

서천 추동리 유적에서 출토된 와편의 고고지질학적 분석

박진영* · 이찬희* · 김정훈** · 김명진**

*공주대학교 문화재보존과학과, **충청문화재연구원

Archaeogeological Analysis of the Roof Tile from the Chudongri Site, Seochon, Korea

Jin Young Park*, Chan Hee Lee*, Jeong Hun Kim**, Myung Jin Kim**

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

***Chungcheong Cultural Properties Research Institute, Kongju 314-923. Korea*

1. 서 론

충남 서천군 화양면 추동리 일대는 낮은 구릉과 간척사업으로 형성된 평야지대이다. 이 일대를 이루고 있는 주요 구성암석은 퇴적암과 편암이며, 부분적으로 규암과 섬록암 등이 분포한다. 추동리 유적은 화양산에서 남동쪽으로 뻗은 가지 능선과 사면부의 세 지점에 남-북 선상으로 위치하며, 유적에서는 청동기에서 조선시대에 이르는 다양한 유구가 각각 365기, 150기 확인되었다.

이 연구에서는 추동리 유적에서 확인된 조선시대 와편을 대상으로 광물학적, 지구화학적 특성을 분석하였으며, 유적지 주변 정밀지질조사 후 와편 산출지의 주변에서 토양시료를 채취하였다. 채취된 토양시료에 대해서는 토양학적 분석과 더불어 와편과 동일한 방법의 분석을 실시하였다. 정밀관찰과 분석을 통해 와편과 토양의 고고지질학적 연관성을 추정하였으며, 기와의 제작환경과 소성조건 및 출토지에 따른 성인적 동질성을 해석하였다.

2. 시료채취 및 분석

추동리 유적을 구성하는 3개 지역 중 조사대상인 I 지역과 II 지역에서 와편 30점

과 토양시료 20점을 채취하였다. I 지역에서는 조선시대 기와가마에서 출토된 와편을 대상으로 가마 내부 출토와편과 외부 출토와편으로 분류하여 각각 10점씩 총 20점을 수습하였으며, 가마 인근에서 확인된 태토채취장에서 토양시료 10점을 채취하였다. II 지역에서는 조선시대 건물지에서 확인된 와편 10점을 채취하였으며, 건물지 주변을 구성하는 고토양을 선별하여 10점의 시료로 선택하였다.

시료로 선정된 와편과 토양을 대상으로 정밀 육안관찰, 전암대자율 측정, 현미경 관찰을 실시하였다. 또한 일부시료를 대상으로 X-선 회절분석(XRD), 주사전자현미경 관찰(SEM-EDS), X-선 형광분석(XRF), 중성자방사화분석(INNA), 유도결합 아르곤 플라즈마 질량분석(ICP-AES, ICP-MS)을 실시하였다. 한편 와편시료의 일부는 DTA와 TG 등의 열분석도 실시하였다.

3. 결과 및 해석

추동리 유적지에서 채취한 와편과 토양을 대상으로 평균 5회의 전암대자율을 측정하였다. 와편의 대자율은 $0.02 \sim 1.09 (\times 10^{-3} \text{ SI unit})$ 의 범위를, 토양의 대자율은 $0.02 \sim 0.17$ 의 범위를 나타냈다. 와편과 토양은 대부분 1 이하의 낮은 값을 가지며, I 지역과 II 지역에서 채취한 와편과 토양시료를 비교한 결과 큰 차이를 보이지 않았다. 이와 같이 와편과 토양이 오차범위 내에서 동일한 자화강도를 갖는다는 것은 와편의 태토와 유적지의 토양이 근본적으로 동일한 과정에 의해서 생성되었다는 것을 지시한다.

실체현미경 관찰을 통해 와편을 구성하고 있는 토양의 입도와 와편제작에 첨가된 비짐의 산출상태, 내부 공극 등을 파악하였다. 각각의 와편들은 비교적 견고한 기질을 보이며, 비짐으로는 원마도가 낮고 불균질한 입도를 가진 석영과 장석이 관찰되었다(그림 1). 주사전자현미경 관찰 결과, 와편은 대체로 균질하지 않은 다양한 입자로 구성되어 있다. 고온 소성시 형성된 기공이 관찰되었고, 부분적으로 열에 의해 변질되지 않은 층상의 점토광물과 장석의 결정이 확인되었다.

다양한 정량분석을 통해 와편과 토양을 구성하는 주성분원소, 미량원소, 희토류원소의 절대적인 거동특성을 검토하였다. 이를 이용해서 시료별 상대적인 증감과 진화경향에 따른 연관성을 추정하였다. 시료의 조성을 화강암의 평균조성으로 표준화한 결과 주성분원소와 미량원소 모두 동일한 경향을 보였으며, 희토류 원소에 대해 운석의 초생치로 표준화한 결과 대부분의 시료가 동일한 경향성을 보였다. 호정 및 불호정 원소를 원시 맨틀의 조성으로 표준화한 결과 역시 동일한 거동특성을 나타내었다. 이는 분석대상인 와편과 토양 시료들이 동일한 진화경로를 통해 생성된 물질임을 증명하는 것이다.

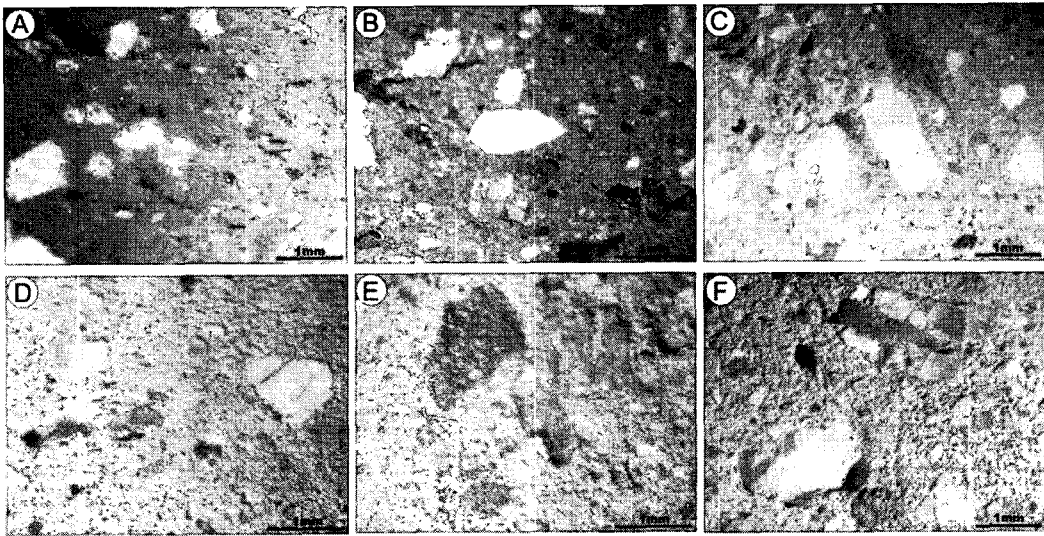


그림 1. 외편의 저배율 실체현미경 사진. (A, B, C) I 지역 출토 외편 : 비교적 치밀하나 부분적으로 불균질한 기질이 확인되며, 비짐으로 첨가된 다양한 입도의 석영과 장석이 존재한다. (D, E, F) II 지역 출토 외편 : 기질의 입자가 불균질하며, 석영 및 장석의 분급이 불량하다.

외편의 X-선 회절분석 결과 석영과 운모 및 정장석이 대부분의 시료에서 공통적으로 확인되었으며, 부분적으로 사장석도 관찰되었다. 토양의 X-선 회절분석 결과 외편에서 확인되었던 석영과 운모, 정장석, 사장석이 검출되었으나, 외편에서는 관찰되지 않았던 녹니석과 스�멕타이트가 모든 시료에서 확인되었으며, 부분적으로 카올리나이트가 동정되었다. 대다수의 외편과 토양은 각각의 주요 구성광물에 있어 산출지와 무관하게 유사한 경향성을 보인다. 이를 통해 태토와 토양은 동일한 기원에 의해 생성되었으나 태토가 열에 의한 변성작용으로 인해 일부 구성광물의 파괴가 진행되었을 것으로 추정된다.

외편을 대상으로 실시한 열분석 결과 200~400℃의 낮은 온도 범위에서 물리적 흡착수의 탈수로 인한 중량 감소와 부분적인 흡열피크가 관찰되었다. 모든 시료에서 나타나는 500~600℃ 범위의 흡열피크는 석영의 전이현상을 보여주는 증거이며, 800~1100℃의 고온영역에서 관찰되는 미세한 중량 감소와 발열피크는 분해반응과 더불어 결정상의 전이 등으로 소결이 진행되었음을 의미한다(그림 2).

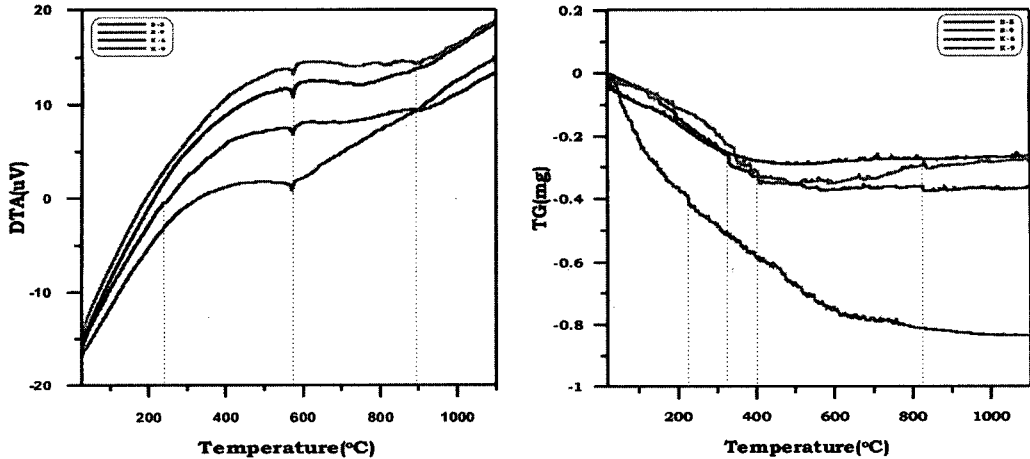


그림 2. 추동리 와편의 DTA 및 TG 결과

4. 고고지질학적 고찰

정밀 지질조사를 통해 추동리 유적 토양의 기원암은 주로 퇴적암과 편암으로 구성되었음을 확인하였다. 이 일대에서 산출되는 대부분의 와편은 불균질한 입도를 가진 사질점토로 구성되어 있으며, 대체로 회색조와 갈색조를 띤다. 정밀관찰 결과 와편은 불균질한 입자로 구성된 기질에 석영과 장석의 굵은 입자가 불규칙하게 혼재하는 양상을 보였다. 추동리에서 수습된 와편과 토양은 대체로 유사한 토양광물학적 특성을 보였으며, 거의 동일한 지구화학적 분화경향을 나타냈다. 이를 근거로 추동리 유적의 와편은 동일한 근원을 가진 유적지 주변의 토양을 원료로 삼아 제작한 것으로 판단하였다.

와편과 토양에서는 공통적으로 석영과 운모, 정장석, 사장석이 주요광물로서 확인되었으나, 토양에서 검출되었던 스펙타이트와 카올리나이트, 녹니석이 와편에서는 동정되지 않는 것으로 보아 적어도 스펙타이트와 카올리나이트가 상전이 하는 550°C, 녹니석의 상전이 온도인 700°C 이상을 경험한 것으로 판단된다. 그러나 일반적으로 975°C에서 산출되는 멀라이트가 검출되지 않았으므로 와편은 975°C보다는 낮은 온도에서 소성된 것으로 볼 수 있다.

열분석 결과 모든 시료에서 나타나는 500~600°C 범위의 흡열피크에서는 석영의 상전이가 발생하였으며, 900~1100°C 고온영역에서 관찰되는 발열피크를 통해서도 900°C 부근에서 소결이 진행되었음을 확인하였다. 그러나 한 가마 내에서도 부분적으로

로 소성환경이 다를 수 있으며, 한 기와에서도 부분적으로 다른 소성조건이 적용될 수 있음을 주지하는 바이다.

5. 결 론

1. 추동리 와편의 전암대자율 값은 $0.02 \sim 1.09 (\times 10^{-3} \text{ SI unit})$ 의 범위를 가지며, 토양 역시 $0.02 \sim 0.17$ 의 낮은 대자율 값을 나타내어 거의 동일한 범위 내에 분포함을 알 수 있다. 이는 연구대상인 와편과 토양이 근본적으로 동일한 과정에 의해 생성된 토양과 태토라는 것을 지시하는 자료이다.

2. 이 지역의 와편과 토양은 유사한 토양광물학적 특성을 보이며, 주성분원소, 미량원소, 희토류원소, 호정 및 불호정 원소의 거동을 통해 지구화학적 특성이 동일함을 확인하였다. 이를 통해 추동리 유적의 와편은 유적 주변을 구성하는 토양으로 제작하였을 것으로 판단된다.

3. 토양에서는 동정되었던 녹니석, 스�멕타이트, 카올리나이트가 와편에서는 검출되지 않은 것으로 보아 토양(태토)에 존재하던 스�멕타이트와 카올리나이트가 550°C 이상의 고온에서 열에 의해 상변화를 겪었으며, 녹니석의 상전이 온도인 700°C 이상의 소성도 경험했을 것으로 보인다.

4. 와편을 대상으로 실시한 DTA 결과 $550 \sim 600^\circ\text{C}$ 구간에서 태토의 잔류 석영에 의해 발생하는 흡열피크가 선명하게 관찰되었으며, 900°C 이상에서는 발열피크가 확인되었다. TG 결과 $200 \sim 400^\circ\text{C}$ 의 저온에서 공통적으로 중량감소가 발생하였고, $800 \sim 850^\circ\text{C}$ 부근에서 역시 미세한 중량감소가 관찰되었다.

5. 이와 같은 광물학적 및 지구화학적 특성 연구를 통해 와편의 태토와 주변토양은 동일한 생성과정을 경험한 물질로 판단된다. 또한 와편의 소성온도는 카올리나이트와 스�멕타이트 및 녹니석의 파괴온도보다는 높고, 멀라이트의 산출온도보다는 낮은 900°C 의 부근으로 추론할 수 있다. 유적 내의 서로 다른 출토지에서 확인된 와편이 유사한 경향을 나타내는 것으로 보아 추동리 유적 내에서는 기와의 원료공급과 제작이 모두 이루어졌을 것으로 판단하였다.