

석촌동 고분군 출토 금제이식의 제작기법 연구 및 보존처리

Study on the Production
Methods and Conservation
Treatment of the Gold Earrings
Excavated from the Ancient
Tombs in Seokchon-dong in
Seoul

김예승^{1*}, 정세리¹, 이다혜¹,
장민경¹, 김나은¹, 양석진²
한성백제박물관¹,
국립중앙박물관 보존과학부²

Kim Yeseung^{1*}, Jeong Seri¹,
Lee Dahye¹, Jang Minkyong¹,
Kim Naeun¹, Yang Seokjin²
Collection Management Division,
Seoul Baekje Museum¹,
Conservation Science Division,
National Museum of Korea²

* Corresponding Author :
Kim Yeseung

Tel : 82-2-2152-5968
E-mail : nymph820@hanmail.net

요약

한성백제박물관에서는 백제 한성기 대표적인 왕실과 중앙세력의 분묘군으로 알려진 사적 제243호 석촌동 고분군의 학술 발굴조사를 실시하고 있으며, 그 과정에서 출토된 금제이식의 과학적 분석 및 보존처리를 실시하였다. 분석은 실체현미경 관찰, SEM, X-선 촬영, CT, XRF 분석을 실시하였고, 이를 통해 유물 특성, 내부 구조와 성분 등을 확인하고 제작 기법을 알아보고자 하였다. 연구결과, 금동이식의 주환은 동심재에 수는 아말감 금도금하였고, 중간식의 육면체는 금 분말을 용융시켜 소환을 이어 붙였으며 수하식 구체는 반구체 두 개를 땀하여 붙인 것을 확인하였다. 세환이식 2건은 표면 성분이 서로 유사하지만 동심재에 금판을 감싸 제작한 것과 금봉을 구부려 제작한 것으로 제작기법에 차이가 있음을 밝혔다. 금 함량은 유물에 따라, 측정 위치에 따라 다르지만 약 19~21K로 비교적 높은 금 함량을 보이며 정교한 공예기술로 만들어진 이식이라는 점에서 피장자의 우월적 지위와 석촌동 고분군의 위상을 판단할 수 있는 자료가 될 것으로 보인다.

주제어 : 백제 한성기, 석촌동 고분군, 금제이식, 컴퓨터 단층촬영, 성분 분석

Abstract

The Seoul Baekje Museum has been conducting excavations at the Ancient Tomb Complex in Seokchon-dong, Seoul (Historic Site No. 243), known to be tombs of the royal family and the ruling class during the Hanseong period of the Baekje Kingdom. In this study, gold earrings that were revealed during the excavation underwent scientific analysis and conservation treatment. Stereo microscopy, SEM, X-ray imaging, CT, and XRF were applied in the analysis, and the characteristics, internal structure, and composition of the earrings as well as their production method were investigated. The results confirmed that the main hoops of the gilt-bronze earrings were made of copper cores gilt using mercury amalgamation. The findings also revealed that the hexahedron in the middle pendant was made by connecting small rings using molten gold powder, and the pendant sphere at the end was formed by soldering two hemispheres. As for the two thin-hoop earrings, they showed similar surface compositions but were made using different methods, with one made from a copper core wrapped with a gold plate and the other made by bending a gold rod. The gold content varied depending on the item and the place of measurement, but overall the earrings showed a relatively high gold content of approximately 19 to 21K. The purity of the golden earrings and the sophisticated manufacturing techniques applied indicate the high status of the buried person and of the tomb complex in Seokchong-dong.

Keywords : Hanseong period of Baekje, Seokchon-dong Ancient Tombs, Gold earrings, Computed Tomography, Compositional analysis

투고일: 2021.10.01. 심사(수정)일: 2021.10.13. 게재확정일: 2021.10.28.

1. 서론

고대 국가의 금속 공예품은 그 당시 과학기술 발전 수준과 소유자의 지위 등을 알 수 있는 중요한 자료이다. 특히 고분 출토 부장품은 형식 연구를 통하여 편년을 설정하거나 피장자의 신분과 위세를 추정할 수 있는 정치, 사회, 문화적인 특징을 반영하고 있어 더욱 의미가 있다.

삼국시대 금속 공예품에는 각국 특징이 잘 드러나는데 고구려는 선이 굵고 강건하며 신라는 정교하면서도 화려하고 백제는 간결하고 세련된 미적 감각이 돋보인다. 또한 각국 간의 밀접한 정치적 관계를 배경으로 완제품이 이동되거나 혹은 모방 제작이나 제작기술의 전이가 이루어지기도 한다^[1].

금속 공예품은 순금속으로 제작되기도 하지만 각각의 금속을 용도에 맞게 합금하여 재료의 성질을 변화시켜 사용하기도 한다. 이 중 금, 은 등의 귀금속은 잘 변하지 않는 성질과 특유의 색상, 광택, 희귀성으로 인해 고대부터 장신구, 장식품을 만드는데 사용되었다. 특히 금은 유적에서의 출토 여부에 따라 그 위상이 가늠될 정도로 지배계층의 권위와 부의 상징물을 대표하는 귀한 금속이다^[2]. 삼국시대 금속 공예품의 재료로 풍부하게 사용되었던 금은 청동합금의 발달과 더불어 표면 장식 및 도금 기법이라는 독특한 분야를 이루면서 더욱 발전하게 되었다^[3].

백제시대 금제 유물에 관한 연구로는 익산 왕궁리 유적 출토 금제품의 화학 조성 과 제작 기술 연구에서 금의 순도에 따라 3그룹으로 나뉘 순도에 따른 유물의 용도를 확인한 바 있다. 또한 기타 금속재료는 왕궁리 유적에서 출토된 동합금 도가니를 직접적으로 사용하였다는 근거를 밝혔으며, 수은이 검출되는 아말감 잔류물은 순동, 주석, 청동 편이 확인과 함께 도금기법을 이용한 금동유물의 제작가능성을 확인하였다^[4]. 비파괴 분석법을 활용한 무령왕릉 및 백제지역 금제품의 제작 특성 연구에서는 웅진기 백제시대에 고순도의 순금을 제조할 수 있는 기술력이 존재했음을 밝혔다. 또한 시기별 순서에 따라 한성기의 천안 용원리 출토 금제품은 금순도 면에서 가장 낮았고, 동시기로 판단되는 무령왕릉과 공주 금학동 출토 금제품의 금순도 차이는 계층·신분간의 차이에서 오는 결과로 기인된 것을 알 수 있었다^[5]. 백제 한성기에 해당하는 서산 부장리 유적에서 출토된 이식 연구에서는 출토된 이식 21점을 분석한 결과 합금 재료에 포함된 금의 순도가 높거나 다양한 재료를 이용하여 복잡한 공정을 거쳐 제작된 이식은 모두 위세품인 관모, 식리, 장식대도와 함께 출토되는 양상을 보이고 있다는 점을 확인하였다. 한성 백제가 지방에 대한 지배력을 확장하는 과정에서 금공품을 지방에 대한 장악과 지배력을 나타내기 위한 수단으로 삼았다는 것을 감안할 때 이식 역시 금의 순도 및 제작공정에 따라 피장자의 우월적 위치를 판단할 수 있는 근거가 될 수 있을 것으로 보았다^[6].

한성백제박물관에서는 백제 한성기 대표적인 왕실과 중앙세력의 분묘군으로 알려진 사적 제 243호 석촌동 고분군의 학술 발굴조사를 실시하고 있으며, 그 과정에서 금제이식이 출토되었다. 이에 보존과학실에서는 발굴조사 과정에서 출토된 금동 이식 1건, 세환이식 2건의 과학적 분석 및 보존처리를 실시하여 유물의 과학적 정보를 밝히고 원형을 복원하였다. 분석은 실체 현미경 관찰, SEM 분석, X-선 촬영, 컴퓨터 단층 촬영(CT), XRF 분석을 실시하였고, 이를 통해 유물 내부 구조와 성분 등을 확인하고 제작 기법을 알아보고자 하였다. 백제 한성 도읍기에 해당하는 금제이식의 출토 사례가 적고 분석한 사례 역시 드물어 이번 연구를 통해 백제 한성기 금제이식에 대한 기초 연구 자료를 확보하는데 기여하고자 하였다.

2. 연구대상 및 연구방법

2.1. 유적 현황

석촌동 고분군은 왕릉급 고분과 크고 작은 고분으로 구성된 현존하는 백제 한성기 최대의 고분군이다. 석촌동 고분군에 대한 학술조사는 1911년 일제강점기 당시 지표조사를 시작으로 하여 1916년에는 1~4호분의 외형 조사가 이루어졌다. 이어 1917년에는 석촌리, 방이리 일대의 고분 분포도가 작성되면서 석촌리 1~4·8호분의 실측과 석촌리 6·7호분에 대한 내부조사가 진행되었다. 해방 후에는 1917년 잠실지구도시개발에 앞서 방이동, 송파동, 가락동 일대 백제시대 유적에 대한 지표 예비조사가 있었다. 석촌동 고분군에 대한 본격적인 학술 발굴조사는 1974년 석촌동 3·4호분을 대상으로 재개되었고 1976년에는 석촌동 파괴분 및 5호분에 대한 발굴조사가 있었다. 1983~1984년에는 석촌동 4호분 내부에 대한 조사, 1986년에는 3호분 동쪽 고분군에 대한 조사, 1987년 석촌동 1·2·5호분 주변 및 4호분 주변에 대한 발굴조사를 마지막으로 사적 제243호 석촌동 고분군은 도심의 고분공원으로 남게 되었다. 현재 공원 내부에는 1~5호분, A호 적석총, 3호 토광묘 정도만 복원·정비되어 있다.

1987년 마지막 발굴조사 이후 37년이 지난 2015년 봄, 2호분과 5호분의 중간 지점에 동공발생 원인규명을 위한 시굴조사에 착수하게 되었고 조사결과 고분의 석축구조로 파악되는 유구의 흔적을 확인하는 성과를 거두었다. 그 결과를 바탕으로 2015년부터 석촌동 고분군에 대한 학술 발굴조사에 착수하여 1호분 북쪽 적석총의 존재를 확인하는 조사결과를 얻었고 고분군의 전모를 파악해가는 연차조사를 진행 중에 있다. 2018년 발굴조사에서 확인된 연접적석총의 전체 규모는 남쪽 1호분까지 연장되어 남·북길이 100m에 달하는 연접식 적석총의 존재를 새롭게 인지하는 계기를 마련했다¹⁷⁾.

표 1. 연구대상 유물 목록

연번	유물번호	유물명	수량	사진	출토유구
1	16석M-237	금동이식	1건 2점		1호 매장의례부
2	15석M-015	세환이식	1건 1점		7호 적석묘
3	16석M-238	세환이식	1건 1점		3호 적석묘

2.3. 연구방법

유물의 특성과 성분 등을 조사하고 제작기법을 알아보기 위한 연구를 진행하였으며, 유물 원형 그대로 분석할 수 있는 비파괴 분석을 실시하였다. 분석은 크게 유물 표면 관찰을 위한 현미경 조사, 내부 구조 확인을 위한 X-선 조사, 재료학적 특성을 파악하기 위한 성분 분석으로 구분하여 진행하였다.

분석 대상 금제 유물은 크기가 작고 매우 정교하여 육안으로 관찰하기 어려운 부분들이 있어 실체현미경(M80, Leica, Germany)을 이용하여 고배율로 관찰하고, 좀 더 정밀한 부분은 주사전자현미경(SEM: Crossbeam550, Carl Zeiss Microscopy, Germany)을 이용하여 관찰하였다. 주사전자현미경 분석 조건은 20kV, SE 모드로 하였다.

겉으로 확인되지 않은 유물 내부 구조를 관찰하기 위해 Hard X-선(SMART EVO300DS, XYLON, Germany) 촬영을 실시하였다. Hard X-선의 촬영 조건은 160kV, 3mA, 240초로 하였다. 또한 X-선을 유물에 투과시켜 3차원으로 재구성하여 유물 외면, 내부 구조, 단면 등을 좀 더 명확히 확인하기 위해 CT 촬영(CT Modular, XYLON, Germany)을 실시하였다. 이때 촬영 조건은 200kV, 0.32mA로 하였다.

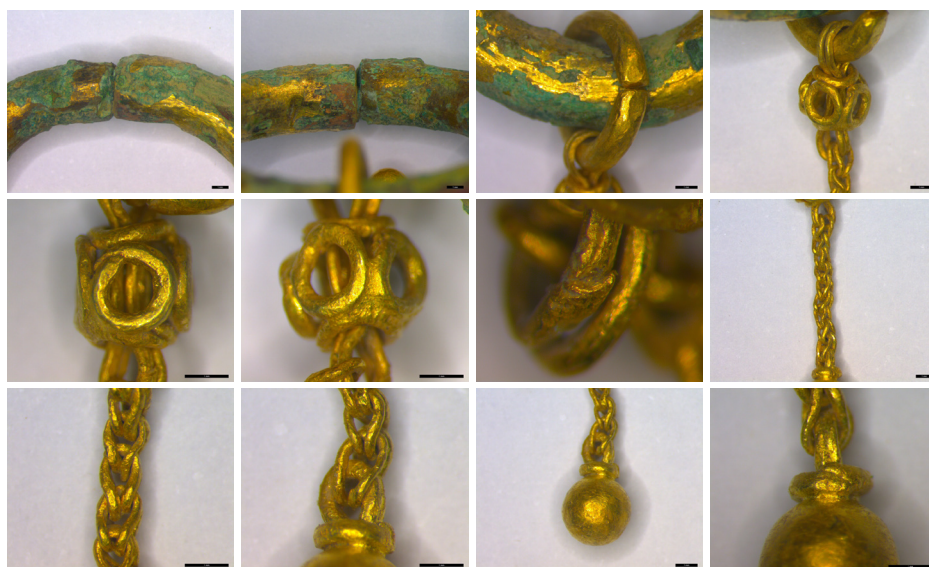
성분 조성에 대한 비파괴 분석은 측정 지점을 확인하며 성분 분석이 가능한 Micro XRF(μ XRF Spectrometer ARTAX, Bruker, Germany)를 이용하였다. 금동이식은 주환, 유환, 중간식, 수하식 등으로 구분하여 측정하였으며 위치에 따른 성분을 비교하였다. 분석 조건은 전압 30kV, 전류 500 μ A, 측정 시간 100초, 콜리메이터 0.65mm로 하였다.

3. 연구결과

3.1. 표면관찰

3.1.1. 실체현미경

금동이식의 실체현미경 관찰 결과, 주환은 소지금속인 동의 부식으로 인해 금이 많이 박락되어 있으며, 남아있는 금은 미량으로 심재와 매우 밀착된 상태이다^[도2(a)]. 주환은 동봉에 금판을 감싼 후 원형으로 구부려서 제작하였으며, 집게흔이 관찰된다^[도2(b)]. 유환도 같은 원리로 금봉의 양끝을 집게로 잡고 둥글게 휘어 원형을 만들어주었다^[도2, 도3(c)]. 중간식은 중간식 고리와 소환 연접육면체, 사슬로 구성되어 있으며, 유환과 사슬을 연결하는 것이 중간식 고리이다^[도2(d), 도3(e)]. 중간식 고리는 금사를 사선으로 절단하여 마감하고^[도2(g), 도3(h)], 두 줄을 겹쳐 길쭉한 타원형을 만든 뒤 중간부분을 구부려 연결한 형태로 소환 연접육면체 내부를 통과한다. 소환 연접육면체는 금봉을 환재에 감은 후 사선으로 절단하여 붙여 소환을 제작하고 같은 모양의 소환 6개를 땀 접합으로 육면체를 만들었다^[도2(e), 도3(f)]. 사슬은 고리를 계속 연결하여 만든 형태로^[도2(h), 도3(i)], 고리는 금사를 사선으로 절단하여 양 끝을 붙여 고리를 만들고 길쭉한 타원형으로 만든 뒤 연결하고자 하는 부분에 걸고 중간을 구부려 U자형으로 만들어 양끝을 붙이는 과정을 반복하여 사슬형태로 연결하였다^[도2(i), 도3(j)]. 수하식은 수하식 고리와 소환, 구체로 구성되어 있으며, 구체에 고리를 달아 사슬과 연결하였고, 구체와 수하식 고리가 닿는 부분을 소환으로 감싼 형태이다^[도2, 도3(k)]. 이 소환 역시 금봉을 사선으로 절단하여 붙였다^[도2, 도3(l)]. 16석M-237-1과 16석M-237-2의 주환, 유환, 중간식, 수하식의 표면 관찰 결과, 동일한 기법으로 제작된 것으로 보이며 한 쌍으로 판단된다.



도2. 금동이식(16석M-237-1) 실체현미경 사진

a	b	c	d
e	f	g	h
i	j	k	l

- (a) 주환(×7.5)
- (b) 집계흔(×7.5)
- (c) 유환(×10)
- (d) 중간식 고리(×10)
- (e) 소환 연접육면체(×20)
- (f) 소환 연접육면체(×20)
- (g) 중간식 고리 마감부(×50)
- (h) 사슬(×7.5)
- (i) 사슬(×20)
- (j) 사슬 마감부(×20)
- (k) 수하식(×10)
- (l) 수하식 고리와 소환(×20)



도3. 금동이식(16석M-237-2) 실체현미경 사진

a	b	c	d
e	f	g	h
i	j	k	l

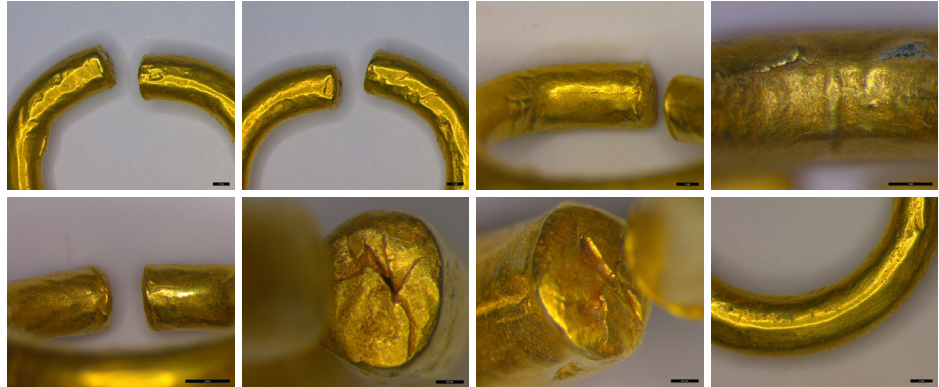
- (a) 주환(×7.5)
- (b) 주환 금 부분(×7.5)
- (c) 유환(×10)
- (d) 유환 마감부(×20)
- (e) 중간식 고리(×10)
- (f) 소환 연접육면체(×20)
- (g) 소환 연접육면체(×20)
- (h) 중간식 고리 마감부(×32)
- (i) 사슬(×7.5)
- (j) 사슬(×20)
- (k) 수하식(×10)
- (l) 수하식 고리와 소환(×20)

세환이식(15석M-015)의 이음선과 마구리 단면 관찰 결과, 심재를 제작한 후에 금판을 이용하여 감싸고 마구리 부분에 남은 금판은 접어 마감하였다^[도4(c),(f),(g)]. 심재는 이음선이 벌어진 틈으로 구리 부식물이 발견되어 동재임을 확인하였다^[도4(d)]. 압흔은 발견되지 않고 금판과 심재가 잘 밀착되어 있는 것으로 보아 금판의 마감부에 열을 가해 강하게 밀착하는 가열 압점의 공정을 거친 것으로 추정된다. 이후 양끝을

집게로 잡아 둥글게 휘어 원형의 이식을 만들었으며, 그 결과 집게흔과 내부에 주름이 관찰된다^[도4(a),(b)]. 마무리로 이식의 표면을 광택을 내고 주름을 줄이기 위한 광쇠흔도 발견하였다^[도4(h)].

a	b	c	d
e	f	g	h

- (a) 앞면 집게흔(×7.5)
- (b) 뒷면 집게흔(×7.5)
- (c) 이음선(×10)
- (d) 이음선 들뜸(×20)
- (e) 마구리 내면(×10)
- (f) 마구리 단면(×25)
- (g) 마구리 단면(×25)
- (h) 광쇠흔(×10)

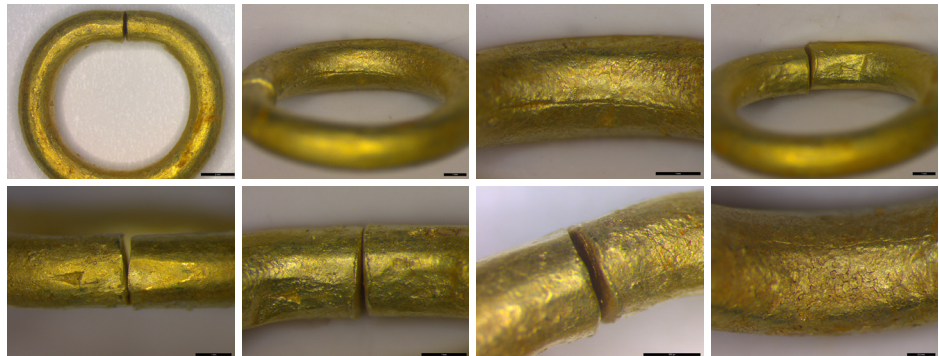


도4. 세환이식(15석M-015) 실체현미경 사진

세환이식(16석M-238)의 전체적인 형태는 양 끝이 맞닿아 있는 원형이며, 마구리 부분이 거의 붙어있다^[도5(a)]. 주환 안쪽면 중간에 선이 관찰되는데 처음에는 15석M-015와 같이 심재를 둘러싸기 위해 금관을 접으면서 생긴 이음선으로 보았으나, 들뜨거나 벌어진 부분이 없고 겹쳐진 부분도 확인되지 않아 금봉을 이용하여 제작하였을 가능성을 제기하였다. 금 소재를 봉 형태로 만들 때 생긴 주조흔 또는 인발흔으로 생각되며^[도5(b),(c)], 마구리 양쪽 끝에 금이 한쪽으로 밀린 흔적은 금봉을 자르고 두드려 다듬는 과정에서 생긴 것으로 보인다^[도5(f),(g)]. 금봉의 양 끝을 집게로 잡고 둥글게 휘어 환을 제작하였음을 보여주는 집게흔이 발견되었고 집게로 집은 부분은 직선 형태를 띤다^[도5(d),(e)].

a	b	c	d
e	f	g	h

- (a) 전체(×7.5)
- (b) 주환 안쪽면(×10)
- (c) 주환 안쪽면(×20)
- (d) 집게흔(×10)
- (e) 집게흔(×16)
- (f) 마구리(×20)
- (g) 마구리(×25)
- (h) 표면(×25)

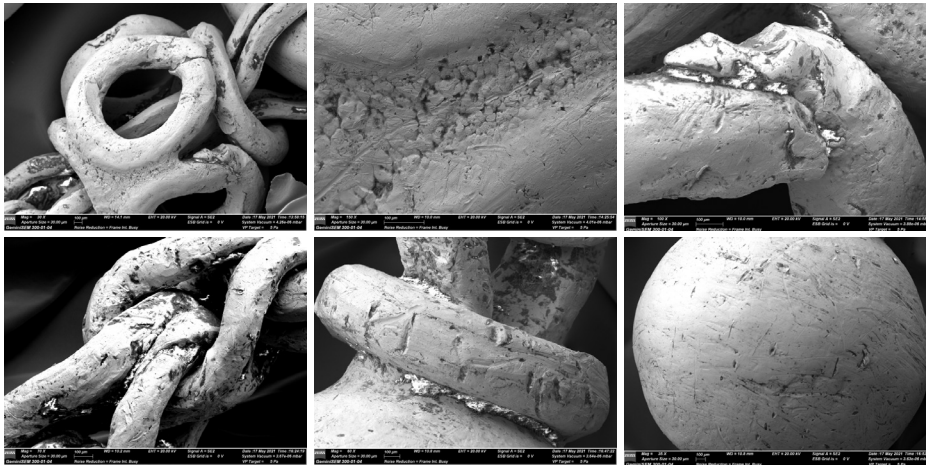


도5. 세환이식(16석M-238) 실체현미경 사진

3.1.2. 주사전자현미경

육안과 실체현미경 관찰로 확인할 수 없었던 곳을 주사전자현미경 조사를 통해 좀 더 높은 분해능과 배율로 관찰하였다.

중간식 소환 연접육면체의 소환들은 마구리 부분이 사선으로 마무리 되어있는데 이는 접합력을 높이기 위한 것으로 생각된다^[도6,도7(a),(c)]. 그리고 소환의 연접 부분은 금 분말을 용융시켜 접합한 금 땀범이 관찰되었다^[도6,도7(b)]. 이 부분은 추가적으로 성분 분석을 실시하였는데 땀 부분과 소환의 성분이 크게 차이가 없는 것으로 보아 성분 차이에 따른 용융점 차이보다는 금을 미세한 분말로 사용하여 표면적을 넓힘으로써 빠르게 녹게 하여 접합한 것으로 보인다. 수하식 구체는 X-선 촬영 결과에서 반구체 두 개를 접합한 흔적이 확인된 것과 동일하게 구체의 중간 부분에 띠가 둘러져 있는 것처럼 미세하게 단차가 보이며, 한 방향으로 문질러서 마무리한 흔적과 같은 마연흔이 관찰되었다^[도6,도7(f)].



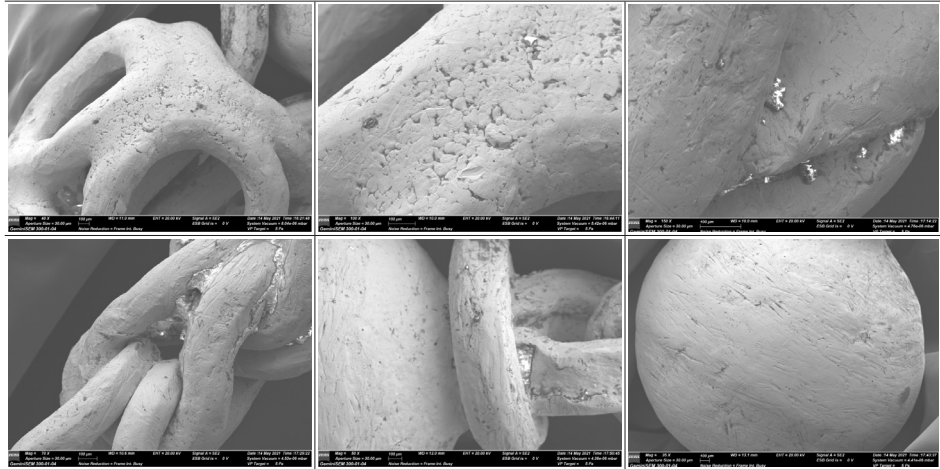
도6. 금동이식(16석M-237-1) SEM 이미지

a	b	c
d	e	f

- (a) 중간식 소환 연접육면체(X30)
- (b) 소환 연접육면체의 소환 땀(X150)
- (c) 소환 연접육면체의 소환 마구리(X100)
- (d) 중간식 사슬(X70)
- (e) 수하식 고리와 소환(X60)
- (f) 수하식 구체(X35)

a	b	c
d	e	f

- (a) 중간식 소환 연접육면체(X40)
- (b) 소환 연접육면체의 소환 땀(X100)
- (c) 소환 연접육면체의 소환 마구리(X150)
- (d) 중간식 사슬(X70)
- (e) 수하식 고리와 소환(X50)
- (f) 수하식 구체(X35)



도7. 금동이식(16석M-237-2) SEM 이미지

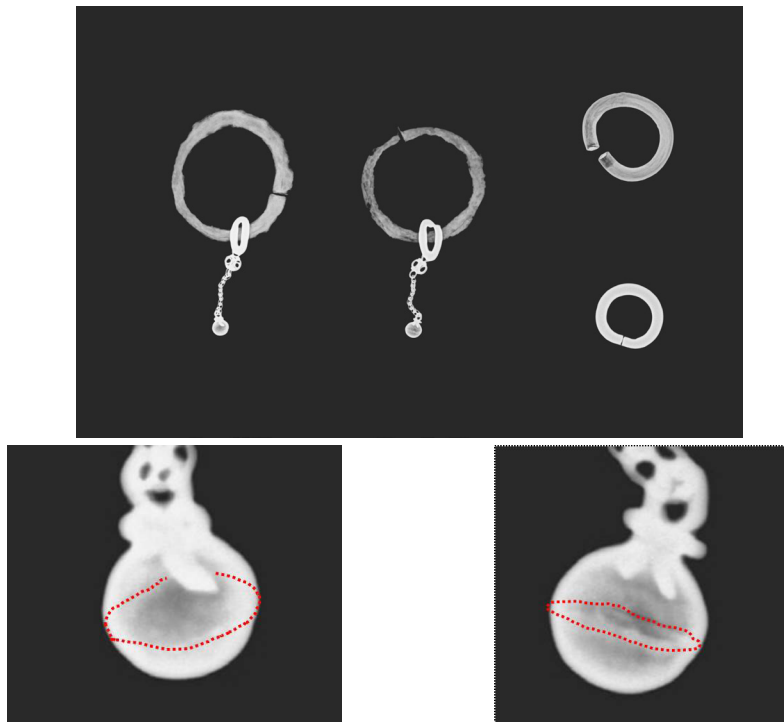
3.2. 내부구조 조사

3.2.1. X-선 촬영

금동이식(16석M-237)의 X-선 촬영 결과, 주환은 육안관찰과 동일하게 부식이 많이 진행되었으며, 유환은 밀도가 높은 것으로 보아 금봉을 사용하여 제작하였음을 알 수 있다. 그리고 수하식의 제작기법이 확인되었는데 구체는 반구체 두 개를 횡방향으로 땀하여 붙였으며, 수하식의 고리는 반구체 위쪽에 구멍을 뚫은 후 고리를 끼워 양끝을 구부려 고정하고 수하식 고리와 구체 사이는 소환을 감아 마무리하였다[도8(b),(c)].

세환이식(15석M-015)은 실체현미경 관찰 결과와 같이 동심재에 금판을 감싼 형태로 심재와 금의 밀도가 다르게 나타났다. 또한 심재의 양 끝은 밀도가 매우 낮게 관찰되어 심재의 다른 부분에 비해 부식이 많이 진행되었음을 확인하였다[도8(a)].

세환이식(16석M-238)은 밀도가 높고 전체적으로 균일하게 나온 것으로 보아 실체현미경 관찰에서 추측했듯이 금봉을 이용하여 환을 제작했음을 알 수 있었다[도8(a)].



도8. X-선 촬영 사진



- (a) 좌측: 16석M-237,
우측 상단: 15석M-015,
우측 하단: 16석M-238
(b) 16석M-237-1
수하식 구체
(c) 16석M-237-2
수하식 구체

3.2.2. 컴퓨터 단층 촬영(CT)

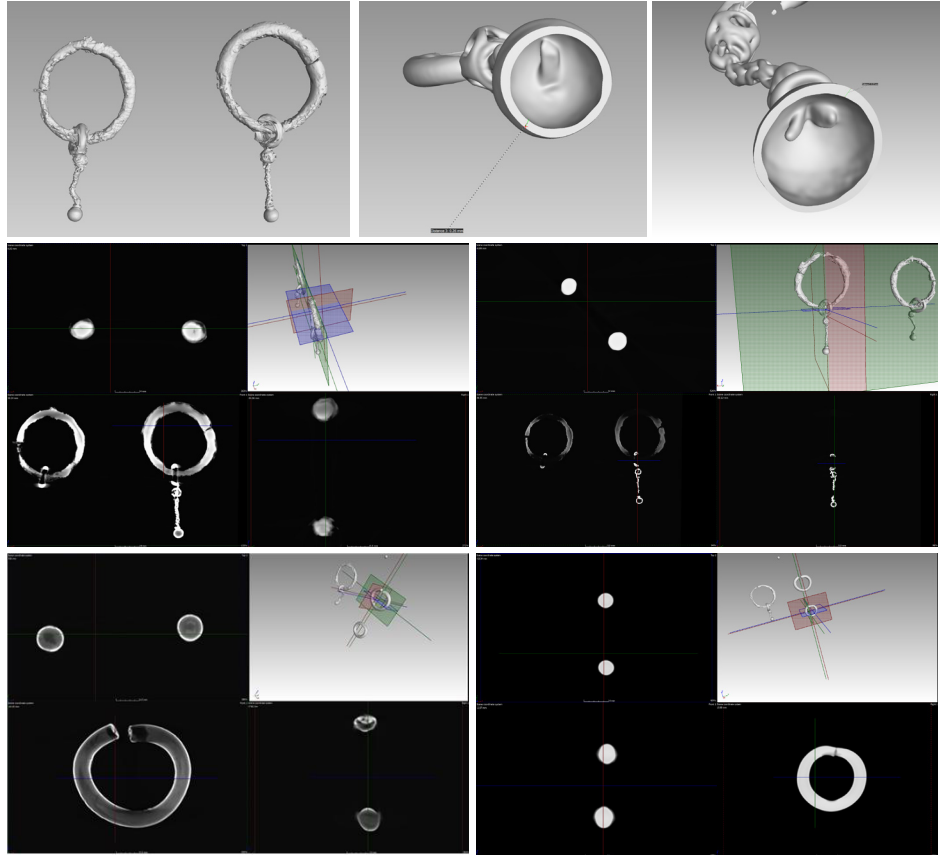
유물 스캐닝을 한 후 확인하고자 하는 부분의 단면을 잘라 내부의 형상을 파악하고자 하였다. 금동이식(16석M-237) 주환을 단면으로 잘라본 결과, 소지금속인 동의 부식으로 인한 밀도 차이를 확인하였으며^[도9(c)] 유환은 전체적으로 밀도가 균일하여 금봉을 구부려 제작한 것으로 보인다^[도9(d)]. 수하식의 구체도 종·횡으로 잘라보니 내부가 비어 있는 것을 확인하였고^[도9(b)], 이는 반구체 두 개를 뿔하여 붙인 X-선 촬영 결과를 뒷받침하는 결과이다. 또한 16석M-237-1은 구체 내부에서 확인되는 수하식 고리 길이가 한 쪽 끝이 더 짧아 양 끝이 다르게 확인되었고, 16석M-237-2 수하식 고리는 양 끝의 길이가 거의 동일하게 구부러져 있음을 확인하였다^[도9(b)]. 수하식 구체의 단면 두께도 측정하였는데 16석M-237-1은 0.26mm, 16석M-237-2는 0.22mm로 큰 차이가 없음을 확인하였다.

세환이식(15석M-015)은 X-선 촬영 결과와 동일하게 가장자리의 금판과 동심재의 밀도가 확연히 구분되어 나타나며 심재 양 끝이 부식으로 인해 약해져 있음이 확인되었다^[도9(e)]. 세환이식(16석M-238) 역시 X-선 촬영 결과와 동일하게 전체적으로 밀도가 높으며 종·횡으로 잘라도 밀도 차이가 없는 것으로 보아 금봉으로 제작하

였음을 뒷받침한다^[도9(f)].

a	b
c	d
e	f

- (a) 금동이식(16석M-237)
 (b) 금동이식(16석M-237)
 수하식 구체 단면
 (좌: 16석M-237-1,
 우: 16석M-237-2)
 (c) 금동이식(16석M-237)
 주환 단면
 (d) 금동이식(16석M-237)
 유환 단면
 (e) 세환이식(15석M-015)
 (f) 세환이식(16석M-238)



도9. 컴퓨터 단층 촬영(CT) 사진

3.3. 성분분석

3.3.1. X-선 형광분석

금제이식 3건의 성분을 확인하기 위해 XRF 분석을 실시하였으며, 분석 위치와 분석 결과는 표2와 같다.

금동이식(16석M-237)은 1건 2점으로 1점당 부위별로 8군데를 분석하였다. 주환의 표면 부식층은 주성분이 구리와 납으로 동심재임이 확인되었으며, 도금층은 주성분이 구리, 납, 금과 함께 수은이 검출되는 것으로 보아 동심재에 수은 아말감 금도금을 하였을 것으로 추정된다. 유환과 중간식, 수하식은 금과 은이 주성분이며, 캐럿으로 환산하면 약 19~21K 정도이다. 그 중 유환의 금 함량이 다른 부분에 비해 조금 높게 측정되었고, 중간식, 수하식은 비슷한 함량을 보였다.

세환이식(15석M-015)과 세환이식(16석M-238)의 표면 성분은 금, 은, 구리, 철로 거의 유사한 함량을 보였다. 세환이식(15석M-015)의 금 함량은 약 84wt.%, 은 함량은 약 15wt.%로 캐럿으로 환산하면 약 20K이다. 소량의 구리가 검출되는 것은 금 원석에 포함된 구리이거나 내부 심재의 구리가 부식되어 표면에 용출 또는 구리 이온이 금판에 침투된 것으로 생각된다. 세환이식(16석M-238)의 금 함량은 약 83wt.%, 은 함량은 약 17wt.%로 캐럿으로 환산하면 약 20K이다. 소량의 구리와 철은 금 원석에 포함되었을 것으로 생각된다. 두 이식의 성분은 유사하지만 색상차이가 나타나는 것은 금과 은의 함량에 따른 차이보다는 제작기법의 차이가 영향을 주었을 것으로 보인다.

표2. 금제이식 XRF 분석 결과

유물 분석 위치 사진															
															
금동이식(16석M-237)				세환이식(15석M-015)				세환이식(16석M-238)							
유물 번호	유물명	분석위치		검출 결과(wt.%)											
				Cu	Sn	Pb	Au	Hg	Ag	As	Zn	Fe	Ni	Mn	Sb
16석 M-237	금동 이식	L1	주환 표면부식층	83.36	0.23	8.57	0.10	0.01	1.62	0.01	0.12	1.87	0.24	0.04	3.84
		L2	주환 도금층	47.49	0.07	1.18	43.10	5.77	0.74	0.01	0.09	0.32	0.09	0.05	1.09
		L3	유환	0.40	-	-	88.30	-	11.12	-	-	0.18	-	-	-
		L4	소환 연접육면체	0.66	-	-	81.17	-	18.02	-	-	0.15	-	-	-
		L5	사슬 상단	0.71	-	-	81.11	-	17.93	-	-	0.25	-	-	-
		L6	사슬 하단	1.06	-	-	80.69	-	17.59	-	-	0.65	-	-	-
		L7	수하식 고리	0.65	-	-	81.56	-	17.63	-	-	0.16	-	-	-
		L8	수하식 구체	0.52	-	-	82.92	-	16.47	-	-	0.09	-	-	-
		R1	주환 표면부식층	81.05	0.14	14.26	0.08	0.00	0.42	0.02	0.21	0.13	0.06	0.00	3.64
		R2	주환 표면박락층	64.24	0.87	22.48	1.52	0.15	1.76	0.00	0.01	5.28	0.04	0.03	3.63
		R3	유환	0.35	-	-	87.33	-	12.20	-	-	0.12	-	-	-
		R4	소환 연접육면체	0.46	-	-	82.49	-	16.76	-	-	0.29	-	-	-
		R5	사슬 상단	0.50	-	-	82.33	-	16.49	-	-	0.68	-	-	-
		R6	사슬 하단	0.53	-	-	82.46	-	15.81	-	-	1.20	-	-	-
		R7	수하식 고리	0.55	-	-	81.50	-	17.53	-	-	0.42	-	-	-
		R8	수하식 구체	0.53	-	-	82.45	-	16.94	-	-	0.09	-	-	-
15석 M-015	세환 이식	-		0.95	-	-	84.21	-	14.80	-	-	0.04	-	-	-
16석 M-238	세환 이식	-		0.65	-	-	82.52	-	16.59	-	-	0.25	-	-	-

4. 보존처리

석촌동 출토 금제 유물의 보존처리는 각각 유물의 상태에 알맞은 최소한의 보존처리를 실시하였다. 수하식 달린 금동이식의 경우 발굴조사 현장에서 출토되었을 당시부터 주환 부분의 소지 금속 부식이 심하여 주환의 금은 대부분 박락되고 부식이 진행 중인 동만 남아 있는 상태이며, 수하식은 금사가 흙 등의 이물질과 엉켜 붙어 형태가 불안정한 상태였다. 이에 금동이식은 동제 유물 보존처리 과정을 적용하여 이물질 제거, 안정화 처리, 강화 처리, 접합 및 복원 순으로 진행하였다. 그 외 금제 유물은 부식에 안정하고 원래의 형태를 잘 유지하고 있어 이물질 제거만 실시하였다.

이물질 제거는 면봉이나 붓에 Ethyl alcohol을 묻혀 닦아내고 미세한 부분에 고착된 이물질은 현미경으로 관찰하며 각종 소도구를 이용하여 제거하였다. 단단하게 고착된 흙은 Ethyl alcohol에 유물을 침적시킨 후 유연하게 하여 제거하였다. 금동이식의 주환 소지 금속은 밝은 녹색을 띠며 가루화가 진행되고 있어 부분 임시 강화처리를 실시한 후 이물질 제거를 진행하였다. 부분 임시 강화처리는 Paraloid B-72 5wt.%(in Xylene) 용액을 상태가 취약한 부분에 붓으로 3회 도포하였다. 이물질 제거가 끝난 금동이식은 부식억제제인 B.T.A. 3wt.%(in Ethyl alcohol) 용액에 일주일간 침적한 후 꺼내어 자연건조 하였다. 강화처리는 금으로 만들어진 중간식과 수하식 부분은 진행하지 않고 동제로 만들어진 주환 부분만 강화제의 농도를 높여가며 실시하였다. Paraloid B-72 10wt.%(in Xylene) 용액을 2회 도포한 후 유물 상태를 확인하고 좀 더 용액의 농도를 높여 Paraloid B-72 15wt.%(in Xylene) 용액을 2회 추가 도포하였다. 강화제가 유물 내부까지 잘 침투될 수 있도록 증발속도가 빠른 Acetone 보다는 Xylene을 용제로 선택하였다. 마지막으로 분리된 파편을 순간접착제(Loctite 401)를 이용하여 접합하고, 미세한 균열 부분은 순간접착제(Axia)를 틈에 흘려주어 편이 더 이상 박락되지 않도록 하였다. 보존처리가 완료된 금동이식은 엉켜 붙은 수하식이 원래 형태를 되찾고 부식에도 안정화되었다.



도10. 이물질 제거 및 강화처리



도11. 금동이식(16석M-237) 처리 전 · 후 사진

5. 고찰 및 결론

본 연구에서는 백제 한성기 석촌동 고분군에서 출토된 금제이식의 과학적 분석과 보존처리를 통해 유물의 성분과 제작기법을 조사하고 원형을 복원하였다.

금동이식(16석M-237)은 주환 · 유환 · 중간식(중간식 고리, 소환 연접육면체, 사슬) · 수하식(수하식 고리, 소환, 구체)으로 구분되는 수하부 이식이다. 주환은 주성분인 구리 · 납 · 금과 함께 수은이 검출된 것으로 보아 동심체에 수은 아말감 금도금 기법을 사용한 것으로 보인다. 유환과 중간식, 수하식은 금과 은이 주성분으로 약 19~21K 정도이며, 유환의 금 함량이 좀 더 높고 중간식과 수하식은 비슷한 금 함량으로 확인되었다. 중간식의 소환 연접육면체에서 소환들의 접합은 금 분말을 이용하여 금땀을 하였음이 관찰되었으며, 소환과 금 분말의 성분 차이가 크게 없는 것으로 보아 용융점 차이로 인한 땀 방식이 아닌 금 분말을 사용하여 표면적을 넓혀 빠르게 녹여 접합한 것으로 추정된다. 그러나 미세한 부분 성분에 대한 정밀한 분석은 보완이 필요할 것으로 생각된다. 수하식 구체는 두께 약 0.2mm의 얇은 반구체 두 개를 땀하여 붙였으며, 두 개의 반구체를 붙이기 전에 위쪽 반구체에 구멍을 뚫어 금사를 고리모양으로 만든 후 중간식 사슬과 연결시켰다. 그리고 그 고리와 구체의 연결부위는 소환으로 둘러 마무리 하였다.

세환이식(15석M-015, 16석M-238)은 표면 성분과 금 함량이 유사하지만 한 점은 동심체에 금판을 씌운 이식이며, 다른 한 점은 금봉을 구부려 제작한 이식임을 확인하였다. 두 이식의 색상 차이는 심재를 둘러싼 금판의 두께와 심체에 금판을 밀착하기 위해 열을 가하거나 광쇠질 하는 등 제작기법 차이가 영향을 주었을 것으로 생각된다. 출토 위치에 따라 제작기법이 다른 유물이 부장되어 있음을 확인하였고 이를 통해 동시기의 같은 지역에서 다양한 방법으로 금속 공예품이 제작되었음을 짐작해 볼 수 있다.

이전 연구에서 백제 한성기에 해당되는 서산 부장리 유적 출토 금제 유물 조사 결과, 23K 두 점을 제외하고 14~19K가 주를 이루고 있으며, 위세품이 출토된 유구의

이식이 그렇지 않은 유구에 비해 18K 이상의 높은 금 순도를 가지며 복잡한 공정을 거쳐 제작되었음이 확인되었다. 또한 비슷한 시기의 지방 귀족 세력 무덤인 천안 용원리 유적에서 출토된 금제이식은 17~21K의 금 순도이며, 자연금을 별도 정련 과정 없이 용융하여 금제품을 제작하였을 가능성을 높게 보았다. 웅진기의 무령왕릉(22~23.8K)·공주 금학동(21~22K)·익산 왕궁리(18K미만·18K~23.5K이상) 출토 금제 유물과 비교하면 한성기에 출토된 금제 유물의 금 순도가 다소 낮으며 이는 계층·신분의 차이도 있을 수 있지만 당시에 고순도의 금제품을 제작하기 위한 정련 과정이 일반화되어 있지 않을 수 있다. 하지만 한성기의 석촌동 고분군에서 출토된 금제이식의 금 순도(19~21K)와 수은 아말감 금도금 기법, 금 분말을 이용한 금 뿔, 이식의 형태(유환과 수하부)에 따라 금 순도가 다른 점 등의 다양한 제작기술로 보아 피장자의 우월적 위치와 석촌동 고분군의 높은 위상을 판단할 수 있는 근거 자료가 되었으며, 정교한 한성기의 금공예 기술을 확인할 수 있었다. 그리고 이러한 기술이 웅진기 금공예 기술로 이어진 것으로 보인다.

4세기 백제 한성기를 대표하는 왕실과 중앙세력의 분묘군에서 출토된 금제이식을 조사함으로써 드물었던 백제 한성기 금속 공예품에 대한 자료 확보에 큰 의미가 있다 판단되며, 특히 수하부 이식의 경우 지금까지 조사되었던 한성기 이식 중 높은 수준의 공예 기술로 만들어진 이식이라는 점에서 주목할 만하다.

< 사 사 >

본 연구는 한성백제박물관 백제학연구소 석촌동 고분군 발굴조사 사업의 일환으로 진행하였으며, 분석을 도와주신 국립중앙박물관 보존과학부 신용비 선생님, 고수린 선생님, 양석진 선생님, 박진호 선생님께 감사드립니다.

참고문헌

1. 이한상, 백제이식에 대한 기초적 연구, *호서고고학회* **3**, p23, (2000).
2. 한송이, 익산 왕궁리 유적 출토 금제품의 화학 조성과 제작 기술, 공주대학교 대학원 문화재보존학과, 석사학위 논문, p1, (2006).
3. 백승희, 출토 금동유물의 표면색에 따른 금합금비에 관한 연구, 용인대학교 대학원 문화재보존학과, 석사학위 논문, p1, (2003).
4. 최기은, 비파괴 분석법을 활용한 무령왕릉 및 백제지역 금제품의 제작 특성, 공주대학교 대학원 문화재보존학과, 석사학위 논문, (2009).
5. 조현경, 조남철, 이훈, 서산 부장리 유적 출토 이식의 제작기법 및 위세품적 성격에 대한 고찰, *문화재* **43(3)**, p282-305, (2010).
6. 한성백제박물관, *서울 석촌동 고분군 I, 한성백제박물관 유적조사보고* **6**, p64, 한성백제박물관, 서울, (2019).
7. 한성백제박물관, *2019 서울 석촌동 고분군 발굴조사 현장설명회 자료집*, p3-4, 한성백제박물관, 서울, (2019).
8. 유혜선, 경주 계림로 14호분 장식보검 금립의 접합방법에 관한 고찰, *박물관보존과학* **16**, p4-13, (2015).
9. 조현경, 전유리, 어지은, 조남철, 부여 합정리 유적 출토 백제이식의 과학적 분석, *박물관보존과학* **13**, p71-80, (2012).