

춘천 중도 유적에서 출토된 원삼국시대 토기 탄착물에 대한 화학적 분석

강소영¹ | 지상현* | 김윤지 | 장흥선**

국립문화재연구소 보존과학연구실, *미래창조과학부, **(재)한강문화재연구원

Organic Analysis of Charred Residues on the Pottery in the Proto-Three Kingdom from Joong-do Site, Chuncheon

Soyeong Kang¹ | Sanghyun Jee* | Yun Ji Kim | Hong Sun Chang**

Conservation Science Division, National Research Institute of Cultural Heritage, Daejeon, 305-380, Korea

*Ministry of Science, ICT and Future Planning, Gwacheon, 427-700, Korea

**Hangang Institute of Cultural Heritage, Seoul, 143-904, Korea

¹Corresponding Author: soyeong.kang@korea.kr, +82-42-860-9268

초록 춘천 중도 유적에서 출토된 원삼국시대 경질무문토기 내부의 탄화된 물질에 대한 화학적 분석을 실시하였다. 가스크로마토그래피-질량분석과 퓨리에변환적외선분광분석을 이용하여 부착물에서 유래한 유기물의 정성분석을 수행한 결과, 지방산, 스테롤 등 지방성분이 검출되지 않았다. 탄소와 질소 안정동위원소 분석 결과 부착물을 구성하고 있는 탄소 안정동위원소 비는 평균 $-14.7 \pm 2.8\%$ (-8.7% ~ -18.4% , $n=9$), 질소 안정동위원소 비는 평균 $6.2 \pm 1.1\%$ (-4.4% ~ 7.6% , $n=9$)로 나타났는데 이 결과는 부착물이 조리된 음식물에서 유래되었음을 추정할 수 있는 과학적 근거라고 할 수 있다. 본 연구결과는 안정동위원소 분석을 조리용 토기 내 탄화된 잔존물 분석에 적용한 국내 첫 사례로서 당시의 토기 용도와 식생활 습관에 대한 중요한 정보를 제공할 것으로 기대된다.

중심어: 원삼국시대, 중도 유적, 경질무문토기, 탄착물, 안정동위원소 분석, 식생활

ABSTRACT We studied for the chemical characterizations of the charred residues obtained from the ancient potteries in the Proto-Three Kingdom period from archaeological sites in Joong-do, Chuncheon. Organic components of the charred residues were extracted and analysed using mass spectrometry and infrared spectroscopy. Lipid profiles from these samples were not identified in gas chromatography-mass spectrometry. Bulk stable isotope analyses of charred residues was used to infer an average values of the foods prepared. The average carbon isotope values ($\delta^{13}\text{C}$) of the residues are $-14.7 \pm 2.8\%$ (ranging from -8.7% to -18.4% , $n=9$), and nitrogen isotope values ($\delta^{15}\text{N}$) are $6.2 \pm 1.1\%$ (ranging from -4.4% to 7.6% , $n=9$). This is the first approach to analyse charred residues using stable isotopic method in Korea. Charred food residues on the interior surface of archaeological pottery can provide valuable information about pottery use and dietary habits of its population.

Key Words: Proto-Three Kingdoms period, Hard Mumun Pottery, Joong-do site, Charred residues, IRMS, Dietary

1. 서론

토기 내부에 남아있는 탄착물로부터 당시 식생활 문화를 과학적 분석법으로 접근하기 위한 연구는 형태학적인 분석과 화학적 분석으로 구분할 수 있다. 가장 널리 쓰이는 형태학적 분석 방법은 토기 내부 표면에 붙어있는 부착물의 상태를 디지털전자현미경으로 관찰하거나 실제현미경, 주사전자현미경을 통해 곡물이나 종자의 미세조직을 검출하는 방법이다. 최근에는 토기 표면에 남아있는 흔적을 재건한 후 주사전자현미경으로 관찰하여 식물의 종자, 곤충, 조개 등의 형태를 동정하는 압흔 복제(replica)법이 시도되고 있다(Son *et al.*, 2010, Hangang Institute of Cultural Heritage, 2012a, Shoda, 2013). 또한 식물 종별로 녹말립(starch grains)의 형태가 구별되는 특징을 활용해 당시의 식물 종을 연구하는 전분 분석법도 진행되고 있다(Messner *et al.*, 2008).

화학적 분석 방법으로는 가스크로마토그래피-질량분석(gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS)을 통해 토기 내에 잔존하는 유기물 가운데 지방산과 스테롤 등 지질 성분의 구성 비율을 분석함으로써 주로 조리된 음식물이 동물성 또는 식물성인지를 연구할 수 있다. 또한 푸리에변환 적외선분광분석(Fourier transform infrared spectroscopy, FT-IR)을 통해 유기물을 구성하고 있는 잔존 성분을 분석하고 구조적 특징을 파악할 수도 있다.

탄소와 질소 안정동위원소 분석(C, N stable isotope analysis)을 통해 부착물이 유래된 식량자원의 기원을 광범위하게 추정할 수 있다(Morton and Schwarcz, 2004, Shoda, 2013). 토기 부착물에 대한 안정동위원소 연구는 DeNiro

와 Hastorf에 의해 유적지에서 출토된 식물잔여체에 대한 탄화효과(effects of charring)와 그에 따른 탄소, 질소 안정동위원소 값의 변화를 관찰한 것으로부터 시작되었으며(DeNiro and Hastorf, 1985), 이후 탄화된 곡물뿐만 아니라 토기 내에 남아있는 부착물 등을 대상으로 연구가 이루어지고 있다(Morton and Schwarcz, 2004, Gregg *et al.*, 2009).

국내에서 토기 탄착물에 대한 과학적 연구는 거의 이루어지지 않았다. 최근 인천 중산동 유적과 운북동 유적에서 출토된 신석기 시대 토기의 탄착물을 분석한 결과 토양 유래 성분이 주로 분석되었으며, 조리행위와 관련된 증거는 확인되지 않았다(Hangang Institute of Cultural Heritage, 2012a, Hangang Institute of Cultural Heritage, 2012b).

본 연구에서는 춘천 중도동 유적 내 원삼국시대 주거지에서 출토된 경질무문토기에 남아 있는 탄착물에 대한 화학적 분석을 수행함으로써 당시의 토기사용과 식생활 습관에 대하여 고찰하고자 한다.

2. 실험재료 및 방법

2.1. 분석 대상

2010년 9월 13일부터 2011년 5월 31일까지 (재)한강문화재연구원에서 진행한 4대강(북한강)살리기 사업 춘천 중도동 하중도 B지구 문화재 발굴조사 과정에서 원삼국시대 주거지와 수혈, 토기밀집군 등이 확인되었다(Figure 1)(Hangang Institute of Cultural Heritage, 2013). 주거지에서 출토된 경질무문토기 가운데 조리흔적이 남아있는 5

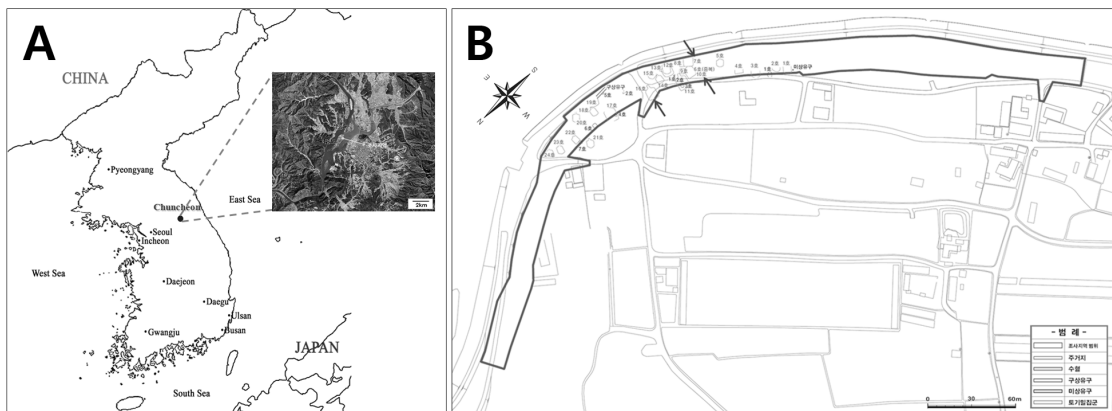


Figure 1. (A) Map of Joong-do site located in Chuncheon, (B) Plan of excavation site (Hangang Institute of Cultural Heritage, 2013). Blue arrows indicate the building sites in which potteries for this research obtained.

점의 토기를 선별하여 내부에 남아 있는 부착물을 채취하여 분석하였다(Figure 2).

2.2. 표면 관찰 및 시료 채취

토기 탄착물 시료를 채취하기 전 부착물의 상태 및 표면 양상을 파악하기 위하여 디지털휴대용현미경(DG-3x, Scalar)을 통해 x25와 x50의 배율로 토기 내부를 관찰하였다. 분석을 위한 시료는 유물의 표면이 손상되지 않는 범위에서 수술용 메스와 핀셋을 이용하여 분리하였다. 시료 채취 과정에서 지문이나 유기 오염물에 의한 분석 시료의 오염을 방지하기 위하여 라텍스 장갑을 착용하였다. 채취 시료는 분석 전까지 유기물 시료 전용 보관장(RH 30% 이하)에서 보관하였다.

2.3. 적외선 분광분석

유기물의 작용기(functional group)를 파악하기 위하여 FT-IR을 수행하였다. 분석에 사용될 시료는 마노막자로 곱게 분쇄하여 diamond crystal 위에 로딩한 후 감쇠전반사법(attenuated total reflection)으로 분석하였다. FT-IR 분석은 적외선 분광분석기(Nicolet iS5, Thermo Fisher Scientific)를 이용하였으며, 분석 범위(range)는 4000~650cm⁻¹, 분리능(resolution)은 4cm⁻¹, 스캔 횟수(scans)는 16회이다.

2.4. 가스크로마토그래피 질량분석

스테롤 및 지방산의 성분 분석을 위하여 GC-MS 분석을 수행하였다. 마노막자로 곱게 분쇄한 시료 약 10mg을 메탄올과 클로로포름(2:1 v/v)에 녹인 후 15분씩 2차례 초음파

분쇄를 하였다. 원심분리 한 초음파 분쇄 추출물은 여과 후 일부를 취하여 *N,O*-Bis(trimethylsilyl)trifluoroacetamide와 1% trimethylchlorosilane로 유도체화 반응을 실시하였다. 유도체화 반응 후 질소 기체 하에서 농축하였으며 최종적으로 hexane에 녹여졌다. GC-MS 분석은 질량분석기(5975, Agilent)가 장착된 기체크로마토그래피(7890N, Agilent)를 이용하였다. 컬럼은 DB-1HT (30m×0.32mm×0.1μm, J&W Scientific)을 사용하였고 운반 기체는 He를 사용하였으며, 유속은 1.4ml/min으로 일정하게 유지하였다. 시료는 split (10:1) mode에서 자동 시료주입장치를 이용하여 1μl를 주입하였다. 주입구의 온도는 250℃이며 컬럼 온도는 50℃에서 시작하여 10℃/min으로 승온시킨 후 320℃에서 5분간 유지시켜 분리하였다. 분석은 scan mode를 통해 유기물의 전체적인 크로마토그램 영상(total ion current chromatogram) 및 각 물질의 질량 스펙트럼을 확인하였다.

2.5. 안정동위원소비 질량분석

부착물의 탄소와 질소 안정동위원소비 분석을 위하여 시료를 마노막자로 곱게 분쇄한 후 약 500μg을 tin capsule에 넣고 탄소·질소 원소분석기(Flash 2000, Thermo Fisher Scientific)가 결합된 안정동위원소비 질량분석기(Delta V Isotope Ratio Mass Spectrometer, Thermo Fisher Scientific)로 분석하였다. δ¹³C와 δ¹⁵N은 각각 VPDB와 AIR의 국제 표준시료를 기준으로 측정되었으며, 안정동위원소비는 다음 식에 의하여 계산되었다.

$$\delta = \left(\frac{R_{\text{sample}}}{R_{\text{standard}}} - 1 \right) \times 1000 \quad R = \frac{\text{Abundance of Rare Isotope}}{\text{Abundance of Common Isotope}}$$

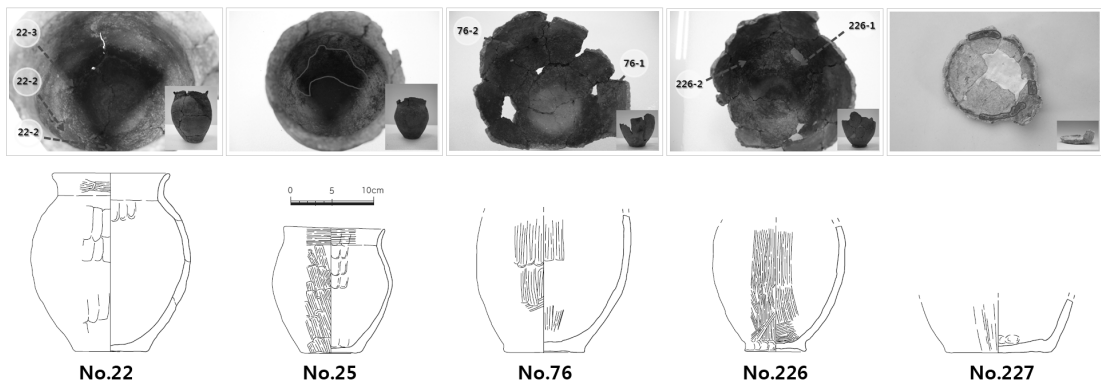


Figure 2. Charred residues sampling on the interior surface of vessels (upper) and types of potteries (bottom) (Hangang Institute of Cultural Heritage, 2013).

Table 1. Specimens list from charred residues on the pottery from Joong-do site, Chuncheon.

No.	Sites no.	Pottery no.	Type	Measurement (cm)*	Specimens list	Collecting volume (mg)
1				MD 13.8	22-1	126.39
2		22	Hard Mumun Bal	HT 21.6	22-2	25.18
3	Building site no.7			LD 19.4	22-3	116.19
				BD 8.7		
4		25	Hard Mumun Bal	MD 12.1	25	138.50
				HT 15.3		
				LD 15.3		
				BD 7.3		
5	Building site no.10	76	Hard Mumun Ho, bottom	rHT 16.6	76-1	84.21
6				BD 9.8	76-2	88.77
7		226	Hard Mumun pottery, bottom	rHT 15.2	226-1	187.19
8	Building site no.16			BD 7.4	226-2	623.21
9		227	Hard Mumun pottery, bottom	rHT 6.5	227	115.52
				BD 12.8		

*MD; mouth diameter, HT; height, rHT; residual height, LD; largest diameter of body, BD; bottom diameter

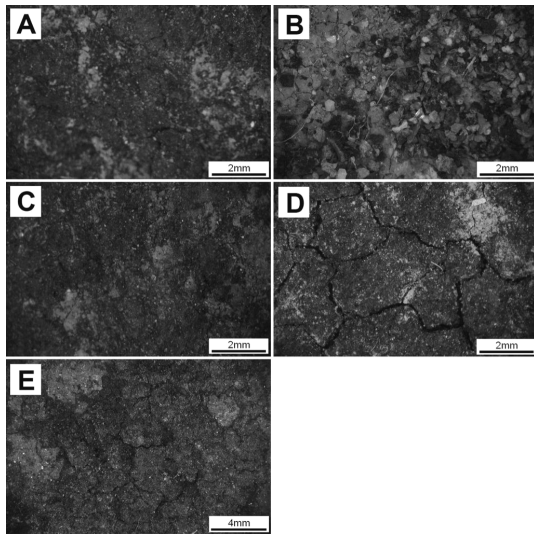


Figure 3. Images of potable digital microscope from charred residues on the pottery. (A) No. 22, (B) No. 25, (C) No. 76, (D) No. 226, (E) No. 227.

3. 결과

3.1. 표면 관찰 및 시료 채취

시료를 채취하기 전에 디지털휴대용현미경을 이용하여 부착물의 분포 양상을 토기 내면의 저부에서 동체부까지 부위별로 관찰하였다. 22호, 76호, 226호 토기는 비교적 탄착흔에 부착물이 잘 남아있었으며 토기 벽면에 전반적

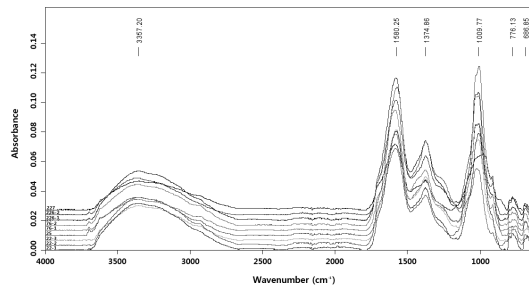


Figure 4. FT-IR microspectra obtained from charred residues on the pottery.

으로 분포하고 있었다. 반면 25호, 227호 토기는 부착물의 양이 적게 관찰되었다(Figure 3). 부착물이 충분한 22번, 76번, 226번은 최소 2개 지점 이상 채취하였으나 부착물이 매우 얇고 적은 25번과 227번은 일정 부위에서 긁어서 채취하였다. 분석용 시료를 채취한 결과는 Table 1과 같다.

3.2. FT-IR 분석

유물에서 채취한 시료는 diamond crystal을 이용한 ATR 법으로 분석하였다(Figure 4). 분석 결과 아민에 의한 N-H 신축진동밴드가 3330~3201cm⁻¹에서 나타났으며, 1580~1568 cm⁻¹에서 굽힘진동밴드가 확인되었다. 또한 3400~3200cm⁻¹에서 수소결합에 의한 O-H 신축진동밴드가 크게 나타났으며 1390~1330cm⁻¹에서 O-H 굽힘진동밴드가 확인되었다. 또한 917~911cm⁻¹에서는 P-O-R 밴드가 나타났다.

Table 2. Result of stable isotope analysis from charred residues on the pottery.

Sample no.	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	C/N
22-1	-18.1	6.3	10.8
22-2	-18.1	6.6	11.5
22-3	-18.4	5.5	11.4
25	-8.7	6.0	7.9
76-1	-12.3	7.5	10.4
76-2	-12.8	7.6	10.6
226-1	-14.1	4.8	10.5
226-2	-14.7	5.0	10.4
227	-15.2	4.4	10.3

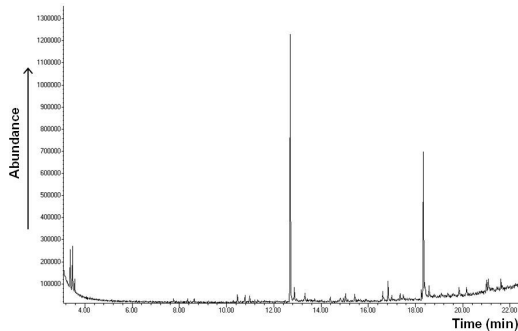


Figure 5. Chromatogram from charred residues on the pottery 226-2.

3.3. GC-MS 분석

GC-MS 분석은 부착물 시료의 양이 충분한 22-1, 25, 226-2, 227번에 한하여 제한적으로 수행하였는데 분석 결과 모든 시료에서 크로마토그램 양상이 유사하게 나타났다 (Figure 5). MS 라이브러리를 이용하여 각 시료로 분리된 물질을 동정하였을 때 성분 또한 거의 일치하였다. 동정된 물질 중 주요 피크는 지방족탄화수소 화합물(pentadecane: 12.69분)과 아마이드 화합물(9-octadecenamide: 18.34분)이었으며, 지방산이나 스테롤 등과 같이 동-식물성 식료를 구분할 수 있는 특이인자는 검출되지 않았다.

3.4. IRMS 분석

토기 탄착물의 탄소, 질소 안정동위원소 분석 결과 평균 탄소 안정동위원소 비($\delta^{13}\text{C}$)는 $-14.7 \pm 2.8\%$ ($n=9$), 질소 안정동위원소 비($\delta^{15}\text{N}$)는 $6.2 \pm 1.1\%$ ($n=9$)로 나타났다

Table 3. Grouping of volume ranges with pottery types (Hangang Institute of Cultural Heritage, 2013).

Pottery type	Volume group	Small size	Middle size	Large size
Hard Mumun Bal	~ 2 L	2 L ~ 4 L	4 L ~	
Hard Mumun Ho	~ 5 L	5 L ~ 10 L	10 L ~	

며, 탄착물 내 탄소와 질소의 비(C/N)는 7.9~11.5에 분포하였다(Table 2). 7호 주거지에서 출토된 22번 호는 3군데에서 탄착흔을 채취하였으며 안정동위원소분석 결과 $\delta^{13}\text{C}$ 는 -18.1%부터 -18.4%, $\delta^{15}\text{N}$ 는 5.5%부터 6.6%까지 나타났다. 25번 호는 토기 표면에 분포하는 탄착물의 양이 적어서 위치를 구분하지 않고 일괄로 채취하였으며, 안정동위원소 분석 결과 $\delta^{13}\text{C}$ 는 -8.7%, $\delta^{15}\text{N}$ 은 6.0%의 값을 나타냈다. 10호 주거지에서 출토된 76번 발은 두 군데에서 탄착물 시료를 채취하였으며 $\delta^{13}\text{C}$ 는 -12.3%과 -12.8%, $\delta^{15}\text{N}$ 은 7.5%와 7.6%에서 각각 나타났다. 16호 주거지에서 출토된 226번 토기와 227번 토기의 안정동위원소 분석 결과 226번 토기의 경우 $\delta^{13}\text{C}$ 는 -14.1%과 -14.7%, $\delta^{15}\text{N}$ 은 4.8과 5.0에서 각각 나타났으며, 227번 토기는 $\delta^{13}\text{C}$ 가 -15.2%, $\delta^{15}\text{N}$ 은 4.4% 값을 나타냈다(Figure 6).

4. 고찰

춘천 중도동 하중도 B지구 유적의 토기는 24기의 주거지에서 대부분 출토되었다. 토기 329점 가운데 경질무문토기는 전체 66%(295점)를 차지하며, 전체 기형을 알 수 있는 41점의 경질무문토기 가운데 17점에서 취사흔이 발견되었다. 그 중 경질무문발의 취사흔은 소형군과 중형군에 한해 관찰되었다. 본 연구에서 7호 주거지의 22번, 25번 토기는 전체 기형을 알 수 있는 경질무문발에 해당하며, 용량으로 분류할 때 22번이 3.2 L로 중형군, 25번은 1.5 L로 소형군에 속하였다. 10호 주거지에서 발견된 76번 토기는 경질무문호 저부편으로 추정되었으나 전체 기형이 남아 있지 않았기 때문에 토기의 용량은 확인할 수 없었다. 전체 기형이 남아 있는 경질무문호 가운데 취사흔은 대부분 5 L 미만의 소형군에서 발견되었다. 226번, 227번은 경질무문토기의 저부에 해당하나 소실로 인해 전체 기형과 용량을 알 수 없었다(Hangang Institute of Cultural Heritage, 2013). 완형에 가까운 7호 주거지의 22번, 25번 토기에 비하여 소실이 많은 76번, 226번, 227번 토기는 접착제를 사용하여

복원되었기 때문에 시료 채취 시 2차 오염을 방지하기 위해 각별한 주의가 요구되었다. 또한 상대적으로 탄착흔에 남아 있는 부착물의 양이 적은 25번과 227번 토기는 시료 채취 시 복수의 지점에서 각각 충분한 분석 시료 확보가 불가능하였기 때문에 일정부위에서 긁어모아 한 점의 시료로 확보하였다. 본 연구는 분석 의뢰된 유물이 수 점에 불과하였고 시료 별로 탄착흔의 양상과 부착물의 양에 차이가 있었다. 또한 중요 유물이었기 때문에 탄착흔 외 지점에서 대조군을 확보할 수 없었으므로 시료 확보에서부터 제한적인 요소가 많았다.

FT-IR 분석 결과 토기 부착물 내에 유기물 성분이 포함되어 있는 것으로 확인되었다. FT-IR 분석에서 공통적으로 나타난 P-O-R 밴드는 토양 내 부식물(humus)로부터 유래되는 것으로 알려져 있으며, 아민, 알코올 계열에 의한 밴드가 주로 나타나는 것도 부식산(humic acid) 또는 풀브산(fulvic acid) 등 부식물에 의한 것으로 볼 수 있다. 그러나 이러한 결과가 탄착물이 토양에서 유래한 부식산에 의해 모두 오염되었다는 것을 의미하는 것은 아니다. 검출된 부식물은 오랜 매장 기간 동안 토양으로부터 오염된 것일 수

도 있으나 부착물 자체 유기물의 분해과정 속에서 생성된 것일 가능성도 배제할 수 없다. 특히 부착물이 포함하고 있는 탄소와 질소 비를 분석한 결과 7.9~11.5로 나타났다. 일반적으로 자연계의 토양에서 유래한 부식물의 탄소와 질소비는 50이상으로 탄소에 비해 질소가 상대적으로 매우 낮은 값을 나타내는 것으로 보고된 바 있다(Gjessing, 1976). 따라서 FT-IR에서 동정된 부식물은 외부 토양에 의한 오염이라기보다 당시 조리행위에 의해 형성된 탄착물이 오랜 시간 동안 박테리아 등에 의해 분해되면서 생성된 것으로 추정된다. 또한 FT-IR 결과 부착물이 토양의 부식물에서 유래되었다고 하더라도 부착물의 중요한 오염 요인이 아닌 것으로 판단할 수 있다.

탄화된 유기물(char)을 분석하기 위한 전처리 시 전지질(total lipid) 추출 수율은 그다지 높지 않다(Craig, 2004). GC-MS 분석 결과 부착물에서 지방족탄화수소 화합물과 아마이드 화합물 등 토양 유기물에서 흔히 검출되는 성분이 나타났으나 지방산이나 스테롤 등과 같이 동식물성 식재료를 구분할 수 있는 특이인자는 검출되지 않았다. 유기물은 매장환경 속에서 쉽게 부패하고 분해될 수 있기 때문

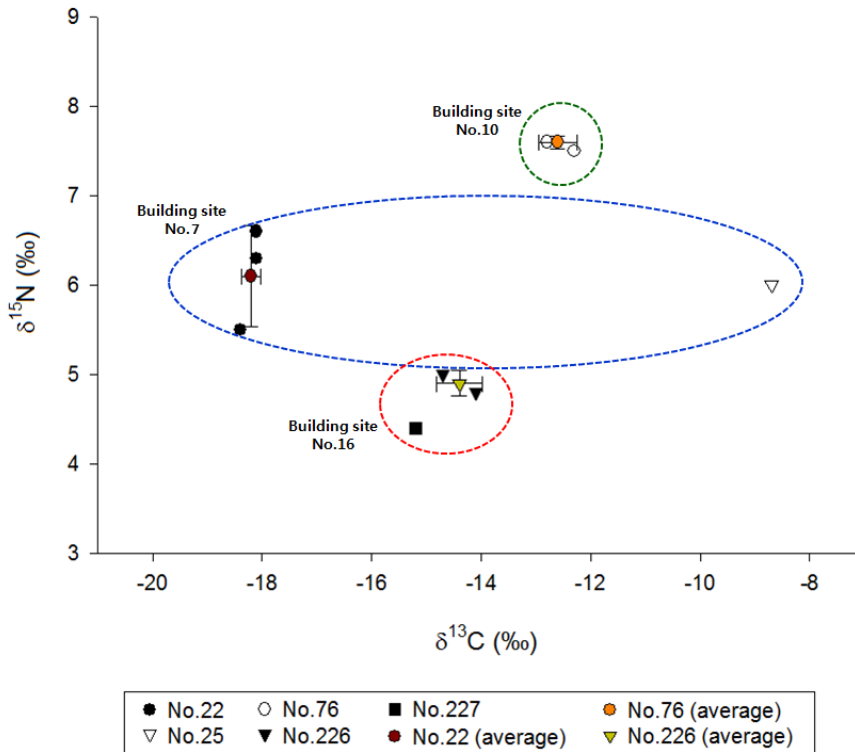


Figure 6. Carbon and nitrogen stable isotope values of charred residues from potteries.

에 보존상태가 좋지 않을 경우 분석 연구는 한계에 직면할 수밖에 없다. 따라서 잔존량이 적은 유기물을 분석 시 추출 과정 등 전처리 과정을 최소화한 상태에서 부착물의 원소 수준의 유기적 정보를 분석하기 위하여 IRMS 분석을 실시하였다.

C₃ 식물(쌀, 콩, 보리 등)의 δ¹³C 값은 평균적으로 -33~-22‰에 분포하며, C₄ 식물(수수, 기장, 조 등)의 경우 δ¹³C 값은 평균적으로 -20~-10‰에 분포한다(Bender, 1971). 부착물의 IRMS 분석 결과가 주로 C₄ 식물의 범위 내에 포함되는 값을 가지므로 부착물의 주요 유래가 식물이었음을 알 수 있다. 또한 콩과를 제외한 식물의 평균적인 질소 안정동위원소 값이 약 4‰이며, 콩과 식물의 질소 안정동위원소 값이 약 1.5‰이므로 227호 토기의 경우 주로 비콩류의 식물성 물질이 부착되어 있음을 확인할 수 있다. 다만 상대적으로 탄소와 질소 안정동위원소 값에 있어 각각 큰 차이를 나타낸 22호, 25호 토기와 76호, 227호 토기의 관계를 규명하기 위해서는 토기의 특징, 쓰임새, 주거지와와의 관계 등이 종합적으로 고려되어야 할 것이다.

토기의 형태, 탄착흔의 양상 등 고고학적 자료를 볼 때 이번에 연구된 경질무문토기는 조리행위에 사용되었던 것임에 틀림이 없다. 본 연구에서는 탄착물 성분을 화학적으로 분석함으로써 이를 과학적으로 입증하고자 하였다. 그러나 춘천 중도 유적에서 출토된 경질무문토기 329점 가운데 본 연구에 의뢰된 것은 5점의 시료에 불과하므로, 이 유적지의 조리행위에 대한 정보를 확보하는데 한계가 있다. 향후 이와 유사한 사례 연구를 통해 당시 식생활에 대한 구체적인 정보에 접근하기 위해서는 탄착흔이 남아 있는 토기에 대한 방대한 분석과 더불어 지리적 특징, 토기의 형식과 외형, 유구의 특징이 종합적으로 고려되어야 할 것이다.

본 연구는 고고 유적지에서 출토된 토기의 탄착물 연구에 화학적 분석법을 적용한 하나의 방법론적인 예시이다. 특히 FT-IR, GC-MS, IRMS 등 유기물 분석을 종합적으로 시도하였을 뿐만 아니라 각각의 방법이 갖는 한계와 의의를 제시하였다. 또한 탄소와 질소의 안정동위원소 분석을 탄착물의 유기물 분석에 적용한 국내 첫 사례로서 향후 이러한 연구는 우리나라 토기 사용과 식생활 문화 연구에 대한 중요한 정보를 제공할 것으로 기대된다.

5. 결론

춘천 중도동 유적에서 출토된 토기 부착물의 성분을 규

명함으로써 유물의 용도와 당시의 식생활 양상을 파악하고자 하였다. 시료 채취 전 표면 관찰을 통해 대략적인 시료의 상태를 파악하였으며 FT-IR 분석을 통해 부착물이 유기물로 구성되었고 주요 성분이 토양에서 유래하는 부식물인 것으로 추정하였다. GC-MS 분석 결과 일반적인 토양에서 동정되는 지방족탄화수소 화합물과 아미이드 화합물이 검출되었으며 유물의 용도 또는 부착물의 유래를 확인할 수 있는 특이인자는 검출되지 않았다. 그러나 토기 부착물의 탄소, 질소 안정동위원소 분석을 통해 주로 C₃ 식물보다 C₄ 식물이 주로 조리된 것을 확인할 수 있었다.

본 연구에서는 춘천 중도동 유적 내 원삼국시대 주거지에서 출토된 경질무문토기 내 탄착물에 대한 화학적 분석을 수행함으로써 조리행위의 흔적을 화학적으로 규명하였다. 향후 토기 내에 잔존하는 유기물의 시대별, 용도별 연구와 지속적인 데이터베이스 구축을 통해 관련 연구에 도움이 될 수 있는 자료로 활용되길 기대한다.

사 사

본 연구를 위하여 귀중한 연구 자료를 제공해주신 (재)한강문화재연구원에 감사드립니다.

REFERENCES

- Bender, M.M., 1971, Variations in the ¹³C/¹²C ratios of plants in relation to the pathway of photosynthetic carbon dioxide fixation. *Phytochemistry*, 10, 1239-1244.
- Craig, O.E., 2004, Organic analysis of <<food crust>> from sites in the Schelde valley, Belgium: a preliminary evaluation. *Notae Praehistoricae*, 24, 209-217.
- DeNiro, M.J. and Hastorf, C.A., 1985, Alteration of ¹⁵N/¹⁴N and ¹³C/¹²C ratios of plant matter during the initial stages of diagenesis : studies utilizing archaeological specimens from Peru. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 49(1), 97-115.
- Gjessing, E.T., 1976, Physical and Chemical Characteristics of Aquatic Humus. Science.
- Gregg, M.W., Banning, E.B., Gibbs, K. and Slater, G.F., 2009, Substance practices and pottery use in Neolithic Jordan: Molecular and isotopic evidence. *Journal of archaeological science*, 36, 937-946.

- Hangang Institute of Cultural Heritage, 2012a, Jung-san dong site, Incheon. 565-582, 621-675. (in Korean with English abstract)
- Hangang Institute of Cultural Heritage, 2012b, Un-book dong site, Incheon. 378-384. (in Korean with English abstract)
- Hangang Institute of Cultural Heritage, 2013, Joong-do dong site, Chuncheon. (in Korean with English abstract)
- Messener, T.C., Dickau, R. and Harbison, J., 2008, Starch grain analysis : methodology and applications in the Northeast. *Current Northeast Paleoethnobotany* II. 111-150.
- Morton, J.D. and Schwarcz, H.P., 2004, Palaeodietary implications from stable isotopic analysis of residues on prehistoric Ontario ceramics. *Journal of archaeological science*, 31, 503-517.
- Shoda, S., 2013, Reconstructing culinary practices based on pottery residue analysis : review and prospects. *The Journal of Korean Field Archaeology*, 16, 121-143. (in Korean with English abstract)
- Son, J.H., Nakamura, D. and Momohara, A., 2010, Research on plant impressions found on Bronze Age pottery by means of replication. *The Journal of Korean Field Archaeology*, 5-34. (in Korean with English abstract)
-