한반도 중서부 청동기시대 유물의 융합과학적 연구: 서산 신송리유적 석기의 재질특성과 산지추정

이찬희¹ | 김란희 | 어언일
공주대학교 문화재보존과학과

Interdisciplinary Study on Bronze Age Artifacts in Midwestern Korea: Material Characteristics and Provenance Presumption for Stone Artifacts of the Sinsongri Site in Seosan

Chan Hee Lee¹ | Ran Hee Kim | Eon Il Eo

Department of Cultural Heritage Conservation Sciences, Kongju National University, Gongju, 314-701, Korea

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

초록 이 연구에서는 서산 신송리유적에서 출토된 청동기시대 석기를 대상으로 재질분석과 석재의 원산지를 검토하였다. 연구대상 석기는 점판암제 석재 1점, 석촉 반제품 2점, 갈판 1점 및 안산암질암 석촉 반제품 1점이다. 점판암은 유적지 일대에서 쉽게 관찰할 수 있는 암석이나, 안산암질암은 10km 이상 떨어진 부석면 간월도와 안면읍 황도리 등에서 산출된다. 석기 구성암석과 추정산지 암석에 대한 비교분석 결과, 점판암제 석기는 재질 및 암석광물학적 특징이 거의 동일하였으나, 안산암질암 석기는 추정산지 암석과 일부 다른 특징이 나타났다. 주원소, 미량원소, 호정 및 불호정원소에 대한 비교에서도 점판암제 석기와 추정산지 암석은 동일한 경향을 보였으나, 안산암질암 석기와 추정산지 암석은 다소 차이가 있다. 따라서 신송리유적에서 출토된 점판암제 석기는 유적 주변에 분포하는 암석을 원료로 제작한 자급형 석기로 해석된다. 그러나 안산암질암 석기는 외래형 석기로 추정되며, 광역적 조사를 비롯한 주변 유적에서 출토된 화산암제 석기에 대한 연구를 병행하여 종합적 해석이 필요할 것으로 판단된다.

중심어: 석기, 산지추정, 신송리유적, 청동기시대, 점판암, 안산암질암

ABSTRACT The stone artifacts in Bronze age from the Sinsongri sites in Seosan, Korea were studied on material characteristics and provenance presumptions. The use and rock names of the artifacts are a stone before processing, two semifinished stone arrowheads and a grinding stone plate by slates. In addition, there is semifinished stone arrowhead by andesitic rocks. The slate could be observed easily around the site, and the andesitic rock could be confirmed typical occurrences of the all kinds of rocks around the Kanwoldo and Hwangdori, Anmyun area above 10km from the site. As a result of analysis which is comparing between stone artifacts and same kinds of raw material rocks, the stone artifacts made by slates have similar lithology and geochemical characteristics however, the stone artifacts made by andesitic rocks are found a some different part of characteristics to the same kind of raw material rocks. Comparing of major, rare earth, compatible and incompatible elements about stones artifacts made by slates and by the same kinds of raw material rocks have same geochemical patterns. However stone artifacts made by andesites and the raw material rocks are confirmed some differences of geochemistry. Therefore the slate stone artifacts in Sinsongri site suggest that these

are domestic-type which are made of the rocks around the site, and it was understood that the andesitic stone artifacts are foreign-type which need to get more geological survey and study about different volcanic artifacts of the site around the area.

Key Words: Stone artifacts, Provenance presumption, Sinsongri site, Bronze age, Slate, Andesitic rock

1. 서 론

선사시대 출토유물에 대한 재질분석과 산지추정은 당시 인류의 도구이용과 기술수준, 재료의 수급 및 조달, 기술전파, 교역관계 및 유통망 복원 등 사회상과 변동여부까지 해석할 수 있는 중요한 연구이다. 한반도 중서부 지역은 청동기시대 유적이 밀집분포하며 다양한 재질의 석기가 다량 출토되어 이들의 정확한 동정과 산지가 밝혀진다면 선사시대 고고과학 분야의 새로운 가능성을 제시하게 될 것이다. 따라서 이 연구에서는 서산 신송리유적에서 출토된 청동기시대 석기의 재질분석과 재료의 산지를 추정하였다.

신송리유적은 충남 서산시 고북면에 있으며 2008년에 실시된 갈산-해미 도로건설공사 구간 내에서 확인되었다. 서산시 주변은 대죽리 신석기시대 패총의 조사를 통해 일찍부터 인류의 거주가 이루어져 왔던 것으로 알려져 있다. 특히 신송리유적 주변은 해발 30~40m의 저산성 구릉지와 충적층이 잘 형성되어 있어 취락 조성에 유리한 입지조건을 가지고 있다. 또한 신송리유적 주변으로 휴암리, 기지리, 갈산리 유적 등 다양한 청동기시대 주거지들이 분포한다.

신송리유적에서는 청동기시대 주거지 17기를 비롯하여 여러 시대에 걸쳐 다양한 유구가 확인되었다. 출토된 유물로는 청동기시대 주거지의 민무늬 토기와 석기류, 고려시대 석곽묘의 청자 대접과 토기병, 청자 접시, 청동 숟가락, 조선시대 분묘의 명기, 청동 숟가락, 철제 가위 및 미상 철기 등이 있다. 특히 청동기시대 주거지는 평면 형태와 내부 시설물을 통해 시간적으로 전기에서 후기로 이행되는 주거지의 변천양상을 보여주는 좋은 자료이며, 출토된 석기류를 통해 신송리 유적의 취락 집단이 오랜 기간 동안 석기 제작 전통을 공유한 동일 집단이었음이 확인되었다(Chungcheong Institute of Cultural Heritage, 2008).

국내에 분포하는 다양한 선사시대 유적과 출토 유물에 대하여 이미 역사적, 고고학적 및 미술사적 연구는 많으나, 선사시대 유적 및 유물의 주요 재료로 사용된 석기와 암석에 대한 자연과학적인 분석과 해석은 미진한 상태이다. 선사시대 석기에 대한 연구에서는 석기의 용도 해석과 제작

기법에 대한 검토가 주류를 이루었고, 최근에는 지질학적 연구기법을 응용한 재료학적 특성에 대한 연구가 이루어지고 있다(Lee *et al.*, 2006; Na and Lee, 2006; Park *et al.*, 2007).

선사시대 석기에 대한 재료학적 연구는 암석 동정에서부터 시작되며, 이를 위해 다양한 정량분석이 필요하나 문화재 특성상 조금이라도 훼손시킬 수 없어 자연과학적 분석을 수행하기 어려운 경우가 대부분이다. 또한 극미량의 시료를 확보하여 분석을 하더라도 대부분의 석기는 매장 환경에서 다양한 풍화작용을 받아 원암의 조직과 조성을 보존하지 않는 경우가 많아 분석과정과 해석에 주의를 요한다. 석조문화재에 대한 재질특성과 풍화에 관한 연구는 여러 연구자들에 의해 진행되고 있으며, 이러한 자연과학적 분석결과와 석기의 재질특성과 관련된 정보와 함께 원산지 추정의 주요 자료로 활용되고 있다(Lee *et al.*, 2006; 2010a; 2010b; Park *et al.*, 2007).

이 연구에서는 신송리 유적에서 출토된 청동기시대 석기 5점을 대상으로 지질학적, 암석학적, 광물학적 및 지구화학적 특성을 분석하였다. 또한 석기와 유사한 암석의 분포지역을 확인하기 위해 정밀 지표지질조사를 실시하여 추정산지 시료를 수집하였다. 각각의 시료에 대해서는 석기와 동일한 방법으로 정량분석하여 양자를 비교하였다. 이를 종합하여 석기와 추정산지 암석의 성인적 동질성을 검토하였다. 이 결과는 석기의 생산과 수급과정을 추적하여 당시의 생활상을 유추할 수 있는 자료로 활용될 수 있을 것이다.

2. 연구방법

연구대상은 신송리 유적의 청동기시대 2호 주거지, 12호 주거지 및 지표에서 수습된 석기 5점이다. 먼저 분석용 석기를 대상으로 정밀 육안감식을 통하여 산출상태를 확인하고 자화강도 분석을 위해 전암대자율을 측정하였다. 전암대자율 측정에는 10^{-5} SI 단위의 측정 한계를 가진 SM30(ZH Instruments) 모델을 이용하였으며, 대자율의 단위는 10^{-3} SI unit로 표기하였다. 또한 지질학적, 암석학적

및 지구화학적 정량분석을 위해 극미량 시료를 취하였다.

시료의 반정량적 광물조성, 상대적 함량, 광물학적 공생 관계, 조직 및 풍화에 의한 변질광물의 생성을 관찰하기 위하여 편광현미경을 이용하였다. 편광현미경은 자동계수가 장착된 Nikon사의 Eclipse E600W 편광/반사 겸용 현미경을 사용하였다. 조암광물의 조성을 동정하기 위해 X-선 회절분석을 실시하였으며 여기에 사용된 기기는 Bruker D8 Advance로, 사용된 X-선은 CuK α 에 양극의 가속전압 및 필라멘트의 전류는 각각 40kV와 100mA이다. 또한 시료의 정량 화학분석을 위해 X-선 형광분석(XRF)를 이용하여 주성분 원소를 정량하였으며, 유도결합 아르곤 플라즈마 질량분석기(ICP-AES, ICP-MS)와 중성자방사화분석기(INNA)를 이용하여 일부 미량원소와 희토류 원소를 정량분석하였다.

석기 원암의 산지추정을 위해 유적 일대의 정밀 지표지질조사를 수행하였으며, 석기 구성암석과 동일한 시료 6점을 수습하였다. 채취한 추정산지 암석시료와 석기 구성암석과의 동질성을 규명하기 위해 석기와 동일하게 정밀 육안관찰, 전암 대자율측정, 편광현미경 관찰, X-선 회절분석 및 정량 화학분석 등을 실시하여 양자를 비교하였다.

3. 현황 및 시료선택

3.1. 지형 및 지질

서산 신송리유적은 한반도 중서부의 충남 서북단에 위

치하며, 동쪽으로는 홍성군, 예산군, 당진군, 서쪽으로는 태안군과 서해안을 접하고 있다. 신송리유적은 서산시 고북면의 동쪽에 입지한 가야봉-석문봉-상항산으로 이어지는 가야산지 남서쪽의 봉화산지 서쪽 말단 구릉에 해당한다. 유적은 남북 방향으로 길게 형성된 해발고도 30~40m의 낮은 구릉에 위치한다(Chungcheong Institute of Cultural Heritage, 2008).

이 유적지 일대의 지질은 선캄브리아기의 편암류 및 편마암류와 백악기에 관입한 각종 화성암류가 주를 이루며 시대미상의 변성암류가 또한 상당범위를 차지한다. 이 밖에 패름기와 하부주라기의 퇴적암류가 부분적으로 분포한다. 유적이 위치한 동남부에는 각섬석화강편마암과 화성암류가 산재하며, 서남부는 덕정리편마암, 편상화강암 및 백악기에 관입한 화성암류 등으로 구성되어 있다(Chungcheongnamdo Office of Education, 1994).

신송리유적 주변의 지질은 반화강암과 흑색세일 또는 점판암의 호층 및 유백색 사암으로 구성되어 있는 무량리층으로 유적은 이 두 층의 경계부에 해당된다(Figure 1). 화성암류는 중립에서 세립질의 입상조적으로 주요 구성광물로는 석영, 장석, 흑운모 및 백운모이며 일부 각섬석이 함유되어 나타나기도 한다. 무량리층은 유적 인근 봉화산지와 무량리 주변에 분포하며 주로 흑색세일 및 점판암과 흑색사암이 관찰된다. 유적의 서편으로는 넓은 충적층이 분포하고 있으며, 2km 이내에 고북저수지와 대사저수지가 있다.

Figure 1. Geological map around the Sinsongri site (Modified after Lee and Kim, 1963).

3.2. 시료선택

신송리유적에서는 석기의 제작공정과 관련된 원석, 판상형 석재, 크고 작은 박편, 파쇄품, 지석 등 다양한 석기가 출토되었으며, 완성품보다는 미완성품 및 반제품 등이 주를 이루고 완성품은 석촉류가 대부분이었다. 연구대상 시료는 총 5점으로서 청동기시대 2호 주거지에서 3점(석재 및 석촉 반제품), 12호 주거지에서 1점(석촉 반제품)과 지표에서 수습한 1점(갈판)이다. 2호 주거지 및 지표에서 수습한 석기의 육안관찰 결과, 흑회색 세일과 매우 유사하나 변성정도로 보아 점판암으로 동정하였다(Figure 2A~2D). 12호 주거지에서 수습한 석기는 안산암질암으로 분류하였다(Figure 2E, 2F).

석기의 대부분을 차지하는 점판암은 세일이 광역변성 작용을 받아 형성된 것이며 변성정도에 따라 점판암, 천매암, 편암, 편마암 순으로 변화된다. 이러한 세일 및 변성암

류는 신송리유적 인근 지역에서 확인할 수 있다. 육안감식을 통해 동정된 각 석기들의 암종과 색상, 형태적 특징, 산출상태 등에 대한 상세한 기재는 Table 1과 같다.

4. 석기의 분석결과

4.1. 전암대자울

전암대자울은 암석의 전체 자화강도를 구분하기 위해 응용된 암석학 연구의 한 수단이다. 일반적으로 자화강도는 강자성 광물인 자철석의 함량에 의해 크게 좌우된다. 보통 자철석계열과 티탄철석계열로 분류하며 암석의 생성환경을 유추하는 보조 자료로 널리 이용된다. 따라서 두 계열을 활용하여 대자울을 분류하면 기존의 암석분류체계에서 더 나아가 지질환경을 해석할 수 있다.

암석의 전암대자울은 석기를 포함하여 암석으로 이루

Table 1. Analytical stone artifacts from the Sinsongri site.

No.	Rock name	Color	Usage	Location
SSI-1	Slate	Black	Stone before processing	Dwelling No.2
SSI-2	Slate	Dark gray	Semifinished stone arrowhead	Dwelling No.2
SSI-3	Slate	Black	Semifinished stone arrowhead	Dwelling No.2
SSI-4	Slate	Black	Stone grinding plate	Surface on the site
SSI-5	Andesitic rock	Gray brown	Semifinished stone arrowhead	Dwelling No.12

Figure 2. Stone artifacts from the Sinsongri site. (A) SSI-1, (B) SSI-2, (C) SSI-3, (D) SSI-4, (E, F) SSI-5. Sample numbers are the same as those of Table 1.

어진 문화유산의 재질특성을 밝히고 석재의 산지를 규명하기 위해 매우 중요한 기준이 된다. 국내외적으로 암석의 미세대자율을 이용한 석조문화유산의 산지추정은 이미 보편화되어 있으며, 복원용 석재의 동질성 해석과 조달을 위한 자료로 활용되고 있기도 하다(Lee *et al.*, 2007; Uchida *et al.*, 2007; Kim *et al.*, 2011).

신송리유적 석기의 전암대자율 측정은 암종에 따라 점판암과 안산암질암으로 나누어 실시하였다. 점판암계 석기는 $0.001 \sim 0.130(\times 10^{-3} \text{ SI unit})$ 의 범위에서 평균 $0.047(\times 10^{-3} \text{ SI unit})$ 로 나타났고, 안산암질암 석기는 $0.062 \sim$

$0.072(\times 10^{-3} \text{ SI unit})$ 의 범위에서 평균 $0.066(\times 10^{-3} \text{ SI unit})$ 으로 산출되어 두 암종 모두 $0.200(\times 10^{-3} \text{ SI unit})$ 미만의 낮은 대자율 값을 갖는다(Figure 3). 연구대상 석기의 구성 암석은 각각 성인이 다른 퇴적기원 변성암류와 화산암류로서 낮은 대자율 값을 갖는 강자성 광물의 함량이 낮음을 지시하며, 이는 각각의 석재 공급지를 추정할 때 양자의 동질성을 해석할 수 있는 자료가 된다.

4.2. 암석 및 광물학적 특징

신송리유적에서 수습한 석기시료를 대상으로 박편을 제작하여 편광현미경을 통해 광물조성, 입자 크기, 모양, 배열상태 및 조직 등을 관찰하였다(Figure 4). 현미경 관찰만으로는 식별이 어려운 작은 광물입자와 풍화가 심한 광물들의 검출을 위해 X-선 회절분석이 병행되었다(Figure 5). 점판암은 세일 및 이암의 광역변성작용에 의해 생성된 변성정도가 가장 낮은 암석으로 결정 입자가 매우 작아 육안으로는 광물의 식별이 어렵다. 점판암으로 구성된 석기 4점에 대한 편광현미경 관찰 결과, 은미정질의 석영, 장석, 운모 및 점토광물 등이 평행하게 배열된 엽리가 확인되었다.

이들은 전형적인 점판암의 특징으로 석촉 반제품인 SSI-1, 2, 3(Figure 4A, 4B, 4C)에서는 엽리의 발달이 미약했으나, 갈판으로 사용된 SSI-4는 잘 발달된 엽리가 관찰되었다(Figure 4D). 안산암질암으로 구성된 석기의 편광

Figure 3. Magnetic susceptibilities of the stone artifacts from the Sinsongri site. Sample numbers are the same as those of Table 1.

Figure 4. Microphotographs of analytical stone artifacts from the Sinsongri site. (A) SSI-1, (B) SSI-2, (C) SSI-3, (D) SSI-4, (E, F) SSI-5. Sample numbers are the same as those of Figure 2.

현미경 관찰 결과, 극미립의 장식과 석영으로 이루어진 석기에 알바이트 쌍정 및 누대구조를 보이는 사장석 반정이

Figure 5. X-ray diffraction patterns of stone artifacts from the Sinsongri site. Q; quartz, P; plagioclase, M; mica, C; chlorite, Pa; paragonite. Sample numbers are the same as those of Figure 2.

관찰되었다(Figure 4E, 4F).

X-선 회절분석 결과, 5점의 석기 모두 편광현미경 관찰 결과와 동일한 광물이 확인되었으며, 점판암계 석기 SSI-3에서 파라고나이트(Pa)가 추가로 극미량 검출되었다. 파라고나이트(Pa)는 대개 점판암보다는 천매암 정도의 변성암에서 산출되는 광물로서 부분적으로 나타나는 변성정도의 차이를 반영하는 것으로 판단된다(Figure 5).

5. 석재의 산지해석

5.1. 산지탐색 및 시료채취

석기 구성암석과 동종암석의 산출지를 탐색하기 위해 암석학적 및 지질학적 특성에 근거하여 연구지역 주변의 광역적인 암석분포를 조사하였다. 점판암은 신송리유적 인근에서 쉽게 확인이 가능한 암석이다. 유적에서 가장 근접한 점판암 및 퇴적기원 변성암류의 산출지는 유적의 남서쪽 취생리와와의 경계부에 위치한 봉화산 주변이며, 봉화산은 해발 228m의 비교적 낮은 구릉성 산지이다(Figure 6A).

또한 유적과 인접한 하천과 계곡에서 쉽게 볼 수 있으며, 이 일대는 선캠브리아기 월현리층과 폐름기 무랑리층이 지질을 이루고 있다. 이 외에 점판암의 산지 가능성이 있는 지역을 보다 광역적으로 보면, 광시면의 대리 보강지

Figure 6. Field occurrences showing relative rocks for stone artifacts around the Sinsongri site. (A) Slate of Mt. Bonghwasan area (SSR-1), (B) Shale of Bogangji area (SSR-2), (C) Shale of Baekwol coal mine area (SSR-3), (D) Andesite of Ganwoldo area (SSR-4), (E) Andesite tuff of Hwangdori area (SSR-5), (F) Andesite tuff of Hatanbangri area (SSR-6). Sample numbers are the same as those of Table 2.

와 장신리 백월탄광에서 세일이 노두와 전석으로 분포한다(Figure 6B, 6C).

안산암질암은 유적주변에서 관찰이 어려운 암석으로 인근지역으로는 서산시 부석면 간월도와 태안군 안면읍 황도리 일대 노두 및 예산 대흥면 하탄방리에서 분포지를 확인하였다(Figure 6D, 6E, 6F). 추정산지 지역의 현장조사를 통해 분석용 시료를 채취하였으며, 채취한 암석은 총 6점으로 점판암 1점, 세일질 점판암 2점, 안산암 1점 및 안산암질응회암 2점이다(Table 2).

5.2. 재질특성과 유사성

신송리유적 출토 석기의 구성암석과 각 추정산지 암석의 재질특성을 비교하기 위해 전암대자율을 측정하고 분포 범위를 검토하였다. 추정산지 암석에 대한 전암대자율 측정은 석기와 동일한 방법으로 수행하였다.

점판암 및 세일의 측정 결과, $0.007 \sim 0.167(\times 10^{-3}$ SI unit)의 범위에 평균 $0.048(\times 10^{-3}$ SI unit) 값을 나타냈다

(Figure 7A). 추정산지 암석이 점판암제 석기의 대자율 값에 비해 소폭 넓은 분포 범위를 보이나, 양자 모두 $0.200(\times 10^{-3}$ SI unit) 미만의 범위에서 비슷한 평균값을 보여 대부분의 지역이 산지 가능성이 있는 것으로 나타났다.

안산암질암의 추정산지 암석은 $0.024 \sim 2.950(\times 10^{-3}$ SI unit)의 넓은 분포 범위에서 평균 $0.781(\times 10^{-3}$ SI unit)로 산출되었다(Figure 7B). 이 중 부석면 간월도에서 채취한 SSR-4는 석기와 가장 유사한 대자율 값을 보였으며, 대흥면 하탄방리에서 채취한 SSR-6은 석기보다 부분적으로 높은 범위에 도사되었으나 대체로 일치하였다. 그러나 안면읍 황도리에서 채취한 SSR-5는 평균 $2.195(\times 10^{-3}$ SI unit)의 높은 대자율 값을 보여 신송리유적의 석기와 차이가 있었다. 이 지역은 화산암류가 산출되는 지역 중 신송리유적과 비교적 근접한 지역이나 대자율 값에서 차이를 보여 석기와 동일 기원의 암석일 가능성은 낮을 것으로 해석된다.

석기와 추정산지 암석의 암석학적 및 광물학적 유사성을 검토하기 위해 석기 구성암석과 동일하게 편광현미경 관찰 및 X-선 회절분석을 실시하였다. 편광현미경 관찰 결

Table 2. Analytical samples of stone artifacts for relative rocks around the Sinongri site.

No.	Rock name	Color	Occurrence	Location
SSR-1	Slate	Black	Outcrop	Mt. Bonghwa, Chwisaengri
SSR-2	Shale	Black	Rolling stone	Bogangji, Daeri
SSR-3	Shale	Black	Rolling stone	Baekwol coal mine, Jangsinni
SSR-4	Andesite	Gray brown	Outcrop	Ganwoldo, Buseok-myeon
SSR-5	Andesite tuff	Gray brown	Outcrop	Hwangdori, Anmyeon-eup
SSR-6	Andesite tuff	Light yellow	Outcrop	Hatanbangri, Daeheung-myeon

Figure 7. Magnetic susceptibilities of stone artifacts and relative rock samples around the Sinongri site. (A) Stone artifacts of slate and relative rock of slate near the site area, (B) Stone artifacts of andesitic rocks and relative rock of andesitic rocks near the site area.

과, 점판암의 경우 석기와 동일한 광물조성이 확인되었으나 변성도의 차이에 따라 석영 입자의 크기 및 조직의 차이

가 다소 관찰되었다(Figure 8A, 8B, 8C). 취생리 봉화산에서 채취한 점판암은 운모 입자를 따라 발달된 압쇄조직이

Figure 8. Microphotographs showing analytical samples of the relative rocks around Sinsongri site. (A) SSR-1, (B) SSR-2, (C) SSR-3, (D) SSR-4, (E) SSR-5, (F) SSR-6. Sample numbers are the same as those of Table 2.

Figure 9. X-ray diffraction patterns of stone artifacts and relative rock samples around the Sinsongri site. Q; quartz, P; plagioclase, M; mica, C; chlorite, Pa; Paragonite, Ca, calcite, E; enstatite. Sample numbers are the same as those of Table 2.

Table 3. Concentration of major (wt.%), some minor and rare earth elements (ppm) of stone artifacts and relative rock samples around the Sinsongri site.

No.	SSI-1	SSI-2	SSI-3	SSI-4	SSI-5	SSR-1	SSR-2	SSR-3	SSR-4	SSR-5	SSR-6
SiO ₂	61.23	64.89	62.26	56.73	53.25	69.51	58.77	63.52	63.77	50.13	58.92
Al ₂ O ₃	21.69	20.60	21.70	20.01	18.71	18.79	26.21	20.74	15.43	13.37	21.35
Fe ₂ O ₃	3.99	3.01	3.58	10.13	10.78	0.46	0.82	2.41	4.24	6.15	7.90
MnO	0.04	0.05	0.02	0.05	0.19	0.01	0.01	0.03	0.04	0.14	0.02
MgO	0.50	0.60	0.57	1.30	1.82	0.17	0.18	0.38	2.36	4.87	0.39
CaO	0.03	0.04	0.18	0.15	6.29	0.06	0.03	0.03	3.18	8.11	0.02
Na ₂ O	0.32	0.30	1.10	0.33	3.75	2.10	0.32	0.19	2.59	1.55	0.16
K ₂ O	4.12	4.07	3.81	2.46	0.13	2.54	7.44	5.51	4.47	1.29	4.85
TiO ₂	1.02	0.94	0.85	0.79	1.43	0.95	0.98	0.94	0.54	0.67	1.09
P ₂ O ₅	0.14	0.09	0.09	0.22	0.52	0.04	0.04	0.07	0.15	0.11	0.09
LOI	6.73	6.07	5.94	8.17	3.01	4.07	4.33	5.31	3.05	12.46	5.45
Total	99.81	100.66	100.10	100.34	99.88	98.70	99.13	99.13	99.82	98.85	100.24
As	7	6	9	25	4	21	<2	<2	<2	<2	12
Ba	736	796	756	583	458	1120	591	759	1330	302	475
Co	13	10	16	23	28	7	3	6	16	37	12
Cr	95	107	101	103	69	217	96	128	297	370	152
Cu	4	5	2	9	16	8	4	9	18	28	31
Hf	5	5	6	5	5	6	12	16	4	3	8
Ni	43	35	45	101	36	62	41	64	136	182	73
Pb	42	33	27	17	15	39	21	18	26	9	7
Rb	150	160	180	160	<20	110	240	180	110	<20	190
Sc	18.8	16.0	19.3	20.5	16.9	16.5	10.5	12.7	11.2	21.3	8.8
Sr	138	89	163	89	1483	104	157	49	579	250	22
V	139	114	120	126	161	115	22	35	62	114	171
Zn	79	69	57	227	96	12	19	39	67	58	73
Zr	233	221	252	210	307	267	459	621	148	115	356
La	82.9	72.7	80.7	96.9	62.4	58.4	108.0	111.0	44.7	60.8	57.4
Ce	130	112	136	161	94	116	144	162	57	41	80
Nd	34	31	30	38	24	23	44	44	15	20	21
Sm	7.8	6.8	7.7	8.1	5.5	5.6	9.0	10.2	3.3	3.4	4.2
Eu	2.0	1.6	1.6	2.1	2.3	1.5	1.3	1.4	1.2	1.4	1.2
Tb	1.1	1.2	1.6	1.5	<0.5	<0.5	1.4	1.3	<0.5	0.5	<0.5
Yb	3.2	3.2	3.7	3.8	1.5	2.7	3.3	3.7	1.1	1.5	2.0
Lu	0.53	0.58	0.68	0.65	0.24	0.54	0.58	0.65	0.20	0.29	0.39

뚜렷이 관찰되며 석기 구성암석보다 변성이 좀 더 진행되어 천매암에 가까운 조직을 보였다.

취생리 봉화산에서 수습한 SSR-1과 대리 보강지에서 채취한 SSR-2는 석기의 광물 입도분포가 대체로 유사한 편이나 장신리 백월탄광에서 채취한 SSR-3은 석기 구성암석과 비교해 광물의 입도가 다소 크다. 안산암질암 석기의 추정암석에 대한 편광현미경 관찰결과, 석기 구성암석에 비해 미세한 차이를 보이거나 전체적으로 석기와 동일한 석영, 장석 등으로 구성된 은미정질의 석기 조직이 관찰된다

(Figure 8D, 8E, 8F).

각 시료의 X-선 회절분석 결과, 점판암의 경우 석기 구성암석과 추정산지 암석에서 동일한 광물조성이 확인되었으며, 석기의 SSI-3에서 확인된 소다운모(Pa)가 SSR-1에서도 나타났다(Figure 9A). 안산암 추정산지 암석도 석기 구성암석과 동일하게 석영, 사장석 및 운모가 주로 확인되었으나, 안면읍 황도리에서 채취한 SSR-5는 방해석(Ca)과 엔스타타이트(E)가 추가로 확인되는 등 유적의 석기와는 차이를 보였다(Figure 9B).

5.3. 지구화학적 거동특성

석조문화재의 원산지 해석은 기본적으로 같은 기원에 의해 생성된 암석은 거의 유사한 화학조성과 동일한 지구화학적 진화경향을 갖는다는 점을 전제하고 있다. 따라서 석조문화재 구성암석과 원산지 석재의 성인적 동질성을 밝히기 위해서는 암석학적 및 지구화학적 연구가 함께 수행되어야 한다. 따라서 석기와 암석시료를 대상으로 화학조성과 변화를 해석하기 위해 주성분, 미량 및 희토류 원소의 정량분석 결과(Table 3)를 표준화하여 원소의 상대적인 증감과 진화경향에 따른 동질성을 검토하였다.

화학분석 결과, 점판암질 석기의 SiO_2 함량은 56.73 ~ 64.89wt.%로 시료간 다소 차이를 보였다. 이 중 소다운모가 확인된 SSI-3은 Na_2O 함량이 다른 시료에 비해 높게 나타났다. SSI-4는 Fe_2O_3 와 MgO 가 다른 시료에 비해 높았다. 이러한 결과는 녹니석이 다량 포함되어 발생된 것으로, 원암석의 변성정도 차이에 의해 나타난 현상으로 판단된다. 안산암질 석기의 경우, 점판암질 석기에 비해 Fe_2O_3 ,

MgO , CaO , Na_2O 의 함량이 높게 나타나며, 이는 사장석 및 녹니석을 다량 포함하고 있기 때문이다.

모든 시료의 주성분원소에 대하여 부화와 결핍 정도를 파악하기 위해 Nockolds(1954)의 기준치로 표준화하고 석기 구성암석과 추정산지 암석을 비교하였다. 이 결과, 점판암질 석기의 경우 전체적으로 Fe_2O_3 , TiO_2 에서 부화되었으며 CaO , Na_2O 가 크게 결핍되는 경향이 보였다. 추정산지 암석도 석기 구성암석에서 함량차이가 나타난 Fe_2O_3 , MgO , CaO , Na_2O 에서 차이가 확인되었으며, 전체적인 부화와 결핍의 거동특성은 매우 유사하게 나타났다(Figure 10).

희토류원소는 암석학 및 광물화학적 과정에 따라 서로 다른 거동을 보여주며, 이와 같은 거동은 다양한 지구화학적 진화과정을 추적하는데 예민한 지시자가 된다. 또한 대부분의 희토류원소는 광물 내에서 쉽게 치환하지 않기 때문에 산지 추정에 적합한 원소로 알려져 있다(Mason and Moore, 1982). 따라서 이를 근거로 각 시료의 희토류원소 분석결과를 운석의 초생치(Taylor and McLennan, 1985)로 표준화하였다.

Figure 10. Normalized geochemical variations of major, some rare earth, compatible and incompatible elements for stone artifacts and relative rock samples made by slate and andesitic rocks around the Sinsongri site. Sample numbers are the same as those of Table 1 and 2.

이 결과, 점판암질 석기 4점과 추정산지 암석이 아주 유사한 경향을 보이며 대부분 경희토류 원소가 중희토류 원소 보다 부화되어 있다. 또한 경희토류 원소는 감소하는 반면 중희토류 원소는 거의 일정한 값을 보였으며, 이와 같이 동일한 형태의 경향성을 보이는 것은 석기와 추정산지 암석이 동일 종류라는 것을 지시하는 것으로 해석할 수 있다 (Figure 10).

미량 및 희토류원소 중 일부 호정원소와 불호정원소에 대해 원시 맨틀조성(Pearce, 1983)으로 표준화하여 거동특성을 검토하였다. 이 결과, 점판암질 석기와 추정산지 암석은 주성분 및 희토류원소의 거동특성과 마찬가지로 시료 간 약간의 차이는 있으나 거의 동일한 패턴을 보인다. 특히 취생리 봉화산에서 채취한 SSR-1은 주성분에서 약간의 차이를 보였으나 희토류와 호정 및 불호정원소의 거동특성에서는 유적의 석기와 가장 유사한 경향을 보였다(Figure 10).

안산암질암 석기의 각 원소를 표준화한 결과, 주성분원소에서는 Fe_2O_3 , MnO , MgO , CaO , TiO_2 , P_2O_5 가 부화되었으며 K_2O 가 크게 결핍되어 나타났다. 추정산지 암석은 석기에 비해 K_2O 가 평균조성에 가깝게 나타나 차이를 보였으며, 특히 안면을 하탄방리에서 채취한 SSR-5는 MgO , CaO , Na_2O 에서 큰 차이를 보여 다소 다른 지구화학적 거동특성을 나타냈다. 희토류원소는 석기와 추정산지 암석

모두 경희토류에서 중희토류로 갈수록 점진적으로 결핍되는 동일한 양상을 보였으나, 석기에 비해 추정산지 암석의 경희토류가 다소 결핍된 경향을 보였다. 호정 및 불호정원소의 진화경향에서는 석기와 추정산지 암석의 대부분 원소에서 조금씩 상이한 거동특성을 나타냈다(Figure 10).

5.4. 산지추정

석기의 원산지와 원료물질의 공급지를 추정하는 것은 문화재를 제작하는데 이용한 원료의 이동경로를 해석하는데 중요한 단서를 제공할 수 있다. 이와 같은 연구를 위해 신송리유적에서 출토된 석기시료를 대상으로 자연과학적 분석법을 통해 암석학적 분류, 구성광물의 종류와 함량, 조직과 조성 및 지구화학적 진화경향을 규명하였다. 분석 결과, 신송리유적의 석기는 대부분 점판암제이며 부분적으로 안산암질암이 사용되었음을 밝혔다. 또한 석기 원석의 산출지역을 파악하기 위해 주변지역에 대한 광역적인 지표지질조사를 실시하여 시료를 채취하고 석기와 비교하였다.

석기와 동일 종류의 점판암제 석재는 취생리 봉화산 일대, 광시면 보강지 및 백월탄광 주변에서 확인되었다. 이는 점판암제 석기가 모두 유적지 인근에서 재료를 구한 자급형 석기로 해석할 수 있는 근거가 된다. 안산암의 경우 유적 일대에서는 확인 할 수 없는 암석이나, 반경 30km 이내

Figure 11. Photograph showing provenance presumption area of stone artifacts around the Sinsongri site.

지역에서는 부석면 간월도와 안면읍 황도리 및 대흥면 하탄방리에서 분포지를 확인하였다(Figure 11). 이는 암산암질 석기는 비교적 멀리에서 유입된 외래형 석기일 가능성을 지시하는 것이다.

이를 근거로 신송리유적에서 출토된 석기와 이와 동일한 산출상태를 보이는 추정산지 암석의 전암대자율, 암석학적 및 광물학적 특성, 지구화학적 진화경향을 분석한 결과, 점판암제 석기는 양자간 특징이 매우 유사하여 추정산지 3곳 모두 원산지로서의 가능성을 제시하였다. 특히 미완성품, 파쇄품, 판상형 석재, 박편 등 석기 제작과 관련된 유물이 다량 확인되고 자급자족적으로 석기를 제작한 것으로 보아, 지형적으로 가장 근접해 있으며 현미경 관찰 결과에서 가장 유사한 특징을 보인 취생리 봉화산 점판암이 원산지일 가능성이 가장 높다.

암산암질암 석기는 유적을 중심으로 반경 30km 이내의 부석면 간월도와 안면읍 황도리, 대흥면 하탄방리에서 채취한 암석시료 모두 석기와 유사한 특징을 보이지 않았다. 또한 유적 일대의 지질을 광역적으로 조사한 결과, 이와 유사한 화산암류가 확인되지도 않았다. 따라서 광역적 지질 분포 조사를 비롯한 인근 유적에서 출토된 화산암질 석기에 대한 연구가 병행되어야 원산지를 명확히 해석할 수 있을 것이다. 향후 이와 같은 연구가 지속적으로 진행되어 동일시기의 석기에 대한 산지가 밝혀진다면 당시 인류의 생활상을 이해하는데 큰 도움이 될 것으로 사료된다.

6. 결 론

1. 서산 신송리유적은 봉화산 서쪽 말단의 낮은 구릉성 산지에 있으며, 반화강암과 흑색셰일, 점판암의 호층 및 유백색의 사암으로 구성되어 있는 두 층의 경계부에 위치한다. 유적지 서편으로는 충적층이 넓게 분포하고 있어 선사 및 역사시대 인류의 생활근거지로 적합한 환경이었을 것으로 보인다.

2. 이 유적에서는 완성품 석기와 제작공정과 관련된 원석, 판상형 석재, 박편, 미완성 석편 등 다양한 석기가 출토되었다. 석기의 대부분은 점판암제이며 부분적으로 암산암질암이 있다. 연구대상 석기는 총 5점으로 점판암제 석재 1점, 갈돌 1점, 석촉 반제품 2점 및 암산암제 석촉 반제품 1점이다.

3. 점판암은 유적 인근에 분포하는 암석이며, 주요 산출지는 취생리 봉화산 일대이다. 또한 대리 보강지 및 백월탄

광 주변에 넓게 분포한다. 암산암질암은 유적 주변에서는 확인되지 않는 암석으로 반경 15km 이내에서는 부석면 간월도, 안면읍 황도리 및 대흥면 하탄방리에서 산출된다.

4. 각 석기와 추정산지에서 수습한 암석의 분석 결과, 점판암제 석기와 추정산지 암석은 재질 및 광물학적 특징이 거의 동일하였으며, 지구화학적 진화경향도 매우 유사하게 나타났다. 그러나 암산암질암 석기와 추정산지 암석은 일부 다른 특징이 있고, 특히 지구화학적 진화경향이 다르게 나타났다.

5. 점판암제 석기는 유적 주변에 분포하는 암석을 원료로 제작하였을 가능성이 상당히 높다. 또한 석기를 직접 생산한 흔적이 있는 것으로 보아, 지형적으로 가장 근접해 있어 암석의 수급이 용이한 취생리 봉화산의 점판암이 원산지일 가능성이 가장 높다.

6. 암산암질암 석기는 추정산지 암석과 대체로 유사한 특징을 보이지 않는다. 또한 유적 부근에서는 동일 종류의 암석이 확인되지 않는 것으로 보아 이 석기는 외부에서 유입되었을 가능성이 높다. 따라서 광역적 지질분포 조사와 함께 인근 유적에서 출토되는 화산암질 석기에 대한 연구가 병행된다면 당시의 사회상을 이해하는데 도움이 될 것으로 판단된다.

사 사

이 논문은 2013년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. NRF-2013R1A12013492)을 밝힙니다.

REFERENCES

- Chungcheong Institute of Cultural Heritage, 2008, A brief report of cultural heritage site within Galsan-Haemi road construction area. (in Korean)
- Chungcheongnamdo Office of Education, 1994, Chungnam: geology and minerals. 317-326. (in Korean)
- Kim, S.D., Yi, J.E., Lee, D.S. and Lee, C.H., 2011, Homogeneity investigation of replace stone for restoration of the Mireuksaji stone pagoda in Iksan, Korea. Journal of Conversation Science, 27, 211-222. (in Korean with English abstract)
- Lee, C.H., Choi, S.W., Lee, H.M. and Lee, M.S., 2006,

- Archaeogeological implication of lithic artifacts from the Unjeonri Bronze age site, Cheonan, Republic of Korea. *Journal of Archaeological Science*, 33, 335-348.
- Lee, C.H. and Kim, S.S., 1963, Explanatory Text of the Geological Map of Hongseong Sheet (1:50,000). Geological Survey of Korea, 1-9. (in Korean with English)
- Lee, C.H., Kim, J. and Lee, M.S., 2010a, Petrography and provenance interpretation of the stone moulds for Bronze daggers from the Galdong Prehistoric site, Republic of Korea. *Archaeometry*, 52, 31-44.
- Lee, C.H., Kim, M.Y., Jo, Y.H. and Lee, M.S., 2010b, Conservation treatment based on material characteristics, provenance presumption and deterioration diagnosis of the seven-storied Jungwon Tappyeongri stone pagoda, Chungju, Korea. *Journal of Cultural Heritage Studies*, MUNHWAJE, 43, 36-57. (in Korean with English abstract)
- Lee, C.H., Kim, Y.T. and Lee, M.S., 2007, Provenance presumption for rock properties of the five storied stone pagoda in the Jeongrimsaji temple site, Buyeo, Korea. *Journal of the Geological Society of Korea*, 43, 183-196. (in Korean with English abstract)
- Mason, B. and Moore, C.B., 1982, *Principles of geochemistry*. John Wiley and Sons, New York, 344.
- Na, K.J. and Lee, C.H., 2006, Process of making and typological examination of polished flint arrowheads excavated from site-1 of Dangjin Jagae-ri. *GEUMGANGGOGO*, 3, 5-37. (in Korean with English abstract)
- Nockolds, S.R., 1954, Average chemical compositions of some igneous rocks. *Geological Society of American Bulletin*, 65, 1007-1032.
- Park S.M., Lee C.H., Kim J.Y., Jeong I., 2007, Material characteristics and provenance presumption for stone artifacts of Bronze Age from the Hyocheon site in Gwangju, Korea. *Journal of Conservation Science*, 21, 5-20. (in Korean with English abstract)
- Pearce, J.A., 1983, Role of sub-continental lithosphere in magma genesis a active continental 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: Its composition and evolution*. Blackwell, Oxford, 312.
- Uchida, E., Cunin, O., Suda, C., Ueno, A. and Nakagowa, T., 2007, Consideration on the construction process and the sandstone quarries during the Angkor period based on the magnetic susceptibility. *Journal of Archaeological Science*, 34, 924-935.
-