

# 몽골 도르릭나르스 흉노 무덤 2~4호분 출토 청동 및 금제 유물 분석

유혜선  
국립공주박물관 학예연구실

## Analysis of Bronze Artifacts and Gold Ornaments Excavated from Xiongnu Tombs No. 2~4 at Duurlig Nars in Mongolia

Heisun Yu

Curatorial Affairs Office, Gongju National Museum, Gongju, 314-020, Korea

Corresponding Author: consrv2@korea.kr, +82-41-850-6361

**초록** 본 연구는 몽골 도르릭나르스 유적 2호, 3호 및 4호분에서 출토된 청동제 및 금제 유물에 대한 과학적 분석 결과로부터 각 유적 출토품의 특징을 알아보는데 그 목적이 있다. 몽골의 흉노무덤인 도르릭나르스 유적 2호, 3호 및 4호분은 비교적 소형이고, 도굴 된 상태였음에도 불구하고 많은 유물이 다양하게 출토되었다. 특히 출토 유물에는 중국계 유물과 북방계 유물이 공존하고 있어 매우 중요한 유적으로 평가되고 있다. 먼저 청동 용기류의 경우 중국제인 한경이나 일산살 꼭지의 성분 조성과는 달리 주석에 비하여 납의 함유량이 높은 특징을 보였는데, 특히 2호의 청동쟁반, 청동등잔 그리고 4호의 청동술의 경우는 주석이 1wt% 정도로 적게 함유되어 있어 Cu-Pb의 2원계 합금 조성을 보였다. 금제품의 경우는 2호분 장식품의 제작에 비교적 높은 순도의 금이 사용된 것으로 조사되었으며, 금제 누금 장식의 금 알갱이의 접합에는 금과 구리를 합금한 금뿔이 사용되었거나 확산접합(말라카이트나 산화구리 화합물 가루를 사용함)에 의하여 접합했을 가능성이 높았다. 향후 몽골지역 뿐만 아니라 다른 지역의 흉노 무덤 출토품에 대한 과학적 조사 및 분석이 더 많이 진행된다면 흉노 문화에 대한 더 많은 문제들을 해결할 수 있는 실마리를 제공하게 될 것이다.

**중심어:** 몽골, 도르릭나르스, 흉노무덤, 청동용기, 금제장식, 누금

**ABSTRACT** A purpose of this research is to find out characteristic of bronze artifacts and gold ornaments excavated from Xiongnu tombs No. 2~4 at Duurlig Nars in Mongolia through scientific analysis of them. The Tombs are comparatively small. There were still lots of relics remaining although the tombs had been already robbed. Also the tombs are evaluated important since the origin of them show coexisting of chinese and northern style. First of all, an analysis result about bronze vessels found in this site, they have high lead(Pb) content and relatively low tin(Sn) content, as compared with the Bronze Han Mirror and End-fittings of Bronze Parasol Rib. Especially in case of bronze tray and bronze lamp from the no. 2 tomb and also bronze cauldron from the no. 4 tomb contain only 1wt% of tin which means binary alloy composition(Cu-Pb). Also, in the case of gold ornaments found in the no. 2 tomb, they have comparatively high purity. And the research suppose that the high possibility of that they were used soldering using alloy of Au-Cu or diffused bonding(using malachite and copper oxide) for joining gold grains of gold granulation ornament. Further scientific

research and analysis in Mongolia and other countries will provide more clues to solve mystery of Xiongnu culture.

Key Words: Mongolia, Duurlig Nars, Xiongnu Tomb, Bronze vessels, Gold ornaments, Granulation

## 1. 서론

몽골의 흉노 무덤은 기원전 1세기~기원후 1세기에 이르기까지 약 150~200년 정도의 기간에 걸쳐 만들어졌다고 보고 있으며, 몽골에서 흉노 유적의 발굴은 1920년대에 이루어진 노용 울(Noyon uul) 유적에 대한 조사로부터 시작되었다<sup>1</sup>. 노용 울 유적은 1912년 금광 탐사작업 중에 우연히 발견되었으며 1924년 구소련 과학아카데미에서 보낸 몽골-티베트 조사단에 의해 본격적인 발굴조사가 이루어졌다. 이후에도 구소련을 비롯하여 몽골, 헝가리 고고학자들이 발굴에 참여하였으며, 2006년부터 몽골-러시아 공동조사단이 대형 무덤 발굴조사를 실시하고 있다. 노용 울 유적에서 발견된 한나라 수입품과 중앙아시아 왕국의 비단과 직물들, 그리고 동물 문양 유물은 흉노의 대외 교류 활동 뿐만 아니라 그 문화에 담긴 복합적 성격을 연구하는 시발점을 마련해 주었으며, 흉노역사에 대한 연구의 폭을 넓혀 줄 수 있었다<sup>2</sup>.

우리나라는 1997년부터 국립중앙박물관과 몽골국립역사박물관, 몽골과학아카데미 고고학연구소가 공동으로 한-몽 공동학술조사(MON-SOL PROJECT)를 현재까지 진행하고 있다. 한-몽 공동학술조사단은 2000년대에 들어와서 흉노시대 무덤을 조사하였는데, 이 중에서 몽골 도르릭나르스 유적의 경우는 보존과학자가 발굴에 함께 참여하여 출토유물에 대한 응급조치를 현장에서 바로 할 수 있었으며, 발굴 직후 대부분 보존처리를 비롯한 과학적인 조사 분석이 수행될 수 있어 매우 의미가 있는 발굴이라고 여겨진다.

도르릭나르스 유적은 1974년 체벤도르지 등에 의해 발견된 후, 본격적인 발굴조사가 진행되지 않았음에도 몽골 내에서 주목받아 온 대형 무덤군이다<sup>3</sup>. 2006년부터 한국-몽골 공동조사단이 처음으로 발굴조사를 시작해 2007년 묘도(墓道, 무덤으로 통하는 길)가 있는 ‘凸’자형 무덤 1기(2호분), 묘도시설이 없는 무덤 2기(3호 및 4호분)에 대한 발굴을 마무리하였다. 이 무덤들은 비교적 소형에 속하고, 도굴에 의해 매장주체부가 훼손된 상태였음에도 불구하고 많은 유물이 다양하게 출토되었다. 특히 출토 유물에는 중국계 유물과 북방계 유물이 공존하고 있어 매우 중요한 유

적으로 평가되고 있다.

본 연구에서는 몽골 도르릭나르스 유적 2호, 3호 및 4호분에서 출토된 청동 및 금제 유물에 대한 과학적 분석을 실시하여, 각 무덤에서 출토된 청동 및 금제 유물의 성분 조성상의 차이점에 대하여 살펴보았다. 특히 청동유물의 성분 조성상에 나타난 특징을 고찰하고, 금제 누금장식의 금알갱이 접합재료의 종류를 규명하는데 중점을 두었다.

## 2. 분석대상 및 방법

### 2.1. 분석대상

#### 2.1.1. 청동유물

몽골 도르릭나르스 흉노무덤에서 출토된 분석 대상 청동유물은 주전자, 쟁반, 등잔, 술 등 주로 생활용기 등이다. 분석은 유물의 원형이 잘 남아 있는 경우(등잔, 일산살꼭지, 환)에는 비파괴 방법으로 분석한 결과를 100%로 normalization 하였고, 출토 당시부터 여러 개의 파편으로 분리되어 있는 유물의 경우(동경, 괴, 주전자, 쟁반, 술)는 소량의 시료를 채취하여 에폭시 수지로 마운팅 한 다음 정량분석을 수행하였다. 보다 상세한 분석 대상품 목록은 Table 1에 수록하였다.









#### 2.1.2. 금제유물

몽골 도르릭나르스 유적 출토 금제품의 경우는 대부분이 장식류이며, 특히 2호분 출토 금제품의 경우는 누금장식, 달모양장식, 목관장식 등 다양하였다. 보다 상세한 분석 대상품 목록은 Table 2에 나타내었다.



### 2.2. 분석 방법

몽골 도르릭나르스 출토 청동제 및 금제 유물의 성분 조성 분석은 X-선 형광분석기(XRF)를 사용하였고, 금제 유물 중에서 누금장식의 땀남 부분에 대한 성분분석 및 세부 관찰은 에너지분산형 분광기 부착 주사전자 현미경(SEM/EDS)을 사용하였다. 이 때 사용한 분석조건은 Table 3과 같다.












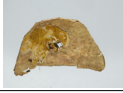

**Table 1.** The list of the analyzed bronze artifacts excavated from Duurlig Nars in Mongolia.

| Site       | Artifacts                          | Items | Photo   | Remarks                            |
|------------|------------------------------------|-------|---|------------------------------------|
| Tomb no. 2 | Bronze mirror                      | 1     |    | Sample taken(destructive analysis) |
|            | A lump of bronze                   | 1     |    | Sample taken(destructive analysis) |
|            | Bronze kettle                      | 1     |    | Sample taken(destructive analysis) |
|            | Bronze tray                        | 1     |    | Sample taken(destructive analysis) |
|            | Bronze lamp                        | 1     |   | Nondestructive analysis            |
|            | End-fittings of bronze parasol rib | 1     |  | Nondestructive analysis            |
| Tomb no. 3 | Bronze rings                       | 2     |  | Nondestructive analysis            |
| Tomb no. 4 | Bronze cauldron                    | 1     |  | Sample taken(destructive analysis) |

**Table 2.** The list of the analyzed gold ornaments excavated from Duurlig Nars in Mongolia.

| Site       | Artifacts                             | Items | Photo   | Remarks                 |
|------------|---------------------------------------|-------|---|-------------------------|
| Tomb no. 2 | Gold ornaments (granulation)          | 2     |  | Nondestructive analysis |
|            | Gold ornament(mounted with turquoise) | 1     |  | Nondestructive analysis |

**Table 2.** continued.

| Site       | Artifacts                          | Items | Photo   | Remarks                 |
|------------|------------------------------------|-------|---|-------------------------|
|            | Gold ornament                      | 1     |    | Nondestructive analysis |
|            | Gold ornament                      | 1     |    | Nondestructive analysis |
|            | Gold ornament(shape of circle)     | 1     |    | Nondestructive analysis |
|            | Gold ornament(shape of the sun)    | 1     |    | Nondestructive analysis |
| Tomb no. 2 | Gold ornament (shape of the moon)  | 1     |    | Nondestructive analysis |
|            | Gold ornament (shape of rectangle) | 1     |   | Nondestructive analysis |
|            | Gold ornament                      | 1     |  | Nondestructive analysis |
|            | Gold nails                         | 4     |  | Nondestructive analysis |
|            | Gold ornaments of coffin           | 10    |  | Nondestructive analysis |
| Tomb no. 3 | Gold belt ornament                 | 1     |  | Nondestructive analysis |
|            | Gold ornaments                     | 2     |  | Nondestructive analysis |
| Tomb no. 4 | Gold ornament (shape of the moon)  | 1     |  | Nondestructive analysis |
|            | Gold ornaments of coffin           | 6     |  | Nondestructive analysis |

**Table 3.** Analytical conditions.

| Instruments | Model  | conditions |             |       |          |
|-------------|--|------------|-------------|-------|----------|
|             |  | Voltage    | Current     | Count | Distance |
| XRF         | portable $\mu$ XRF Spectrometer, ArtTAX, Röntec, Germany | 50kV       | 600 $\mu$ A | 100s  | 4mm      |
| SEM/EDS     | Hitachi 3500N, Japan/ Kevex Superdry, USA                | 20kV       | 75 $\mu$ A  | 100s  | 15mm     |

**Table 4.** Chemical contents of each bronze artifacts. (wt%)

| Artifacts                          | Anal. position | Cu    | Sn    | Pb    | Sb   | Ag   | Zn   | Ni   | As   | Fe   | Remarks    |
|------------------------------------|----------------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------------|
| Bronze mirror                      | 1              | 61.93 | 26.87 | 9.50  | 0.75 | 0.33 | 0.20 | 0.20 | 0.05 | 0.02 | Tomb No. 2 |
|                                    | 2              | 63.60 | 25.29 | 9.66  | 0.60 | 0.37 | 0.13 | 0.22 | 0.07 | 0.04 |            |
|                                    | 3              | 63.40 | 25.47 | 9.69  | 0.56 | 0.38 | 0.13 | 0.21 | 0.07 | 0.03 |            |
|                                    | Average        | 62.98 | 25.88 | 9.62  | 0.64 | 0.36 | 0.16 | 0.21 | 0.06 | 0.03 |            |
| A lump of bronze                   | 1              | 64.08 | 26.20 | 8.29  | 0.67 | 0.27 | 0.13 | 0.24 | 0.05 | 0.03 |            |
|                                    | 2              | 64.34 | 26.12 | 8.17  | 0.62 | 0.21 | 0.05 | 0.18 | 0.07 | 0.10 |            |
|                                    | 3              | 64.36 | 25.71 | 8.41  | 0.59 | 0.31 | 0.13 | 0.22 | 0.06 | 0.01 |            |
|                                    | Average        | 64.26 | 26.01 | 8.29  | 0.63 | 0.26 | 0.10 | 0.21 | 0.06 | 0.05 |            |
| Bronze kettle                      | 1              | 84.19 | 4.13  | 10.10 | 0.80 | 0.27 | 0.17 | 0.26 | 0.04 | 0.03 |            |
|                                    | 2              | 84.49 | 4.10  | 9.69  | 0.85 | 0.29 | 0.17 | 0.28 | 0.05 | 0.03 |            |
|                                    | 3              | 84.59 | 4.14  | 9.40  | 1.04 | 0.29 | 0.17 | 0.27 | 0.05 | 0.03 |            |
|                                    | Average        | 84.42 | 4.12  | 9.73  | 0.90 | 0.28 | 0.17 | 0.27 | 0.05 | 0.03 |            |
| Bronze tray                        | 1              | 82.76 | 1.02  | 13.32 | 0.33 | 0.42 | 0.17 | 0.24 | 0.78 | 0.88 |            |
|                                    | 2              | 82.19 | 1.01  | 13.71 | 0.38 | 0.53 | 0.17 | 0.23 | 0.78 | 0.97 |            |
|                                    | 3              | 84.80 | 1.02  | 11.03 | 0.48 | 0.51 | 0.17 | 0.23 | 0.74 | 0.96 |            |
|                                    | Average        | 83.25 | 1.02  | 12.69 | 0.40 | 0.49 | 0.17 | 0.23 | 0.77 | 0.93 |            |
| Bronze lamp                        | 1              | 93.98 | 1.03  | 3.10  | 0.75 | 0.05 | 0.27 | 0.24 | 0.23 | 0.16 |            |
|                                    | 2              | 93.94 | 1.05  | 3.02  | 0.89 | 0.05 | 0.28 | 0.25 | 0.22 | 0.14 |            |
|                                    | Average        | 93.96 | 1.04  | 3.06  | 0.82 | 0.05 | 0.28 | 0.25 | 0.23 | 0.15 |            |
| End-fittings of bronze parasol rib | 1              | 80.08 | 12.92 | 4.13  | 1.75 | 0.08 | 0.08 | 0.31 | 0.17 | 0.09 |            |
|                                    | 2              | 81.18 | 12.32 | 3.97  | 1.51 | 0.09 | 0.07 | 0.30 | 0.16 | 0.08 |            |
|                                    | 3              | 79.86 | 12.75 | 4.61  | 1.65 | 0.08 | 0.08 | 0.29 | 0.17 | 0.14 |            |
|                                    | Average        | 80.37 | 12.66 | 4.24  | 1.64 | 0.08 | 0.08 | 0.30 | 0.17 | 0.10 |            |
| Bronze ring no. 1                  | 1              | 73.63 | 7.12  | 16.91 | 1.56 | 0.09 | 0.17 | 0.21 | 0.10 | 0.21 |            |
|                                    | 2              | 75.26 | 6.99  | 15.41 | 1.68 | 0.07 | 0.15 | 0.18 | 0.10 | 0.17 |            |
|                                    | Average        | 74.44 | 7.05  | 16.16 | 1.62 | 0.08 | 0.16 | 0.19 | 0.10 | 0.19 |            |
| Bronze ring no. 2                  | 1              | 80.93 | 6.14  | 10.74 | 1.53 | 0.06 | 0.16 | 0.20 | 0.07 | 0.17 |            |
|                                    | 2              | 74.58 | 6.28  | 17.07 | 1.41 | 0.06 | 0.14 | 0.20 | 0.07 | 0.19 |            |
|                                    | 3              | 80.93 | 5.99  | 11.11 | 1.32 | 0.06 | 0.14 | 0.20 | 0.07 | 0.18 |            |
|                                    | Average        | 78.81 | 6.14  | 12.97 | 1.42 | 0.06 | 0.15 | 0.20 | 0.07 | 0.18 |            |
| Bronze cauldron                    | 1              | 92.83 | 0.59  | 4.79  | 0.47 | 0.45 | 0.19 | 0.25 | 0.08 | 0.33 |            |
|                                    | 2              | 93.07 | 0.58  | 4.77  | 0.49 | 0.23 | 0.19 | 0.27 | 0.07 | 0.31 |            |
|                                    | 3              | 92.94 | 0.61  | 4.86  | 0.51 | 0.23 | 0.19 | 0.26 | 0.06 | 0.31 |            |
|                                    | Average        | 92.95 | 0.59  | 4.81  | 0.49 | 0.30 | 0.19 | 0.26 | 0.07 | 0.32 |            |

### 3. 분석결과 및 고찰

#### 3.1. 청동제 유물

몽골 도르릭나르스 유적 2호, 3호 및 4호분 출토 청동제

유물의 성분 분석 결과를 Table 4에 나타내었다. 먼저 2호 분 출토 동경은 Cu 62.98wt%, Sn 25.88wt%, Pb 9.62wt%가 주성분인 3원계 청동제품으로 확인되었다. 중국 진~송대(秦~宋代) 동경의 주성분에 따라 6가지 유형으로 분류한 선행 연구 결과와 비교해 보았다. 그 결과 도르릭나르스 유

적 2호분 출토 동경은 한대(漢代) 동경이 대표시기라고 할 수 있는 A유형(Cu 65.1~72.4wt%, Sn 21.0~27.6wt%, Pb 3.8~9.0wt%)과 가장 유사한 성분 조성을 갖고 있다고 여겨진다<sup>4</sup>. 청동 괴는 Cu 64.26wt%, Sn 26.01wt%, Pb 8.29wt% 이 주성분인 3원계 청동이며, 도르릭나르스 2호분 출토 동경과 유사한 성분 조성을 보였다. 이로부터 청동 괴는 동경과 관련이 있는 유물이라고 판단할 수 있었는데, 동경을 만드는 과정에서 생성된 것인지 아니면 화재 등과 같은 이유로 동경이 고온에서 용융되어 만들어진 것인지에 대해서는 정확하게 알 수가 없다.

청동 쟁반의 주성분은 Cu 83.25wt%, Sn 1.02wt%, Pb 12.69wt% 이고, As, Sb, Ag, Ni이 1wt% 미만 소량 함유되어 있었다. 청동 등잔은 Cu 93.96wt%, Pb 3.06wt% 가 주성분인 Cu-Pb의 2원계 청동제품으로 확인되었다. 그 밖에 Sb, Ni, As, Fe, Ni 등이 1wt% 미만으로 검출되었다. 일산살꼭지의 주성분은 Cu 79.45wt%, Sn 13.80wt%, Pb 4.62wt% 이며, Sb가 1wt% 이상 함유되어 있었다. 3호분 출토 청동 환(2점)의 성분 분석결과, 청동환1은 Cu 74.44wt%, Sn 7.05wt%, Pb 16.16wt% 이고, 청동환 2는 Cu 78.81wt%, Sn 6.14wt%, Pb 12.97wt% 인 3원계 청동이다. 그리고 이 청동 환은 Sb의 함유량이 약 1.5wt% 로 다른 청동 유물에 비해

여 다소 높은 함유량을 보였다. 4호분 출토 청동술은 Cu 92.95wt% 와 Pb 4.81wt% 가 주성분인 Cu-Pb의 2원계 청동제품으로 확인되었다. Sn은 0.59wt% 함유 되었으나, 인위적으로 첨가 되지 않은 것으로 판단된다. 그 밖에 Sb, Ni, Fe, Ag, As 등도 미량 검출되었다.

### 3.2. 금제유물

몽골 도르릭나르스 2호분 출토 금제 분석대상품은 누금 장식, 달모양 장식, 목관 장식 등 장식유물이 주류였으며, 성분 분석 결과를 Table 5에 나타내었다. 금제 유물은 성분 함유량과 함께 금의 순도를 계산하여 병기하였다.

누금 장식은 금 알갱이(grain), 환(ring), 땀(solder) 3부분으로 나누어서 분석하였고, 2점의 누금 장식에 대한 분석 결과가 유사한 것으로 보아 동일한 제작기법으로 만들어졌다는 것을 알 수 있었다. 즉, 금 알갱이의 경우 Au가 99wt% 이상이며, Ag는 0.5wt% 미만, Cu는 0.2wt% 미만으로, 금 알갱이 제작에 사용된 재료는 매우 높은 순도(23.8K)의 금이 사용된 것을 알 수 있었다(Figure 1).

환 부분에서는 Cu가 1.28wt% 와 1.72wt% 로 금 알갱이보다 Cu의 함유량이 높았으며, 금 순도는 23.6K(누금 장식 1) 및 23.4K(누금 장식2)로 금 알갱이 보다 약간 낮았다(Figure 2). 그리고 금 알갱이와 환이 접합될 수 있게 하기 위한 땀 부분에서는 Cu의 함유량이 더욱 높은 2.87wt% 와

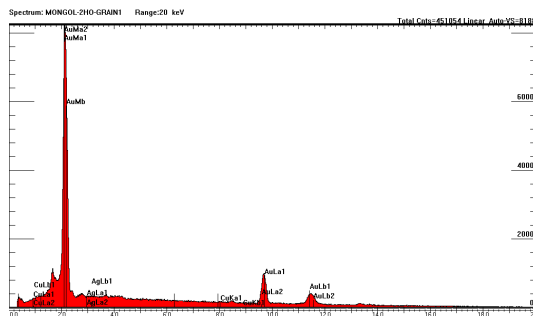


Figure 1. The EDS result of granule.

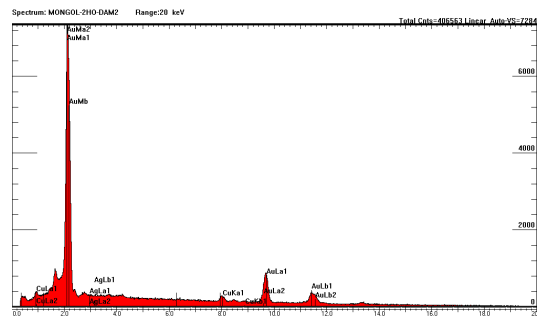


Figure 3. The EDS result of soldering.

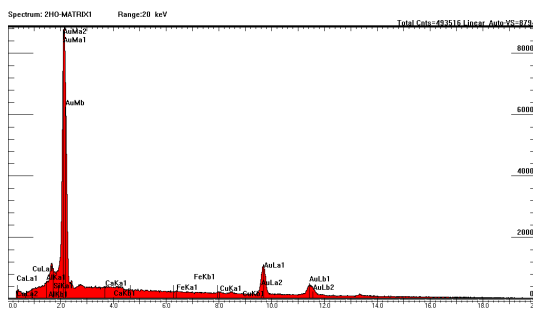


Figure 2. The EDS result of ring.

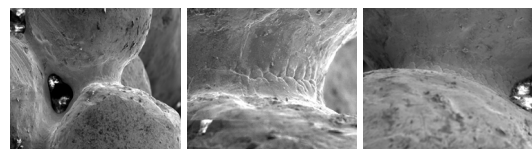


Figure 4. SEM image of the grains and the smaller crystalline structure at the interface.

**Table 5.** Chemical contents of each gold ornaments of Tomb No. 2. (wt%)

| Artifacts                             | Anal. position | Ti    | Cr    | Fe    | Cu    | Ag     | Au     | Karat(K) | Remarks                |
|---------------------------------------|----------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|----------|------------------------|
| Gold ornaments<br>(granulation)       | 1-solder       | 0.046 | 0.034 | 0.206 | 2.869 | 0.403  | 96.442 | 23.15    |                        |
|                                       | 1-grain        | 0.074 | 0.092 | 0.081 | 0.135 | 0.456  | 99.162 | 23.80    |                        |
|                                       | 1-ring         | 0.058 | 0.091 | 0.089 | 1.280 | 0.345  | 98.137 | 23.55    |                        |
|                                       | 2-solder       | 0.051 | 0.144 | 0.164 | 2.696 | 0.358  | 96.587 | 23.18    |                        |
|                                       | 2-grain        | 0.056 | 0.083 | 0.116 | 0.105 | 0.416  | 99.226 | 23.81    |                        |
|                                       | 2-ring         | 0.068 | 0.095 | 0.108 | 1.715 | 0.398  | 97.616 | 23.42    |                        |
| Gold ornament                         | 1-body         | 0.03  | 0.04  | 0.28  | 0.55  | 15.10  | 83.99  | 20.16    | mounted with turquoise |
|                                       | 1-grain        | 0.04  | 0.08  | 0.66  | 0.75  | 14.82  | 83.65  | 20.08    |                        |
|                                       | 1-bottom       | 0.05  | 0.19  | 0.17  | 0.23  | 14.98  | 84.37  | 20.25    |                        |
| Gold ornament                         | 2-body         | 0.06  | 0.09  | 0.16  | 1.27  | 15.71  | 82.72  | 19.85    |                        |
|                                       | 2-grain        | 0.06  | 0.07  | 0.07  | 0.30  | 15.92  | 83.59  | 20.06    |                        |
|                                       | 2-bottom       | 0.03  | 0.08  | 0.15  | 0.24  | 15.18  | 84.33  | 20.24    |                        |
| Gold ornament                         | 1              | 0.016 | 0.042 | 0.881 | 0.200 | 10.396 | 88.465 |          |                        |
|                                       | 2              | 0.024 | 0.081 | 0.904 | 0.248 | 10.278 | 88.465 |          |                        |
|                                       | 3              | 0.023 | 0.059 | 1.337 | 0.206 | 10.313 | 88.063 |          |                        |
|                                       | Average        | 0.021 | 0.061 | 1.041 | 0.218 | 10.329 | 88.331 | 21.20    |                        |
| Gold ornament<br>(shape of circle)    | 1              | 0.019 | 0.081 | 0.071 | 0.217 | 24.747 | 74.866 |          |                        |
|                                       | 2              | 0.022 | 0.064 | 0.085 | 0.103 | 23.766 | 75.960 |          |                        |
|                                       | 3              | 0.025 | 0.074 | 0.103 | 0.298 | 24.295 | 75.205 |          |                        |
|                                       | Average        | 0.022 | 0.073 | 0.086 | 0.206 | 24.269 | 75.344 | 18.08    |                        |
| Gold ornament<br>(shape of sun)       | 1              | 0.024 | 0.064 | 0.063 | 0.091 | 1.580  | 98.178 |          |                        |
|                                       | 2              | 0.034 | 0.077 | 0.046 | 0.105 | 1.623  | 98.115 |          |                        |
|                                       | Average        | 0.029 | 0.071 | 0.055 | 0.098 | 1.602  | 98.147 | 23.56    |                        |
| Gold ornament<br>(shape of moon)      | 1              | 0.021 | 0.104 | 0.060 | 0.165 | 1.538  | 98.112 |          |                        |
|                                       | 2              | 0.030 | 0.097 | 0.143 | 0.113 | 1.619  | 97.998 |          |                        |
|                                       | Average        | 0.026 | 0.101 | 0.095 | 0.139 | 1.579  | 98.055 | 23.53    |                        |
| Gold ornament<br>(shape of rectangle) | body-1         | 0.042 | 0.031 | 0.122 | 0.168 | 1.604  | 98.033 |          |                        |
|                                       | body-2         | 0.035 | 0.095 | 0.035 | 0.102 | 1.516  | 98.218 |          |                        |
|                                       | Average        | 0.039 | 0.063 | 0.079 | 0.135 | 1.560  | 98.126 | 23.55    |                        |
|                                       | pin-1          | 0.020 | 0.068 | 0.103 | 0.090 | 24.071 | 75.649 |          |                        |
|                                       | pin-2          | 0.040 | 0.058 | 0.110 | 0.113 | 23.536 | 76.143 |          |                        |
|                                       | pin-3          | 0.024 | 0.067 | 0.066 | 0.070 | 23.719 | 76.053 |          |                        |
| Gold ornament                         | Average        | 0.028 | 0.064 | 0.093 | 0.091 | 23.775 | 75.948 | 18.23    |                        |
|                                       | 1              | 0.025 | 0.065 | 0.118 | 0.147 | 10.220 | 89.426 |          |                        |
|                                       | 2              | 0.015 | 0.059 | 0.580 | 0.147 | 10.175 | 89.023 |          |                        |
|                                       | 3              | 0.016 | 0.069 | 0.083 | 0.168 | 10.087 | 89.577 |          |                        |
| Gold nails<br>(4 items)               | Average        | 0.019 | 0.064 | 0.260 | 0.154 | 10.161 | 89.342 | 21.44    |                        |
|                                       | 1-1            | 0.064 | 0.015 | 0.269 | 0.072 | 0.650  | 98.851 |          |                        |
|                                       | 1-2            | 0.084 | 0.073 | 0.329 | 0.126 | 0.619  | 98.771 |          |                        |
|                                       | Average        | 0.074 | 0.044 | 0.299 | 0.099 | 0.635  | 98.811 | 23.71    |                        |
|                                       | 2-1            | 0.071 | 0.064 | 0.213 | 0.081 | 0.757  | 98.814 |          |                        |
|                                       | 2-2            | 0.072 | 0.102 | 0.429 | 0.134 | 0.786  | 98.477 |          |                        |
|                                       | Average        | 0.072 | 0.083 | 0.321 | 0.108 | 0.772  | 98.646 | 23.67    |                        |
|                                       | 3-1            | 0.062 | 0.111 | 0.232 | 0.145 | 0.549  | 98.902 |          |                        |
|                                       | 3-2            | 0.075 | 0.110 | 0.152 | 0.062 | 0.667  | 98.933 |          |                        |
|                                       | Average        | 0.069 | 0.111 | 0.192 | 0.104 | 0.608  | 98.918 | 23.74    |                        |
| Gold nails<br>(4 items)               | 4-1            | 0.063 | 0.070 | 0.087 | 0.089 | 0.773  | 98.918 |          |                        |
|                                       | 4-2            | 0.056 | 0.089 | 0.243 | 0.155 | 0.772  | 98.685 |          |                        |
|                                       | Average        | 0.060 | 0.080 | 0.165 | 0.122 | 0.773  | 98.802 | 23.71    |                        |

Table 5. continued.

| Artifacts                           | Anal. position | Ti    | Cr    | Fe    | Cu    | Ag     | Au     | Karat(K)               | Remarks         |
|-------------------------------------|----------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|------------------------|-----------------|
| Gold ornaments of coffin (10 items) | 1-1            | 0.019 | 0.079 | 0.129 | 0.159 | 3.456  | 96.158 |                        |                 |
|                                     | 1-2            | 0.023 | 0.026 | 0.281 | 0.219 | 3.594  | 95.857 |                        |                 |
|                                     | 1-3            | 0.030 | 0.074 | 0.068 | 0.230 | 3.431  | 96.168 |                        |                 |
|                                     | Average        | 0.024 | 0.060 | 0.159 | 0.203 | 3.494  | 96.061 | 23.0                   |                 |
|                                     | 2-1            | 0.018 | 0.069 | 0.206 | 0.078 | 3.104  | 96.527 |                        |                 |
|                                     | 2-2            | 0.027 | 0.082 | 0.258 | 0.135 | 3.133  | 96.365 |                        |                 |
|                                     | Average        | 0.023 | 0.076 | 0.232 | 0.107 | 3.119  | 96.446 | 23.14                  |                 |
|                                     | 3-1            | 0.019 | 0.045 | 0.046 | 0.042 | 3.182  | 96.666 |                        |                 |
|                                     | 3-2            | 0.015 | 0.066 | 0.059 | 0.071 | 3.218  | 96.571 |                        |                 |
|                                     | Average        | 0.017 | 0.056 | 0.053 | 0.057 | 3.200  | 96.619 | 23.19                  |                 |
|                                     | 4-1            | 0.028 | 0.078 | 0.117 | 0.195 | 4.412  | 95.170 |                        |                 |
|                                     | 4-2            | 0.026 | 0.072 | 0.079 | 0.169 | 4.425  | 95.231 |                        |                 |
|                                     | Average        | 0.027 | 0.075 | 0.098 | 0.182 | 4.419  | 95.201 | 22.85                  |                 |
|                                     | 5-1            | 0.018 | 0.056 | 0.106 | 0.260 | 7.776  | 91.783 |                        |                 |
|                                     | 5-2            | 0.027 | 0.068 | 0.073 | 0.200 | 9.744  | 89.889 |                        |                 |
|                                     | Average        | 0.023 | 0.062 | 0.090 | 0.230 | 8.760  | 90.836 | 21.80                  |                 |
|                                     | 6-1            | 0.017 | 0.092 | 0.089 | 0.200 | 4.529  | 95.072 |                        |                 |
|                                     | 6-2            | 0.028 | 0.062 | 0.057 | 0.184 | 4.396  | 95.274 |                        |                 |
|                                     | Average        | 0.023 | 0.077 | 0.073 | 0.192 | 4.463  | 95.173 | 22.84                  |                 |
|                                     | 7-1            | 0.025 | 0.072 | 0.048 | 0.107 | 0.557  | 99.190 |                        |                 |
|                                     | 7-2            | 0.023 | 0.095 | 0.035 | 0.125 | 0.583  | 99.142 |                        |                 |
|                                     | Average        | 0.024 | 0.084 | 0.042 | 0.116 | 0.570  | 99.166 | 23.80                  |                 |
|                                     | 8-1            | 0.010 | 0.125 | 0.028 | 0.023 | 3.208  | 96.606 |                        |                 |
|                                     | 8-2            | 0.016 | 0.057 | 0.051 | 0.055 | 3.180  | 96.641 |                        | Floral ornament |
|                                     | Average        | 0.013 | 0.091 | 0.040 | 0.039 | 3.194  | 96.624 | 23.19                  |                 |
|                                     | 9-1            | 0.025 | 0.047 | 0.094 | 0.150 | 3.188  | 96.496 |                        |                 |
|                                     | 9-2            | 0.019 | 0.077 | 0.088 | 0.085 | 3.200  | 96.530 |                        | Floral ornament |
|                                     | Average        | 0.022 | 0.062 | 0.091 | 0.118 | 3.194  | 96.513 | 23.16                  |                 |
| 10-1                                | 0.021          | 0.067 | 0.216 | 0.622 | 6.933 | 92.140 |        |                        |                 |
| 10-2                                | 0.026          | 0.070 | 0.071 | 0.745 | 6.758 | 92.331 |        | Square-shaped ornament |                 |
| Average                             | 0.024          | 0.069 | 0.144 | 0.684 | 6.846 | 92.236 | 22.14  |                        |                 |

2.70wt% 로 확인되었으며(Figure 3), 땀 부분에서의 금 순도는 두 유물 모두 23.2K로 금 알갱이나 환 보다 낮았다. 이로부터 금 알갱이의 접합에 구리의 함유량이 높은 재료가 사용되었을 가능성이 높다고 판단되었다. 그리고 금 알갱이의 접합부분에서는 Figure 4와 같은 특징을 보였는데, 용융 후 재결정에 의한 금의 응고상 흔적 또는 접합시 사용된 분말의 흔적일 가능성이 있는 것으로 추정된다.

일반적으로 금 알갱이를 접합시키는 방법으로는 세 가지가 알려져 있는데, 첫째는 땀납법(blazer, solder)의 일종인 금납법, 둘째는 구리염(copper salts)을 이용한 구리확산법(copper diffusion), 셋째는 아무것도 가하지 않은 융접법(unaided fusion)이다<sup>5</sup>. 금납법은 1064°C 이상 가열해야 녹기 시작하는 순금에 Ag, Cu 등을 합금한 재료를 사용하면

모금(母金)보다 빨리 용해된다. 일반적으로 모금보다 약 2 캐럿(8.3%) 정도 낮은 품위를 맞추면 50~100°C의 온도차가 생기기 때문에 금 알갱이를 낮은 온도에서 접합할 수 있는 방법이다. 호암미술관 소장 금제세환이식, 경주 감은사 동삼층 석탑 출토 금제 풍탁 그리고 경주 보문동합장분 출토 금제태환이식의 금 알갱이 접합에 땀납의 일종인 금납법이 사용된 것으로 확인되었다<sup>6,7,8</sup>.

구리확산법은 일반적인 땀 대신 화학적 반응을 이용하여 소지 금속과 입자를 부착하는 방법인데, 두 금속이 최저의 융점에서 표면끼리 쉽게 녹아 붙는 공정(共晶, eutectic bonding) 현상을 이용한다. 즉, 접착제와 가루화된 탄산구리(malachite) 또는 산화구리(cuprite) 혼합물을 금 알갱이와 연결시킬 때 금립의 성분 조성에 상관없이 900°C 이하



**Table 6.** Chemical contents of each gold artifacts of Tomb No. 3 and 4. (wt%)

| Artifacts                          | Anal. position | Ti    | Cr    | Fe    | Cu    | Ag     | Au     | Karat(K) | Remarks    |            |
|------------------------------------|----------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|----------|------------|------------|
| Gold belt ornament                 | 1              | 0.017 | 0.071 | 0.210 | 2.832 | 7.999  | 88.871 |          | Tomb No. 3 |            |
|                                    | 2              | 0.011 | 0.079 | 0.316 | 2.602 | 8.165  | 88.828 |          |            |            |
|                                    | Average        | 0.014 | 0.075 | 0.263 | 2.717 | 8.082  | 88.850 | 23.55    |            |            |
| Gold ornaments (2 items)           | 1-1            | 0.019 | 0.071 | 0.218 | 0.371 | 7.935  | 91.386 |          |            |            |
|                                    | 1-2            | 0.024 | 0.069 | 0.249 | 0.343 | 7.653  | 91.663 |          |            |            |
|                                    | Average        | 0.022 | 0.070 | 0.234 | 0.357 | 7.794  | 91.525 | 21.97    |            |            |
| Gold ornament (shape of moon)      | 2-1            | 0.025 | 0.081 | 0.316 | 0.360 | 7.439  | 91.779 | 23.42    |            |            |
|                                    | body1-1        | 0.018 | 0.035 | 0.250 | 0.683 | 45.393 | 53.623 | 12.87    |            |            |
| Gold ornaments of coffin (6 items) | 1              | 0.017 | 0.034 | 0.207 | 0.345 | 17.841 | 81.555 | 19.57    |            | Tomb No. 4 |
|                                    | 2              | 0.016 | 0.033 | 0.359 | 0.382 | 18.954 | 80.256 | 19.26    |            |            |
|                                    | 3              | 0.022 | 0.067 | 0.343 | 0.270 | 18.425 | 80.872 | 19.41    |            |            |
|                                    | 4              | 0.034 | 0.062 | 0.257 | 0.344 | 7.934  | 91.370 | 21.93    |            |            |
|                                    | 5              | 0.037 | 0.037 | 2.891 | 0.213 | 18.685 | 78.137 | 18.75    |            |            |
|                                    | 6              | 0.057 | 0.061 | 0.647 | 0.306 | 19.943 | 78.986 | 18.96    |            |            |

에서 접합이 가능하다. 여기서 구리염을 사용한 경우는 접합부분에서 구리 성분이 약간 높은 경향을 보이며, 분말의 흔적이 남게 되는 경우가 많다. 용접법은 금 알갱이의 성분이 금, 은, 구리 3원계 합금재료인 경우 녹는점을 낮출 수 있기 때문에 어떠한 매질의 첨가 없이 금 알갱이를 접합할 수 있는 방법이다. 즉, 금속의 용융점에 가깝게 온도가 상승하면 금속내면보다 표면의 온도변환이 먼저 일어나므로 한 순간에 접점에서부터 용접이 이루어지는 원리를 이용한다<sup>9)</sup>.

이상 금 알갱이 접합 방법의 각 특징들을 고려해 보았을 때, 도르릭나르스 2호분 출토 누금 장식의 접합 방법은 구리확산법이 적용되었을 가능성이 높다고 여겨진다.

금박 장식(여자분)의 주성분은 Au 88.33wt%, Ag 10.33wt% 이고, Fe가 약 1wt% 정도 함유되었고, 금순도는 21.2K로 확인되었다. 금제 원형 장식의 주성분은 Au 75.34wt%, Ag 24.27wt% 이고, 금순도는 18.1K 이다. 금제 달모양 장식의 주성분은 Au 98.06wt%, Ag 1.58wt% 이고, 금순도는 23.5K 이다. 금제 해모양 장식은 Au 98.15wt%, Ag 1.60wt% 가 함유된 것으로 분석되었으며, 금 순도는 23.6K 로 확인되었다.

직사각형의 금제 장식에는 금제 못이 박혀 있었으며, 금판의 주성분은 Au 98.13wt%, Ag 1.56wt% 로 금순도가 23.6K 로 높은 반면에 금제 못의 주성분은 Au 75.95wt%, Ag 23.78wt% 로 금순도가 18.2K 로 낮았다. 금제 목관 장식(10점)은 유물에 따라서 약간의 편차를 보였으나 대략 금 순도에 따라 크게 세 종류로 구분할 수 있었다. 즉, 금 순도 23.8K로 금 함유량이 매우 높은 장식 1점(No. 7)과 약

22K 순도를 갖는 목관 장식 2점[No. 5 및 10(사각형장식)], 그리고 나머지 장식들은 대부분 23K 순도를 보였다.

마구 장식의 금장은 주성분이 Au 89.34wt% 와 Ag 10.16wt%이고, Fe는 0.26wt% 정도 함유되어 있었다. 금 순도는 21.4K 로 확인되었다. 금제 소형 못 4점 모두에서 Au가 98.8wt% 가량 함유된 것으로 분석되었으며, 이는 금의 순도가 23.7K 정도로 높은 것을 의미한다. 금제 장식1의 중앙에는 터키석이 감입되어 있으며, 테두리에는 금 알갱이가 장식되어 있다. 각 부분에 대한 금 순도는 금판 20.16K, 바닥 20.25K, 금 알갱이 20.08K 로 분석 되었다. 금제 장식2는 금 알갱이로 장식 되어 있으나 중앙의 감입 물질이 빠져 있다. 금판 19.85K, 바닥 20.24K, 금 알갱이 20.06K 의 순도를 보였다.

몽골 도르릭나르스 유적 3호 및 4호분 출토 금제 장식의 성분 분석 결과는 Table 6에 수록하였다.

먼저 3호분 출토 허리띠 장식은 철제의 앞면에만 금장 되어 있는 유물이며, 금장의 주성분은 Au 88.85wt%, Ag 8.08wt%, Cu 2.72wt% 로, 다른 금제 유물과는 달리 Cu의 함유량이 2wt% 이상 높은 특징을 보였으며 금순도는 21.3K 이었다. 금제 장식 2점의 성분 분석 결과, 주성분과 미량 성분에서 거의 동일한 결과를 얻었다. 즉, 주성분인 Au는 91.5wt% 및 91.8wt% 이고, Ag는 7.8wt% 및 7.4wt% 로, 두 유물의 주성분 조성의 편차는 약 0.3~0.4wt% 정도로 매우 유사였고, 금 순도는 22.0K 로 동일하였다. 다음으로 4호분 출토 금제 달모양 장식의 주성분은 Au 53.62wt%, Ag 45.39wt% 이고, Cu, Fe 등이 1wt% 미만으로 적게 함유

되어 있었다. 금순도는 12.9K 로 몽골 도르릭나르스 출토 금제품 중에서 가장 순도가 낮은 유물로 여겨진다. 금제품 관장식(6점)의 금 순도 분석 결과 5점은 19K 의 순도를 보였으나, 1점(2gold1)은 약 22K 로 순도가 더 높았다.

#### 4. 결론

몽골 도르릭나르스 흉노 무덤 2호, 3호 및 4호분에서 출토된 청동계 유물의 가장 큰 특징은 납과 비교했을 때, 주석의 함유량이 낮은 점이다. 특히 2호분 출토 용기류에서는 주석의 함유량이 더욱 낮았는데, 청동쟁반과 청동 등잔의 경우, Sn의 함유량이 약 1wt% 내외로 적게 함유되어 있었다. 여기서 Sn의 함유량이 약 1wt% 인 경우는 주석을 인위적으로 첨가한 것으로 보기에 무리가 있다고 생각되며, Cu-Pb 2원계 합금으로 보는 것이 타당한 것으로 여겨진다. 이와 같이 주석의 함유량이 낮은 특징은 4호분 출토 용기인 청동술에서도 확인되었는데, 청동술은 Cu가 90wt% 이상이고, Pb가 5wt% 미만으로 2호분 출토 청동 등잔과 성분 조성이 매우 유사한 것으로 파악되었다. 이와 같이 주석의 함유량이 낮은 청동계 생활용기가 제작된 이유에 관해서는 더 많은 분석자료 확보와 더불어 이 시기의 정치, 사회적인 문제와도 관련 지어 보아야 좀 더 명확하게 알 수 있을 것이다.

한편, 2호분에서 출토된 한경과 청동 괴의 성분 분석 결과가 유사하였으며, 이로부터 청동 괴는 거울과 관련된 것으로 판단되었다. 다만 청동 괴가 동경을 만드는 과정에서 생성된 것인지 아니면 화재 등과 같은 이유로 동경이 고온에서 용융되어 만들어진 것인지에 대해서는 정확하게 알 수가 없다. 추후 금속의 미세조직 관찰 및 유적과 주변 출토 유물들을 종합적으로 파악할 필요성이 있을 것으로 생각된다.

금제 유물의 경우 2호분 출토 금제품의 순도가 4호분 출토품 보다 더 높다는 사실을 확인할 수 있었는데, 특히 동일한 종류의 금제 장식품(달모양 장식 및 관장식)의 분석 결과로부터 명확하게 알 수 있었다. 그리고 금제 누금 장식

의 금 알갱이 접합에는 금과 구리를 합금한 금땀이 사용되었거나 산화구리 화합물을 매개체로 사용한 확산접합법을 사용했을 가능성이 높다고 판단된다.

#### 사 사

이 논문은 2010년도 정부재원(교육과학기술부 인문사회연구역량강화사업비)으로 한국연구재단의 지원(NRF-2010-32A-A00031)을 받아 연구되었습니다.

#### 참고문헌

1. Gelegdorj Eregzen, "몽골 흉노 무덤 연구". 서울대학교 대학원 박사학위논문, (2009).
2. 국립중앙박물관, *몽골 흉노무덤 자료집성*. (2008).
3. 장은정, 황보창서, 윤상덕, "몽골 도르릭나르스 흉노 무덤 발굴조사 보고". *초원의 대제국 흉노-2000년전 무덤의 발굴*, 국립중앙박물관, p204-213, (2007).
4. 유혜선, "국보 제141호 다뉴세문경 성분 조성에 관한 연구". *다뉴세문경 종합조사연구*, p102-121, 숭실대학교 한국기독교박물관, (2009).
5. McEwan, 2000: 229의 내용을 *34th International Symposium on Archaeometry*, p189, 2004, Zaragoza, Spain에서 재인용함.
6. 허우영, "5-6세기 금제 귀걸이 누금세공에 사용된 접합 기법". *삼성미술관 Leeum 연구논문집*, 1, p135-143, (2005).
7. 문환석 외, "재질분석을 통한 제작특성 연구". *값은사지 동삼층 석탑 사리장엄*, 국립문화재연구소, p154-171, (2000).
8. 유혜선, 윤은영, "횡혈식석실 출토 금제태환이식의 성분 조성 및 금립세공기법". *경주 보문동합장분*, p106-117, (2011).
9. Christiane Eluère, *Secrets of Ancient Gold*. p163-207, Trio, (1989).