화성 발안리 유적출토 원삼국 및 백제 토기의 정량분석과 고고과학적 해석

한이현 | 이찬희^{*1}

한울문화재연구원, *공주대학교 문화재보존과학과

Archaeometric Interpretation and Quantitative Analysis of Pottery from Proto-Three Kingdom to Baekje Kingdom Period of the Balanri Site in Hwaseong, Korea

Lee Hyeon Han | Chan Hee Lee^{*1}

Hanul Research Institute of Cultural Heritage, Suwon, 440-854, Korea

^{*}Department of Cultural Heritage Conservation Sciences, Kongju National University, Gongju, 314-701, Korea

¹Corresponding Author: chanlee@kongju.ac.kr, +82-41-850-8543

초 록 이 연구에서는 화성 발안리 유적에서 출토된 원삼국과 백제 토기의 용도와 제작기법에 대하여 고찰하였다. 각 주거지에서 수습한 토기시료는 중도식 무문토기와 타날문 토기 및 백제토기로서 정련상태와 비집물질의 첨가 등 광물학적 특성에 따라 형태가 구분되며 사용용도가 달라진다. 중도식 무문토기와 장란형토기는 대부분 황갈색을 띠며 취사용기로 사용되었고, 타날문 토기는 회청색을 띠며 저장용기로 사용되었던 것으로 보인다. 중도식 무문토기와 백제 토기는 900~940℃의 소성을 거쳤고 타날문 토기는 900~1,100℃ 정도의 소성을 거쳤을 것으로 판단된다. 따라서 토기의 소성조건은 용도에 따라 조절하여 사용하였을 것으로 해석된다. 한편 모든 토기들은 유사한 지구화학적 거동특성을 갖는 것으로 보아 모두 같은 기원의 태토를 사용하였을 것으로 추정된다.

중심어: 원삼국, 백제, 토기, 소성온도, 제작기법

ABSTRACT This study focused on making technique and usage of potteries from Proto-Three Kingdom to Baekje Kingdom in Balanri Site. The potteries were divided into four groups, Jungdo type I, Jungdo type II, Tanalanmun type and the Baekje type on the basis of the shape and physical properties. The Jungdo type potteries were used as kitchen wares, showing mostly yellowish brown color. The Tanalanmun type potteries were used as storages, showing gray green color. Firing temperature of the Jungdo type and the Baekje type potteries were presumed to be fired at 900 to 940℃, whereas the Tanalanmun type potteries were fired at around 900 to 1,100℃. This is indicated that the firing condition was adjusted according to the purposes of the potteries. On the one hand, the Balanri potteries were made of paleo-soil which was collected in very near place from the site based on geochemical characteristics of the pottery clays and the soil.

Key Words: Proto-Three Kingdom, Baekje Kingdom, Pottery, Firing temperature, Making techniques

1. 서론

원삼국시대는 기원전 1세기에서 기원후 3세기로 비정되며, 토착 군소 정치세력들이 국가 단계로 성장하고 있는 시기이다(Park, 1996). 화성을 포함한 경기, 서울 및 영동, 영서지역은 마한의 속국이 성장했던 지역으로 한성백제의 모태가 된다. 그러나 아직도 한강유역의 고고학적 편년체계가 확실하지 않아 연구에 어려움이 많이 있다. 이는 향후 토기양식의 형성과 공간적 분포 양상 등의 연구를 바탕으로 고고학적 검토를 통하여 제시 될 수 있을 것이다(Park, 2004).

발안리 마을유적은 화성 발안 택지개발사업지구에 대한 발굴조사 과정에서 확인된 유적으로 총 376기의 유구가 발견되었다. 이 유적은 초기 철기시대에 형성되기 시작하여 원삼국시대에서 백제 한성기까지 존속하는 대규모 취락으로 한성백제 시대의 기층문화를 보여주는 대표적인 유적이다(Gyeonggi Institute of Cultural Properties; GICP, 2007). 한강유역 및 중서부 지역의 원삼국시대는 토기의 변천양상을 기준으로, 경질무문토기 - 경질무문토기와 타날문토기 - 심발형토기와 장란형토기가 나타나는 3단계로 나눌 수 있다(Park, 2004).

이와 같은 토기의 형식학적 진화과정은 발안 마을유적에서 나타나는 주거지 형태와 내부시설의 발전과정에서도 확인할 수 있다. 이 유적은 미사리 유적, 풍납토성과 같은 한성 백제 중심부 유적이 아닌 화성에 위치하고 있어 지방 정치체제에 속하는 마을 유적으로서의 특징이 나타나 또 다른 의미가 있다.

원삼국시대 토기의 제작기법에 대하여는 1980년대 후반부터 자연과학적 분석이 시도되고 있다(Lee, 1988; Kim, 1995). 최근 풍납토성 출토 토기의 제작기법에 대하여 태토의 광물학적 및 물리적 특성을 해석한 연구가 있다(Moon *et al.*, 2011). 또한 풍납토성, 몽촌토성, 용인 수지, 화성 당하리 등 12개소의 백제 유적을 대상으로 한성백제 토기의 미량 원소 분석을 실시하여 중앙과 지방간의 토기 유통관계를 해석하기 위한 연구가 진행되었다(Kim and Kwon, 2008). 한편 진천 삼릉리, 산수리 가마에서는 한성백제 성립기에 토기제작과 관련된 제작공방, 토제품, 폐기장, 태토와 태토 혼입용 암석, 받침 모루 등이 발굴되어 이들을 대상으로 광물학적 분석과 제작기법에 대한 보고가 있다(Cho, 2008).

그러나 서울-경기지역의 원삼국 시대 및 한성백제 토기의 제작기법과 원료산지 및 유통체계에 관한 심도있는 연구와 지역적 차이점을 검토한 연구는 아직도 미흡한 상황

이다. 따라서 이 연구에서는 발안리 마을 유적의 주거지에서 출토된 원삼국에서 백제시대의 대표적인 토기를 선별하여 지구화학적 정량분석과 물리적 특성 및 조성환경 등을 체계적으로 규명하였다. 또한 이 결과를 종합하여 토기 형태에 따른 용도와 제작기법의 변화과정에 대하여 고고과학적으로 해석하고자 하였다.

2. 현황 및 연구방법

2.1. 유적 현황

화성 발안일대는 선캠브리아기의 경기변성암복합체에 속하는 호상편마암과 하부편암, 춘천누층군에 속하는 상부편암이 대부분을 이루며 소규모의 흑운모 화강암이 관입하였다. 발안천 북동측에 호상편마암과 하부편암이 교호하면서 남북 방향으로 분포한다. 발안리 유적이 분포하는 남서쪽에는 상부편암이 북동에서 남서 방향으로 길게 분포한다(Figure 1). 상부편암은 운모편암, 규암, 석영편암, 각섬석편암으로 구성되며 5~30m의 층후를 갖는 규암층을 협재한다.

가장 넓게 분포하는 운모편암은 흑운모와 백운모가 다양 혼재하며 편리가 발달한다. 조암광물은 흑운모, 백운모, 견운모, 녹니석, 석영, 장석으로 구성되며 대체로 석영보다 장석이 양적으로 우세하다. 규암의 구성광물은 석영이며 소량의 백운모와 녹니석을 포함한다. 이는 열리의 방향을 따라 배열하며 석영입자는 모자이크 조직을 보인다(Lee *et al.*, 1993).

화성 발안리 마을유적은 철마산 능선이 남서방향으로 연결되는 서학산, 오두산, 천덕산, 등구산 등의 구릉성 배후 산지가 북쪽과 서쪽을 감싸고 있다. 남동쪽에는 태봉산과 건달산 일대에서 발원한 발안천이 북동에서 남서 방향으로 곡류하며 저평한 충적지를 형성한다. 이 유적에서는 원삼국에서 백제시대의 수혈주거지 57동, 구 및 굴립주 건물지 등 총 376기의 유구가 확인되었다(GICP, 2007).

원삼국시대의 주거지는 조사지역 서반부에 집중적으로 분포하는 양상을 보이는데 주거지의 경우 2~3기가 일정한 간격을 유지하면서 상관관계를 갖는 경향성이 나타난다. 백제시대에도 방사상의 구가 구획된다. 발안리 유적에서는 원형 주거지를 제외하고 원삼국시대에 나타나는 주거지의 평면형태가 모두 나타난다.

특히凸자형 주거지는 장축방향과 크기 등이 일정한 패턴을 보이며 백제 주거지와는 다른 양상을 보인다. 또한 시기적 차이에 따라 노지와 부뚜막, 온돌의 설치 여부 등과

같은 내부 시설의 변화과정도 확인할 수 있다. 원삼국시대에서 백제시대 주거지로 변화해가는 과정에서 출토되는 토기의 형태도 변화를 알 수 있다. 이는 화성 발안리 유적이 원삼국시대에서 한성 백제시대로 변화해가는 과정을 보여주는 중요한 증거이다(GICP, 2007).

2.2. 연구방법

이 연구에서는 물리적 특성과 재료학적, 광물학적 및 지구화학적 특성을 분석하여 발안리 유적 토기의 제작기법을 규명하였다. 토기와 토양시료의 자화강도를 알아보기 위해 전암대자율을 측정하였으며 분석기기는 10^{-5} SI 단위의 측정한계를 가진 KT-6 (Pocket Susceptibility Meter) 모델을 사용하였다.

토기편을 대상으로 한국산업규격(KSL 4008)의 내용을 근거하여 가비중과 흡수율을 측정하였다. 또한 공극의 크기와 풍화상태를 실체현미경을 이용하여 저배율로 관찰하였다. 사용된 실체현미경은 Nikon SNZ1000 모델이다. 이외에 자동계수기가 장착된 Nikon Eclipse E 600W 편광/반사 겸용 현미경을 이용하여 광물종의 미세조직과 기질의 상태를 관찰하였다. 또한 기질과 풍화에 의한 변질광물의 생성과 반정량적인 광물조성 및 상대적 함량을 관찰하기 위해 에너지 분산형 성분분석기(EDS, Oxford INCA M/X)가 부착된 전계 주사전자현미경(FE-SEM, JEOL JSM-6335F)

를 사용하였다.

구성광물의 변질과 점토광물의 정확한 동정을 위하여 X-선 회절분석을 실시하였다. 분석에 사용된 기기는 Bruker D8 Advance로 Cuka, 전압 40kV, 전류 40mA로 설정하였으며, 주사속도 $1^\circ/\text{min}$ 로 $3 \sim 60^\circ$ 2 θ 구간에서 측정하였다. 토기의 재가열 과정동안 구성광물의 열이력과 상전이 여부를 확인하기 위하여 열분석을 실시하였다. 분석에 사용된 기기는 SDT 2960 TA Instruments, Inc Co., United States이며 승온속도 $10^\circ\text{C}/\text{min}$ 로 상온에서 $1,100^\circ\text{C}$ 까지 측정하였다. 분석에 사용된 표준시료는 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 이다.

또한 토기의 태토와 토양을 구성하는 화학조성 분석을 통해 재료학적 상관관계를 규명하기 위하여 지구화학적 분석을 실시하였다. 이를 위하여 X-선 형광분석(XRF), 유도결합 플라즈마 분광분석기와 질량분석기(ICP-AES, ICP-MS) 및 중성자방사화분석기(INNA)를 사용하여 측정하였다. 분석에서는 정밀도와 정확도를 검증할 수 있는 표준시료, 중복시료 및 공시료를 사용하여 신뢰도를 높였다.

3. 결과 및 해석

3.1. 육안 및 현미경 관찰

3.1.1. 육안관찰

발안리 유적에서 수습한 토기시료는 원삼국시대로 판명

Figure 1. Geological and distribution map of the Balanri site (Lee *et al.*, 1993; GICP, 2007).

Table 1. Description and physical properties of analyzed samples.

Sample	Period	Group	Location	Form	Magnetic susceptibility ¹	Bulk density	Absorbion ratio(%)
HS1-1	Proto Three Kingdom	Jungdo type I	Habitation 1	Steamer	0.97	1.63	21.59
HS11-1			Habitation 11	Jungdo type	0.80	1.78	17.06
HS17-1			Habitation 17	Shot necked pottery	1.80	1.69	18.41
HS23-1			Habitation 23	Jungdo type	3.08	1.79	16.51
HS18-2		Jungdo type II	Habitation 18	Jungdo type	1.29	1.77	16.91
HS19-1			Habitation 19	Jungdo type	0.61	1.58	22.73
HS21-1			Habitation 21	Jungdo type	2.13	1.77	17.21
HS24-1			Habitation 24	Jungdo type	0.33	1.81	15.96
HS52-1			Habitation 52	Jungdo type	0.23	1.80	16.20
HS1-2		Tanalmun type III	Habitation 1	Large size jar	0.16	1.87	13.63
HS11-2			Habitation 11	Shot necked pottery	1.01	2.00	5.87
HS18-1			Habitation 18	Shot necked pottery	1.40	1.60	23.37
HS18-3			Habitation 18	Shot necked pottery	0.52	1.76	16.71
HS23-2	Backje	Backje type IV	Habitation 23	Shot necked pottery	0.30	1.69	20.10
HS27-1			Habitation 27	Long oval shaped pot	0.20	1.80	16.91
HS48-1			Habitation 48	Long oval shaped pot	0.07	1.78	14.96
HS51-1			Habitation 51	Flat bottom deep bowl	0.47	1.69	19.68
HS58-1			Habitation 58	Flat bottom deep bowl	0.27	1.80	15.94
HSG-1	Proto Three Kingdom	Soil	Habitation 1	-	0.49	-	-
HSG-11			Habitation 11	-	0.43	-	-
HSG-17			Habitation 17	-	0.38	-	-
HSG-27	Backje		Habitation 27	-	0.37	-	-

¹; 10⁻³ (SI unit)

된 주거지에서 14점을 선정하였고 백제로 편년된 주거지에서 4점을 수습하였다. 원삼국시대 토기는 기형과 크기에 따라 타날문 토기그룹과 중도식 무문토기 I, II 그룹으로 나누었다. 그리고 장란형 토기와 심발형 토기를 포함한 백제 토기그룹으로 구분하였다(Table 1).

중도식 I 그룹은 시루, 단경호, 외반구연호의 기형이 나타났으며 주로 적갈색을 띠고 있다(Figure 2A). 단경호(HS17-1)는 부뚜막 재료로 사용된 것으로서 붉은색을 띠며 찌개집 현상이 있다. 시루(HS1-1)는 부뚜막 인근에서 출토되어 조리 용으로 사용되었을 것으로 보이며, 중립의 비점물질이 첨가되었다. 외반구연호(HS11-1) 역시 부뚜막 입구에서 출토되었으며 저부가 결실된 대형 토기이다. 외면에는 점토가 붙어 있고, 토기 내외벽에는 목리흔이 나타난다.

중도식 II 그룹은 외반구연호로 전형적인 중도식 무문토기이며 크기는 중형에 속하고 대부분 황갈색을 띤다. 내부에 그림 흔적이 있어 흑색을 보이기도 한다(Figure 2B). HS19-1은 외면에 전체적으로 그림과 함께 미세한 균열이 나타났다. HS52-1은 갈색을 띠며 마연한 것 같은 광택

이 나타나며 흑색물질이 관찰된다. 내면은 목리로 표면을 정리하였다.

타날문 그룹은 회청색을 띠는 타날문 토기로 대부분 원저단경호에 속한다. 외면은 격자문, 승문, 승석문 타날이 나타나며, 구연부는 물손질한 흔적이 보인다. 내면에는 슬립 또는 물손질한 흔적이 있다. 또한 비점 물질이 거의 없는 정제된 태토를 이용하였으며 대부분 기벽이 얇다(Figure 2C). HS11-2는 회흑색을 띠고 외면에는 격자문이 나타나며 내면에는 무질서하게 물손질하였다.

HS18-1은 격자타날을 보이며 내벽에는 슬립을 하였으나 연질이어서 무늬가 거의 보이지 않으며 내벽에 칠한 슬립은 박락되었다. HS18-3은 외면과 내면은 회백색을 띠나 부분적으로 황색으로 변색이 일어나고 속심은 흑색을 띤다. 저부에는 격자문이 시문되어 있으며 동체부에는 평행선문으로 시문하고 부분적으로 횡선이 시문되었다. 저부쪽 내부에는 손누름흔이 나타난다. HS23-2는 회청색을 띠며 평행선문이 교차로 시문되어 있다.

백제 IV 그룹은 백제 토기들로 장란형토기와 심발형토

기로 나누어진다. 장란형 토기의 경우 모두 부뚜막 부근에서 출토되었으며, 비교적 소립의 비집물질을 첨가한 것으로 보인다(Figure 2D). 장란형토기(HS27-1)는 저부 부분은 격자문, 동체부에는 사승문이 타날 되어있다. 토기 내면에는 내박자 흔이 불규칙하게 나타나며 부분적으로 그릇 흔적이 있다. HS48-1 또한 부뚜막 부근에서 출토되었으며 외면은 황색을 띠나 내부 속심은 흑색을 보인다. HS27-1과 같이 외면에는 사승문이 타날되었으며 내부에는 내박자로 인한 물결무늬가 나타난다. 소형 심발형 토기(HS51-1)은 적갈색으로 승문이 시문되었으나 HS58-1은 격자문이 시문되어 있다.

3.1.2. 실체 및 편광현미경

발안리 유적에서 출토된 토기의 실체현미경 관찰결과, 중도식 I과 II 토기의 바탕기질은 적갈색을 띠고 있으며 원마도가 낮은 1~2mm의 거정질 석영과 소립의 비집 물질

이 관찰된다(Figure 2E, 2F). 시루편(HS1-1)은 거정질의 비집물질을 가지고 있으며 비교적 균질한 기질을 이룬다. 그러나 HS11-1와 HS17-1는 거정질과 소립의 비집 물질이 혼합된 기질이 관찰되었다. 또한 석영입자에서 균열이 관찰되며 소성시 생성된 작은 공극과 토기 제작시 생성되었을 것으로 보이는 선형의 공극도 확인 할 수 있다. HS23-1에서는 주로 중도식 II에서 관찰되는 변색이 비집물질을 따라 일어났다.

중도식 II에서는 미세한 공극과 함께 기질 방향으로 균열이 관찰된다. 또한 석영입자 주변을 중심으로 변색되었는데, 이는 석영 주위에 생성된 공극으로 수분의 침투가 많았기 때문으로 보인다. 이러한 현상은 HS52-1에서 두드러져 나타나며 HS19-1은 기벽 부분에서 변색이 두드러진다. 이 역시 취사용으로 사용된 토기의 기벽이 균열로 인해 수분의 침투가 많았기 때문으로 판단된다. 반면 HS18-2와 HS24-1에서는 비교적 적은 변색이 일어났다. 중도식 I의

Figure 2. Photographs (A to D), microphotographs (E to H), polarizing (I ~ L) and scanning electron microscopic images (M to P) of pottery samples.

시루편 역시 취사용기로 사용되었으나 이러한 현상이 나타나지 않는 것은 시루라는 특성상 열에 의한 직접적인 충격이 가해지지 않았기 때문으로 해석된다.

타날문 III의 기질은 회청색을 띠고, 비집 물질이 거의 없이 균일하며 공극 또한 비교적 적게 분포한다. 외벽과 내벽이 속심과 다른 색으로 층을 이룬다(Figure 2G). HS11-2와 HS18-3은 회흑색 기질을 가지며 공극이 거의 없고 검은 반점과 흰색물질이 관찰된다. HS18-1은 3개의 층이 나타나며 기질의 방향에 따라 공극이 발달되어 있다.

백제 IV에서 장란형 토기는 각각 황갈색과 회흑색 기질을 가지며 원마도가 큰 0.05 mm 정도의 비집이 균일하게 첨가되었으며 이들 사이에 공극이 분포한다(Figure 2H). 이 토기들의 외벽에서 부분적으로 그을음 흔적이 관찰되며 부뚜막 부근에서 출토됨에 따라 취사용으로 추정된다. 따라서 첨가된 비집물질은 열충격을 완화시키기 위한 장치임을 확인할 수 있다. 51호 주거지와 58호 주거지에서 출토된 심발형 토기는 암갈색의 기질에 소량에 거정질 비집이 관찰되며, 중도식 II에서 나타나는 변색과 기질방향의 공극이 관찰된다.

발안리 유적에서 수습한 토기의 편광현미경 관찰결과, 중도식 I과 II그룹에서는 전체적으로 갈색의 기질을 가지며 거정질의 석영이 관찰된다. 그러나 실체현미경에서는 보이지 않았던 소립의 비집 물질들이 관찰되고 정장석과 미사정석이 혼재한다. 또한 판상벽개를 보이는 흑운모가 산재하고 있으며, 다색성을 보이는 백운모도 관찰된다(Figure 2I, 2J). 중도식 I에서는 기질의 방향성이 없고, 중도식 I그룹과 중도식 II 그룹의 일부는 은미정질의 기질을 가지며 일정한 선상배열을 한다. HS52-1는 토기 기벽과 내부의 기질이 구분된다. 이것은 기벽에 니질 점토를 덧바른 것으로 사료되며 일부는 공극을 따라 내부로 침투된 것을 확인할 수 있다.

또한 발안리 유적 부근에서 수습한 토양의 편광현미경 관찰결과, 풍화로 파쇄된 많은 양의 석영과 장식 입자를 함유하고 있으며 주상벽개를 보이는 흑운모 집합체도 관찰된다. 이는 발안리 유적에서 출토된 중도식 무문토기편은 수비가 이루어졌으며 청동기시대의 무문토기보다 정제된 태토를 사용하였다는 것을 지시하는 것이다.

타날문 III과 백제 IV에서는 전체적으로 암흑색 기질을 보이며 조직이 치밀하다. 타날문 III에 속하는 18호 주거지에서 출토된 토기편들은 기질이 유리질화 되었고 선상배열을 하며 비집물질은 보이지 않는다(Figure 2K). 백제 IV의 장란형 토기와 심발형 토기에서는 거정질의 석영과 원마도가 높은 중립의 석영과 정장석 및 사장석 등과 같이 다양한

종류의 비집 물질이 관찰된다(Figure 2L). 이를 토양과 비교하였을 때 토양에서 일반적으로 함유하고 있는 파쇄된 석영과 장식들보다 크기가 큰 것임을 알 수 있다. 이것으로 보아 중립의 석영과 장식 등의 비집물질을 따로 첨가하였던 것으로 판단된다.

3.1.3. 주사전자현미경

발안리 유적에서 수습한 토기편의 주사전자현미경 관찰결과, 중도식 무문토기와 타날문토기 및 백제토기는 조직과 조성에서 약간의 차이를 보인다. 중도식 무문토기는 비교적 느슨한 조직에 석영 및 장식과 같은 비집물질이 첨가되어 있으며 열을 받지 않은 층상의 점토광물도 확인된다. 또한 점토질 기질에서 집합체를 이루는 운모류와 비집물질이 빠져나간 것으로 추정되는 빈공간이 존재하며 표면이 불규칙한 미정질 점토들의 열변성 조직이 관찰된다(Figure 2N). 특히 직접 조리용으로 사용되었을 것이라 추정되는 토기(HS1-1)는 기질 사이에서는 미세한 공극이 형성되어 있다(Figure 2M). 이와 같은 현상은 토기에 여러번 열이 가해져 생성된 것으로 판단된다.

타날문토기와 백제토기에서는 중도식 무문토기와는 다소 다른 양상을 보인다. 타날문토기(HS11-2)는 높은 온도에서 소성하여 기질이 유리질화 되었으며 조직이 치밀하고 균일하게 발달한 공극이 관찰된다(Figure 2O). 한편 일부 토기는 방향성을 가지는 기질에 석영과 장석이 함유되어 있으며 서로 교대한 치밀한 조직을 보인다.

백제 토기중 장란형 토기는 타날문 토기와 비슷한 양상을 보인다. 비교적 균질한 기질을 보이며 유리화되는 과정에서 가스가 빠져나가면서 생성된 기공도 확인된다(Figure 2P). 심발형 토기는 중도식 무문토기와 비슷한 양상으로 불규칙한 기질과 층상의 운모류가 관찰되기도 한다.

각각의 그룹별 토기를 대상으로 SEM-EDS 분석을 실시하였다. 모든 시료에서 Si, Al, O의 함량이 높았고 Mg, Fe, K도 소량 함유하고 있다. 이는 Al_2O_3 , SiO_2 을 주성분으로 하고 Fe_2O_3 와 MgO 및 K_2O 등을 부성분으로 하는 점토광물이 태토를 구성한다는 것을 보여준다. 또한 1호와 19호 및 52호 주거지에서 취사용기로 사용된 중도식 무문토기와 심발형토기에서 철산화물과 Ni, Ti, S 및 유기물이 토기 표면에 부착되는 것을 확인할 수 있다.

52호 주거지에서 출토된 중도식 무문토기의 기벽과 내부기질에는 약 1mm의 검은 물질이 산재되어 있다. 이를 SEM-EDS 분석한 결과, 선형의 조직이 관찰되며 Mn, Fe의

Table 2. SEM-EDS result (wt.%) of pottery sample (HS52-1).

Analysis point	Element	Si	Al	Fe	Mn	O	C	Total
1	5.84	13.79	10.71	18.62	44.59	6.45	100.00

Table 3. SEM-EDS result (wt.%) of pottery sample (HS11-2).

Analysis point	Element	Si	Al	Fe	Mg	Ca	Na	K	Ti	K	Pb	S	Co	O	Totals
1	13.06	5.74	4.19	0.50	0.27	0.24	0.72	0.48	0.72	0.21	-	-	60.24	100.00
	2	15.02	6.80	4.30	0.49	-	0.43	1.20	-	1.20	-	0.21	-	58.54	100.00
	3	22.37	7.75	5.24	0.55	0.52	0.57	1.68	-	1.68	-	-	-	54.13	100.00
	4	-	-	29.68	-	-	-	-	32.07	-	-	-	3.18	33.90	100.00

함량이 높은 철/망간산화물로 판단된다. 이는 철/망간 산화물이 함유된 슬립을 칠하였던 것으로 사료되며 산화 소성하면서 Mn의 영향으로 토기 기벽이 마연을 한 것과 같이 광택을 띠는 갈색으로 변한 것으로 판단된다. 관찰되는 검은 물질은 소성이 완벽히 이루어지지 않은 철/망간 잔류물이다(Table 2).

타날문토기의 단면을 연마하여 후방산란영상으로 관찰하였다. 이는 원자번호가 높을수록 밝게 보이고 낮을수록 어둡게 보이므로 조직을 구성하는 광물의 분포를 관찰할 수 있는 방법이다. 위의 시료는 Pb, Ti, Na, S를 첨가한 토기의 기벽과 내부에 소량의 원소함량의 차이를 보인다. 또한 토기의 단면 외벽은 슬립을 칠하여 내부와 입도차를 보인다(Table 3).

3.2. 물리적 특성

3.2.1. 전압대자율

발안리 유적에서 출토된 토기편 18점과 토양 4점을 평균 5회씩 총 110회의 전압대자율을 측정하였다. 측정결과, 토기의 평균 대자율 측정치는 $0.87(\times 10^{-3} \text{ SI unit})$ 로 확인되었으며 $0.06 \sim 3.37$ 의 범위로 나타났다. 토양의 평균 대자율 값은 $0.43(\times 10^{-3} \text{ SI unit})$ 으로 측정되었다. 중도식 I, II를 제외한 토기와 토양의 전압대자율의 평균치는 2 미만으로 비교적 일정한 분포를 보였다(Figure 3A).

대부분 토기시료들은 $0.27 \sim 0.59$ 의 토양과 유사한 대자율 범위 내에 도시되었으나, 중도식 무문토기에서 좀 더 넓은 분포를 보인다. 타날문 토기에서는 두 개의 범위로 분류되는데 이는 타날문 토기의 태토에 차이가 있음을 보여 주는 것이다. 백제토기는 토양과 비교적 유사한 범위를 갖는다.

3.2.2. 가비중과 흡수율

발안리 출토 토기편의 겉보기 비중과 부피비중은 $2.27 \sim 2.59$ 과 $1.58 \sim 2.00$ 의 범위를 가지며 겉보기 기공률은 $11.76 \sim 37.76\%$ 의 범위이다. 흡수율 측정 결과, 대부분 시료들은 $15 \sim 20\%$ 의 분포를 보이나, 시루편(HS1-1)과 표면에 균열이 많은 HS19-1 및 연질 타날문토기(HS18-1)에서는 20% 가 넘는 비교적 높은 흡수율을 보인 반면, 타날문토기 HS11-1에서 5.87% 의 낮은 흡수율을 보였다. Figure 3B는 이와 같은 결과를 부피비중과 흡수율의 상관도에 도시한 것이다. 전체적으로 반비례의 관계를 가지며, 가장 낮은 흡수율을 가지는 타날문토기가 비중이 높은 것을 확인할 수 있다.

이 시료의 현미경관찰 결과, 비점물질과 공극이 거의 나타나지 않는 치밀한 내부조직을 갖는 토기임을 확인 하였으며 겉보기 기공률 또한 11.76% 로 기공의 분포가 적다. 이는 토기를 용도에 따라 흡수율을 조절하여 사용한 것으로 해석할 수 있다. 그러나 장기간 액체를 저장할 경우 흡수율이 높아질 수 있다. 또한 매장환경의 영향에 따라 흡수율이 변할 수 있으므로 해석에 상당한 주의가 필요하다.

3.3. 광물학적 특성

3.3.1. X-선 회절분석

발안리 유적은 규암과 백운모석영편암의 호층으로 이루어진 지층을 기반암으로 하는 신생대 제4기 충적층에 위치하고 있다. 발안리 유적 인근에서 채취한 토양을 X-선 회절 분석한 결과, 공통적으로 석영, 사장석, 정장석, 운모, 녹니석, 고령석, 투회석이 검출되어 발안리 일대를 이루는 백운

모석영편암의 풍화산물임을 확인하였다. 또한 1호 주거지 인근에서 수습한 토양(HSG-1)과 11호 주거지 인근에서 수습한 토양(HSG-11)에서 적철석과 각섬석이 동정되었다. 원삼국시대 주거지의 층위에서 수습한 토양과 백제시대 주거지의 층위에서 수습한 토양의 광물상에는 거의 차이가 없다.

모든 토기의 X-선 회절분석 결과, 토양에서 나타난 광물이

대부분 동정되었다. 발안리 유적 출토 토기의 주요 구성광물은 석영, 사장석 및 정장석이며 11호 주거지에서 출토된 타날문 III의 단경호(HS11-2)를 제외한 대부분의 시료에서 운모가 동정되었다. 타날문 III의 단경호(HS11-2)는 플라이트가 동정되는 동시에 사장석과 운모가 나타나지 않았다(Figure 4).

취사용과 부뚜막 축조용으로 사용된 중도식 무문토기

Figure 3. Magnetic susceptibility (A) and absorption ratio against specific gravity (B) of pottery samples.

Figure 4. X-ray powder diffraction patterns of analyzed samples. Q: quartz, M: mica, O: orthoclase, P: plagioclase, C: chlorite, K: kaolinite, A: amphibole, Di: diopside, H: hematite, Mu: mullite. Sample numbers are the same as those in Table 1.

(HS1-1, HS17-1, HS19-1)와 18호 주거지에서 수습한 타날 문토기(HS18-1) 및 백제 토기중 심발형토기(HS51-1)에서는 운모 피크가 약하게 동정되었다. 52호 주거지에서 수습한 중도식 무문토기(HS52-1)에서는 녹니석이 동정된다.

또한 색상이 비교적 적갈색을 띠고 있는 HS17-1과 HS19-1에서는 적철석이 동정된다. 이는 적철석이 토기의 색조에 영향을 준다는 것을 시사한다. 백제 IV의 장란형토기에서 각 섬석과 다량의 정장석 및 사장석이 높은 회절선을 나타내는 것은 현미경에서 관찰한 것과 같이 많은 양의 비침물질이 첨가하였기 때문이다.

3.3.2. 열분석

토기의 광물동정과 상변화를 알아보고자 X-선 회절분석과 더불어 광물의 열적 반응을 측정하는 시차열분석(DTA)과 열중량분석(TG)을 실시하였다. 발안리 유적에서 출토된 토기의 열분석 분석결과, 350~400℃ 부근까지 흡착수와 증간수 및 결정수의 탈수작용에 의한 흡열반응이 발생하며 573℃ 부근에서 나타나는 흡열반응은 α-석영에서 β-석영으로 상전이에 의한 것이다. 그러나 900~1,000℃의 고온영역에서 발열반응은 나타나지 않았다. 이는 토기가 소성 당시에 900℃ 이상의 온도를 경험하여 점토광물의 열분해 및 재결정이 이미 발생하였다는 것을 시사한다(Figure 5).

Figure 5).

발안리 유적에서 수습한 토기의 열중량 분석결과, 시료들은 550℃까지 흡착수와 증간수 등의 탈수현상에 의한 급속한 중량감소를 보였으며 각각 4.46과 5.16%의 중량감소를 보였다. 이후 Fe와 Mn 등 불순물의 산화로 인한 일시적인 중량증가가 발생한 것으로 나타났다.

3.4. 지구화학적 특성

발안리 유적에서 수습한 토기와 토양의 주성분 원소 분석결과, 토기편의 평균 SiO₂와 Al₂O₃의 함량은 각각 64.04 wt.%와 17.20 wt.%를 가지며 토양은 76.85 wt.%와 10.38 wt.%로 나타났다. 토기편의 Fe₂O₃는 평균 5.01 wt.%의 높은 함량을 가지며 토양은 2.76 wt.%의 함량 분포를 보인다(Table 4).

또한 각각의 토기와 토양을 구성하는 주성분 원소에 대해 부화와 결핍 정도를 비교하기 위하여 일반적인 화강암의 평균함량(Nockolods and Allen, 1954)을 기준으로 표준화하였다. 이 결과, MnO, CaO, K₂O, TiO₂는 결핍되어있고 Fe₂O₃, Al₂O₃, MgO와 Na₂O는 부화된 경향을 보이며 SiO₂는 평균함량과 유사하다. P₂O₅는 결핍과 부화가 상이하였으나, 전체적으로 토양과 토기편 모두 비슷한 거동 특성을

Figure 5. TG-DTA curves and weight loss ratio of some potteries.

Table 4. Major (wt.%), some minor and rare earth elements (ppm) composition of analyzed samples. Sample numbers are the same as those in Table 1.

No.	HS																	HSG						
	1-1	11-1	17-1	23-1	18-2	19-1	21-1	24-1	52-1	1-2	11-2	18-1	18-3	23-2	27-1	48-1	51-1	58-1	1	11	17	27		
SiO ₂	62.17	64.50	63.12	64.92	67.67	62.74	64.18	64.92	66.50	64.11	64.41	60.59	57.27	65.19	68.90	64.45	62.25	65.71	77.41	80.35	78.22	71.41		
Al ₂ O ₃	18.49	16.62	17.06	15.64	14.86	19.73	17.06	15.64	15.08	15.76	20.62	20.95	20.57	18.33	14.31	15.39	16.92	15.56	9.89	9.10	10.09	12.45		
Fe ₂ O ₃	5.12	4.98	5.21	4.92	4.32	6.28	4.73	4.92	5.48	2.80	6.38	6.46	3.12	6.78	4.58	3.55	6.19	4.73	2.50	2.18	2.42	3.92		
MnO	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.07	0.01	0.04	0.02	0.01	0.04	0.02	0.02	0.02	0.02	0.05	0.02	0.04	0.07		
MgO	0.72	0.93	0.60	0.81	0.64	1.29	0.58	0.81	0.90	0.49	1.36	1.10	0.60	1.31	0.61	0.40	0.63	0.63	0.59	0.51	0.59	0.86		
CaO	0.30	0.49	0.33	0.33	0.36	0.39	0.33	0.33	0.37	0.24	0.59	0.42	0.2	0.43	0.41	0.35	0.28	0.48	0.44	0.40	0.46	0.49		
Na ₂ O	0.78	0.97	0.93	0.93	0.80	0.88	0.99	0.93	0.92	0.69	0.90	0.90	0.82	0.99	1.26	0.91	0.81	0.99	0.95	0.80	1.00	0.85		
K ₂ O	2.34	2.47	2.47	2.68	2.50	2.59	2.24	2.68	2.35	2.07	2.56	2.46	2.37	2.27	2.32	2.30	2.11	2.37	2.84	2.63	2.82	2.70		
TiO ₂	0.88	0.77	0.78	0.75	0.83	0.88	0.78	0.75	0.70	0.75	0.94	1.06	0.95	1.01	0.78	0.73	0.90	0.94	0.55	0.48	0.55	0.69		
P ₂ O ₅	0.30	0.64	0.27	0.32	0.28	0.22	0.21	0.32	0.16	0.18	0.19	0.47	0.28	0.43	0.42	0.74	0.32	0.21	0.11	0.15	0.07	0.10		
LOI	8.85	7.50	8.86	8.01	7.90	5.98	8.39	9.19	7.62	11.74	0.94	5.86	13.90	2.99	6.80	10.28	9.41	7.55	3.79	2.96	3.39	5.51		
Total	99.97	99.9	99.65	99.33	100.18	101	99.5	100.51	100.15	98.84	98.93	100.29	100.09	99.77	100.41	99.12	99.84	99.19	99.12	99.58	99.65	99.05		
As	13	17	17	12	12	11	17	18	18	7	20	17	6	11	13	10	11	8	6	4	3	5		
Ba	630	790	700	910	780	770	740	990	770	550	810	660	760	630	610	660	540	950	1010	910	1000	930		
Be	3	3	3	2	2	3	3	3	3	2	4	4	4	4	2	3	3	2	1	1	1	2		
Co	17	13	14	12	12	14	14	14	14	7	30	17	6	17	8	5	11	9	8	6	7	12		
Cr	100	92	95	101	88	144	112	82	87	100	109	116	132	83	80	89	127	92	34	31	34	53		
Cu	26	36	23	36	24	31	29	40	36	41	37	23	40	19	21	29	26	22	10	15	14	14		
Hf	6.1	4.9	4.9	6.8	6.1	5.8	5.6	6.1	5.3	6.3	6.0	6.2	5.3	8.0	7.3	5.6	5.9	8.6	14.3	11.9	12.6	12.4		
Ni	47	41	44	42	46	57	44	45	39	39	58	52	44	37	31	27	38	37	16	15	14	24		
Pb	47	39	40	38	38	50	47	38	40	48	48	49	49	44	36	34	38	38	27	31	26	36		
Rb	80	100	100	110	110	120	80	110	100	120	150	130	120	90	100	70	70	80	110	90	90	90		
Sc	15.3	14.1	13.6	12.6	11.7	17.0	12.4	13.7	12.9	15.1	19.3	19.0	17.7	14.0	11.2	12.1	13.0	12.1	6.5	5.8	6.2	9.6		
Sr	78	90	80	91	84	86	87	85	82	63	102	94	75	115	94	81	74	106	108	97	112	101		
V	116	105	101	89	91	111	105	112	103	98	143	155	124	134	98	96	120	77	39	39	41	62		
Zn	84	67	70	70	71	108	68	99	60	72	102	108	58	104	51	79	72	62	54	40	36	60		
Zr	222	198	174	202	226	239	188	209	171	178	204	243	218	303	232	146	222	284	455	386	458	439		
La	39.6	38.3	37.2	32.5	29.5	47.4	31.9	32.5	41.9	49.3	72.4	56.2	45.4	54.4	37.4	41.1	36.2	47.1	40.3	35.3	35.8	48.5		
Ce	67	54	63	64	50	70	61	58	64	82	112	81	74	90	67	73	60	86	73	60	61	87		
Nd	32	28	30	18	22	33	17	15	22	37	52	43	35	28	23	23	21	24	20	18	16	21		
Sm	6.2	5.2	5.5	5.5	4.9	6.8	5.0	4.7	6.3	8.0	10.0	8.0	7.0	7.6	5.9	6.9	5.8	6.8	5.4	4.8	5.0	7.0		
Eu	1.4	1.2	1.2	1.1	1.1	1.5	0.9	1.0	1.1	2.0	2.3	1.9	1.8	1.4	1.1	1.3	1.2	1.1	1.0	0.9	0.9	1.2		
Yb	3.0	2.5	2.6	2.4	2.5	3.0	2.7	2.2	2.5	3.4	4.0	3.5	3.2	2.9	2.6	2.8	2.4	2.6	2.2	2.0	2.1	2.7		
Lu	0.50	0.35	0.42	0.33	0.41	0.52	0.37	0.32	0.41	0.58	0.64	0.59	0.46	0.40	0.39	0.42	0.30	0.39	0.33	0.32	0.34	0.38		

보여 성인적 동질성을 지시하였다(Figure 6).

발안리 유적에서 수습한 토기와 토양의 미량원소 분석 결과에서는 Ba, Cr, Rb, V, Zr이 높은 함량을 가지고 조성의 변화폭도 크지만 대부분의 원소들은 낮은 함량을 가지며 조성 변화도 작다. 발안리 유적에서 수습한 토양에서는 Cu, Zn, Cr, Ni의 함량이 낮게 나타난 반면 Ba, Hf, Zr과 같은 원소는 토양이 토기의 태토보다 높은 함량을 보였다(Table 4).

미량원소를 Govindaraju(1989)가 제시한 화강암의 표준 조성을 기준으로 표준화하여 도시한 결과, 대부분의 토기 시료들 As, Cr, Ni, Sc, V가 부화되는 경향을 보인다. 또한 Be, Rb, Sr는 결핍되었으며 나머지 원소들은 평균함량과

동일하다. 다만 타날문 III에서 Co 함량의 변화가 나타난다. 토양시료는 토기시료에 비하여 앞에 언급한 원소들의 부화 정도가 미세한 차이를 보인다. 토기에서 평균함량과 동일하였던 Hf와 Zr의 함량이 부화되는 경향을 보이나 토기의 태토와 거의 비슷한 거동특성을 보인다(Figure 6).

토기와 토양을 구성하는 희토류원소 함량을 운석의 생성치(Taylor and McLennan, 1985)로 표준화 하였다. 이 결과, 토기편과 토양의 거동 특성이 모두 경희토류원소는 부화되어 있고 급속하게 감소하였으나 중희토류원소에서는 비교적 완만한 거동특성을 보인다. 백제토기와 토양에서 경희토류 원소인 Nd가 비교적 급속하게 감소하여 미세한

Figure 6. Normalized geochemical variations of major, minor, rare earth, compatible and incompatible elements for analyzed samples.

차이를 보였으나 대부분의 시료에서 유사하게 나타남에 따라 토기 제작시 사용된 바탕흙이 성인적으로 유사한 것으로 판단된다.

발안리 유적에서 수습한 시료의 화학조성 중 호정 및 불호정 원소를 선별하여 원시의 맨틀조성으로 표준화 하였다 (Pearce, 1983). 이 결과, 대부분의 토기 시료에서는 유사한 거동특성이 나타나지만, 토양시료가 토기시료보다 부화경향이 심한 것으로 나타났으며 P, Zr, Hf에서 다소 상이한 점을 보였다. 따라서 토기와 토양시료는 거의 유사한 경향성을 보이나, 미량 및 호정·불호정 원소에서 토양과 토기의 미세한 차이점이 나타났다(Figure 6). 이는 발안 유적의 토양이 점토화가 덜 이루어진 것으로서 토기의 태토는 발안 유적의 토양보다 정제된 것을 사용하였을 것으로 판단된다.

4. 고 찰

4.1. 제작기법 해석

발안리 유적에서는 원삼국시대의 중도식 무문토기, 타날문토기, 심발형토기와 장란형토기 및 심발형 토기가 출토되었다. 중도식 무문토기는 중도문화에서 비롯되었으며

경질무문토기라고도 부른다. 청동기시대 무문토기와 비슷한 양식을 가지나 기벽을 조정하는 기법과 소성온도 등에서 차이를 보인다.

이러한 특징은 52호 주거지에서 수습한 중도식 무문토기(HS52-1)에서 두드러지게 나타난다. 이 토기는 갈색을 띠며 외벽에 마연한 것과 같은 효과를 보이며 광택이 난다. 실체현미경에서는 검은 침전물이 관찰되고 주사전자현미경에서 선형의 조직이 관찰된다. 이를 EDS 분석한 결과, 철 망간이 혼합된 침전물로 확인되었다. 이러한 결과들은 망간을 첨가한 슬립으로 표면을 처리하였기 때문에 갈색을 띠고 마연한 것과 같은 효과를 낼 수 있던 것이다. 내부의 검은 침전물은 슬립액에서 완전히 녹지 않은 망간/철 침전물이 토기벽에 남아 있는 것으로 판단된다.

타날문토기는 박자를 사용하여 타날을 시문하였고 그 후에 구연부의 표면 정리와 동체부의 횡침선을 넣기 위해 회전판을 사용한 흔적이 관찰된다. 이러한 제작기법은 현미경 상에서도 확인할 수 있다. 바탕 기질은 선상배열을 하고 길쭉한 형태의 공극이 확인되며 비교적 치밀건조한 조직을 보인다.

토기의 용도는 흡수율 범위에 따라 크게 세가지로 구분할 수 있다. 높은 흡수율을 갖는 토기는 곡물 저장용과 조

Table 5. Mineral composition of firing test potteries made of soils from Balanri site.

	Quartz	Plagioclase	Orthoclase	Mica	Chlorite	Kaolinite	Diopside	Hematite	Mullite	Amphibole	Apatite
Raw	***	***	***	***	***	***	***	**	-	***	*
550℃	***	***	***	***	***	-	***	*	-	***	-
800℃	***	***	***	***	-	-	***	**	-	***	*
900℃	***	**	***	**	-	-	***	**	-	***	***
950℃	***	*	***	-	-	-	-	**	*	-	-
1,020℃	***	*	***	-	-	-	-	***	**	-	-
1,090℃	***	-	**	-	-	-	-	***	***	-	-

(***, Strong **, Medium, *, Weak)

리용으로 쓰였으며 상대적으로 낮은 흡수율을 갖는 토기는 액체 저장용기로 사용된 것으로 추정할 수 있다. 발안리 유적에서 출토된 토기는 대부분 흡수율이 높아 곡물 저장용이나 조리용으로 쓰였을 것으로 추정된다. 특히 중도식 무문토기는 석영입자 주변을 중심으로 변색되었는데, 이는 취사용으로 사용되어 열충격으로 생긴 균열로 인해 수분의 침투가 많았기 때문으로 판단된다.

이러한 현상은 백제토기인 장란형 토기에서 확인되기도 한다. 이와 더불어 장란형토기에서는 인위적으로 비점물질을 첨가하여 열충격을 감쇠시키려 하였다. 이러한 제작기법은 원삼국시대 중도식 취사용기가 백제시대의 장란형토기가 취사용기로 대체되고 있는 것을 보여주는 것으로 사료된다.

발안리 유적에서 출토된 타날문토기는 MgO와 Fe₂O₃의 함량이 높게 나타나는 시료(HS11-2, HS18-1, HS23-2)와 비교적 낮은 함량을 보이는 시료(HS1-2, HS18-3)로 구분된다. 이러한 결과를 통해 MgO와 Fe₂O₃ 및 MnO 함량이 높은 니질의 슬립을 칠하는 등의 제작기법이 적용된 토기와 그렇지 않은 토기가 제작되었을 것으로 추정할 수 있다.

4.2. 소성온도 추정

발안리 유적에서 출토된 토기에 대하여 소성실험을 통해 도출된 결과와 X-선 회절분석 및 열분석 결과를 비교 해석하여 소성온도를 추정하였다. 열분석 결과, 대부분의 토기편에서 점토광물의 재결정에 의해 나타나는 발열피크가 관찰되지 않는 점과 X-선 회절분석 시 물라이트가 동정되지 않는 것은 대부분의 토기들이 900~940℃ 정도의 소성온도를 가졌을 것으로 추정할 수 있는 근거가 된다.

이들의 소성온도 범위를 해석하기 위하여 발안리 유적 인근의 토양으로 550~1,090℃의 온도로 소성한 후, X-선 회절분석을 실시하였다. 토양에서 관찰되는 고령석은 55

0℃에서는 관찰되지 않으며, 녹니석은 800℃에서 분해된다. 운모는 950℃에서 회절선이 소멸되어 상전이가 일어났음을 지시하며 900℃까지 존재하였던 각섬석이 관찰되지 않는다. 또한 950℃의 고온소성에서 나타나는 물라이트가 미약하게 생성된다. 1,020℃에서는 사장석과 정장석이 일부 소멸되기 시작하여 1,090℃에서는 사장석이 거의 사라지고 정장석은 일부 존재하며 강한 회절선을 가지는 물라이트를 관찰할 수 있다(Table 5).

이와 같은 결과로 보아 발안리 유적에서 수습한 토기편 중 적은양의 운모류가 동정되는 중도식 무문토기는 930~940℃ 부근에서 소성이 완료된 것으로 판단된다. 각섬석이 동정되는 장란형토기(HS27-1)는 900℃ 부근에서 소성된 것으로 사료된다. 또한 52호 주거지에서 출토된 중도식 무문토기는 녹니석이 동정되어 800℃ 정도의 소성온도를 겪었다는 것을 지시한다. 타날문토기 중 11호 주거지에서 수습된 토기는 1,020℃에서 소멸되는 운모류와 사장석이 동정되지 않았으며 고온에서 생성되는 물라이트가 생성되는 것으로 보아 1,020~1,090℃의 높은 소성온도를 거쳤을 것으로 판단할 수 있다.

각각의 그룹에 따른 소성온도의 차이는 보이지 않는다. 다만 취사 용기로 사용되었을 것으로 추정되는 토기들은 여러 차례 열충격을 받아 약간의 소성온도의 변화를 보이며, 외면에 망간을 함유한 슬립액을 바른 52호 주거지에서 수습된 중도식 무문토기만이 800℃ 부근에서 소성되었을 것으로 추정된다.

이 결과는 같은 종류로 분류된 토기들 사이에서도 소성온도가 다를 수 있다는 것을 보여주는 것이며 시기적 차이를 반영하지는 않는 것으로 사료된다. 또한 토기의 발전과정에 따라 소성온도가 높아지는 것이 아니라 용도에 따라 소성온도를 조절하여 사용하였을 것으로 해석할 수 있다. 다만 11호 주거지에서 출토된 타날문 토기(HS11-2)가 1,020~1,090℃의 온도로 확인되어 발안리 유적에서 출토

된 토기의 소성온도 상한을 알려주는 지표가 된다.

4.3. 토기의 생산체계

발안리 유적에서 출토된 토기들의 주성분, 미량, 희토류 원소의 지구화학적 거동특성을 해석한 결과, 모두 유사한 경향을 보여 같은 기원의 태토를 사용하였을 것으로 추정하였다. 발안리 유적 인근에서 수습한 토양 역시 유사한 경향성을 보인다.

Nesbitt and Young(1984)이 제시한 A-CN-K와 A-CN-K-FM 그래프를 통해 토기와 토양의 정련상태를 확인할 수 있다. A-CN-K 그래프에서 토기는 Al_2O_3 에 가까운 스�멕타이트와 운모류 영역에 도시되었으나 토양은 백운모의 조성보다 하위에 위치하고 있어 토기의 태토가 토양보다 점토화되어 있음을 확인할 수 있다. 또한 A-CN-K-FM에서 타날문토기 중 일부가 고령석과 깁사이트쪽으로 풍화가 된 것으로 보아 토기중에서 가장 정련된 태토를 사용하였을 것으로 추정된다. 또한 일부 토양에서 토기와 같은 영역에 도시되어 비슷한 정도의 풍화를 겪었음을 확인할 수 있다(Figure 7).

원삼국시대에는 취락 내에서 중도식 무문토기 생산이 이루어지고, 타날문토기는 전문 생산을 위한 독립된 공방이 운영되었던 것으로 보았다(Lee, 2011). 따라서 발안리 유적에서 출토된 중도식 무문토기는 유적 인근에서 채취한 토양으로 취락 내에서 생산하였을 것으로 추정된다. 그러나 이 유적에서는 타날문토기를 생산하기 위한 가마 등의 생산 관련 유구들이 확인되지는 않는다.

이에 따라 발안리 유적에서 출토된 타날문토기의 생산이

어떻게 이루어졌는지를 확인하기 위하여 인근에 위치한 토기생산유적을 검토하였다. 발안리 유적 인근에 위치한 토기 생산 유적으로는 가재리 유적이 있다. 가재리 유적에서는 원삼국시대 토기가 4기와 공방지로 추정되는 장방형의 수혈유구 1기가 확인된다(Hanshin University Museum, 2007).

발안리 유적과 가재리 유적은 발안천을 사이에 두고 남북방향으로 2.67km의 거리에 위치하고 있다(Figure 8). 발안리 유적은 북동에서 남서 방향으로 길게 분포하는 상부편암에 속하는 백운모석영편암을 기반암으로 하는 충적층에 분포하며, 가재리 유적은 백운모석영편암과 호상편마암이 접하는 지점에 있어 두 유적의 지질학적 연관성을 확인할 수 있다.

발안리와 가재리 유적 인근에서 수습한 토양의 미량원소와 호정 및 불호정 원소를 화강암의 표준조성과 원시 맨틀조성으로 표준화한 결과, 모두 비슷한 경향을 보이고 있어 발안리 유적과 가재리 유적이 위치한 지역의 모암인 백운모석영편암이 풍화되어 형성되었음을 알 수 있다. 이는 발안리 유적에서 출토된 타날문토기들은 가재리 유적 인근의 토양을 이용하여 가재리 유적의 가마에서 생산되었을 가능성을 제시하고 있다(Figure 8). 그러나 이를 정량적으로 입증하려면 고고학적 및 과학적으로 보다 심도있는 검토가 필요할 것이다.

5. 결론

1. 발안리 유적 일대는 노년기의 지형인 저산성 산지와 소규모 고립성 산지가 분포하는 전형적인 준평야 지역이다. 이 지역은 발안천이 북동에서 남서 방향으로 곡류하며

Figure 7. A-CN-K and A-CN-K-FM ternary diagrams of analyzed samples.

Figure 8. Satellite photograph and normalized geochemical variations of miner, compatible and incompatible element contents of soils from Balanri and Gajaeri area.

저평한 충적지를 형성하였다. 지질조사 결과, 시흥 서부에서 발안에 이르는 지역까지 선크브리아기의 규암과 백운모 석영편암이 호층을 이루는 것으로 나타났다.

2. 발안천을 중심으로 형성된 발안리 유적에서는 원삼국에서 백제시대에 이르는 주거지와 유물이 다량 출토된 취락유적으로 한반도 중서부의 원삼국 시대에 나타나는 토기의 변화양상을 확인할 수 있다. 인근에 위치한 가재리 유적에서는 원삼국시대 가마와 공방지로 추정되는 유구가 발굴되어 당시에 토기생산에 대한 자료를 제시하고 있다.

3. 중도식 무문토기는 비집이 관찰되고 은미정질 기질이 선상배열하며 일부토기는 기벽에 MnO를 첨가한 슬립액을 칠하였다. 타날문토기는 기질이 유리질화되어 치밀하며 흰색과 검은색 반점이 나타난다. 또한 타날문토기는 MgO와 Fe₂O₃ 및 MnO 함량에 따라 니질의 슬립을 칠한 토기 사용 여부에 따라 두 그룹으로 구분되며 니질의 슬립액을 칠하여 단면이 두 개의 층으로 구별되는 토기편도 관찰된다.

4. 장란형 토기는 열충격을 감소시키기 위하여 의도적으로 석영과 장석 및 각섬석과 같은 비점물질을 첨가하였으며, 심발형토기는 중도식 무문토기와 비슷한 광물학적 특성을 보인다. 이는 장란형 토기와 심발형토기가 취사용기로 사용된 중도식 무문토기의 대체 토기임을 지시한다.

5. 발안리 유적 일대에서 수습한 토양으로 소성실험과 토기편의 X-선 회절분석 및 열분석 결과, 중도식 무문토기

와 백제토기는 900~940°C 정도의 소성을 거쳤을 것으로 판단된다. 일부 슬립을 칠한 중도식 무문토기는 800°C 정도에서 소성하였을 것으로 해석된다. 타날문토기는 중도식 무문토기와 비슷한 소성온도를 보이나 11호 주거지에서 출토된 단경호는 1,020~1,090°C 정도의 높은 소성과정을 거쳤을 것으로 판단된다.

6. 발안리 유적에서 출토된 모든 토기와 토양을 화강암의 평균조성으로 주성분, 미량 및 희토류 원소로 구분하여 표준화한 결과, 대부분 유사한 진화경향을 보여 모두 같은 기원의 태토를 사용하였을 것으로 추정된다.

7. 발안리 유적과 가재리 유적 인근에서 채취한 토양의 지구화학적 조성을 표준화한 결과, 미량과 호정 및 불호정 원소의 함량이 유사하여 이들 유적을 이루고 있는 토양은 동일한 모암의 풍화산물인 것으로 판단된다. 따라서 발안리 유적에서 출토된 중도식 무문토기들은 유적 내에서 생산되었을 것으로 보이며, 가마 등의 시설이 필요한 타날문토기는 가재리 유적에서 생산되었을 가능성이 있는 것으로 보인다.

REFERENCES

- Cho, D.Y., 2008, Investigating the production technology of ceramics from the site of Samyongri and Sansuri. Korean

- Ancient Historical Society, 57, 55-84. (in Korean with English abstract)
- Govindaragu, K., 1989, Compilation of working values and samples description for 272 geostandards. Geostandards Newsletter, 13, 1-113.
- Gyeonggi Institute of Cultural Properties, 2007, Hwaseong Balanri Village Relic. 81. (in Korean)
- Hanshin University Museum, 2007, Gajaeri Site in Hwaseong. 28. (in Korean)
- Kim, J.S. and Kwon, O.Y., 2008, Social and political implications of the Baekje development of production technology and the expansion of distribution system. Hakyoun, Seoul, 99-144. (in Korean)
- Kim, J.S., 2012, The appearance and spread of "Jangran-hyung Jars" in South Korea. Journal of the Jungbu Archaeology Society, 11, 5-49. (in Korean with English abstract)
- Kim, M.L., 1995, Study on potteries of Proto-Three Kingdoms Peroid. Yonamam Archaeological Review Yongam KOGOHAK, 2, 13-57. (in Korean with English abstract)
- Lee, B.J, Park, G.H., Yun, U., Yun, Y.Y., Kim, N.J and Hwang, S.G., 1993, Explanatory Note and Geological Map of the Balan Sheet (1:50,000). Korea Institute of Geology, Mining & Materials, 1-28. (in Korean)
- Lee, S.J., 1988, A classification of the paste of the Proto-Three Kingdoms peroid potteries based on chemical analyses. Yonamam Archaeological Review Yongam KOGOHAK, 5, 19-41. (in Korean with English abstract)
- Lee, S.J., 2011, The specialization of utilitarian pottery production in the early state, Hanseong Baekje. Journal of the Korean Ancient Historical Society, 78, 5-21. (in Korean with English abstract)
- Moon, E.J., Kang, H.J., Han, M.S. and Lee, H.H., 2011, A study on the categorization method of earthenware from Pung-Nap Mud Castle based on scientific data. The Baekje Hakbo, 5, 57-89. (in Korean with English abstract)
- Nesbitt, H.W. and Young, G.M., 1984, Prediction of some weathering trends of plutonic and volcanic rocks based on thermodynamic and kinetic considerations. Geochemica et Cosmochemica Acta, 48, 1523-1534.
- Nockolds, S.R and Allen, R., 1954, Average chemical compositions of some igneous rocks. Geological Society of American Bulletin, 65, 1007-1032.
- Park, S.B., 1996, The Characteristis of the Sub-culture in Hanseong Paekche. The Baekje Yonku, 26, 167-183. (in Korean)
- Park, S.B., 2004, Study of the influence of Lorang pottery on the formative Baekje pottery. The Baekje Yonku, 40, 59-72. (in Korean with English abstract)
- Pearce, J.A., 1983, Role of sub-continental lithosphere in magma genesis a activecontinental margins. In Hawkesworth, C.J. and Norry, M.J., Continental basalts and mantle xenolith Shiva, 230-349.
- Taylor, S.R. and McLennan, S.M., 1985, The continental crust: It's composition and evolution. Blackwell, Oxford, 312.