

황남대총 남분출토 태환이식의 성분분석과 그 특징

주진옥, 강대일

皇南大塚 南墳출토 太環耳飾의 성분분석과 그 특징

Ingredient analysis of 太環耳飾 excavated from 皇南大塚 南墳 and the characteristics

주진옥¹⁾, 강대일²⁾

Ju Jin-ok, Kang Dai-il

〈ABSTRACT〉

This report is on a scientific investigation of 3 pairs of 金製太環耳飾 which were excavated from 皇南大塚 南墳.

太環 is a main part of 太環耳飾 and it could be classified with 4 types in how to produce, especially how many the golden petal was used. In this investigation, they,

3 pairs of 金製太環耳飾 from 皇南大塚 南墳, were in 3 of 4 types and also I could find that this result was not on the technical progress but on the ingredient of metal.

Also, In the result of ingredient assay, I could find that although they were in one pair of 太環 one piece was made in gold and silver alloy and the other piece was made in 99.5 percent of pure Ag with gold amalgam plating. And the another pair was getting red from others because of making in 33 percent of Ag and 77 percent of gold, high Ag content. And All pairs of 太環 have a small quantity of Copper.

As above, although they are one pair they have the difference of how to produce and the difference of volume and ingredient content, it means that these pairs of 太環 from 皇南大塚 南墳 were made in pressure of time.

From now on, if we investigate the ingredient and how to produce of 太環耳飾 in the local comparative analysis, namely natural science method, we can find out the metal art technique and the social aspect of the ancient times as not analogical inference but scientific basis.

1) 국립경주문화재연구소 보존과학실 (Conservation Science Office, Gyeong-ju National Research Institute of Cultural Heritage)

2) 한국전통문화학교 보존과학과 (Dept. of Conservation Science, Korean National University of Cultural Heritage)

皇南大塚 南墳에서 출토된 3쌍의 金製太環耳飾을 상대로 과학적 조사를 실시하였다.

太環耳飾의 주환인 태환은 사용된 금판의 수량에 따라 제작기법이 크게 4가지로 구분될 수 있는데 皇南大塚 南墳출토 3쌍의 태환을 확인해본 결과 3가지의 기법을 확인 할 수 있었기에 이는 기술적인 발전에 의한 것이 아니라 제작하고자 하는 금속의 성분에 따라 각기 방법을 달리 하였음을 알 수 있다.

그리고 태환의 성분분석 결과 쌍임에도 많은 차이를 보였으니 한쪽은 금은 합금으로, 또 다른 쪽은 99.5%의 순은(Ag)에 금아말감을 이용한 금도금으로 되었다. 또 다른 1쌍은 33.0%라는 많은 양의 은(Ag)이 합금되어 다른 금제이식에 비해 황금색이 아닌 붉은 색을 띠고 있었다. 이번에 조사된 금제 太環耳飾에는 모두 소량의 구리(Cu)가 모두 함유된 것으로 나타났다.

위와 같이 쌍임에도 불구하고 제작기법의 상이, 중량 및 금속의 성분에 있어서 상당한 차이를 보이고 있음은 皇南大塚 南墳에서 출토된 금제 太環耳飾이 제작기간의 촉박함에 의한 급조임을 의미한다고 할 수 있다.

앞으로 지역적인 제한에서 벗어나 여러 지역과의 비교분석 즉 자연과학적인 방법을 통한 太環耳飾의 성분 및 제작기법을 검토한다면 유추가 아닌 과학적인 근거를 기초로 기존에 알 수 없었던 다양한 고대의 금속공예기술과 사회상을 파악하는데 큰 역할을 할 수 있을 것이다.

I. 머리말

耳飾은 환의 굵기에 따라 太環耳飾과 세환이식으로 대별되는데 환의 내경이 외경의 1/2보다 클 경우에는 세환이식, 작을 경우는 太環耳飾으로 구분되며 주환과 중간식 및 수하식이라는 기본적인 형태를 가지고 있다.

최근 太環耳飾의 제작기법을 이용한 형식학적 분류가 많이 이루어졌으나 유물에 대한 직접적인 조사연구의 불가능함으로 인하여 이식의 개별적인 제작방법과 분석을 이용한 검토가 사실상 제외되었다.

본 논문에서는 太環耳飾을 비롯한 금제 장신구가 대량으로 출토된 皇南大塚 南墳의 金製太環耳飾을 조사대상으로 삼았다. 太環耳飾에서 주환인 태환의 성분분석¹⁾을 실시하여 쌍으로 분류된 이식의 재질이 동일한지 그리고 환의 크기와 중량이 상호 유기적으로 연계성이 있는지를 살펴보고자 한다. 특히 이러한 분석은 고고학적 연구에서 논란이 되고 있는 太環耳飾이 착장용 혹은 부장용인지에 관한 중요한 자료로 제공될 수 있다고 하겠다.

II. 연구방법

Video Microscope(Sometech Video Microscope system)를 통한 부분적인 미세 관찰을, X-ray Radiography(-SOFTX PROTEST-150, Japan)에 의한 구조관찰을 통하여 육안으로 확인이 불가능하였던 태환의 내부를 조사하였다. 아울러 금제태환의 성분분석을 위하여 SEM-EDS (JEOL JSM-5410 Scanning Microscope)를 이용하였는데 분석의 위치는 개구부를 중심으로 선정하였다. 그리고 그 정확성을 위해 개구부의 몇 곳을 선정하여 분석을 실시하였으며 성분치는 그 평균 편차임을 의미한다.

III. 皇南大塚 南墳出土 太環耳飾

皇南大塚 南墳에서는 7쌍의 金製太環耳飾이 출토되었으나 4쌍은 이미 국립중앙박물관에 이관되어 확인이 어려웠기에 이를 제외한 3쌍에 대한 분석 조사를 실시하였다. 3쌍의 金製太環耳飾은 쌍이긴 하나 주환인 태환이 서로 다른 제작기법과 중량, 성분 등 여러 면에서 많은 차이점을 가졌기에 각기 낱점으로 분류하였다. 즉 太環耳飾1은 태환1-1·1-2로, 太環耳飾2는 태환2-1·2-2로, 太環耳飾3은 태환3-1·3-2로 구분하였으므로 결론적으로 金製太環耳飾 6점에 대한 조사연구를 행하였다.

1) 태환에 대한 성분분석은 국내에서는 김선덕과 허우영에 의해 이루어졌다.

출토지		Au(%)	Ag(%)	Cu(%)	분석기관
창녕 계성Ⅱ지구1호분출토	좌	93.8	6.12		호암미술관 문화재보존연구소
	우	93.3	6.70		
보물 557호 太環耳飾		94.46	3.41		국립문화재연구소
청원 미천리출토		87.43	7.69	4.08	

2) 平尾郎은 이미 1990년 한반도출토 垂飾付 耳飾 15건(28점)과 일본출토 垂飾付 耳飾 2건(5점)에 대해 형광 X선 분석에 의한 Ag의 농도를 분석하였다. 그 결과 ①한반도출토 이식 15건 모두 금과 은의 합금이며 ②형광 X선의 강도와 Ag의 농도가 비례함에 따라 17건의 금제 垂飾付 耳飾의 環과 垂飾의 Ag농도를 측정된 결과 쌍이 되는 耳飾은 環과 環, 垂飾과 垂飾은 같은 소재의 Au를 사용하여 제작한 것과 하나의 耳飾중에서는 環과 垂飾이 다른 Au소재가 사용된 것이 확인되었다. 有鎖式은 환과 수식의 Ag농도를 비교한 결과 수식이 농도가 컸으며 無鎖式은 환과 수식의 농도가 거의 같았다. 또한 양산 부부총출토 2점의 이식은 모두 無鎖式으로 다른 이식에 비해 Ag농도가 낮았다. 또한 1쌍의 이식에 있어서는 좌우농도가 거의 같은 값을 나타낸 것으로 나타났다. 日本 古代における 金銀器 製作技術の 傳來とその 發達に 關する 연구 중에서 平尾乙女雅博, 平尾郎의 「금제품의 유입과 금의 분석적 연구」(1990)

1. 太環耳飾의 형식

1) 太環耳飾1-1·1-2 (Photo 1)

주환, 中間飾과 수하식을 가지는 완형의 金製太環耳飾이다. 金銅의 유환아래 금제의 연결고리 그리고 2줄의 금사로 이루어진 연결금구가 중간식과 수하식을 연결시키고 있다.



Photo 1. 太環耳飾1-1·2 사진

중간식은 6개의 소환으로 된 정입방체로, 그 상하단에 소환을 각각 하나씩 붙여서 만든 소환연접 입방체를 띠고 있다. 그리고 금사를 이용한 많은 량의 소환을 만들어 놓았다가 다양한 용도로 사용하였는데 소환을 연접하면서 다른 금속 혹은 용융점이 소지 금속 보다 낮은 금속을 이용한 땀처리에 의한 접합을 한 것으로 추정된다(Photo 3). 심엽형의 垂下飾에는 孔部를 정으로 낸 다음 마무리한 흔적이 그대로 남아 있다(Photo 4).

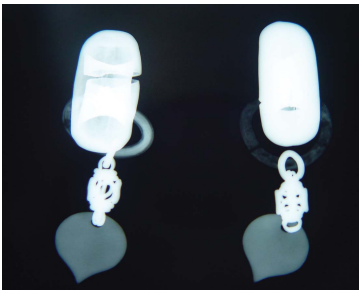


Photo 2. 太環耳飾1-1·1-2 X-ray 사진



Photo 3. 太環耳飾1-1 연결고리 접합 사진



Photo 4. 太環耳飾1-1 수하식공부 사진

2) 太環耳飾2-1·2-2 (Photo 5)



Photo 5. 太環耳飾2-1·2 사진

태환1-1·2와 동일한 양식으로 금동제의 유환에 소환연접 정 입방체의 중간식을 취하고 있으며 심엽형의 수하식으로 되었다. 소환연접시 소환의 접합면은 비접합의 상태로 다른 소환을 붙인 것으로 보아 소환의 크기가 작아 어쩔 수 없이 붙이지 않은 듯하다(Photo 7). 심엽형 수하식의 孔部 위치선정 후 미리 표식을 한 다음 정으로 孔部를 낸 것임을 알 수 있다(Photo 8).

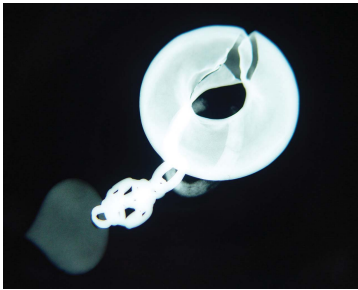


Photo 6. 太環耳飾2-1·2-2 X-ray사진



Photo 7. 太環耳飾2-1 소환연접사진



Photo 8. 太環耳飾2-2 수하식 공부사진

3) 太環耳飾3-1·3-2 (Photo 9)

태환3-1은 유환과 연결고리가, 태환3-2는 주환인 태환만 잔존할 뿐 나머지는 모두 결실된 상태이다. 그리고 中間飾은 태환1·2와 같은 양식의 소환을 연접한 입방체이며, 연결금구는 얇은 금판을 길이로 길게 잘라 끝을 구부려서 입방체 안으로 집어 넣는 방법으로 만들어졌다. 연결금구의 금판에는 구부러진 곳에 가로로 미세한 균열이 여러 곳에서 확인되고 있으며 이는 제작 당시에 생긴 것으로 합금에서 오는 전연성의 부족에 의한 것으로 보인다(Photo 11). 수하식은 타원형을 취하고 있으며 연결금구 아래의 장방형의 孔部는 모양이 일정하지 않은 등 마무리 작업이 깨끗하지 못하다(Photo 12).



Photo 9. 太環耳飾3-1·2 사진

皇南大塚 南墳출토 金製太環耳飾 3쌍은 모두 소환연접 정입방체의 中間飾이라는 공통점을 가지고 있으며 그 가운데 2쌍은 모두 금동제의 유환에, 심엽형의 수하식, 2줄의 금사로 된 연결금구 등 형식상 거의 동일한 형태를 띠고 있다. 그러나 나머지 1점(1쌍

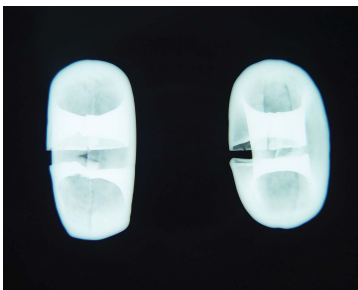


Photo 10. 太環耳飾3-1·3-2 X-ray사진



Photo 11. 太環耳飾3-1 연결금구사진

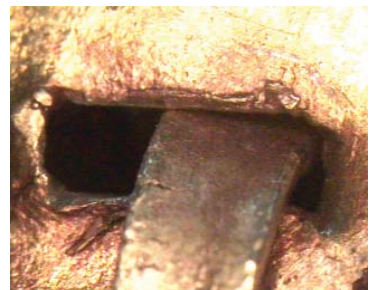


Photo 12. 太環耳飾3-1 수하식 공부사진

중 中間飾 이하 확인 되는 1점)은 유환이 결실되어 확인이 불가능하였으며 또한 연결금구는 얇은 금속판으로, 垂下飾은 타원형을 띠고 있다.

2. 太環耳飾 태환(主環)의 크기 및 성분

태환(주환)의 성분분석은 SEM-EDS를 이용하였으며 분석을 하고자 하는 위치를 미리 선정하였다. 특히 개구부의 3~4곳을 선정하여 분석을 실시하였으며 선정 위치에 따라 미량의 오차를 나타낸 관계로 인하여 평균편차를 구하여 분석치로 이용하였다.

1) 태환1(1쌍)

(1) 태환1-1

다이포밍에 의해 만들어진 2개의 반구형 금판으로 제작된 태환1-1은 외경 2.20cm, 중량(주환의 중량)은 7.80g이다. 그리고 성분분석 결과 Au와 Ag의 합금임을 확인하였다. 즉 Au 80.95%, Ag 18.59%, Cu 0.46%를 이루고 있으며 Au의 품위(순도)는 19.4캐럿(carat,K)이다.

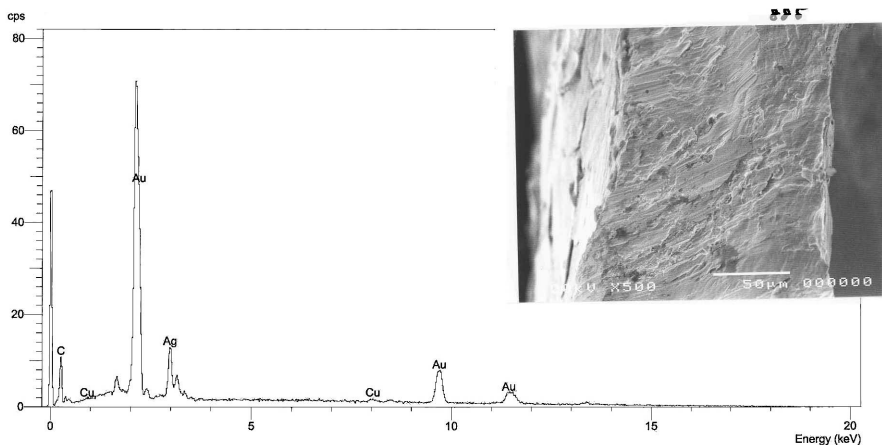


Fig. 1. 태환1-1 개구부 스펙트럼

(2) 태환1-2

태환1-2는 1개의 금판으로 제작되었으며 그리고 환내부가 접합된 상태이다. 분석결과 Au 87.2%, Ag 12.2%, Cu 0.6%로 Au의 품위(순도)는 20.9캐럿(carat, K)에 해당되었다. 태환의 외경은 2.30cm, 중량은 3.81g으로 태환 1-1과 외경의 크기는 거의 동일함에 비해 중량은 1/2도 되지 않았다. 즉 태환1-1에 비해 태환1-2는 Au의 함량이 높은 반면 Ag의 함량이 낮은 합금³⁾ 개구부 스펙트럼으로

이루어졌음을 확인하였다.

2) 태환2(1쌍)

(1) 태환2-1

1개의 금판으로 되었으나 그 환내부가 접합되지 않은 태환2-1의 외경은 2.30cm이며 중량은 3.96g이다. 성분은 Au 76.1%, Ag 23.0%, Cu 0.9%로 나타났다. Au의 품위(순도)는 18.2캐럿(carat, K)이다.

(2) 태환2-2

태환2-2는 다이포밍으로 제작된 2개의 반구형 금판에 의해 만들어졌으며 환내부는 접합된 상태이다. 태환2-1에 비해 태환의 색상과 부식의 형태도 각기 달리 진행되었다. 또한 외경 2.40cm, 중량 5.96g으로 태환2-1과 외경은 유사하나 중량에서 2.0g의 현저한 차이를 나타내었다.

분석결과 소지금속은 Au가 전혀 포함되지 않은 Ag 99.5%, Cu 0.5%로 순은에 가까운 것으로 나타났다. 그리고 소지금속 위에서 확인된 도금층은 Au

84~88%, Ag 11~15%, Cu 0.5%로 나타났는데 여기서 일부 Ag는 Ag 본체에서 발생된 것으로 추정된다(Fig. 4). 이와 동시에 소지금속과 도금층 사이의 바닥층에서는 Au는 없고 Ag와 Hg가 잔재하는 것으로 확인되어 소지금속인 Ag 위에 Hg를 이용한 금아말감법으로 도금되었음을 알 수 있다⁴⁾.

태환의 분석과 아울러 중간식의 소환과 수하식에 대한 분석을 실시하였다. 그 결과 소환은 Au 81.9%, Ag 17.6%, Cu 0.5%로, 수하식은 Au 76.1%, Ag 23.4%, Cu 0.5%로 확인되었다. 이러한 수

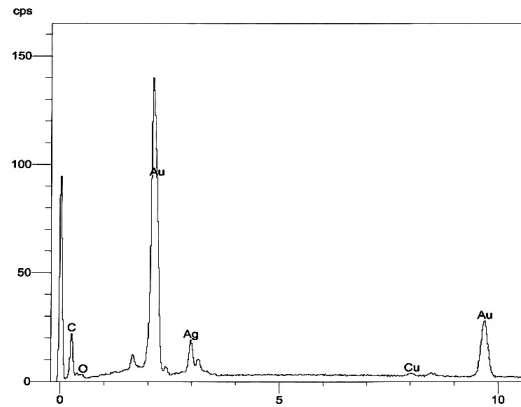


Fig. 2. 태환1-1 개구부 스펙트럼

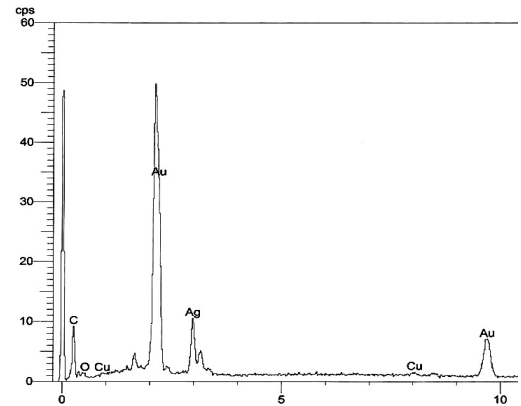


Fig. 3. 태환2-1 개구부 스펙트럼

3) 금은 전연성이 좋아 부드럽게 세공할 수 있으나 세공상의 단점인 강도를 높이기 위해 다른 금속(은, 구리 및 백금족원소)과 합금하였다. 허우영, 「金製太環耳飾(보물557호)에 사용된 누금기법」, 『호암미술관 연구논문집』6호, 호암미술관, 2003

4) 皇南大塚에서 출토된 금은제 합역시 소지금속인 은제 위에 아말감법을 이용하여 도금되었음이 확인되었다. (林善基, 鄭永東, 朴東圭, 姜聖君, 「古代金銅鍍金技法에 대한 연구: 皇南大塚 유물을 중심으로」, 『보존과학연구 제12집』, 서울, 문화재관리국 문화재연구소, 1991) 그리고 금동관을 비롯한 안고 등 황대총 남·북분출토 금동제품은 거의 수은을 이용한 아말감으로 도금되었음을 분석결과 나타났다. 정영동, 「皇南大塚출토 금은제 유물의 금속공예기술 연구」, 『皇南大塚의 재조명』, 국립경주문화재연구소, 2000

하식의 성분은 태환2-1과 거의 동일하게 나타나는 것으로 보아 태환2-1의 금판과 태환2-2의 수하식으로 이용된 금판이 동일함을 알 수 있다. 그러나 태환2-1의 수하식은 미분석을 하였기에 정확하지는 않지만 태환2-1과 성분이 비슷하다고 가정했을 때 하나의 큰 금판을 이용하여 太環耳飾 1점을 만들고 남은 여분으로 또 다른 이식의 수하식을 제작하였음을 뜻한다.

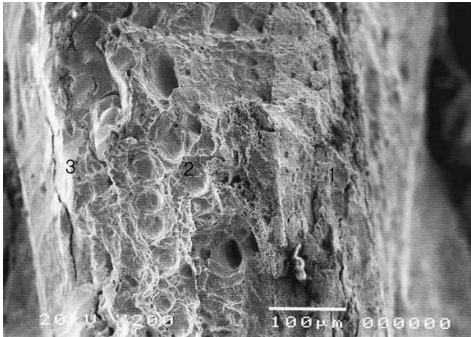


Photo 13. 개구부 금속현미경사진 (×200)
(1은 금도금층, 2는 은본체, 3은 바닥층)

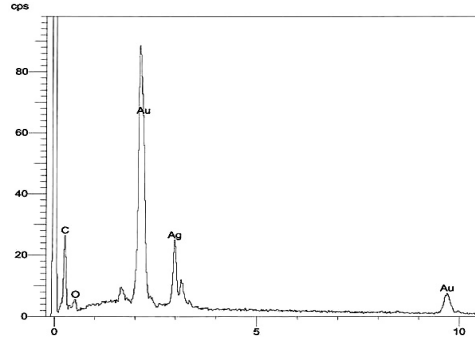


Fig. 4. 위의 1의 금도금 층에서 얻은 스펙트럼

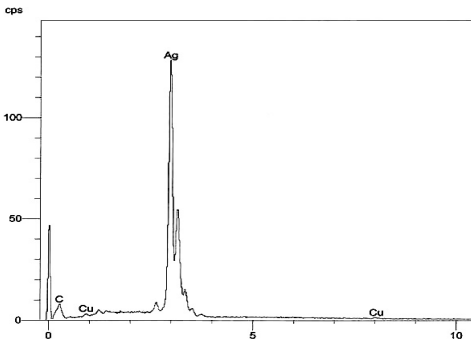


Fig. 5. 위의 2의 은 본체에서 얻은 스펙트럼

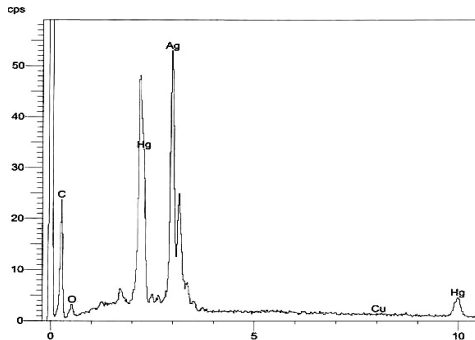


Fig. 6. 위의 3의 바닥층에서 얻은 스펙트럼



Photo 14. 중간식 금속현미경사진(×35)

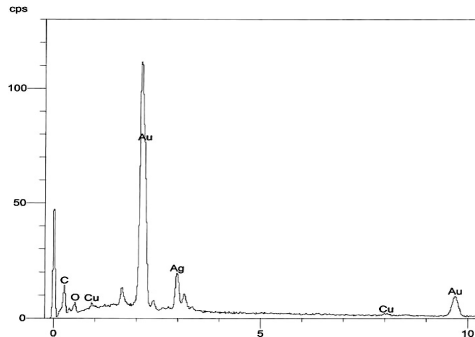


Fig. 7. 중간식에서 얻은 스펙트럼

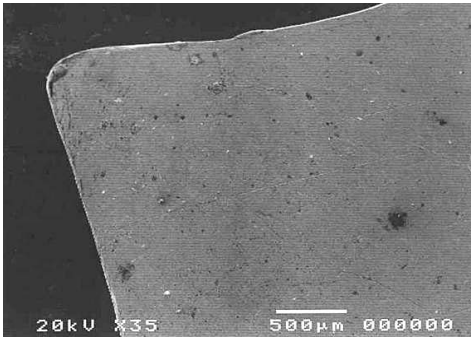


Photo 15. 수하식 금속현미경사진(×35)

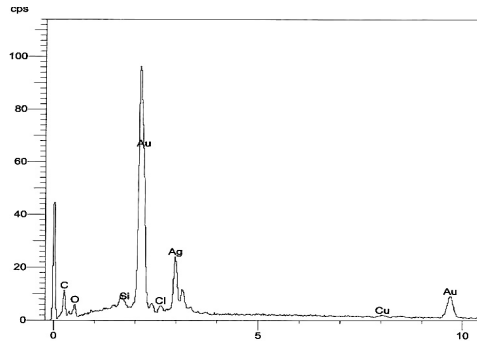


Fig. 8. 수하식에서 얻은 스펙트럼

3) 태환3(1쌍)

(1) 태환3-1

다이포밍에 의한 2개의 반구형 금판으로 이루어진 태환 3-1의 환내부는 접합된 상태이다. 태환의 외경은 2.60cm, 중량은 5.20g으로 다른 태환에 비해 비교적 큰 태환에 해당된다. 분석결과 Au 66.4%, Ag 33.0%, Cu 0.6%를 이루어졌으며 Au의 품위(순도)는 15.8캐럿(carat, K)로 다른 금제 태환耳飾에 비해 Au의 함량이 현저하게 낮았다.

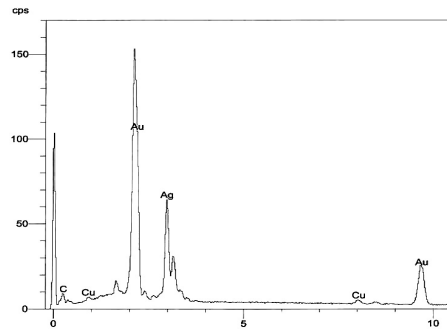


Fig. 9. 태환3-1 개구부 스펙트럼

(2) 태환3-2

2개의 금판에 의해 제작된 태환3-2는 환내부에 다른 금판을 덧댄 형태를 취하고 있으며 외경은 2.50cm, 중량은 5.0g이다. 그리고 성분은 Au 66.4%, Ag 32.7%, Cu 0.9%로 태환3-1과 거의 동일하게 나타났다.

皇南大塚 南墳출토 金製太環耳飾 3쌍 가운데 쌍임에도 불구하고 2쌍의 태환 즉 태환1-1·2, 태환2-1·2은 각기 다른 성분을 나타내고 있으며⁵⁾ 중량 역시 많은 차이가 난

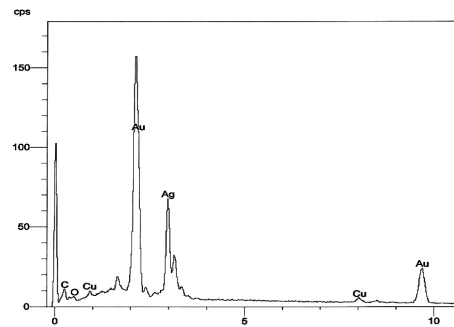


Fig. 10. 태환3-2 개구부 스펙트럼

5) 창녕 계성리 36·40호분 경우 쌍이면서 環의 크기가 각기 다르며 성분 역시 각기 다르게 조성되었는데 특이한 것은 피장자의 좌측에 착장되었던 것이 우측에 착장된 것보다 금의 순도가 높았다는 것이다. (호암미술관, 『창녕 계성고분군 발굴보고서』, 2000)

다. 1개의 금판으로 제작된 태환1-2와 태환2-1의 중량은 3.81~3.96g인 반면 2개의 금판으로 제작된 태환1-1, 태환 2-2, 태환3-1·2의 중량은 5.00~7.81g으로 2개의 금판으로 제작된 태환의 중량이 1개의 금판으로 제작된 태환의 1.5~2배 이상임을 확인하였다. 특히 태환1-1은 다른 태환보다 외경은 적으면서 많은 중량으로 보아 2개의 금판 두께가 두꺼웠음을 알 수 있다. 분석조사를 실시한 태환 6점 가운데 銀지금도금된 태환2-2를 제외하고 나머지 5점의 태환에서 12.2~33.0%의 Ag가 함유된 Au의 합금으로 제작되었다.

Table 1. 皇南大塚 南墳출토 金製太環耳飾의 성분결과(wt%)

구분	태환1		태환2				태환3		
	1-1	1-2	1-3	2-2				3-1	3-2
				주 환		중간식	수하식		
				도금층	소지금속				
Au	80.95	87.2	76.1	88.0	-	81.9	76.1	66.4	66.4
Ag	18.59	12.2	23.0	11.5	99.5	17.6	23.4	33.0	32.7
Cu	0.46	0.6	0.9	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.9
품위(K)	19.4	20.9	18.2			19.7	18.2	15.8	15.8

Table 2. 皇南大塚 南墳출토 金製太環耳飾의 중량 및 외경

구분	태환1		태환2		태환3			
	1-1	1-2	2-1	2-2	3-1	3-2		
중량 (g)	주환		7.81	3.81	3.96	5.96	5.20	5.00
	연결고리			0.40	0.71			
	연결고리+중간식+수하식		2.42	1.89	2.26			
	중간식+수하식			1.49	1.55	1.49	1.33	
외경(cm)			2.20	2.30	2.30	2.40	2.60	2.50

IV. 皇南大塚 南墳出土 太環耳飾의 특징

1. 太環耳飾 태환(主環)의 중량과 외경

금제태환은 3.81~7.81g의 중량에, 외경은 2.20~2.60cm를 이루었다. 2개의 금판으로 제작된 태환

3-1·2는 비슷한 중량을 보이는 반면 2개의 금판에 의해 만들어진 태환1-1은 7.81g이나 1개의 금판으로 된 태환1-2는 3.81g이었다. 또한 한 개의 금판으로 된 태환2-1은 3.96g, 2개의 금판인 태환2-2는 5.96g으로 많은 차이를 보이고 있다.

2. 太環耳飾 태환(主環)의 성분

태환1-1은 Au 80.95%, Ag 18.59%이나 태환1-2는 Au 87.2%, Ag 12.2%를 나타내었다. 또한 태환2-1은 Au 76.1%, Ag 3.0%였으나 태환2-2는 은지의 소지금속에 금도금을 하였으니 금도금층은 Au 88.0%, Ag 11.5%이며, 소지금속은 Ag 99.5%의 순은에 가깝다. 태환3 역시 Au 66.4%, Ag 33.0%의 성분은 처음제작 당시 육안으로도 다른 금제품에 비해 많은 색상의 차이를 보였을 것이다.

그리고 태환2-1과 태환2-2의 수하식의 성분결과가 거의 동일하게 나타났다. 이는 하나의 금판에 의해 太環耳飾의 주환과 수하식을 제작하고 난 다음 그 여분으로 별개 이식의 수하식을 제작하였음을 의미한다. 그럼에도 불구하고 태환2-2는 은지금도금임을 볼 때 또 다른 태환을 만들기 위한 금판이 부족하여 전혀 다른 재질인 은제에 도금을 하여 거의 유사하게 만들었을 것으로 추정된다. 즉 제작기간의 촉박함이라는 시간적인 제한에 의한 급조였음을 말하고 있다.

V. 맺음말

皇南大塚 南墳에서 출토 金製太環耳飾 3쌍은 모두 소환연접 정입방체의 중간식이라는 공통점을 가지고 있다. 그 중 연결금구와 수하식의 모양이 다른 태환3을 제외한 태환1·2는 금동제의 유환, 심엽형의 수하식, 2줄의 금사로 된 연결금구 등 거의 동일한 형식이다.

아울러 태환의 성분분석 결과 쌍임에도 많은 차이를 보였으며 특히 태환2-1은 Au와 Ag의 합금이거나 태환2-2는 99.5%의 Ag에 금아말감을 이용한 금도금으로 되었다. 태환3의 경우에도 Ag 33.0%라는 많은 양의 Ag가 합금되어 다른 금제이식에 비해 황금색이 아닌 붉은 색을 띠고 있었다. 이번에 조사된 金製太環耳飾에는 모두 소량의 Cu가 함유되었다. 이상과 같은 여러 가지 결과를 볼 때 金製太環耳飾은 부분적으로 각기 제작되어 있다가 유사시에 조립한 것으로 보인다. 이는 쌍임에도 불구하고 서로 각기 다른 방법에 의한 태환제작 그리고 서로 다른 재질 및 중량의 차이에서 확인할 수 있다. 결국 太環耳飾은 세분되어 미리 제작되어 있다가 유사시에 조립의 형태를 취하여 착장용이라기보다는 부장용으로 사용되었을 것으로 추정된다.

참고문헌

1. 文化財管理局 文化財研究所, 皇南大塚 北墳발굴 조사보고서, 1985
2. 文化財管理局 文化財研究所, 皇南大塚 南墳발굴 조사보고서, 1994
3. 이한상, 黄金의 나라 新羅, 김영사, 2004
4. 전용일, 金屬工藝技法연구, 디자인하우스, 1994
5. 권향아, 삼국 고신라이식의 제작기법연구, 동아대학교 박사학위 논문, 2003
6. 김규호·허우영, 창녕 계성고분군 출토 귀걸이 및 유리구슬의 조성분석, 창녕계성 고분군, 호암미술관, 2000
7. 姜大一, 한반도출토 鍍金資料의 분석, 『文化財』, 제26권, 문화재관리국, p.181~184, 1994
8. 임선기·강대일·김선덕·박동규·강성근, 彌勒寺址출토 古代 金銅遺物の 鍍金技法에 관한 研究, 『保存科學研究』, 제14호, p.59~95, 1993
9. 이난영, 新羅의 金屬工藝와 裝身具, 『新羅黄金』, 국립경주박물관, p.305~311, 2001
10. 이귀영, 百濟 武寧王陵出土 金屬工藝品の 제작기법 고찰, 공주대학교 석사학위논문, 1997
11. 이영희, 古新羅 金屬工藝의 鍍金 세공기법 연구, 이화여자대학교 박사학위논문, 1998
12. 김문심, 그레놀레이션(granulation) 기술의 조형사적 연구, 동국대학교 석사학위논문, 1997
13. 이영희, 金屬工藝의 鍍金 細工技法研究, 『미술사학연구』, 제225·226호, p.5~34, 2000
14. 주경미, 三國時代耳飾의 製作技法研究, 『古代研究』, 제5권, p.105~140, 1997
15. 李蘭暎, 『韓國古代金屬工藝研究』, 일지사, p.175~191, 1992
16. 강대일·문환석, 感恩寺址 東三層石塔 사리장엄의 발견 및 수습경위, 『감은사지 동삼층 석탑 사리장엄』, 국립문화재연구소, p.10~32, 2000
17. 李浩官, 『韓國金屬工藝』, 문예출판사, p.14~30, 1996
18. 姜大一, 杉下龍一郎, 古代韓半島における 鍍金資料の分析研究, 『古文化財の科學』, 제36권, p.26~34, 1991
19. 姜大一, 韓半島出土 金屬資料の 分析研究, 東京藝術大學 博士學位論文, 1992

20. 김희정, 貴金屬鍍金, 『한국금속공학회』, Vol.18, p.95~105, 1980
21. 허우영, 金製太環耳飾(보물557호)에 사용된 누금기법, 『호암미술관연구논문집』, 제6호, p.113~121, 2003
22. 金善德, 金製太環耳飾의 製作技法에 대한 考察, 동국대학교 석사학위 논문, 2001
23. 김선덕, 金屬裝身具의 형식과 제작기법에 관한 고찰, 『청원 미천리 고분군 발굴조사보고서』, 국립문화재연구소, 1995
24. 문환석, 한국 고대 금속공예의 과학기술적 연구, 중앙대학교 박사학위 논문, 2004
25. 윤세영, 고분출토 장신구에 대한 異論, 최영희선생회갑기념한국사학논총, 탐구당, 1987
26. 林善基·鄭永東·朴東圭·姜聖君, 古代 金銅鍍金技法에 대한 연구; 皇南大塚 유물을 중심으로, 보존과학연구 제12집, 서울, 문화재관리국 문화재연구소, p.53~77, 1991
27. 한만성, 우리나라 古代아말감 鍍金法 연구, 국민대학교 석사학위논문, 2000
28. 姜大一·한성희·강형태·안화균·황진주·임선기, 부여능산리출토 金銅龍鳳 蓬萊山 香爐의 과학적 분석, 『보존과학회지』, 제3호, p.19~22, 1994
29. 정영동, 皇南大塚出土 金銅製 유물의 金屬工藝技術 연구, 皇南大塚의 재조명, 국립경주 문화재연구소, 2000
30. 주경미, 三國時代 耳飾의 연구, 서울대학교 석사학위 논문, 1995
31. 한민수·황진주·문환석, 古代 도금제작 기술에 관한 연구, 『보존과학연구』제23집, 국립 문화재연구소, 2002
32. Andrew Oddy, A history of gilding with particular reference to statuary, 『Gilded Metals』, p.1~19, 2000
33. Paul Jett and W.T. Chase, The gilding of metals in China, 『Gilded Metals』, p.145~155, 2000
34. Oppi Untracht, Granulation, 『Jewelry Concepts and Technology』, p.348~363, 1995
35. David A. Scott, The micro of ancient metals, 『Metallography and Microstructure of Ancient and Historic Metals』, The Getty Conservation Institute, p.3~10, 1991
36. Lins P. A. and Oddy, W.A., 『The origins of mercury gilding』, Journal of Archaeological Science 2, p.365~373, 1975

37. Oddy, W.A., 『Gilding through the age』, Gold Bulletin, Vol.14(2), p.75~79, 1981
38. Zhiguo He, Shuryun Sun and Honggang Liang, Gold amalgam - the earliest alloy of gold and mercury found in the archaeological excavation so far in the world , 『BUMA-V』, p.347~361, 2002
39. Oppi Untracht, Mercury amalgam gilding, 『Jewelry Concepts and Technology』, p.666~676, 1995
40. 鹿取一男, 『美術鑄物の手法』, アグネ, p.204~205, 1983
41. 谷畑美帆, 日本及び朝鮮半島の垂飾付耳飾りについて, 考古學研究, 40(1), p.86~107, 1993
42. 渡邊智恵美, 耳環小考-製作技法, 材質かうみた分類, 創立30周年記念誌 元興寺文化財研究所, p.73~83, 1997
43. 鈴木勉, 膳部明生者, 『古代の技』, 吉川弘文館, 1998
44. 平尾郎, 『上原5號墳出土 耳飾の科學的調査』, 日本窯業史研究所報告 제29책, 1989
45. 酒井溫子, 渡邊智恵美, 耳環の製作技法, 材質かうみた分類, 元興寺文化財研究所 通信, No33, 1990
46. 平尾郎, 鍍金の分析調査について, 裝飾金工品の保存における 問題について, 東京國立文化財研究所, 1989
47. 中村潤子, 耳飾りおつけた 貴人, 同志社大學考古學シリーズⅣ, 考古學と技術, 1988
48. 村上隆, 高川古墳群出土の耳環の構造と材質について, 高川古墳群, 兵庫縣教育委員會, 1991