

풍납토성 출토 동물뼈의 탄소와 질소 안정동위원소 분석을 통해 본 백제시대의 가축사육 양상

최현구 | 신지영¹ | 한지선*
국립문화재연구소 보존과학연구실
*국립중앙문화재연구소

Inferring Animal Husbandry Practice in the Baekje Period using Stable Isotope Analysis of Animal Bones from the Pungnapdoseong Fortress

Hyeon Goo Choe | Ji Young Shin¹ | Ji Sun Han*

Conservation Science Division, National Research Institute of Cultural Heritage, Daejeon, 34122, Korea

*Jungwon National Research Institute of Cultural Heritage, Chungju, 27438, Korea

¹Corresponding Author: archsci@korea.kr, +82-42-860-9259

초록 본 연구에서는 풍납토성 197번지 가-2호 수혈에서 출토된 소, 말, 돼지, 사슴 등 총 17개체에서 추출된 동물뼈 콜라겐의 탄소와 질소 안정동위원소 분석을 통해 백제시대 가축사육 양상을 밝히고자 한다. 탄소 안정동위원소 분석 결과 백제시대에 가축으로 이용되었을 가능성이 높은 소와 말은 사람이 잡곡류 경작의 부산물로 가축 사육을 하여 C₄ 작물의 섭취가 높았고, 야생 동물인 사슴과 돼지의 경우 C₃ 식물을 주로 섭취하였다는 의미 있는 결과를 확인하였다. 질소 안정동위원소 분석 결과 동물을 직접 사냥하지 않는 야생 멧돼지의 경우 초식동물과 비슷한 값을 보이는 반면, 질소 안정동위원소 값이 높은 그룹의 경우 사육으로 사람과 비슷한 식성을 갖는 집돼지라고 추정할 수 있다.

중심어: 동물뼈, 뼈 콜라겐, 탄소-질소 안정동위원소, 백제시대, 가축사육, 풍납토성

ABSTRACT This paper presents a new information on animal husbandry practice in the Baekje period using stable isotope analysis of 17 animal bones excavated from the Pungnapdoseong Fortress. Stable carbon isotope evidence implies that wild animals such as deer and pigs had mainly C₃-based diet whereas domestic cattle and horses might have consumed more C₄ plants. In addition, we propose one potential that domestic pigs show higher nitrogen isotope values in comparison with wild boar because they were possibly fed by humans.

Key Words: Animal bone, Bone collagen, Carbon and nitrogen stable isotopes, Baekje Period, Animal husbandry, Pungnapdoseong Fortress

1. 서론

동물뼈는 과거 사람들의 식생활, 가축 이용, 생계경제, 고환경 등을 연구하는데 매우 중요한 자료이다. 특히 야생 동물의 수렵에서 가축 사육으로의 변화는 농경의 시작 등 과거 사회의 큰 변화를 반영한다. 그 중에서도 야생 동물들에 대해 사냥에서 가축 사육으로의 전환은 야생 식물의 채집에서 작물 재배의 전환과 더불어 채집 경제가 생산 경제로 바뀌는 체제를 연구하는데 있어서 매우 중요한 역할을 한다.

지난 30여 년간 동물뼈 콜라겐의 탄소와 질소 안정동위원소 분석은 식생활(An, 2006; Choy and Richard, 2009), 가축 이용(Kim and Mishimoto, 2010; Lee, 2011a; 2011b; Oelze *et al.*, 2011; Halley and Rosvold, 2014), 환경(Ugan and Coltrain, 2011) 등을 추적하기 위하여 국내외에서 많은 연구들이 진행되어 왔다. 특히 국내에서는 한반도에 야생종이 없는 소와 말과는 달리 멧돼지와 집돼지를 구분이 쉽지 않아 고고학 분야의 과제로 남아 있다(Kim, 2012). 야생종인 멧돼지와 사육종인 집돼지의 구분을 위해서 치아 계측, 두개골 형태 변화, 골격 크기 등 형질 분석과 더불어 탄소와 질소 안정동위원소 분석 등 생화학적 분석 방법의 적용 등이 시도되고 있다. 지금까지 많이 활용되었던 형질 변화의 경우 그 특징을 관찰할 수 있는 동물뼈의 부위가 남아 있지 않거나 가축 순화 초기에 형질적 차이가 크지 않아 이를 확인하기 어려운 한계가 있었다(Lee, 2011a; Kim, 2012).

이에 비하여 뼈 콜라겐의 탄소와 질소 안정동위원소 분석은 섭취한 식료의 종류에 따라 그 특유의 안정동위원소 정보가 기록되며, 이론적으로 시간이 지나도 그 비율이 변하지 않기 때문에 뼈의 주인공이 생전에 섭취한 식료의 종류와 비중 등을 파악할 수 있다. 탄소 안정동위원소 분석을 통해서는 C₃ 식물군(벼, 보리, 밀, 콩 등 $\delta^{13}\text{C} = -34 \sim -22\text{‰}$)과 C₄ 식물군(조, 피, 기장, 수수 등 $\delta^{13}\text{C} = -20 \sim -9\text{‰}$), CAM 식물군(파인애플 등)의 섭취 여부와 비중 등을 알 수 있다. 질소 안정동위원소 분석을 통해서는 동물성 단백질의 섭취 비중과 영양 단계, 동물성 단백질의 기원(육상 동물, 해산 어패류 등)에 관한 정보를 얻을 수 있다(Shin and Lee, 2009). 또한 동물사육실험 결과 식료가 이를 섭취한 동물의 뼈 콜라겐에 기록될 때 탄소 안정동위원소는 약 5‰, 질소 안정동위원소는 약 3~5‰ 증가한다는 것을 알 수 있다(Jim *et al.*, 2004).

이러한 탄소와 질소 안정동위원소 분석을 이용한 가축 사육 양상 연구 사례가 축적되고 있는데, 그 기본 가정은 야생종인 야생 동물은 자발적으로 먹이를 섭취하는 반면 사육종인 가축의 경우 사람이 주는 식료를 주로 섭취한다는 것이다. 국내에서도 고남리패총의 탄소 안정동위원소 분석 결과 신석기시대 출토 사람뼈와 개 1개체는 C₃ 식물군을 주로 섭취하였으나, 청동기시대 출토 사람뼈와 개 1개체의 경우 C₄ 식물군을 주로 섭취하는 등 출토 사람뼈와 개에서 비슷한 식습관을 보인 사례가 발표된 바 있다(An, 2006). 특히 야생 돼지의 경우 자발적으로 먹이를 섭취할 때 주로 C₃ 식물군 위주의 초식을 하는 반면 사람이 주는 먹이를 주로 섭취할 때에는 재배 작물인 조, 피, 기장 등 C₄ 식물군을 주로 섭취하였거나 사람과 함께 육식 섭취를 함으로써 질소 안정동위원소 값이 높았던 사례들이 발표되었다(Minagawa *et al.*, 2005; Lee, 2011a). 고촌리 유적에서 출토된 3~5세기 멧돼지와 돼지 구분을 위하여 형질 변화와 안정동위원소 분석을 진행한 사례(Kim and Mishimoto, 2010), 김해 회현리 출토 멧돼지의 안정동위원소 분석으로 식성 연구 사례(Minagawa and Matsui, 2002), 돼지의 치아 크기와 안정동위원소 분석으로 영남지방 집돼지 사육 시기와 사료, 이용 양상에 관한 연구 사례(Kim, 2012) 등 2000년대 이후 가축 사육에 안정동위원소 분석을 적용한 연구 사례들이 꾸준히 축적되고 있다.

본 연구에서는 출토 인골과 동물뼈 자료가 희박하여 그동안 식생활이나 가축 사육 양상 복원에 한계가 있었던 백제시대 유적에서 출토된 동물뼈를 중심으로 연구를 수행하였다. 특히 풍납토성 197번지 가-2호 수혈에서 출토된 포유류인 소, 말, 돼지, 사슴 등 4종류의 동물뼈 17개체에서 추출된 뼈 콜라겐의 탄소와 질소 안정동위원소 분석을 통해 당시 사람들의 가축 사육 양상에 관한 정보를 복원하고자 하였다.

2. 연구 방법

2.1. 연구 재료

본 연구의 대상 유구는 2004년부터 2007년까지 국립문화재연구소에서 발굴조사를 실시한 서울특별시 송파구 소재 풍납토성 내 197번지(舊미래마을연립부지)일대 '가'지구 2호 수혈이다(Figure 1). 풍납토성은 백제 한성기에 축조된 왕성급 토성으로 가-2호 수혈 내에서는 각종 동물뼈



Figure 1. Location of Pungnap-toseong Fortress.

와 패각류, 토기와 기와 파편들이 매우 조밀하게 채워져 있었다. 최상면에는 이형토제품, 직구호, 완, 동물뼈 등이 출토되었고, 그 아래에서는 동이와 대형뚜껑, 적갈색 연질 호 등의 토기와 함께 백합조개, 피뿔고둥 등이 겹겹이 쌓인 패각류 및 소, 돼지의 하악골, 다리뼈, 늑골 및 닭뼈, 생선 지느러미뼈, 골각기 1점 등이 출토되었다. 내부에서 출토되는 각종의 유물은 정형성 없이 흩어져 있었고, 조개도 모두 섭취 후 폐기된 것으로 보아 인위적인 쓰레기 폐기장으로 추정된다(National Research Institute of Cultural Heritage, 2009). 본 연구에서는 그 중에서 포유 동물인 소, 말, 돼지 사슴 등 총 4종의 동물 총 17개체에 대한 분석을 진행하였다.

2.2. 분석 방법

2.2.1. 뼈 콜라겐 추출

동물뼈 콜라겐의 추출은 변형된 Longin 방법(van Klinken and Hedges, 1998)을 이용하여 진행하였다. 분석 대상 시료인 동물뼈 표면의 오염물을 물리적인 방법으로 제거한 다음 탈광화 과정(demineralization)에서는 0.5M

염산(HCl)을 이용하여 무기물과 기타 오염물을 제거하였다. 다음 단계인 젤라틴화 단계(gelatinization)에서는 pH3 HCl 용액을 이용하여 75℃에서 48시간 동안 열을 가한 다음 5~8µm Ezee filter(Elkay Laboratory Products, Ltd.)를 이용하여 콜라겐 중 염산에 녹지 않는 부분을 제거하였다. 이렇게 얻어진 추출물을 냉동과 동결건조(lyophilization) 과정을 거쳐 정제된 콜라겐을 얻었다.

2.2.2. 탄소와 질소 안정동위원소 분석

추출된 동물뼈 콜라겐은 안정동위원소 질량분석기(Delta V Isotope Ratio Mass Spectrometer, Thermo Scientific, Germany)에 연결된 자동화된 탄소-질소 원소분석기(carbon and nitrogen elemental analyzer)로 분석하였다.

모든 시료는 2회 분석된 값의 평균값을 사용하였으며, 탄소와 질소 안정동위원소비는 각각 VPDB(Vienna Pee Dee Belemnite)와 AIR의 국제표준시료를 기준으로 측정하였다. δ값은 편차천분율(‰, parts per thousand)로 기록하였고, 분석 정밀도는 ±0.2‰이다. 안정동위원소 분석 결과 δ¹³C와 δ¹⁵N 값들은 ‘콜라겐 질 평가지수’에 합격한 값들만 활용하였는데, 뼈 콜라겐의 경우 C/N 비율이 2.9~3.6 범위 내의 분석 값들만 사용하였다(van Klinken, 1999).

$$\delta^{13}\text{C} = \left[\left(\frac{^{13}\text{C}/^{12}\text{C}}{^{13}\text{C}/^{12}\text{C}} \right)_{\text{시료}} / \left(\frac{^{13}\text{C}/^{12}\text{C}}{^{13}\text{C}/^{12}\text{C}} \right)_{\text{VPDB}} - 1 \right] \times 1000$$

$$\delta^{15}\text{N} = \left[\left(\frac{^{15}\text{N}/^{14}\text{N}}{^{15}\text{N}/^{14}\text{N}} \right)_{\text{시료}} / \left(\frac{^{15}\text{N}/^{14}\text{N}}{^{15}\text{N}/^{14}\text{N}} \right)_{\text{AIR}} - 1 \right] \times 1000$$

3. 결과 및 고찰

3.1. 풍납토성 출토 동물뼈의 탄소와 질소 안정동위원소 분석 결과

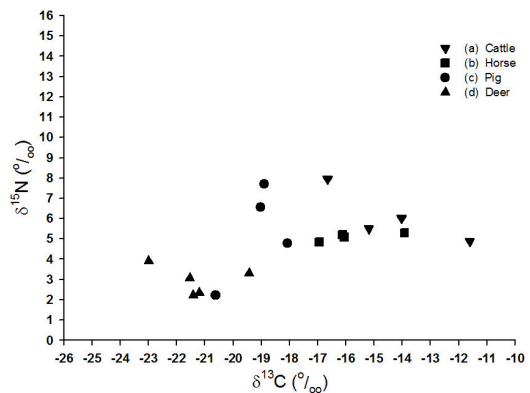
본 연구에서는 풍납토성 가-2호 수혈 출토 포유류 동물뼈 18개체 중 보존 상태가 양호하지 못한 1개체를 제외하고, 콜라겐 추출에 성공한 17개체에 대해서 탄소와 질소 안정동위원소 분석을 수행하였다. Table 1과 Figure 2는 풍납토성 유적 출토 동물뼈의 안정동위원소 값을 나타낸다.

소, 말, 돼지, 사슴 등 17개체의 탄소 안정동위원소 값은 δ¹³C = -23.0 ~ -11.6‰, 질소 안정동위원소 값은 δ¹⁵N = 2.2 ~ 8.0‰의 분포를 보였다. 탄소 안정동위원소 분석 결과 백제시대에 가축으로 이용되었을 가능성이 높은 소 4개체는 δ¹³C = -14.4±2.1‰, 말 4개체는 δ¹³C = -15.8±1.3‰로 C₄ 식물군인 조, 기장 등의 잡곡류를 주로 섭취하였음을

Table 1. Stable carbon and nitrogen isotope results of bone collagen from Pungnapdoseong Fortress.

Sample code	Species	$\delta^{13}\text{C}(\text{‰})$	$\delta^{15}\text{N}(\text{‰})$	C/N ratio
KAA026	Cattle	-11.6	4.9	3.1
KAA027	Cattle	-14.0	6.0	3.4
KAA028	Cattle	-15.2	5.5	3.3
KAA030	Cattle	-16.8	7.8	3.3
KAA036	Horse	-16.9	4.8	3.5
KAA037	Horse	-16.1	5.2	3.5
KAA038	Horse	-16.1	5.1	3.4
KAA039	Horse	-13.9	5.3	3.6
KAA022	Pig	-18.9	7.7	3.2
KAA023	Pig	-20.6	2.2	3.1
KAA024	Pig	-18.1	4.8	3.4
KAA025	Pig	-19.0	6.6	3.1
KAA031	Deer	-21.5	3.1	3.2
KAA032	Deer	-21.2	2.3	3.3
KAA033	Deer	-21.4	2.2	3.2
KAA034	Deer	-23.0	3.9	3.3
KAA035	Deer	-19.4	3.3	3.1

알 수 있다. 이에 비하여 수렵으로 포획되었다고 예상되는 야생 동물인 사슴($\delta^{13}\text{C} = -21.3 \pm 1.3\text{‰}$, $n=5$)과 돼지($\delta^{13}\text{C} = -19.2 \pm 5.3\text{‰}$, $n=4$)의 경우 C_3 식물군(나무, 과일, 벼, 밀 등 지구상에 존재하는 식물의 약 95%)의 섭취가 높았다는 매우 흥미로운 결과를 밝혀냈다. 이는 사람이 C_4 작물인 조, 기장 등 잡곡류 경작의 부산물로 가축을 사육했기 때문에 그 탄소 안정동위원소 정보가 사육했던 소와 말에서 나타났을 것이라 추정된다. 그렇다면 탄소 안정동위원소 분석 결과 백제시대에 과연 조, 기장 등 C_4 작물이 재배되었고, 실제 소와 말 등이 가축으로 이용되었을 가능성이 있었는지 살펴보겠다. 백제시대 관련 기록을 살펴보면, 『주서(周書)』 「이역전(異域傳)」에서 쌀이 세금의 기준이 될 만큼 많이 경작되었고, 『위서(魏書)』에 백제에 오곡(五穀)이 있었다는 기록으로 미루어볼 때 벼, 보리, 밀, 조, 기장, 콩, 팥 등 다양한 작물 재배 가능성을 확인할 수 있다(Kim, 2003; Shin and Lee, 2014). 또한 『삼국사기』 「백제본기」 온조왕 25년 「한성의 민가에서 말이 소를 낳았다」는 기록을 보면 민가에서 말과 소를 길렀다는 사실을 짐작할 수 있다(Shin

**Figure 2.** Plot of $\delta^{13}\text{C}$ vs. $\delta^{15}\text{N}$ values for animal bone collagen from Pungnapdoseong Fortress. (A) Cattle, (B) Horse, (C) Pig, (D) Deer.

and Lee, 2014). 무엇보다도 풍납토성 출토 작물유존체 출토 양상에 대한 분석을 실시한 결과에서도 조, 기장 등의 잡곡류를 비롯한 쌀, 콩屬 종자, 팥, 피 추정종자, 보리, 밀이 확인된 바 있다(Lee, 2010).¹⁾

1) 그 중에서도 작물유존체 개체수는 조가 압도적으로 많았다. 출토 확률(ubiquity)분석을 실시한 결과에서는 쌀이 전체 시료의 70%에서 출토되어 가장 높은 비중을 보였고 잡곡류는 60% 이상의 시료에서 출토되었는데 이는 전 작물 중에서 가장 높은 수치이다(Lee, 2010).

질소 안정동위원소 분석 결과 돼지 4개체의 값은 2.2‰에서 7.7‰까지 분포하며, 영양 단계에서 한 단계 이상 차이가 나는 결과가 나타났다. 이는 동물을 직접 사냥하지 않는 야생 멧돼지의 경우 사슴 등 초식동물과 비슷한 값을 보이는 반면, 질소 안정동위원소 값이 높은 그룹의 경우 사육으로 사람과 비슷한 식성을 갖는 집돼지라고 추정할 수 있다. 이는 앞서 소개하였던 선행 연구사례에서도 야생 멧돼지의 경우 C₃ 식물군 위주의 초식 식습관을 보이는 반면 집돼지의 경우 사람이 주는 조, 피, 기장 등의 C₄ 재배 작물 또는 육식 섭취의 영향을 받는다는 것과 일맥상통한다 (Minagawa *et al.*, 2005; Lee, 2011a; Kim, 2012).

3.2. 선행 연구 결과와의 비교 분석 결과

Figure 3과 Table 2는 신석기시대부터 삼국시대까지 한 반도 유적에서 출토된 소, 말, 돼지, 사슴 92개체의 탄소와 질소 안정동위원소 분포를 나타낸 그래프이다. 탄소 안정동위원소 값은 -23.0 ~ -11.6‰의 분포를 보이며, 질소 안

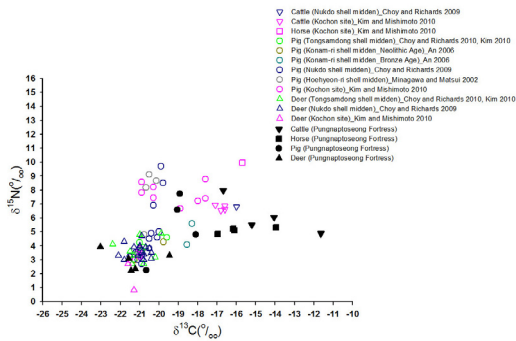


Figure 3. Plot of $\delta^{13}\text{C}$ vs. $\delta^{15}\text{N}$ values for animal bone collagen in Korean peninsula.

정동위원소 값은 0.821 ~ 9.96‰의 분포를 보인다.

Figure 4에서 Figure 7은 각 동물별 안정동위원소 값 분포를 나타내었다.

우선 Figure 4의 소를 살펴보면 사천 늑두(초기 철기~원

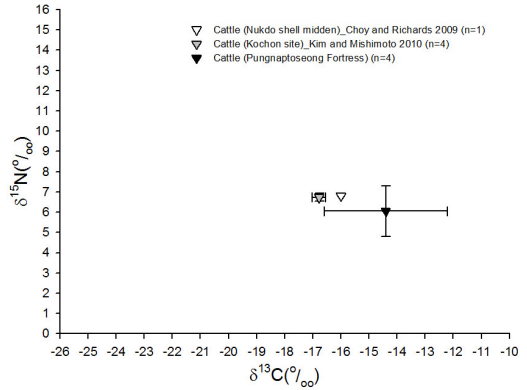


Figure 4. Plot of $\delta^{13}\text{C}$ vs. $\delta^{15}\text{N}$ values for Cattle bone collagen in Korean peninsula.

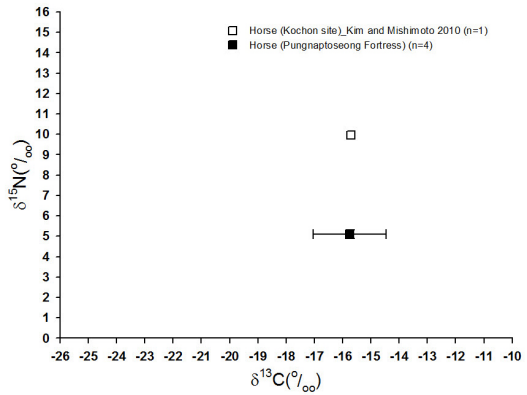


Figure 5. Plot of $\delta^{13}\text{C}$ vs. $\delta^{15}\text{N}$ values for Horse bone collagen in Korean peninsula.

Table 2. Stable carbon and nitrogen isotope results of animal bone collagen in the Korean peninsula.

Species	Site	Age	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	Reference
Cattle	Nukdo	Mumun period ~ Proto-Three Kingdoms period	-16.0	6.8	Choy and Richards, 2009
			-16.6	6.61	
	Kochon-ri	Three Kingdoms period	-17.1	6.93	Kim and Mishimoto, 2010
			-16.6	6.86	
			-16.8	6.53	
Horse	Kochon-ri	Three Kingdoms period	-15.7	9.96	Kim and Mishimoto, 2010

Table 2. Stable carbon and nitrogen isotope results of animal bone collagen in the Korean peninsula.

Species	Site	Age	$\delta^{13}\text{C}(\text{‰})$	$\delta^{15}\text{N}(\text{‰})$	Reference
Pig	Tongsamdong	Mid Neolithic period	-20.9	3.7	Choy and Richards, 2010 Kim, 2010
			-20.8	3.9	
			-19.6	4.6	
			-21.3	3.03	
			-21.0	4.24	
	Konam-ri	Late Neolithic period	-21.27	2.97	An, 2006
			-19.77	4.28	
		Late Bronze age	-18.55	4.07	
			-18.29	5.59	
	Nukdo	Mumun period ~ Proto-Three Kingdoms period	-20.9	3.1	Choy and Richards, 2009
			-20.9	3.3	
			-21.2	3.5	
			-20.1	4.6	
			-21.1	3.4	
			-19.9	9.7	
			-19.8	8.5	
			-21.1	3.4	
			-20.0	5.0	
			-21.1	3.0	
-20.9			2.7		
-20.3			6.9		
-21.5			3.2		
Hoehyeon-ri	Proto-Three Kingdoms period	-21.1	3.35	Minagawa and Matsui, 2002	
		-20.76	4.80		
		-20.67	8.18		
		-20.59	3.50		
		-20.51	9.12		
		-20.14	8.66		
		-20.3	7.44		
Kochon	Three Kingdoms period	-18.0	7.22	Kim and Mishimoto, 2010	
		-17.6	7.39		
		-21.5	3.01		
		-21.0	3.23		
		-21.0	3.77		
		-20.9	7.82		
		-20.9	8.58		
-20.3	8.22				
		-18.9	6.67		
		-17.6	8.77		

Table 2. Stable carbon and nitrogen isotope results of animal bone collagen in the Korean peninsula.

Species	Site	Age	$\delta^{13}\text{C}(\text{‰})$	$\delta^{15}\text{N}(\text{‰})$	Reference				
	Tongsamdong	Middle Chulmun period	-21.4	2.7	Choy and Richards, 2010 Kim, 2010				
			-19.9	4.9					
			-21.3	3.3					
			-21.0	4.8					
			-20.8	2.7					
			-21.5	3.6					
			-20.2	3.18					
			-22.4	4.1					
			-21.8	3.0					
			-21.8	4.3					
			-21.0	4.0					
			-20.9	3.5					
			-20.9	4.7					
			-20.8	3.0					
-20.8	3.4								
Deer	Nukdo	Mumun period ~ Proto-Three Kingdoms period	-20.4	3.1	Choy and Richards, 2009				
			-20.5	3.8					
			-20.4	3.5					
			-22.1	3.3					
			-21.3	3.9					
			-21.1	3.3					
			-21.0	3.9					
			-20.9	3.5					
			-20.7	3.9					
			-21.6	2.70		Kim and Mishimoto, 2010			
			-21.3	0.821					
				Kochon-ri		Three Kingdoms period			

삼국시대) 소 1개체의 경우 $\delta^{13}\text{C} = -16.0\text{‰}$, $\delta^{15}\text{N} = 6.8\text{‰}$ (Choy and Richards, 2009), 부산 고촌리(삼국시대) 소 4개체의 평균은 $\delta^{13}\text{C} = -16.8 \pm 0.2\text{‰}$, $\delta^{15}\text{N} = 6.7 \pm 0.2\text{‰}$ (Kim and Mishimoto, 2010), 풍납토성 출토 소 4개체의 경우 $\delta^{13}\text{C} = -14.4 \pm 2.2\text{‰}$, $\delta^{15}\text{N} = 6.1 \pm 1.3\text{‰}$ 이다. Figure 5를 보면 부산 고촌리(삼국시대) 말 1개체 $\delta^{13}\text{C} = -15.7\text{‰}$, $\delta^{15}\text{N} = 10.0\text{‰}$ (Kim and Mishimoto, 2010), 풍납토성(삼국시대) 출토 말 4개체의 평균값은 $\delta^{13}\text{C} = -15.8 \pm 1.3\text{‰}$, $\delta^{15}\text{N} = 5.1 \pm 0.2\text{‰}$ 이다. 앞서 언급했듯이 식료가 그 식료를 섭취한 동물뼈 콜라겐의 탄소 안정동위원소에 기록될 때 5‰이 높아진다는 것을 감안하면, 약 -15‰ 이상의 $\delta^{13}\text{C}$ 값을 보이는 경우 C₄ 작물을 주로 섭취하였다고 추정할 수 있다.

이를 바탕으로 살펴보면, 사천 늑도와 부산 고촌리 소의 경우 C₃ 식물의 섭취가 상대적으로 높았던 반면, 풍납토성 출토 소와 말, 부산 고촌리 말의 경우 가축 사육으로 인하여 C₄ 작물의 의존도가 매우 높았음을 알 수 있다.

Figure 6의 사슴을 보면, 부산 동삼동(신석기시대 중기) 출토 사슴 8개체의 평균값은 $\delta^{13}\text{C} = -21.1 \pm 0.8\text{‰}$, $\delta^{15}\text{N} = 3.7 \pm 0.9\text{‰}$ (Choy and Richards, 2010; Kim 2010), 사천 늑도(초기 철기~원삼국시대) 사슴 16개체의 경우 $\delta^{13}\text{C} = -21.0 \pm 0.5\text{‰}$, $\delta^{15}\text{N} = 3.6 \pm 0.5\text{‰}$ (Choy and Richards, 2009), 부산 고촌리(삼국시대) 출토 사슴 2개체는 $\delta^{13}\text{C} = -21.5 \pm 0.2\text{‰}$, $\delta^{15}\text{N} = 1.8 \pm 1.3\text{‰}$ (Kim and Mishimoto, 2010), 풍납토성(삼국시대) 출토 사슴 5개체의 평균값은

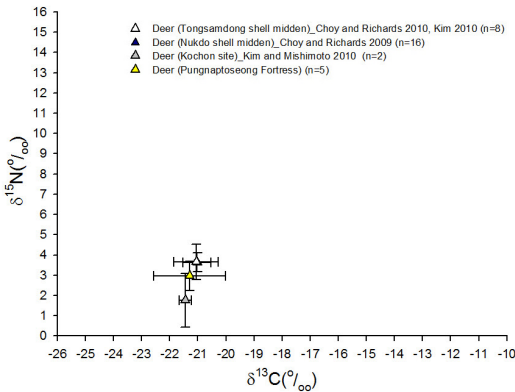


Figure 6. Plot of $\delta^{13}\text{C}$ vs. $\delta^{15}\text{N}$ values for Deer bone collagen in Korean peninsula.

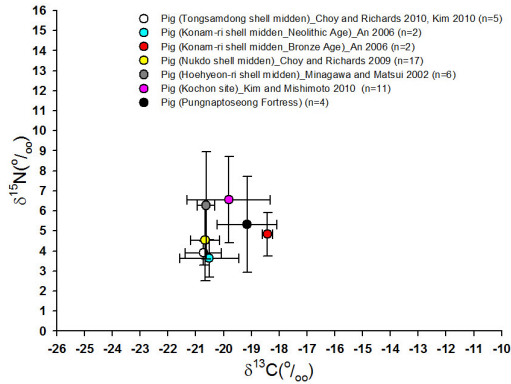


Figure 7. Plot of $\delta^{13}\text{C}$ vs. $\delta^{15}\text{N}$ values for Pig bone collagen in Korean peninsula.

$\delta^{13}\text{C} = -21.3 \pm 1.3\text{‰}$, $\delta^{15}\text{N} = 3.0 \pm 0.7\text{‰}$ 을 보였다. 이는 신석기시대부터 삼국시대까지 보고된 야생동물인 사슴의 경우 모두 나무, 과일 등 C_3 식물군을 주로 섭취하였다는 것을 확인할 수 있다.

마지막으로 Figure 7의 돼지의 분석 결과를 보면, 부산 동삼동(신석기시대 중기) 출토 돼지 5개체의 평균값은 $\delta^{13}\text{C} = -20.7 \pm 0.7\text{‰}$, $\delta^{15}\text{N} = 3.9 \pm 0.6\text{‰}$ (Choy and Richards, 2010; Kim 2010), 고남리패총(An, 2006) 출토 돼지 2개체(신석기시대 후기) $\delta^{13}\text{C} = -20.5 \pm 1.1\text{‰}$, $\delta^{15}\text{N} = 3.6 \pm 0.9\text{‰}$, 청동기시대 후기 돼지 2개체 $\delta^{13}\text{C} = -18.4 \pm 0.2\text{‰}$, $\delta^{15}\text{N} = 4.8 \pm 1.1\text{‰}$, 사천 늑도(초기 철기~원삼국시대) 돼지 17개체의 경우 $\delta^{13}\text{C} = -20.7 \pm 0.5\text{‰}$, $\delta^{15}\text{N} = 4.5 \pm 2.0\text{‰}$ (Choy and Richards, 2009), 김해 회현리(원삼국시대) 출토 돼지 6개체는 $\delta^{13}\text{C} = -20.6 \pm 0.3\text{‰}$, $\delta^{15}\text{N} = 6.3 \pm 2.7\text{‰}$ (Minagawa and Matsui, 2002), 부산 고촌리(삼국시대) 출토 돼지 11개

체의 평균값은 $\delta^{13}\text{C} = -19.8 \pm 1.5\text{‰}$, $\delta^{15}\text{N} = 6.6 \pm 2.2\text{‰}$ (Kim and Mishimoto, 2010), 풍납토성(삼국시대) 출토 돼지 4개체의 경우 $\delta^{13}\text{C} = -19.2 \pm 1.0\text{‰}$, $\delta^{15}\text{N} = 5.3 \pm 2.4\text{‰}$ 를 보인다. 돼지 역시 신석기시대부터 삼국시대까지 보고된 탄소 안정동위원소 값은 모두 C_3 식물군을 주로 섭취하였다고 추정된다. 다만 질소 안정동위원소 값의 경우 사천 늑도 출토 돼지는 3.1 ~ 9.7‰, 김해회현리 출토 돼지는 3.35 ~ 9.12‰, 부산 고촌리 출토 돼지는 3.01 ~ 8.77‰, 풍납토성 출토 돼지의 경우 2.2 ~ 7.7‰ 등의 분포를 보인다. 이는 같은 유적에서 출토된 돼지의 경우에도 영양 단계에서 한 단계 이상 차이가 나는 것을 확인할 수 있는데, 이는 선행 연구 사례(Minagawa *et al.*, 2005; Lee, 2011a; Kim, 2012)를 바탕으로 볼 때 그 식성으로 보아 야생 멧돼지와 사육으로 인하여 질소 안정동위원소 값이 높은 그룹인 집돼지가 함께 존재하였을 가능성을 제기해 볼 수 있다.

4. 결론

본 연구는 백제 한성기에 축조된 왕성급 토성인 풍납토성 197번지 가-2호 수혈에서 출토된 동물뼈 콜라겐의 탄소와 질소 안정동위원소 분석을 통해 백제시대 가축사육 양상을 밝히고자 하였다. 백제시대의 경우 출토 인골과 동물뼈 자료가 많이 남아 있지 않아 그동안 식생활이나 가축 사육 양상 복원에 한계가 있었는데, 본 연구에서는 소, 말, 돼지, 사슴 등 4종류의 동물뼈 17개체를 그 분석 대상으로 하였다.

우선 탄소 안정동위원소 분석 결과를 살펴보면 야생 동물인 사슴($\delta^{13}\text{C} = -21.3 \pm 1.3\text{‰}$, $n=5$)과 돼지($\delta^{13}\text{C} = -19.2 \pm 5.3\text{‰}$, $n=4$)의 경우 C_3 식물군의 섭취가 높았음을 확인할 수 있었다. 이에 비하여 백제시대에 가축으로 이용되었을 가능성이 높은 소와 말의 경우 각각 $\delta^{13}\text{C} = -14.4 \pm 2.1\text{‰}$ ($n=4$), $\delta^{13}\text{C} = -15.8 \pm 1.3\text{‰}$ ($n=4$)의 분포를 보이며, C_4 식물군인 조, 기장 등의 잡곡류를 주로 섭취하였다는 매우 흥미로운 결과를 밝혀냈다. 이는 사람이 C_4 작물인 조, 기장 등 잡곡류 경작의 부산물로 가축을 사육했기 때문에 그 탄소 안정동위원소 정보가 사육했던 소와 말에서 나타났을 것이라 추정된다. 또한 질소 안정동위원소 분석 결과 돼지 4개체 내에서도 2.2‰에서 7.7‰까지 영양 단계에서 한 단계 이상 차이가 나는 결과가 나타났는데, 이를 바탕으로 동물을 직접 사냥하지 않는 야생 멧돼지의 경우 사슴 등 초식동물과 비슷한 $\delta^{15}\text{N}$ 값을 보이는 반면, 사람과 비슷한 식성을 갖으면서 $\delta^{15}\text{N}$ 값이 높은 그룹의 경우 사육된 집돼지일

수 있다는 가능성을 제시하고자 한다.

본 연구를 통해 동물뼈 콜라겐의 탄소와 질소 안정동위원소 분석은 가축 사육으로 인한 식성 변화를 과학적으로 밝혀낼 수 있는 방법 중 하나라는 것을 보여주었으며, 같은 유적에서 출토된 동물뼈와 사람뼈의 분석 결과들이 축적된다면 그 당시 야생 동물과 가축뿐만 아니라 더 나아가 그 동물들을 실제 식료로 섭취하였는지 등 그 당시 사람들의 식생활과 환경, 가축 사육 양상 복원에 큰 기여를 할 것이라 기대된다.

사 사

본 연구는 문화재청 국립문화재연구소 문화유산융복합 연구(R&D) 사업의 지원을 받아 수행되었습니다.

REFERENCES

- An, D.I., 2006, Dietary reconstruction by stable isotopic analysis: the Konam-ri shell middens in Korea. *Journal of the Korean Ancient Historical Society (Hanguk Sanggosa Hakbo)*, 54, 5-20. (in Korean with English abstract)
- Choy, K. and Richard, M.P., 2009, Stable isotope evidence of human diet at the Nukdo shell midden site, South Korea. *Journal of Archaeological Science*, 36, 1312-1318.
- Choy, K. and Richard, M.P., 2010, Isotopic evidence of diet in the Middle Chulmun period: a case study from the Tongsamdong shell midden, Korea. *Archaeological and Anthropological Science*, 2, 1-10.
- Halley, D.J. and Rosvold, J., 2014, Stable isotope analysis and variation in medieval domestic pig husbandry practices in northwest Europe: absence of evidence for a purely herbivorous diet. *Journal of Archaeological Science*, 49, 1-5.
- Jim, S., Ambrose, S.H. and Evershed, R.P., 2004, Stable carbon isotopic evidence for differences in the dietary origin of bone cholesterol, collagen and apatite: Implications for their use in palaeodietary reconstruction. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 68, 61-72.
- Kim, H.S., 2010, The age and dietary concern about human remain of Daepo shell midden. *Journal of the Korean Neolithic Society*, 20, 89-111. (in Korean with English abstract)
- Kim, H.S., 2012, The Beginning of Pig Domestication and the Use of Domesticated Pigs in the Youngnam Region Based on Stable Isotope Analysis. *Journal of the Korean Archaeological Society (Hanguk Kogo-Hakbo)*, 84, 4-29. (in Korean with English abstract)
- Kim, H.S. and Mishimoto, 2010, The domesticated animals of Kochon site -Focusing on the distinction between the wild boar and domesticated pig-. *Journal of The East-Asia Culture*, 9, 87-116. (in Korean with English abstract)
- Kim, K.S., 2003, A study of dietary life of Baekche people -Materials and Cooking-. *The Paekche Yonku*, 37, 1-20. (in Korean with English abstract)
- Lee, H.K., 2010, A study on the establishment of the crop assemblage of the Proto-Three Kingdoms period in central Korea. Master's Thesis, Department of Archaeology and Art History, Seoul National University. (in Korean with English abstract)
- Lee, J.J., 2011a, Domesticated pig in Korea: its socioeconomic and symbolic context. *Journal of the Korean Archaeological Society (Hanguk Kogo-Hakbo)*, 79, 131-174. (in Korean with English abstract)
- Lee, J.J., 2011b, Intensification of millet and rice agriculture in Korea -Evidence from stable isotopes-. *Journal of the Korean Ancient Historical Society (Hanguk Sanggosa Hakbo)*, 73, 31-66. (in Korean with English abstract)
- Minagawa, M. and Matsui, A., 2002, Stable carbon and nitrogen isotopic characterization of wild boar from Kimhae Hoehyeon-ri shell midden, Kimhae Hoehyeon-ri shell midden. Department of Archaeology, Pusan National University. (in Korean)
- Minagawa, M., Matsui, A. and Ishiguro, N., 2005, Patterns of prehistoric boar *Sus scrofa* domestication, and inter-islands pig trading across the East China Sea, as determined by carbon and nitrogen isotope analysis. *Chemical Geology*, 218, 91-102.
- National Research Institute of Cultural Heritage, 2009, Pungnaptoseong Fortress 6. (in Korean)
- Oelze, V.M., Siebert, A., Nicklisch, N., Meller, H., Dresely, V. and Alt, K.W., 2011, Early Neolithic diet and animal

- husbandry: stable isotope evidence from three Linearbandkeramik (LBK) sites in Central Germany. *Journal of Archaeological Science*, 38, 270-279.
- Shin, J.Y. and Lee, J.J., 2009, Tracing Status-dependent Dietary Differences in the Silla Period through Stable Isotope Palaeodietary Reconstruction from Imdang, Gyeongsan. *Journal of the Korean Archaeological Society (Hanguk Kogo-Hakbo)*, 70, 84-109. (in Korean with English abstract)
- Shin, J.Y. and Lee, J.J., 2014, Status and regional differences in the subsistence patterns of Baekje people: stable isotope evidence recorded in human bone collagen from Baekje stone-cist coffins. *Journal of the Honam Archaeological Society (Honam Gogohakbo)*, 48, 103-125. (in Korean with English abstract)
- Ugan, A. and Coltrain, J., 2011, Variation in collagen stable nitrogen values in black-tailed jackrabbits (*Lepus Californicus*) in relation to small-scale differences in climate, soil, and topography. *Journal of Archaeological Science*, 38, 1417-1429.
- van Klinken G.J., 1999, Bone Collagen Quality Indicators for Palaeodietary an Radiocarbon Measurements. *Journal of Archaeological Science*, 26, 687-695.
- van Klinken, G.J. and Hedges, R.E.M., 1998, Chemistry strategies for organic ^{14}C samples. *Radiocarbon*, 40, 51-56.
-