

미륵사지 석탑 출토 사리장엄 금제유물의 재료학적 특성

권혁남^a · 유동완^a · 이장준^b · 한민수^b

^a문화재보존과학센터 · ^b국립문화재연구소 보존과학연구실

국/문/초/록

익산 미륵사지 석탑에서 출토된 사리장엄 중 금제유물은 사리내호, 봉영기 등 총 494점이다. 금제유물은 대부분 가공을 통해 제작하였으나 이 중 금정 22점과 금괴 4점은 형태를 가지고 있지 않은 금괴로 가공품을 만들기 전 단계의 것으로 판단된다. 일반적으로 금은 자연 상태에서 산화물이 아닌 금속의 형태로 존재하므로 용융, 가공 과정만을 통해서 형태를 제작할 수 있다. 그러나 자연금의 경우 은, 동 등 불순물이 포함되어 있으므로 연성을 가지기 위해서는 정제가 필요하다. 미륵사지 석탑 사리장엄에서 출토된 금제유물을 분석하여 그 특성을 알아보고자 하였다. 분석결과 순금제품과 은이 함유된 금제품, 자연금으로 추정되는 금괴류로 분류할 수 있었다. 순금으로 제작된 유물은 사리내호, 금제고리, 금제소형구슬이며, 1wt.% 내외의 동을 함유하고 있다. 이들 유물들은 두드려 형태를 만들기 위해 순금으로 제작한 것으로 보인다. 은이 함유된 유물은 봉영기, 족집게, 금제고리, 금정, 금괴 등이며, 강도가 필요한 형태를 제작하기 위해 은이 함유된 것으로 보인다. 특히, 금정, 금괴는 은, 동의 분포, 형태로 추정하였을 때 자연금으로 보이나 한국의 자료가 충분하지 않아 단정할 수는 없으며, 향후 다양한 지역의 괴 형태 금제유물에 대한 종합적인 조사가 이뤄져야 가능할 것으로 보인다. 금세공기술면에서는 미륵사지 석탑 출토 사리장엄은 매우 정교한 기술을 보이고 있다. 또한 무게분포를 살펴보았을 때 한 냥의 명문이 있는 것의 무게가 14g 내외로 이를 기준으로 반 냥, 두 냥 등으로 무게가 분포하고 있다.

주제어 미륵사지 석탑, 사리장엄, 금제유물, 금괴, 자연금

투고일자 : 2014. 09. 30 | 심사일자 : 2014. 10. 15 | 게재확정일자 : 2014. 10. 28



서론

익산 미륵사지 석탑에서 출토된 사리장엄 중 금속유물은 처음 출토 시 사리호 등 62점으로 확인되었으나 사리호에서 50점, 청동합에서 396점을 수습하여 총 508점으로 확인되었다. 이 중 금제유물은 사리내호, 봉영기 등 총 494점이며, 대부분 완형을 이루고 있다.

금제유물은 대부분 가공을 통해 제작하였으나 이 중 금정인 소형판 22점과 금괴 4점은 일부가 형태를 가지고 있지 않은 금괴로 가공품을 만들기 전 단계의 것으로 판단된다. 일반적으로 금은 자연 상태에서 산화물이 아닌 금속의 형태로 존재하므로 용융, 가공 과정을 통해서 형태를 제작할 수 있다. 그러나 자연금의 경우 은, 동 등 불순물이 포함되어 있으므로 연성을 가지기 위해서는 정제가 필요하다. 정제된 순수한 금은 연성이 높아 복잡한 형태를 만들기 용이하기 때문이다. 그러나 실제 정제된 것인지의 판단은 쉽지 않고 국내에서는 사례가 없다.

본 연구는 미륵사지 석탑 출토 사리장엄 중 금제유물의 성분 분석을 통해 그 특성을 밝히고자 하였다. 특히 자연금으로 추정할 수 있는 괴의 형태 22점에 대한 분석 결과를 다

른 유물들과 비교하여 특징적인 것을 분류하고자 하였으며, 다른 지역에서 출토된 금제유물의 분석 결과를 비교·검토하여 제작에 있어서의 특이점을 찾아보고자 하였다.

미륵사지 석탑 사리장엄 금제유물

미륵사지 석탑의 사리공 내에서 출토된 사리장엄은 사리호, 유리판, 유리구슬 등 총 684점으로 확인되었으며, 이 중 금속유물은 사리호, 봉영기, 족집게 등 총 62점으로 확인되었다(표 1). 그러나 사리호와 청동합 내의 유물에 대한 확인 작업 중 사리호와 청동합 내에 봉안된 다양한 크기의 금제구슬이 확인되면서 금속유물은 총 508점으로 확인되었다. 재질별로는 사리내호 등 금제 494점, 금동사리외호 등 금동제 2점, 관식 등 은제 5점, 청동합 6점, 주석괴 1점, 금분 1점으로 나뉜다. 이 중 금제유물은 사리공에서 사리내호, 봉영기, 족집게 등 48점, 사리외호에서 사리내호, 금제소형구슬 등 50점, 청동합 내에서 금정 등 396점 등 총 494점이 출토되었다.

【 표 1 】 미륵사지 석탑 내 출토 금속유물 목록

No.	유물명	세부명	수량	재질	크기(cm)	비고
1	사리호	사리외호	1	금동	7.7×13	
		금제화형구슬 등	48	금	지름 0.60이하	사리외호 내
		사리내호	1	금	2.6×5.9	
		금제화형구슬	1	금	지름 0.5	사리내호 내
2	사리봉영기	사리봉영기	1	금	15.3×10.3×0.13	
3	족집게	족집게	1	금	0.8×5	
4	금제소형판	금정	18	금	1.5×8.3×0.1 내외	
5	금괴	금괴	3	금	2.9×1.9, 2.8×1.4, 1.8×1.1	
		은괴	1	은	1.3×1.8	
		주석괴	1	주석	3.6×2.8	
6	금제고리	금제고리	1	금	지름 1.5	
7	금동고리	금동고리	1	금동	2.1	
8	소형구슬	소형구슬	19	금	지름 0.40이하	
9	관식	관식	2	은	3.7×13.4, 4×13.2	
10	과대장식	과대장식	2	은	2.1×3.9, 2×13.8	

No.	유물명	세부명	수량	재질	크기(cm)	비고
11-1	청동합1	청동합1	1	청동	5.9×3.4	
11-2	청동합2	청동합2	1	청동	7.3×4	
		금제고리	8	금	지름 1.80이하	청동합 내
11-3	청동합3	청동합3	1	청동	6.6×3.2	
11-4	청동합4	청동합4	1	청동	8.3×4.6	
		금제구슬	355	금	지름 0.6 이하	청동합 내
		금정	2	금	1.5, 1.4	청동합 내
		금제이식	1	금	지름 2.9	청동합 내
11-5	청동합5	꼭옥	1	금	1.4×1.2	청동합 내
		청동합5	1	청동	7.1×3.8	
		금제구슬	16	금	지름 0.50이하	청동합 내
		금괴	1	금	1.1	청동합 내
11-6	청동합6	청동합6	1	청동	5.9×3.4	
		금제고리	2	금	지름 1.50이하	청동합 내
		금제구슬	8	금	지름 0.70이하	청동합 내
		금정	2	금	2.8×0.8, 8.9×1.2	청동합 내
12	소형구슬	소형구슬	4	금	지름 0.40이하	
13	금분	금분	1	금	-	
계			508		금제 494점	

분석방법

금제유물의 성분은 표면비파괴 분석장비인 미소부X-선 형광분석기(Micro X-ray Fluorescence Analyzer, Eagle 3-XXL, EDAX Inc., America)를 이용하였으며, 분석조건은 Rh Target에 40kV, 500 μ A, Collimator size 300 μ m, Vacuum상태에서 실시하였다. 또한 일부 시료는 휴대용X-선형광분석기(Portable X-ray Fluorescence Analyzer, α -4000, Innov-X Systems Inc., America)를 이용하여 Soil mode로 60초간 분석하였다. 표면분석의 오차를 줄이기 위해 동일유물에 대해 3~5곳을 분석한 후 데이터의 변화율을 검토하여 평균 값을 구하였고, 분석장비의 정량성을 판단하기 위하여 금(Au) 표준시료(Standard Sample, Gold Bullion BRM5 Disc, Royal Canadian Mint)로 각 장비의 오차율을 측정하여 Micro XRF는 표준 데이터(74.988wt.%)와 분석데이터(74.33wt.%) 간의 오차율이 0.87%였으며, P-XRF는 분석데이터(77.04wt.%)와 표준데이터(74.988wt.%) 간의 오차율이 2.74%임을 확인하였다.

밀도는 전자저울(Percisa 202A)을 이용하여 공기중 중량과 에틸알콜 내 중량을 소숫점 3째자리까지 측정하고 에틸알콜 비중(0.789)을 환산하여 값을 구하였다. 또한 에틸알콜 침적 시 진공함침을 통해 공기를 제거하여 오차를 줄였다

분석결과

미륵사지 사리장엄 중 금제유물의 성분분석 결과는 <표 2>에, 금정, 금제고리, 금괴의 무게 및 밀도는 <표 3>에 나타내었다.

사리내호는 높이 5.6cm, 무게 32.3g(상부 16.6g, 하부 15.7g)으로 표면에 조금기법으로 여러 가지 문양을 새겼다(사진 1, 2). 밀도는 18.7(g/cm³)이며, 성분분석 결과 99.24wt.%의 금(Au)과 0.76wt.%의 구리가 검출되었다. 사리내호는 금을 두드려 형태를 제작한 것으로 보이며, 연성을 높이기 위해서 순금을 사용한 것으로 보인다.

사리봉영기는 가로 15.3cm, 세로 10.3cm, 두께 1.3mm의 크



기에 무게는 143.6g으로 글씨를 새겼으며, 성분은 금에 은이 10wt.% 정도 함유되어 있다(사진 3, 4). 글씨는 금속의 표면을 각종 끌이나 정을 이용하여 여러번 두드려 파내는 파새김 기법으로 새겼으며, 조각한 뒷면에는 밀려나와 있는 것을 확인할 수 있다. 조각 후 글씨 내부에는 붉은 색 안료가 있는데 SEM-EDS 분석결과, 83.4wt.%의 수은(Hg)과 16.6wt.%의 황(S)이 검출되어 진사(HgS)로 글씨 안을 채웠다는 것을 알 수 있었다. 발견 당시 앞면에는 안료가 많은 부분이 남아 있었

으나 뒷면에는 대부분 빠져나가 없어진 상태였다.

족집게는 크기는 4.97cm, 무게는 10.8g으로 외관상 동에 금도금을 한 것으로 보이나 조사 결과 밀도가 16.8g/cm³이고 성분분석 결과 금:은:동 = 85.20:14.27:0.53의 비율로 검출되어 금에 은, 동이 함유되어 있는 금제품임을 알 수 있었다(사진 5). 또한 현미경 관찰 결과, 문양을 새기면서 금이 밀린 모양이 관찰되고 있다(사진 6).

금정은 사리공에서 대형 16점, 소형 2점 등 18점이 발견



【 사진 1 】 사리내호



【 사진 2 】 사리내호 세부



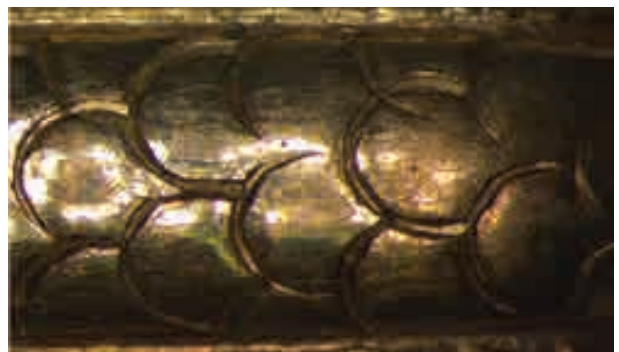
【 사진 3 】 금제사리봉영기



【 사진 4 】 봉영기 글씨 음각 세부



【 사진 5 】 족집게



【 사진 6 】 족집게 세부

되었고, 청동합4, 청동합6에서 각 2점씩 수습되어 총 22점이 확인되었다(사진 7). 금제판의 성분은 금 82~92wt.%, 은 6~20wt.%이며, 구리와 철(Fe)이 2wt.% 내외로 소량 검출되었다. 밀도는 대략 15~17g/cm³를 나타내었다. 무게는 한 냥으로 보이는 크기의 무게가 11.6~16.1g이고, 한 냥을 반으로 자른 것 같은 크기의 무게가 5.7~7.6g으로 각각 큰 차이를 보이고 있다(그림 1). 분석 결과, 금제판들은 크기, 밀도 뿐 아니라 금과 은의 함량도 일정하지 않았다. 금 한 냥은 금제판의 무게에 따라서는 대략 14.2g 정도이며, 순수한 금의 양만을 계산하였을 때는 대략 11.6g 분포하고 있으나 정확하지는 않다.

금제고리는 사리공에 1점, 청동합2에 8점, 청동합6에 2점으로 총 11점이 출토되었다(사진 8). 사리공과 청동합2에서 출토된 금제고리는 99wt.% 이상의 순도를 보이고 있으나 청동합6에서 출토된 금제고리의 경우 금이 87.1wt.%, 은이 10.8wt.%, 동이 2.1wt.%로 다른 고리에 비해 순도가 낮은 것으로 나타났다. 이는 밀도 결과에서도 나타나는데 사리공과 청동합2에서 수습된 고리는 19g/cm³ 내외이나 청동합6에서 수습된 고리는 17.2g/cm³ 정도의 밀도 값을 보이고 있다. 다른 특이한 사항은 금제고리가 3가지 군으로 나뉘는 것이다. 6.5g 내외의 2점, 4.2g 내외의 2점 그리고 3.3g 내외의 7점으로 구분된다.

금제소형구슬은 사리공에서 23점, 사리외호에서 48점, 내호에서 1점, 청동합4에서 355점, 청동합5에서 16점, 청동합6에서 8점 등 총 451점이 발견되었다(사진 9). 금제소형구슬

의 성분은 대부분 금이 99wt.%이며, 구리가 소량 함유되어 있다. 화형구슬은 금이 98wt.% 이상이며, 접합 흔적으로 미루어 보아 반으로 제작하여 두개를 금뿔으로 접합한 것으로 보인다. 다른 유적에서 출토된 유물은 접합 흔적이 매우 선명하게 보이는데 미륵사지 사리장엄에서 출토된 유물의 접합 흔적은 매우 정교하여 일부만 확인되는 것이 특징이다.

청동합4에서 출토된 금제이식은 못 형태로 99.75wt.%의 금과 소량의 구리가 함유되어 있다(사진 10). 무게는 9.8g으로 금정, 금제고리 등과의 연관성은 찾지 못하였다.

금괴는 총 4점으로 사리공에서 3점, 청동합5에서 1점이 수습되었다(사진 11). 사리공에서 수습된 3점의 성분분석 결과, 금의 함량이 80~84wt.%, 은의 함량이 13~16wt.%이며 밀도는 17g/cm³ 정도이다. 금괴의 무게는 각각 58.2g, 28.0g, 14.1g으로 2:1:0.5의 비율을 보이고 있어 금정에서 한 냥을 기준으로 비교하면 일정한 패턴이 될 수도 있다(그림 2). 또한 금괴의 성분은 금정과 비슷한 조성을 보이나 일정치 않아 금괴와 같은 용도로 사용된 것으로 단정 짓기는 어렵다. 청동합5에서는 형태가 일정하지 않은 조그만 금괴가 한 점 발견되었는데 이는 사리공에서 발견된 금괴보다 순도가 훨씬 높은 94wt.%의 금 함량을 보이고 있다.

이 외에 사리공 바닥에서는 용도를 알 수 없는 가루가 발견되었는데 분석결과 순금의 금분으로 확인되었다(사진 12). 이 금분은 일정한 형태를 보이지 않아 다른 유물에서 탈락한 것인지, 인위적으로 넣었는지 판단하기 어렵다.



【 사진 7 】 금정



【 사진 8 】 금제고리



【 사진 9 】 금제화형구슬



【 사진 10 】 청동합 내 수습 금제반 및 금제못



【 사진 11 】 금괴 및 은괴



【 사진 12 】 금분

【 표 2 】 금제유물의 성분분석 결과

유 물 명	성분함량(wt.%)					비고
	Au	Ag	Cu	Sn	Fe	
사리내호	99.24		0.76			
봉영기	86.05	13.95				
족집계	91.69	8.07	0.24			
족집계 고리	85.20	14.27	0.53			
금정(사리공 내 1)	83.60	16.00	-		0.40	P-XRF
금정(사리공 내 2)	81.61	18.33	-		0.06	P-XRF
금정(사리공 내 3)	88.69	11.31	-		0.00	P-XRF
금정(사리공 내 4)	85.78	14.11	-		0.11	P-XRF
금정(사리공 내 5)	88.44	8.98	2.23		0.21	P-XRF
금정(사리공 내 6)	84.48	14.12	0.87		0.51	P-XRF
금정(사리공 내 7)	84.40	14.56	0.77		0.25	P-XRF

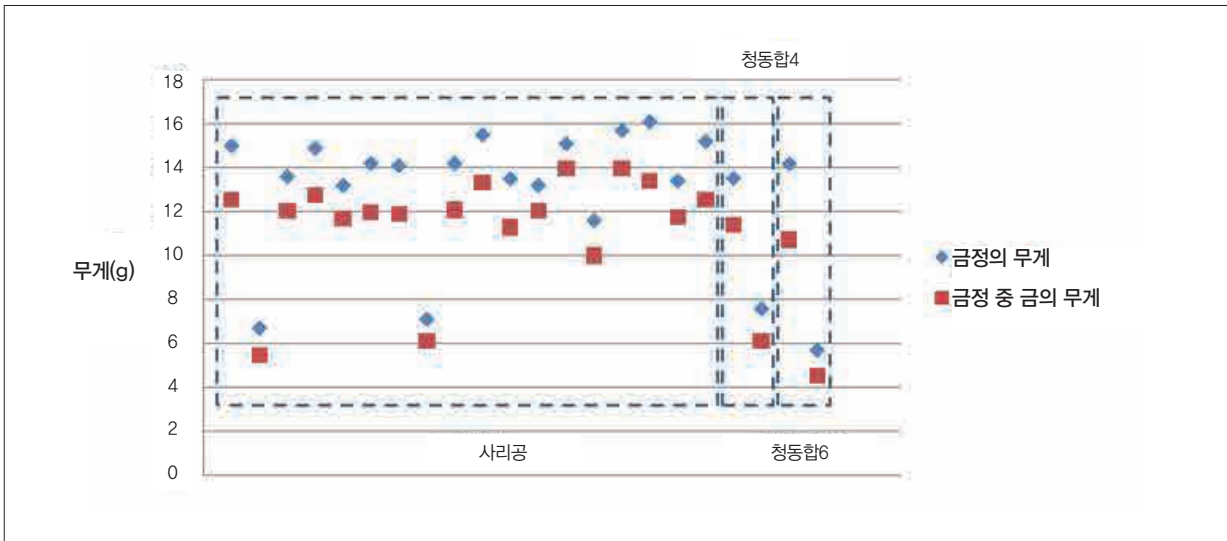
【 표 2 】 금제유물의 성분분석 결과

유물명	성분함량(wt.%)					비고
	Au	Ag	Cu	Sn	Fe	
금정(사리공 내 8)	86.46	12.86	0.58		0.10	P-XRF
금정(사리공 내 9)	85.19	13.3	0.67		0.85	P-XRF
금정(사리공 내 10)	85.92	13.53	0.32		0.22	P-XRF
금정(사리공 내 11)	83.76	15.25	0.51		0.41	P-XRF
금정(사리공 내 12)	91.33	6.23	2.09		0.00	P-XRF
금정(사리공 내 13)	92.42	7.49	-		0.10	P-XRF
금정(사리공 내 14)	86.39	13.11	-		0.50	P-XRF
금정(사리공 내 15)	88.93	11.07	-		0.00	P-XRF
금정(사리공 내 16)	83.38	16.34	-		0.27	P-XRF
금정(사리공 내 17)	87.69	12.31	-		0.00	P-XRF
금정(사리공 내 18)	82.45	17.31	-		0.24	P-XRF
금정(청동합4 내 1)	84.22	15.46	0.32			
금정(청동합4 내 2)	80.91	18.86	0.22			
금정(청동합6 내 1)	75.66	20.13	3.93		0.28	
금정(청동합6 내 2)	80.42	14.76	3.90		0.92	
금제고리(사리공 내)	100.00					
금제고리(청동합2 내 1)	99.20		0.80			
금제고리(청동합2 내 2)	99.65		0.35			
금제고리(청동합2 내 3)	99.69		0.31			
금제고리(청동합2 내 4)	99.52		0.48			
금제고리(청동합2 내 5)	99.52		0.48			
금제고리(청동합2 내 6)	99.45		0.55			
금제고리(청동합2 내 7)	99.70		0.30			
금제고리(청동합2 내 8)	99.03		0.97			
금제고리(청동합6 내 1)	87.56	11.26	1.17			P-XRF
금제고리(청동합6 내 2)	86.65	10.28	3.07			P-XRF
금제구슬(사리공 내)	99.28		0.72			평균치
금제구슬(사리호 내)	99.10		0.90			평균치
금제구슬(청동합4 내)	100.00					평균치
금제화형구슬(사리공 내)	100.00					평균치
금제화형구슬(사리호 내)	98.97		1.04			평균치
금제화형구슬(청동합6 내)	99.53		0.47			평균치
금제이식(청동합4 내)	99.75		0.25			
금괴(사리공 내 1)	79.97	13.69	5.73		0.61	
금괴(사리공 내 2)	83.15	16.85				
금괴(사리공 내 3)	84.14	15.86				
금괴(청동합5 내)	93.73	4.92	0.66	0.19	0.49	P-XRF
금분(사리공 내)	100.00					

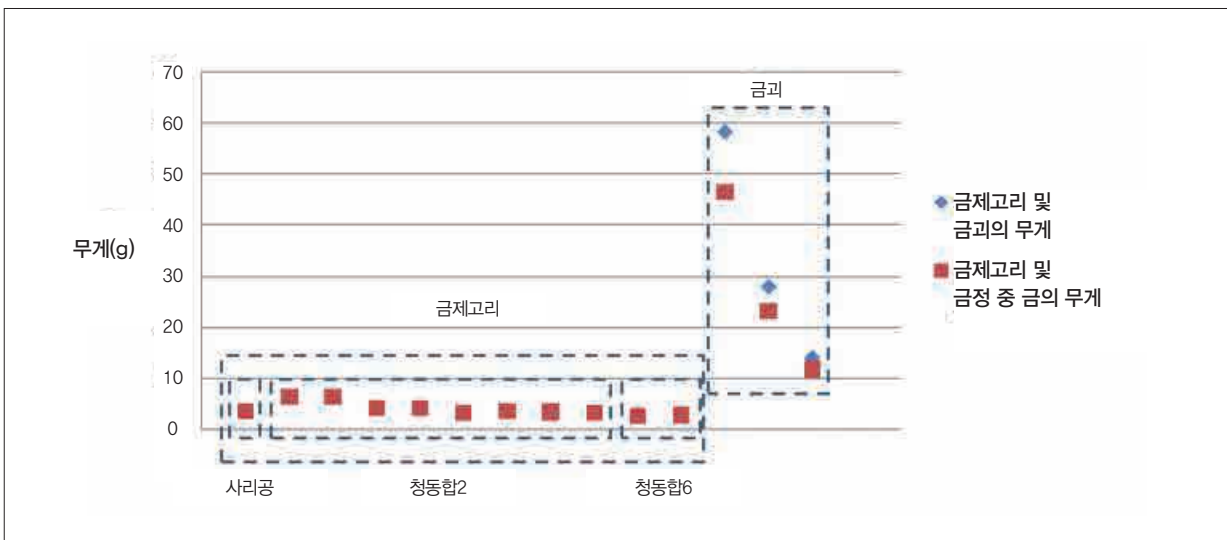


【 표 3 】 금정, 금제고리, 금괴의 무게 및 밀도

유 물 명	무게(g)	밀도(g/cm ³)	비고
사리공 내 금정1	15.00		
사리공 내 금정2	6.70	17.23	
사리공 내 금정3	13.60		
사리공 내 금정4	14.90		
사리공 내 금정5	13.20		
사리공 내 금정6	14.20		명문(앞)
사리공 내 금정7	14.10		
사리공 내 금정8	7.10	17.14	
사리공 내 금정9	14.20		
사리공 내 금정10	15.50		
사리공 내 금정11	13.50	15.70	
사리공 내 금정12	13.20		명문(앞)
사리공 내 금정13	15.10		
사리공 내 금정14	11.60		명문(앞, 뒤)
사리공 내 금정15	15.70		
사리공 내 금정16	16.10		
사리공 내 금정17	13.40		
사리공 내 금정18	15.20		
청동합4 내 금정1	13.50		청동합 4(동글게 말림)
청동합4 내 금정2	7.60		청동합 4(동글게 말림)
청동합6 내 금정1	14.20		청동합 6(반으로 접힘)
청동합6 내 금정2	5.70		청동합 6
사리공 내 금제고리	3.57	19.20	
청동합2 내 금제고리1	6.50	19.16	
청동합2 내 금제고리2	6.37	19.21	
청동합2 내 금제고리3	4.23	19.19	
청동합2 내 금제고리4	4.25	19.09	
청동합2 내 금제고리5	3.15	19.16	
청동합2 내 금제고리6	3.50	18.91	
청동합2 내 금제고리7	3.42	19.14	
청동합2 내 금제고리8	3.18	19.19	
청동합6 내 금제고리1	3.04	17.28	
청동합6 내 금제고리2	3.24	17.15	
사리공 내 금괴1	58.20	17.07	
사리공 내 금괴2	28.00	16.69	
사리공 내 금괴3	14.10	17.05	



【그림 1】 금정 및 금정 중 금의 무게 분포도



【그림 2】 금제고리 및 금괴의 무게 분포도

고찰

일반적으로는 자연상태에서 채취되는 금에는 은이 수 wt.%에서 수십 wt.%까지 함유되어 있다(R. F. Tylecote 1992). 최초에 금이 사용되었을 때에는 자연금을 이용하여 그대로 용융, 가공하여 간단한 장신구를 제작하여 사용하였으나 점차 제련하여 사용하게 되었다고 알려져 있다. 또한 17세기에 지어진 천공개물에서는 “순금에다 다른 금속을 섞

어 속여 팔 때는 단지 은만 섞을 수 있고, 다른 금속은 섞이지 않는다. 금 안의 은을 제거하려면 이 잡금을 두들겨 박편으로 만들어 잘라서 조각을 내어 질흙을 바르거나 싸서, 도가니에 넣고 봉사와 함께 녹이면 은은 곧 흙으로 흡수되고 금이 흘러나와 순금이 된다. 그 다음에 소량의 납을 이 질흙과 섞어 다른 도가니에 넣어 흙 속의 은을 꺼내면 추호의 손실도 없다. (凡足色金參和偽售者, 唯銀可入, 餘物無望焉。欲去銀存金, 則將其金打成薄片剪碎, 每塊以土泥裏塗, 入坩堝中



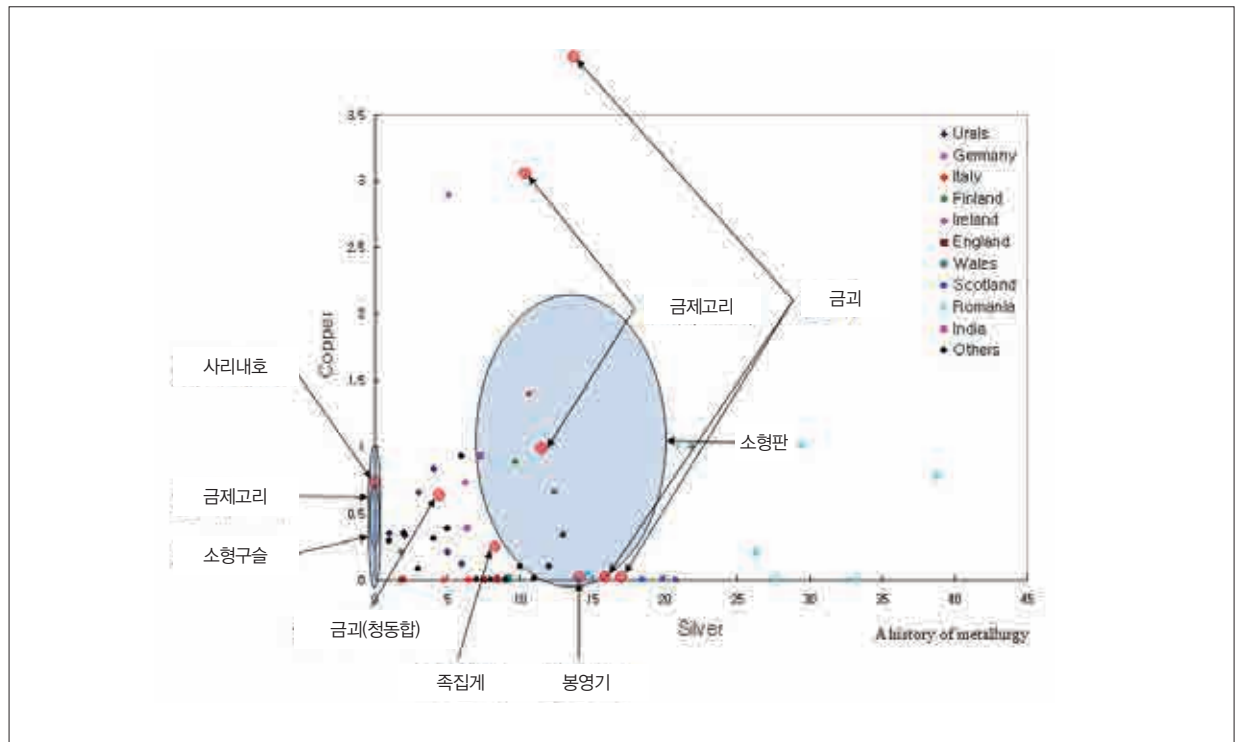
鵬砂熔化,其銀即吸入土內,讓金流出,以成足色 然後入鉛少許,另入坩堝內,勾出土內銀,亦毫厘具在也。)”라고 하였다.

미륵사지 사리장엄의 경우 사리내호, 금제고리, 금제구슬 등은 순금으로 제작되었으며, 천공개물과 같은 방법으로 제련한 것인지는 확실하진 않지만 제련 과정을 거친 금이 사용된 것으로 보인다. 순수한 금은 연하고 밀도가 높아 구조물로 사용하기에는 부적합하므로 강도를 높이기 위하여 은을 합금하여 사용하므로 봉영기, 족집개는 인위적으로 합금한 것으로 판단된다. 금정과 금괴의 경우 은이 불균일하게 다량 함유되어 있어 자연금일 가능성도 있으나 한국의 비교자료가 없어 단정 짓기는 어렵다.

기존에 분석된 자연금의 경우 불순물로 포함된 은과 동이 다양한 분포를 보이고 있다. 이들과 미륵사지 유물을 분석한 결과 순금으로 제작된 사리내호, 금제고리, 금제구슬 등은 자연금에서 은을 제거한 것은 확실하나 은이 다량 함유된 봉영기, 족집개는 동이 0.5wt.% 이하 함유되어 있고, 자연금의 분석결과 내에 분포하고 있어 자연금인지 합금하였는지

는 판단하기 어려우나 순금을 제작할 수 있는 기술이 있으므로 순금 제작 후 일정한 강도를 갖기 위해 합금한 것으로 보인다. 그러나 여기서 주목하고 싶은 것은 자연금으로 추정되는 금괴, 금정 등의 동의 함량이다. 금정 22점 중 동의 함량이 높은 것은 3wt.% 이상이 2점, 2~3wt.%가 2점이며, 금괴의 경우 1점이 5.7wt.%로 분석되었다(그림 3).

동 성분의 차이를 알아보기 위해 비슷한 시기 다른 지역에서 출토된 금제유물의 분석 결과 중 동에 대한 함유량을 비교하였다. 무령왕릉의 경우 분석된 39점 중 2.37wt.%의 금제뒤꽂이, 1.46wt.%의 과관 2점을 제외하고는 대부분 동이 1wt.% 미만 함유되어 있었다(최기은 2008). 또한 공주 금학동고분군에서 출토된 2점, 천안 용원리고분군에서 출토된 6점은 모두 1wt.% 미만의 동을 함유하고 있었다(최기은 2008). 왕궁리에서 출토된 금제품은 112점 중 1wt.%대 2점(금선, 구슬), 2wt.% 이상 2점(구슬, 금편) 등 4점을 제외하고는 모두 1wt.% 미만의 동을 함유하고 있었다(한송이 2006). 5-6세기 신라시대 금장이식은 109점 중 동의 함량이 1wt.%대



【 그림 3 】 자연금 및 사리장엄 중 금제유물의 은-동 성분 분포도

35점, 2wt.%대 15점, 3wt.%대 9점, 4wt.%대 4점으로 63점이 다량의 동을 함유하고 있다(강정무 2007). 그러나 금의 순도 60wt.%가 주류를 이루고 있고, 전체적으로 30wt.%대에서 70wt.%대로 다양하게 분포하고 있어 비교하기는 어렵다.

이들 유물들과 비교하였을 때 은은 인위적으로 조절할 수 있었으며, 제작하고자 하는 유물에 따라 다르게 사용된 것을 알 수 있다. 그러나 동 함량은 일부에서만 다량 분석되고 대부분의 경우 1wt.% 미만이 함유되고 있어 자연금을 추정하는 근거가 될 수도 있다. 이를 토대로 미륵사지 사리장엄의 금제품 중 금괴, 금정 등은 성분, 형태 등 다른 분석자료와 차이가 있어 자연금으로 추정할 수도 있을 것으로 판단된다. 그러나 국내에서 발견된 자연금의 분석자료가 없고, 외국 사례에서도 일정한 패턴이 없어 단정할 수는 없다. 또한 과거 금 정제 시 동에 대한 조절 방법이 밝혀지지 않아 은과 함께 제거되었는지 은과 함께 금 내에 포함되었는지는 알 수 없다. 미륵사지 사리장엄은 명문에서도 알 수 있듯이 여러 명이 시주한 것을 같이 넣었으므로 지역이 다를 수 있다. 따라서 지역에 따른 자연금의 성분 차이가 될 수도 있고, 지역에 따른 정제 정도가 다를 수도 있다. 이러한 것은 다양한 지역의 괴 형태 유물에 대한 종합적인 조사가 이뤄져야 가능할 것으로 보이며, 금번 조사는 자연금에 대한 기초 자료가 될 수 있을 것으로 판단된다.

금의 무게는 과거에도 귀금속으로 여겨졌으므로 중요한 자료가 될 수 있다. 금정의 무게는 완형이 대략 14g 내외로 “중부덕술지수시금일냥(中部德率支受施金壹兩)”의 명문에서 나타난 것과 같이 한 냥의 기준인 것으로 보이며, 절반 크기의 금정이 7g 내외로 반 냥으로 판단된다. 금괴와 비교할 때 가장 작은 크기의 무게가 14.1g으로 1냥, 중간 크기의 무게가 28.0으로 2냥, 가장 큰 크기의 무게가 58.2g으로 4냥으로 보인다. 금제고리의 경우 13g을 한 냥으로 기준하였을 때 대략적으로 6.5g 내외의 2점은 1/2냥, 4.2g 내외의 2점은 1/3냥, 3.3g 내외의 7점은 1/4냥으로 보이고, 금정 한 냥 기준인 14g과는 약간의 차이가 있으나 금정 중 금만의 무게로 보면 어느 정도 일치한다.

결론

이상과 같이 미륵사지 석탑 내에서 출토된 사리장엄 중 금제유물에 대한 재료학적 특성을 살펴보았다.

미륵사지 석탑 사리장엄에 대한 수습을 실시한 결과, 금제사리내호 등 금제 494점이 확인되었으며, 분석결과를 크게 순금제품과 은이 함유된 금제품, 자연금으로 추정되는 금괴류로 분류할 수 있었다. 순금으로 제작된 유물은 사리내호, 금제고리, 금제소형구슬이며, 1wt.% 내외의 동을 함유하고 있다. 이들 유물들은 두드러 형태를 만들기 위해 순금으로 제작한 것으로 보인다. 은이 함유된 유물은 봉영기, 족집게, 금제고리, 금정, 금괴 등이며, 강도가 필요한 형태를 제작하기 위해 은이 함유된 것으로 보인다. 특히, 금정, 금괴는 은, 동 분포, 형태로 추정하였을 때 자연금으로 보이나 한국의 자료가 충분하지 않아 단정할 수는 없으며, 향후 다양한 지역의 괴 형태 금제유물에 대한 종합적인 조사가 이뤄져야 가능할 것으로 보인다. 금번 연구는 금제유물 중 자연금 일 가능성이 높은 유물에 대해 분류하고 비교함으로써 국내에서 분석된 사례가 없는 자연금 연구의 기초 자료가 될 것으로 판단된다.

금제공기술표면에서는 미륵사지 석탑 출토 사리장엄은 매우 정교한 기술을 보이고 있다. 특히 금제소형구슬의 접합면은 크기에 비해 매우 치밀한 모습을 보이고 있어 다른 고분에서 출토된 유물들과는 차이를 보이고 있다.

또한 무게분포를 살펴보았을 때 한 냥의 명문이 있는 것의 무게가 14g 내외로 이를 기준으로 반 냥, 두 냥 등으로 무게가 분포하고 있다.



참고문헌

- 강정무, 2007, 「5~6세기 신라 금장이식의 지역별 금 순도 비교연구」, 용인대학교 석사학위논문
- 김형진, 2013, 「어린이용품 유해물질 실태조사를 통한 휴대용XRF의 저기용성에 관한 연구 - Pb 및 Cd을 중심으로-」, 금오공과대학교 박사학위논문
- 이난영, 1992, 『한국고대금속공예연구』, 일지사
- 이석근 외, 2005, 『XRF 및 NMR 법에 의한 율령유 중의 인 함량 비교분석 연구』, 한국화학연구원, Analytical Scienc & Technology, Vol.18, No.2
- 최기은, 2008, 「비파괴 분석법을 활용한 무령왕릉 및 백제지역 금제품의 제작 특성」, 공주대학교 석사학위논문
- 최주譯 · 송응성著, 1997, 『천공개물』, 전통문화사
- 한송이, 2006, 「왕궁리유적 출토 금제품의 제작기법 분석」 『왕궁의 공방 I - 금속편』, 국립부여문화재연구소
- R. F. Tylecote, 1992, 『A History of Metallurgy』, The Institute of Materials

Material Characteristics of Gold Artifacts of Sarira Reliquary inside Stone Pagoda of Mireuksa Temple Site

Kwon Hyuk-nam^a · Yoo Dong-wan^a · Lee Jang-jon^b · Han Min-su^b

^aCultural Heritage Conservation Science Center

^bNational Research Institute of Cultural Heritage

Abstract

When sarira reliquary was found in stone pagoda of Mireuksa Temple, there were 494 gold artifacts, including inner gold pot, gold plate with inscription for Sarira enshrinement, etc. Most of gold artifacts were crafted, but there were 22 gold plates and 4 gold ingots, which did not have any specific shape. It was considered that they had not been crafted. Since gold exists as a metal rather than a metallic oxide in nature, in general, it can be crafted by melting and shaping. However, gold in nature has impurities so it has to be refined to have malleability. The characteristic features were identified through the analysis of gold artifacts from sarira reliquary found in stone pagoda of Mireuksa Temple. The analysis result showed that there were 3 types of gold; pure gold artifacts, artifacts produced with silver containing gold and natural gold ingots. Inner gold pot, gold earrings and gold small beads were produced with pure gold and they contained less than 1wt.% of copper. It seemed like they were produced as pure gold to be shaped by hammering. Gold plate with inscription, tweezers, gold earrings, ingots, etc. were produced with silver containing gold as they had to be more solid. Gold ingots seemed to be natural gold considering the distribution of silver and copper in them, but it cannot be concluded as there are not enough information on gold ingots in Korea. The comprehensive research on gold ingots from various regions in Korea has to be carried out to confirm the above. Sarira Reliquary showed the very sophisticated gold craftsmanship. Gold ingots with the inscriptions, which say 1 nyang, were approximately 14g. Considering the weight of these ingots as standard, weights of other ingots were half nyang(7g), 2 nyang(28g), etc.

Key Words Stone Pagoda of Mireuksa Temple, Sarira Reliquary, Gold Artifact, Gold ingot, Natural Gold



MUNHWAJAE Korean Journal of Cultural Heritage Studies Vol. 47. No. 4