值，经过计算得知啮齿动物的锶同位素比值的标准偏差小于鹿，而鹿的标准偏差小于猪，可以推断啮齿动物为当地动物的可能性最大，其次是鹿。由于本次研究是以广鹿岛为地理边界建立当地生物可利用锶同位素比值范围并结合考古学背景，选择以鹿牙釉质的锶同位素比值建立了当地的生物可利用锶同位素比值范围。根据此锶同位素比值范围，可以推测小珠山遗址出土的猪从小珠山文化第三期开始出现外来个体；小珠山文化第四期和第五期出土的猪中始终存在外来个体，而且这些外来猪牙釉质的锶同位素比值与前期的异常个体数值相差较大，推测后期的猪的来源可能与前期不同。

根据对小珠山出土动物的锶同位素比值分析，我们还发现从小珠山遗址第三期开始，出现猪牙釉质的锶同位素比值呈现典型的海洋性特征，这说明猪的食物可能包含海产品，为人工饲养。小珠山遗址与辽东半岛大致在同一时期出现家猪饲养，而且小珠山遗址家猪存在一定比例异地输入的可能，家畜的传入无疑会影响到当地居民获取动物资源的方式，所以，这些现象背后的原因需要进一步探讨。

小珠山遗址动物遗存的锶同位素比值分析为我们探讨在特定的空间范围内如何建立当地的生物可利用锶同位素比值范围提供了很好的资料，也为如何解读锶同位素比值数据背后所蕴含的古代人类生产和生活信息提供了一个范例。

附记：本研究得到中国社会科学院哲学社会科学创新工程“现代分析测试技术在考古学中的应用”（项目编号：2021 KGYJ018）的资助。

注 释

- [1] 中国社会科学院考古研究所等：《辽宁长海县小珠山新石器时代遗址发掘简报》，《考古》2009年第5期。
- [2] 吕鹏等：《人类行为还是环境变迁？——小珠山贝丘遗址动物考古学研究新思考》，《南方文物》2017年第1期。
- [3] a.T. D. Price, et al., Bone Chemistry and the Reconstruction of Diet: Strontium Discrimination in White-tailed Deer, *Journal of Archaeological Science*, 12(6), pp.419-442, 1985.
b.J. H. Burton, et al., The Ratio of Barium to Strontium as a Paleodietary Indicator of Consumption of Marine Resources, *Journal of Archeological Science*, 17, pp.547-557, 1990.
c. J. D. Blum, et al., Changes in Sr/Ca, Ba/Ca and ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr Ratios between Trophic Levels in two Forest Ecosystems in the Northeastern U.S.A., *Biogeochemistry*, 49(1), pp.87-101, 2000.
- [4] E. L. Jason, et al., Spatial Variation of Biologically Available Strontium Isotopes (⁸⁷Sr/⁸⁶Sr) in an Archipelagic Setting: A Case Study from the Caribbean, *Journal of Archaeological Science*, 39(7), pp.2371-2384, 2012.
- [5] A. Sillen, et al., ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr Ratio in Modern and Fossil Food-webs in Sterkfontein Valley: Implications for Early Hominid Habitat Preference, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 62(14), pp.1-2463, 1998.
- [6] T.D.Price, et al., The Characterization of Biologically Available Strontium Isotope Ratios for the Study of Prehistoric Migration, *Archaeometry*, 44(1), pp.117-136, 2002.
- [7] R.A.Bentley, et al., Determining the “Local” ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr Rang for Archaeological Skeletons: A Case Study from Neolithic Europe, *Journal of Archaeological Science*, 31(4), pp.365-375,

- 2004.
- [8] a.赵春燕等：《山西省襄汾县陶寺遗址出土动物牙釉质的锶同位素比值分析》，《第四纪研究》2011年第1期。
b.赵春燕等：《二里头遗址出土动物来源初探——根据牙釉质的锶同位素比值分析》，《考古》2011年第7期。
c.赵春燕等：《河南禹州市瓦店遗址出土动物遗存的元素和锶同位素比值分析》，《考古》2012年第11期。
- [9] a.R.A.Bentley, Strontium Isotopes from the Earth to the Archaeological Skeleton: A Review, *Journal of Archaeological Method and Theory*, 13(3), pp.135-187, 2006.
b.B.P.Kennedy, et al., Natural Isotope Markers in Salmon, *Nature*, 387, pp.766-767, 1997.
c.K.A.Hoppe, Late Pleistocene Mammoth Herd Structure, Migration Patterns, and Clovis Hunting Strategies Inferred from Isotopic Analyses of Multiple Death Assemblages, *Paleobiology*, 30(1), pp.129-145, 2004.
- [10] 同[2]。
- [11] 中国海岛志编纂委员会：《中国海岛志》辽宁卷1册《辽宁长山群岛》第270、271页，海洋出版社，2014年。
- [12] 辽宁省博物馆等：《长海县广鹿岛大长山岛贝丘遗址》，《考古学报》1981年第1期。
- [13] 同[1]。
- [14] T.D.Price, et al., Diagenesis in Prehistoric Bone: Problems and Solutions, *Journal of Archaeological Science*, 19(5), pp.513-529, 1992.
- [15] M.H.Kristin, et al., Variation in Strontium Isotope Ratios of Archaeological Fauna in the Midwestern United States: A Preliminary Study, *Journal of Archaeological Science*, 36(1), pp.64-73, 2009.
- [16] 同[2]。
- [17] 陈相龙等：《从渔猎采集到食物生产：大连广鹿岛小珠山遗址动物驯养的稳定同位素记录》，《南方文物》2017年第1期。
- [18] J.W.Farrell, et al., Improved Chronostratigraphic Reference Curve of Late Neogene Sea-water $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, *Geology*, 23(5), pp.403-406, 1995.
- [19] 孙志国：《黄河三角洲贝壳堤的锶同位素特征》，《海洋地质动态》2003年第7期。
- [20] 同[17]。
- [21] 袁靖：《中国古代家养动物的动物考古学研究》，《第四纪研究》2010年第2期。
- [22] a. J.Yuan, et al., Pig Domestication in Ancient China, *Antiquity*, 76:293, pp.724-732, 2002.
b.T.Cucchi, et al., Early Neolithic Pig Domestication at Jiahu, Henan Province, China: Clues from Molar Shape Analyses Using Geometric Morphometric Approaches, *Journal of Archaeological Science*, 38(1), pp.11-22, 2011.
c.罗运兵等：《河南舞阳县贾湖遗址出土猪骨的再研究》，《考古》2008年第1期。
- [23] 傅仁义：《大连市北吴屯遗址出土兽骨的鉴定》，《考古学报》1994年第3期。

(责任编辑 苗霞)