

## 유적지 출토 백색 암석의 광물화학적 특성

### Chemical and Mineralogical Characteristics of White Stones Excavated from Archaeological Sites

한 민 수(Min-Su Han)<sup>1,\*</sup> · 조 남 철(Nam-Chul Cho)<sup>2</sup> · 김 우 현(Woo-Hyun Kim)<sup>3</sup> ·  
최 경 용(Kyung-Yong Choi)<sup>3</sup>

<sup>1</sup>국립문화재연구소 보존과학연구실

(Conservation Science Division, National Research Institute of Cultural Heritage, 472 Munji-dong, Yuseong-gu, Daejeon 305-380, Korea)

<sup>2</sup>공주대학교 문화재보존학과

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

<sup>3</sup>중앙문화재연구원

(Jungang Research Institute of Cultural Heritage, 581 Yongsan-dong, Yuseong-gu, Daejeon 305-500, Korea)

**요약** : 유적지의 소성유구와 도기가마 주변에서 출토된 백색암석을 광물화학적으로 분석하여 이들 암석의 특성과 상호관계를 밝히고, 나아가 소성유구의 용도를 추정하고자 하였다. 시료는 백색 암석이 출토된 3곳의 유적지(충남 아산시 산양리와 용두리, 청양군 광대리)에서 총 9점을 대상으로 하였다. 박편 분석결과, 8개의 암석은 교대 및 열수작용 등을 받아 광물상이 변질되거나 재결정화 된 석회암이었고, 결정구조 분석에서도 석회석의 주요구성 광물인 방해석이 동정되었다. 반면, 나머지 1개의 암석은 석영과 미사장석, 백운모 등으로 구성된 백색 이질암이었다. 성분분석 결과에서는 백색 이질암을 제외하고는 나머지 암석들의 주성분이 CaO였다. 또한 주성분과 미량원소 함량을 서로 비교한 결과 유적지들간에 상관성이 적었다. 결론적으로 유적지별로 서로 다른 석회석 광산에서 원석을 채취하여 사용한 것으로 판단되며, 세 가마의 용도는 석회석을 가열하여 생석회를 만들어내는 가마였을 가능성이 높다.

**주요어** : 백색광물, 유적지, 변질작용, 열수작용, 석회석

**ABSTRACT** : The aim of this study is to investigate the relations among each white stone and their characteristics through the chemical and mineralogical analysis of them excavated from around some kilns in archaeological sites. Moreover it was intended to infer the function of kilns. Nine white stones were chosen from three different archaeological sites, the each name of which is Sanyang-ri, Youngdu-ri and Gwangdae-ri in Chungcheongnam-do. In the mineralogical characteristics of thin section, eight stones containing calcite are altered and recrystallized by metasomatism and hydrothermal process, and Calcites, major component minerals of limestone, were identified by the analysis of XRD. On the basis of this result, we can infer the stones to be classified into limestone groups. One the other hand, research revealed that one of the white stones was a white pelitic stone composed of quartz, microcline and muscovite. In the analysis of chemical composition, except for the white pelitic stone eight stones are mainly composed of CaO which is major component of Calcite. Besides, as a results of correlation analysis by using a chemical compositions of major and minor elements in

\*교신저자: dormer@ocp.go.kr

white stones, little did each archaeological site have the relativity. In conclusion, each archaeological site was estimated that they would use a limestone ores extracted from different deposits, and there is a high possibility that the function of these kilns is to produce quicklime

**Key words** : white stone, archaeological site, metasomatism, hydrothermal process, limestone

## 서 론

일반적으로 고고학적 유적지에서 석회 또는 석회석, 대리암 등의 백색 암석(또는 광물)이 소량이지만 자주 발굴되고 있다. 이는 석회나 석고가 시멘트 재료로서 인류사에 등장하기 훨씬 이전인 반만년 전부터 고분 내벽에 회벽 재료로 사용되기 시작하여, 성벽의 축조 등 고 건축물의 구조재, 결합재, 방수재, 마감재로써 쓰였기 때문이며, 고순도의 석회암은 많은 세기에 걸쳐 석회소성용, 유리제조용, 금속제련에 이용되어 왔다(송종택, 2009). 즉, 고대 인간 생활과 밀접한 관계를 가지고 있는 것 중의 하나가 바로 석회이다. 하지만 유적 발굴시 양이 매우 적고, 문화재로서의 가치 때문에 이들 물질의 특성을 과학적으로 분석하고, 그 특징과 유적지별 상관관계, 용도 등의 포괄적인 연구가 많이 수행되지 못했다. 이번 연구의 대상인 충남 아산시 산양리 유적은 중앙문화재연구원에서 2007년 5월부터 7월까지 발굴한 지역으로서 용도불명의 소성유구 2기 이외에 조선시대 도기 가마 1기와 토광묘 3기, 주거지 1기, 기와 폐기장 1개소 등이 조사되었다(중앙문화재연구원, 2007).

불명의 백색 암석이 출토된 소성유구는 도기 가마가 확인된 능선에서 남서쪽으로 약 50 m 정도 떨어진 경작지에서 확인되었다. 소성유구 2기는 서로 동일한 형태를 보이고 있으며, 일부가 중복되어 선후관계를 확인할 수 있었다. 잔존하는 소성실의 규모는 지름 160~170 cm, 깊이 80 cm 정도로 원형의 평면 형태를 보이고 있으며, 단면 형태는 역삼각형으로 하단으로 갈수록 급격하게 좁아진다. 소성실 내부의 벽체에는 각각 4개의 흠이 있으며, 연소실의 규모는 1호 소성유구보다 2호 소성유구의 연소실이 상대적으로 넓다. 소성실과 연소실의 경계 부분은 지름 30 cm 정도로 좁으며, 전체적인 단면형태는 중앙부가 잘록한 장고형의 소성유구이다. 그러나 이 소성유구의 경우 그 기능과 용도에 대한 확실한 증거가 확인되고 있지 않다(중앙문화재연구원, 2007).

그러므로 본 연구를 통해 백색 암석의 종류와 특

성을 광물화학적으로 밝혀내고, 나아가 소성유구의 기능과 용도가 무엇인지를 유추해보고자 하였다. 또한 비교 자료로서 유사한 특성을 지닌 충남 아산시 용두리와 충남 청양군 광대리에서 출토된 백색 암석도 함께 분석하여 각 유적지별 유물의 상관관계를 함께 알아보려고 하였다.

## 분석 시료 및 연구 방법

### 분석 시료

연구 대상은 충남 아산시 산양리의 소성유구에서 출토된 백색 암석 5점과 같은 충청권의 유사한 소성유구가 발굴되었던 충남 아산시 용두리와 청양군 광대리 유적에서 출토된 백색 암석 각각 2점 등 총 9 점을 분석대상으로 하였으며, 각 시료별 외형적 특징을 사진으로 나타내었다(그림 1).

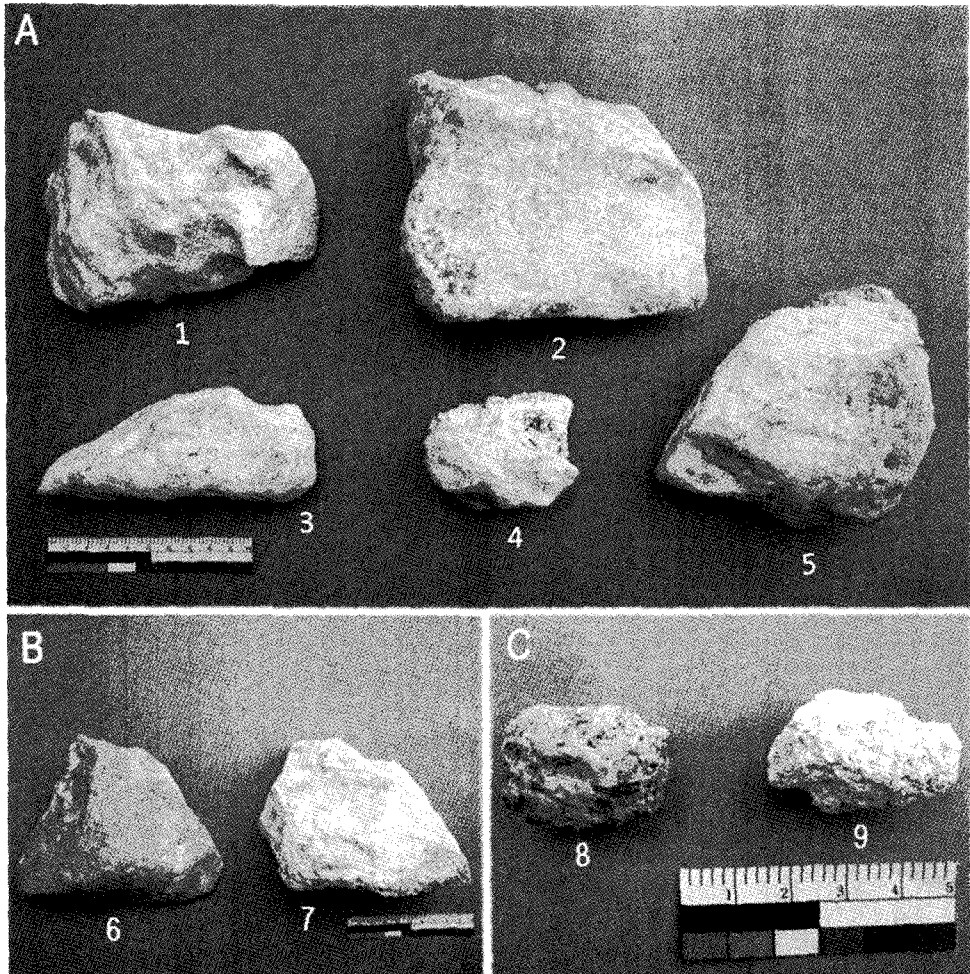
일차적으로 시료의 외형적 특징을 살펴보면 전체적으로 모든 시료가 백색을 띠고 있으며, 표면에 다량의 토양 오염물이 부착되어 있다. 그러나 시료의 표면 오염물을 제거한 상태에서도 그 백색도는 조금씩 차이를 보였다. 특히 충남 청양 광대리 유적에서 출토된 두 시료는 다른 시료들에 비해 매우 가볍고, 기공이 많으며, 단단하지 않고 물렸다. 또한 8번 시료의 경우 다른 유적지 출토 암석에 비해 백색도가 매우 떨어졌으며, 반대로 9번 시료는 백색도가 가장 좋았다.

### 연구 방법

분석 시료는 표면에 부착된 이물질을 부드러운 붓과 메스로 제거한 후 표면의 오염물이 없는 부분에서 일부분 시료를 채취하여 먼저 편광현미경 관찰을 위한 박편을 제작하였다. 광물의 조성 상태를 정확하게 관찰하기 위한 편광현미경 분석(Polarization Microscope, Axioptan, Carl Zeiss, Germany)은 시료의 상태가 신선하지 않고, 풍화가 심하여 시료의 강도 유지를 위해 에폭시 수지에 마운팅한 후 연마지

**Table 1.** Mineralogy identified by X-ray diffraction analysis

Sample No.	Excavation Site	Excavation Site
1		Calcite ( $\text{CaCO}_3$ ), Olivine ( $\text{Mg}_2\text{SiO}_4$ )
2		Calcite [ $\text{Ca}(\text{CO}_3)$ ], Olivine ( $\text{Mg}_2\text{SiO}_4$ )
3	Sanyang-ri, Asan, Chungnam	Calcite ( $\text{CaCO}_3$ )
4		Calcite ( $\text{CaCO}_3$ ), Actinolite [ $\text{Ca}(\text{Mg-Fe})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$ ]
5		Calcite ( $\text{CaCO}_3$ ), Actinolite [ $\text{Ca}(\text{Mg-Fe})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$ ]
6	Yongdu-ri, Asan, Chungnam	Calcite ( $\text{CaCO}_3$ )
7		Calcite ( $\text{CaCO}_3$ )
8	Gwangdae-ri, Cheongyang, Chungnam	Quartz ( $\text{SiO}_2$ ), Microcline ( $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ ), Muscovite [ $\text{KAl}_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$ ]
9		Calcite ( $\text{CaCO}_3$ ), Aragonite ( $\text{CaCO}_3$ )



**Fig. 1.** Pictures of white stones excavated from archaeological sites (A: Sanyang-ri, B: Yongdu-ri, C: Gwangdae-ri).

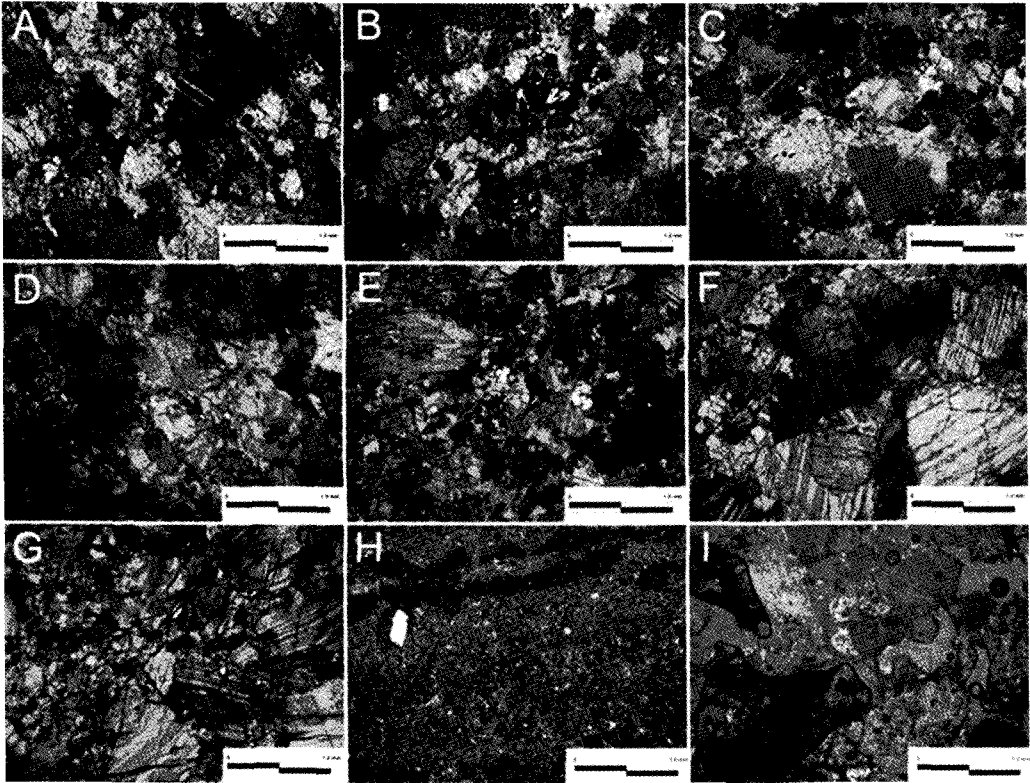


Fig. 2. Polarizing microscopic images of white stones (crossed nicols). A~E: Sanyang-ri, F~G: Yongdu-ri, H~I: Gwangdeari.

(#200, #500, #800, #1200, #1500, #2000, #2400, #4000)를 사용하여 순서대로 양호한 관찰면이 나올 때까지 연마하고, 다이아몬드 시료절단기를 이용하여 연마면으로 부터 약 3 mm 정도의 두께로 절단한 다음 연마면을 슬라이드 글라스면에 접착시켰다. 24 시간이 경과한 후 접착된 시료를 다시 0.03 mm의 두께가 될 때까지 가공하여 관찰하였다. 또한 일부 시료는 알루미늄나 모르타르로 분말화하고, 각 유적지 별로 광물의 조성을 감정하기 위하여 분말 시료를 유리판에 고착 후 X-선 회절분석(Micro Area X-ray Diffraction System, MXP18VA, Mac Science, Japan)을 실시하였으며, 30 kV, 50 mA, scanning speed 8°/min의 조건을 적용하여 국립문화재연구소에서 분석하였다. 시료의 성분조성 차이를 알아보기 위하여 유도 결합플라즈마 원자방출분광분석(Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometer, Optima 4300DV, Perkin Elmer, USA)을 한국기초과학지원 연구원에 의뢰하여 주성분(CaO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, FeO, K<sub>2</sub>O, MgO, MnO, Na<sub>2</sub>O, TiO<sub>2</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)과 미량성분(Ba, Sr,

Sc, Cr, V, Zr, Co, Ni, Rb, Y, Cd, Sn, Sb, Cs, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Pb, Th)을 분석 하였다.

### 분석결과 및 고찰

#### 편광현미경 분석

각 시료에 대해 암석을 구성하는 광물종과 결정형, 공생광물의 종류 등을 육안상으로 자세히 동정하기 위하여 일반적으로 사용되는 편광현미경 분석(이창진 외, 2000)을 실시하였으며, 이러한 방법은 각기 상이한 유적지의 토양 환경에 암석이 장시간 매장되어 있었기 때문에 이들의 상태를 비교 분석하기에 적절한 방법이다.

전체적으로 모든 시료에서 방해석(Calcite)의 결정이 자형을 관찰할 수 없을 정도로 변질되어 풍화가 심하게 진행되어 있었다(그림 2). 시료별 특징을 살펴보면, 1~5번 시료(그림 2A~2E)는 열수작용

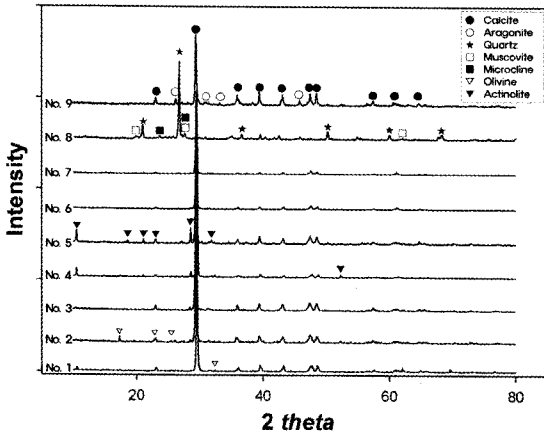


Fig. 3. Comparison of X-ray diffraction patterns for white stones.

의 영향도 일부 관찰되고 있으나 주로 교대작용에 의해 휘석과 녹렴석, 각섬석 등의 스카른 광물(skarn mineral)들이 분포하고 있는 것을 알 수 있다. 또한 1~3번 시료와 4~5번 시료는 서로 다소 차이를 보이는데 이는 교대작용의 양상과 정도가 다르고, 이에 따라 화학성분의 차이를 보이기 때문으로 판단된다. 6번(그림 2F)과 7번(그림 2G) 시료는 열수작용에 의해 방해석들이 재결정하여 입자가 매우 큰 것을 알 수 있으며, 이후 교대작용에 의해 다른 광물들이 부분적으로 소량 분포하고 있다. 8번(그림 2H)과 9번(그림 2I) 시료는 방해석 결정이 일부 관찰되나 아주 세립질이며, 변질의 정도가 심하고, 다른 광물이 이질상으로 분포하고 있다.

광물내부의 격자에 존재하는 유동 흔적을 통해 각 시료별로 풍화 정도를 비교해 보면, 1~5번 시료가 6번과 7번 시료에 비해 상대적으로 많은 영향을 받은 것으로 판단되며, 이를 통해 전자의 시료들은 석회암, 후자의 시료들은 결정질 석회암으로 분류할 수 있을 것이다. 또한 시료마다 그 변질의 특성이나 상태를 가지고 분류해 보면, 교대작용에 의해 스카른 광물이 많이 포함된 것(시료 1~5번)과 열수작용에 의해 스카른광물과 방해석이 재결정화한 것(시료 6번과 7번), 석회암지역과 이질암이 호층을 이루는 접촉대에서 산출된 것(시료 8번), 석회암지역에서 일반적으로 발견되는 것(시료 9번)으로 크게 분류할 수 있으며, 이들은 적어도 1회 이상의 열수작용과 교대작용을 받았을 것으로 판단된다. 추가적으로 광물 내부의 결정이 깨진 흔적들이 많이 관찰되고, 교대작용에 의해 방해석이 다른 광

물로 변질되는 과정에 있는 것들도 관찰된다. 그러나 이는 어디까지나 소성유구 내 가마에서 이들 암석이 물리화학적으로 영향을 받지 않은 원광 상태라는 가정 하에서 해석한 것이다. 그러므로 이들 암석이 소성유구에서 2차적인 가공이 진행되기 전의 원석이라면, 각 시료의 출토지가 다름에 따라 그 특성도 상이하고, 변질의 정도나 상태를 광물학적인 측면에서 판단해 볼 때 동일 또는 유사지역의 석회석 광산 또는 모암에서 산출되었을 가능성 보다는 서로 원료의 산지가 다를 가능성이 더 크다는 결론을 얻을 수 있다.

### 광물결정구조 분석

3개의 유적지에서 채취된 각각의 백색 암석에 대해 X-선 회절 분석을 실시하고 그 결과를 표 1에 정리하였으며, 그림 3은 X-선 회절 패턴을 보여주고 있다. 회절패턴을 가지고 각 암석의 광물을 동정해 보면, 충남 아산 산양리에서 출토된 백색 암석들은 모두 석회석의 주구성 광물인 방해석과 감람석, 점토광물이 혼재되어 있으며, 아산 용두리에서 출토한 백색 암석은 모두 방해석으로만 이루어져 있다. 그리고 청양 광대리에서 출토된 백색 암석의 경우 한 점은 백색 이질암 성분으로 보이는 석영, 미사장석, 백운모 등이 검출되었으며, 나머지 한 점은 석회석의 주구성광물인 방해석과 동질이상인 아라고나이트가 함께 검출되어 청양 광대리에서 출토된 두 점이 서로 다른 광물 성분을 지니고 있음을 알 수 있다. 특히 일반적으로 석회암 내의 불순물이 주로 돌로마이트, 점토광물을 비롯한 쇠철성 입자로 이루어진 이질성분, 그리고 변성작용 동안에 생성된 변성광물 등이 포함되므로(윤경환, 2007) 이들이 모두 석회석 광산의 암석임을 알 수 있다. 또한 이러한 결과를 바탕으로 아산 산양리에서 출토된 백색 암석이 석회석 원석임을 추정할 수 있으며, 또한 비교 자료로서 분석한 아산 용두리에서 출토된 백색 암석은 불순물이 거의 없는 석회석임을 알 수 있다. 마찬가지로 청양 광대리에서 출토된 백색 암석은 광물 동정을 통해 이들이 백색 이질암과 석회석임을 확인되었다.

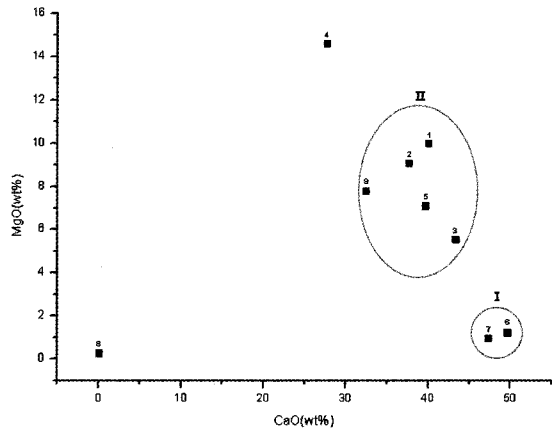
### 성분분석

표 2는 시료들의 주성분 조성을 보여주고 있다. 먼저 충남 아산 산양리 소성유구에서 출토된 백색

**Table 2.** Chemical compositions of major elements in white stones excavated from study sites

Sample No.	Concentration (wt%)								
	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	K <sub>2</sub> O	MgO	MnO	Na <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
1	40.1	0.04	0.03	0.01	9.96	0.01	0.01	-	0.01
2	37.7	0.10	0.10	0.01	9.06	0.01	0.01	-	0.01
3	43.4	0.07	0.11	-	5.51	0.02	0.01	-	0.01
4	27.7	0.99	0.05	0.04	14.59	-	0.03	0.02	0.02
5	39.7	0.14	0.06	0.01	7.07	0.04	0.02	-	0.01
6	49.7	0.07	0.02	0.03	1.20	-	0.01	-	0.01
7	47.4	0.02	0.01	0.01	0.93	-	0.01	-	0.01
8	0.11	12.0	0.47	0.01	0.25	0.02	0.01	0.01	0.01
9	32.5	0.20	0.12	0.34	7.77	-	0.01	-	0.01

암석들은 CaO의 함량이 최소 27.7wt%에서 최대 43.4wt%의 범위이며, 아산 용두리에서 출토된 백색 암석의 CaO 함량은 47.4~49.7wt%이다. 그러나 청양 광대리에서 출토된 8번 시료는 CaO의 함량이 매우 낮고, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 함량이 높으며, 9번 시료는 CaO의 함량이 32.5wt%로서 높게 나타나고 있다. 즉, 8번 시료를 제외한 다른 시료들은 모두 CaO가 주성분이며, 이외에 다른 성분들이 미량 함유된 석회석 종류임을 알 수 있다. 8번 시료는 CaO의 성분조성은 낮고, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 함량이 높다. 또한 암석의 외형적인 특징인 무게(비중)와 결정구조 분석, 기존 윤경환(2000)의 결정질 석회암 연구결과 등으로 미루어보아 다른 백색 암석(석회석)들과 상이한 이질 암석임을 알 수 있다. 또한 대체로 석회석 원석은 CaCO<sub>3</sub>를 주성분으로 하고 있으나 보통 고용체로서 MgCO<sub>3</sub>, FeCO<sub>3</sub>, MnCO<sub>3</sub> 등을 함유하고 있으므로 MgO, FeO, MnO 등의 불순성분을 함유하고 있다(이종근, 1990). 그림 4는 이러한 석회석의 성분 중 CaO와 고용체 성분인 MgO와의 상관관계를 도시하여 이들의 연관성을 파악하고자 하였다. 그림을 보면 석회석 시료들이 크게 두 개의 그룹으로 분류됨을 알 수 있다. 우선 I 그룹은 충남 아산 용두리 유적에서 출토된 시료들이며, II 그룹은 아산 산양리와 청양 광대리(시료 9번)에서 출토된 시료이다. I 그룹인 아산 용두리 유적에서 출토한 석회석(시료 6번과 7번)은 다른 지역보다 MgO의 조성이 매우 낮고, CaO의 성분조성이 제일 높은 것으로 보아 순도가 높은 석회석임을 알 수 있다. II 그룹인 아산 산양리와 청양 광대리에서 출토된 석회석들은 유사한 CaO와 MgO의 성분조성을 지니고 있다. 특

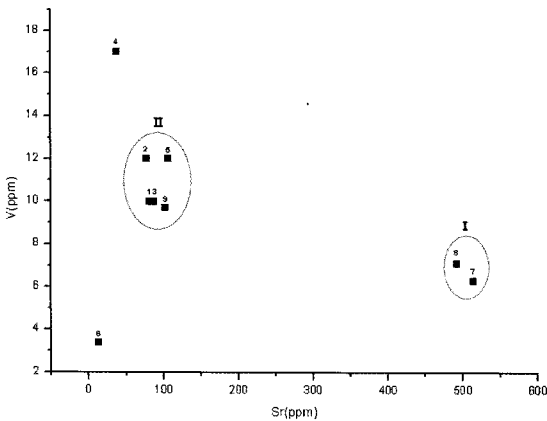
**Fig. 4.** Plots of CaO (wt%) versus MgO (wt%) of white stones from study sites.

히 아산 산양리에서 출토된 시료 4번의 경우는 CaO의 함량이 제일 낮고, MgO의 성분조성이 제일 높은 것으로 보아 석회석의 순도가 제일 좋지 않음을 알 수 있다. 청양 광대리에서 출토된 8번 시료는 CaO와 MgO의 함량이 제일 낮아 어떠한 그룹에도 포함되지 않는다.

표 3은 이들 백색 암석들의 미량성분 조성이다. 미량원소는 화성암에서 마그마의 진화와 밀접한 관계가 있으며(Mason and Moore, 1982), 퇴적암에서는 화학분석 자료를 이용하여 퇴적환경을 분류하고 특정화하는데 중요한 원소이다(원종관 외, 1995). 그러므로 이러한 미량원소의 특징을 살펴보는 것은 중요하다. 미량원소 함량을 이용한 상관관계 분석은 주로 Sr과 V를 이용하였다. Sr은 퇴적물에서 액

**Table 3.** Concentrations of minor elements in white stones excavated from study sites

Sample No.	Concentration (ppm)																													
	Ba	Sr	Sc	Cr	V	Zr	Co	Ni	Rb	Y	Cd	Sn	Sb	Cs	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Pb	Th
1	42	82	1.1	7.7	10.1	9.4	0.3	3.7	0.1	3.1	0.4	0.7	-	-	1.2	0.9	0.2	0.8	0.1	-	0.2	-	0.2	0.1	0.1	-	0.1	-	5.9	0.1
2	11	78	1.3	3.9	12.0	32	0.4	3.4	0.2	4.7	0.4	0.8	0.1	0.1	4.7	2.5	0.6	2.2	0.3	0.1	0.3	0.1	0.3	0.1	0.2	-	0.2	-	8.8	0.3
3	12	88	1.1	4.0	10.3	39	0.4	3.4	0.1	2.0	0.4	0.6	0.1	-	6.6	1.3	1.3	6.4	1.2	0.4	1.6	0.2	1.4	0.3	0.9	0.1	0.6	0.1	11	0.2
4	31	38	1.4	9.8	16.5	93	0.4	2.9	1.0	3.8	0.3	0.7	-	0.3	3.9	2.4	0.5	1.8	0.3	0.1	0.4	-	0.3	0.1	0.2	-	0.2	-	6.2	0.4
5	19	107	1.2	5.4	12.1	6.1	0.5	3.2	0.3	21.0	0.4	1.0	-	-	19.0	5.0	2.7	10	1.6	0.4	1.6	0.2	1.4	0.3	1.0	0.1	0.7	0.1	16	0.2
6	29	492	1.0	3.4	7.1	2.4	0.3	3.8	0.3	5.9	0.3	1.4	0.1	-	1.2	1.1	0.2	1.0	0.2	0.1	0.3	0.1	0.3	0.1	0.3	-	0.2	-	1.2	0.1
7	7.4	514	1.0	3.6	6.3	8.6	0.3	3.5	0.2	9.1	0.3	0.6	0.4	-	1.3	1.1	0.2	1.1	0.3	0.1	0.4	0.1	0.5	0.1	0.4	0.1	0.3	-	0.6	0.1
8	1051	13	2.6	5.8	3.4	545	0.1	3.5	178	9.0	0.3	1.8	0.1	5.9	12.0	19.0	2.4	8.4	1.7	0.3	1.3	0.2	1.4	0.3	0.8	0.1	0.9	0.1	7.6	7.2
9	58	103	1.1	4.0	9.7	87	0.6	2.6	0.7	0.7	0.3	0.9	0.1	0.1	0.6	1.1	0.1	0.5	0.1	-	0.1	-	0.1	-	0.1	-	0.1	-	5.4	0.9



**Fig. 5.** Plots of Sr (ppm) versus V (ppm) of white stones from study sites.

상으로 운반되며(Martin and Maybeck, 1979), 탄산염 광물이나 CaO와 관계가 깊은 것으로 연구되고 있다(서수연, 2001). 또한 V는 철을 함유하는 규산염 광물에 함유되어 있으며, 점토광물을 포함한 휘석, 각섬석 그리고 운모류 등에서 비교적 높은 함량을 나타낸다(Krauskopt, 1982).

그림 5는 미량성분 중 각 출토지별 성분 조성의 차이가 큰 Sr-V의 상관관계를 도시한 것이다. 그림을 보면 크게 두 개의 그룹으로 분리되어짐을 볼 수 있다. 우선 I 그룹은 충남 아산 용두리에서 출토된 시료들이며, II 그룹은 아산 산양리와 청양 광대리(시료 9번)에서 출토된 시료들이다. I 그룹인 아산 용두리에서 출토된 시료들은 Sr의 양이 제일 많고, V의 양이 적으며, II 그룹인 아산 산양리와 청양 광대리에서 출토된 시료들은 유사한 Sr과 V의

조성을 지니고 있다. 이 중 특이하게 아산 산양리에서 출토된 4번 시료는 Sr의 양이 상대적으로 적고, V의 양은 많아 II 그룹에 포함되지 못하고 있음을 확인할 수 있다. 그리고 8번 시료는 주성분 함량에서와 마찬가지로 미량성분의 대부분 조성에서도 큰 차이를 보이며, 다른 시료들과는 상관성이 없는 것을 알 수 있다. 이러한 결과들은 주성분을 이용한 상관관계 분석 결과(그림 4)와도 일치한다. 특히 미량원소 중 희토류원소나 일부 전이금속원소의 경우 높은 온도로 소성되었다고 원소의 함량이 변하지 않는 특징이 있으므로(LcLennan, 1989; Rollinson, 1993) 원료에 포함된 원소의 함량이 지역에 따라 지질학적으로 뚜렷한 차이가 있을 경우 토기나 도자기의 산지추청에도 이용되는 원소이다(강경인, 1997). 그러므로 미량성분의 차이가 크다는 것은 각각의 석회석 시료들이 다른 산지로부터 유입되었을 가능성을 보여주는 증거이다. 결과적으로 충남 아산 산양리 소성유구에서 출토된 백색 암석들 중 4번 시료의 경우는 다른 시료들과 성분 조성의 차이가 있으므로 서로 다른 산지에서 유입되어 사용되었을 가능성도 있다. 또한 청양 광대리는 9번 시료인 석회석과 8번 시료인 백색 이질암이 함께 출토되므로 이 두 암석을 모두 사용한 유적지로 판단된다. 특히 아산 산양리와 청양 광대리에서 사용한 석회석은 유사한 종류의 석회석으로 보이며, 이는 같은 산지로부터 유입된 석회석일 가능성이 있다. 또한 아산 용두리에서 출토된 석회석은 아산 산양리나 청양 광대리에서 출토된 석회석과는 다른 종류의 석회석이며, 이는 두 유적지와는 다른 산지에서 순도가 좋은 석회석을 유입하여 사용한 것으로 판단된다.

예전부터 석회석을 호분이라고 하여 안료로서 많이 사용되었으며, 또한 석회석을 가열하면 생석회를 얻을 수 있고, 이 생석회는 물이나 수증기와 접촉하여 바로 수화(hydration)해서 소석회(slaked lime)가 된다. 이 반응은 심한 발열반응이며, 괴로 되어 있던 생석회도 분화하여 미립자의 가루로 만들 수 있다(이종근, 1990; Winter, 1989). 즉, 이러한 소성을 위하여 각 유적지별로 다양한 종류의 원석을 채취하여 사용하였을 가능성이 있다.

## 결 론

1) 백색 암석시편을 편광현미경하에서 관찰한 결과, 모두 주 구성 광물은 방해석 결정이었으며, 자형을 관찰할 수 없을 정도로 변질되어 있었다. 또한 열수나 교대작용에 의해 스카른 광물이 다량 분포하고 있음을 알 수 있다. 암석 분류상 충남 아산 산양리 출토 암석은 석회암으로 분류할 수 있으며, 아산 용두리 출토 암석은 결정질석회암, 그리고 청양 광대리 출토 암석은 백색 이질암과 석회석으로 분류될 수 있어 이들의 원료 산지가 다를 수 있음을 제시해 주고 있다.

2) 광물결정구조 분석결과, 충남 아산 산양리에서 출토된 백색 암석들은 모두 석회석의 주 구성 광물인 방해석과 점토광물이 혼합되어져 있으며, 아산 용두리에서 출토한 백색 암석은 모두 방해석으로만 이루어져 있다. 그리고 청양 광대리에서 출토된 시료의 경우 한 점은 석회석 성분인 방해석과 동질이상인 아라고나이트가 함께 검출되었으며, 나머지 한 점은 석영, 미사장석, 백운모 등이 검출되어 다른 8개의 암석과 상이한 특성을 보였다.

3) 각 암석의 주성분 분석결과, 충남 아산 용두리 유적에서 출토한 석회석(시료 6번과 7번)은 다른 지역보다 MgO의 조성이 매우 낮고, CaO의 성분이 제일 높은 것으로 보아 석회석의 순도가 제일 높음을 알 수 있었으며, 청양 광대리에서 출토된 8번 시료는 석회석이 아니라 백색 이질암에 가깝다. 특정 주성분과 미량성분을 이용한 상관관계 분석에서는 아산 산양리와 청양 광대리(시료 9번)에서 출토된 석회석이 동일 그룹으로 분류되었으며, 아산 용두리에서 출토된 석회석은 다른 그룹으로 분류되었다. 이는 일부 시료를 제외하고 이들 유적지의

석회석들이 서로 다른 산지에서 유입되어 사용되었을 가능성을 보여준다.

결론적으로 생석회를 만들기 위하여 유적지별로 다양한 종류의 원광을 채굴하여 사용한 것으로 판단되며, 이들 유적지의 가마는 석회석을 가열하여 생석회를 만들어내는 가마였을 가능성이 높다.

## 참고문헌

- 강경인 (1997) 전남지방의 고대 토기 및 도자기에 관한 자연과학적 연구. 전남대학교 박사학위 논문, 40-58p.
- 서수연 (2001) 전남 화순군에 분포하는 중생대 최적암류에 관한 연구 -길성리 지역을 중심으로-. 전남대학교 석사학위 논문, 57p.
- 송종택 (2009) 조선시대의 석회 사용. 세라미스트, 12, 114-115.
- 중앙문화재단연구원 (2007) 아산 굿모닝힐 골프장 조성공사 부지내 유적 발굴(시굴)조사 약보고서, 1-19p.
- 이종근 (1990) 무기재료원료공학. 반도출판사, 119-125p.
- 이창진, 이문원, 박수인, 김정률 (2000) 편광현미경으로 본 암석의 세계. 교육과학사, 11-37p.
- 원종관, 이하영, 지정만, 박용안, 김정환, 김형식 (1995) 지질학원론. 시성문화사, 262p.
- 윤경환 (2007) 하부고생대 대기층의 퇴적 및 숙성작용과 대기층 내 산출되는 결정질 석회암(고품위 석회석)의 조직 및 지화학적 특징. 강원대학교 석사학위 논문, 91-113p.
- Krauskopf, K.B. (1982) Introduction to geochemistry. McGraw-Hill Co., 617p.
- LcLennan, S.M. (1989) Rare earth elements in sedimentary rocks in influence of provenance and sedimentary process. In Geochemistry and Mineralogy of rare earth elements, 169-181p.
- Mason, B. and Moore, C. B. (1982) Principles of geochemistry. John Wiley and Sons Inc., 104-216p.
- Martin, J.M. and Meybeck, M. (1979) Elemental mass balance of material carried by major world river. Marine Chemistry, 7, 173-206p.
- Rollinson, H.R. (1993) Using geochemical date. Longman scientific technical, 102-150p.
- Winter, J. (1989) 한국 고대 안료의 성분 분석. 미술자료, 43, 1-36p.
- 
- 접수일(2009년 9월 1일), 수정일(1차 : 2009년 9월 9일), 게재확정일(2009년 9월 10일)