

## 조선봉건왕조시기 기와의 광물 및 원소조성분석

우철, 한명걸

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《력사유적과 유물은 우리 민족의 슬기와 재능이 깃들어있는 민족의 재보이며 우리 나라의 유구한 력사와 발전된 문화를 전해주는 귀중한 유산입니다.》(《김정일전집》 제3권 125페이지)

력사유물의 하나인 조선봉건왕조시기 기와의 광물 및 원소조성은 당시의 기와제작기술을 연구하는데서 중요한 기초자료로 되며 그 시기의 문화와 사회경제형편을 밝히는데서 중요한 의의를 가진다.

논문에서는 고구려 및 고려시기의 기와와 외형상으로 구별되는 조선봉건왕조시기 기와의 광물 및 원소조성을 분석하고 당시의 기와제작기술에 대하여 논의하였다.

### 실 험 방 법

연구시료로는 조선봉건왕조시기의 유적들인 석왕사, 동덕사, 신계사, 대덕암유적들에서 발굴된 흑회색과 회색을 띤 기와들로 선택하였다.

기와시료의 광물조성분석에는 편광현미경과 X선회절분석기(《Rigaku SmartLab》)를, 원소조성분석에는 X선형광분석기(《ZSX Primus III+》)를 이용하였다.

### 실험결과 및 해석

기와시료의 광물조성 X선분말회절분석과 편광현미경분석에 의하면 기와의 바탕재료는 미세한 립도의 석영과 흑운모가 포함된 점토이다. 석영립자들의 립도는 0.1~0.6mm이고 그 함량은 0.5~1.0%이며 XRD도형(그림)에는  $\alpha$ -석영과  $\alpha$ -방석영, 미사장석의 회절선들이 나타난다. 한편 기와에 포함되어있는 장석립자들은 립도가 비교적 크고 불균등하며 함량은 25~35%로서 비교적 높다. 작은 장석립자들의 립도는 0.02~1.2mm이고 큰것들의 립도는 보통 4.0~6.0mm이지만 동덕사 및 대덕암유적의 기와들에 포함되어있는 장석립자들은 크기가 10.0mm에 달한다. 장석립자들은 부분적으로 고온분해되어 유리질로 전환되었고 벽개면과 유리질상에는 미세한 물리트주상결정들이 많이 형성되어있으며 철용융물들이 분포되어있다. 그리고 사장석류는 관찰되지 않는다.

기와시료의 원소조성 몇 가지 기와시료의 X선형광분석결과는 표와 같다.

표에서 보는바와 같이 기와시료에서  $\text{SiO}_2$  함량은 67~72%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  함량은 15~18%,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  함량은 5.4~6.7%로서 비교적 높으며 특히  $\text{K}_2\text{O}$  함량은 2.5~4.6%로서 고구려기와[1, 2]에서보다 훨씬 높다. 또한 Ti, Cr, Mn 등의 함량은 매우 낮거나 발색작용을 할수 없는 범위에 있다.

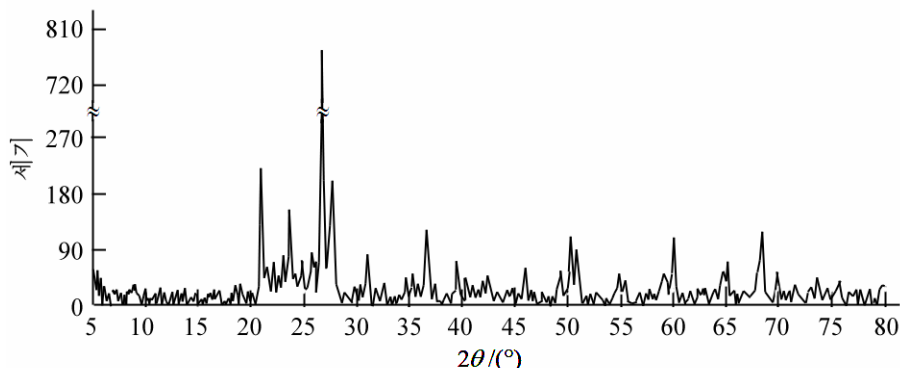


그림. 석왕사기와시료의 XRD도형

표. 몇가지 기와시료의 X선형광분석결과(%)

성분	신계사	동덕사	석왕사	성분	신계사	동덕사	석왕사
SiO <sub>2</sub>	69.92	67.34	71.64	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.06	0.07	0.08
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18.09	17.46	14.96	MnO	0.09	0.43	0.12
CaO	0.21	0.75	0.67	SO <sub>2</sub>	0.23	0.69	0.57
MgO	1.32	1.00	1.32	SrO	0.002	0.09	0.03
K <sub>2</sub> O	2.54	3.35	4.60	Rb <sub>2</sub> O	0.02	0.02	0.04
Na <sub>2</sub> O	0.53	1.42	0.65	ZrO <sub>2</sub>	0.03	0.04	0.02
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.07	6.66	5.43	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	—	0.03	—
TiO <sub>2</sub>	0.78	0.75	0.66				

결과해석 조선봉건왕조시기 기와의 기본광물조성은 많은 량의 장석과 미량의 석영, 점토와 장석이 열분해되어 형성된 유리질, 인공광물인 물리트이다. 1 100~1 200℃이상의 온도에서 형성되는 유리질은 결정립자들사이에 충전되어 소성물의 결정구조를 치밀하게 하고 기공크기를 감소시키며 기계적세기를 높인다. 한편 물리트는 975~1 100℃에서 형성되는데 그것의 형성온도가 높아짐에 따라 소성물의 구부림세기가 커지고 결정구조가 치밀해지며 변형특성과 기공크기가 감소된다.[3-6] 그러므로 조선봉건왕조시기의 기와는 1 000~1 200℃에서 소성되었다고 추정할수 있다.

이로부터 조선봉건왕조시기에는 장석을 용제로 리용하여 기와의 굳기와 특성을 개선하였으며 점토와 장석의 배합, 높은 소성온도보장 등 기와제작의 모든 공정이 합리적으로 구성되었다는것을 알수 있다. 이것은 고구려 및 고려시기에 점토에 모래만을 섞어 기와를 제작한것에 비하여 기술적으로 발전한것으로 된다.

조선봉건왕조시기의 기와에서 장석의 립도가 비교적 크고 불균등한것은 원료를 혼합할 때 장석을 충분히 분쇄하여 정선하지 않았다는것을 의미한다. 이것은 당시 수요가 높아져 기와가 대량생산되었으며 특히 고온소성기술이 발전되어 원료를 정선할 필요가 제기되지 않았기때문이라고 볼수 있다.

조선봉건왕조시기의 기와에서 기본발색원소는 철이며 그것이 3가로부터 2가로 환원되면서 흑색, 회색, 흑회색 등의 색깔을 형성하였다고 볼수 있다.

## 맺 는 말

1) 조선봉건왕조시기 기와의 기본광물조성은 점토와 장석이 열분해되어 형성된 유리질과 많은 량의 장석, 미량의 석영, 인공광물인 물리트이며 원소조성에서 주성분은  $\text{SiO}_2$  과  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  이다.

2) 조선봉건왕조시기의 기와제작에 리용된 용제는 고구려와 고려시기의 모래로부터 장석으로 변천되었다.

3) 조선봉건왕조시기의 기와제작에서 소성온도는  $1\,000\sim 1\,200^\circ\text{C}$ 이며 기본발색원소는 철이다.

## 참 고 문 헌

- [1] 한명걸 등; 분석, 4, 24, 주체100(2011).
- [2] 한명걸 등; 조선고고연구, 1, 9, 주체103(2014).
- [3] Jorge Martín-Márquez et al.; J. Europ. Ceram. Soc., 30, 1599, 2010.
- [4] Jorge Martín-Márquez et al.; J. Europ. Ceram. Soc., 30, 3063, 2010.
- [5] A. Bernasconi et al.; Ceram. Int., 40, 6389, 2014.
- [6] Jorge Martín-Márquez et al.; J. Europ. Ceram. Soc., 33, 3387, 2013.

주체107(2018)년 7월 5일 원고접수

## **Analysis of the Mineral and Elemental Composition of Roof Tiles in the Period of Feudal Joson Dynasty**

*U Chol, Han Myong Gol*

We analyzed the mineral and elemental composition of roof tiles manufactured in the period of Feudal Joson Dynasty and discussed the roof tile manufacturing technique at that time.

The flux used for roof tile manufacture in the period of Feudal Joson Dynasty was feldspar and the roof tiles were burned at  $1\,000\sim 1\,200^\circ\text{C}$ . In the roof tiles, the coupling element was iron.

Key words: the period of Feudal Joson Dynasty, roof tile, mineral and elemental composition