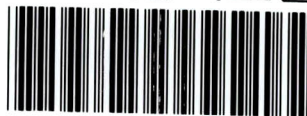


羅州 伏岩里 3號墳

(분석)



문화재청자료실



EM011706

2001

국립문화재연구소



羅州 伏岩里 3號墳

發掘調査報告書

(분석)



2001

국립문화재연구소

全南大學校博物館

羅州市

목 차

1. 나주 복암리 3호분 출토 유물의 과학적 보존처리	5
2. 羅州 伏岩里 3號墳 출토 人骨에 대하여	41
3. 나주 복암리 3호분 출토인골에 대한 분석	47
4. 나주 복암리 3호분 옹관인골의 유전자분석	66
5. 나주 복암리 3호분 출토 유리구슬의 과학적분석	77
6. 나주 복암리 3호분 출토 구슬류의 조성분석	99
7. 나주 복암리 3호분 출토 有機物에 대한 殘存脂肪酸 分析	116
8. 나주 복암리 3호분 전기비저항 탐사 결과	130

일 러 두 기

- 분석편에 수록한 글은 1996~1998년에 걸쳐 조사한 나주 복암리 3호분에서 출토된 금속유물에 대한 보존처리, 인골·유리구슬 등을 과학적으로 분석한 것이다.
- 같은 종류의 유물에 대해 중복 분석한 경우도 있으나 분석자의 견해, 대상유물의 차이에 따라 분석결과가 다른 경우가 있어 모두 실었다.

나주 복암리 3호분 출토 유물의 과학적 보존처리

魏 光 徹(한서대학교)

□ 目 次

- I. 머리말
- II. 보존처리 대상유물
- III. 금속유물의 보존처리과정
- IV. 나주 복암리 3호분 출토 유물의 보존처리

I. 머리말

본 보존처리보고서는 전남 나주시 다시면 복암리 471번지에 위치한 고분군으로 국립문화재연구소와 전남대박물관이 1996년부터 1998년 9월에 걸쳐 발굴 조사한 출토 유물에 대한 보존처리 보고서이다.

처리대상유물은 1996년 7~8월에 국립문화재연구소·전남대학교박물관 합동으로 조사한 '96 석실묘 출토 유물인 금동신발 1쌍 등 총65점에 대한 보존처리전 상태와 처리방법 및 처리과정 중 특기사항을 기술하였고 보존처리 후 유물에 대한 고찰은 본문의 내용과 일치하는 부분이 많아 본문 내용을 참고하기로 했다.

II. 보존처리 대상유물

순번	유 물 명	점수	크 기(cm)	비 고
1	금동신발	1쌍	전장 : 27 폭 : 9.5 높이 : 7	'96석실묘
2	金銀裝三葉環頭刀	1점	전장 : 38 외환길이 : 4.4 외환폭 : 3.5	"
3	鐵製大刀A	1점	전장 : 64.5, 폭 : 2.5	"

순번	유 물 명	점수	크 기(cm)	비 고
4	鐵製大刀B	1점	전장 : 75, 폭 : 3.2	'96석실묘
5	鐵 鋸	23점	전장 : 10~18	일괄, '96석실묘
6	재 갈	1점	철봉 길이 : 10 경관 최대폭 : 11.3 경관 두께 : 3mm	'96석실묘
7	말띠드리개(杏葉)	3점	좌우폭 : 11.5~11.7 상하폭 : 8.8~9.9	"
8	말띠꾸미개(雲珠)	6점	직경 : 8.3	"
9	鎧 子	1점	자루길이 : 10 폭 : 4	"
10	철제집게	1점	전장: 16.3	"
11	鐵 鉞	1점	①길이 : 28.6 ②길이 : 22.5 ③길이 : 12	"
12	刀子片	6점	잔존길이 : 9.2~17	"
13	관 못	4점	잔존길이 : 5.8~9.9	"
14	용도불명철기	9점		보존처리 후 확인, '96석실묘
15	銀製冠飾	1점	제5호 석실묘 - 길이 : 16	
		1점	제16호 석실묘 - 길이 : 14.7	
16	철심관모틀	1점		片으로 되어있음, 제7호 석실묘
17	圭頭大刀	1점	전장 : 84	제5호 석실묘
18	金銀裝鬼面文三環頭大刀	1점	전장 : 84 환두길이 : 4 환두폭 : 5.6 은판 : 17	제7호 석실묘
19	金銀裝圭頭大刀	1점	전장 : 88 규두길이 : 4.7 손잡이길이 : 17 도신폭 : 2.8	"
20	鈐帶鉸具	1점	전장: 14.4 띠연결 : 9.6	"

III. 금속유물의 보존처리과정

금속유물은 그 자체가 자연 속에 존재하는 산화물 상태의 광석(鑛石:ore)에 에너지를 가하여 얻은 것으로, 금속의 부식은 금속이 그들의 본래의 상태인 산화물(酸化物:oxide)로 되돌아 가려는 본질적인 성질 또는 자연적인 경향이라고 말할 수 있다.

출토된 금속유물은 장기간 땅속에 매장되어 있어 매장당시 주위 환경과의 전기화학적 또는 화학적 반응에 의해 1차적인 부식이 촉진되고, 2차적으로 발굴과 동시에 대기중에 노출되게 되면 주위 환경의 변화로 인해 빠른 속도로 변형과 손상을 초래하게 된다. 이러한 변형과 손상은 문화재로서의 가치를 상실하게 된다.

금속유물의 손상을 방지하고 보존하기 위한 일반적인 보존처리 과정은 예비조사, 녹제거, 탈염처리, 건조, 강화처리, 접합·복원, 끝손질, 보관의 순서로 이루어진다.

본고에서의 보존처리과정은 일반적으로 아래와 같은 과정을 통하여 이루어졌으나 출토 당시 유물의 재질과 상태에 따라 보존처리 방법을 달리하였다.

1. 예 비 조 사

가. X-ray 비파괴 조사

- X-ray 촬영장치를 이용한 유물의 내부구조, 부식정도, 제작기법 및 문양확인 등

나. 보존처리전 유물상태 조사

- 출토유물의 구조와 상태기록
- 유기질물질(纖維, 木製, 漆 등)의 존재유무 확인
- 현미경을 이용한 유물의 세부상태 조사
- 분석에 의한 재질성분조사
- 보존처리전 사진촬영

2. 녹 제 거

가. 물리적인 방법

- 분사가공처리기(Air brasive, 철제유물 표면에 부착된 이물질 제거)
- 전동기구(Motortool, 철제유물 표면에 녹물과 고착된 부식화합물을 갈아낼 때 사용)
- 진동기구(Vibratool, 비철제유물의 표면에 부착된 부식화합물 제거)
- 유리섬유솔(은제품의 부식화합물제거에 주로 사용)
- 치과용 소도구를 이용한 녹제거

나. 화학적인 방법(비철제 유물에 주로 사용)

- Formic Acid(개미산, 10% Formic Acid, 금동유물 표면에 부착된 청동녹 제거)
- Sulfuric Acid(황산, 1% Sulfuric Acid, 금동유물 표면에 부착된 청동녹 제거)

3. 탈 염 처 리

가. Sodium Sesquicarbonate법

-[Sodium Carbonate, Anhydrous(0.1M, Na_2CO_3 (10.5g)) + Sodium Bicarbonate(0.1M , NaHCO_3 (8.4g)]

- 혼합 수용액을 이용한 염화물 추출

나. 냉 · 온수교체법(Intensive washing)

- 온수와 냉수에 일정한 시간 동안 유물을 침적시킴으로써 수축 · 팽창에 의한 염화물 추출

4. 건 조

o 열풍식 건조장치(dry oven, 105°C에서 강제건조)

5. 강 화 처 리

가. Paraloid NAD-10(in Naptha, 철제유물 강화 및 표면 보호막 형성)

나. Paraloid B72(in Acetone, 유기질 경화용, 동합금물 강화 및 표면 보호막 형성)

6. 접합 및 복원

가. Epoxy resin(Araldite rapid type + Microballoon powder + 무기안료, 접착력이 강하여 종으로 절단된 면이나 복원제로 사용)

나. Cellulose resin(Cemedine-C, 가접합용으로 많이 사용되며 판상으로 탈락된 넓은 면접합제로 사용)

다. Cynoacrylate(순간미립접착제, 청동, 금동 등 얇은 유물 및 접합면이 완전히 일치하는 유물에 사용)

라. 충전제(Microballoon powder, 접착제와 혼합하여 사용)

7. 끝 손 질

가. 색맞춤(접합 · 복원부분 색맞춤, 10% Paraloid NAD + 무기안료)

나. 보존처리후 기록

- 처리과정 및 사용약품, 보존처리에 사용된 기기 기록
- 처리과정 중 구조의 변화 및 특기사항 기록
- 보존처리 후 사진촬영

8. 보 관

가. 압축 비닐을 이용한 밀봉 보관(이축연신비닐에 Silicagel을 넣어 밀봉)

나. 향온, 향습 환경에서 보관

Ⅳ. 나주 복암리 3호분 출토 유물의 보존처리

1) 금동신발

-처리전상태 : (사진 1) '96석실묘 4호 옹관 底部의 파손된 옹관 조각 위에 놓인 상태로 출토되었으며 부식이 심하고 진흙으로 덮여 있어 세부적인 형태를 파악하기 어렵다.

오른쪽 신발의 전체적인 형태는 신발 앞측 부분만 남아 있고 옆부분과 뒷부분은 결실된 상태이며 중간 부분은 파손되어 2등분으로 분리된 상태이다. 심한 부식으로 인하여 素地금속은 남아 있지 않고 표면의 금도금막만 남아 있는 상태이다. 전체적인 문양의 형태는 龜甲文이 새겨져 있고 그 안에 다섯개 내지 여섯개의 꽃잎이 점선으로 그려져 있다. 또 귀갑문의 각 모서리는 金銅絲를 꼬아서 원형의 영락을 매달았으며 신발의 바닥에도 꽃무늬가 새겨있고 영락을 매달았다.

왼쪽 신발은 옹관의 하부에서 출토되었으나 오른쪽 신발에 비해 부식의 정도가 더 심하고 진흙으로 덮여 있어 전체적인 형태를 파악하기 어려울 정도로 파손되어 있으며, 진흙에 눌러 중간부분은 결실된 상태이다. 문양의 형태는 오른쪽 신발과 같은 형태이다.

-처리과정 : (사진 2·3) 금동신발은 보존처리에 앞서 유물 상태와 세부 형태를 파악하기 위해 1차로 X-ray촬영을 실시하였으나 유물의 부식이 심하고 또 흙이 상당히 두텁게 덮여 있어 X선이 투과되지 못하여 형태 파악이 어려웠고 다만 스파이크 장식만이 보일 뿐이었다. 따라서 먼저 표면의 두터운 흙을 제거하여 유물의 전체적인 형태를 파악하기로 하였다.

출토당시 옹관 위에 놓여 있는 신발을 분리하기 위해 확대경을 보면서 치과용 소도구를 이용하여 주변의 흙을 제거하기 시작하였다. 부식이 심하여 작업 도중 일부 도금막이 탈락된 경우에는 순간접착제로 접합을 병행하면서 실시하였다. 흙을 제거한 후 옹관편과 분리를 시도하였으나 부식이 매우 심하여 전체적으로 붕괴될 위험성이 있어 원형유지를 위해 유물 표면 전체에 5% Paraloid B72 수지를 주사기로 이용하여 수회에 걸쳐 강화처리한 후 옹관편과 분리하였다.

주변의 흙과 옹관편을 분리한 후 2차로 X-ray촬영을 실시하였다(촬영기기:연X선검사장치로 Model VIX150특, 촬영조건:110KV 2.5mA 70초 600mm, 110KV 2.5mA 70초 600mm). 촬영결과 금동신발의 바닥에서 魚形장식구와 스파이크 장식, 다수의 영락과 영락고리들이 부착되어 있는 것이 확인되었다.

X선 촬영 결과를 기초로 현미경을 보면서 바닥면에 부착되어 있는 흙과 청동녹은 수술용 칼(Scaple)을 이용하여 제거하기 시작하였다. 바닥면에 부착되어 있는 어형장식구와 영락고리, 영락이 있는 곳은 흙을 모두 제거하면 장식구가 분리되어 버리기 때문에 제거가 가능한 부분을 제외하고는 흙과 같이 5% Paraloid B72 수지로 강화처리를 병행하면서 녹제거를 완료하였다. 파손된 부분의 접합면이 일치하는 부분은 록타이트(순간접착제의 일종, slalom type)로 접합하고 복원부분이 적은 곳은 Epoxy수지인 Araldite(rapid type)으로 복원하고 넓은 부위와 결실된 부분은 Epoxy수지인 SV427과 HV427을 혼합하여 복원하였다. 마지막으로 복원부분을 원래의 유물과 비슷하게 색맞춤한 후 마무리하여 완료하였다.

2) 金銀裝三葉環頭刀

-처리전상태 : (사진 4-1·2) '96석실묘 2호 옹관의 주옹 하부 옹관 棺臺石 위에 놓인 채로 출토되었다. 刀身, 柄部, 環頭部分 세부분으로 이루어져 있으며 刀身과 柄部가 직선인 直刀이다. 刀身부분은 흙과 녹물이 고착되어 있어 형태파악이 어려운 상태이며, 柄部부분은 나무손잡이 위에 가죽을 두르고 두 가닥의 銀絲를 S자로 감은 상태이며, 목질 및 가죽은 부식이 매우 심한 상태로 결실이 많다. 環頭部分은 전체적으로 흙과 녹물이 고착되어 있어 내부의 형태 파악이 어려우나 三葉형태임을 확인할 수 있다.

-처리과정 : (사진 4-3~7) 출토 당시 돌 위에 놓인 채로 출토되어 돌과 분리하기 위해 부식이 심한 목질 부분을 5% Paraloid B72 수지로 1차 강화시킨 후 분리하였다. 내부형태를 파악하기 위해 X-ray촬영(사진 4-4)을 실시하였으며 촬영 결과 손잡이부분은 금속의 형태가 보이지 않는 것으로 보아 나무로 손잡이를 만들고 두 가닥의 은사를 S자로 감은 상태이다. 환두부분의 삼엽문은 손잡이부분의 나무에 끼울 수 있도록 하나로 제작되었으며 환두는 환을 별도로 제작하여 삼엽문의 몸통부분에 접합했음을 확인할 수 있었다. 刀身부분에 부착된 흙과 이물질은 Air brasive와 치과용 소도구를 이용하여 녹제거 작업을 실시하였으며 손잡이부분에 부착된 가죽과 목질은 3~10% Paraloid B72 수지로 농도를 높여가면서 강화를 실시하였다. 손잡이부분의 銀絲와 環頭는 현미경을 보면서 수술용 칼(Scapel)과 바늘을 이용하여 표면 녹제거를 완료하였다.

금속유물의 부식인자인 Cl^- 을 제거하기 위해 0.1M Sodium Sesquicarbonate용액을 제조하여 탈염처리를 실시하여 용액내의 잔존 Cl^- 이온이 3ppm 이하에서 탈염처리를 완료하였다(탈염측정기기: Ion-chromatograph Dionex DX-500). 탈염처리 과정을 거친 후 탈알카리처리, 건조과정을 실시하였다. 재질강화 및 표면 코팅을 위해 Paraloid NAD-10(in Naptha) 수지를 10%~30%순으로 농도를 높여주면서 3회에 걸쳐 진공도 65cm/Hg상태에서 진공함침기를 이용하여 강화처리하였다. 파손된 부분의 접합·복원은 Epoxy계 수지인 Araldite(rapid type)와 충전제인 Microballoon Powder에 무기안료를 섞어 접합하였으며 손잡이 부분은 Araldite SV427과 HV427을 1:1로 혼합하여 접합, 복원하였다. 마지막으로 복원부분을 유물의 색상과 맞게 색맞춤한 후 마무리하여 완료하였다

3) 鐵製大刀A

-처리전상태 : (사진 5-1) 鐵製大刀는 칼끝부분, 몸통부분, 손잡이부분이 3등분으로 파손된 형태로 표면에는 흙과 녹물이 단단히 고착되어 있어 세부적인 형태는 확인할 수 없다. 칼끝부분과 손잡이부분에는 일부 목질이 부착되어 있다. 전체적인 형태는 칼등이 직선인 直刀이며 손잡이부분은 일부 결실되었으며 刀身 단면은 이등변삼각형을 이루고 있다.

-처리과정 : (사진 5-2·3) 내부구조 파악을 위해 X-ray촬영을 실시하였으나 일반적으로 나타나는 금구의 형태를 확인할 수 없었다. 1차적으로 표면에 부착된 흙과 이물질은 목질과 같이 부착되어 있어 확대경을 보면서 치과용 소도구를 사용하여 먼저 흙을 제거하였으며 표면에 부

착된 목질은 처리과정 중 탈락할 위험이 있어 5% Paraloid B72 수지로 강화처리를 하였다. 이 두가지 방법을 병행하면서 녹제거 작업을 완료하였다. 금속유물의 부식화합물인 Cl^- 이온을 제거하기 위해서 0.1M Sodium sesquicarbonate 용액에 침적하여 탈염처리를 실시하였으며 용액내의 잔존 Cl^- 이온이 5ppm 이하에서 탈염처리를 완료하였다. 유물내부에 남아 있는 알칼리성분을 제거한 후 105°C의 열풍건조기에서 72시간 동안 충분히 건조하였다. 재질강화 및 표면 보호막형성을 위해 Paraloid NAD-10 수지를 10~30%순으로 농도를 높여주면서 3회에 걸쳐 진공도 65cm/Hg 상태에서 진공함침기를 이용하여 강화처리 하였다. 표면에 흙과 녹물로 단단히 고착된 부식화합물은 유물의 손상을 줄이기 위해 재질을 강화시킨 후 부식화합물을 갈아내기 위해 Motortool를 사용하여 2차 녹제거 작업을 실시하였다. 2차 녹제거 후 Ethyl Alcohol로 표면을 세척하고 30% Paraloid NAD-10 수지에 진공함침기를 이용하여 다시 강화처리 하였다. 파손된 부분과 크랙이 생긴 부분은 Epoxy계 수지인 Araldite(rapid type)와 충전제인 Microballoon Powder에 무기안료를 섞어 접합하였다. 마무리 작업으로 접합부분은 유물의 색과 일치도록 색맞춤을 한 후 완료하였다.

4) 鐵製大刀B

-처리전상태 : (사진 5-4) 鐵製大刀는 4등분으로 파손된 상태로 수습되었다. 4등분으로 파손된 부분들은 습배와 그 아래 刀身 中央部, 鋒部로 나누어져 있다. 전체적인 형태는 칼등이 직선인 直刀이며 표면은 흙과 녹물이 단단히 고착되어 있어 세부적인 형태는 파악하기 어려운 상태이다. 刀身부분과 손잡이부분은 목질이 부착되어 있으며 도신의 단면은 이등변삼각형을 이루고 있다.

-처리과정 : (사진 5-5~7) 내부구조 파악을 위해 X-ray촬영을 실시하였다. 촬영 결과 손잡이부분에는 柄部金具로 여겨지는 상·하 2개의 금테가 부착되어 있고, 금구의 가운데와 가장자리에 점열문이 타출되어 있는 것을 확인할 수 있었으며 손잡이 끝부분은 일부 결실되었다.

병부금구의 녹제거 작업은 현미경을 보면서 수술용 칼(Scapel)과 Vibratool을 사용하여 제거하였다.

보존처리 과정은 3)철제대도 A의 처리과정과 같은 방법을 이용하여 보존처리를 완료하였다.

5) 鐵 鑊

-처리전상태 : (사진 6-1·2) 40여점의 鐵鑊이 녹물과 고착되어 한 덩어리로 뭉쳐진 상태로 출토되었다. 출토당시는 어떤 유물인지 알 수 없을 정도로 부식이 심한 상태였으며, 일부는 덩어리에서 분리된 상태이며 부분적으로 鑊頭가 刀子形으로 莖部에는 목질이 부착된 것을 확인할 수 있다.

-처리과정 : (사진 6-3·4) 철촉은 덩어리로 뭉쳐서 출토되어 X-ray촬영을 실시하였으나 흙과 철녹으로 덮여 있어 세부적인 확인을 할 수 없었다. 먼저 분리가 가능한 철촉의 분리 작업을 실시하였다. 분리작업은 증류수에 Ethyl Alcohol을 6:4로 혼합하여 표면에 분무하여 유물에

손상이 가지 않는 범위내에서 확대경을 보면서 치과용 소도구를 이용하여 분리하였다.

철축의 일반적인 형태는 鑢頭가 刀子形으로 莖部에는 자작나무껍질이 감겨져 있다. 莖部の 자작나무껍질에 부착된 흙과 이물질은 확대경을 보면서 치과용 소도구를 이용하여 제거가 가능한 부분만 제거하였다. 자작나무껍질은 재질이 약하고 腐朽 되어진 상태라 탈락을 방지하기 위해 5% Paraloid B72용액으로 강화처리를 실시하였고, 표면에 부착된 흙과 이물질은 Air brasive 이용하여 녹제거를 완료하였다. 금속유물의 부식인자인 Cl^- 이온을 제거하기 위해서 0.1M Sodium sesquicarbonate용액에 침적하여 탈염처리를 실시하였으나 일부 자작나무껍질이 탈염용액 속에서 탈락되는 현상이 일어나 유물의 손상을 막기 위해 중단하고 60°C 증류수에서 탈염처리와 탈알카리처리를 병행하였다. 재질강화를 위해 105°C의 열풍건조기에서 72시간 동안 충분히 건조하고 30% Paraloid NAD-10 수지로 3회에 걸쳐 진공함침기를 이용하여 강화처리 하였다. 파손된 부분과 크랙이 생긴 부분은 Epoxy계 수지인 Araldite(rapid type)와 충전제인 Microballoon Powder에 무기안료를 섞어 접합하였다. 마무리 작업으로 표면 색맞춤 과 처리기록 작성 후 완료하였다.

6) 재갈

-처리전상태 : (사진 7-1·2) '96석실묘 출토 행엽, 운주, 철축 등과 일괄수습 되어 재갈의 형태를 파악할 수 없었으나 분리 작업중 2개의 鏡板 후면에 일부 철판이 부착되어 있어 철판과 연결시켜 재갈임을 확인할 수 있었다. 표면의 흙과 이물질을 제거한 후 형태파악을 한 결과 경판은 철판으로 먼저 제작한 후 그 위에 銀板을 씌운 것을 알 수 있었다. 형태는 가장자리가 타원형으로 돌출되어 있고 가장자리를 중심으로 십자로 문양을 장식하였다. 은판은 부식이 심하여 여러 부분이 파손된 상태이며 일부 원형돌기는 부식으로 결실되었다.

-처리과정 : (사진 7-3·4) 재갈의 鏡板은 杏葉과 일괄 수습되어 처리전에는 행엽 5점으로 분리하였으나 내부구조 파악을 위해 X-ray촬영을 실시한 결과 5점 중 2점은 내부형태가 다른 것을 확인하였다. 2개의 鏡板은 鐵地板위에 銀板을 씌웠으며, 가운데는 타원형을 중심으로 십자형(十型)의 문양을 장식하여 원형의 돌기로 고정시킨 형태임을 확인하였다.

앞면은 銀板을 씌운 상태로 부식이 심하며 일부 은판은 철판과 분리되어 들떠있는 상태로 처리과정 중 파손의 우려가 있어 순간접착제로 접합시켜주며, 원형돌기 일부는 부식으로 흔적만 남아 있어 5% Paraloid B72 수지로 강화처리 후 현미경을 보면서 치과용 소도구와 바이브레틀을 이용하여 녹제거를 완료하였다.

뒷면은 鐵製로 확대경을 이용하여 흙과 이물질을 제거하였으며, 일부 섬유질이 부착된 부분은 5% Paraloid B72 수지로 강화처리 후 Air brasive를 이용하여 녹제거 작업을 완료하였다. 앞면의 경판은 부식이 심하여 탈염처리 중 손상의 우려가 있어 20% Paraloid NAD-10 수지로 일차 강화처리를 실시하였다.

금속유물의 부식인자인 Cl^- 이온을 제거하기 위해서 0.1M Sodium sesquicarbonate용액에 침적하여 탈염처리를 실시하였다. 재질의 강화 및 보호막 형성을 위해 105°C의 열풍건조기에서 72시

간 동안 충분히 건조하고 30% Paraloid NAD-10 수지로 3회에 걸쳐 진공함침기를 이용하여 강화처리 하였다. 파손된 부분은 Epoxy수지인 Araldite(rapid type)로 접합·복원하고 복원부분을 유물과 비슷하게 색칠한 후 마무리하여 완료하였다.

7) 말띠드리개(杏葉)

-처리전상태 : (사진 8) 鐵地金銀裝製 杏葉은 일괄수습 되어 형태를 파악할 수 없었으나 분리 작업 후 3점으로 확인되었다. 전체적인 형태는 타원형에 가까우며 중앙에는 삼엽문이 시문되어 있고, 밖으로 은판의 테두리를 만든 형태이다. 뒷면은 전면과 달리 철판이 노출되어 있으며 목질과 섬유질 일부가 부착되어 있다. 제작 방법은 얇은 鐵板으로 杏葉의 형태를 만든 뒤에 金箔 또는 銀箔을 입힌 형태로 테두리를 銀被로 감쌌다. 삼엽문과 테두리 부분은 은판을 씌운 못으로 철판에 은판을 고정시켰다.

-처리과정 : (사진 9-1·2) X-ray촬영 결과 제작방법은 재갈의 鏡板과 같으나 가운데 문양이 三葉文형태를 갖추고 있다. 보존처리 과정은 재갈의 경판처리 과정과 같은 방법으로 실시하였으며, 처리과정 중 뒷면에 섬유질과漆이 일부 부착되어 있어 5% Paraloid B72 수지로 강화처리 후 보존처리를 완료하였다.

말띠드리개 (사진 9-1하)는 左右幅이 11.7cm이며, 上下幅은 9.9cm로 고리의 일부가 남아있다. 고리구멍은 1.0×0.5cm 크기이다. 드리개 뒷면에는 6×2cm의 범위에 포가 부착되어있다. 상판의 金·銀箔은 모두 떨어져 나갔다.

말띠드리개 (사진 9-1상우)는 左右幅이 11.5cm이며, 上下幅은 8.8cm로 고리부분이 결실되었으며 상판에 금박 일부가 남아 있다. 뒷면에는 군데군데에漆이 부착되어 있다.

말띠드리개 (사진 9-1상좌)는 左右幅이 11.6cm이며, 上下幅은 8.9cm로 고리부분이 결실되었다. 뒷면에는 약간의 섬유질흔적과漆痕이 있다. 상판은 은박을 하였다.

8) 말띠꾸미개(雲珠)

-처리전상태 : (사진 9-3·4) 雲珠는 일괄수습되어 형태를 파악할 수 없었으나 분리 작업 후 다리부분과 몸통 일부가 파손된 5점과 편이 확인되었다. 전체적인 형태는 반구형으로 가장자리에는 약간 불룩하며 일부 다리가 부착되어 있다. 뒷면은 흙과 이물질로 메워져 있으며 일부 목질과漆흔적이 부착되어 있다.

-처리과정 : (사진 10-1·2) 전체적으로 흙과 녹물이 고착되어 있어 세부적인 형태 파악을 위해 X-ray촬영을 실시한 결과 반구형과 4개의 다리를 하나로 제작한 형태이다. 전면에 부착된 흙과 이물질은 일차적으로 부드러운 솔에 Ethyl Alcohol을 적셔 세척하였다. 세척 후 뒷면 내부에는漆이 부착되어 있어 처리과정 중 탈락을 방지하기 위해 5% Paraloid B72 수지로 강화처리를 하였다. 2차적으로 현미경을 보면서 수술용 칼(Scapel)과 Vibratool을 이용하여 녹제거 작업을 실시하였다. 안정화처리를 하기 위해 Ethyl Alcohol로 세척하고 건조기에서 72시간 동안 충분히 건조하여 부식억제제인 3% B.T.A(Benzotriazole)용액으로 진공함침기를 이용하여 안정화

처리를 하였다. 재질의 강화와 보호막 형성을 위해 30% Paraloid NAD-10수지로 강화처리를 실시하였다. 파손된 다리부분의 작은 편들은 Cyanoacrylate(순간접착제)로 접합하였고 나머지는 Epoxy계 수지인 Araldite(rapid type)와 충전제인 Microballoon Powder에 무기안료를 섞어 접합하였다. 접합부분은 주변색과 일치하도록 색맞춤 하였다.

9) 鑢子

-처리전상태 : (사진 10-3) 행엽, 운주 등과 일괄 수습되어 분리 작업 중 내부에 목질이 부착된 木心鐵板鑢子の 자루의 일부분을 확인하였다. 자루부분만 남아있어 전체적인 형태는 확인할 수 없었으며, 자루에는 방형의 고리구멍이 뚫려 있고 각기 다른 4개의 철판을 제작하여 못으로 고정한 형태로 부식이 매우 심한 상태이다

-처리과정 : (사진 10-4·5) 목심철판등자의 세부적인 형태 파악을 위해 X-ray촬영을 실시한 결과 자루부분의 못 머리는 철판과 재질을 달리하는 은을 입힌 것을 확인하였다.

자루부분의 내부에 목질이 남아 있어, 처리 중 목질의 탈락을 방지하기 위해 5% Paraloid B72용액을 내부까지 충분히 침투할 수 있도록 주사기를 이용하여 목질 강화처리를 해주었으며, 표면에 부착된 흙과 이물질은 Air brasive를 사용하여 녹제거를 완료하였다. 철심이 남아있지 않아, 약품을 이용한 탈염처리는 유물에 손상을 초래할 위험이 있어 5회에 걸친 냉·온수교체법을 이용하여 탈염처리를 완료하였다. 재질의 강화를 위해 105℃의 열풍건조기에서 72시간 동안 충분히 건조하고 20% Paraloid NAD-10 수지를 3회에 걸쳐 진공도 65cm/Hg상태에서 진공함침기를 이용하여 강화처리 하였다. 일괄 수습된 片 가운데 불명철기로 분류되었던 4개의 편이 자루부분의 한쪽면과 접합되면서 壺鑢임을 확인하였다. 파손된 부분과 접합부분은 Epoxy계 수지인 Araldite(rapid type)와 충전제인 Microballoon Powder를 혼합하여 접합하였다. 마무리 작업으로 표면 색맞춤과 처리기록 작성 후 완료하였다.

10) 철제집게

-처리전상태 : '96석실묘 출토 행엽, 운주, 철촉 등과 일괄수습 되어 철촉으로 분류하였으나 세부적인 형태 파악을 위해 X-ray촬영을 실시한 결과 X자형으로 교차된 부분에 나사와 같은 것으로 고정되어 있어 철제집게임을 확인하였다. 손잡이 부분은 일부가 결실되었으며 목질이 부착되어 있다.

-처리과정 : (사진 10-6) 표면에 녹물과 흙이 단단히 고착되어 있어 치과용 소도구와 수술용 칼(Scapel)을 사용하여 단단히 고착된 흙을 떼어낸 후 Air brasive를 사용하여 녹제거를 완료하였다. 손잡이 부분에 부착된 목질은 탈염처리 과정 중 탈락의 위험이 있어 5% Paraloid B72 용액으로 강화처리 하였다. 금속유물의 부식인자인 Cl^- 이온을 제거하기 위해 0.1M Sodium sesquicarbonate용액에 침적하여 탈염처리를 실시하였다. 재질의 강화 및 보호막 형성을 위해 105℃의 열풍건조기에서 72시간 동안 충분히 건조하고 30% Paraloid NAD-10 수지로 3회에 걸쳐 진공함침기를 이용하여 강화처리 하였으며 처리기록 작성 후 완료하였다.

11) 鐵鉗

-처리전상태 : (사진 11-1) 여러 개의 편으로 일괄 수습되었으며 부식이 심하며 한 점은 5등분으로 파손된 형태로 표면에 흙과 녹물이 고착되어 세부적인 형태는 파악하기 어렵다. 공부부분은 원형을 이루고 있으며 목질이 가득차 있다. 몸통부분의 단면은 마름모형태이다.

-처리과정 : (사진 11-2~4) 여러 개의 편으로 일괄 수습되어 처리과정 중 가접합을 통해 3점의 철모임을 확인하였다. 공부부분에 가득 남아있는 목질의 탈락을 방지하기 위해 Paraloid B72 용액을 3~10%순으로 농도를 높여주어 내부까지 충분히 침투할 수 있도록 주사기를 이용하여 강화처리를 해주었다. 표면에 부착된 흙과 이물질은 Air brasive를 이용하여 녹제거를 완료하였다. Cl^- 이온을 제거하기 위해서 0.1M Sodium sesquicarbonate용액에 침적하여 탈염처리를 실시하였다. 재질의 강화 및 코팅을 위해 105°C의 열풍건조기에서 72시간 동안 충분히 건조하고 Paraloid NAD-10 수지를 10%~30%순으로 농도를 높여주면서 3회에 걸쳐 진공도 65cm/Hg상에서 진공함침기를 이용하여 강화처리 하였다. 파손된 부분과 부식에 의해 크랙이 생긴 부분은 Epoxy계 수지인 Araldite(rapid type)와 충전제인 Microballoon Powder를 혼합하여 접합·복원하였다. 마무리 작업으로 표면 색마춤과 처리기록 작성 후 완료하였다.

12) 鐵刀子

-처리전상태 : (사진 11-5) 전체적으로 부식이 심한 상태이며 5개의 편으로 분리되어 있다. 표면에는 목질이 부착 되어 있으며 일부 철촉 덩이에도 철도자가 녹물과 같이 고착되어 있는 것을 확인할 수 있다.

-처리과정 : (사진 11-6) 5등분으로 파손되어 어떤 형태의 刀子인지를 확인할 수 없으며 가접합한 결과 결실된 부분이 많아 전체적인 형태를 파악할 수 없다. 표면 일부분에 목질과漆이 부착되어 있는 것을 확인할 수 있다. 목질과漆은 처리과정 중에 탈락을 방지하기 위해 5% Paraloid B72 수지로 강화처리를 완료한 후, 표면에 부착된 흙과 이물질은 Air brasive를 이용하여 녹제거를 완료하였다. 금속유물의 부식인자인 Cl^- 이온을 제거하기 위해서 0.1M Sodium sesquicarbonate용액에 침적하여 탈염처리를 실시하였다. 재질의 강화 및 보호막 형성을 위해 105°C의 열풍건조기에서 72시간 동안 충분히 건조하고 30% Paraloid NAD-10 수지로 3회에 걸쳐 진공함침기를 이용하여 강화처리 하였으며 처리기록 작성 후 완료하였다.

13) 관못

-처리전상태 : '96석실묘 출토 행엽, 운주, 철촉 등과 일괄수습 되어 몸통 일부에 목질이 부착되어 있는 4점을 관못으로 분리하였다. 목질은 못 머리 부분은 횡방향으로 부착되어 있고 그 아래 부분은 종방향으로 부착되어 있다.

-처리과정 : (사진 12-1) 표면에 부착된 목질은 탈락방지를 위해 5% Paraloid B72수지를 이용하여 강화처리를 해주었으며, 못 머리 부분에 부착된 흙은 Air brasive를 사용하여 녹제거를 완료하였다. 심한 부식으로 인해 표면이 갈라진 상태로 약품을 이용한 탈염처리는 유물에 손상

을 초래할 위험이 있어 5회에 걸친 냉·온수 교체법을 이용하여 탈염처리를 완료하였다. 재질 강화를 위해 20% Paraloid NAD-10 수지를 3회에 걸쳐 진공도 700mm/Hg상태에서 진공함침기를 이용하여 강화처리 하였다. 파손된 부분과 갈라진 부분은 Epoxy계 수지인 Araldite(rapid rype)로 접합하였으며 마무리 작업으로 표면 색맞춤과 처리기록 작성 후 완료하였다.

14) 불명철기

-처리전상태 : (사진 12-2) '96석실묘 출토 유물 중 일부 유물은 많은 부분이 결실되어 용도를 확인할 수 없어 불명철기로 분류하였다.

12-3) 2점의 철제품으로 길이 3.8cm, 3.5cm. 양쪽 끝이 결실되었으며 표면에 두 개의 못이 있으며 머리부분에 은박을 입혔다.

12-4) 7점으로 도자편 및 철축의 일부분으로 보이나 결실된 부분이 많아 형태를 확인할 수 없으며, 표면에 목질이 남아 있다.

-처리과정

12-3) 보존처리과정은 철제유물의 일반적인 방법을 이용하여 처리하였으며 못의 머리부분에 부착된 銀箔은 Vibrotool을 사용하여 표면을 닦고 있는 철녹을 제거하였다.

12-4) 표면에 부착된 목질은 탈락방지를 위해 5% Paraloid B72수지를 이용하여 강화처리를 한 후 흡과 이물질은 Air brasive를 사용하여 녹제거를 완료하였다. 심한 부식으로 인해 표면이 갈라진 상태로 약품을 이용한 탈염처리는 유물에 손상을 초래할 위험이 있어 5회에 걸친 냉·온수 교체법을 이용하여 탈염처리를 완료하였다. 재질 강화를 위해 20% Paraloid NAD-10 수지를 3회에 걸쳐 진공도 700mm/Hg상태에서 진공함침기를 이용하여 강화처리 하였다. 파손된 부분과 갈라진 부분은 Epoxy계 수지인 Araldite(rapid type)로 접합하였으며 마무리 작업으로 표면 색맞춤과 처리기록 작성 후 완료하였다.

15) 銀製冠飾

-처리전상태

① 제5호 석실묘 (사진 13-1)

얇은 은판으로 부식이 심하며 표면에는 두꺼운 검은 녹이 형성되어 있으며 정화부분이 결실된 상태이다. 4개의 가지 중 아래쪽의 한쪽가지는 연결부분이 부러진 상태이며, 줄기의 하단부분 한쪽면은 결실된 상태이다.

② 제16호 석실묘 (사진 13-2)

얇은 은판으로 5호석실 銀製冠飾과는 다른 형태로 줄기 중간에 한 쌍의 꽃봉우리가 대칭을 이루고 있으며 봉우리의 끝부분은 부식으로 인해 일부 파손된 상태이다. 줄기의 아래부분은 한쪽면도 일부 파손되었으나 완형의 형태이다.

-처리과정

얇은 은판으로 부식이 심하여 보존처리 과정 중 손상의 위험이 있는 봉우리의 테두리 부분

은 10% Paraloid NAD-10 수지로 강화처리 하였다. 일차적으로 부드러운 솔에 Ethyl Alcohol을 적셔 세척하였으며 2차적으로 현미경을 보면서 수술용 칼(Scapel)과 유리섬유 솔을 사용하여 녹제거를 완료하였다. 재질의 강화를 위해 30% Paraloid NAD-10수지로 강화처리를 하였다. 파손된 가지부분은 록타이트로 접합하였고, 줄기부분은 Epoxy수지인 Araldite(rapid type)에 Microballoon Powder와 무기안료를 섞어 접합하였다. 표면 색맞춤 후 완료하였다.

16) 철심관모틀

-처리전상태 : 부식이 심하며 여러 편으로 출토되어 형태를 확인할 수 없다. 표면에 흙과 이물질이 고착되어 있으며 부분적으로 섬유질이 부착되어 있다.

-처리과정 : (사진 13-3·4) 많은 편으로 파손되어 있어 정확한 형태 파악이 불가능한 상태이다. 표면 일부분에 섬유질이 부착되어 있는 것을 확인할 수 있었다. 섬유질은 처리과정 중에 탈락을 방지하기 위해 5% Paraloid B72 수지로 강화처리를 완료한 후, 표면에 부착된 흙과 이물질은 Air brasive를 이용하여 녹제거를 완료하였다. 금속유물의 부식인자인 Cl^- 이온을 제거하기 위해서 0.1M Sodium sesquicarbonate용액에 침적하여 탈염처리를 실시하였다. 재질의 강화와 코팅을 위해 105°C의 열풍건조기에서 72시간 동안 충분히 건조하고 Paraloid NAD-10 수지를 10~30%순으로 농도를 높여주면서 3회에 걸쳐 진공도 65cm/Hg상태에서 진공함침기를 이용하여 강화처리 하였다. 접합부분은 Epoxy계 수지인 Araldite(rapid type)로 접합하였다.

17) 圭頭大刀

-처리전상태 : (사진 14) 칼집끝금구와 손잡이부분이 일부 파손된 원형의 철제대도로서, 칼집끝금구는 금동으로 끝 부분이 결실되었으며 한쪽으로 틀어진 상태이다. 刀身은 흙과 철녹이 고착되어 있으나 양호한 상태며 부분적으로 목질이 부착되어 있다. 손잡이부분은 나무로 만들어 위에 麻를 감았으며 부식이 심하여 나무 손잡이의 일부분은 결실된 상태이다. 규두의 머리부분 側板은 금동판으로 제작하였으며, 面板은 얇은 漆板을 부착하였다. 漆板 위에는 火焰文 형태의 금동판을 못으로 고정시켰다. 머리부분은 부식이 심하여 측판의 한쪽면과 뒷쪽의 칠판은 결실된 상태이다.

-처리과정 : (사진 15) 규두대도는 발굴현장에서 수습한 후 유물 운반도중 파손을 방지하기 위해 우레탄폼(Polyurethane foam)으로 포장한 상태였다. 유물의 상태와 세부 형태를 파악하기 위해 X-ray촬영을 실시하였으며 촬영결과 부식이 심하고 칼집끝금구와 손잡이부분의 일부가 파손되었으며, 칼집끝금구는 끝부분이 결실되었고 한쪽으로 틀어진 상태이다. 손잡이부분은 도신과 하나로 제작되었으나, 규두부분은 나무로 제작하여 연결한 형태로 손잡이부분과 절단되었으며, 많은 부분이 결실되어 일부만 남아 있는 것을 확인할 수 있었다.

우레탄폼(Polyurethane foam)은 X-ray촬영 필름을 보면서 해체하였다. 해체 결과 손잡이부분은 나무로 만들어 그 위에 麻를 감았으며 부식이 심하여 일부분은 결실된 상태이다. 손잡이부분의 나무와 麻는 腐朽되어 전체적으로 붕괴될 위험성이 있어 원형유지를 위해 유물 표면 전체

에 5% Paraloid B72(In Xylene) 용액을 주사기로 이용하여 수회에 걸쳐 강화처리 하였다.

규두부분의 칠편은 전면만 남아 있고 후면은 결실되었으며 전면의 칠편 일부분도 파손된 상태이다. 규두부분의 칠편은 외판인 금동판과 분리하여 증류수로 깨끗이 세척한 후 Cynoacrylate(순간접착제)로 접합하였으며, 외판인 금동판은 현미경을 보면서 수술용 칼(Scapel)을 사용하여 녹제거를 실시한 후 20% Paraloid NAD-10 합성수지로 강화처리하였다. 칼집끝금구와 병부금구는 재질이 금동으로 규두의 외판 보존처리방법과 같은 방법으로 완료하였다.

刀身부분의 표면에 부착되어 있는 목질과 섬유질은 처리과정 중에 탈락을 방지하기 위해 5% Paraloid B72 용액으로 강화처리를 완료한 후, 흙과 이물질은 Air brasive를 이용하여 녹제거를 완료하였다. 금속유물의 부식인자인 Cl^- 이온을 제거하기 위해서 0.1M Sodium sesquicarbonate 용액에 침적하여 탈염처리를 실시하였다. 재질의 강화를 위해 105°C의 열풍건조기에서 72시간 동안 충분히 건조하고 10~30% Paraloid NAD10 수지를 농도를 높여주면서 3회에 걸쳐 진공도 700mm/Hg 상태에서 진공함침기를 이용하여 강화처리 하였다. 파손된 부분은 Epoxy수지인 Araldite(rapid type)으로 접합하고 부후로 결실된 손잡이부분은 Epoxy수지인 SV427과 HV427을 혼합하여 복원하였다. 마지막으로 복원부분을 유물과 비슷하게 색맞춤 후 마무리하여 완료하였다.

18) 金銀裝鬼面文三環頭大刀

-처리전상태 : (사진 16) 완형의 철제대도로서 표면에 녹물과 흙이 고착되어 있으며, 도신에는 목질이 부착되어 있다. 병부부분의 머리부분은 삼루환의 형태를 나타내며 표면이 흙으로 덮여 있어 세부적인 문양의 파악이 어렵다. 손잡이부분은 얇은 은판을 타출하여 말아 감은 형태이다.

-처리과정 : (사진 17) 金銀裝鬼面文三環頭大刀는 보존처리에 앞서 유물 상태와 세부 형태를 파악하기 위해 X-ray촬영을 실시하였다. 환두부분은 밀도가 높아 X선이 투과되지 못하여 세부적인 형태 파악이 어려웠으나 외관상 삼루환임을 확인할 수 있었다. 환두는 별도로 제작하여 손잡이 부분과 원두정으로 고정하였으며, 환두와 손잡이 사이에는 금도금된 타원형의 통형 금구가 끼워져 있다. 손잡이 부분은 1차 나무 손잡이를 만든 후 銀板을 감았으며 용으로 추정되는 문양을 양면에 대칭으로 타출하였다.

삼루환 표면은 흙과 이물질이 부착되어 있어 Ethyl Alcohol과 증류수를 6 : 4로 혼합하여 표면에 분무하며 현미경을 보면서 수술용 칼(Scapel)과 바이브레툴(Vibratool)을 사용하여 표면 녹제거를 완료하였다. 녹제거 결과 철제위에 금도금을 하였고 삼루환의 외환 안에 입을 벌리고 앞니 4개로 고리를 물고 있는 怪獸面을 양면에 표현하였다.

은판으로 감은 손잡이 부분은 표면에 흙과 이물질이 고착되어 있고 내부에는 목질이 남아 있다. 먼저 목질 탈락을 방지하기 위해 5% Paraloid B72 용액으로 강화처리를 완료한 후, 표면은 현미경을 보면서 수술용 칼(Scapel)과 바이브레툴(Vibratool)을 사용하여 표면 녹제거를 완료하였다.

도신부분의 표면에 부착되어 있는 묵질은 처리과정 중에 탈락을 방지하기 위해 5% Paraloid B72 용액으로 강화처리를 완료한 후, 흙과 이물질은 Air brasive를 이용하여 녹제거를 완료하였다. 금속유물의 부식인자인 Cl^- 이온을 제거하기 위해서 0.1M Sodium sesquicarbonate용액에 침적하여 탈염처리를 실시하였으며, 삼루환부분과 손잡이 부분은 부식이 심하여 탈염처리 도중 손상의 우려가 있어 탈염처리를 하지 않았으며 파손된 도신부분만 탈염처리를 하였다. 재질의 강화 및 표면 보호막 형성을 위해 105°C의 열풍건조기에서 72시간 동안 충분히 건조하고 10~30% Paraloid NAD-10 수지의 농도를 높여주면서 3회에 걸쳐 진공도 65cm/Hg상태에서 진공함침기를 이용하여 강화처리 하였다. 삼루환과 손잡이 부분의 접합은 Epoxy수지인 Araldite(rapid type)으로 접합하였고, 손잡이 부분의 銀板은 록타이트(순간접착제의 일종, slalom type)로 접합하였다. 파손된 도신부분은 Epoxy수지인 Araldite(rapid type)으로 접합하였고, 마지막으로 접합 부분을 유물과 비슷하게 색맞춤한 후 완료하였다.

19) 金銀裝圭頭大刀

-처리전상태 : (사진 18) 완형의 철제대도로서 표면에 녹물과 흙이 고착되어 있으며, 도신에는 묵질이 부착되어 있다. 칼집끝금구는 銀으로된 원통형의 금구가 부착되어 있으며, 병부부분은 표면에 흙으로 덮여있으나 부분적으로 金絲와 銀絲가 교대로 감겨져 있다. 도신과 병부부분에는 은으로 된 고리가 부착되어 있다. 병부부분의 머리부분에는 금동의 표면에 문양이 세겨져 있으며 형태는 타원형으로 머리부분은 한쪽이 다른쪽 보다 각이 많이 진 ‘へ’형으로 규두대도이다.

-처리과정 : (사진 19, 20-1~3) 金銀裝圭頭大刀는 처리전 X-ray촬영을 하였으나 흙과 녹물이 고착되어 있고 규두부분은 밀도가 높아 세부적인 형태를 파악하기 어렵다. 규두부분은 金銅製로 별도로 제작하여 손잡이 부분과 고정시키기 위해 직경 9mm의 철제못으로 고정하였다. 규두는 흙과 녹물이 고착되어 있고 표면에 부식으로 인해 물방울 모양으로 들떠 있어 처리 중 도금막의 탈락방지를 위해 부분적으로 5% Paraloid B72 용액으로 강화처리와 부분적으로 순간접착제로 접합한 후 현미경을 보면서 수술용 칼(Scapel)로 녹제거를 완료하였다. 녹제거 후 용문양과 雲文이 陰刻되어 있는 것을 확인하였고, 음각 되어진 부분은 부식이 심한 상태이다.

金絲와 銀絲가 刻目되어 교대로 감겨져있는 손잡이 부분은 흙과 이물질이 부착되어 있어 1차로 부드러운 솔에 Ethyl Alcohol을 적시어 세척하였으며, 2차로 틈 사이에 남아 있는 흙과 이물질은 현미경을 보면서 바늘을 이용하여 제거하였다. 銀製佩用金具와 칼집끝금구는 Ethyl Alcohol로 세척한 후 유리섬유솔로 녹제거를 완료하였다. 刀身표면에 녹물과 고착되어 있는 흙과 이물질은 수술용 칼(Scapel)로 일차 제거한 후 Air brasive를 이용하여 녹제거를 완료하였다. 금속유물의 부식인자인 Cl^- 이온을 제거하기 위해서 0.1M Sodium sesquicarbonate용액에 침적하여 탈염처리를 실시하였으며, 재질의 강화를 위해 105°C의 열풍건조기에서 72시간 동안 충분히 건조하고 10~30% Paraloid NAD-10 수지의 농도를 높여주면서 3회에 걸쳐 진공도 65cm/Hg상태에서 진공함침기를 이용하여 강화처리 하였다. 파손되어진 규두부분과 칼집끝금구는 Epoxy수

지인 Araldite(rapid type)으로 접합하였고, 접합부분을 유물과 비슷하게 색맞춤한 후 완료하였다.

20) 鎡帶鉸具

-처리전상태 : (사진 20-4) 청동과대교구로 부식이 심하여 가루만 남아 있는 상태로 띠연결 부분의 일부는 결실된 상태이며 뒷면은 흙으로 덮여있어 세부적인 형태 파악이 어렵다.

-처리과정 : (사진 20-5·6) 素地金屬인 청동은 남아 있지 않고 가루만 남아 있는 상태로 일부 제거가 가능한 흙만 제거하고 원상태 그대로 흙과 같이 10% Paraloid B72 수지를 도포하여 강화처리 하는 것으로 보존처리를 완료하였다. 뒷면은 흙으로 덮여있어 부드러운 솔에 Ethyl Alcohol을 적시어 세척 후 수술용 칼을 이용하여 제거하였다. 결실된 띠연결고리부분은 Epoxy 수지인 Araldite(rapid type)로 접합하였고, 10% Paraloid B72수지로 강화처리한 후 접합부분을 유물과 비슷하게 색맞춤한 후 완료하였다.

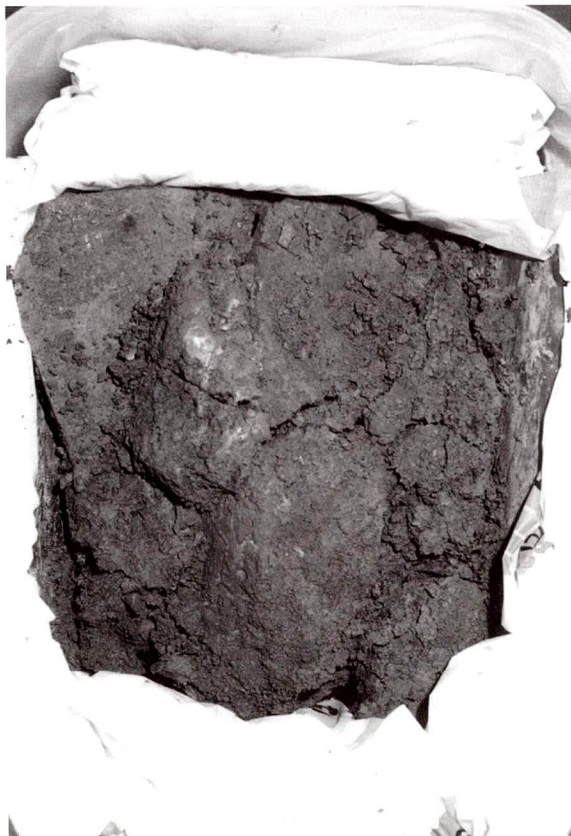


사진 1. 금동신발 처리전 상태 (1:수습상태, 2:흙 제거상태, 3:귀갑만형태, 4:뒷부분 파손 상태)



1



2



3



4

사진 2. 금동신발 보존처리후 (1:측면, 2:평면, 3:바닥, 4:귀갑문 세부)



1



2



3



4

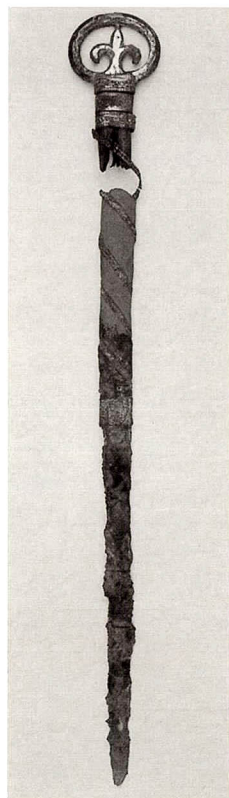
사진 3. 금동신발 세부 (1:바닥면 연결부분 'L' 자형, 2:바닥면 영락장식, 3:스파이크, 4:이형장식구)



1



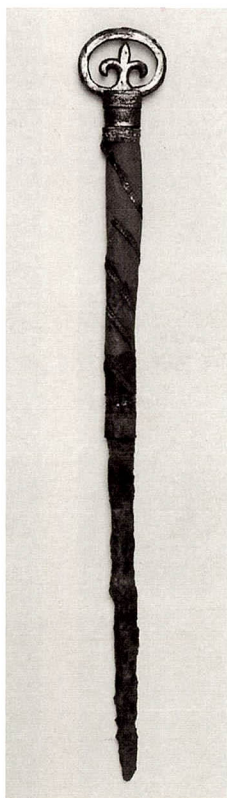
2



3



4



5

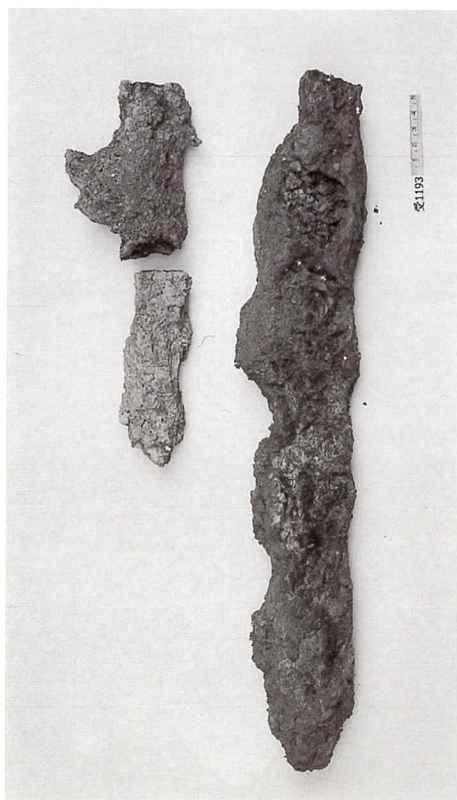


6



7

사진 4. 금은장삼엽환두도 처리 전후 (1·2:처리전, 3:복원과정, 4:X-ray사진, 5·6·7:처리후)



1



2



3



4



5



6



7

사진 5. 철제대도 처리 전후 (1~3:대도A, 4~7:대도B)



文研1197

1



2



3



4

사진 6. 철촉 (1:처리전, 2:분리상태, 3:처리후, 4:완형상태)



1



2



3



4

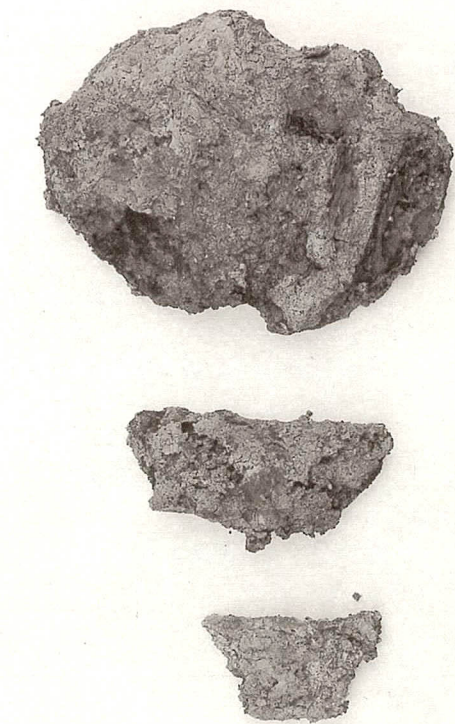
사진 7. 재갈 (1:처리전, 2:분리상태, 3:처리후 전면, 4:처리후 뒷면상태)



1



文研1197 2



3

文研1197



4

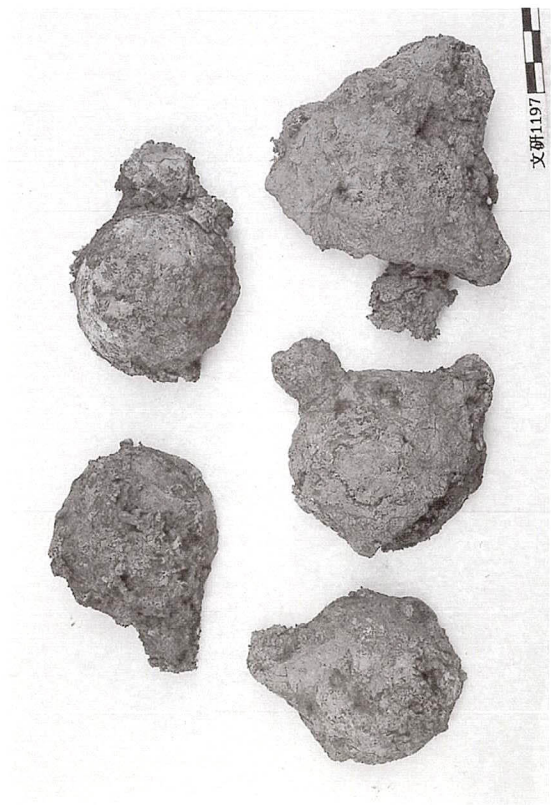
사진 8. 행염 처리전 상태 (1: 수습상태, 2·3: 처리전 상태, 4: 전면 처리전)



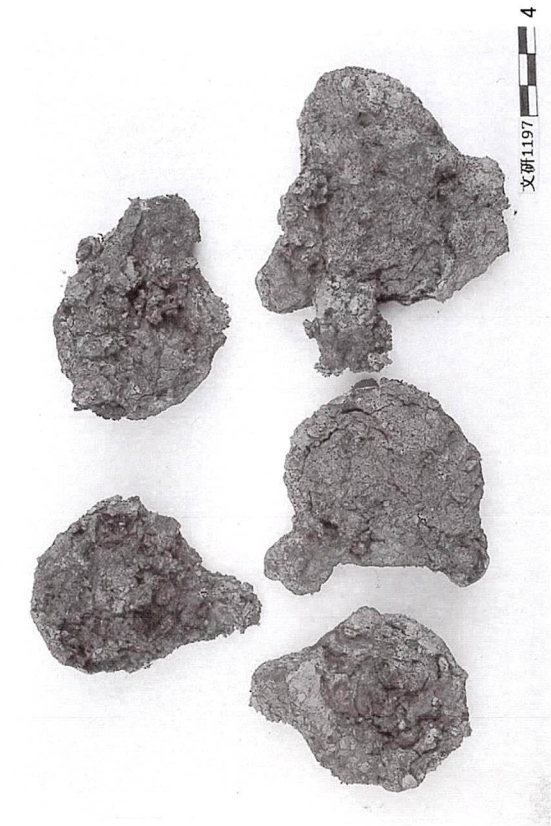
1



2



3



4

文研1197

文研1197

사진 9. 행엽 처리후 전후면(1·2) 및 윤주 처리전 상태(3·4)



사진 10. 문주 처리후 상태(1·2), 등자 처리전후 상태(3~5), 집게 처리후 상태(6)

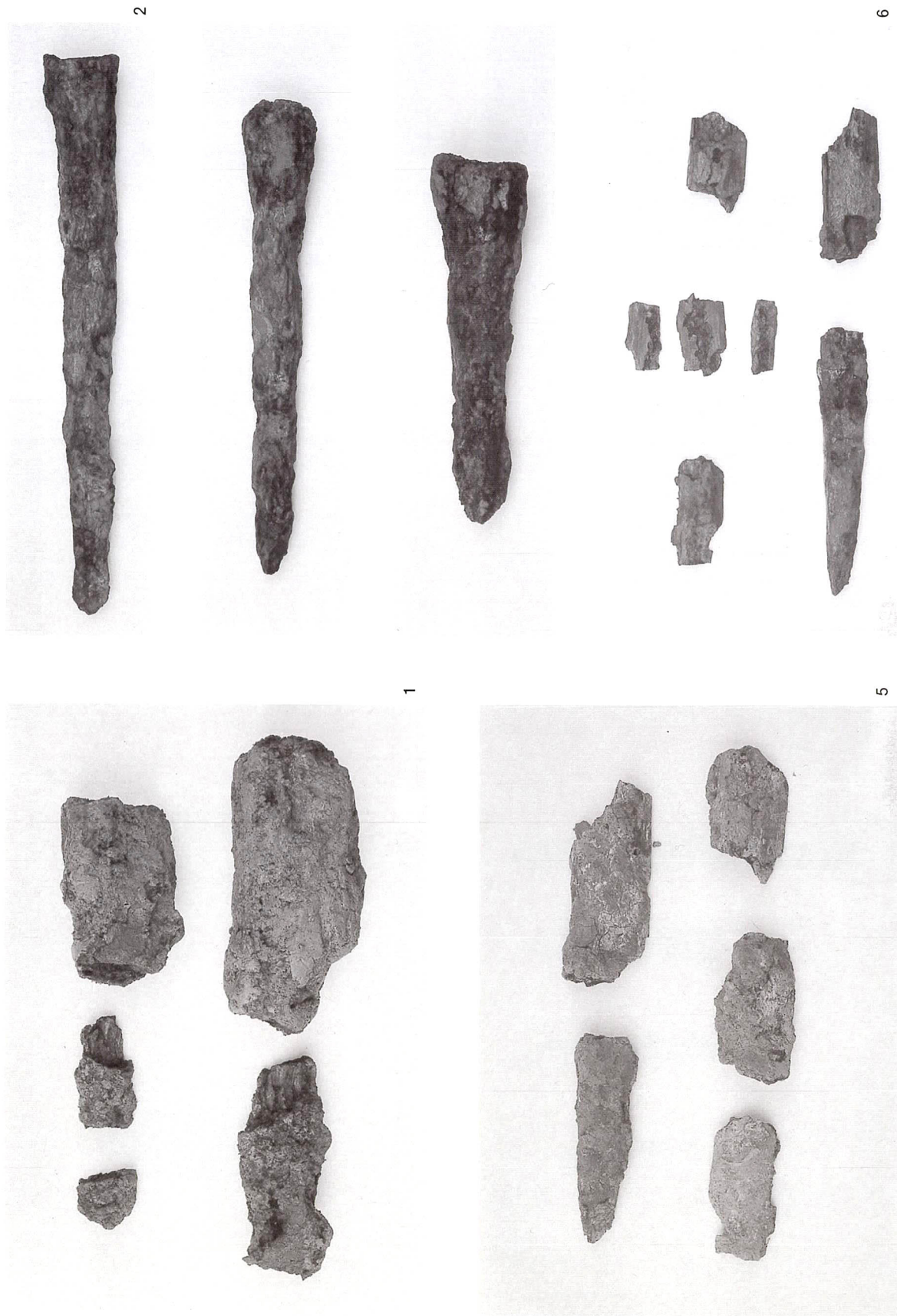
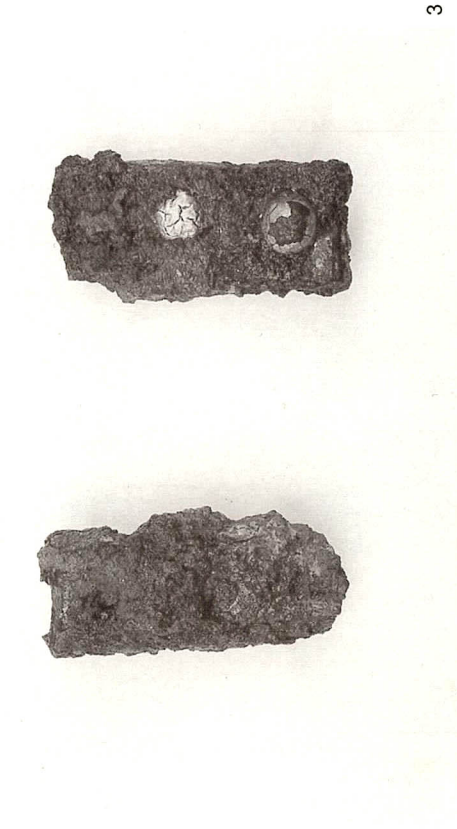


사진 11. 철모 처리 전후(1~4) 및 도자 처리 전후 상태(5~6)



文庫1197 2

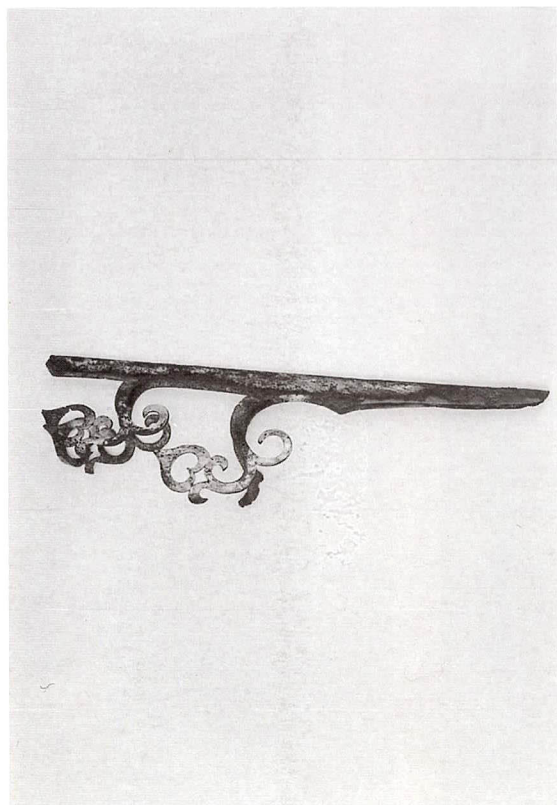
1



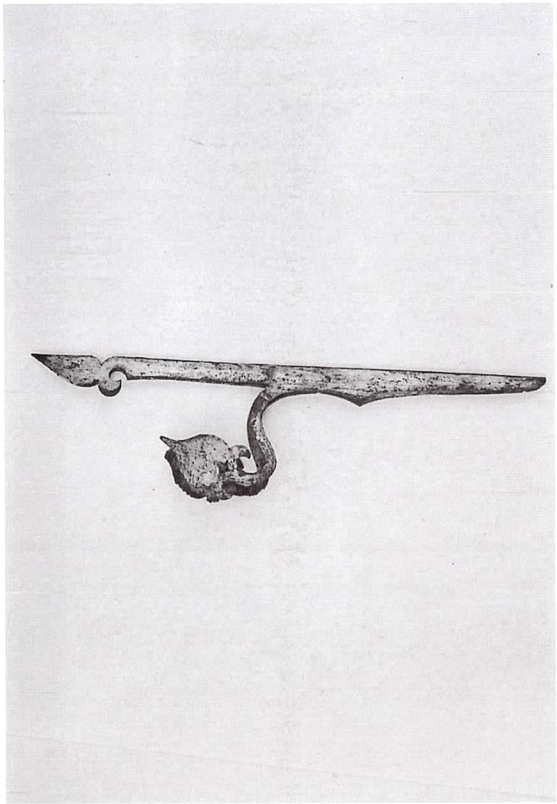
4

3

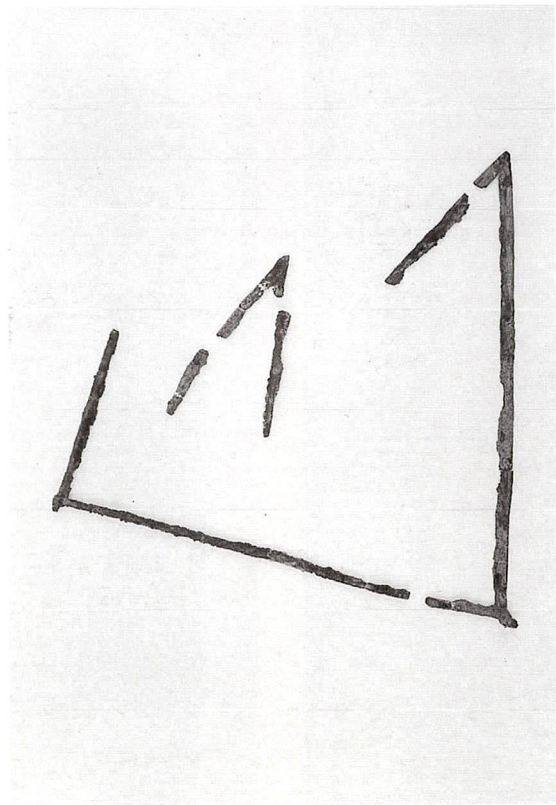
사진 12. 관못(1) 및 불명철기 처리 전후 상태(2~4)



1



2



3



4

사진 13. 은제관식(1·2) 및 철심관모틀(3·4) 처리후 상태



1



2



3



5



4



6

사진 14. 규두대도 처리전 상태



사진 15. 규두대도 보존 처리후 상태 (1:전면, 2:후면, 3:병 부, 4:병두부, 5:4의 뒷면, 6:병두부 측면, 7:조미금구, 8:조구금구)



1



2



3



4

사진 16. 금은장귀면문삼환두대도 보존처리전 상태 (1·2:앞, 3·4:뒤)

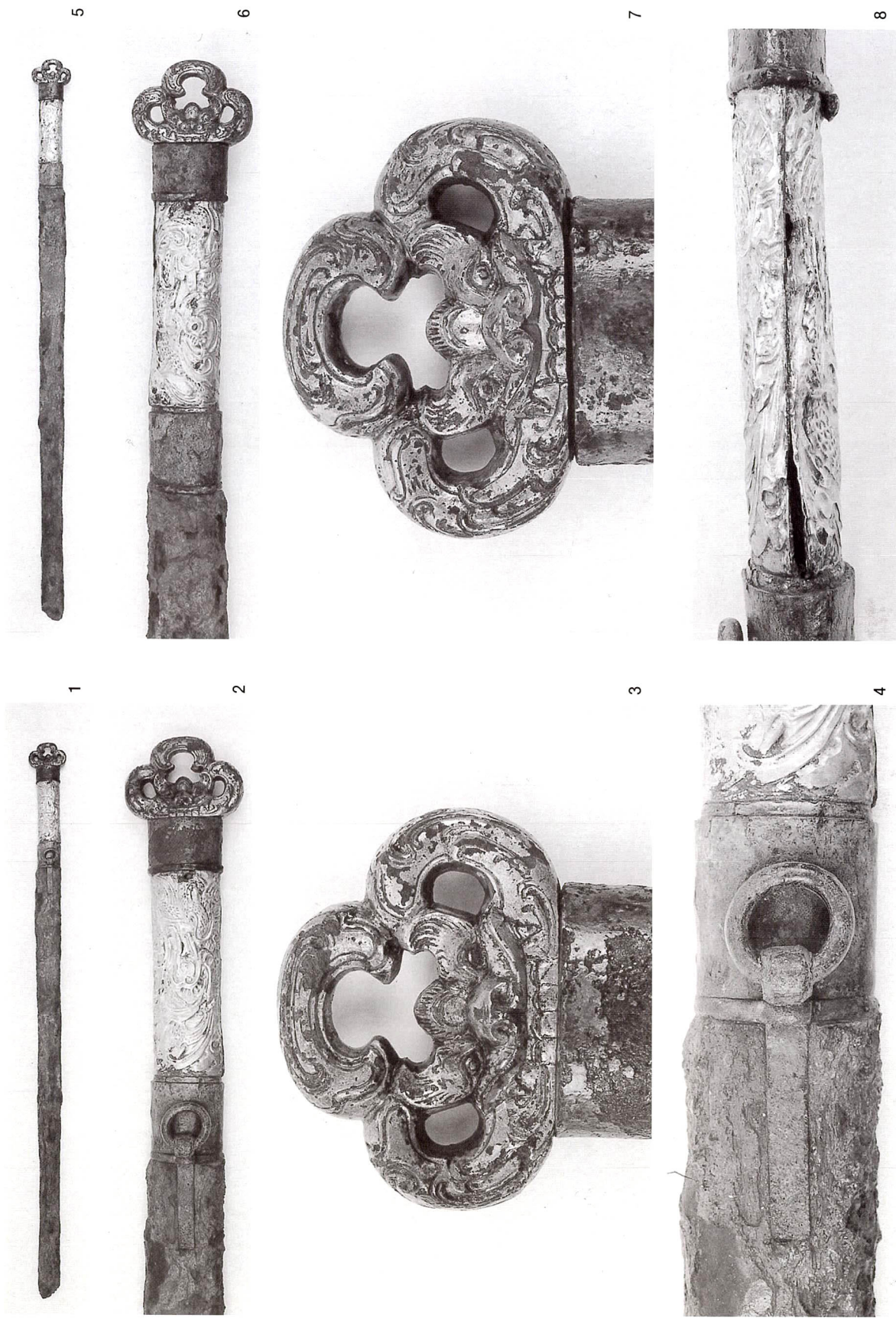


사진 17. 금은장귀면문삼환두대도 보존처리후 상태 (1~4:전면, 5~7:뒷면, 8:손잡이 접합부분)



1



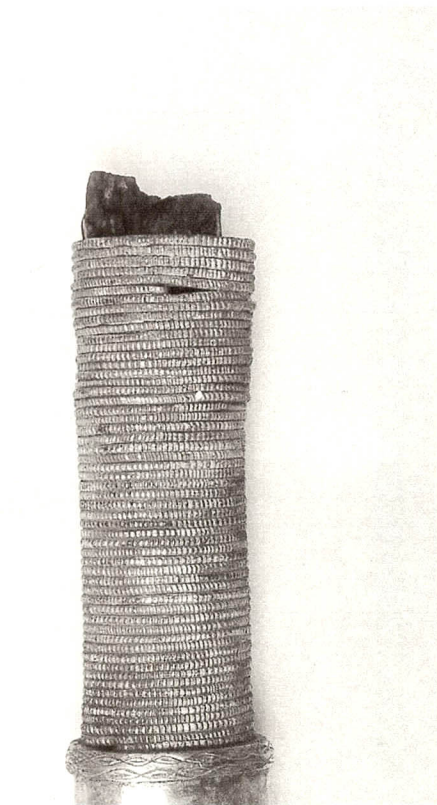
2



3



5



4

사진 18. 금은장구두대도 보존처리진 상태 (1: 앞, 2: 뒤, 3: 초미금구, 4: 손잡이, 5: 병두 파손 상태)



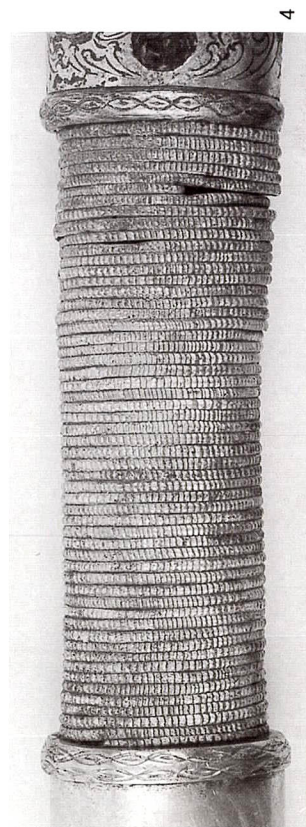
1



2



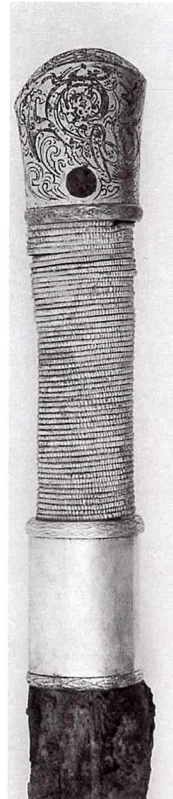
3



4



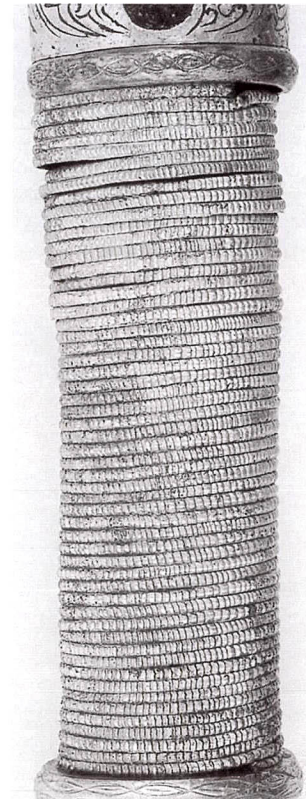
5



6



7



8

사진 19. 금은장구두대도 보존처리후 상태 (1~4: 앞, 5~8: 뒤)

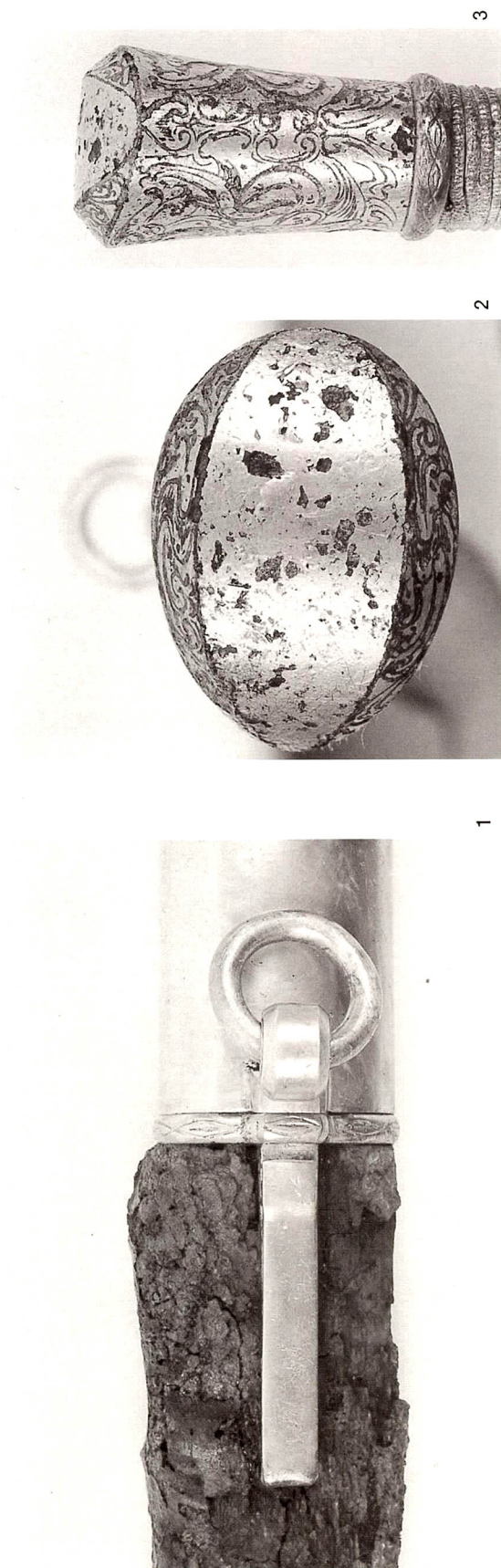


사진 20. 금은장구두대도 처리후 세부(1~3) 및 교구 보존처리 전후 상태(4~6)

羅州 伏岩里 3號墳 출토 人骨에 대하여

崔 夢龍(서울대학교)

金 洛中(국립문화재연구소)

金 權中(경남문화재연구원)

1. 제5호 횡혈식석실묘 인골

제5호묘는 방대형 분구의 중앙평탄지와 동사면의 경계에 장축을 북북서-남남동으로 배치한 횡혈식석실묘이다. 전장 670cm로 우편연도를 가졌으며 현실은 조임식구조로 양장벽을 기울여 쌓았다. 家族葬 또는 追加葬에 의해 인골 4구가 거의 매장될 때의 위치에 놓여 있는데 모두 복침을 하고 있다. 동쪽으로부터 일련번호를 부여하였다.

①번 인골

①번 인골은 두개골 부분의 상악골과 치아가 남아 있다. 상악골(Maxilla)에 부속하는 치아는 오른쪽에는 제2전치(2nd Incisor), 견치(Canine), 제1소구치(1st Premolar)가, 왼쪽에는 제1·2전치(1st·2nd Incisor), 견치(Canine), 제1·2소구치(1st·2nd Premolar), 제1·2대구치(1st·2nd Molar)가 보이고, 상악골과 하악골(Mandible)에서 떨어져 나간 것으로 보이는 제1소구치, 제2소구치와 제2대구치가 옆에 있다. 치아의 상태로 대체적인 나이를 추정해 볼 수 있는데, 전부 법랑질의 마모도가 심하며 상·하악골에서 떨어져 나간 치아들은 법랑질의 흔적만 겨우 남아 있어 이 인골의 나이는 최소 40세 이상으로 추정된다. 키나 성별은 추정할 수 있는 인골부분이 남아 있지 않아 알 수 없다.

②번 인골

②번 인골은 ①번 인골 바로 서편에 나란하게 머리를 북쪽으로 둔 상태로 남아 있다. 다른 부위는 남아 있지 않고 상악골과 치아, 제1경추(1st Cervical atlas: 環椎)가 남아 있다. 상악골(Maxilla)에 붙어 있는 치아는 오른쪽에만 제1·2전치, 견치, 제1·2소구치, 제1·2·3대구치가 남아 있는데 에나멜로 덮힌 解部齒冠(crown)이 거의 마모되었다. 제1경추(1st Cervical)는 완전히 접합(Fusion)되어 있다. 이상으로 종합해 볼 때 나이는 적어도 50세 이상이 된 것으로 보인다. 성별이나 키는 다른 인골이 남아 있지 않아 알 수 없다.

③번 인골

③번 인골은 ②번 인골과 ④번 인골사이에서 머리를 북쪽으로 둔 상태로 남아 있다. 두개골, 비골, 경골 등이 비교적 상태가 양호한 편이다. 먼저 두개골은 전두골(Frontal), 측두골(Temporal), 상악골(Maxilla)이 잘 남아 있고, 우측 유양돌기(Mastoid Process)가 남아 있다. 두

정골(Parietal)과 후두골(Occipital)부분은 떨어져 나가 조각만 남아 있는 상태이다. 시상봉합(Sagittal Suture)은 없고 관상봉합(Coronal Suture)의 흔적이 약간 남아 있어 약 35세 이하의 나이인 것으로 추정된다. 오른쪽 유양돌기는 모양이 작고 부드러우며, 미궁골(Superciliary Arch)이 작고 부드러운 점으로 미루어 여자일 가능성이 높다. 치아는 상악골부분 오른쪽에 제1·2전치, 견치, 제1·2대구치가 남아있으며, 제3대구치는 흔적이 보이고, 왼쪽에는 제2소구치, 제1·2대구치가 남아 있고, 그 외에 하악골의 것으로 보이는 전치, 제1·2대구치와 법랑질만 남은 치아 4개가 있다. 치아의 상태는 대구치에 마모된 흔적이 없고 전치에서 약간의 마모흔이 관찰되어 제3대구치가 나오는 사춘기(16세전후)이후에서 대구치 마모 흔적이 없으며 관상봉합이 완전히 덮이기 이전인 약 35세 이하의 나이로 여겨진다. 그리고 접두정봉합(Sphenoid suture), 접전두봉합(Sphenofrontal suture), 접린봉합(Sphenoidtemporal suture), 후두유돌봉합(Mastoidoccipital suture), 인상봉합(Squamous suture), 두정유돌봉합(Parietomastoid suture)도 아직 열려 있다. 이 상 두개골과 치아의 상태를 종합해 볼 때 35세 이하의 여자인 것으로 추정된다.

다음으로 신장은 우측 경골(Tibia)의 길이 36cm를 Trotter와 Gleser의 황인종 키값 구하는 공식¹⁾에 대입해 보면 $2.38 \times 36(\text{경골Tibia}) + 81.45 \pm 3.27 = 164.2 \sim 170.8\text{cm}$ 에 속하는 것으로 나타나 키는 164~171cm사이에 속하는 것으로 볼 수 있겠다.

④번 인골

④번 인골은 현실내부의 서쪽 장벽에 붙어 머리를 북쪽으로 둔 상태로 남아 있다. 두개골과 상·하악골, 치아, 우상박골, 우대퇴골, 경골 등이 남아 있다. 먼저 두개골은 5~6개의 편들로 조각이 난 상태인데 유양돌기(Mastoid Process)는 결실되었고, 두정측두골봉합(Parietotemporal suture)이 남아 있고 삼각봉합(Lambdoidal Suture)의 흔적이 보이며 접린봉합(Sphenoidtemporal suture), 후두유돌봉합(Mastoidoccipital suture), 인상봉합(Squamous suture), 두정유돌봉합(Parietomastoid suture)이 그대로 열려 있다. 상·하악골 부분은 오른쪽만 남아 있는데 상악골에 제1·2소구치와 제1·2대구치가, 하악골에 제1·2소구치와 제1·2대구치, 그리고 제3대구치의 흔적이 보이는데 법랑질의 마모도가 심하다. 두개골과 치아의 상태로 미루어 보아 45세 전후의 나이인 것으로 보인다. 키는 오른쪽 상박골의 길이가 22cm로 위의 키값 구하는 공식에 대입해 보면 $2.68 \times 22(\text{상박골Humerus}) + 83.19 \pm 4.25\text{cm} = 137.9 \sim 146.4\text{cm}$ 사이에 속한다. 성별은 추정자료가 없어 알 수 없다.

1) Trotter M and G. C. Gleser, A re-evaluation of estimation of stature based on measurements of stature taken during life and long bones after death, American Journal of Physical Anthropology, Vol. 16, No 1, 1958, pp. 79~124.

2. 제6호 횡혈식석실묘 인골

제6호묘는 분구의 남사면에 위치하는 전장 890cm의 횡혈식석실묘로 현실은 정교하게 다듬은 장대석을 이용해 축조하였다. 인골은 남북을 장축으로 하는 현실내부의 서쪽 장벽과 나란하게 머리를 북쪽으로 둔 상태로 남아 있는데, 할석(割石) 위에 냇돌(川石)을 2~3벌 간 바닥에 놓여 있다. 상·하악골, 요골, 척골, 대퇴골, 경골, 비골, 족골(Tarsal Bones)중 거골(Talus), 종골(Calcaneum), 제5중족골(5th Metatarsal)과 수골(Carpal bones) 일부가 남아 있다. 나이는 상악골의 제1·2대구치와 하악골의 좌우 1·2·3대구치가 남아 있는데 법랑질의 마모가 심하여 최소 50세 이상으로 추정된다. 다음으로 키는 오른쪽 경골(Tibia)의 길이가 38cm로 키값 구하는 공식에 대입해 보면 $2.38 \times 36(\text{경골Tibia}) + 81.45 = 164.2 \sim 170.8\text{cm}$ 사이에 속한다. 성별은 전체 인골의 상황으로 미루어 보아 남자로 추정이 된다. 또한 일부 인골에서 골수염을 앓은 흔적이 확인된다.

3. 제12호 횡혈식석실묘 인골

제12호묘는 분구 남사면의 동단에서 확인된 횡혈식석실묘로 양벽조임식 현실구조를 가지고 있다.

①번 인골

남북을 장축으로 하는 석실의 현실내부에 서쪽 장벽과 나란하게 머리를 북쪽으로 둔 상태로 남아 있다. 하악골, 견갑골(Scapula), 대퇴골, 경골, 비골, 골반, 슬개골(Patella) 등이 남아 있어 나이와 성별을 알 수 있는데, 먼저 나이는 하악골부분에 남아 있는 치아들의 법랑질의 마모도가 아주 심한 편이고 인골 전체의 상황에서 노화가 상당히 진행이 된 것으로 보여 50세를 훨씬 지난 나이인 것으로 추정된다. 성별은 골반의 대좌골절흔(greater sciatic notch)이 깊고 좁아 남자이다.

②번 인골

남북을 장축으로 하는 석실의 현실내부에 동쪽 장벽과 나란하게 머리를 북쪽으로 둔 상태로 안치되었는데 석실 동쪽장벽의 침하로 인해 인골이 동쪽 장벽쪽으로 치우쳐 있다. 치아, 늑골, 대퇴골편, 경골편 등이 남아 있다. 치아는 제1번 대구치, 소구치 2점이 남아 있는데 모두 치근이 남아 있지 않지만, 법랑질의 마모흔적이 약간 보이고 있어 25~35세 정도이나 35세에 가까운 나이로 추정된다. 인골의 잔존 상태가 좋지 않아 다른 사항은 알 수 없으나 석실의 상태와 인골의 상태를 종합해 볼 때 부부합장인 것으로 추정이 되어 ①번 인골의 부인인 여자로 추정된다.

4. 제16호 횡혈식석실묘 인골

제16호묘는 판석을 이용하여 축조한 단면장방형의 현실을 가진 횡혈식석실묘이다. 현실에는 인골 3구가 안치되어 있었으며, 연도에서는 은제관식 1점이 출토되었다.

①번 인골

①번 인골은 동서를 장축으로 한 석실의 현실내부에서 북쪽 장벽에 나란하게 머리를 동쪽으로 둔 상태로 잔존하고 있다. 두개골은 흔적만 남은 상태이고, 팔뼈, 다리뼈 등이 비교적 잘 남은 편이다. 이들 인골로 나이, 키, 성별 등을 알 수 있다. 먼저 치아의 상태에서 보면 대부분이 남아 있는데 법랑질의 마모가 심하고 특히, 견치, 견치, 제1대구치, 제2대구치 2점이 심한 충치를 보이고 있다. 치아의 상태로 보아 나이는 대략 40세 이상인 것으로 보인다.

키는 오른쪽 상박골(Humerus)의 길이 28cm를 위 공식에 대입해 보면 $2.68 \times 28(\text{상박골 Humerus}) + 83.19 \pm 4.25\text{cm} = 154.5 \sim 162.4\text{cm}$ 인 것으로 나타나 이 인골의 키는 154~162cm 사이이다.

성별은 확실하지 않으나 전체적인 인골의 상태로 보아 남자일 가능성이 높다.

②번 인골

②번 인골은 현실내부에서 ①번 인골과 ③번 인골 사이에서 현실의 중앙을 기준으로 북쪽에 있는 ①번 인골에 가깝게 머리를 동쪽으로 둔 상태로 남아 있다. 다른 인골은 거의 남아 있지 않고 두개골의 흔적과 치아만 남아 있다. 치아는 모두 남아 있으나 치근이 모두 떨어져 나간 상태이다. 제3대구치가 나와 있으며 치아 법랑질의 마모흔적이 약간 남아 있는 것으로 보아 나이는 25~35세 정도이나 35세에 가까운 나이로 보는 것이 무난하겠다.

③번 인골

③번 인골은 현실내부에서 남쪽 장벽에 나란하게 머리를 동쪽으로 둔 상태로 남아 있다. 두개골과 상·하악골, 치아, 팔뼈 일부와 다리뼈 일부가 남아 있다. 먼저 성별은 두개골이 전두골, 후두골, 측두골과 나머지는 편만 남은 상태인데 유양돌기 및 외후두용기(External Occipital Protuberance)의 발달이 뚜렷하고, 외후두릉(External Occipital Crest)의 윤곽이 뚜렷하며 안와의 위모서리(Supra-orbital Ridge)가 굵고 커서 남자인 것으로 보인다. 두개골의 삼각봉합(Lambdoidal Suture)이 아직 열려 있고, 치아는 상악골에는 견치, 제1소구치, 제1·2대구치, 하악골의 오른쪽에 제2소구치, 제1·2대구치와 다 자라지 못한 제3대구치가 있고, 왼쪽에 견치, 제2소구치, 제1·2대구치와 역시 다 자라지 못한 제3대구치가 있다. 그러나 다른 치아들의 법랑질의 마모가 아주 심한 편이다. 이상과 같이 두개골과 치아의 상태를 종합해 볼 때 40세 이상 45세 이하로 보인다. 다음으로 키는 정확한 수치를 구할 수 있는 뼈가 남아 있지 않아 추정하기 어려우나 현재 남아 있는 상태로 보아 두개골에서 경골·비골의 남아 있는 부분까지의 길이가

143cm이므로 원래는 그 보다 훨씬 컸던 것으로 판단된다.

5. 제17호 황혈식석실묘 인골

제17호묘는 중앙연도에 조임식 현실구조를 가진 황혈식석실묘이다. 석실벽은 판석과 할석을 혼합하였다. 인골은 현실에 2구가 안치되어 있고, 널길(美道)에는 재사용된 와형토기조합관에 화장된 인골이 담겨 있었다.

①번 인골

①번 인골은 동서를 장축으로 하는 석실의 현실내부에 북쪽 장벽과 나란하며, 머리를 동쪽으로 둔 상태로 남아 있다. 두개골은 흔적만 남아 있고 좌상박골, 대퇴골, 경골, 비골, 족근골 등이 남아 있다. 나이는 추정할 수 있는 인골부분이 없고, 키는 왼쪽 대퇴골(Femur)의 길이가 41cm로 위의 키값 구하는 공식에 대입하면 $2.15 \times 41(\text{대퇴골Femur}) + 72.57 \pm 3.80\text{cm} = 156.9 \sim 164.5\text{cm}$ 로 이 인골의 키는 157~165cm가 된다. 성별은 정확하게 판단할 수 있는 인골 부분이 남아 있지 않아서 추정이 어렵지만, 전체적인 인골 상태와 ②번 인골이 남자이므로 부부합장의 가능성을 생각한다면 여자일 가능성이 높다.

②번 인골

②번 인골은 현실내부에 남쪽 장벽과 나란하게 머리를 동쪽으로 둔 상태로 남아 있다. 두개골, 팔뼈, 골반, 척추, 다리뼈 등이 비교적 잘 남아 있어 나이, 성별, 키 등을 파악할 수 있다. 먼저 나이는 두개골과 치아, 대퇴골로써 알 수 있는데, 두개골의 시상봉합과 관상봉합은 아주 희미하게 흔적을 남기고 있으나 삼각봉합은 뚜렷하게 열려 있다. 그리고 치아중에 제2대구치 법랑질의 마모가 시작되고 있으며, 대퇴골두(Head of femur)의 골간(Diaphysis)과 골단(Epipysis)의 결합이 이미 이루어져 있어 대체적으로 21~35세 사이의 나이로 추정된다. 다음으로 성별은 두개골 부분에서 보면 유양돌기와 외후두용기가 튀어 나오고 발달이 되어 있으며 골반 부분으로 보면 대좌골흔(great sciatic notch)이 깊고 좁은 점으로 미루어 보아 남자임을 알 수 있다. 키는 좌측의 대퇴골(Femur)의 길이가 41.8cm로 이것을 위의 공식에 대입해 보면 $2.15 \times 41.8 + 72.57 \pm 3.80\text{cm} = 158.6 \sim 166.2\text{cm}$ 로 이 인골의 키는 159~166cm 사이가 된다.

③번 인골

③번 인골은 화장을 시킨 뒤에 인골을 추려 와형토기조합관 속에 넣어 석실의 연도내부 바닥에 장축방향과 나란하게 놓았다. 1인이고 인골에서 동심원상의 裂開痕이 확인되어 화장을 한 것이 분명하다. 나이는 천추(Sacrum)에서 1번과 2번의 橫線(Transversal lines)이 완전히 결합(Fusion)하고 있어 적어도 32세 이상으로 추정되며 그 아래쪽이 없으나 현재로서는 40세 이상의 나이까지도 가능하다. 성별은 천골저(Base of sacrum)가 양측 날개(Alae)보다 폭이 크고 긴

비율로 보아 남자이다. 이 인골은 널길(美道)에 놓여 있어 신분은 石室에 安葬된 夫婦의 男僕으로 주인의 사후 殉葬된 것으로 추정된다.

이상을 종합해 보면 다음의 표와 같다.

인골번호	침향 및 자세	성 별	나 이	키	질 병	성 격
제5호묘 ①번	북침 · 신전장	-	40세 이상	-	-	가족묘 또는 추가장
제5호묘 ②번	"	-	50세 이상	-	-	
제5호묘 ③번	"	여	35세 이하	164~171cm	-	
제5호묘 ④번	"	-	45세 전후	138~146cm	-	
제6호묘 ①번	북침 · 신전장	남	50세 이상	164~171cm	골수염	추가장
제12호묘 ①번	"	남	50세 이상	-	-	부부합장
제12호묘 ②번	"	여(?)	25~35	-	-	
제16호묘 ①번	동침 · 신전장	남(?)	40세 이상	154~162cm	충치	가족묘 또는 추가장
제16호묘 ②번	"	-	25~35세	-	-	
제16호묘 ③번	"	남	45세 이하	143cm이상	-	
제17호묘 ①번	"	여(?)	-	157~165cm	-	부부합장
제17호묘 ②번	"	남	21~35세	159~166cm	-	
제17호묘 ③번	화장인골	남	40세 이상	-	-	순장(?)

나주 복암리 3호분 출토인골에 대한 분석

金宰賢(동아대학교 고고미술사학과)

I. 머리말

국립문화재연구소와 전남대학교 박물관은 1996년부터 1998년에 걸쳐 전남 나주시 다시면 복암리에 위치하는 복암리 3호분을 발굴조사하였다. 결과 41기의 묘를 확인할 수 있었으며, 이중 분석이 가능한 인골은 10기의 묘에서 적어도 19개체가 검출되었다.

인골은 11호·12호·17호·18호 옹관에서 골편만이 출토되었지만, 그 외 수혈식석곽묘인 4호묘에서 1개체, 횡혈식석실묘인 5호묘에서 4개체, 6호묘에서 2개체, 12호묘에서 1개체, 16호묘에서 3개체, 17호묘에서 4개체분이 확인되었다.

출토인골은 검출단계에서 일부 부식이 심한 것과 두개골편을 바인더(Binde-17)로 강화처리하여 수거하였다. 수거된 인골은 발굴현장과 국립문화재연구소에서 2차에 걸쳐 분석·검토를 행하여, 카드작성과 계측·촬영을 완결하였다.

여기서 성별은 남성·여성·불명으로 구분하였으며, 연령은 인류학적 구분인 유아(乳兒 1세 미만), 유아(幼兒 1~5세), 소아(小兒 6~11세), 약년(若年 12~19세), 성년(成年 20~40세 미만), 숙년(熟年 40~60세 미만), 노년(老年 60세 이상)으로 분류하였고, 연령불명의 경우에는 인골이 어른의 것인가, 어린이의 것인가를 분석하여 성인과 어린이로 구분하였다.

치아교모도에 대한 검토에서는 도찌하라(栃原博 1957)의 분류법을 사용하였으며, 추정신장은 피어슨식(Pearson 1899)을 주로 사용하였고 경골만이 남은 경우에 있어서는 트로터와 글래서식(Trotter & Gleser 1952·1958)의 몽골로이드 신장 추정치를 사용하였다. 계측은 상태가 양호한 일부만이 가능하였으며, 마틴(Martin 1914·1924)의 계측법에 의거하여, 표로서 나타내었다. 촬영도 부위동정이 가능한 인골 일부만을 촬영하여 도판으로 작성하였다.

이상, 결과를 다음과 같이 보고한다.

II. 출토인골의 분석

1. 제4호 수혈식석곽묘

4호묘에서는 1개체분의 인골이 검출되었다.

(가) 인골소견 : 추골체와 사지골 일부만이 잔존하는 것으로 상지(上肢)는 좌 상완골체를 비롯한 좌 견갑골편, 좌우 상완골편, 좌 전완골편이 확인된다. 하지(下肢)는 좌 대퇴골체의 후면과 우 경골체가 확인된다.

(나) 성별 : 잔존하는 좌 상완골에서 삼각근조면(三角筋粗面, Tuberositas deltoidea)과 좌 대

퇴골체에서 조선(粗線, Linea aspera)의 발달이 강한 것이 확인되므로 남성으로 판정된다.

- (다) 연령은 상완골과 대퇴골이 발달한 것에서 성인의 것으로 생각되지만, 연령을 추정할 적극적인 부위가 잔존하지 않고 있으므로 불명이다.

2. 제5호 횡혈식석실묘

확인되는 인골은 전부 4개체이다. 두개골은 모두가 석실 안벽(북쪽단벽)에 위치하고 있다. 동쪽 장벽에 가까운 것을 1호인골로 하여 차례대로 2호인골, 3호인골, 그리고 서쪽 장벽에 가까운 것을 4호인골로 나누고 출토상태와 인골소견을 기술한다.

(1) 5-1호인골

- (가) 출토상태 : 두개골편이 일부 잔존하는 상태로, 사지골은 확인되지 않으므로 정확한 매장상태는 알 수 없다.
- (나) 인골소견 : 두개는 상악골의 골구개(Palatum osseum), 치아, 추골체 일부만이 잔존하고 있다. 치아의 잔존치식은 다음과 같다.

P ¹ C I ²	I ¹ I ² C P ¹ P ² M ¹ × ×

- (보기) ○ 치조개방 × 치조폐쇄 / 결손 △ 치근만 존재
 • 유리치(遊離齒) ㄷ 우식 () 미맹출
 ※ 이하 치식에서의 보기는 동일하므로 생략함.

- (다) 성별 : 성별을 판정할 부위는 확인되지 않으므로 불명이다.

- (라) 연령 : 치아의 교모도가 2°b를 나타내고, 제2대구치와 제3대구치의 치조폐쇄가 확인되는 것에서 숙년후반으로 추정된다.

(2) 5-2호 인골

- (가) 출토상태 : 1호인골과 같이 두개골편 일부와 부위동정이 불가능한 장골(長骨)편만이 확인되는 정도이다. 1호인골보다는 더 북쪽 단벽에서 떨어져 두개골편이 위치하고 있다. 두개골이 피장시의 위치를 유지하고 있다고 생각한다면 하복부가 위치하였을 것으로 추정되는 곳에서 은제교구가 확인된다. 두개골 주위에서 장골편도 확인된다.
- (나) 인골소견 : 두개골은 우측 상악골편과 대후두공이 확인되는 인두결(Tuberculum pharyngeum)과 후두과(Condylus occipitalis), 경추편 일부가 남아 있는 정도이다. 잔존치식은 다음과 같다.

$M^3 M^2 M^1 P^2 P^1 C I^2 I^1$	$I^1 /$
---------------------------------	---------

여기서 치아의 교모도는 3°를 나타내고 있다.

(다) 성별 : 잔존하는 인골편에서는 성별판정이 가능한 부위가 확인되지 않으므로 불명이다.

(라) 연령 : 치아의 교모도가 전체적으로 3°를 나타내는 것에서 노년으로 추정된다.

(3) 5-3호 인골

(가) 출토상태 : 두개골은 비교적 양호한 상태로 남아있으며, 두개골 주위에서 부위동정이 불가능한 늑골편이 확인된다. 사지골은 입구부 가까이에서 경골체와 비골체, 거골(Talus)편 등이 확인된다. 여기서 늑골은 두개골 주위에서 확인되는 것에서 백골화된 상태에서 정리되어진 것으로 추정되며, 좌우경골과 비골, 거골도 피장시의 본래위치에서 이탈하여 모여져 있는 것에서 정리되어진 것으로 추정된다.

(나) 인골소견 : 두개골은 전두골, 좌우 측두골과 협골, 좌 두정골편, 상악골, 외두개저(Basis cranii) 등이 잔존한다. 여기서 잔존치식은 다음과 같다.

$M^2 M^1 / \hat{P}^1 C I^2 I^1$	$P^1 / M^1 M^2$
---	-----------------

치아의 교모도는 대구치가 1°b를 나타내고 있다. 이외 늑골편과 좌우 경골체, 비골편, 거골편이 확인된다.

(다) 성별 : 두개골에서 미궁(Arcus superciliaris)과 측두선(Linea temporalis), 우경골의 가자미근선(Linea musculi solei)이 발달한 것에서 남성으로 판정된다.

(라) 연령 : 치아 교모도가 1°b를 나타내는 것에서 성년후반으로 추정된다.

(4) 5-4호 인골

(가) 출토상태 : 다른 3체의 인골과 같이 두개골은 서쪽 장벽 가까이 위치하고 있다. 우 상악골과 하악골편이 좌측을 향하고 있으나, 다른 우측두개골편이 좌측두개골 위에 겹쳐져 출토되지 않고 늑골의 상태가 불명인 것에서 피장시 두개골이 좌측와(左側臥)였을 적극적인 근거는 없다. 상지는 우 상완골과 전완골의 주관절(肘關節)이 피장시 원위치를 유지하고 있으며, 하지의 우 슬관절(膝關節)과 좌우경골도 거의 원위치를 유지하고 있는 것에서 매장시의 상태를 유지하는 것으로 판단되어 신전장(伸展葬)이었을 것으로 추정된다.

(나) 인골소견 : 두개골은 전두골과 좌우 측두골, 우협골, 후두골, 상악골, 하악골의 일부 편이 확인된다. 잔존치식은 아래와 같다.

M ² M ¹ P ² P ¹	
× M ₂ M ₁ P ₂ P ₁ △ △ /	

여기서 치아의 교모도는 2°a를 나타내고 있다.

상지는 우 상완골체와 원위단, 전완골편, 좌 견갑골편 등이 확인되며, 하지는 우 대퇴골편과 좌우 경골체가 남아있다.

(다) 성별 : 미궁과 측두선이 발달한 것에서 남성으로 판정된다.

(라) 연령 : 대구치의 교모도가 2°a를 나타내고 제3대구치가 폐쇄를 보이는 것에서 숙년으로 추정된다.

결국 5호묘에서는 성별불명의 숙년 후반 성인 1개체와 노년 1개체, 성년 후반 남성 1개체, 숙년 남성 1개체 등 전 4개체가 검출되었다. 이 중 1호와 2호인골은 두개골편만이 주로 확인되는 것으로 피장시의 상태를 알 수 없다. 다만 1·2호 인골 모두 사실상 두개골편과 함께 부위동정은 불가능하지만, 늑골편이나 추골편 등과 장골편 등이 일부 확인되는 것에서 두개골을 중심으로 사지의 골편들이 정리되었을 가능성이 크다. 이것은 목질이 확인되는 것에서 목관을 사용했을 가능성을 상정하더라도 석실폭이 약 150cm인 점과 관뿔이 북쪽단벽 가까이에 모여서 출토되는 점 등을 감안한다면 이들 목관이 동시에 위치했을 가능성은 희박한 것으로 생각된다.

다만 1호인골과 2호인골이 함께 섞여서 정리되지 않은 것에서 적어도 이 두 개체는 각기 다른 시기에 정리되었을 가능성이 큰 것으로 보인다. 그러나 이들이 어느 단계에 정리되었는지는 알 수 없다. 3호인골은 두개골을 중심으로 상반신의 인골이 일부 정리된 형태이며, 하지는 별도의 위치에 정리되는 형태를 보인다. 그리고 4호인골은 거의 피장시의 매장위치를 유지하고 있는 것으로 추정되어 최종 피장자였을 가능성이 크다. 그러므로 5호분에서의 매장순서는 (1·2) → 3 → 4호 인골의 순서를 상정할 수 있으며, 만약 그 매장순서가 4호인골을 참조하여 동쪽에서 서쪽순서로 이어졌다고 가정한다면 1 → 2 → 3 → 4호 인골의 순서로 매장되었을 가능성을 상정할 수 있을 것이다.

3. 제6호 횡혈식석실묘

2개체의 인골이 확인되었다.

(1) 6-1호 인골

(가) 인골조건 : 두개골은 우 상악골편과 하악골체 일부만이 남아있는 정도이다. 잔존치식은 다음과 같다.

M ² M ¹ ○○○○○○	
--------------------------------------	--

여기서 치아의 교모도는 1°c를 나타낸다.

상지는 우 상완골체만이 확인되며, 하지는 좌 대퇴골체와 우 경골과 비골, 우 거골(Calcaneus)과 중골(Talus), 중족골(Os metatarsale) 일부가 비교적 양호한 상태로 남아있다.

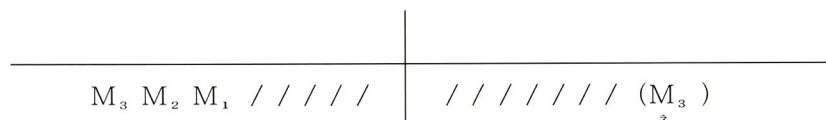
(나) 성별 : 삼각근조면과 대퇴골조선, 가자미근선(Linea musculi solei)이 발달한 것에서 남성으로 판정된다.

(다) 연령 : 대구치의 교모도가 1°c인 것에서 성년으로 추정된다.

(라) 특기사항 : 우 경골장이 355mm인 것에서 트로터와 그래서(Trotter & Gleser 1952 · 1958)식에 의한 추정 신장은 166.3cm이다.

(2) 6-2호 인골

(가) 인골소견 : 1호인골과는 구분되는 별개체의 하악골만이 잔존하고 있다. 확인되는 치식은 다음과 같다.



여기서 치아 교모도는 2°a를 나타내고 있다. 이외의 사지골은 잔존하고 있지 않다.

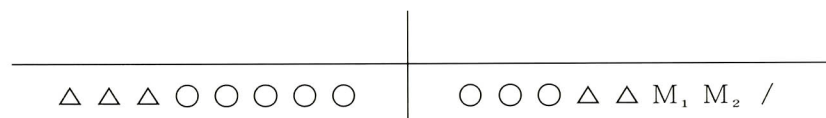
(나) 성별 : 하악골은 그 발달상태와 치아의 맹출상태에서 성인의 것으로 생각되지만, 성별을 판정할 부위가 잔존하지 않으므로 불명이다.

(다) 연령 : 치아 교모도가 2°a를 나타내고 있으나, 제3대구치(사랑니)는 미맹출된 상태이면서도 교모와 우식이 확인되는 것 등을 생각할 때 성년이상으로 추정된다.

4. 제12호 횡혈식석실묘

1개체분만이 검출되었다.

(가) 인골소견 : 두개골은 골편만이 잔존하는 형태로 부위동정은 불가능하다. 그러나 하악골은 좌우의 근돌기와 하악두를 제외한 부분이 양호한 상태로 잔존하며, 여기서 확인되는 치식은 다음과 같다.



잔존치식의 교모도는 3°를 나타내고 있다. 상지는 우 상완골체와 좌 상완골의 원위단, 우 척골, 우 요골의 근위단, 좌 견갑골편이 확인된다. 구간골(軀幹骨)은 늑골편이 잔존하는 정도로서 부위동정은 불가능하다. 하지는 좌 관골편과 좌우 대퇴골, 좌 슬개골, 우 경골체와 비골의 근위

단, 좌 경골의 전연부(前緣部)가 일부 확인되고 있다.

(나) 성별 : 좌 관골의 대좌골절흔(大坐骨切痕, Incisura ischiadica major)의 각이 작고, 좌우 대퇴골 조선과 우 경골의 가자미근선 등이 발달한 것에서 남성으로 판정된다.

(다) 연령 : 치아의 교모도가 3°를 나타내고 있으나 치조가 전부 개방되어 있는 점에서 숙년 후반으로 추정된다.

5. 제16호 횡혈식석실묘

5호묘와 같이 두개골이 내벽인 동쪽단벽을 향한 상태에서 출토되었다. 인골은 확인되는 두개골의 상태에서 3개체로 생각된다. 북쪽장벽에 가까운 것을 1호인골로 하고 3개체 중 중앙에 위치하는 것을 2호, 남쪽장벽에 위치하는 것을 3호인골로 하여 출토상태와 인골소견을 기술한다.

(1) 16-1호 인골

(가) 출토상태 : 석실의 북쪽장벽 가까이에 위치하는 것으로 두개골은 파손되어 골편만이 확인되는 정도이다. 상지는 비교적 매장시의 원위치를 유지하는 것으로 좌우 주관절(肘關節)도 연결된 상태이다. 우 전완골은 회내(回內, Pronation)하여 좌 전완골과 함께 복부 위에 겹쳐서 모은 상태였을 것으로 추정되지만, 좌우 전완골의 원위단은 부식되어 잔존하고 있지 않는 상태여서 겹쳐진 좌우 전완골과 수골(手骨)이 어떠한 상태였는가는 알 수 없다. 하지는 대퇴골편과 좌우 하퇴골이 잔존하며, 특히 우 비골은 좌 경골과 함께 좌우가 나란히 위치하는 것에서 정리되어진 것으로 추정된다.

(나) 인골소견 : 두개골은 측두골편과 두정골편이 확인되지만 부위동정은 불가능하다. 이외 유리치(遊離齒)가 확인되며, 잔존치식은 다음과 같다.

\dot{M}^3	\dot{P}^1	\dot{C}	\dot{I}^1	\dot{C}	\dot{P}^1	\dot{M}^1
\dot{M}_3	\dot{M}_2	\dot{M}_1	\dot{P}_2	\dot{P}_1	\dot{C}	\dot{C}
					\dot{C}	\dot{P}_1
					\dot{P}_2	

여기서 치아 교모도는 제1대구치가 2°b이며, 제3대구치는 1°b를 나타내고 있다. 상지는 우 상완골이 거의 완전하게 남아 있으며 우 전완골의 근위단도 확인된다. 그 외 좌 견갑골편과 좌 상완골의 근위단, 좌 요골의 근위단도 잔존한다. 구간골은 경추(頸椎)편과 추골(椎骨)편이 확인되지만 부위동정은 불가능하다. 하지는 우 대퇴골편과 좌우 경골체, 좌우 비골체가 확인된다.

(다) 성별 : 우 상완골의 삼각근조면과 좌우 경골의 가자미근선의 발달이 약한 것에서 여성으로 판정된다.

(라) 연령 : 치아의 교모도가 2°b이고, 제3대구치도 1°b인 것에서 숙년으로 추정된다.

(마) 특기사항 : 상악 제1절치에서는 치아의 삽모양(shovel)이 확인된다.

(2) 16-2호 인골

- (가) 출토상태 : 묘실의 중앙에 위치하는 것으로 잔존상태는 불량하다. 확인되는 골편에서 겨우 두개골편인 것만을 알 수 있다.
- (나) 인골소견 : 부위동정이 불가능한 두개골편과 경추체 일부가 확인되는 정도이다.
- (다) 성별 : 성별을 판정할 부위가 잔존하지 않으므로 불명이다.
- (라) 연령 : 불명이다. 다만 두개골편이 비교적 두꺼운 것에서 성인으로 추정되는 정도이다.

(3) 16-3호 인골

- (가) 출토상태 : 남쪽장벽에 가장 가까이 위치하고 있으며, 확인되는 3개체 중 두개골의 잔존상태가 다른 것에 비하여 비교적 양호하다. 그러나 사지골은 1호인골에 비해 불량하여 그 일부만이 잔존하는 정도이지만, 그 출토위치로 보아 피장시의 원위치를 유지하고 있는 것으로 추정된다. 그러므로 검출상태에서 추정한다면 두개골은 곧 바로 전락(轉落)하여 있고 좌우 상완골의 전면(前面)이 위를 향하고 있으며, 경골의 원위단이 위치하는 상태 등에서 보아 3호인골은 앙와신전장(仰臥伸展葬)이었을 것으로 생각된다. 그 외에 남동쪽 구석에서 좌 거골이 확인되었으나, 이것이 3호인골과는 출토위치상으로 무관한 것으로 보이며, 오히려 다른 별개체가 있었을 가능성도 생각할 수 있으나, 그것을 상정할 다른 적극적 증거는 확인되지 않는다.
- (나) 인골소견 : 두개골은 미궁을 포함하는 전두골과 후두골편, 좌우 상악골편, 유양돌기가 확인되는 좌우 측두골 등이 잔존하며, 하악은 우 근돌기와 하악두를 제외한 부분이 거의 확인되어진다. 잔존치식은 다음과 같다.

/ ○ ○ ○				○ ○ C P ³ ○ M ¹ M ² ×					
M ₃	M ₂	M ₁	P ₂	/	C	△ P ₂ M ₁ M ₂ M ₃			

여기서 치아 교모도는 3°를 나타내고 있다. 상지는 좌우 상완골편이 확인되는 정도이며, 하지는 우 대퇴골편과 좌 경골편이 잔존하는 정도이다.

- (다) 성별 : 미궁과 좌우 유양돌기, 외후두돌기가 발달한 것에서 남성으로 판정된다.
- (라) 연령 : 제3대구치의 치조폐쇄가 확인되며, 치아교모도가 3° 이상을 나타내는 것에서 노년으로 추정된다.

결국 16호묘는 확인되는 인골에서 적어도 3개체가 매장된 것으로 두개골은 모두 동쪽을 향하고 있으며, 1호인골은 숙년 여성, 2호인골은 불명, 3호인골은 노년 남성으로 추정된다. 또한 1호인골은 하지 일부가 정리되어져 있고 2호인골은 두개골편만이 잔존하고 있는 것에 비해 3호인골은 대체로 피장시의 원위치를 유지하고 있는 것으로 생각되어 (1·2)호 → 3호 인골의 순서

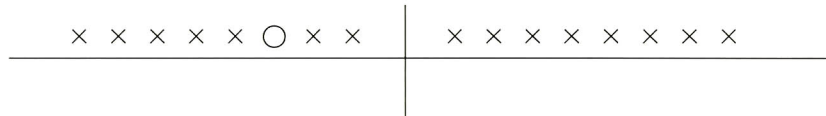
로 매장되었을 가능성을 상정할 수 있었다. 그리고 남동벽면의 구석에서 확인된 좌 거골은 3개체 중 어느 1개체의 일부분이거나, 아니면 또 다른 별개체의 것일 수도 있지만 정확히는 알 수 없다.

6. 제17호 횡혈식석실묘

입구부의 반대쪽에 해당하는 동쪽단벽쪽으로 두향을 둔 인골 2개체가 확인되었다. 그러나 인골 잔존부위를 확인하는 작업 중, 기존 2개체의 좌 상완골과 중복되는 별개체의 좌 상완골체가 확인되는 것에서 적어도 3개체가 매장된 것을 알 수 있었으며 이들과는 달리 폐쇄된 입구부 외부의 연도에 위치한 와형토기조합관 속에 습골되어진 화장골 1개체도 별도로 확인되었다. 이에 북쪽장벽에서 약간 떨어져 위치하는 인골을 1호인골, 남쪽장벽 가까이에 위치하는 인골은 2호인골로 하였고 분석과정에서 확인된 인골은 3호인골로 하였으며, 연도에서 확인된 화장골을 와형토기조합관내 인골로 하여 기술한다.

(1) 17-1호 인골

- (가) 출토상태 : 두개골은 잔존상태가 불량한데 대하여 좌 상완골체와 하지골은 비교적 양호하게 남아있다. 두개골이 피장시의 원위치를 유지한다고 추정한다면 상지와 하지는 전체적으로 상향(上向)하여 일부 정리되어진 상태를 보이고 있다. 또한 입구부 가까이의 북쪽장벽에서는 족골(足骨)편도 확인되는 것에서 이것이 1호인골의 것이라 생각했을 때 백골화 과정에서 일부가 정리되어졌을 가능성을 상정할 수 있다.
- (나) 인골소견 : 두개골은 상악골체만이 잔존하며 확인되는 치식은 다음과 같다.



여기서 치조는 거의 전부가 폐쇄된 상태이다. 상지는 좌 상완골체만이 확인되며 하지는 우 상완골의 근위단과 원위단의 일부, 좌 대퇴골, 우 경골체가 확인된다. 그 외 족골은 중족골(中足骨) 3개가 잔존한다.

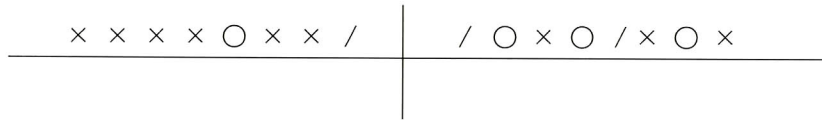
- (다) 성별 : 좌우 대퇴골 조선의 발달이 약한 것과 좌 대퇴골의 중앙주(中央周)가 74mm인 것(中橋 1988)에서 여성으로 판정된다.
- (라) 연령 : 전체적으로 치조폐쇄가 완료된 것에서 노년으로 추정된다.
- (마) 특기사항 : 좌 대퇴골장이 400mm인 것에서 추정신장(Pearson식)은 150.6cm이다.

(2) 17-2호 인골

- (가) 출토상태 : 두개골과 사지골이 거의 양호한 상태로 잔존하고 있다. 두개골은 하악골과 함께 부식과정에서 바닥면에 전락한 상태이며 상지는 견관절(肩關節)과 주관절(肘關節)

이 거의 원위치를 유지하며, 하지는 좌우 관골과 대퇴골이 관절된 상태이다. 다만 좌우 하퇴골은 원위치에서 이탈한 상태여서 이들이 정리된 것인지, 아니면 매장의례 행위로서 슬관절(膝關節) 이하를 인위적으로 흩어 놓았는지는 이후의 인골 출토예에서 검토되어 저야 할 것으로 생각된다. 슬관절 이하를 인위적으로 이동시키는 행위는 일본의 고분시대 인골예(田中, 1994)와 함안 도항리 출토 인골예(창원문화재연구소 1994)에서도 확인되는 것이어서 이후의 예가 주목되어 진다.

- (나) 인골소견 : 두개골은 거의 대부분이 확인되는 상태로서 우 두정골과 측두골편, 좌우 협골과 우 하악골과 하악체를 제외한 거의 대부분이 잔존하고 있다. 여기서 잔존치식은 다음과 같다.



치관만이 잔존하는 대구치가 잔존하고 있으며 교모도는 3° 를 나타내고 있다. 상지는 우 견갑골편과 좌우 상완골, 우 척골의 근위단, 좌 척골의 골체, 좌 요골의 골체와 원위단이 확인된다. 구간골은 경추에서 제1경추(Atlas)와 제2경추(Axis)가 확인되며 그 외 추골편이 잔존한다. 하지는 좌우 관골편과 우 대퇴골의 근위단과 골체, 좌 대퇴골이 확인되며, 좌우 경골체가 잔존한다.

- (다) 성별 : 두개골에서 미궁과 좌우 유양돌기, 외후두용기가 발달하였고, 좌우 관골의 각이 작으며, 삼각근조면과 대퇴골 조선, 가자미근선의 발달이 강한 것에서 남성으로 판정된다.
- (라) 연령 : 상악골 치조가 거의 폐쇄되어 있고 잔존하는 대구치가 3° 이상을 나타내는 것에서 노년으로 추정된다.
- (마) 특기사항 : 좌 대퇴골 최대장이 420mm인 것에서 추정신장(Pearson식)은 160.3cm이다.

(3) 17-3호 인골

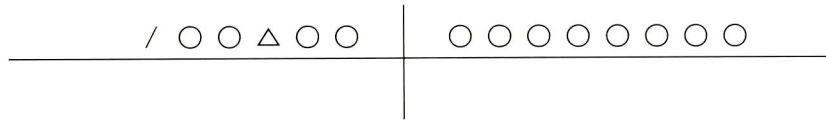
- (가) 인골소견 : 좌 상완골만이 확인된 것으로 다른 부위는 잔존하고 있지 않다.
- (나) 성별 : 상완골의 삼각근조면이 발달한 것에서 남성의 가능성이 높다.
- (다) 연령 : 성인의 것으로 추정되지만 연령 추정의 부위는 잔존하고 있지 않으므로 불명이다.

(4) 17-와형토기조합관내 인골

- (가) 출토상태 : 입구부 외부의 연도에서 출토된 와형토기조합관 내에서 검출된 인골이다. 인골은 일부에서 열에 의한 균열(細線)이 확인되므로 화장골(火葬骨)로 판정된다. 그러나 표면은 전체적으로 암갈색을 띠며, 일부 골표면이 엷은 청색을 띠는 정도이며 해면질이 검게 그을리고, 치아가 전체적으로 녹지 않았고 치근이 잔존하는 것 등에서 그렇게 강한 불(1200°C 이상)에서 화장(火葬)하지 않은 것으로 추정된다. 오히려 균열이 일부

에서 확인되는 점과 인골 표면이 회백색인 점, 해면질의 그을린 자국, 치근의 잔존 등에서 노천에서 이루어진 화장(약 700~800℃)으로 추정된다. 그러므로 화장에 의한 인골의 축소는 거의 없는 편이다.

- (나) 인골소견 : 잔존하는 유골은 두개골에서 미궁을 포함하는 전두골편과 좌우 유양돌기편, 상악골편이 있으며, 확인되는 치식은 다음과 같다.



상지는 우 상완골의 근위단과 원위단 편이 잔존하며, 구간골은 경추체와 늑골편, 선골편이 확인된다. 하지는 좌우 관골의 월상면(Facies lunata)와 우 치골(Os pubis)이 잔존하며 우 대퇴골 두와 우 슬개골편, 좌 경골의 원위단이 확인된다. 이 외에 요추체와 우 거골, 종골편도 확인된다. 확인되는 인골은 전신의 거의가 잔존하는 상태이지만, 부위가 중복되는 경우는 없는 것에서 1개체분으로 추정된다.

- (다) 성별 : 화장골이기는 하지만 골 변형이 확인되지 않는 것과 미궁과 유양돌기가 발달한 것, 치골궁이 작은 것에서 남성으로 판정된다.

- (라) 연령 : 치골 결합면이 매끄러운 상태인 것(DOUGLAS H, U. 1989)에서 숙년으로 추정된다.

결국, 17호묘는 석실내부에서 확인되는 3개체분에서 2개체는 두향을 다른 5호묘나 16호묘에서와 같이 석실내부 단벽인 동쪽을 향한 것을 알 수 있었으며, 출토된 인골은 1호인골이 노년여성, 2호인골이 노년남성, 3호인골이 성인남성인 것과 함께 연도의 와형토기조합관 인골이 숙년남성으로 화장된 인골임이 확인되었다. 그리고 2호인골은 관절이 거의 매장시의 원위치를 유지하는데 대하여 1호인골은 두개골에 비해 상향하여 위치하고 있으며 하지골의 슬관절이 이탈되어 있는 점과 족근골이 북쪽장벽 가까이에서 확인되는 점 등에서 1 → 2호 인골의 순서로 매장되었을 가능성이 높은 것으로 추정되어 졌다. 또한 연도부의 와형토기조합관에 습골되어진 인골은 정확한 피장 시기는 알 수 없으나, 적어도 석실내부의 매장이 완료된 이후 추가로 매장되어진 화장골로 생각되어진다.

7. 제11호 옹관묘 출토인골

골편은 족골편과 경골(脛骨)편만이 잔존하는 것으로 성인의 것으로 추정되지만, 부위동정은 불가능하다. 성별·연령 모두 불명이다.

8. 제12호 옹관묘 출토인골

두개골은 두정골편이 확인되지만 부위동정은 불가능하다. 두개골이 두꺼운 것에서 성인의 것으로 추정되지만, 정확한 성별 및 연령은 불명이다.

9. 제17호 옹관묘 출토인골

두개골편과 장골(長骨)편이 잔존하지만 부위동정은 불가능하다. 이 외에 제2경추(Axis)편, 대퇴골의 근위단·원위단이 잔존하며, 늑골편도 일부 잔존한다. 정확한 부위동정은 불가능하지만 전체부위가 대체적으로 확인되어 진다. 성인의 인골이지만 성별·연령은 불명이다.

10. 제18호 옹관묘 출토인골

대퇴골편 등이 잔존하고 있지만 성별, 연령의 추정은 불가능하다.

III. 종합고찰

이상 10기의 묘제에서 확인된 19개체의 인골에 대하여 출토상태와 인골 소건을 살피고 이들 인골의 성별과 연령에 대하여 분석을 행하였으며, 일부 인골에서는 신장도 추정하여 보았다. 결과 나주 복암리 3호분에서는 다음과 같이 정리할 수 있었다.

1. 황혈식 석실에서 인골의 출토상태가 확인된 석실묘 5·16·17호묘에서는 두향은 방위에 관계없이 석실 입구와 반대쪽인 안쪽 단벽을 향하고 있다.
2. 석실묘의 인골은 대체로 순차적으로 매장된 상태를 보이고 있으며 피장시의 원위치를 유지하는 것에서는 신전장이었을 가능성을 보이고 있다.
3. 선행 피장자는 그 인골의 일부가 정리되어지는 형태를 보이고 있고 차후 피장자와 거의 같은 공간을 확보하고 있는 점에서 그들간의 매장시기에 대한 간격이 그렇게 길지 않았을 가능성이 크다.
4. 옹관은 11·12·17·18호묘에서 인골이 출토되었으나 잔존상태가 불량하여 성별·연령 추정이 불가능하였다. 단 인골 상태에서 성인 인골임은 확인할 수 있었다.
5. 인골은 전체 10기의 유구에서 19개체가 확인되었으며, 그 구성은 <표1>로 나타내었다.

<표 1> 인골 구성

(개 체)

성별 \ 연령	성 년	성년후반	숙 년	숙년후반	노 년	불 명
남 성	1	1	2	1	2	2
여 성			1		1	
불 명	1			1	1	5

6. 매장순서의 추정에서는 5호묘에서 1 → 2 → 3 → 4호 인골의 순서로, 16호묘에서 (1·2) → 3호 인골의 순서로, 17호묘에서 1 → 2호 인골의 순서로 매장되었을 가능성을 상정할 수 있었다.

또한 유존하는 인골의 계측치는 <표 2>와 <표 3>에 나타내었다. 여기서 두개골 계측이 일부 가능한 인골은 5-3호 인골, 17-2호 인골이었으며, 대퇴골 계측이 가능한 인골은 17-2호 인골이었다. 이들 남성 두개골 계측에서는 5-3호 인골이 상안시수(M48 / 46)에서 저안(低顔)을, 안와시수(M52 / 51)에서 협비(挾鼻)를 나타내었으며, 17-2호 인골은 두장폭시수(M8 / 1)가 중두(中頭)를, 두장고시수(M17 / 1)가 고두(高頭), 두폭고시수(M17 / 8)는 협두(挾頭)를, 안와시수(M52 / 51)에서는 중안와(中眼窩)를 나타내었다.

추정신장에서는 6-1호 인골(성년 남성)이 166.3cm, 17-1호 인골(노년 여성)이 150.6cm, 17-2호 인골(노년 남성)이 160.3cm를 나타내었다.

치아(절치, Incisor teeth)에서는 16-1호 인골에서 삽모양(Shovel)형이 확인되었다.

이상, 나주 복암리 3호분 출토 인골들에 대한 검토·분석 결과를 종합하였다. 이들 자료들은 이후에 축적되어질 다른 유적의 출토 인골 자료들과 함께 종합적인 검토를 실시함에 유용한 자료로서 활용되어질 것으로 생각한다.

<감사의 글>

이 보고서를 작성함에 있어서 심봉근 선생님을 비롯하여 국립문화재연구소의 조유전 소장님, 윤근일 선생님, 전남대학교의 임영진 선생님의 배려가 있었으며, 물심양면으로 도와준 국립문화재연구소 김낙중 선생님의 협조와 배려가 있었다.

이상의 분들에게 감사를 표한다.

<참고 문헌>

- 김재현, 1994 「추암동 B지구 고분군 출토인골(I)」 『동해북평공단조성지역 문화유적 발굴조사 보고서』, 관동대학교.
- 김재현·田中良之, 1996 「김해 유하리 전왕릉 출토 인골」 『동의사학』 9·10, 동의대학교 사학회.
- 김재현·田中良之, 1998 「임당지역 출토 인골에 대한 분석」 『경산 임당유적(Ⅰ~Ⅵ)』부록, 한국토지공사·한국문화재보호재단
- 창원문화재연구소, 1994 『함안 도항리 고분군 발굴조사』
- 김재현·中橋孝博, 1996 「福岡縣志免町・松ヶ上遺蹟出土人骨(彌生・平安)」 『志免町文化財調査報告書』 6.
- 栢原博, 1957 「日本人齒牙の咬耗に關する研究」 『熊本醫學會雜誌』 31-4.
- 中橋孝博, 1998 「古人骨の性判定法」 『日本民族・文化の形成』 I.
- 高津光洋, 1996 『檢死ハンドブック』, 南山堂.
- 四方一郎외, 1998 『現代の法醫學』, 金原出版社.
- 藤田恒太郎, 1991 『齒の解剖學』, 金原出版社.
- 田中良之·村上久和, 1994 「墓室內飲食物供獻と死の認定」 『九州文化史研究紀要』 39.
- DOUGLAS H. UBELAKER, 1989 『HUMAN SKELETAL REMAINS』
- K. Pearson, 1899 Mathematical contribution to the theory of evolution V. On the Reconstruction of the stature of prehistoric races, Phil. Trans. Royal Soc. series A, 192.
- Martin, R. 1914 Lehrbuch der Anthropologie, G. Fischer, Jena.
- 1924 Lehrbuch der Anthropopogie, 2. Aufl. G. Fischer, Jena.

〈표 2〉 두개골 계측치

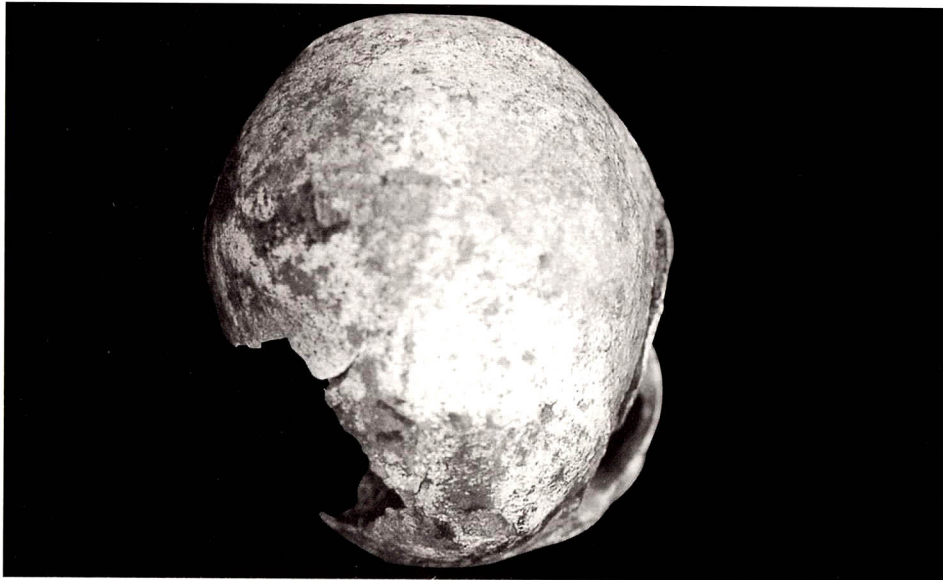
(단위 : mm)

Martin 항목	5-3호 인골(♂)	17-2호 인골(♂)
M1 두개최대장	—	171
M5 두개기저장	104	97
M8 두개최대폭	—	136
M9 최소전두폭	90	—
M11 양 이 폭	132	131
M12 최대후두폭	—	116
M7 대후두공 장	—	35
M16 대후두공 폭	—	—
M17 Ba-Br 고	129	136
M18 전 두 고	—	137
M40 안 장	—	—
M43 상 안 폭	—	—
M44 양안와 폭	99	—
M45 협골궁 폭	—	(132)
M46 중 안 폭	(106)	—
M47 안 고	—	—
M48 상 안 고	72	—
M51 안 와 폭(l)	44	(39)
(γ)	43	—
M52 안 와 고(l)	37	32
(γ)	37	—
M54 비 폭	24	—
M55 비 고	53	—
M60 상악치조장	56	—
M61 상악치조폭	70	—
M 8/1 두장고시수	—	79.5
M 17/1 두장고시수	—	79.5
M 17/8 두폭고시수	—	100.0
M 48/46 상안시수(ν)	(67.9)	—
M 52/51 안와시수(l)	84.0	82.0
(γ)	86.0	—
M 54/55 비 시 수	45.3	—

〈표 3〉 석실 17-2호 인골 대퇴골 계측치

(단위 : mm)

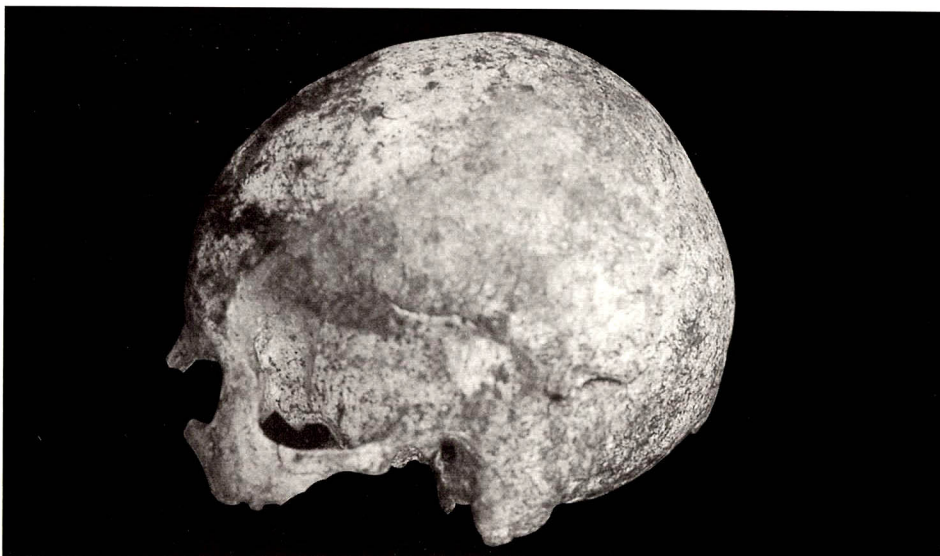
Martin 항목	우	좌
M1 최 대 장	—	420
M2 자연위장	—	417
M6 골체중앙부시상경	—	29
M7 골체중앙부횡경	—	27
M8 골체중앙부	—	87
M9 골체상횡경	—	33
M10골체상시상경	—	24
M 8/2 장후시수	—	20.8
M 6/7 골체중앙단면시수	—	107.4
M 10/9 상골체단면시수	—	72.7



1. 상면관



2. 정면관



3. 측면관

사진 1. 출토인골(1) 17-2호 인골 두개골



1. 5-3호인골
두개정면관

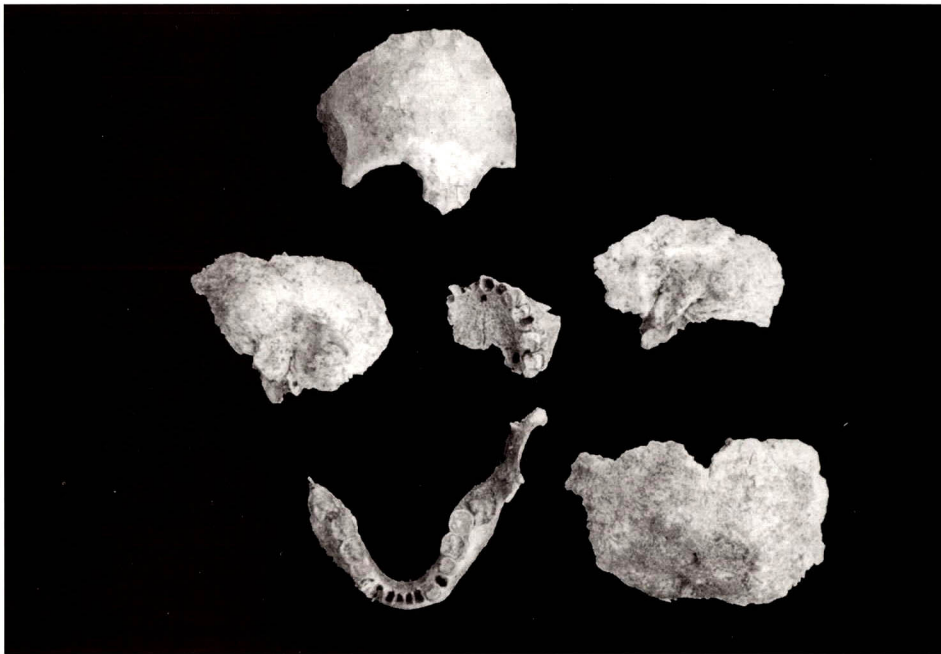


2. 6-1호인골
사지골

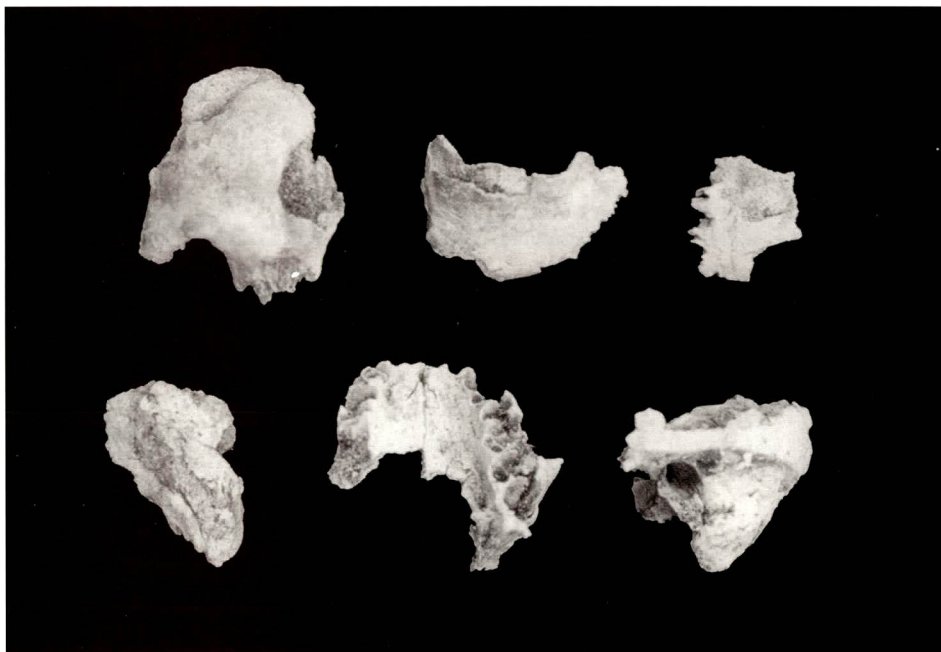


3. 12호인골
하악골

사진 2. 출토인골(2)



1. 16-3호인골
두개골편



2. 17호
와형토기조합관
두개골편

사진 3. 출토 인골(3)



사진 4. 17-2호 인골 사지골

나주 복암리 3호분 옹관인골의 유전자분석

The Genetic analysis on ancient human bone in Jar coffin excavated from Naju Bogam-ri 3rd tumulus.

李奎植, 鄭容在, 韓成熙, 李命熹*, 韓冕洙, 崔東皓**

Lee. Kyu-Shik, Yong-Jae Chung, Sung-Hee Han, Myong-Hee Lee, Myun-Soo Han, Dong-Ho Choi

□ 목 차

- I. 서 론
- II. 본 론
- III. 결 론
- IV. 요 약
- V. 참고문헌

■ Abstract

We have analyzed the allele and genotype frequencies from 10 fractions of ancient human skeleton in 3 piece of Jar coffin excavated from Naju Bogam-ri 3rd tumulus by PCR amplification, high resolution polyacrylamide gel electrophoresis and silver staining. We could isolate human genomic DNA from 3 bone fractions but the rest of them could not be used as materials due to being decayed.

We could detect sex determination as male and 3 genotype of STR system, HUMTHO1, HUMTPOX and HUMC5F1PO, from the bone fraction of left side in Jar coffin 3 and see the slightly reaction suggesting the sex as male from the bone fraction of the left side in Jar coffin 1 and female from the right side in Jar coffin 3.

We have also analyzed the genotype frequencies of mitochondria from the bone fractions of the left side and the right side in jar coffin 3, respectively. From the result of identification at nucleotide position between 16018 and 16378 of the base of hypervariable region(HV1) in the control region, we can presume that the both bones have the same maternal inheritance.

* 국립문화재연구소 보존과학연구실

Conservation Science Dept., National Research Institute of Cultural Properties

** 국립과학수사연구소 유전자분석실

DNA Analysis Section, National Institute of Scientific Investigation

I. 서 론

사적 제 404호 복암리 고분군은 전남 나주시 다시면 복암리 랑동마을 앞 평야지대에 위치하고 있는 고분군으로 과거에는 7기가 존재하였으나 지금은 4기만이 남아 있다. 나주 복암리 3호분에 대한 조사는 1995년 나주시에서 고분군에 대한 정비, 복원을 추진하는 과정에서 먼저 전남대학교 박물관에서 정비복원을 위한 기초자료 획득을 위한 시굴조사를 실시하면서 시작되었다.

3호분에 대한 조사는 우선 1996년 7~8월에 국립문화재연구소와 전남대학교 박물관이 합동으로 분구 남사면 중앙에 위치한 석실('96석실묘)을 대상으로 이루어졌는데 조사결과 영산강 유역의 토착묘제인 대형옹관이 매납된 석실분수용기의 석실임이 확인되었다. 1996년 11월 이후 1998년 9월에 이르기까지 3단계에 걸쳐 전면조사를 실시하여 석실, 옹관 등 7가지 묘제의 총 41기의 매장시설이 확인되었다.

국립문화재연구소 보존과학연구실은 '96년도에 발굴한 나주 복암리 3호분 석실내 옹관 1, 2, 3호 등 3기내에 있는 인골간의 혈연관계를 과학적으로 구명하기 위하여 1998년 2월 19일 전남대학교 박물관에서 보관중인 옹관 3기에서 총 10편의 인골편을 채취하였고 국립과학수사연구소 유전자분석실과 공동으로 인골의 유전자(DNA) 분석을 실시하였다.

유전자(DNA)는 인체구성물인 혈액, 타액, 정액, 모발, 골, 조직, 치아 등에 존재하며 유전자분석은 인간의 유전정보를 갖고 있는 DNA의 다형성을 분석하므로 개인식별 및 친자관계를 구명하는 시험 방법으로서 1985년 영국의 A.J.Jeffrey가 인간유전체(human genome)의 myoglobine gene에서 고변이유전자좌위(hypervariable region)를 제한효소(restriction enzyme)로 처리하고 southern hybridization에 의해 나타나는 다형성을 보고한 이래 분석방법이 빠르게 발달되었다.

그후 1985년 K.B.Mullis에 의해 DNA를 중합효소연쇄반응(Polymerase Chain Reaction : PCR)으로 증폭하는 방법이 보고되었고 DNA thermal cycler가 개발되어 PCR과정을 자동화시킴에 따라 신속하고 정확한 개인식별 및 친생자 확인방법으로 활용되고 있다.

이러한 유전자분석은 최근 고고학 분야에 새롭게 시도되면서 세계 각국의 관심을 끌고 있는데 최근 일본학자들은 서구학자들과 공동으로 3년 전부터 유전자분석을 통한 그들의 민족 기원이나 문화이동에 관한 연구를 진행하였고, 러시아에서는 마지막 황제인 니콜라스의 뼈를 대상으로 유전자형 분석을 하였던 실례가 있다.

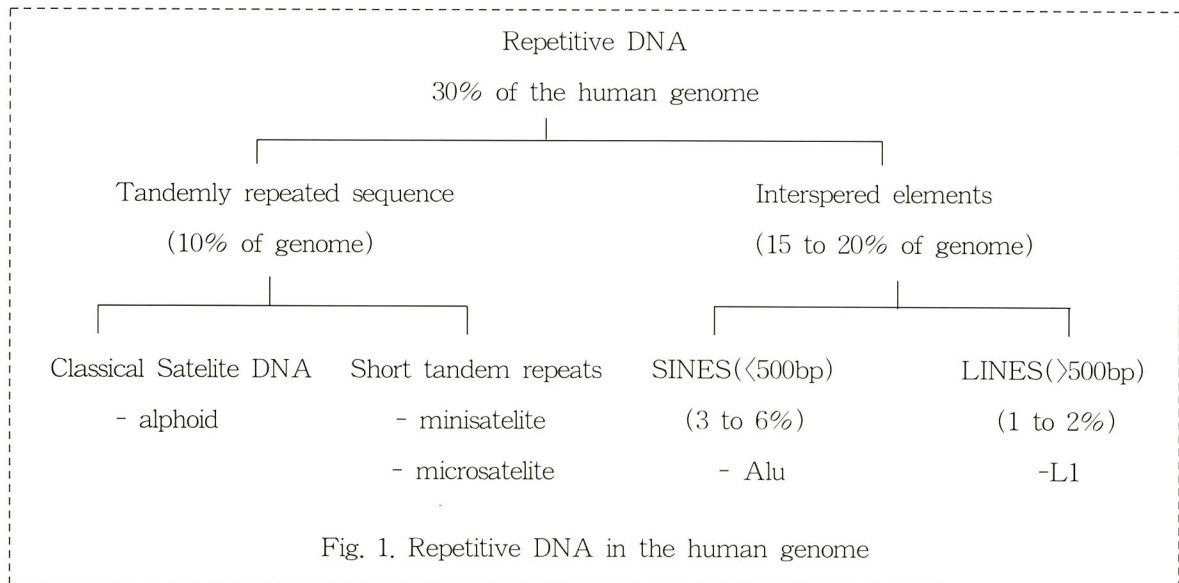
II. 본론

1. 인골의 핵유전자형 분석

생명체를 구성하는 세포는 핵(nuclear)을 지니고 있고, 핵내에는 이중나선의 구조를 지닌 화학물질인 DNA로 구성되어 있는 염색체(chromosome)가 존재한다. 생명체는 유전자의 지배를 받아 종특이성을 나타내고 있다. 인간의 경우 양친으로부터 동량의 유전자를 받아 총 30억개의 염기쌍으로 이루어져 있는 46개의 염색체를 핵내에 보유하고 있다.

1980년 R.A.White와 A.Whyman에 의하여 인간의 다형성 DNA좌위가 보고된 이래 다형성 DNA는 Fig. 1과 같이 분류되는데 이러한 영역을 반복서열이 매우 다양하다고 하여 고변이유전자좌위(hypervariable region)라 한다.

핵유전자분석은 초기에는 많은 량과 커다란 길이의 DNA를 요구하는 제한효소절단법에 의한 유전자형 분석에서 고변이 유전자좌위를 양적으로 증폭시켜 아주 소량의 시료(DNA 1ng)에서도 유전자형을 분석할 수 있는 PCR방법이 널리 사용되고 있는 추세이다. PCR로 증폭된 DNA를 전기영동시켜 이동된 증폭산물의 분자량(Molecular weight)차이에 의해 대립유전자형을 검출하여 유전자형을 식별하게 된다.



2. 인골의 미토콘드리아 유전자형 분석

동물세포내 호흡기관으로 존재하는 미토콘드리아(Mitochondria : mt)는 원형의 이중나선 DNA를 지니고 있다. mtDNA는 전체세포 DNA의 약 1%를 차지하는 적은 량으로 존재하나 고도의 반복수(high copy number)를 지니고 있다.

미토콘드리아는 약 99.9%를 난자로부터 형성하여 모계유전 되기 때문에 형제, 자매, 남매 및 어머니 그리고 어머니와 관계되는 모든 가족은 mtDNA의 일치하는 반복수를 지니고 있다. 인골같이 오래되었거나 극히 미량인 시료로부터도 추출이 가능하므로 핵유전자분석이 곤란한 경우 미토콘드리아유전자(mtDNA)의 반복수를 개인식별이나 가족관계 구명의 자료로 이용할 수 있다.

인간의 mtDNA 길이는 16,569bp이며 mtDNA의 유전체(genome)에는 두 개의 중요부위가 있는데 하나는 large coding region이고 나머지 하나는 전사와 복제를 조절하기 위한 조절부위(control region)로 smaller region이다. 이 조절부위에는 길이 1.2Kb의 displacement loop(D-loop)가 있고 여기에 두 종류의 고변이부위(HV)인 HV1, HV2로 존재한다. mtDNA 분석은 고변이(HV)부위가 지니는 염기서열의 차이에 의하는데 HV1과 HV2는 각각 길이가 약 400bp 정도이

다. 미국의 유전자분석 표준화위원회(TWGDAM: Technical Working Group on DNA Analysis Method)는 HV1의 경우 16024에서 16365위치, HV2는 00073에서 00340위치의 최저 염기서열을 mt DNA database로 택하기를 제안하고 있다.

3. 나주 복암리 3호분 옹관 인골의 상태 및 시료채취

나주 복암리 3호분 옹관 1, 2, 3호내에 존재하고 있는 인골의 상태는 약 1,500여년이상의 오랜 기간이 경과된 관계로 인하여 외형적으로만 뼈형태를 유지하고 있을 뿐 재질은 매우 약화된 상태였다(Fig. 2). 육안으로 판단하여 인골중 상태가 제일 양호한 부분만을 채취하여 시료로 활용하였다. 유전자 분석을 위하여 옹관 1호와 2호에서는 각각 4개 부분의 인골편을 채취하였고, 옹관 3호에서는 2개 부분의 인골편을 채취하여 총 10편을 채취하였다(Table 1, Fig. 3).

Table 1. 옹관별 인골의 채취부위에 따른 시료명

시료명	인 골 편 채 취 부 위	비 고
시료 1	나주 복암리3호분 옹관 2호 좌측인골(1)	
시료 2	나주 복암리3호분 옹관 2호 좌측인골(2)	
시료 3	나주 복암리3호분 옹관 2호 우측인골(1)	
시료 4	나주 복암리3호분 옹관 2호 우측인골(2)	
시료 5	나주 복암리3호분 옹관 1호 좌측인골(1)	
시료 6	나주 복암리3호분 옹관 1호 좌측인골(2)	
시료 7	나주 복암리3호분 옹관 1호 우측인골(1)	
시료 8	나주 복암리3호분 옹관 1호 우측인골(2)	
시료 9	나주 복암리3호분 옹관 3호 좌측인골(1)	
시료 10	나주 복암리3호분 옹관 3호 우측인골(1)	



① 1호옹관



② 2호옹관



③ 3호옹관

Fig. 2. 나주 복암리 3호분 '96석실묘 옹관 출토인골

4. 핵유전자 분석의 실험방법 및 결과

1) 인골편의 시료처리

응관에서 채취한 인골 10편을 흐르는 수돗물로 세척해 본 바 그 중 인골 3편(시료 6, 9, 10)은 소량의 뼈 형태를 유지하고 있는 상태인 반면 인골 7편(시료 1~5, 7, 8)은 뼈의 형태를 찾을 수 없을 정도로 완전히 토양화된 상태인 관계로 유전자분석이 불가능하였다.

수돗물로 세척한 인골 3편(시료 6, 9, 10)은 다시 멸균된 증류수로 수 차례 세척한 후 90 % 알콜로 다시 세척하고, 0.5M EDTA 용액이 담겨져 있는 50ml 용량의 멸균튜브에 넣고 흔들어서 7일 동안 탈회한 다음 다시 멸균 증류수로 수회 세척하여 여분의 EDTA를 제거하였다.

2) DNA 추출 및 정제

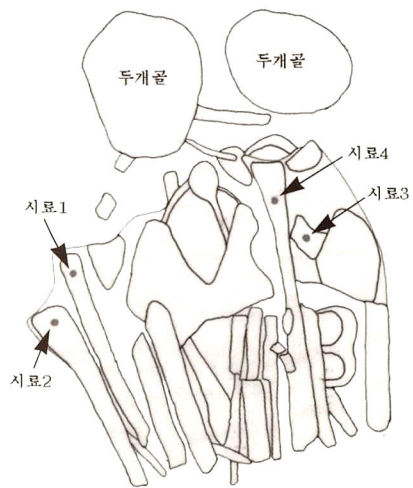
탈회된 인골편은 액체 질소가 든 막자 사발에 넣어 각각 분말화 시킨 후 1ml의 TEN 완충액(10mM Tris-HCl, pH 8.0, 10mM EDTA, 150mM NaCl)과 50 μ l proteinase K(10mg/ml Promega) 및 100 μ l의 10% SDS를 첨가하여 56°C에서 하루밤 반응시킨 후 상등액을 회수하였다. 회수된 상등액에 동량의 phenol/chloroform/ isoamylalcohol(25:24:1)을 넣고 충분히 혼합한 뒤 원심분리하여 상등액을 회수하였고, 다시 동량의 chloroform을 넣고 혼합한 다음 원심분리 하여 재차 회수된 상등액을 Centricon100(Amicon, USA)을 사용하여 추출된 DNA를 정제하였다. 정제된 DNA는 1% Agarose Gel상에서 전기영동 하여 표준 DNA 농도와 비교하여 상태 및 농도를 확인하였다.

3) TH01-Amelogenin-TPOX-CSF1PO 유전자좌위의 증폭

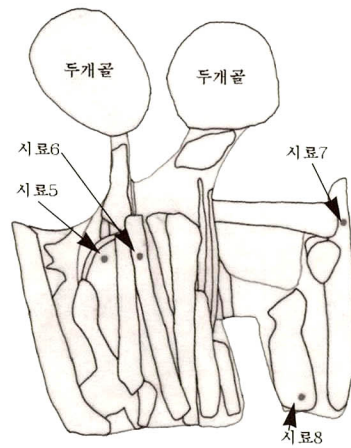
TH01-Amelogenin-TPOX-CSF1PO의 4개 유전자좌위의 다중 증폭은 Geneprint Human Identification Kit(Promega, USA)를 구입하여 이로부터 제시된 방법에 따라 시험하였다. PCR 혼합액은 제품사에서 제시한 방법에 준하였고, 첨가한 DNA의 양은 시료의 농도에 따라 약간의 증감을 하였다. 중합효소연쇄반응(PCR)은 DNA thermal cycler(Perkin-Elmer 480)를 사용하였으며 증폭조건은 Table 2와 같다.

Table 2. 인골편의 중합효소연쇄반응(PCR) 조건

Initial denaturation	96°C for 2 min
First cycling (10 cycles)	
Denaturation	94°C for 1 min
Primer annealing	64°C for 1 min
Extension	70°C for 1.5 min
Second cycling (20 cycles)	
Denaturation	90°C for 1 min
Primer annealing	64°C for 1 min
Extension	70°C for 1.5 min



나주복암리 3호분 옹관 2호



나주복암리 3호분 옹관 1호



나주복암리 3호분 옹관 3호

Fig. 3. 유전자 분석을 위한 인골편 채취부위

4) 전기 영동 및 유전자형 결정

다중 증폭된 유전자좌위의 증폭산물에 동량의 loading dye(10mM NaOH, 95% formamide, 0.05% bromophenol blue, 0.05% xylene cyanol FF)를 혼합하여 2분간 95°C에서 denaturation 한 후 그중 10 μ l를 7M urea denaturing polyacrylamide gel(6% T, 5% C, 42cm long, 0.4mm thickness and 0.5X TBE)상에서 30W로 3.5시간 동안 전기영동을 실시하였다. 전기영동이 끝난 겔은 질산은 염색(silver staining)하고, 표준 allelic ladder와 비교하여 유전자형을 결정하였다.

5) 인골의 핵유전자형 분석 결과

나주 복암리 고분에서 발굴된 유골 10편중 3편만이 유전자 분석을 시행할 수 있었다. 잘게 부순 뼈 분말에 EDTA를 처리하여 칼슘을 제거하고 유기용매 그리고 microcon 100(Amicon, U.S.A.)을 이용하여 DNA를 추출 정제하였다. 정제된 DNA를 1% 아가로스겔(agarose gel)로 이동하고 EtBr로 염색하였을 때 시료 9(옹관 3호 좌측 유골)와 시료 6(옹관 1호 좌측 유골)에서는 DNA가 육안으로 확인되지 않았지만 시료 10(옹관 3호 우측 유골)에서는 양호한 상태의 DNA를 확인할 수 있었다(Fig. 4).

전기영동 후 유전자형을 분석한 결과 시료 9에서는 Amelogenin형이 212-218로 나타나 남성의 인골임을 확인할 수 있었고, 검출된 유전자형은 TH01형이 7-9, TPOX형이 8-8, 그리고 CSF1PO형이 10-12였다. 그러나 시료 6은 Amelogenin형이 212-218로 남성의 유골로, 시료 10은 Amelogenin형이 212-212으로 여성의 유골로 성별을 추정할 수 있는 유전자형의 미약한 검출반응이 확인되었다(Fig. 5).

이러한 결과는 시험대상인 인골이 오랜 기간 동안 부식되어 뼈 성분이 거의 토양화된 상태로 인골편에 포함되어 있는 DNA의 양이 극히 적었기 때문이다. 그러나 시료 10(옹관 3호 우측인골)에서는 비교적 양호한 상태의 DNA를 회수하였지만 STR(Short tandem repeats)유전자형이 검출되지 않는 것으로 미루어 볼 때 검출된 DNA는 인골에 오염된 미생물의 DNA로 의심이 된다.

5. 미토콘드리아 유전자형 분석의 실험방법 및 결과

1) 미토콘드리아 유전자형 분석방법

모계 유전자관계가 성립여부를 확인하기 위하여 유골편의 미토콘드리아 DNA형을 분석하였다. 분석한 미토콘드리아 DNA 염기서열에서 HV1(15971~16410)부위는 F15917/R16410 primer를 사용하여 증폭시킨후 Dye Terminator Cycle Sequencing Kit로 반응시켜 Perkin Elmer Prism 377 DNA Sequencer에서 전기영동시켰다. 전기영동된 염기서열은 Sequence Navigator로 분석하였다. 분석된 DNA의 Forward 및 Reverse sequence는 표준 Anderson sequence와 비교하여 일치 여부를 결정하였다.

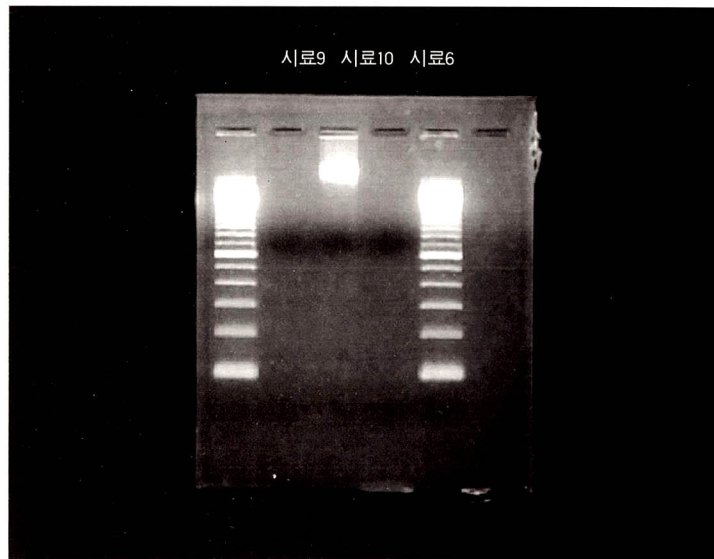


Fig. 4. 1% 아가로스겔상에서 검출한 인골편 DNA의 상태

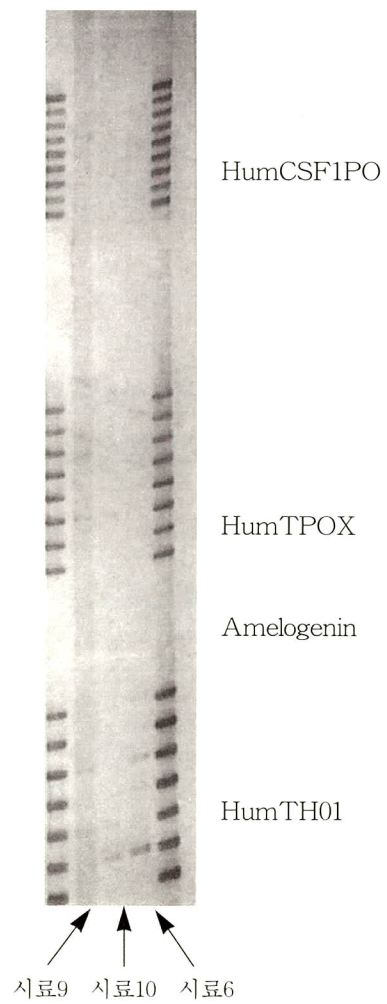


Fig. 5. 전기영동에 의하여 분리한 인골편의 핵유전자형 상태

2) 미토콘드리아 유전자형 분석결과

나주복암리 3호분 옹관 3호의 좌측 인골(시료 9)과 우측인골(시료 10)에 대한 mtDNA 분석 결과, 고변이부위중 하나인 HV1의 염기배열이 16018 base에서 16378 base 까지 서로 일치하였다. 따라서 mtDNA의 분석결과로 미루어 볼 때 나주 복암리 3호분 옹관 3호의 좌측인골과 우측 인골은 모계유전간의 관계를 가지고 있다(Table 3).

Table 3. 옹관 3호 좌·우측 인골간 mtDNA의 HV1 염기서열 분석결과

Ref. sequence	16018	16030	16040	16050	16060
Anderson	T C T	C T G T T C T T T C	A T G G G G A A G C	A G A T T T G G G T	A C C A C C C A A G
시료 9	- - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -
시료 10	- - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -
	16070	16080	16090	16100	16110
	T A T T G A C T G A	C C C A T C A A C A	A C G C T A T G T	A T T T C G T A C A	T T A C T G C C A G
	- - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -
	- - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -
	16120	16130	16140	16150	16160
	C C A C C A T G A A	T A T T G T A C G G	T A C C A T A A A T	A C T T G A G C A C	C T G T A G T A C A
	- - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -
	- - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -
	16170	16180	16190	16200	16210
	T A A A A A C C C A	A T C C A C A T C A	A A A C C C C C T C	C C C A T G C T T A	C A A G C A A G T A
	- - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -
	- - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -
	16220	16230	16240	16250	16260
	C A G C A A T C A A	C C C T C A A C T A	T C A C A C A T C A	A C T G C A A C T C	C A A A G C C A C C
	- - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -
	- - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -
	16270	16280	16290	16300	16310
	C C T C A C C C A C	T A G G A T A C C A	A C A A A C C T A C	C C A C C C T T A A	C A G T A C A T A G
	- - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -
	- - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -
	16320	16330	16340	16350	16360
	T A C A T A A A G C	C A T T T T A C C G T	A C A T A G C A C A	T T A C A G T C A A	A T C C C T T C T C
	- - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -
	- - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -
	16370	16380			
	G T C C C C A T G G	A T G A C C C C C C			
	- - - - -	- - - - - - - - -			
	- - - - -	- - - - - - - - -			

III. 결론

나주 복암리 3호분에서 발견된 옹관 3기내에 존재하는 인골간의 혈연관계를 구명하기 위하여 인골의 채취 및 시료처리를 한 결과, 인골 3편에 대한 유전자분석이 가능하였다. 핵유전자형 분석결과 옹관 3호 좌측인골은 남성의 인골이며 TH01형, TPOX형, CSF1PO형 등 3개의 유전자형이 검출되었다. 그러나 옹관 3호 우측인골은 여성으로, 옹관 1호의 좌측인골은 남성으로 Amelogenin형이 검출되었지만 검출반응 정도가 너무 미약하게 나타났다. 그리고 옹관 3호 우측인골과 옹관 1호의 좌측인골은 옹관 3호 좌측인골과는 달리 TH01형, TPOX형, CSF1PO형 등 3개의 유전자형이 검출되지 않았기 때문에 인골 3편에 대한 혈연관계를 상호 비교할 수 없었다.

미토콘드리아유전자형 분석결과, 옹관 3호 좌측인골과 우측인골은 고변이부위중 하나인 HV1의 염기배열이 서로 일치함에 따라 두 인골은 모계유전간의 혈통관계임을 추정할 수 있었다.

그리고 핵유전자형과 미토콘드리아 유전자형의 분석결과를 활용하여 옹관 3호의 매장습성을 추측해 본 바 가족묘일 남매(男妹) 혹은 모자(母子) 등 모계가 동일한 친족의 합장이거나 부부

묘일 경우 근친상간(近親相姦)의 관계임을 알 수 있다.

나주 복암리 3호분 옹관의 인골 유전자분석은 기존에 행하여졌던 인류학적 측면에서의 인골 형태분석과는 달리 인골간의 혈연관계 및 성별, 매장습성을 과학적인 방법에 의하여 구명하려 시도하였으며 약 1,500여년이 된 인골 일부에 대하여 성별을 판정하였고 3종의 STR유전자형을 검출하였으며 옹관 3호 좌·우측인골간의 혈연관계를 추정할 수 있었다는 것에 의의가 있다.

발굴지에서 출토되는 인골은 매장당시에 대한 무한한 정보를 함유하고 있는 귀중한 자료이다. 동일한 발굴지 또는 지역에서 발견되는 다수의 인골에 대하여 유전자분석 등 현대적인 과학분석을 실시하였을 경우 출토인골에 대한 혈액형 등 개인자료 뿐만 아니라 매장자간의 혈연관계 및 매장습성, 더 나아가 종족간 유전자형 빈도를 조사함으로써 우리민족의 기원을 구명할 수 있기 때문이다.

IV. 요약

나주 복암리 3호분에서 출토된 옹관 3기의 인골 10편에 대하여 중합효소연쇄반응을 이용한 유전자(DNA)분석을 실시하였다. 인골시편 3편만 소량의 뼈 성분이 남아있어 유전자분석을 할 수 있었고 나머지 7편은 모두 토양화 되어 있어 유전자분석이 곤란하였다. 옹관 3호 좌측인골편에 대한 유전자분석 결과, 인골이 남성의 것으로 확인되었고 인간의 STR(Short tandem repeat) 유전자좌위중 TH01형, TPOX형, CSF1PO형 등 3개의 유전자형을 검출할 수 있었다. 그러나 옹관 1호 좌측인골편은 남성으로, 옹관 3호 우측인골은 여성으로 성별을 추정할 수 있는 유전자형의 미약한 검출반응이 확인되었다.

옹관 3호 좌측인골편과 우측인골편에 대한 미토콘드리아 유전자분석결과, 고변이부위중 하나인 HV1의 염기배열이 16018에서 16378 base 까지 서로 일치함으로서 모계유전간의 관계임을 예측할 수 있었다. 그리고 핵유전자형과 미토콘드리아 유전자형의 분석결과를 활용하여 옹관 3호의 매장습성을 추측해 본 바 가족묘일 남매(男妹) 혹은 모자(母子)등 모계가 동일한 친족의 합장이거나 부부묘일 경우 근친상간(近親相姦)의 관계임을 알 수 있었다.

<참 고 문 헌>

- 1) Jeffreys AJ, Wilson V, Thein, SL. Nature 1885: 314: 67-73
- 2) Saiki RK, Scharf S, Faloona F, Mullis KB, Horn GT, Erlich HA, and Arheim N. Science 1985: 230: 1350-1354
- 3) PAABO S. Proc. Natl. Acad. Sci 1989: 86: 1939-1943
- 4) Ivanov, M.K. Wadhams, R.K. Roby, RK. Holland, MM. Weedn, VW and Parsons, TJ. Nature Genetics 1996: 12: 339-420
- 5) Holland, MM, Fisher, DL, and Mitchell, LG. J Forensic Sci 1992: 38: 532
- 6) Technical Manual. GenePrint STR Systems, Promega, 1985
- 7) Han, MS, Seon MS, Lee YH, Park KW and Choi SK Ann. Report of NISI 1996: 28: 72-82.

나주 복암리 3호분 출토 유리구슬의 과학적 분석

The scientific analysis of glass beads excavated at Bogam-ri

文煥哲, 黃振周, 趙南哲, 洪鍾郁, 姜大一, 李命憲*

Moon Whan-suk, Hwang Jin-ju, Cho Nam-chul, Hong Jong-wook

Kang Dai-ill, Lee Myeong-hui*

Abstract

We performed the scientific analysis such as composition analysis, microstructure investigation and hardness test to the glass beads excavated at Bogamri 3-Tomb in Naju.

As this investigation, we could examine closely the characterization of raw materials and manufacture technique. As a result of composition analysis, it was classified as PbO-SiO₂ adding BaO, Na₂O-SiO₂ and K₂O-SiO₂ type of glass. As a result of non-destructive analysis of weathering glass, there was the seriously composition change of PbO, SiO₂, BaO and Na₂O in comparison with non-weathering glass. As a result of micro-structure investigation of glass beads, coloring agents was remained to the shape of inclusion. As a result of remaining solid particle, it appears that it did not melt the raw materials because of low melting point.

The hardness value of glass beads appeared HV 480-560. The hardness value of a blue glass of No.1 was less than that of other glasses. We supposed that it appear the low hardness value because of using Pb in order to drop the melting point. The hardness value of soda glass was more than that of potassium glass because of adding 8~14wt% Al₂O₃ in order to improve the durability of glass.

Determination of the lead isotope ratios of green-blue glass bead containing 43wt% Pb was carried out on a TIMS. As a result of compare with the lead isotope ratio data in East-Asia lead ores, the lead isotope ratio of glass bead was the same as those of the lead ores in North-China.

* 국립문화재연구소 보존과학연구실장

I. 머리말

고대 유리 유물은 장신구용의 유리구슬이나 유리 環, 용기류의 유리그릇과 유리잔 및 의식용의 사리병 등이 출토되고 있다. 일반적으로 서방계 유리는 Na를 용제로 한 $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{SiO}_2$ 계 유리가 많이 보이며, 중국계 유리는 $\text{K}_2\text{O}-\text{SiO}_2$ 계와 $\text{PbO}-\text{SiO}_2$ 계로 크게 구분되고 있다.¹⁾ 이같은 고대 유리는 유리를 제조하기 위해 사용된 성형제인 실리카와 용융성, 착색제, 투명성 및 내구성을 위해 인위적으로 첨가한 원료의 함량을 분석하여 시대별, 조성별 특성을 구분하고 있다.²⁻⁷⁾

우리 나라에서 출토된 유리 유물을 대상으로 과학적인 분석을 실시한 자료는 미비하나, 유리의 조성과 관련된 특성을 구분하면 아래와 같다.

최주는 보령군 미산면 평라리 선사유적 2-7호 돌간널무덤에서 출토된 B.C. 5C의 푸른색 유리구슬이, PbO가 1~2wt% 함유한 $\text{K}_2\text{O}-\text{SiO}_2$ 계 유리로 한반도에서 가장 오래된 유리구슬로 보고하고 있으며, 남동위원소비에 의한 산지 조사 결과 원료는 남한산으로 밝히고 있다.⁸⁾ 이같은 $\text{K}_2\text{O}-\text{SiO}_2$ 계 유리의 시대별 출토 예는 1C 경주 조양동, 2C~3C 제주도 용담동, 3C~4C 서울 석촌동 丸玉, 5C초 전 진주 환옥과 경주 98호분 구슬로 이어 진다.

B.C. 2C경의 부여 합송리 유적출토의 푸른색 관옥은 약 12% BaO가 함유된 $\text{PbO}-\text{SiO}_2$ 계 유리이며,⁹⁾ 이같이 분류되는 유리는 B.C. 1C 다호리, 1C후반 군곡리 패총, 5C초의 전 진주의 구슬과 경주 98호분의 그릇, 7C 유리조각과 통일신라초 경주 칠곡의 송림사 사리병으로 이어지고 있다.

또한 서방계 $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{SiO}_2$ 계 유리로 1C중엽 군곡리 패총, 4C~5C 합천 옥전에서 다량 출토된 유리구슬, 4C후반~5C초 경주 황오동 구슬, 5C~6C 신라 고분인 황남동 98호분, 천마총, 금관총, 금령총, 서봉총 등에서 출토된 로마 유리그릇으로 이어지고 있다.¹⁰⁾

본 연구는 전남 나주 복암리 고분에서 출토된 유리시료에 대한 성분분석, 조직검사, 미소경도 측정 및 남동위원소분석과 토기내 적색안료 분석결과를 간단히 서술하고자 한다.

II. 분석대상

유적조사연구실에서 발굴 조사한 나주 복암리 3호분 제7호 옹관, 제10호 석실 및 제15호 옹관에서 출토된 분석대상 목록은 표 1과 같다.

표 1. 분석대상 유물목록

시료번호	유물명칭	출토유구	규 격 (길이/직경mm)	수 량	분 석 방 법	비 고
1	청록색 관옥	제10호 석실	7.1/6.8	1	ICP,TIMS 조직관찰	사진 1
2-1	금박 구슬	"	5.5/7.3	1	ICP, 조직관찰 조직관찰	사진 1, 2
2-2			10.1/5.2	3		
3	주황색 구슬	"	4.5/6.0	1	ICP 조직관찰	사진 1
4-1	군청색 구슬	"	3.0/5.2	2	"	사진 1
4-2						
5	청록색 구슬	제7호 옹관	3.6/5.0	1	"	사진 3
6	황색 구슬	"	3.5/4.7	1	"	사진 3
7	녹색 구슬	"	2.5/3.2	2	1점 ICP 1점 조직관찰	사진 3
8	풍화유리 (청록색 관옥)	제10호 석실	9.0/7.5	1	EDXRF	사진 2
9	토기내 적색안료	제15호 옹관		1	EDXRF,MXRD	사진 30

Ⅲ. 분석방법

1. 시료채취

분석대상 유물은 정밀촬영 후, 유기물과 불순물의 제거를 위해 초음파세척기로 세척한 다음 건조하여 폴리에틸렌 바이알에 보관하였다. 시료채취는 파손부분 또는 완형에서 ICP분석시료용과 조직관찰용으로 구분하여 채취하였다. 또한 분석의뢰자의 요청에 의해 풍화유리는 원형손상을 방지하기 위해 별도 분류하여 미소부형광X선분석기를 이용 비파괴분석을 실시하였다.

2. 조직관찰

조직관찰 및 유물의 경도를 측정하기 위하여 시료를 에폭시 수지로 마운팅 후 연마지 100번부터 2000번까지 연마한 후, 연마천에 연마분(상품명:DP-Spray 6 μ m, 3 μ m, 1 μ m)을 뿌리면서 연마하였다. 그 다음 초음파세척기로 세척하여 건조시킨 후 조직을 관찰하였다. 유리시료의 조직관찰은 광학현미경(Cal Zeiss, Axiotech 100HD)과 영상분석장치(Cal Zeiss, KS300)를 이용하여 조사하였다.

3. 성분분석

3-1) ICP 분석

시료의 분석은 유도결합플라스마발광분석기(Inductively Coupled Plasma Emission Spectrometry : ICP, Seiko, SPS 1500R)를 사용하여 시료에 포함된 13개(Al, Fe, Pb, Zn, Ca, Ni, Co, Mg, Mn, Cu, Sr, Ba, Ti) 성분원소를 분석하였다.

ICP 분석용 시료 전처리에는 막자사발에서 분말화된 시료 약 30~90mg 정도를 칭량하여 각 시료를 테프론제 비이커에 넣고 불화수소산(HF) 2ml를 첨가하여 가열판에서 용해시켰다. 다시 질산(HNO₃) 1.5ml와 과염소산(HClO₄) 2.5ml를 첨가하여, 가열판에서 완전히 용해시켜 실온에서 서서히 냉각시킨 후, 100ml 메스플라스크에 옮겨 100g으로 만들었다.

표준용액은 원자흡광용 표준원액(1,000ppm, BDH spectrosol)을 사용 적정희석하고, 분석시료의 매트릭스와 맞춰주기 위해 질산(HNO₃) 및 과염소산(HClO₄)을 첨가하여 주었다.

각 시료를 5회 분석하여 편차가 큰 2개 값을 제외한 3개 값을 평균하여 정량하였다. ICP의 측정조건은 아래와 같다.

회절격자	3600 분	적분시간	1초
초점거리	sslmm	반복회수	3회
Slit	입사 20 μ m, 출사 30 μ m	아르곤가스 유량	
고주파출력	1.31kw	냉각가스	16~18 l /min
반사파출력	5w이하	보조가스	0.4~0.5 l /min
측광높이	12.8~15.1 mm	캐리어가스	1.0~1.2 l /min

3-2) EDXRF 분석

표면이 풍화되어 흰색 결정 덩어리와 작은 흠이 발생된 청록색 관옥인 풍화유리는 미소부형 광X선분석기(Energy Dispersive X-Ray Micro-Fluorescence Analyzer : EDXRF, KeveX, Model OMICRON)를 이용하여 분석을 실시하였다(사진 28, 29 참조). 먼저 같은 종류의 청록색 관옥인 시료 1번의 ICP분석 함량을 참고하여, 풍화표면 5곳을 분석하여 표준시료 대비 함량을 구하였다.

또한 토기내 안료는 미량의 시료를 채취하여 시편홀더에 Ultra-thin Mylar Film에 위치시켜 정성분석하였으며, 분석조건은 아래와 같다.

유 물 명	분 석 조 건
풍 화 유 리 (청록색 관옥)	Vacuum, 35kV, 0.8mA, 100sec, Collimator 100 μ m, Shaping Index 32, Gain 40, Si Detector
토기내 안료	30kV, 0.2mA, 100sec, Collimator 300 μ m, Shaping Index 64, Gain 40, Si Detector

4. 경도측정

유리조직의 입도에 따른 경도는 미소경도기(Akashi, Model MVK-HVL)를 이용하여 측정하였다. 기본적으로 9군데(격자 모양 약 200 μ m 간격)를 측정하여 평균을 계산하였으며, 시료 4-1과 4-2의 조직내 알갱이 덩어리도 함께 측정하였다. 측정하중은 시료의 경도를 고려하여 100gf로 5초간 실시하였으며, 측정시 시료표면 관찰배율은 40배로 하였다.

5. MXRD 분석

미소부X선회절분석기(Micro Area X-ray Diffraction System:MXRD, MacScience, Model MXP18VA)를 이용하여 구슬과 적색안료의 결정물질을 확인하였다. 미소부X선회절분석기의 분석조건은 40kV, 300mA, Cu Target을 사용하였다. 또한 각 시료 계측시 분석시간은 1000sec로 하였고, 계측 후 분석데이터는 피이크 매칭(peak matching) 프로그램을 이용하여 각 피이크를 동정하였다.

6. TIMS분석

청록색 관옥의 납동위원소비는 대전 기초과학지원연구소에 의뢰하여 측정하였다. 분석시료는 우선 표면 분순물을 제거하고, 혼합산(2b 2xHF : 2b 2xHNO₃ : OPTIMA HClO₄ = 5:1:1)을 첨가한 후 vial의 뚜껑을 닫고 가열상태(150°C)에서 용해시켰다. Pb는 통상의 컬럼분리 과정으로 분리시킨 후 표준 실리카겔-인산 기법을 사용하여 레니움(Re) 필라멘트에 장착시킨 후, 동위원소비는 열이온화질량분석기(Thermal Ionization Mass Spectrometer, TIMS, VG Sector 54-30)로 측정하였다.¹³⁾

IV. 결과 및 고찰

1. 조직관찰

복합리 출토 유리구슬의 내부조직을 디지털카메라와 광학현미경하에서 관찰한 결과는 표 2와 사진 4~29에 보이고 있다. 이같은 유리조직의 내부를 관찰함으로써 당시 유리의 제작기술을 밝힐 수 있는 몇 가지 특징을 관찰하게 해주었다. 일부 조직에서 착색제의 알갱이가 부유물(inclusion) 형태로 관찰됨으로써 제작 당시 사용했던 원료물질을 알 수 있었으며, 유리의 투명성을 낮게 하는 다량의 기포가 그대로 남아 있음을 확인하였고, 일부는 덩어리 상태로 존재하는 것으로 보아 원료물질이 용융하면서 발생하는 기포를 제거하지 못하고 그대로 조직내에 남게 된 것으로 볼 수 있다. 또한 용융되지 않고 남아 있는 투명한 고형 입자(solid particle)인 석영 덩어리(quartz grain)는 유리의 제작당시 도가니 온도가 낮아 원료물질이 완전히 용융되지 못했음을 보여 주는 것이다.

금박구슬의 2점중 1점은 3개의 구슬이 연결되어 1개체를 이루고 있다. 다른 1점의 구슬은 금박을 감싼 외부 얇은 유리 피막이 손상되어 있다. 현미경 관찰을 통해, 금박구슬의 제작방법을 고

찰해보면, 먼저 원료물질을 용융하여 금박 안쪽의 연결 구슬을 만든 후 유리표면을 연마하였다(사진 7 참조). 안쪽유리를 연마한 후 금박이 붙을 수 있는 접착제를 바르고, 금박(두께 약 1 μ m

표 2. 광학현미경 관찰 결과

유 물 명	시료번호	관 찰 결 과	비 고
청록색 관옥	1	· 조직내 다량의 기포 관찰 · 일부 덩어리 상태 기포관찰 · 기포 장축길이 28 μ m	사진 4~5
금 박 구 슬	2-1 2-2	· 금박안쪽 내부구슬 표면연마 흔적	사진 6~9
주황색 구슬	3	· 균질한 조직상태	사진 10~11
군청색 구슬	4-1	· 일부 조직내 기포 관찰 · 미 용융 알갱이 덩어리 관찰 (장축길이 437 μ m)	사진 12~14
군청색 구슬	4-2	· 조직내 다량의 기포관찰(최대 98 μ m) · 미 용융 알갱이 덩어리 관찰 (장축길이 236 μ m)	사진 15~19
청록색 구슬	5	· 조직내 다량의 기포관찰(최대 140 μ m) · 미 용융 알갱이 주변 불순물 관찰 · 미 용융 알갱이 주변 크랙관찰	사진 20~22
황 색 구슬	6	· 착색제 알갱이 부유상태로 관찰 (장축길이 38 μ m)	사진 23~24
녹 색 구슬	7	· 착색제 알갱이 부유상태로 관찰 (대형기포 407 μ m) · 붉은 불순물 덩어리(장축길이 174 μ m)	사진 25~27
풍화 구슬	8	· 흰색 결정체 덩어리 상태로 풍화 · 부분적인 작은 흠이 발생	사진 28~29

을 올린 후 금박보호용 얇은 유리피막을 입혔다고 본다.¹²⁾ 이같은 작업 후 1개 또는 연결된 형태의 구슬은 연결 구슬의 마디를 쪼개어 구멍 부분의 끝을 연마하였던 것으로 관찰되었다(사진 8, 9 참조).

2. 성분분석

ICP와 EDXRF를 이용하여 분석한 복암리 출토 청록색 관옥 등 8점의 유리조성은 표 3, 4와 같다. 분석결과 유리는 BaO가 첨가된 PbO-SiO₂계 유리와 알칼리(Na₂O, K₂O-SiO₂)계 유리로 크게 구분된다.

2-1) 시료 1

시료 1은 BaO가 10% 이상 함유하고 있는 PbO-SiO₂계 유리이다. 이같은 계통의 유리는 함송리 관옥, 다호리 소환옥 및 군곡리 소환옥 등이 있으며, 지금까지 분석된 유리에서 BaO의 조성

비는 5~14% 정도이다. 최근 분석을 통해 초기중국(BC 5C~AD 7C)의 BaO 함량이 많은 PbO-SiO₂계 유리에서 BaO의 의도적인 첨가는 유리제조자들이 유리의 혼탁성을 주기 위해서 즉 비취와 같은 느낌을 나도록 첨가했다는 보고가 있다.¹¹⁾ 시료 1의 착색제는 산화철(Fe₂O₃)과 산화동(CuO)이다.

2-2) 시료 2-1, 2-2

시료 2-1, 2는 금박구슬로 안쪽의 연결구멍이 있는 부분과 금박을 감싼 외부 얇은 유리피막 부분을 분리하여 분석한 결과 Na₂O-SiO₂계 유리이다. 금박구슬을 고찰해보면, 먼저 안쪽의 구슬을 만들고 금박을 올린 후 금박보호용 피막을 입혔으므로, 금박을 기준으로 안쪽과 바깥쪽의 조성성분은 Na₂O와 CaO 사이의 함량에서 약간의 차이가 나타날 뿐 다른 함량은 비슷하다.

2-3) 시료 3

시료 3은 주황색을 띠는 구슬로 분석결과 약 2% Na₂O를 함유하며, 유리가 아닌 천연 보석종류로 만든 구슬로 추정된다.

2-4) 시료 4-1, 4-2

복암리 석실 10호 출토 군청색 2점 유리의 분석결과 시료 4-1은 K₂O-SiO₂계 유리이며, 4-2는 Na₂O-SiO₂계 유리이다. 두 시료의 착색제는 산화망간(MnO) 산화철(Fe₂O₃)로 보여지며, 4-1번 시료는 4-2번 시료와 비교하여 더 진한 군청색으로 산화망간(MnO)의 함량이 더 많다.

2-5) 시료 5, 6, 7

복암리 7호 옹관 출토 시료 5, 6, 7번은 모두 산화알루미늄(Al₂O₃)의 함량이 높게 보이고 있는 Na₂O-SiO₂계 유리이다. 산화알루미늄은 가열로 인한 알칼리 증발을 막아주고 유리의 화학적인 내구성을 크게 개선해주며, 결정화를 방지하기 위해서 첨가된다는 보고가 있다.²⁾ 유리의 착색제는 전이금속인 Fe₂O₃, TiO₂와 CuO의 함량에 의해서 결정되었으며, 녹색계통의 구슬에서는 산화동(CuO), 산화철(Fe₂O₃)과 산화티타늄(TiO₂)이 높게 나타나며, 황색에서는 산화동의 함량이 현저히 낮게 보이고 있다.

2-6) 시료 8

표면의 흰색 결정체 덩어리와 작은 흠이 발생된 풍화 구슬은 BaO를 첨가한 PbO-SiO₂계 유리로 비파괴분석 결과는 표 4와 같다. 일반적으로 PbO-SiO₂계 유리는 산성환경에서 풍화되기 쉽다고 알려져 있으며, 이번 복암리 출토 풍화구슬도 풍화되지 않았던 시료 1번과 비교하여 PbO, SiO₂, BaO와 Na₂O 등의 조성이 심한 차이를 나타내고 있다.

3. 경도측정

복암리 출토 유리구슬의 미소경도측정 결과는 표 5에 보이고 있다. 고대유리의 경도측정 자료가 미비하여, 상대적인 유리의 경도 값과 비교하기 위해 슬라이드 글라스(독일 Supe Rior사)와 Pyrex 비커(미국 Corning사)에 대해 같은 방법으로 경도를 측정하였다. 복암리 유리의 평균 경도 값은 HV 480~560을 나타내고 있으며, 현재 실험실에서 사용하는 초자 기구의 경도 값은 HV 550~610으로 더 높게 보이고 있다.

시료 1의 청록색 관옥은 다른 유리의 경도값과 비교하여 낮게 나타나며, 이는 유리제작시 원료물질의 용융온도를 낮추기 위해 사용된 납에 의해 상대적으로 낮은 경도 값을 보인다고 할 수 있다. 일반적으로 유리의 경도는 칼륨유리가 소다유리보다 경도가 높고, 잘 침식되지 않는다. 그러나 복암리 출토 소다유리(시료 5, 6, 7)는 유리의 내구성 향상을 위해 약 8~14wt% Al_2O_3 를 첨가하였으며, 칼륨유리인 시료 4-1의 경도 값과 비교하여 더 높게 나타나고 있다.

성분분석결과 이미 보석 종류로 추정되었던 주황색 구슬인 시료 3은 경도측정을 통해 다른 시료와 비교하여 훨씬 높은 경도 값인 HV 1,160을 보이고 있다. 일반적인 초자기구의 유리 경도 값보다 2배 이상을 보이며, 경도 측정을 통하여 유리가 아닌 광물임을 확인하였다. 시료 4-1에 용융되지 않고 남아 있는 알갱이의 경도 값도 HV 1,150 정도로 시료 3과 비슷한 경도 값을 보이고 있다. 알갱이의 색상이 시료 3과 같지는 않으나 투명한 것으로 보아 SiO_2 덩어리로 보인다. 또한 시료 4-2의 알갱이는 경도 값이 HV 630 정도로 Pyrex 비커(표 6 참조, B_2O_3 - SiO_2 계 유리)보다 더 높게 나타나고 있다. 상기 4-1과 4-2의 유리 구슬내에 용융되지 않고 남아 있는 덩어리는 유리구슬 내부의 경도와 비교하여 경도 값이 더 높으며, 이는 당시의 유리 제작시 원료물질의 용융점이 유리용융 도가니의 온도보다 더 높아 원료물질이 완전하게 용융되지 못한 상태에서 유리구슬을 제작하였음을 추정할 수 있다.

4. 결정구조

시료 1, 4-1, 4-2, 5의 경우는 유리의 비정질 특성을 나타내는 broad peak만 나타났다. 시료 6의 경우는 shape peak가 많이 나타나고 있다. 이 peak는 Thallium Lead Oxide($Pb_8Ti_5O_{21}$)로 ICP를 분석한 결과와 대체로 일치하고 있다(Fig. 1). 시료 3의 경우는 Quartz(SiO_2) peak로 이루어져 있다(Fig. 2). 이는 유리가 아닌 광물질인 보석을 가공하여 만든 것으로 확인되었다.

또한 옹기내에 있는 적색안료는 EDXRF 분석시 주성분이 Fe, K, Pb로 확인되었으며(Fig. 3), MXRD 분석시 Fe_2O_3 와 PbO peak로 동정되었다. 고대의 적색 무기안료는 주로 酸化鐵(鐵丹, Fe_2O_3), 黃化水銀(辰砂, HgS)과 四酸化三鉛(鉛丹, Pb_3O_4)을 사용하였다.¹⁷⁾ 분석결과 복암리 적색 안료는 산화철과 산화연의 혼합물로 확인되었으며, 적색 안료의 진한 붉은 색을 엷게 하고자 황색의 酸化鉛(密陀僧, PbO)를 첨가하였다고 본다(Fig. 4).

5. 원료산지의 추정

납동위원소비에 의한 고대유물의 원료산지 추정은 1960년대 Brill 등에 의해 유럽출토 청동기와 유리유물을 대상으로 소개된 이래 1970년대 일본, 1980년대 국내에서도 고대유물의 산지추정에 적용되고 있다.¹⁴⁻¹⁶⁾ 최근 납동위원소비 분석은 유물을 거의 손상하지 않고 수 mg의 시료만으로 분석하게 되었다.

복암리 청록색 관옥의 납동위원소비의 측정결과를 표 7과 같다. 이같은 측정결과를 이용한 산지추정은 각 지역별 방연광에 대한 납동위원소비의 분석 데이터가 부족하지만, 馬淵久夫¹⁸⁾ 등에 의해 중국, 한국, 일본지역 방연광의 납동위원소비를 분석한 결과(Fig. 5)에 적용하면 중국북

부지방의 납으로 추정되었다.

V. 맺음말

나주 복암리 3호분 출토 청록색 관옥 등 13점을 대상으로 조성분석, 조직관찰 및 경도측정을 통한 고대 유리의 자연과학적인 분석을 실시하여 사용된 유리원료와 제작기술의 특성을 규명하였다.

광학현미경 관찰결과 구슬의 조직내 기포가 그대로 남아 있고, 일부는 덩어리 상태로 관찰되는 것으로 보아 원료물질의 용융시 제거하지 못했던 것으로 보인다. 또한 착색제 알갱이가 부유물(inclusion)의 형태로 남아 있고, 투명한 고형 입자(solid particle)의 관찰은 유리의 제작당시 도가니의 온도가 낮아 원료물질이 용융되지 못했음을 보여 주는 것이다. 금박구슬은 안쪽의 연결 구슬을 만들어, 표면을 연마한 후 금박이 붙을 수 있는 접착제를 바르고, 금박을 올린 후 금박보호용 얇은 유리피막을 입혔으며, 필요에 따라 연결 구슬의 마디를 조개어 구멍부분의 끝을 연마하였던 것으로 보인다. 이는 차후 복암리 유적지에 대한 시대편년이 규명되면, 그 당시 유리의 제작기술을 타 지역과 비교할 수 있는 중요한 특징이라고 생각된다.

유리의 성분분석 결과 조성은 BaO가 첨가된 PbO-SiO₂계 유리, Na₂O-SiO₂계 유리 및 K₂O-SiO₂계 유리로 구분되었다. 풍화구슬의 비파괴분석 결과는 풍화되지 않았던 동일 종류와 비교하여 PbO, SiO₂, BaO와 Na₂O 등의 조성이 심한 차이를 나타내고 있었다. 시료 3의 주황색 구슬은 미소 경도값이 일반적인 유리 경도 값보다 2배 이상 높게 나타났으며, MXRD 분석결과 일반적인 유리의 비결정질이 아닌 Quartz (SiO₂) peak가 동정되는 것으로 보아 유리로 제작한 것이 아닌 광물질인 천연보석을 가공하여 만든 것으로 확인되었다. 또한 제15호 옹관의 토기내 적색안료는 EDXRF와 MXRD 분석 결과 적색 산화철(Fe₂O₃)과 황색 산화연(PbO)의 혼합물로 확인되었다.

유리구슬의 미소경도측정 값은 HV 480-560로 나타났다. 시료 1의 청록색 관옥은 다른 유리의 경도 값과 비교하여 낮으며, 이는 용융온도를 낮추기 위해 사용된 납에 의해 상대적으로 낮은 경도 값을 보인다. 또한 소다유리는 유리의 내구성을 향상시키기 위해 8~14wt% Al₂O₃를 첨가하여 칼륨유리보다 높은 경도 값을 보이고 있음을 확인하였다.

시료 1의 43wt% Pb를 함유한 청록색 관옥 편에 대해 열이온화질량분석기(TIMS)로 납동위원소비를 측정하였으며, 산지추정 결과는 중국북부의 방언광과 일치하였다. 향후 사용원료가 나주 복암리까지 이르게 된 전파 경로에 대한 검토가 필요하다고 본다.

표 3. 성분분석결과

성 분 (wt%)	1	2		3	4-1	4-2	5	6	7
	청록색	투명	투명	주황색	군청색	군청색	청록색	황색	녹색
SiO ₂	39.1	65.9	62.8	96.7	78.5	70.4	70.6	61.2	52.9
PbO	43.0	tr	tr	tr	0.68	0.01	0.01	2.00	1.20
BaO	11.0	0.01	0.01	0.001	0.47	0.56	0.07	0.46	0.67
Na ₂ O	4.20	23.2	26.3	2.06	2.20	12.9	15.5	19.1	22.8
K ₂ O	0.18	2.50	3.60	0.12	9.50	9.30	1.45	2.50	2.50
Al ₂ O ₃	0.42	1.70	1.60	1.00	2.08	2.90	8.10	9.80	14.2
CaO	0.88	5.40	4.50	0.07	1.90	0.92	1.70	2.40	1.50
Fe ₂ O ₃	0.30	0.44	0.45	0.03	1.50	1.20	1.00	1.30	2.20
MnO	0.004	0.02	0.02	0.002	2.40	1.50	0.05	0.03	0.09
MgO	0.17	0.63	0.57	0.01	0.55	0.13	0.25	0.30	0.53
CuO	0.50	0.01	0.01	tr	0.03	0.02	0.80	0.01	0.74
TiO ₂	0.02	0.09	0.10	tr	0.15	0.11	0.42	0.82	0.63
ZnO	0.003	0.01	0.01	0.001	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
SrO	0.20	0.07	0.07	tr	0.01	0.01	0.04	0.06	0.04
CoO	tr	tr	tr	tr	0.06	0.06	0.001	tr	tr
비 고		안쪽유리	코팅유리						

표 4. 청록색관옥 풍화부분 분석결과(단위 wt%)

시료번호	SiO ₂	PbO	Na ₂ O	Fe ₂ O ₃	CuO	CaO	BaO	비고
시료 8 (풍화표면)	27.6	63.0	-	0.37	0.40	0.62	6.18	EDXRF분석
시료 1	39.1	43.0	4.20	0.30	0.50	0.88	11.0	ICP분석

표 5. 유리유물의 미소경도 값

유 물 명	시료번호	Min. HV	Max. HV	Aver. HV	비 고
청록색 관옥	1	468	500	482	
주황색 구슬	3	1,097	1,249	1,162	
군청색 구슬	4-1	500	527	512	사진 13. 알갱이 HV 1,150
군청색 구슬	4-2	478	527	497	사진 16. 알갱이 HV 630
청록색 구슬	5	525	560	539	
황 색 구슬	6	527	609	559	
녹 색 구슬	7	500	533	518	
슬라이드글라스		33	566	552	
Pyrex 비커		602	631	614	

표 6. Pyrex 비커 분석결과

Pyrex 비커	SiO ₂	B ₂ O ₃	Na ₂ O	Al ₂ O ₃	K ₂ O	ZrO ₂	Fe ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	CaO	BaO
함 량(%)	74.8	13.4	3.82	1.89	0.07	0.04	0.03	0.01	0.01	0.02	0.01

표 7. 청록색 관옥의 납동위원소비

시료번호	206Pb/204Pb	207Pb/204Pb	208Pb/204Pb	207Pb/206Pb	208Pb/206Pb
1	17.557	15.620	38.607	0.8896	2.1989

<참 고 문 헌>

1. 肥塚隆保, '化學的手法による古代硅酸鹽ガラスの研究', 韓・日保存科學共同研究 發表要旨, 1994, p117-137.
2. 이인숙, '한국고대 유리의 고고학적 연구', 한양대학교 박사학위논문, 1990.
3. 최주 외, '한국 고대유리의 국내제조에 대하여 - 특히 미륵사지 출토 유리를 중심으로', 선사와 고대 1, 한국고대학회, 1991, p167-172
4. 최주 외, '상주 청리 신흥리 유적출토 유리구슬에 대하여', 상주 신흥리 유적(Ⅲ), 한국문화재보호재단, 1998, p275-281.
5. 김규호 외, 'SEM-EDS를 이용한 고대유리제품의 분석고찰 - 화성 마하리 고분군 출토 유리구슬의 과학적 조사', 호암미술관연구논문집 제3호, 1998, p65-71.
6. 조경미, '황남대총 출토 유리의 특성연구', 성신여자대학교 석사학위논문, 1999.
7. 김규호 외, '오창유적 유리구슬의 성분분석', 청원오창유적(Ⅲ), 한국문화재보호재단, 1999, p357-402.
8. 최주 외, '기원전 5세기 보령군 평라리 출토 유리구슬에 대하여', 한국전통과학기술학회지 제3권 1호, 1996, p15-32.
9. 이 건 무, '부여합송리 유적출토 일괄유물', 고고학지 제2집, 한국고고미술연구회, 1990, p23-67.
10. 최주 외, '한국 최초의 경주시 황남동 출토 유리용융 도가니 및 유리구슬에 대한 연구', 한국전통과학기술학회지 제1권 1호, 1994, p11-33.
11. Zhang Fukang, 'Scientific studies of early glasses excavated in china', Scientific Research in Early Chinese Glass, 1984, p157-165.
12. 이인숙, 한국의 고대유리, 백산문화, 1993, p72-82.
13. 방사기원 동위원소 시스템의 원리와 응용, 1998년도 기초과학지원연구소 첨단기기 교육 프로그램교재, 기초과학지원연구소, 1998, p93-128.
14. H. Mabuchi, Y. Hirao & M. Nishida, 'Lead isotope approach to the understanding of early Japanese bronze culture', Archaeometry 27, 1985, p129-159.
15. 최주, '고고학과 과학-한국청동기에 대하여', 경산문학 제3집, 1987, p462-468.
16. 최주, 김수철, 김정배, '한국의 세형동검 및 동령의 금속학적 고찰과 납 동위원소비법에 의한 원료산지 추정', 선사와 고대, 1992, p189-213.
17. 山崎一雄, 古文化財の科學, 思文閣出版社, 1987, p173-180.
18. 馬淵久夫, 平尾良光, '東アジア鉛鑛石の鉛同位体比', 考古學雜誌 73, 1987, p199-210.

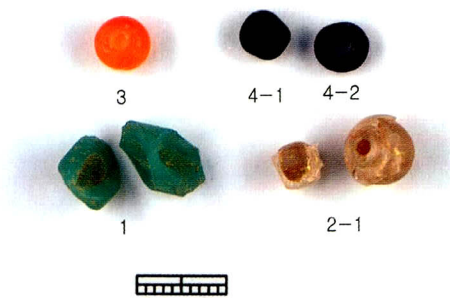


사진 1. 10호 석실 출토 유리구슬

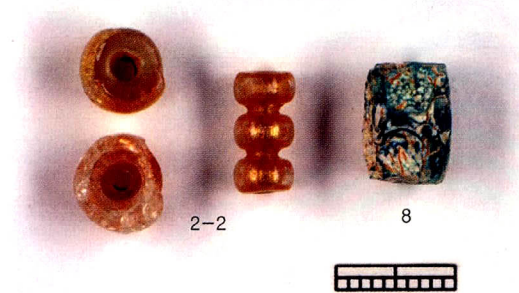


사진 2. 10호 석실 출토 유리구슬

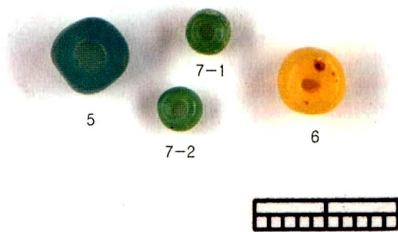


사진 3. 7호 옹관 출토 유리구슬



사진 4. 청록색관옥 내부조직 상태(배율×20)

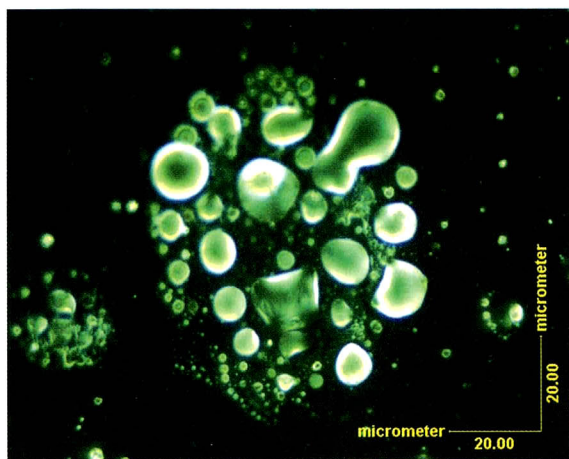


사진 5. 청록색관옥 내부조직 상태(배율×100)



사진 6. 금박구슬 촬영상태

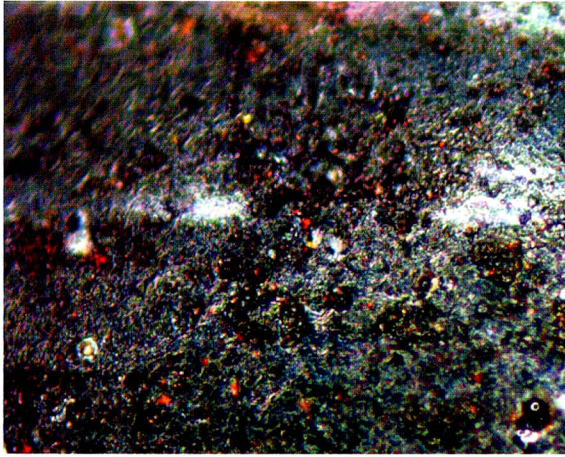


사진 7. 금박구슬 안쪽유리 표면 연마 상태
(배율×10)



사진 8. 금박구슬 측면상태



사진 9. 금박구슬 구멍부분 연마상태

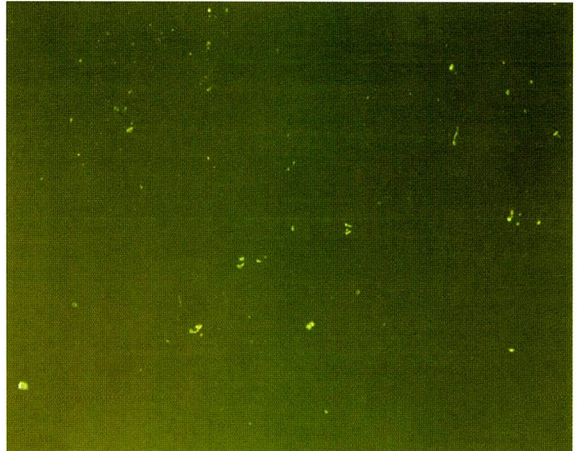


사진 10. 주황색구슬 내부조직 상태(배율×10)

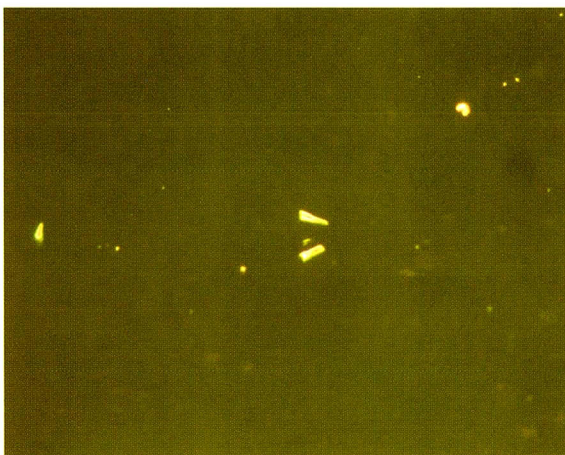


사진 11. 주황색구슬 내부조직 상태(배율×50)



사진 12. 군청색구슬(시료 4-1) 내부조직 상태
(배율×10)

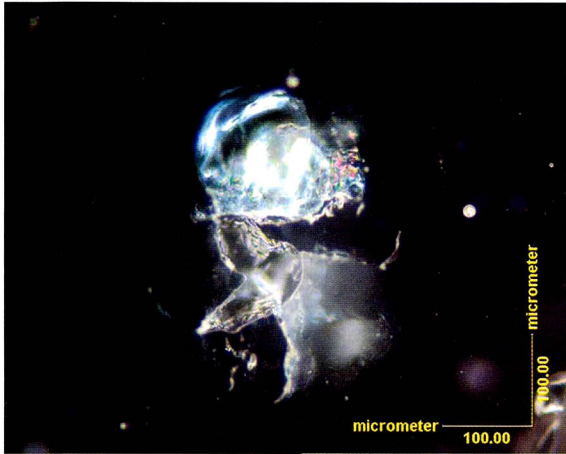


사진 13. 균청색구슬(시료 4-1) 미용융 덩어리상태 (배율×20)



사진 14. 균청색구슬(시료 4-1) 미용융 덩어리 확대상태(배율×50)



사진 15. 균청색구슬(시료 4-2) 내부 조직상태 (배율×10)



사진 16. 균청색구슬(시료 4-2) 미용융 덩어리상태 (배율×20)



사진 17. 균청색구슬(시료 4-2) 미용융 덩어리 확대상태(배율×50)

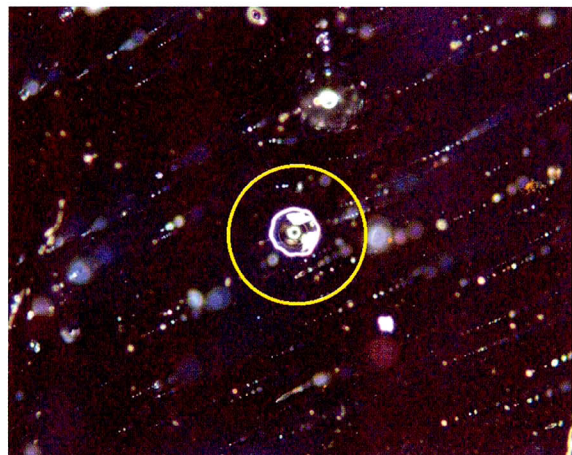


사진 18. 균청색구슬(시료 4-2) 기포상태 (배율×10)



사진 19. 군청색구슬(시료 4-2) 기포 확대상태
(배율×50)

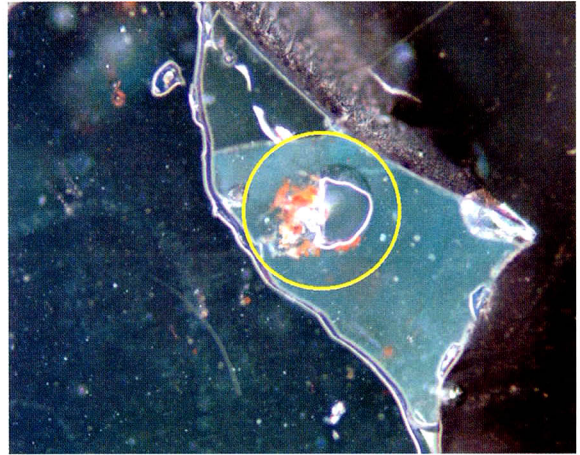


사진 20. 청록색구슬 내부조직 상태(배율×10)

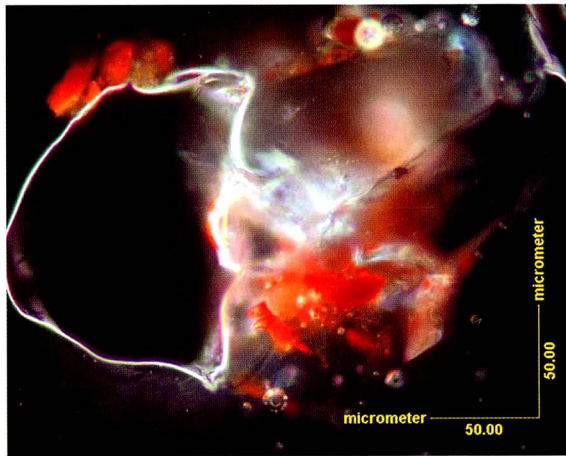


사진 21. 청록색구슬 미용해 덩어리 상태
(배율×50)

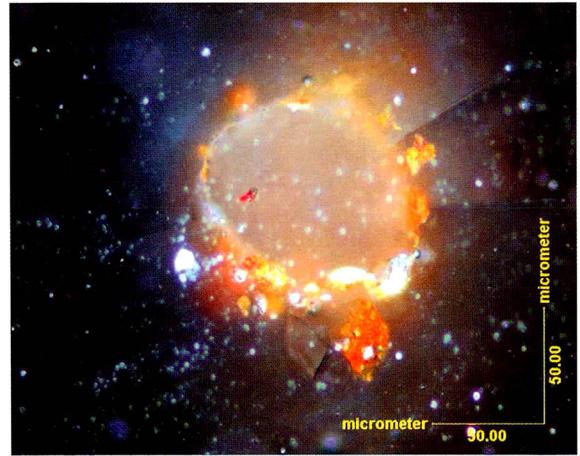


사진 22. 청록색구슬 덩어리주변 불순물 상태
(배율×50)



사진 23. 황색구슬 내부조직 상태(배율×20)

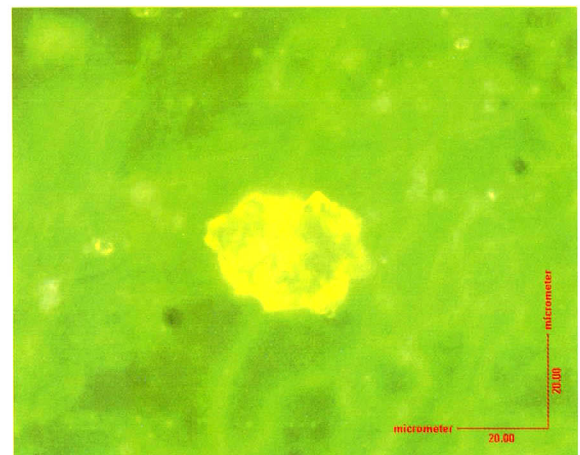


사진 24. 황색구슬 착색제 확대상태(배율×100)

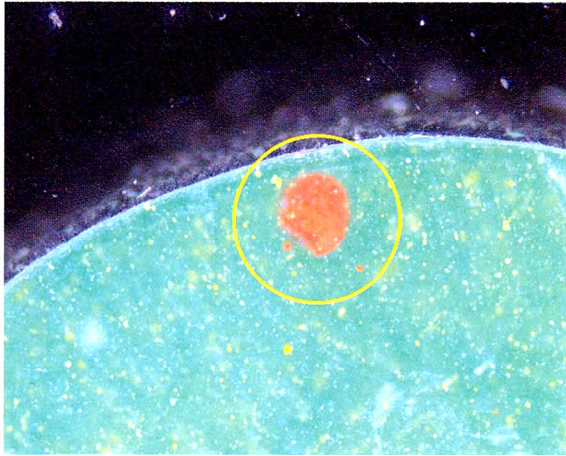


사진 25. 녹색구슬 내부조직 상태(배울×10)

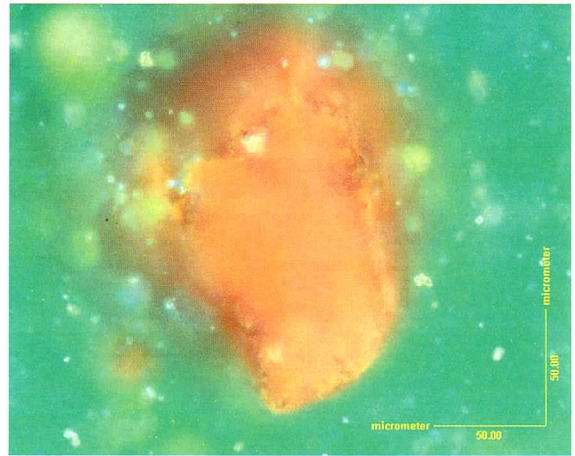


사진 26. 녹색구슬 덩어리 상태(배울×50)



사진 27. 녹색구슬 기포상태(배울×10)



사진 28. 풍화구슬 표면 흰결정 풍화상태



사진 29. 풍화구슬 표면 풍화상태



사진 30. 토기내 적색안료 잔존상태

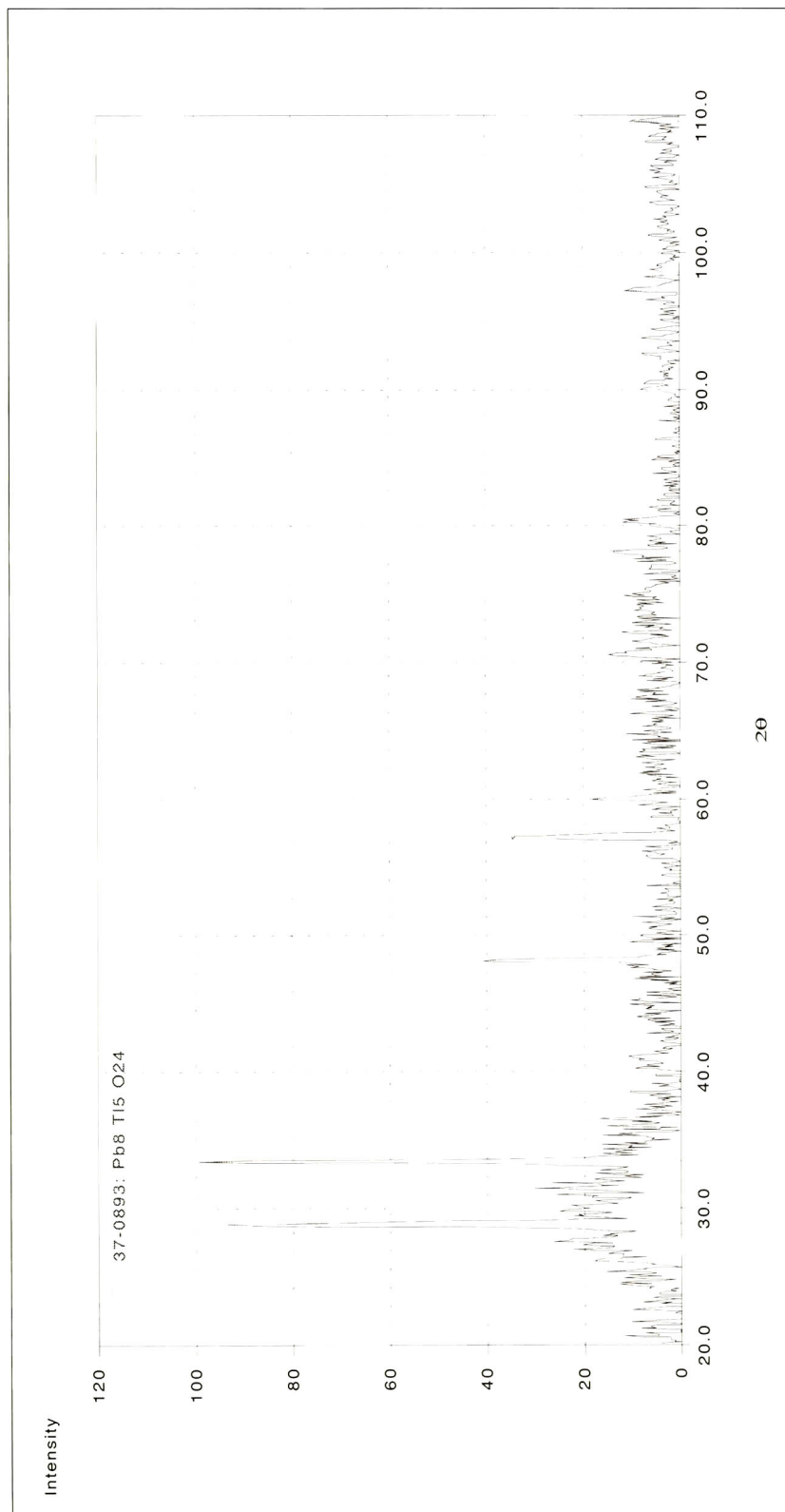


Fig. 1. 황색 구슬 MXRD 분석결과(No. 6: Thallium Lead Oxide)

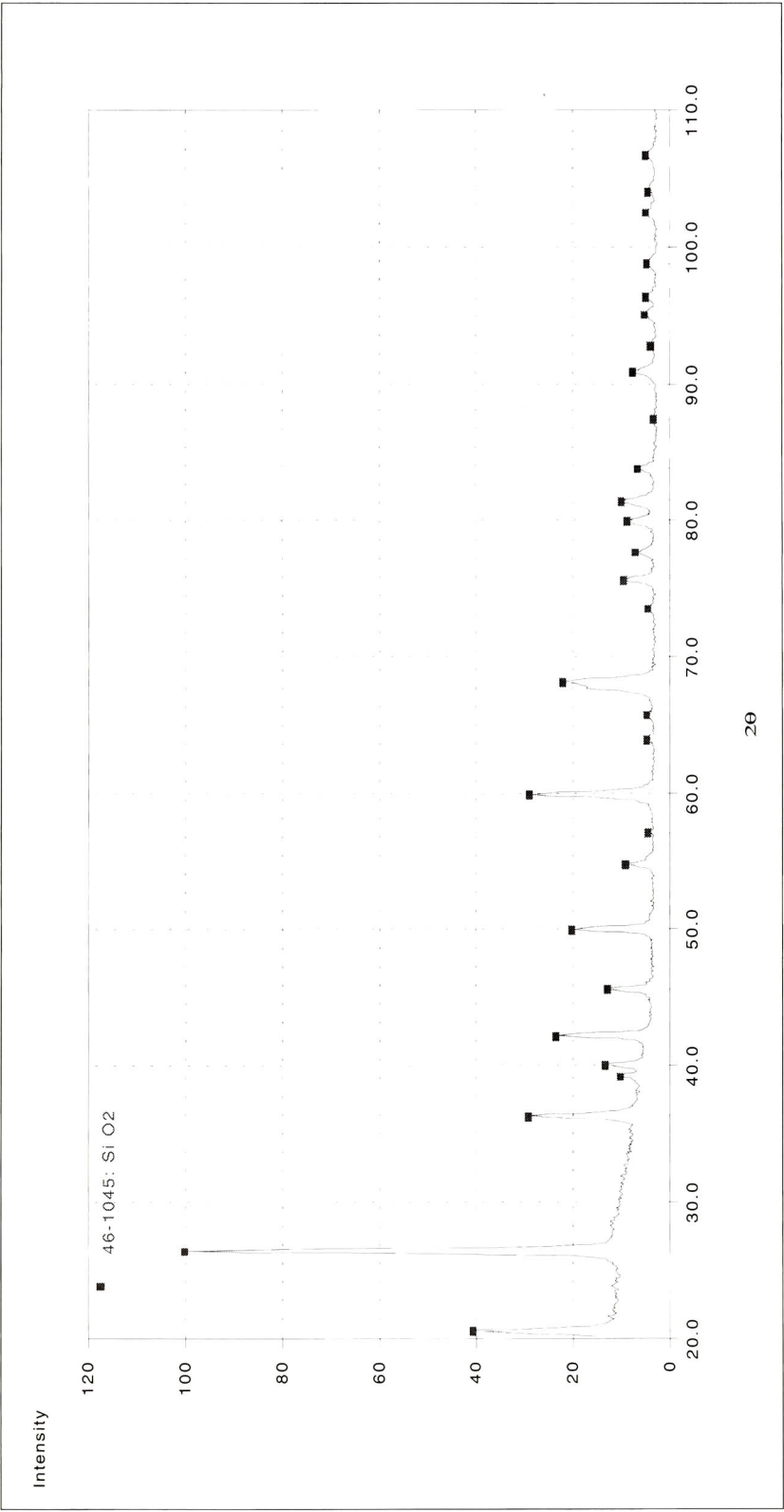


Fig. 2. 주황색 구슬 MXRD 분석결과(No. 3: Quartz)

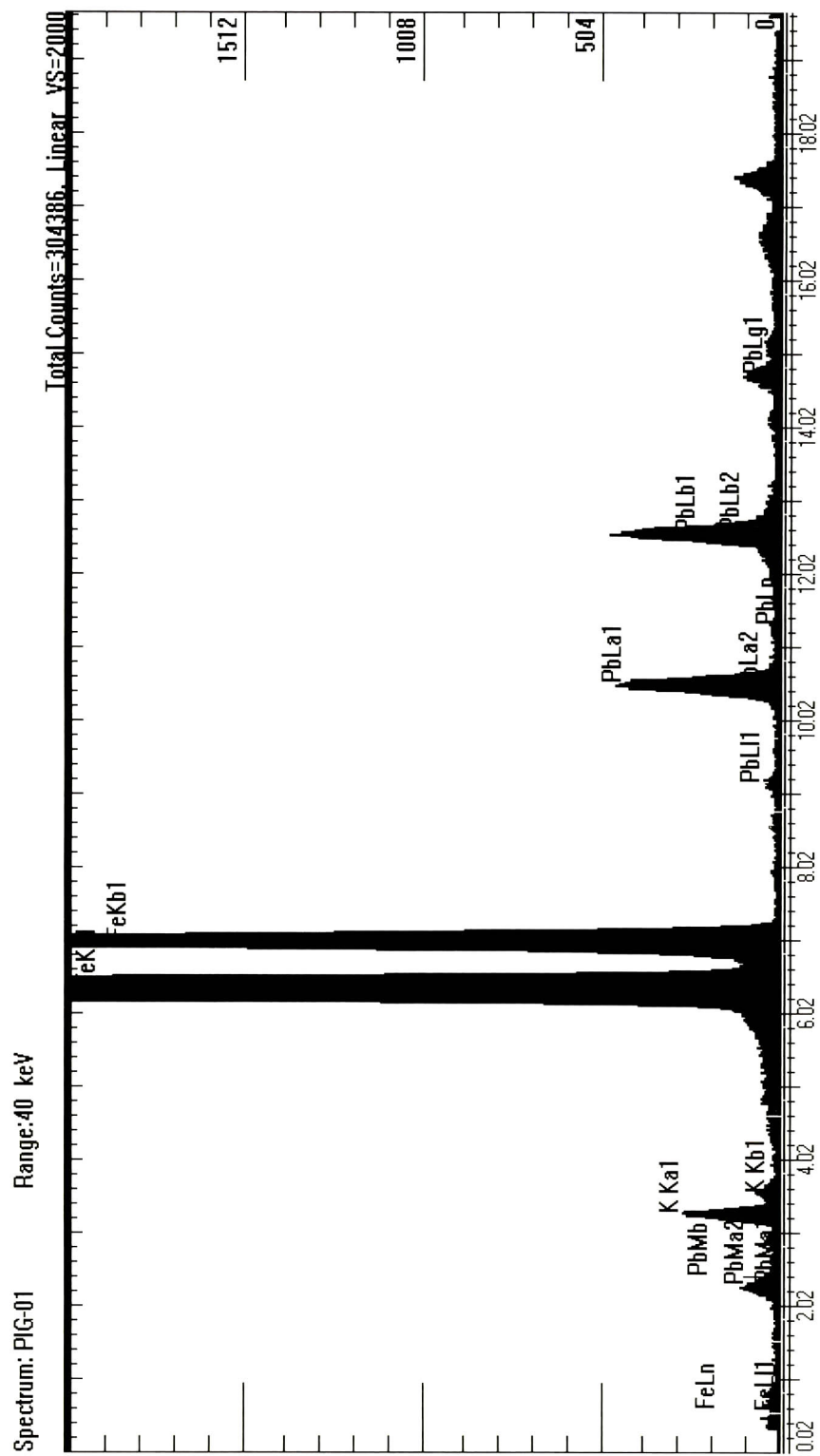


Fig. 3. 웅관내 안료덩어리 EDXRF 분석결과

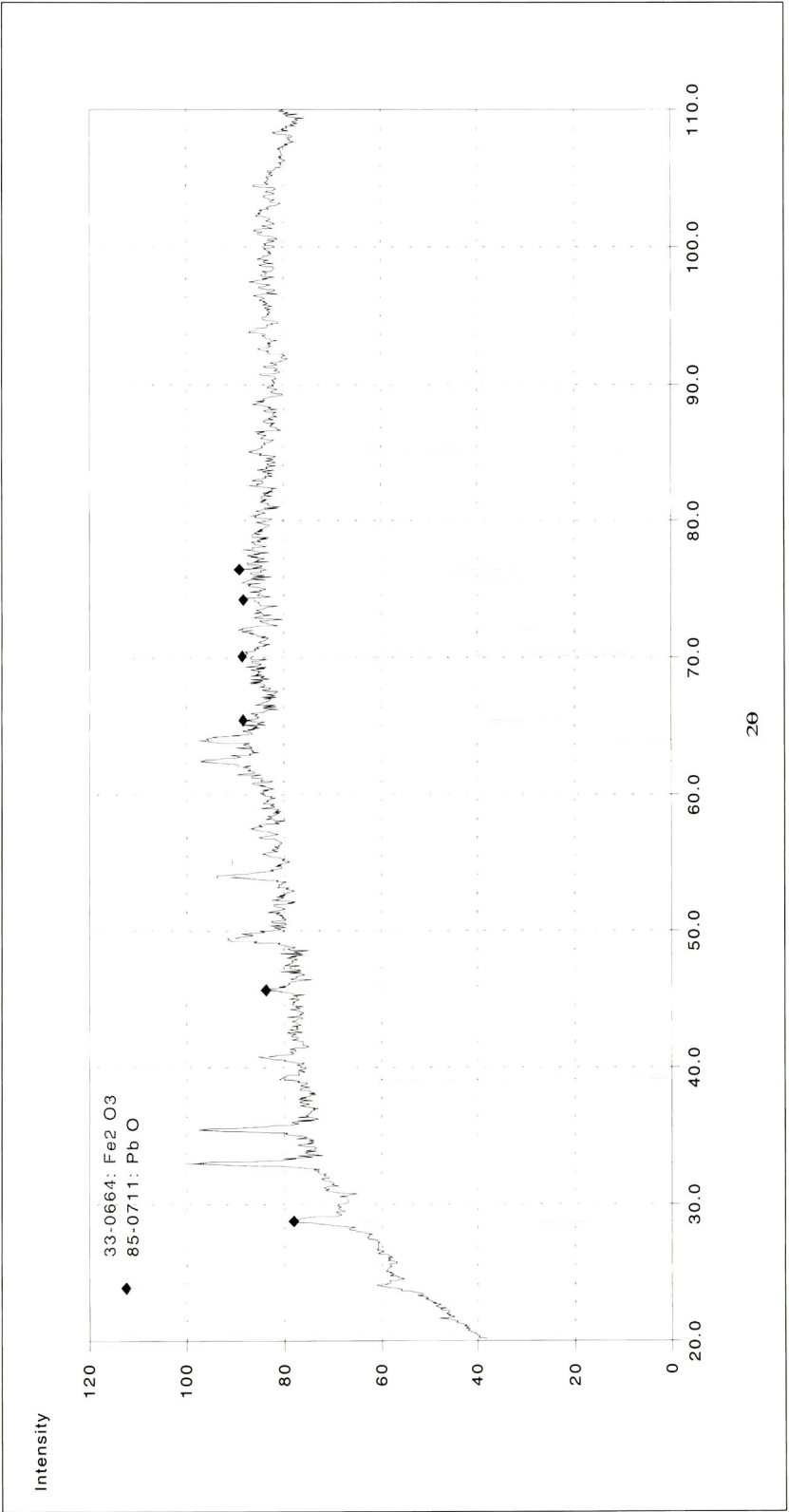


Fig. 4. 웅관내 안료덩어리 MXRD 분석결과

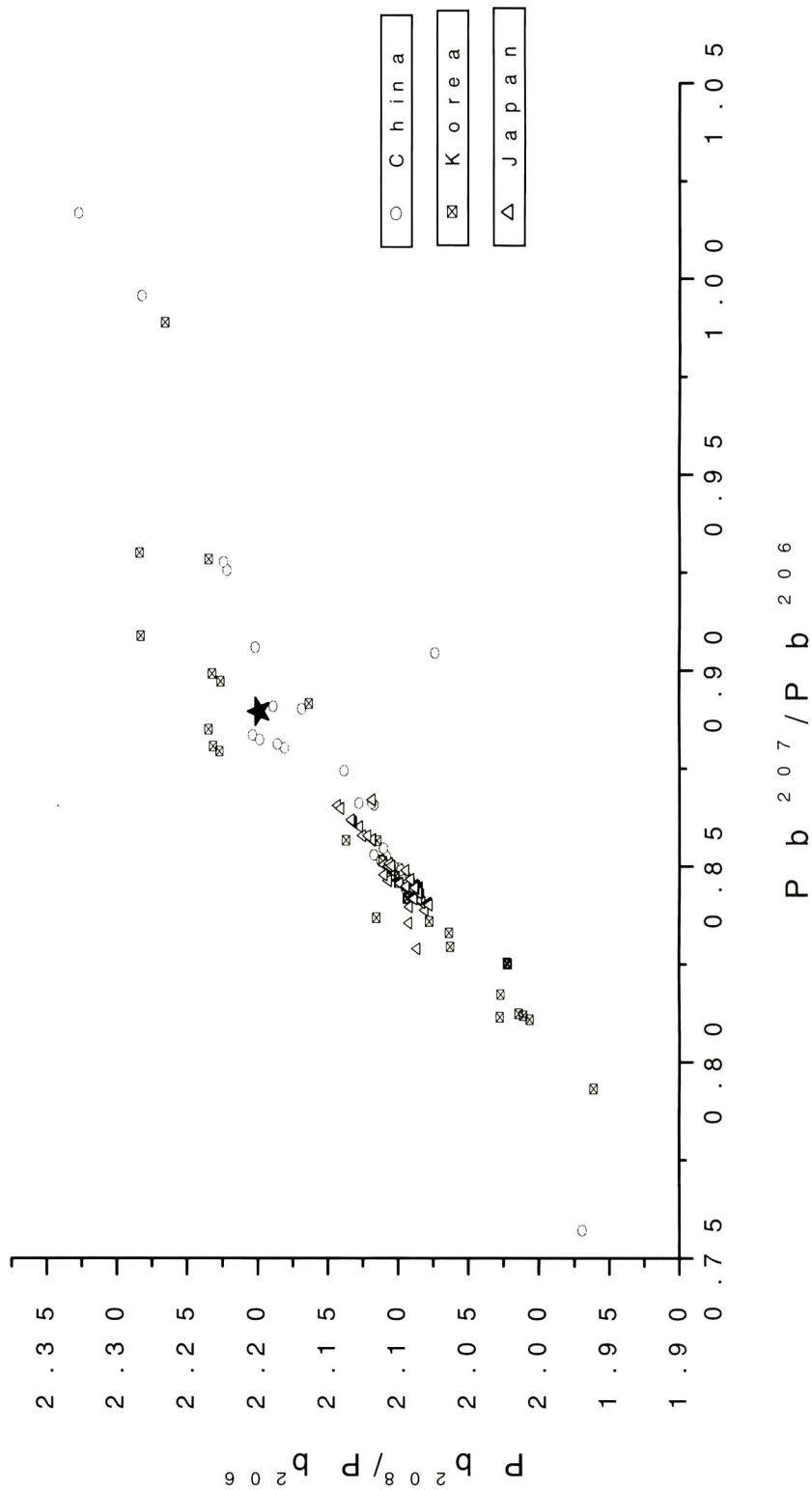


Fig. 5. 동아시아 방연광시료 138점 납동위원소비 분포(17)
(★ 북암리 정록색관옥)

나주 북암리 3호분 출토 구슬류의 조성 분석

김 규호 · 허 우영 · 이 오희 · 강 형태*

호암미술관 문화재보존연구소, 경기도 용인시 포곡면 가실리 204

*국립문화재연구소(현 국립중앙박물관), 서울 종로구 세종로 1

Composition Analysis of Glass Materials at the Remains in Bogam, Naju

G. H. KIM, W. Y. HUH, O. H. LEE, H. T. KANG*

Conservation Institute of Cultural Properties, Ho-Am Art Museum,
204, Kasil-ri, Pogok-myun, Yongin-si, Korea, 449-810

*National Research Institute of Cultural Properties, Seoul, Korea, 110-050
(Present: Conservation Science Lab., The National Museum of Korea)

1. 분석 목적

발굴 조사로 확인된 유물은 형태적인 구분 외에도 사용된 원료에 따라 다양한 재질로 분류할 수 있다. 이 재질들은 당시의 자연 환경과 사용 원료 그리고 과학 및 공예 기술 등의 문화적 배경과 밀접한 관계가 있으므로 이를 물리적, 화학적 방법으로 분석한다면 새로운 과학적인 정보 제공도 가능하다.

토기, 도자기 그리고 유리¹⁾ 등이 역사적으로 오랜기간 동안 인류와 밀접한 관계를 가지고 있는 것은 주위 환경에서 가장 쉽게 접할 수 있는 돌과 흙을 사용하였기 때문이라고 생각된다. 이 원료로 만들어진 유물은 외부 충격으로 쉽게 깨진다는 물리적 특성으로 매장환경에서 쉽게 소실되지만, 다른 재질보다 오랜 기간동안 안정된 상태를 유지할 수 있으므로 표면의 일부만을 제외하고 대부분 내부 조성이 변화가 거의 없는 화학적 특성이 있다. 이러한 화학적 특성으로 인하여 사용된 원료와 제작 과정에 대한 과학 및 공예 기술에 대한 정보를 과학적인 분석으로 추정할 수 있는 것이다.

유리는 토기나 도자기와 동일한 석질의 무기 원료를 사용하지만 유리만이 가지고 있는 독특한 물리적, 화학적 특성이 있다. 이를 과학적인 개념에서 엄격하게 구분하는 것은 어려운 문제이지만 ASTM(American Society for Testing and Materials)에서는 유리를 “무기질의 용융체를 냉각할 때 결정화하는 일 없이, 실용상의 고체로서 사용할 수 있는 상태까지 응고한 것으로, 딱

1) 여기서 서술된 유리는 인공 유리이다. 흑요석과 같이 자연 상태에서 생성된 자연 유리와 구별하여 인위적인 힘(불)을 가하여 만들어진 유리를 인공 유리라고 한다.

딱하고 부서지기 쉬우며 그 파상은 패각상인 것”으로 정의하고 있다. 이를 쉽게 표현한다면 유리는 가열하여 온도를 높이면 액체 상태로, 냉각하여 온도를 낮추면 고체 상태로 변하는 유리 상태(glass state)의 비결정체이며 균일한 조성을 가지고 있다는 것이다. 또한, 만들어진 유리 제품을 다시 다른 형태로 변형할 수 있다. 이와 같이 특이성을 가지고 있는 유리의 조성을 formers(주제), fluxes(용제)와 stabilizers(안정제)로 구분하여 사용원료와 제작기술을 조사할 수 있다. 이를 요약하면 유리의 뼈대 역할로 작용하는 주제의 성분은 SiO_2 (이산화규소, 실리카)로 모래나 석영광물에서 얻어진다. 그러나 SiO_2 의 용융온도는 약 $1,850^\circ\text{C}$ 로 이 온도까지 높일 수 있는 당시의 불의 사용 기술은 한계가 있다고 보는 것이 타당할 것이다. 이 높은 용융온도를 낮추기 위하여 첨가되는 것이 용제이다. 작용하는 성분은 Na_2O (산화나트륨)와 K_2O (산화칼륨) 등이 있으며 원료는 광물이나 식물의 재에서 얻을 수 있다. 이 성분을 첨가하면 용융온도를 700°C 까지 낮출 수 있으나 물에 잘 녹고 결정이 형성되는 등 화학적으로는 불안정하게 된다. 이 단점을 보완하기 위하여 첨가되는 것이 안정제로 유리 조성과 구조를 균일하게 유지하는 작용과 내수성을 갖게 한다. 성분으로는 CaO (산화칼슘), Al_2O_3 (산화알루미늄), MgO (산화마그네슘) 등이 있다. 그밖에 유리 색상을 결정하는 착색제는 전이금속으로 Ti(티타늄), Mn(망간), Fe(철), Cu(구리) 등이 작용한다고 알려져 있다.

이와 같은 유리의 조성에 따라 우리 나라 고대 유리를 살펴보면, 납유리와 알칼리계의 Soda(Na_2O)과 Potash(K_2O)의 함량에 따라 군(group)으로, CaO (산화칼슘), Al_2O_3 (산화알루미늄), MgO (산화마그네슘)의 함량에 따라 계(system)로 분류할 수 있으며 이와 같은 원료의 수급과 기술변천에 밀접한 관계를 가지고 있다. 따라서 고대 유리의 조성을 시대와 지역에 따라 유사성을 연관시킨다면 고대 유리 문화의 흐름과 과학 및 공예 기술의 발달과 변천에 관한 역사적 정보를 확인할 수 있으므로 과학적 연구가 적극적으로 활용되어야 할 필요가 있다.

본 연구는 전라남도 나주 복암리유적에서 발굴된 구슬 조성과 특성을 분석하여 과학적 고찰 결과를 제시하고 우리 나라 고대 유리에 대한 연구 자료로 활용하고자 하였다.

2. 분석 시료

전라남도 나주지역의 복암리고분 유적에서 유구별 출토 유리 중에서 발굴단과 상호 협의를 통하여 Table 1과 같이 유리질 편 32점을 선정하였다. 분석 시료는 원형으로 복원 불가능한 편에서 단면이 존재하고 최소 직경이 3mm 크기인 것으로 한정하였다.

유적에서 발굴 조사로 확인된 유물에 대한 과학적 결과를 시대와 지역적인 고찰에 활용하기 위해서는 분석 대상물을 가능한 다양하게 여러 점을 분석할수록 결과의 신뢰성은 높아질 수 있다. 그러나 분석 대상물이 유물이므로 분석만의 신뢰성을 위하여 시료를 선정하고 채취할 수는 없다는 점과 이에 따라 분석된 결과에서 한정된 정보만을 제공받을 수 있다는 사실을 염두에 두어야 한다. 따라서 분석 목적에 따른 적합성과 대표성 그리고 현재의 특성적 상태를 충분히 고려하여 시료를 선정하고자 노력하였다.

Table 1. Informations about remains and samples analyzed in Bogam-ri, Naju, Jeollanam-do

Remains	Excavated beads		Sample beads		Photograph
	Color group	Number	Color group	Number	
Number 4 (옹관)	Blue etc	198 5	Co blue	9 —	Photo. 1
Number 7 (옹관)	Blue Green Yellow Gold foil	59 21 10 1	Co blue Yellow Green Light Yellow	4 4 1 —	Photo. 2
Number 9 (옹관)	Blue Green etc	2 51 2	Cu blue	1	Photo. 3
Number 6 (석실)	Gold foil	1	Gold foil	1	Photo. 4
Number 10 (석실)	Blue Gold foil Pink etc	346 59 4 10	Co blue Co blue Green Violet Gold foil	1 1 1 5 4	Photo. 5
Total		769		32	

3. 분석 방법

조성 분석에 앞서 선정된 분석 시료에 대한 색상 및 특성을 조사하고 다음과 같이 전처리를 하였다. 먼저, ethyl-alcohol의 혼합용액(1:1)과 탈염수에서 각각 3회씩 세척하여 유리 표면에 고착된 오염물을 제거하였다. 분석할 시료 면을 고려하면서 epoxy resin으로 정착시킨 다음, 시편의 단면을 sand paper와 diamond paste로 연마하였다. 이 과정에서 오염된 물질의 제거를 위하여 초음파세척기에서 탈염수로 10분간 3회 세척하였다.

고대 유리의 조성과 특성 분석은 호암미술관 문화재보존연구소에서 활용하고 있는 에너지분산형분광분석장치(EDS : Energy Dispersive Spectroscopy, Model : Oxford ISIS)가 부착된 주사전자현미경(SEM : Scanning Electron Microscope, Model : JEOL 5800-LV, 이하 SEM-EDS)을 사용하였다. 다음과 같은 동일한 분석 조건으로 우리 나라의 여러 지역에서 발굴된 고대 유리편을 분석하였으며²⁾ 이를 자료화하고 있다.

- 2) a. 김규호 · 허우영, 「SEM-EDS를 이용한 고대 유리의 분석(Ⅰ)」, 『제6회한국문화재보존과학학회 학술발표』, 한국문화재보존학회, 1997, 2.
b. 김규호 · 허우영, 「SEM-EDS를 이용한 경남 김해 양동리 출토 유리구슬의 분석 고찰」, 『보존과학학회지』 Vol. 7, 한국문화재보존학회, 1998, pp. 23-30.
c. 김규호 · 허우영, 「SEM-EDS를 이용한 마하리 출토 유리질 구슬의 재질분석」, 『화성 마하리 고분군』, 호암미술관, 1998, pp. 183-192.
d. 김규호 · 허우영, 「SEM-EDS를 이용한 임당유적 출토 유리질 구슬의 재질분석」, 『경산 임당유적(Ⅰ~Ⅵ)』

- 분석 조건 -

- Beam energy : 20 KeV, 1.0 nA
- Working distance : 10 mm
- Beam size : $50 \times 50 \mu\text{m}^2$
- Count rate : 2,000 cps
- Live time : 150 sec
- 1st STD : 58 Mineral Materials (SPI Ltd., USA)
- Calibration element : Cu (99.99%)

SEM-EDS로 재현성 있는 정확한 유리 조성을 분석하기 위하여 조성 원소에 대하여 산화물 표준시료를 1차 표준물질로 정량 profile를 기준하고 2차 표준물질(EPMA용 유리시료(JEOL, JAPAN))에 대하여 정량성을 검증하고 분석 시료를 분석하였다. 일반적으로 매장환경에서 출토된 유리구슬은 대부분 풍화층이 존재하므로 표면의 풍화층과 내부의 건전부를 구분하여 건전부의 각각 다른 부위를 5회 측정된 평균값을 유리의 조성으로 판정하였다. 분석면적은 $50 \times 50(\mu\text{m}^2)$ 으로 표준 시료 및 분석 시료에 대하여 동일하게 측정하였다.

4. 분석 결과

나주 복암리유적 출토 구슬 편 32점은 유리로 이에 대한 조성 분석과 관찰되는 특성을 정리한 결과는 Table 2와 같다. Analytical side(분석 면)에서 관찰되는 특성을 Color(색상), Transparency(투명도), Air bubble(내부에 존재하는 기포), Direction(기포의 방향성), Defect(내부에 존재하는 결함), Heterogeneity(내부에 나타나는 불균질 요인), Surface Side(표면의 풍화 정도), Crack state(내부의 균열 정도) 등으로 정리하여 사용된 원료, 제작 방법과 매장 환경의 특성에 대한 간접적인 자료로 활용하고자 하였다. 유리의 조성은 Silica(SiO_2)와 Soda(Na_2O)와 Potash(K_2O) 및 Lead Oxide(PbO)와 Barium Oxide(BaO)의 함량에 따라 group(군)으로 분류하였다. 안정제로 작용하는 Lime(CaO)과 Alumina(Al_2O_3)의 함량에 따라 5% 이상을 high, 2~5%는 middle 그리고 2~3% 미만인 경우에는 low로 구분하여 system(계)로 세분하였다. 유리의 색상을 좌우하는 착색제는 분석되는 성분을 중심으로 그 함량을 표시하여 관찰된 유리의 색상과 관계성을 조사하였다. 이에 따라 관찰된 물리적 특성과 분석된 화학적 조성을 유구별로 고찰하면 다음과 같다.

부록』, 한국토지공사·한국문화재보호재단, 1998, pp. 57-67.

e. 김규호·허우영, 「오창유적 유리구슬의 성분 분석」, 『청원 오창유적』, 한국문화재보호재단·한국토지공사, 1999, pp. 357-402.

f. 김규호·허우영, 「성동리고분군 옛 유리의 조성분석」, 『尙州 城洞里古墳群』, 한국문화재보호재단, 2000.

g. 김규호·허우영, 「창녕 계성고분군 출토 귀걸이 및 유리구슬의 조성 분석」, 호암미술관, 2000년 발간 예정.

○ 4호 옹관

Co-blue로 분류되는 청색 계통의 유리구슬 편 9점을 분석하였다.

분석된 결과에서 나타나는 유리 조성은 K_2O-SiO_2 group이 2점(시료번호 1, 8)이고 Na_2O-SiO_2 group이 7점(시료번호 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9)인 알칼리 유리이다. K_2O-SiO_2 group의 유리는 Na_2O-SiO_2 group보다 SiO_2 성분 함량이 높고 안정제인 CaO 와 Al_2O_3 가 낮다. Na_2O-SiO_2 group에서 나타나는 유리 조성의 특성은 CaO 와 MgO 함량이 다른 유구의 동일한 조성 group보다 상대적으로 높은 값으로 분석되는 점으로 보아 이 유구에서 제작된 유리구슬의 원료는 다른 유구와 다를 가능성이 높다고 생각된다. 그리고 동일한 Na_2O-SiO_2 group중에서 1점(시료번호 5)은 다른 유리 시료와 조성이 다르게 분석되는 점으로 보아 4호 옹관의 유리구슬은 적어도 3가지의 원료 조합으로 만들어진 것으로 추정된다.

유리의 색상 고찰에서는 Co-blue인 청색계의 동일 색상이라고 하더라도 유리 조성에 group에 따라 착색제³⁾의 함유량이 다르게 나타난다. K_2O-SiO_2 group은 착색제의 조성이 평균 2.5%를 함유하고 있으며 이중에서 MnO , CuO 의 함량비가 높은 반면, Na_2O-SiO_2 group에서는 평균 1.8 % 미만을 함유하고 Fe_2O_3 의 함량비가 높다. 이 결과는 유리의 색상이 단순한 착색제의 함량에 의해서 좌우되는 것이 아니라 유리 조성과도 밀접한 관계가 있음을 보여주는 자료로 앞으로 이에 대한 체계적인 연구가 요구되는 분석 결과이다.

화학적 조성과는 별도로, 물리적 특성을 알수 있는 유리의 표면과 내부 균열 상태의 관찰에서 4호 옹관의 유리구슬은 다른 유구의 것보다 대부분 심하게 나타난다. 이 원인은 유리 조성과 함께 매장 환경의 영향이 높은 것으로 보여진다. 왜냐하면 다른 유구의 유사한 조성을 가진 유리에서 균열이 적은 것도 존재하기 때문이다. 또한, 유리 내부에 존재하는 Air bubble(기포)는 그 크기가 작은 기포(1mm 이하)로 대부분 seed 형태이다. 유일하게 1점(시료번호 6)에서 기포 방향이 구슬의 횡축으로 나타나지만, 이 현상은 유리막대에서 늘린 형태에서 나타날 수 있는 현상이나 이 방법으로 유리구슬을 만든 것으로 추정한다고 소개하기에는 분석 자료가 충분하지 못하므로 본 원고에서는 관찰 결과로 한정하고자 한다.

○ 7호 옹관

Co-blue의 청색계 유리구슬 편 4점, Yellow-Green의 녹색계 유리구슬 편 4점, 그리고 Yellow의 황색계 유리구슬 편 1점 등 총 9점을 분석하였다.

유리 조성은 Na_2O-SiO_2 group의 알칼리 유리로 안정제 함량이 차이가 있다. 청색계 유리구슬 4점(시료번호 10, 11, 12, 13)은 Al_2O_3 보다 CaO 의 함량이 높은 반면, 녹색계와 황색계 유리구슬 4점(시료번호 15, 16, 17, 18)은 반대로 CaO 보다 Al_2O_3 의 함량이 높은 것이 특징이다. 여기서 녹색계와 황색계의 유리구슬 편은 거의 동일한 조성을 가지고 있으며 다른 유구에서 분석된 동일

3) 본 분석 연구에서는 TiO_2 , MnO , Fe_2O_3 , CuO 로 한정하여 고찰하였다.

Na₂O-SiO₂ group의 유리와 비교하여 Al₂O₃의 함량이 6.4~6.9%로 제일 높은 값으로 분석되는 특징이 있다.

유리의 색상은 착색제의 함량에서도 차이를 보인다. 청색계 유리는 MnO의 함량이 높은 반면, 녹색계와 황색계는 Fe₂O₃이 높은 함량을 보이거나 Fe₂O₃ 성분 이외에 TiO₂와 CuO의 함량도 다른 유구에 비하여 높은 편이다. 4호 옹관과 마찬가지로 7호 옹관에서도 유리 색상은 조성과 착색제가 함께 작용된 특성으로 보는 것이 좋을 듯하다.

이외에 녹색계 1점(시료번호 14)은 동일 색상의 유리와 조성이 다른 SiO₂계 유리로 나타난다. 이 결과는 SiO₂계 구슬⁴⁾일 수도 있지만 시료의 크기가 너무 작아서 유리 표면을 분석한 값으로 분석에 대한 신뢰성이 떨어지는 결과일 수 있다. 따라서 여기서는 분석 결과만을 제시하고 고찰에서는 제외하였다.

이와 같은 분석 결과에서 7호 옹관은 유리 원료가 크게 2가지로 색상에 따라 사용된 것으로 추정된다. Co-blue 청색계 유리는 다른 유리의 동일 색상의 유리와 비교하여 투명하다는 특징이 관찰된다.

○ 9호 옹관

Cu-blue의 청색계 유리구슬편 1점(시료번호 19)을 분석하였다.

유리의 조성은 K₂O-SiO₂ group으로 4호 옹관의 K₂O-SiO₂ group과 비교하면 CaO의 함량이 낮은 유사성을 가지고 있으나 Al₂O₃의 함량은 다소 높게 나타난다. 유리의 색상을 좌우하는 착색제 성분은 TiO₂, MnO, Fe₂O₃의 함량이 높은 편이나 우리나라의 다른 지역에서 출토된 Cu-blue의 유리에서 일반적으로 나타나는 색상의 주성분인 CuO값이 낮은 것이 특색이다. 유리 색상에 대한 다각적인 연구 조사가 필요한 유리구슬 편이다.

○ 10호 석실

Violet의 자색 5점, Co-blue의 청색 1점, Green의 녹색 1점, Cu-blue의 청색 1점 그리고 금박유리 4점 등 총 12점으로 나주 복암리유적에서 가장 다양한 색상의 유리구슬 편을 분석하였다.

이 유구에서 나타나는 유리 조성은 현재까지 우리나라의 최초 유리로 알려진 부여 합송리 유적에서 출토된 관옥과 유리의 조성이 비슷한 PbO-BaO-SiO₂ group의 Violet 색상을 띄는 2점(시료번호 22, 25)과 CaO의 함량이 낮고 Al₂O₃의 함량이 2~3%인 K₂O-SiO₂ group의 Violet 1점(시료번호 26)과 Cu-blue 1점(시료번호 28), CaO와 Al₂O₃의 함량이 모두 2%미만으로 낮은 K₂O-SiO₂ group의 Co-blue 1점(시료번호 22)과 Green 1점(시료번호 27), 그리고 Violet의 색상을 띄는 Na₂O-SiO₂ group으로 CaO의 함량이 높고 Al₂O₃의 함량이 낮은 유리구슬 편 1점(시료번호 21)과 반대로 CaO의 함량이 낮고 Al₂O₃의 함량이 높은 유리구슬 편 1점(시료번호 23) 등 다양한 조성

4) 수정이나 마노의 광물 재질로 만들어진 구슬은 SiO₂성분만을 가지고 있다. 그러나 SiO₂계 유리도 존재한다는 자료도 있으므로 이 분석 결과만으로는 정확한 원료를 알 수 없다.

으로 구분된다. 이와 함께 금박유리 4점(시료번호 29, 30, 31, 32)은 다른 유리구슬보다 높은 Al_2O_3 와 CaO 함량을 가지고 있으며 상대적으로 CaO 보다 Al_2O_3 의 함량이 높은 조성을 갖는 Na_2O-SiO_2 glass이다. 이와 같이 다양한 조성이 출토되는 10호 석실은 나주 복암리유적의 유리 조성의 변천 과정을 연구하는 중요한 유구로 생각된다.

색상에 따른 고찰에서 착색제가 분석된 나주 복암리 다른 유구의 유리와의 비교하면 1점(분석 시료 23)을 제외하고 가장 높은 4.2% 이상을 포함하고 있으며 이중에서도 MnO 값이 가장 높다. 이 유구에서도 9호 옹관과 같이 Cu -blue색상의 유리에서 CuO 값이 낮게 분석되는 것이 특이한 점이다. 금박유리로 구분된 유리구슬 편의 색상은 무색으로 구분될 수 있다. 이 무색의 금박유리의 색상에서는 착색제의 총 함유량이 약 1%로 다른 색상의 유리구슬보다 상당히 낮게 함유하고 있다. 6호 석실의 1점을 포함한 금박유리 5점의 분석 결과는 다음의 종합 고찰에서 별도로 논하고자 한다.

○ 6호 석실

6호 석실에서는 금박유리편 1점을 분석하였다.

유리 성분은 10호 석실에서 출토된 금박유리의 성분과 동일한 Na_2O-SiO_2 group으로 Al_2O_3 와 CaO 함량은 다소 차이가 있다.

5. 종합 고찰

1) 유리구슬의 조성

Fig. 1에서 나타나는 바와 같이 전라남도 나주 복암리유적에서 나타나는 유리구슬 편 32점은 $PbO-BaO-SiO_2$ group 2점, K_2O-SiO_2 group 7점, 금박유리 5점을 포함한 Na_2O-SiO_2 group 22점으로 다양한 유리 조성이 분포된다. 그리고 Fig. 2와 Fig. 3의 K_2O-SiO_2 유리와 Na_2O-SiO_2 유리에서 안정제로 작용하는 Al_2O_3 와 CaO 조성 분포도 다양하게 나타난다.

Fig. 2의 K_2O-SiO_2 유리에서 10호 석실은 Al_2O_3 함량 차에 따라 2가지 조성으로 구분된다. Al_2O_3 함량이 높은 유리는 9호 옹관, Al_2O_3 함량이 낮은 유리는 4호 옹관과 관계가 있다고 추정된다. Fig. 3의 Na_2O-SiO_2 유리에서도 Al_2O_3 함량 차에 따라 7호 옹관과 10호 석실이 2가지 조성으로 뚜렷하게 구분된다. 그리고 CaO 함량이 7호 옹관과 10호 석실에 비하여 4호 옹관이 높다는 것은 사용된 원료가 다르다는 것을 나타내는 결과이다. 이와는 별도로 6호와 10호 석실에서 나타나는 금박유리의 유리 조성은 다른 색상의 유리보다 높은 Al_2O_3 과 CaO 함량이 분석되며 Al_2O_3 가 CaO 보다 상대적으로 높은 함량을 보인다. 이외에 K_2O-SiO_2 유리는 Na_2O-SiO_2 유리보다 안정제의 총 함량이 낮게 분석되는 결과는 사용된 원료 및 제작 방법이 서로 다른 유리 문화권을 나타내는 증거 자료로 생각된다.

이와 같이 다양한 유리 조성을 나타내는 전라남도 나주 복암리 유적은 우리 나라에서 확인되

고 있는 유리 조성에 따른 유리 문화권과 연관하여 AD 6세기 이전에 고대 유리의 조성을 모두 나타나는 흥미로운 유적으로 여러 유리 문화권이 도입된 현상을 나타내고 있다. 그러나 이 분석 결과와 비교할 수 있는 전라도 유적에서 발굴된 유리구슬의 체계적인 과학적 분석 자료가 거의 없기 때문에 본 연구 결과만을 가지고 시대와 지역적 특성을 고찰하기에는 어려움이 있다. 따라서 이 연구는 앞으로 고대 유리의 특성 고찰에서 중요한 기초 자료로 활용될 수 있으리라 생각된다.

2) 유리구슬의 색상

육안으로 관찰하여 유리구슬의 색상을 구분하는 것은 한계성이 있지만 우리 나라의 고대 유리구슬은 대부분 한정된 색상이 나타나므로 이를 우선 체계화할 필요는 있다. 이를 위하여 가능하다면 발굴보고서에 원색 사진을 수록하는 것이 좋을 것으로 생각된다.

나주 복암리유적은 다양한 색상의 유리구슬이 확인된다. 이중에서 분석된 유리구슬 색상은 대부분 청색계로 Co-blue(청색), Light Co-blue(담청색), Cu-blue(벽색), Violet(남색), Yellow-Green(황색점이 있는 녹색), Light Yellow(옅은 황색) 그리고 금박유리로 구분된 Colorless(무색)이다. 이를 분석한 착색제 조성을 MnO (산화망간), Fe_2O_3 (산화철), TiO_2 (산화티타늄) 그리고 CuO (산화구리) 중심으로 고찰한 결과는 Fig. 4와 같다.

유리구슬의 색상은 앞서 서술된 착색제 성분과 총 함량에 따라 좌우되지만, 나주 복암리유적의 청색 유리 색상에서 높은 기여도를 나타내는 성분은 K_2O-SiO_2 group에서 MnO , Na_2O-SiO_2 group에서 Fe_2O_3 이다. 그러나 7호 옹관 Na_2O-SiO_2 group의 Co-blue에서 MnO 함량이 높은 예외적인 현상이 분석되지만 다른 유구와 다르게 투명도가 높게 관찰되므로 별도 유리구슬로 구분하는 것이 좋을 것 같다. 또한, 10호 석실 Na_2O-SiO_2 group의 Violet 유리에서 MnO 함량이 높게 나타나는 특이한 유리구슬(시료번호 21)도 있다.

Cu-blue로 관찰되는 9호 옹관과 10호 석실의 2점은 CuO 성분이 낮게 나타난다. 이는 지금까지 우리 나라 고대 유리구슬의 Cu-blue 색상을 좌우하는 성분이 CuO 라는 일반적인 결과와 상반된 현상으로 여기서는 이를 지역적인 특성으로 그 원인을 찾아보는 것이 좋을 것 같으나 이에 대한 추가적인 보완 연구가 필요하다.

10호 석실의 $PbO-BaO-SiO_2$ group의 Co-blue 유리는 서술된 착색제의 총 함량이 1% 미만으로 여기서는 PbO (산화납)이 유리의 색상을 좌우하는 것으로 추정된다. 금박유리에서도 약 1% 미만의 착색제의 총 함량이 존재하며 이는 금박 유리구슬에서 유리 자체의 무색 색상에 대한 근거를 제시할 수 있는 자료이다.

3) 금박 유리

우리 나라에서 발굴된 금박 유리는 경상남도 김해 양동리 462호, 동래 복천동 80호, 경상북도 경주 금관총, 충청남도 공주 무녕왕릉, 천안 청당동, 전라북도 순창 갑동리, 전라남도 나주 덕산리 9호와 신촌리 9호 그리고 본 연구에서 조사한 나주 복암리 등이 알려져 있다. 이 중에서 나

주 복암리 금박유리에 대한 분석 연구는 처음으로 소개되는 우리 나라 금박유리에 대한 과학적 자료로 중요한 의미를 가진다고 생각된다.

6호 석실 1점과 10호 석실 4점의 금박 유리구슬 편에 대한 분석 결과, 금박 유리구슬은 내부(안)와 외부(바깥) 유리가 구분되며 중간에 금박이 존재하는 것으로 관찰된다(Photo. 6).

내부와 외부 유리는 동일한 조성으로 같은 원료를 사용하여 만든 것으로 무색 유리의 조성은 $\text{Na}_2\text{O}-\text{SiO}_2$ 유리로 Al_2O_3 과 CaO 함량이 높다. 그러나 Al_2O_3 가 CaO 보다 상대적으로 높은 함량을 보이는 점으로 전형적인 Roman glass와는 구별할 필요가 있다. 착색제 함량이 1% 미만으로 분석되는 점은 금색이 잘 보일 수 있도록 의도적으로 유리의 색상을 무색으로 만든 것으로 유리 색상을 조절할 수 있는 기술을 가지고 있음을 알 수 있는 자료이다.

유리구슬에 존재하는 금박 성분은 Au (금) : Ag (은)의 비가 8 : 2로 약 0.05mm 이하의 얇은 막으로 되어 있다. 그리고 일부 금박 부근에서 분석되는 Fe (철)과 Ti (티타늄)은 금박에 존재하는 불순물로 추정된다.

Photo. 6에서 보는 바와 같이 분석된 금박 유리는 대부분 내부에 심한 균열 상태를 보이는 점과 내부 기포가 1~2nm의 중간 형태의 크기(Blister)로 방향성을 가지고 있는 물리적 특징을 가지고 있다.

이와 같은 분석 결과의 고찰에서 금박 유리구슬의 제작 방법을 정확하게 알 수는 없지만 분석된 유리의 조성, Air bubble(기포)의 방향성, 금박 구슬 단면에 대한 관찰 결과 등은 이에 관한 자료로 활용될 수 있으리라 생각된다.

Table 2-1. The characteristics and compositions of the ancient glass excavated at the remains in Bogam-ri, Naju, Jeollanam-do

Sample number	Color ^a (Transparency)	Air bubble ^a (Direction)	Defect ^a (Heterogeneity)	Analytical side ^a	Surface state ^a	Crack state ^a	SiO ₂	Na ₂ O	K ₂ O	PbO	BaO	Oxide Concentration (Wt. %) ^b									
							CaO	Al ₂ O ₃	MgO	SO ₃	Cl	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	CuO	Total					
Number 4 remain, K ₂ O-SiO ₂ group, CaO low, Al ₂ O ₃ low																					
pm-1	Co (Δ)	L-S	Fe-S	Long	S-W	●	76.6	0.40	17.5	nd	nd	1.3	1.2	0.22	0.11	0.27	0.16	1.1	0.69	0.63	100.2
							0.7	0.05	0.2			0.1	0.1	0.02	0.06	0.03	0.05	0.1	0.15	0.14	
pm-8	Co (Δ)	L-S	Fe-S	Long	GD	▲	78.1	0.38	15.8	nd	nd	1.4	1.3	0.24	0.10	0.18	0.14	0.96	0.77	0.55	99.8
							0.5	0.11	0.1			0.1	0.1	0.07	0.06	0.1	0.06	0.12	0.08	0.14	
Average							77.3	0.39	16.6	nd	nd	1.4	1.2	0.23	0.11	0.23	0.15	1.02	0.73	0.59	99.98
Number 4 remain, Na ₂ O-SiO ₂ group, CaO high, Al ₂ O ₃ middle																					
pm-2	Co (Δ)	L-S	Fe-S	Vert	S-W	●	65.0	20.8	1.4	nd	nd	6.6	2.8	1.7	0.56	1.2	0.17	0.19	1.1	0.14	101.8
							0.5	0.2	0.1			0.2	0.1	0.1	0.05	0.1	0.10	0.07	0.1	0.09	
pm-3	Co (Δ)	L-S	Fe-S	Vert	S-W	●	65.1	20.7	1.4	nd	nd	6.6	2.8	1.7	0.54	1.2	0.16	0.15	1.1	0.13	101.5
							0.2	0.2	0.1			0.2	0.1	0.1	0.11	0.1	0.06	0.03	0.1	0.12	
pm-4	Co (Δ)	M-S	ND	Vert	GD	X	65.5	19.2	1.4	nd	nd	6.3	3.1	1.4	0.49	1.2	0.24	0.15	1.2	0.10	100.2
							0.4	0.6	0.1			0.5	0.6	0.5	0.07	0.1	0.03	0.07	0.1	0.06	
pm-6	Co (Δ)	M-S (len)	ND	Vert	S-W	X	64.5	20.0	1.4	nd	nd	6.6	2.8	1.7	0.52	1.2	0.15	0.23	1.1	<0.1	100.3
							0.3	0.4	0.1			0.2	0.1	0.1	0.08	0.1	0.04	0.08	0.1		
pm-7	Co (Δ)	L-S	Fe-S	Vert	S-W	▲	66.1	18.9	1.3	nd	nd	6.4	3.1	1.5	0.52	1.1	0.20	0.21	1.1	0.13	100.5
							0.7	0.6	0.1			0.2	0.3	0.1	0.09	0.1	0.05	0.05	0.1	0.18	
pm-9	Co (Δ)	M-S	ND	Vert	GD	X	66.7	18.2	1.4	nd	nd	7.0	3.0	1.5	0.51	1.2	0.18	0.32	1.1	0.16	101.2
							0.5	0.3	0.1			0.7	0.3	0.2	0.06	0.1	0.08	0.08	0.1	0.12	
Average							65.5	19.6	1.4	nd	nd	6.6	2.9	1.6	0.52	1.2	0.18	0.21	1.1	0.13	100.9
Number 4 remain, Na ₂ O-SiO ₂ group, CaO high, Al ₂ O ₃ low																					
pm-5	Co (Δ)	L-S	Fe-S	Vert	GD	▲	64.3	20.7	2.0	nd	nd	7.0	1.4	2.0	0.44	1.4	0.11	0.08	1.3	0.17	100.8
							0.3	0.4	0.1			0.2	0.1	0.2	0.05	0.1	0.09	0.04	0.2	0.13	
Number 6 remain, Na ₂ O-SiO ₂ group, CaO high, Al ₂ O ₃ low																					
pm-20	Au-foil (○)	M-B (len)	Fe-S	Long	S-W	●	70.3	18.8	0.53	nd	nd	5.8	1.9	0.11	0.47	1.4	0.03	<0.1	0.35	<0.1	99.6
							0.6	0.2	0.05			0.6	0.1	0.05	0.07	0.2	0.07		0.12		
Number 7 remain, Na ₂ O-SiO ₂ group, CaO middle, Al ₂ O ₃ low																					
pm-10	Lt-Co (Δ)	L-S	ND	?	GD	X	73.3	16.0	0.47	nd	nd	3.1	2.8	0.10	0.20	1.3	0.29	1.9	0.78	<0.1	100.3
							0.4	0.3	0.05			0.1	0.1	0.03	0.03	0.1	0.10	0.2	0.09		
pm-11	Co (○)	L-S	ND (col)	Vert	GD	X	72.8	15.7	0.82	nd	nd	4.8	2.0	0.19	0.26	1.2	0.21	1.1	0.81	<0.1	100.0
							0.4	0.1	0.04			0.1	0.1	0.09	0.10	0.1	0.05	0.2	0.12		
pm-12	Co (○)	L-S	Fe-S (col)	Vert	GD	X	72.3	15.7	0.75	nd	nd	4.8	2.2	0.23	0.25	1.1	0.22	1.2	0.76	<0.1	99.6
							0.5	0.2	0.06			0.1	0.1	0.04	0.05	0.1	0.04	0.1	0.16		
pm-13	Co (○)	L-S	ND	Vert	GD	X	72.0	16.9	0.52	nd	nd	3.2	2.6	0.12	0.17	1.4	0.32	1.7	0.80	<0.1	99.9
							1.7	1.4	0.03			0.3	0.1	0.04	0.04	0.1	0.07	0.1	0.10		
Average							72.6	16.1	0.64	nd	nd	4.0	2.4	0.16	0.22	1.3	0.26	1.5	0.79	<0.1	99.9

Table 2-2. The characteristics and compositions of the ancient glass excavated at the remains in Bogam-ri, Najju, Jeollanam-do

Sample number	Color ^a (Transparency)	Air bubble ^a (Direction)	Defect ^a (Heterogeneity)	Analytical side ^a	Surface state ^a	Crack state ^a	SiO ₂	Na ₂ O	K ₂ O	PbO	BaO	CaO	Al ₂ O ₃	MgO	SO ₃	Cl	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	CuO	Total
Number 7 remain, Na ₂ O-SiO ₂ group, CaO low, Al ₂ O ₃ high																					
pm-15	YL-GN (Δ)	L-S	Fe-S	Vert	GD	X	64.3	20.9	0.90	nd	nd	1.4	6.5	0.33	0.68	1.2	0.70	<0.1	2.2	0.74	99.9
							0.7	0.2	0.03			0.1	0.3	0.04	0.15	0.1	0.05		0.1	0.07	
pm-16	YL-GN (Δ)	L-S	Fe-S	?	GD	X	63.8	20.9	0.89	nd	nd	1.4	6.4	0.30	0.71	1.2	0.67	<0.1	2.3	0.70	99.3
							0.9	0.1	0.03			0.1	0.2	0.07	0.05	0.1	0.06		0.1	0.14	
pm-17	YL-GN (Δ)	L-S	Fe-S	Vert	GD	X	64.2	20.9	0.90	nd	nd	1.4	6.5	0.33	0.62	1.2	0.69	<0.1	2.1	0.80	99.6
							0.3	0.2	0.13			0.1	0.4	0.08	0.11	0.1	0.07		0.1	0.13	
pm-18	Lt-YL (○)	ND	un-S	Vert	GD	X	64.1	20.6	1.03	nd	nd	1.5	6.9	0.29	0.62	1.2	0.66	0.11	2.4	0.86	100.1
							0.6	0.2	0.13			0.1	0.2	0.04	0.08	0.1	0.07		0.05	0.1	0.08
Average							64.0	20.8	0.94	nd	nd	1.4	6.6	0.31	0.65	1.2	0.67	<0.1	2.2	0.79	99.7
Number 7 remain																					
pm-14	YL-GN (Δ)	L-S	Fe-S	?	GD	X	98.8	0.06	nd	nd	nd	<0.1	0.14	<0.1	0.09	nd	<0.1	nd	nd	nd	99.1
							0.2	0.05					0.04		0.06						
Number 9 remain, K ₂ O-SiO ₂ group, CaO low, Al ₂ O ₃ middle																					
pm-19	Cu (○)	M-S	ND	Vert	S-W	X	74.5	1.3	14.2	nd	nd	1.8	2.4	0.46	0.19	0.06	0.42	2.6	1.7	<0.1	99.8
							0.7	0.1	0.2			0.1	0.1	0.06	0.08	0.04	0.12	0.1	0.1		
Number 10 remain, PbO-BaO-SiO ₂ group																					
pm-24	VL (Δ)	M-S (len)	Si-S	Vert	GD	▲	40.3	5.5	<0.1	31.8	12.9	3.6	0.22	1.3	0.04	3.5	<0.1	<0.1	0.16	0.46	99.9
							0.3	0.1		0.3	0.3	0.1	0.04	0.1	0.26	0.1			0.12	0.10	
pm-25	VL (Δ)	M-S (len)	Si-S (col)	Vert	GD	X	36.3	3.9	0.05	41.5	11.4	1.1	0.50	0.12	0.25	3.7	<0.1	<0.1	0.22	0.62	99.6
							0.2	0.1	0.09	0.6	0.1	0.1	0.08	0.03	0.34	0.1			0.12	0.21	
Number 10 remain, K ₂ O-SiO ₂ group, CaO low, Al ₂ O ₃ middle																					
pm-26	VL (Δ)	M-S (len)	Si-S	Vert	GD	X	72.8	1.02	15.0	nd	nd	1.9	2.9	0.39	0.10	0.08	0.36	2.5	1.6	0.12	99.0
							0.5	0.05	0.2			0.1	0.1	0.04	0.06	0.03	0.03	0.1	0.2	0.04	
pm-28	Cu (○)	L-S	ND	Vert	GD	X	74.3	1.2	14.1	nd	nd	1.9	2.3	0.46	0.15	0.08	0.37	2.6	1.8	<0.1	99.4
							0.3	0.1	0.1			0.1	0.1	0.05	0.05	0.01	0.05	0.1	0.2		
Average							73.6	1.1	14.6	nd	nd	1.9	2.6	0.42	0.12	0.08	0.36	2.5	1.7	<0.1	99.2
Number 10 remain, K ₂ O-SiO ₂ group, CaO low, Al ₂ O ₃ low																					
pm-22	Co (○)	L-S	Si-S (col)	Vert	GD	X	73.5	0.89	18.2	nd	nd	1.6	1.5	0.35	0.21	0.17	0.27	2.5	0.92	<0.1	100.2
							0.7	0.09	0.5			0.1	0.1	0.09	0.07	0.07	0.12	0.2	0.15		
pm-27	Gn (X)	ND	Si-S	Vert	GD	X	72.7	0.95	18.2	nd	nd	1.7	1.5	0.28	0.18	0.13	0.34	2.5	0.96	<0.1	99.4
							0.5	0.08	0.7			0.2	0.1	0.05	0.07	0.05	0.05	0.0	0.15		
Average							73.1	0.92	18.2	nd	nd	1.6	1.5	0.32	0.19	0.15	0.30	2.5	0.94	<0.1	99.8

Table 2-3. The characteristics and compositions of the ancient glass excavated at the remains in Bogam-ri, Naju, Jeollanam-do

Sample number	Color ^a (Transparency)	Air bubble ^a (Direction)	Defect ^a (Heterogeneity)	Analytical side ^a	Surface state ^a	Crack state ^a	SiO ₂	Na ₂ O	K ₂ O	PbO	BaO	CaO	Al ₂ O ₃	MgO	SO ₃	Cl	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	CuO	Total
Number 10 remain, Na ₂ O-SiO ₂ group, CaO high, Al ₂ O ₃ low																					
pm-21	VL (Δ)	M-S	Si-S (col)	Vert	GD	X	69.8	16.9	0.50	nd	nd	4.8	2.0	0.19	0.20	1.4	0.26	2.1	0.68	<0.1	98.9
							1.2	0.9	0.16			0.2	0.3	0.10	0.11	0.2	0.05	0.3	0.15		
Number 10 remain, Na ₂ O-SiO ₂ group, CaO low, Al ₂ O ₃ high																					
pm-23	VL (Δ)	M-S (len)	Si-S (col)	Vert	GD	X	65.8	19.4	1.6	nd	nd	2.4	7.1	0.12	0.50	0.89	0.57	<0.1	1.1	0.56	100.2
							1.3	1.0	0.2			0.5	1.1	0.02	0.09	0.07	0.08		0.1	0.07	
Number 10 remain, Na ₂ O-SiO ₂ group, CaO high, Al ₂ O ₃ middle																					
pm-29	Au-foil (○)	M-B (len)	Fe-S	Vert	S-W	●	64.7	19.8	0.55	nd	nd	9.4	2.2	0.37	0.51	1.5	0.10	<0.1	0.61	<0.1	99.9
							0.5	0.1	0.04			0.2	0.1	0.05	0.05	0.1	0.07		0.06		
pm-30	Au-foil (○)	M-B (len)	Fe-S	Vert	S-W	●	64.5	19.9	0.58	nd	nd	9.6	2.3	0.41	0.52	1.5	0.09	<0.1	0.68	<0.1	99.9
							0.6	0.2	0.05			0.3	0.1	0.09	0.05	0.1	0.06		0.07		
pm-31	Au-foil (○)	M-B (len)	ND	Vert	S-W	●	62.4	19.8	0.66	nd	nd	10.7	2.5	0.59	0.53	1.6	0.16	0.43	0.80	<0.1	100.1
							0.7	0.5	0.04			1.1	0.2	0.12	0.08	0.1	0.07	0.28	0.09		
pm-32	Au-foil (○)	M-B (len)	ND	Vert	S-W	X	64.0	21.0	0.61	nd	nd	9.0	2.4	0.39	0.52	1.6	0.08	<0.1	0.73	<0.1	100.3
							1.0	0.5	0.06			0.3	0.1	0.20	0.09	0.1	0.12		0.10		
Average							63.9	20.1	0.60	nd	nd	9.7	2.4	0.44	0.52	1.5	0.11	0.14	0.71	<0.1	100.1

^a Abbreviations

Color : Co: Co blue, Lt-Co: Light Co blue, YL-GN: Yellow-Green, Lt-YL: Light Yellow, VL: Violet, Au-foil: Gold Foil Bead

Transparency : ○: Transparent, Δ: Translucent, X:Opaque

Air bubble : L-S: Little Seed, M-S: Much Seed, M-B: Much Blister, ND: No Detection

Direction : len: length

Defect : Fe-S: Iron Stone, Si-S: Silica Stone, un-S: unknown Stone, ND: No Detection

Heterogeneity : col: color

Analytical side : Long: Longitudinal section, Vert: Vertical section, ?: unknown

Surface state : S-W: Small Weathering, GD: Good Surface

Crack state : ●: Serious crack, ▲: Some crack, X: No crack

^b A cross-section of the sherd, mounted in epoxy resin, was polished for SEM-EDS Measurement.

The average of 5 different measurements is reported for each sample. The size of each measured area was 50 x 50 (μm)².

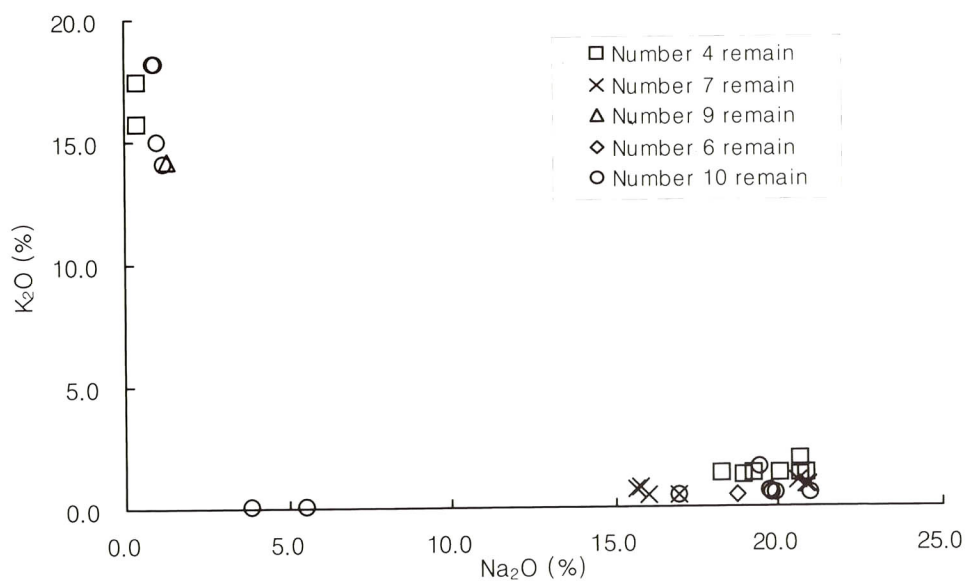


Fig 1. The correlation of Na₂O and K₂O composition at the ancient glass in Bogam-ri, Naju, Jeollanam-do

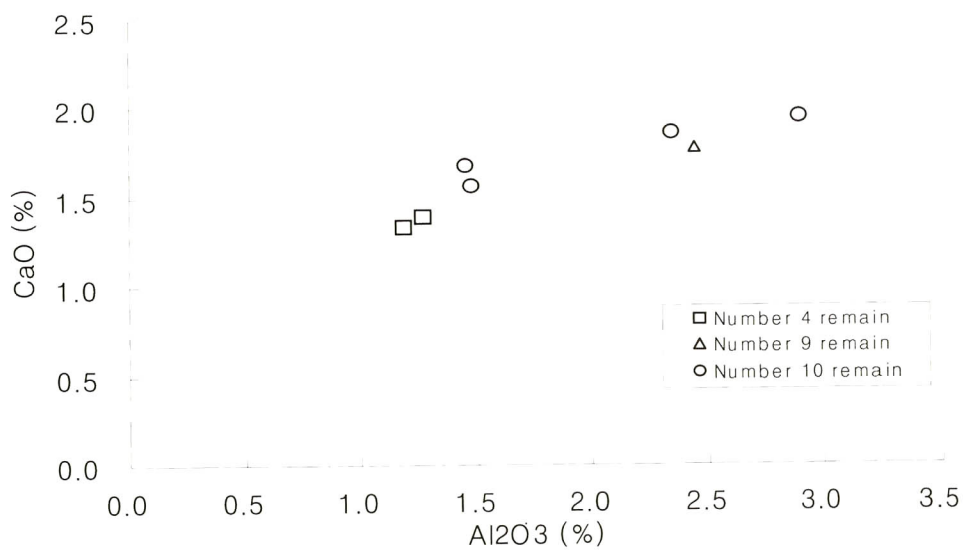


Fig 2. The correlation of Al₂O₃ and CaO composition at K₂O-SiO₂ glass in Bogam-ri, Naju, Jeollanam-do

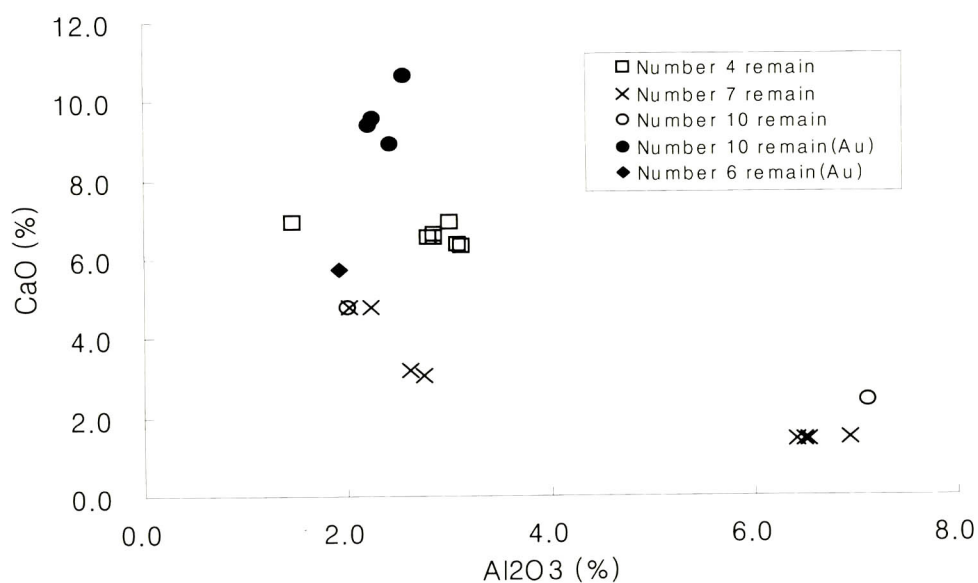


Fig 3. The correlation of Al₂O₃ and CaO composition at Na₂O-SiO₂ glass in Bogam-ri, Naju, Jeollanam-do

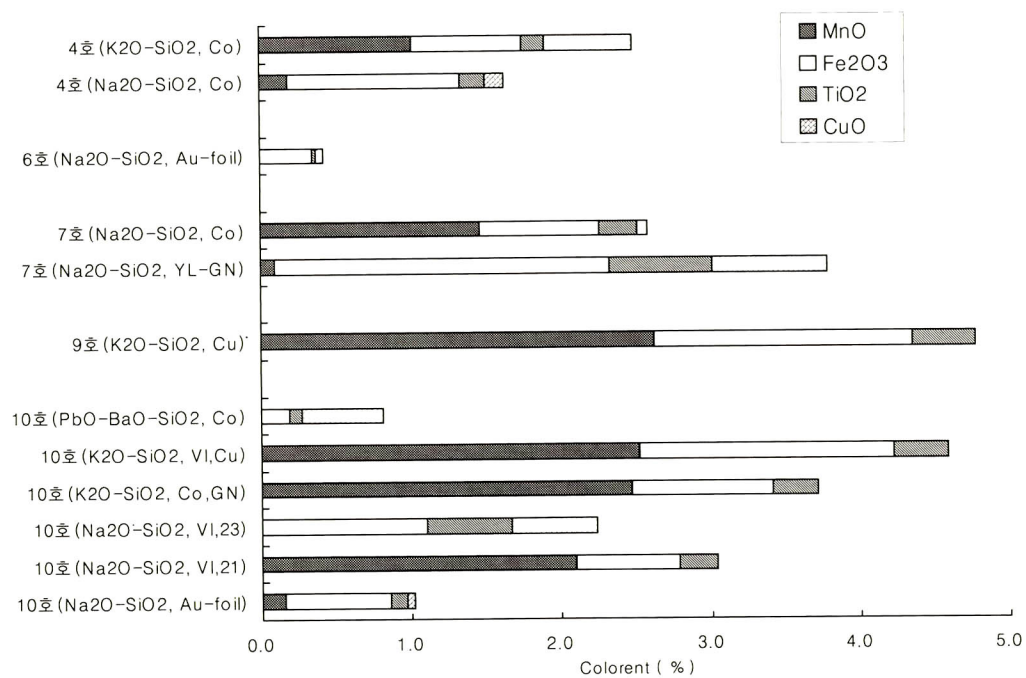


Fig 4. The distribution of colorent composition in ancient glass in Bogam-ri, Naju, Jeollanam-do

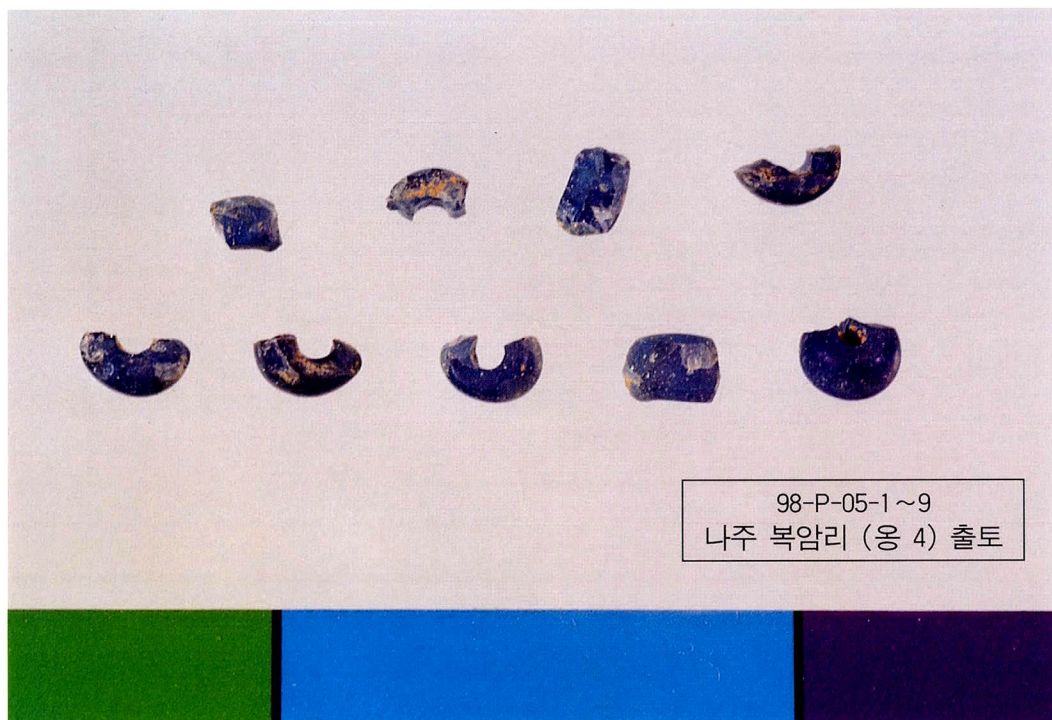


Photo 1. The glass samples at the number 4 remain in Bogam-ri, Naju.

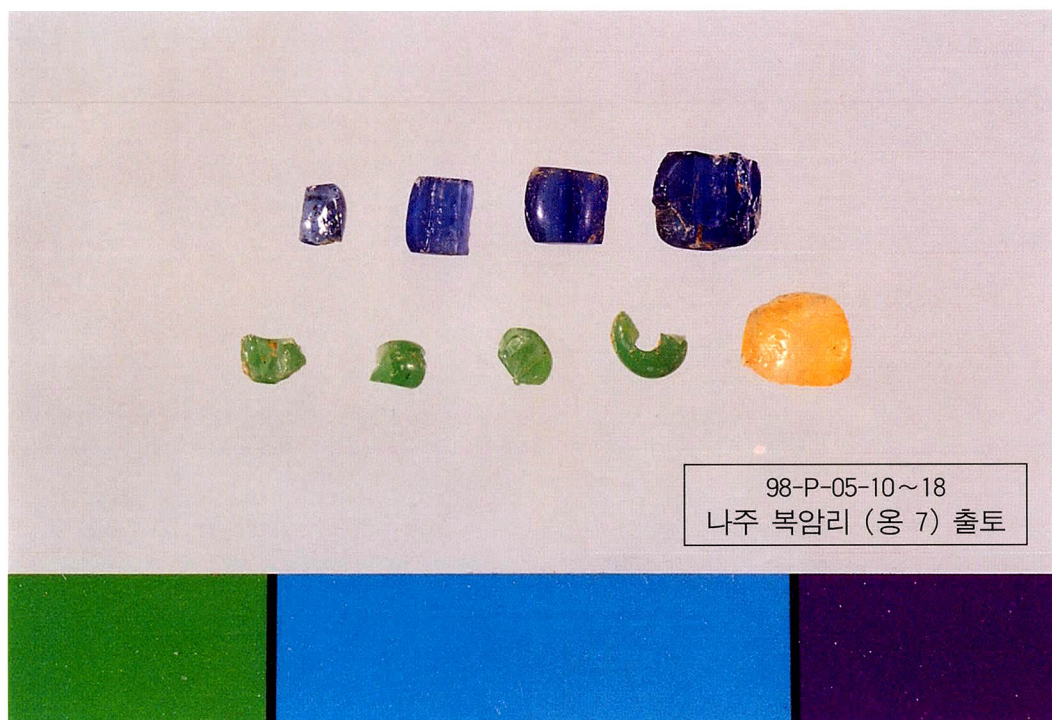


Photo 2. The glass samples at the number 7 remain in Bogam-ri, Naju.



Photo 3. The glass samples at the number 9 remain in Bogam-ri, Naju.



Photo 4. The glass samples at the number 6 remain in Bogam-ri, Naju.

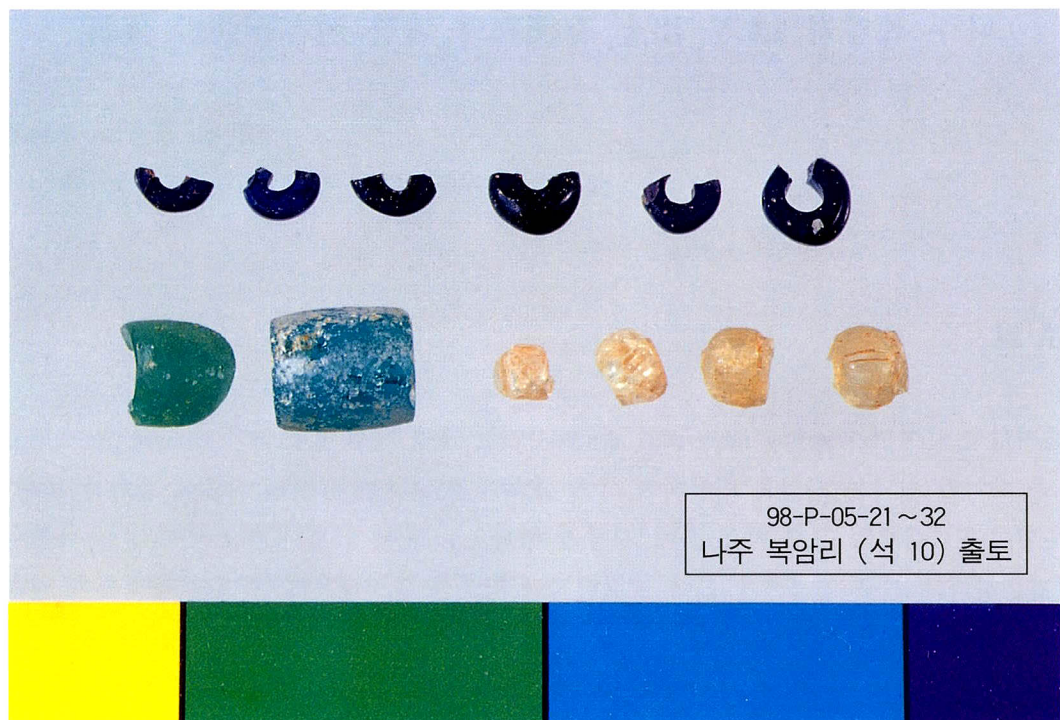


Photo 5. The glass samples at the number 10 remain in Bogam-ri, Naju.

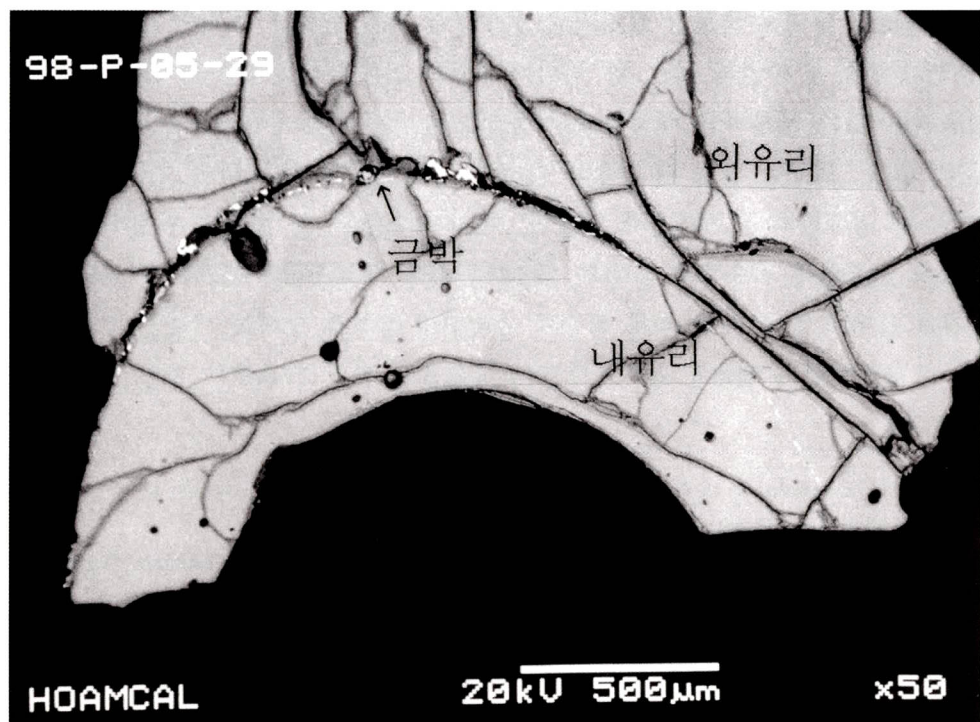


Photo 6. The cross section of gold foil glass sample(number 29) at the number 10 remain in Bogam-ri, Naju.

나주 복암리 3호분 出土 有機物에 대한 殘存脂肪酸 分析

俞惠仙, 安秉燦, 中野益男*

國立中央博物館 保存科學室, 國立帶廣畜産大學(日本)*

1. 序 論

잔존지방산 분석법(Residual fatty acid analysis)이란 種에 따라 動植物의 脂肪酸 및 스테롤 組成에 큰 차이가 있다는 사실을 이용하여 考古 遺蹟에 殘留하는 有機物 시료의 종류를 밝혀내는 분석방법이다. 실제로 고고 자료 중에 지방이 微量으로 남아 있으며 비교적 安定한 狀態로 장기간 잔존한다는 연구 결과¹⁾²⁾가 있어 고고학적인 정보를 알아내는데 지방산 분석법이 널리 이용³⁾될 수 있음을 뒷받침해주고 있다.

잔존지방산 분석에 대한 연구는 유럽 지역의 경우 이미 40-50년대에 특히 영국과 독일에서 진행되었으며⁴⁾⁵⁾, 일본의 경우는 80년대 초반부터 진행되어 왔다. 우리나라의 경우에는 발굴 현장 등에서 유기 잔존물이 多數 발견되어 왔으나 이에 대한 분석연구가 전무한 상태였다. 그러나 90년대 후반부터 고고 유적에서 출토되는 유기물에 대한 관심이 높아지고 실제로 유기물에 대한 분석이 수행되어 고고학적인 情報를 밝혀내고 있다⁶⁾. 즉, 고고 유적에서 출토된 燈臺내 잔류물에 대해 분석하여 그 당시 등잔에 사용했던 기름의 종류를 밝혀서 燈火풍습을 추정해 본다든지 또는 祭祀遺蹟 등에서 출토된 토기내의 잔류물에 대한 분석을 통하여 그 당시의 飲食文化는 물론 祭祀風俗 등을 추정해 보는 일 등이다. 또한 잔존지방산 분석은 고고 유적에 출토된 자료를 이용하는 것은 물론이고 실생활에 사용되었던 生活用具 등에 대해서도 적용이 가능하다. 즉, 古代 傳統工藝品을 만들 때 사용된 재료에 대한 분석을 실시하여 종류 및 특성을 파악하고, 실제로 옛 공예품의 보존처리에 적용이 가능하게 된다. 그 한가지 예로서 고려시대부터 널리 제작되어 실생활에 이용도가 높았던 螺鈿漆器函을 제작할 때 白骨의 뒤틀림을 방지하기 위하여 나전을 붙이기 전에 백골 바로 위층에 가죽이나 하지를 덧대는 기법이 전통적으로 행해져 왔는데, 이 補强材料의 種類를 분석함으로써 생활용구 등을 제작하는 전통적인 방법에 대한

1) S. Charters, R. P. Evershed, L. J. Goad, C. Heron and P. B Linkhorn, 「Identification of an adhesive used to repair a ROMAN jar」, 『Archaeometry』 35, 1 (1993)

2) S. Charters, R. P. Evershed, L. J. Goad, A. Leyden, P. B Linkhorn and V. Denham, 「Quantification and distribution of lipid in archaeological ceramics: implications for sampling potsherds for organic residue analysis and the classification of vessel use」, 『Archaeometry』 35, 2 (1993)

3) 中野益男, 「殘存脂肪による古代復元」, 『古代資料研究の方法』, 角川書店 (1993)

4) 주1)과 같음.

5) 주2)와 같음.

6) 이상수, 안병찬, 유혜선 「능산리출토 등잔의 기름분석」 考古學誌 9, pp.159-180, 韓國考古美術研究所 (1998)

정보를 알아낼 수 있게 되는 것이다. 이 분석결과를 바탕으로 제작당시에 사용된 것과 同一한 종류의 재료로 보존처리가 수행될 수 있다. 이와 같이 잔존지방산분석은 완벽한 보존처리를 수행하는데도 적지 않은 정보를 주게 되므로 과학적인 조사 및 분석과정이 보존처리에 있어서 先行되어야함을 보여주고 있다.

본고는 국립문화재연구소에서 學術發掘調査한 遺蹟인 전라남도 나주시 복암리 고분(제3호분) 내 제4호 甕棺의 外部 副葬物인 개배(蓋杯) 내부에서 출토된 용도 미상의 유기물에 대하여 지방산 분석을 실시한 결과이다. 蓋杯속에 담겨있는 유기물의 종류를 알아내기 위하여 지방산 및 스테롤분석을 수행하였다. 먼저 동·식물의 판별을 위해서 스테롤(콜레스테롤, 시토스테롤 등)을 분석하고, 지방산은 GC 분석으로 각 피크의 함량을 계산한 다음 데이터 값과 참조 시료의 데이터를 통계적으로 비교하는 군 분석(Cluster analysis)으로 시료간의 類似性 및 分布圖를 나타내었다. 또한 시료 중에서 뼈로 추정되는 물질에 대해서는 주사전자현미경-에너지분산형분광기(SEM-EDS)분석도 함께 실시하였다.

II. 分 析

1. 시료

기원 후 5~6세기초 馬韓時代 首長級 무덤으로 추정되는 전라남도 나주시 다시면 복암리 古墳群(사적 제404호) 3호분내 제4호 옹관의 외부 부장물 중 蓋杯내에서 출토된 유기물시료 6점에 대한 지방산 분석을 실시하였다. 뼈로 추정되는 물질을 포함하고 있는 시료 3, 5번에 대해서는 SEM-EDS 분석도 병행하여 실시하였다.

Table 1. 나주 복암리 고분(제3호분) 출토 유기물 시료

일련번호	시료 채취 위치	시료량(g)	비 고
1	4호 옹관④-1 유물내부	5.0149	회색가루 뼈로 추정되는 물질 포함 뼈로 추정되는 물질 포함
2	4호 옹관⑤-1 유물내부	0.3032	
3	4호 옹관⑥번 유물내부(상부)	1.6149	
4	4호 옹관⑥번 유물내부(하부)	0.6919	
5	4호 옹관⑨-1번 유물내부(상부)	0.8685	
6	4호 옹관⑨-1번 유물내부(하부)	0.4407	

2. 분석방법

2.1. SEM-EDS에 의한 성분분석

복암리 출토 유기물 중에서 뼈로 추정되는 물질을 포함하고 있는 시료 3, 5번의 성분조성을 알아내기 위하여 SEM-EDS 분석을 실시하였으며 분석조건은 표 2와 같다.

Table 2. SEM-EDS 분석조건

	SEM	EDS
분석기기	HITACHI S-3500N, made in Japan	Kevex Super Dry, made in USA
분석조건	Acceleration voltage: 20.0 kV Emission current: 75.0 μ A Working distance: 15.0 mm	Quant. method: XPP/ASAP Acquire time: 150 secs Normalization factor: 100.0

2.2 전지질 추출 및 메틸에스테르화 지방산 제조

전지질이란 시료에 포함되어 있는 모든 지질을 말한다.

- ① 채취한 시료에 클로로포름(CHCl_3)과 메탄올(CH_3OH) 혼합용액[C-M(2:1)]을 넣고, 초음파를 이용하여 지질을 추출하였다.
- ② 농축 용액에 1% 염화바륨(BaCl_2)을 넣어 클로로포름과 수용액 층으로 분리시킨 다음 전지질이 함유된 클로로포름층만 취하여 증발 농축시켜 전지질을 추출하였다.
- ③ 전지질에 5% 염산(HCl)-메탄올(CH_3OH)을 첨가하여 125°C 에서 3시간 반응시켜 메틸에스테르화 시켰다. (지방산의 말단기능기인 $-\text{COOH}$ 기를 $-\text{COOCH}_3$ 으로 치환시켜 GC 분석이 가능한 상태로 만들어주는 준비 작업이다.)
- ④ 실온으로 냉각한 다음 클로로포름(CHCl_3 :1)-증류수(H_2O :0.9)를 넣고 잘 혼합한 후 원심 분리하여 수용액 층은 제거하였다.
- ⑤ 클로로포름층을 증발 농축시켜 C-M(2:1)에 용해하여 메틸에스테르화 지방산을 얻었다.

2.3. 지방산/스테롤의 분리

얇은막크로마토그래프(Thin layer chromatography: TLC)분석

- ① 메틸에스테르화 지방산을 전개 용매인 헥산(C_6H_{14} :80)-에테르($\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5$:30)-아세트산(CH_3COOH :1) 혼합용액을 사용하여 얇은막크로마토그래피법을 통해 지방산과 스테롤로 분리했다.
- ② 精製된 지방산을 증발 농축시켜 가스크로마토그래프로 분석했다.

2.4. 스테롤의 아세틸화(Acethylation)

극성을 띠고 있는 스테롤의 마지막 고리를 아세트산으로 아세틸화하여 GC 분석하기 위한 준비 단계이다.

- ① 분리한 스테롤을 증발 농축시킨 후 피리딘($\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$:1)과 무수아세트산 [$(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}$:1]을 넣고 질소가스로 밀봉하여 1일간 冷暗所에 보관했다.
- ② 톨루엔($\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$)과 사염화탄소(CCl_4)를 첨가하여 증발 농축시켜서 피리딘과 무수아세트산을 완전히 증발시킨 후 GC로 분석했다.

2.5. 가스크로마토그래프(Gas chromatography: GC) 분석

- ① 표준시료 2건과 분석시료를 차례로 GC에 주입했다.
- ② 분석 피크의 시간을 log값으로 변환하여 표준 그래프를 작성하고 분석시료 피크의 시간 log값과 비교하여 시료의 지방산 종류를 검출하였다.
- ③ 각 피크의 크기는 지방산의 %농도를 나타내며, mol%농도의 백분율로 변환시켜 해석한 후 다른 자료와 비교하였다. 분석에는 Shimadzu(Japan)GC 14-A를 사용했으며 분석 조건은 Table 3에 나타내었다.

Table 3. GC분석에 사용한 조건

분석조건 시료	Column				Inject	Detect	Gas		FID	Chart
	종류	내경 (mm)	길이 (cm)	온도 (°C)	온도 (°C)	온도 (°C)	carrier (ml/min)	air/H ₂ (kg/cm ²)	sensi- tivity	speed (mm/min)
스테롤	capillary HR-52	0.25 μ m	25m	270	300	300	30	0.5/0.5	10 ²	5
지방산	glass(10% -DEGS)	2.6	200	185	235	235	30	0.5/0.5	10 ²	5

III. 結果 및 考察

1. SEM-EDS에 의한 성분분석

복암리 출토 유기물 중에서 뼈로 추정되는 물질을 포함하고 있는 시료 3, 5번의 성분조성을 알아내기 위하여 SEM-EDS 분석을 실시해 본 결과를 Fig. 1에 나타내었다. 점토성분인 Si와 Al이 포함되어 있으나 뼈의 주성분인 Ca과 P이 다량 검출된 것으로 보아 나주 복암리 출토 蓋杯 내의 미지물질에 동물 뼈가 포함되어 있음을 확인할 수 있었다.

2. 스테롤 분석

스테롤 분석으로부터 동 식물 종의 구별이 가능하게 되며 동물의 특성 스테롤인 콜레스테롤(cholesterol)과 식물의 특성 스테롤인 시토스테롤(sitosterol)의 비를 계산하여 시료의 동·식물성을 판단하게 된다⁷⁾. 본 실험의 스테롤 분석 결과를 Table 4에 나타내었다. 모든 시료에서 콜레스테롤의 함량이 시토스테롤에 비하여 높았으며, 미생물의 특성 스테롤인 에르고스테롤

7) 콜레스테롤과 시토스테롤의 비율이 chole / sito \geq 0.6 인 경우 동물성 기름의 존재 가능성을 나타 낸다.

(ergosterol)의 함량이 높은 것으로 보아 미생물에 의한 분해가 많이 진행되었음을 알 수 있었다. 시료 양이 적은 6번에서는 스테롤이 거의 검출되지 않아 분석결과로부터 제외시켰다.

Table 4. 나주 복암리 출토 蓋杯내 잔존물의 스테롤 분석 결과 (함량 %)

sample(%) Sterol	1	2	3	4	5
cholestan 3-one	4.53	-	3.87	-	2.78
epicoprostanol	6.42	7.11	2.90	-	7.29
cholesterol	36.68	30.01	32.44	44.78	16.74
ergosterol	20.01	47.68	33.67	14.92	14.74
campesterol	-	-	-	-	-
stigmasterol	10.70	-	7.59	13.02	4.99
sitosterol	-	-	-	-	7.74
others	21.65	15.20	19.52	27.29	45.73
cholestan 3-one + others	26.18	15.20	23.39	27.29	48.51
chole / sito	∞	∞	∞	∞	2.16

3. 지방산 분석

나주 복암리 출토 유기물 시료에 대한 GC 분석 데이터의 함량분포도를 Fig. 2~6에 나타내었다. 또 실험데이터와 표준데이터를 컴퓨터에 입력하여 Cluster 분석을 수행하였으며 시료들간의 유사도를 계산하여 dendrogram(Fig. 7)으로 나타내었다. 지방산 조성에 의한 특이성 상관도(Fig. 8)에 의하면 시료 No. 1~3은 魚油와 動物油가 혼합된 패턴이며, 魚油는 멸치종류의 작은 생선으로 보여지는 반면 시료 No. 4~5는 고급 불포화지방산⁸⁾이 많이 함유되어 있으며 가자미종류의 魚油로 추측된다. 그러나 실제로 일본의 어종과 우리나라 남해의 어종과는 차이가 있을 것이므로, 우리나라 어종에 대한 조사·분석 과정이 함께 병행되어야 보다 정확한 정보를 얻을 수 있다고 생각된다.

8) * 불포화지방산-지방산의 긴 탄소사슬 중간에 이중결합을 포함하고 있는 지방산.

예) $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_m\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_n\text{COOH}$

* 고급불포화지방산-탄소수20개 이상이 연결되어있는 불포화지방산.

IV. 結 論

스테롤분석 결과 나주 복암리 출토 유기물 시료에서 동물성인 콜레스테롤이 검출되었으며 특히 뼈로 추정되는 물질을 포함하고 있는 시료 No. 3과 5에 대한 SEM-EDS 분석 결과로 동물 뼈임을 확인할 수 있었다. 지방산조성 분석결과 시료 No. 1~3의 魚油는 멸치와 유사한 종류, 시료 No. 4~5는 가자미종류의 魚油로 보인다. 즉, 나주 복암리 유적에서 출토된 개배 내에는 적어도 2종류 이상의 생선이 담겨져 매장되었다는 것을 알 수 있다.

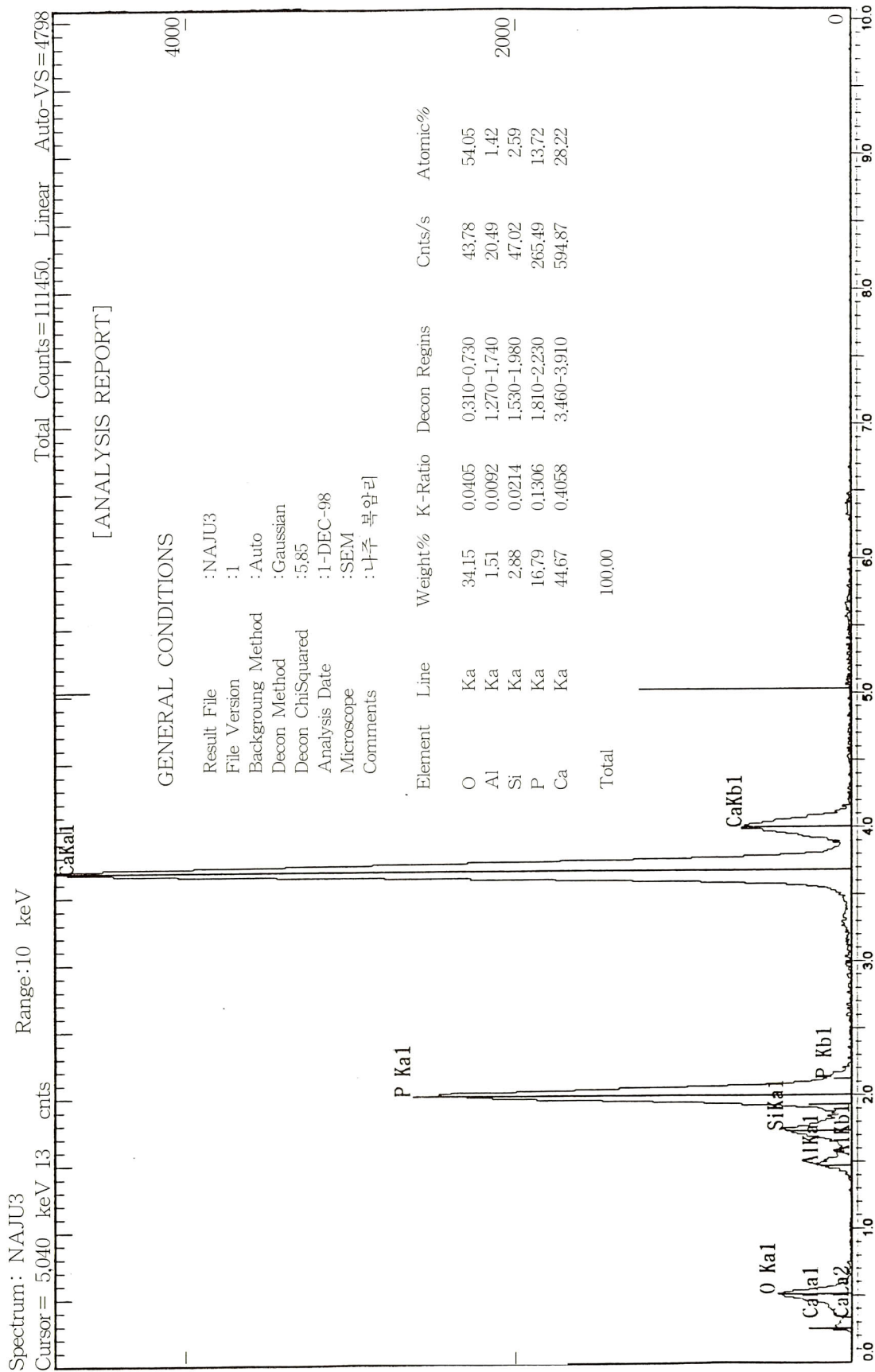


Fig. 1. 나주 복암리 고분 출토 유기물 시료 No.3의 SEM-EDS 분석결과

지방산 조성(No.1)

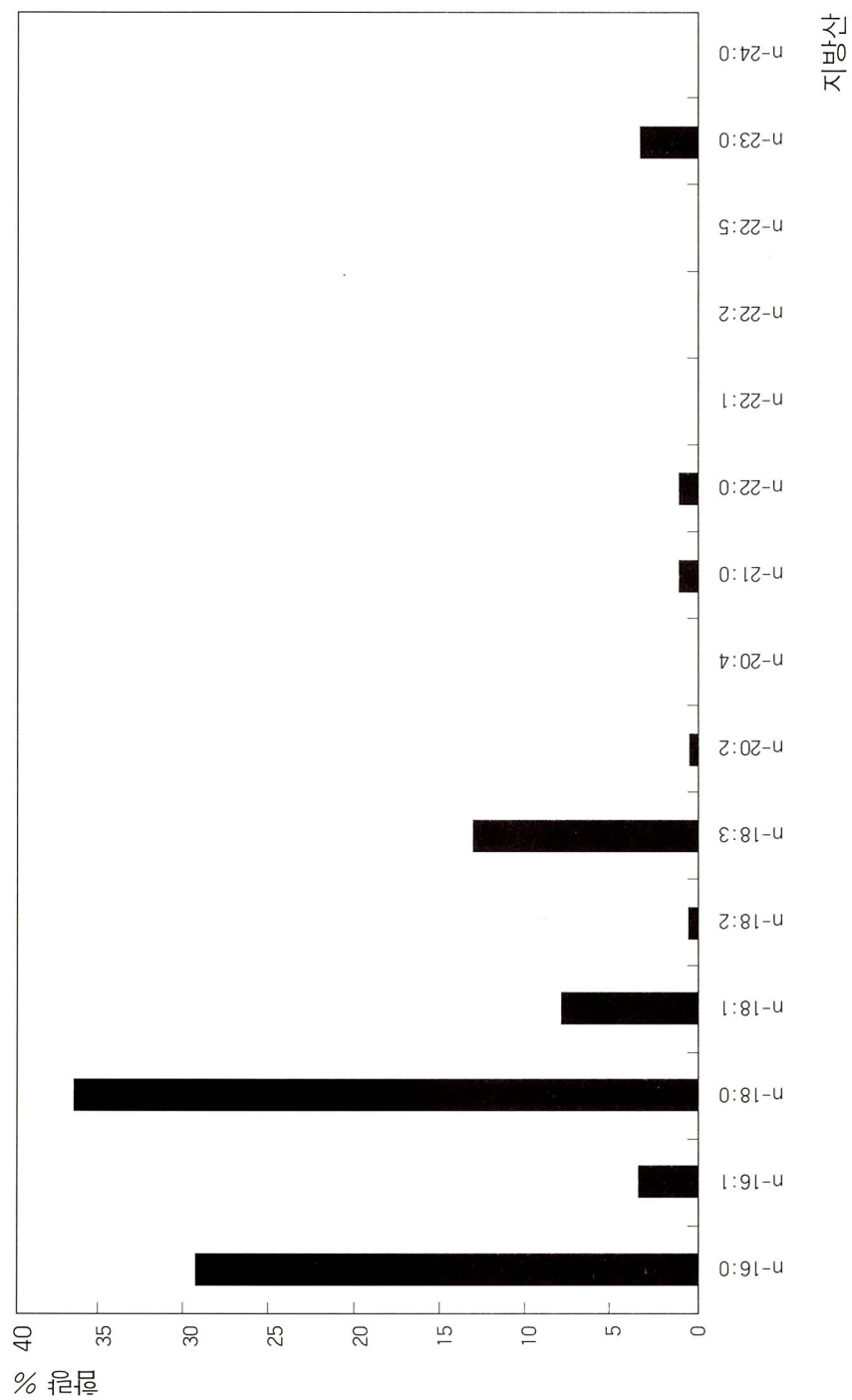


Fig. 2. 나주 북암리 고분 출토 유기물 시료 No.1의 지방산 함량 분포도

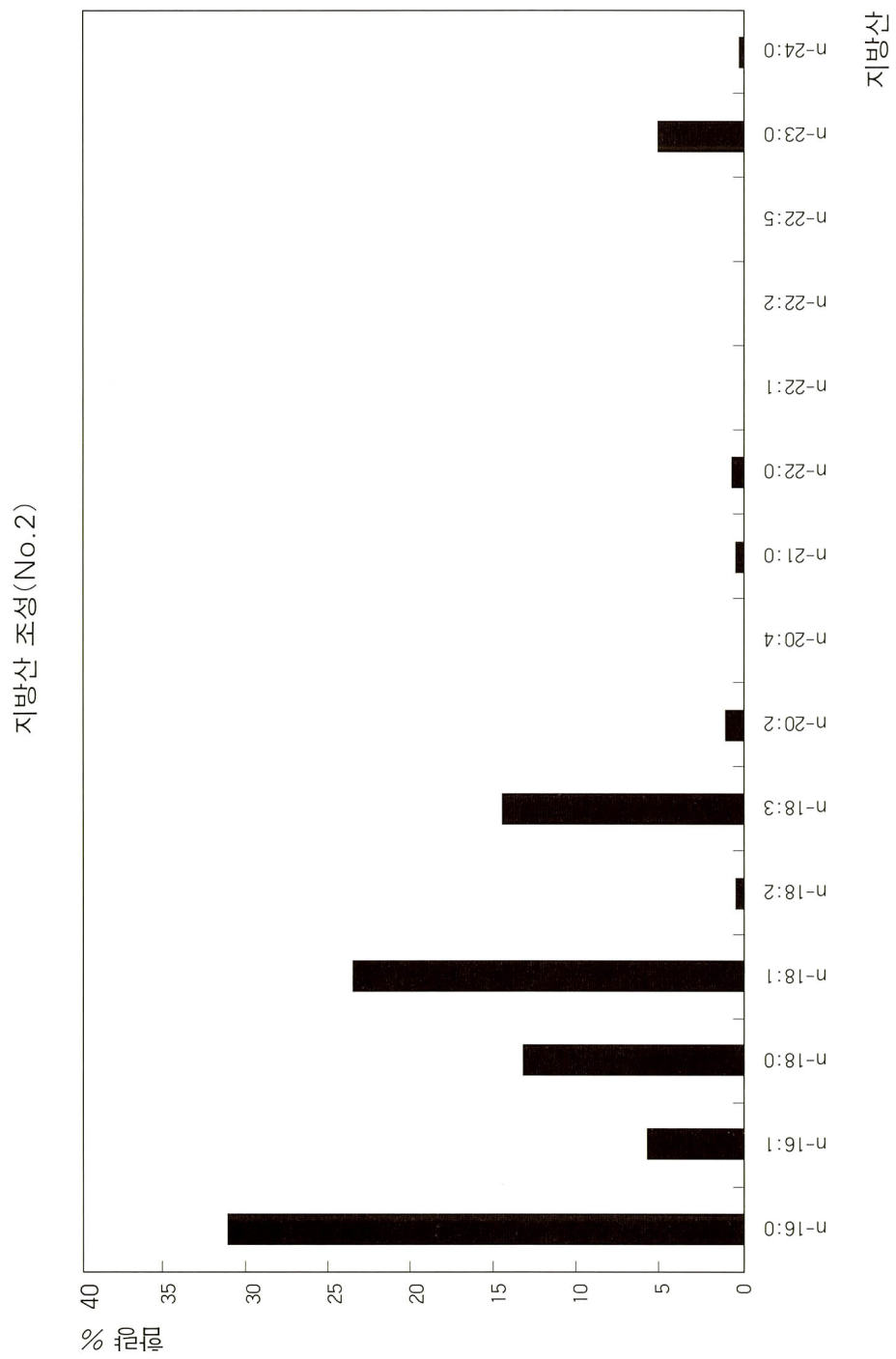


Fig. 3. 나주 북암리 고분 출토 유기물 시료 No.2의 지방산 함량 분포도

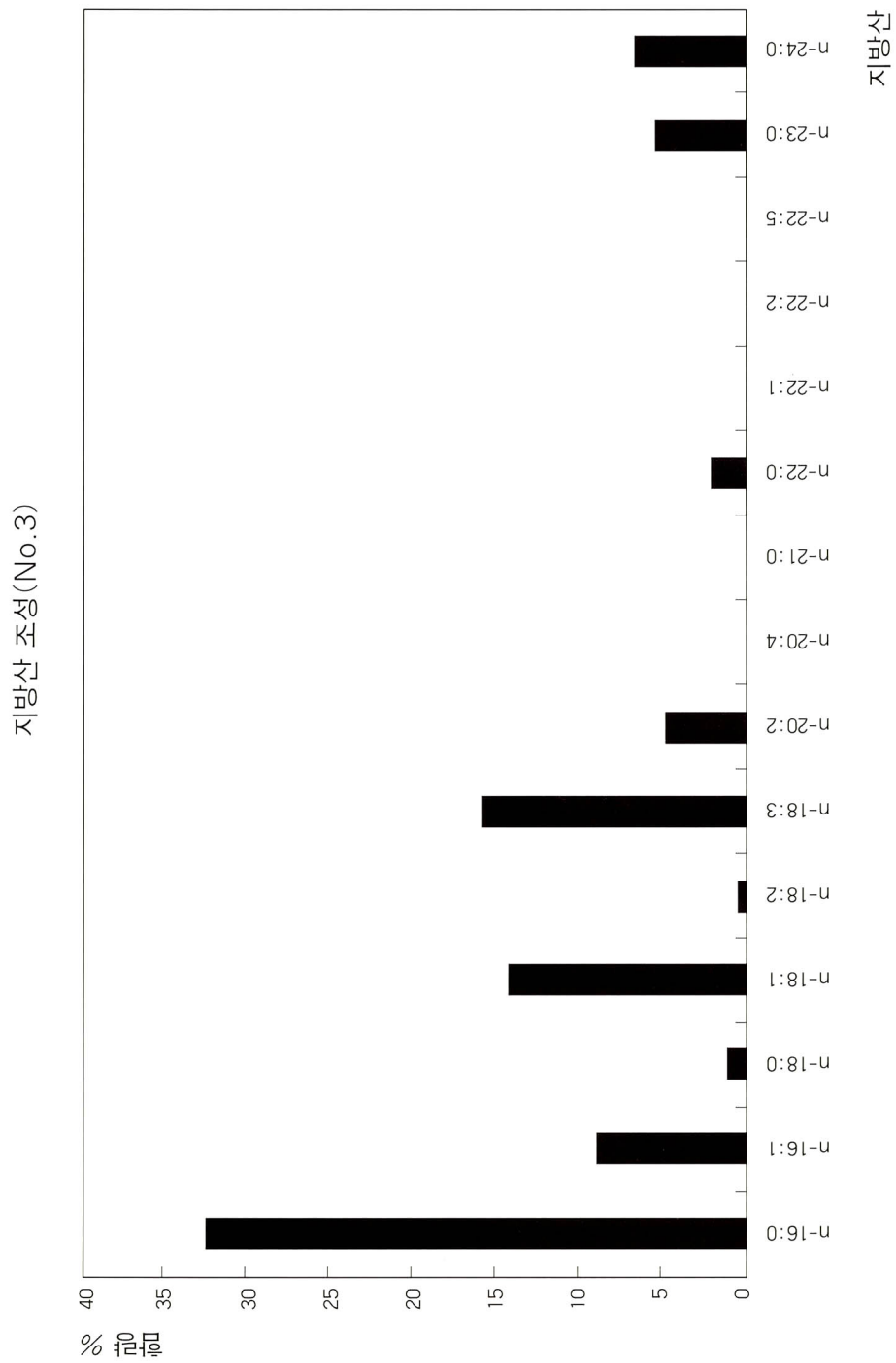


Fig. 4. 나주 북암리 고분 출토 유기물 시료 No.3의 지방산 함량 분포도

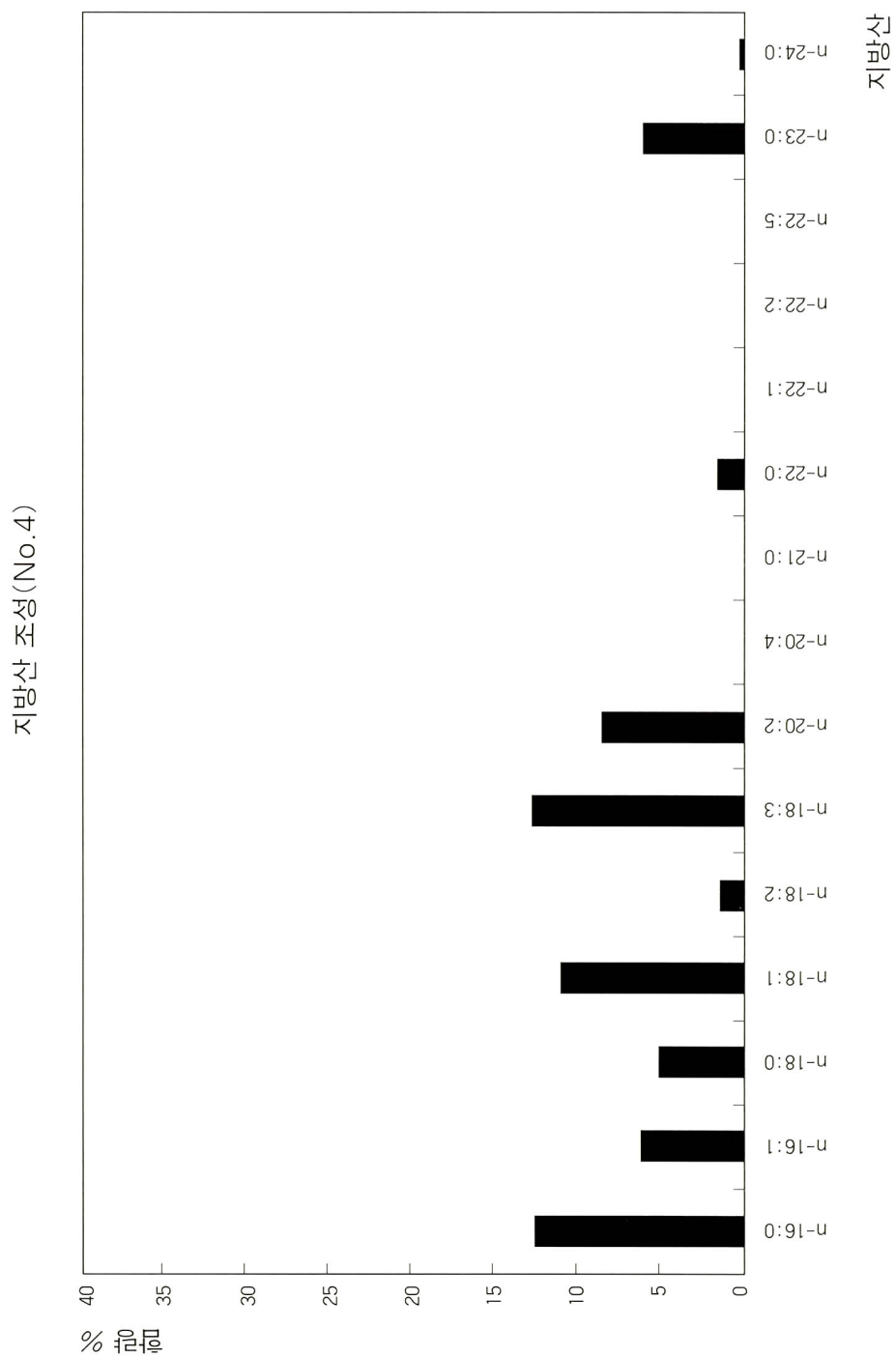


Fig. 5. 나주 복암리 고분 출토 유기물 시료 No.4의 지방산 함량 분포도

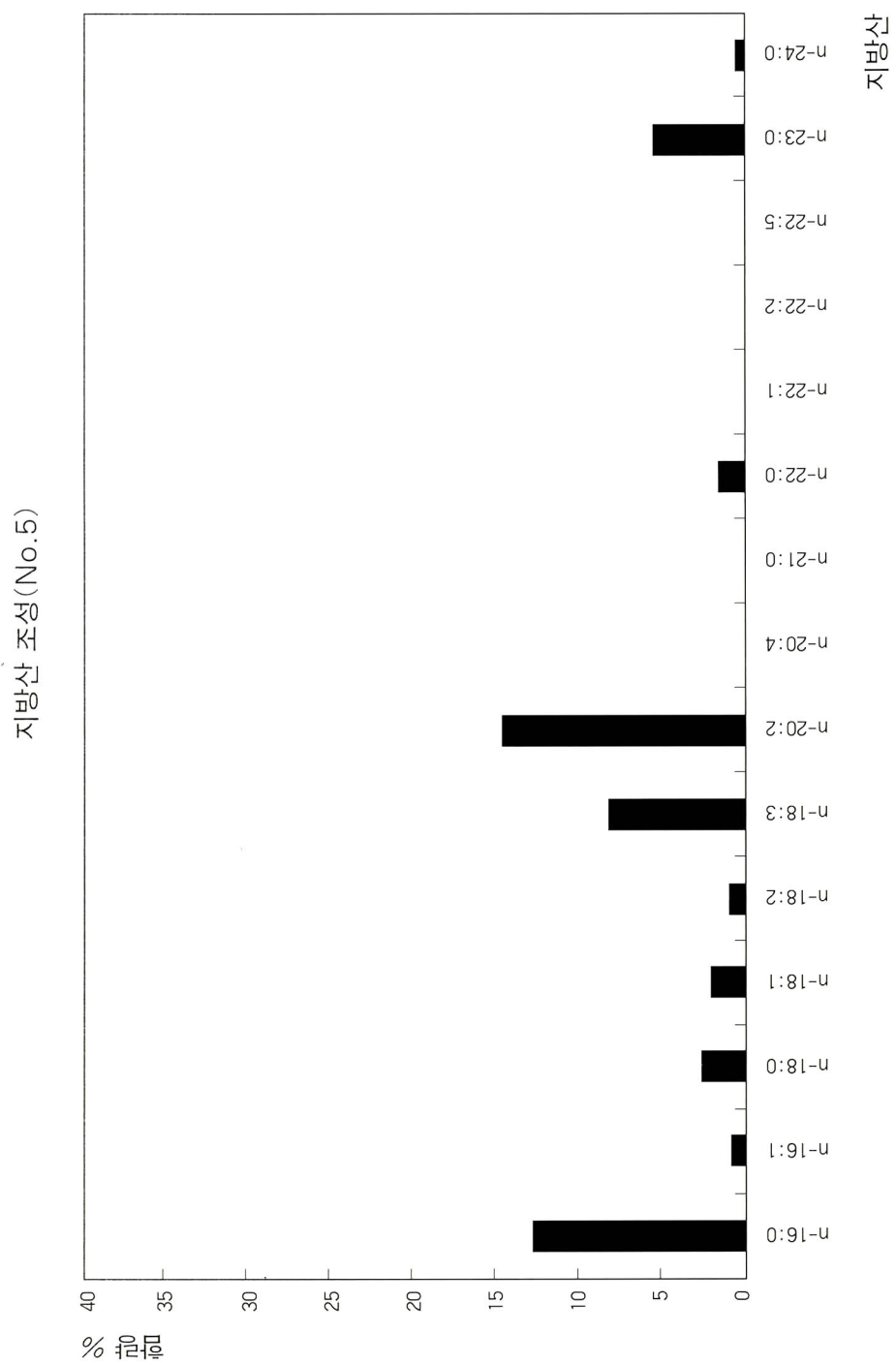


Fig. 6. 나주 복암리 고분 출토 유기물 시료 No.5의 지방산 함량 분포도

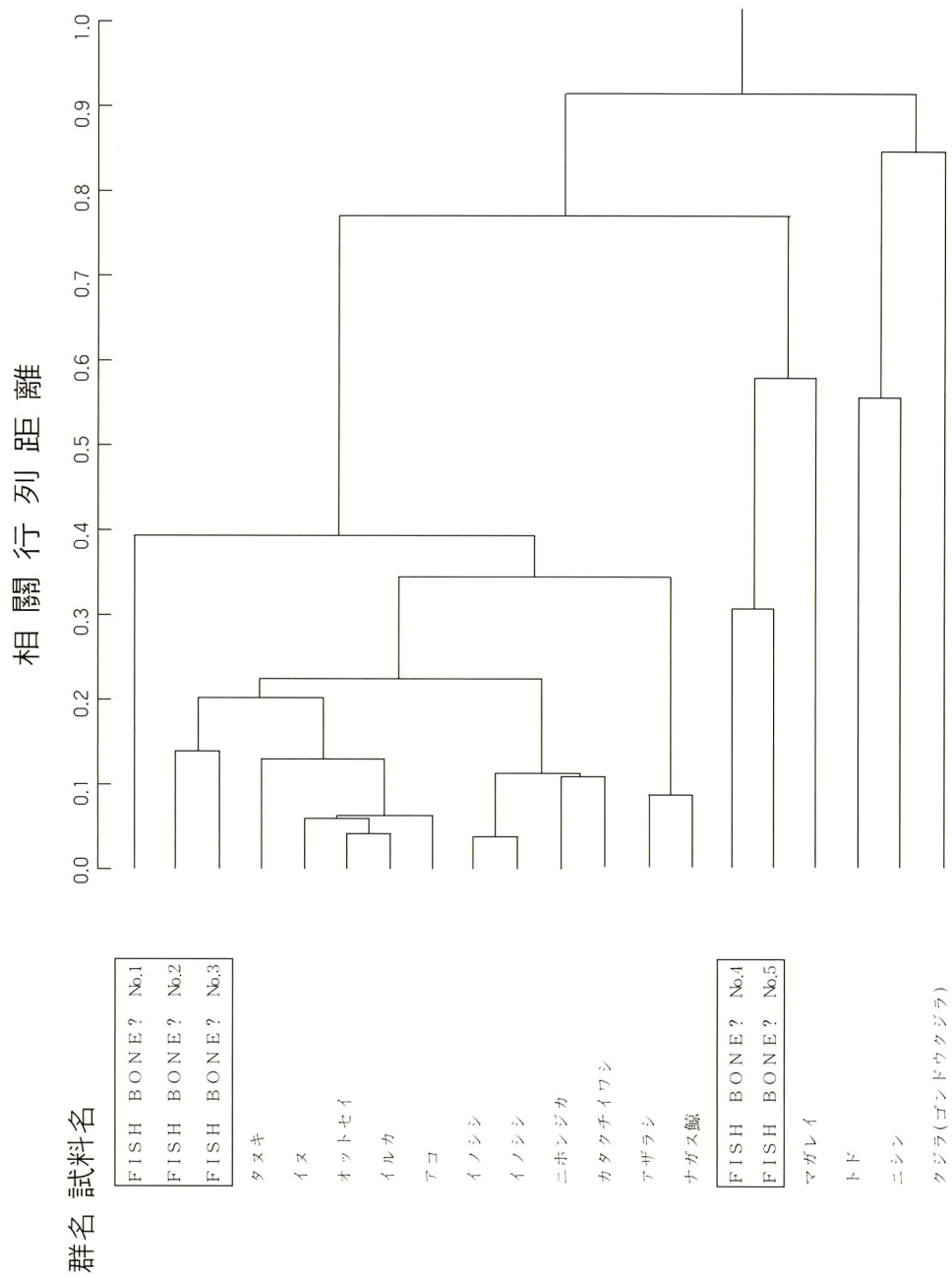


Fig. 7. 나주 복암리 고분 출토 유기물 시료 중에 잔존하는 지방산 조성 dendrogram

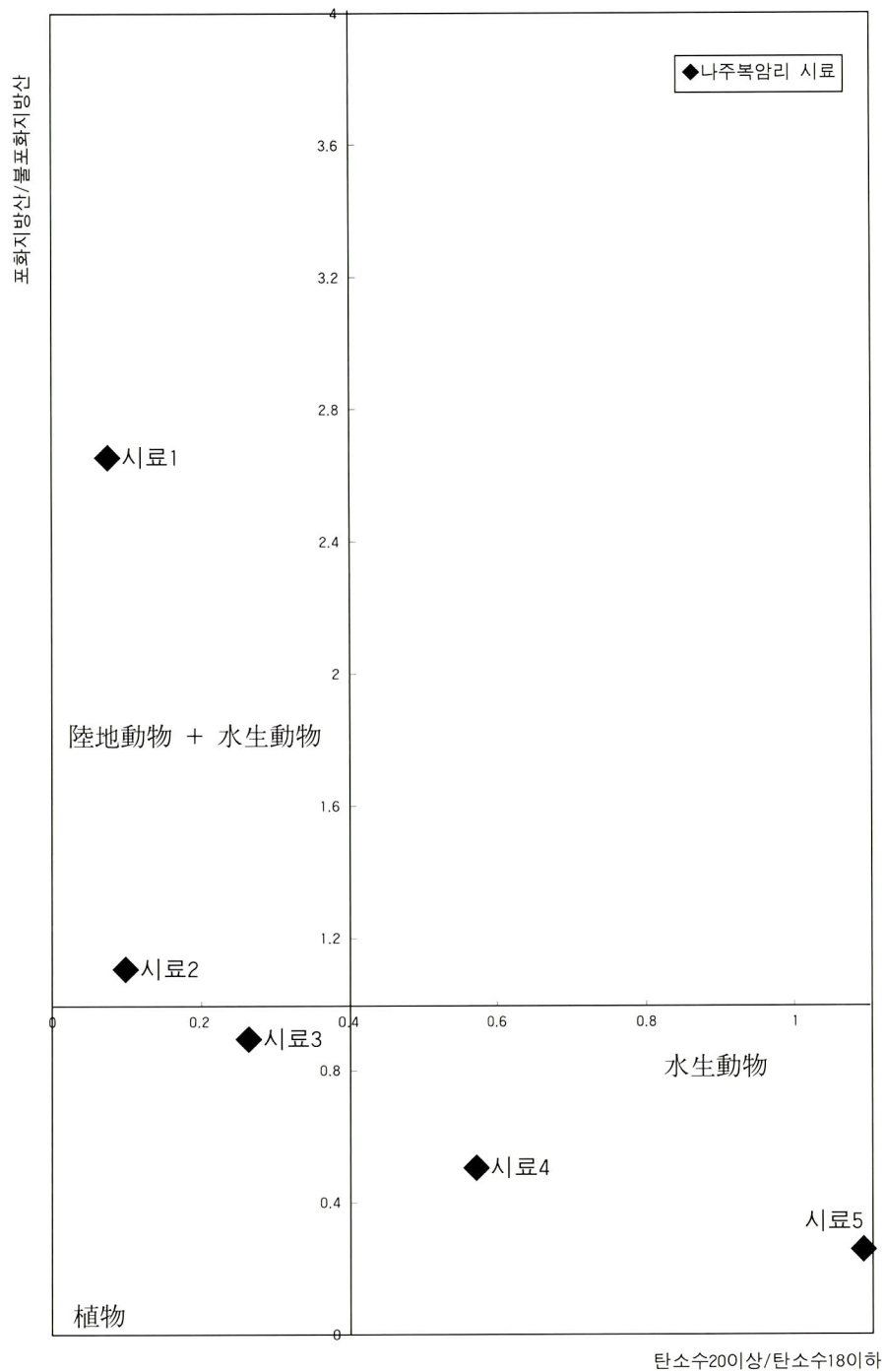


Fig. 8. 시료중에 잔존하는 지방의 지방산조성에 의한 종 특이성 상관도

나주 복암리 3호분 전기비저항 탐사 결과

Archaeological Prospection for The Third Tomb of Bogam-ri

Using Resistivity Method

오 현 덕 (Oh, Hyundok, 국립문화재연구소 유적조사연구실)

1. 머리말

최근 유적발굴기술과 현대과학의 접목이 시도되면서 정밀 지구물리탐사기술이 사용되고 있다.

지구물리탐사를 이용한 고고학적 응용에 대한 국내에서의 기술이 아직 미약한 관계로 본 탐사에서 많은 미비점과 아쉬움이 있었으나, 새로운 분야에 대한 개척을 국립문화재연구소에서 추진하고 있다는 점과 영산강유역에서 나주 복암리 유적이 차지하는 중요성이 함께 결합하면서 본 보고서는 상당히 의미 있을 것으로 기대된다.

이번 탐사에서는 이극법(pole-pole array)을 이용한 전기비저항(resistivity)탐사¹⁾를 실시하였다.

이극법 탐사는 전류전극 한 개와 전위전극 한 개를 탐사지역에서 무한대로 이동시키고 나머지 한 개의 전류전극과 전위전극 한 개를 가지고 측정하는 탐사법으로 감도는 Wenner 방법보다는 조금 떨어지나 이동이 편리하고, 측정 인원이 적게들며 비교적 좁은 지역에서 사용하기에 좋다. 특히 유적탐사에는 토층의 가단면도 보다는 유적의 평면적인 분포를 파악하는 게 중요하기 때문에 이극법을 이용하여 평면탐사를 하였다.

2. 탐사방법

나주시 다시벌을 형성하고 있는 지층은 신생대 제4기 충적층(향토지리연구소, 1997)으로 복암리 3호분도 이 층 위에 축조되어 있다.

3호분은 봉분의 크기가 30×40m이며, 장방형으로 봉분의 최대높이는 약 6m로서 토양은 붉은 점토이고, 발굴 전에는 소나무가 무성했었으며 탐사는 이 소나무들을 베어낸 후 실시되었다.

전극배열은 이극법을 사용하였으며 탐사장비는 ABEM 회사의 TERRAMETER SAS 300C를

1) 전기비저항탐사. 인공적으로 전류를 대지에 공급하여 전위분포를 일으켜서 대지에 공급된 전류의 크기와 이에 의해 발생한 전위의 크기를 측정함으로써 전기비저항치의 변화양상을 탐지하고 해석하여 지하 하부의 지질구조 및 상태를 간접적으로 파악하는 비파괴탐사이다. (응용지구물리학)

사용하였다.

측정 전류 값은 2mA에 4회 반복 측정하여 안정된 데이터값을 취하였다.

pole과 pole의 간격을 2m로 하여 깊이 2m지점을 중심 탐사깊이로 정하였으며 동서 방향으로 측선을 놓고 data는 1m마다 얻었다.

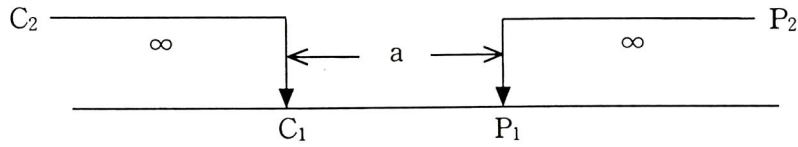


Figure 1. pole-pole array

무한대 위치에 있을 2개의 전류전극과 전위전극은 측선의 중앙을 중심으로 동서방향으로 각각 100m씩 이동시켰다.

겉보기 전기비저항(ρ_a , apparent electrical resistivity)²⁾값은,

$$\rho_a = \frac{2\pi\Delta V}{I} \frac{1}{\left\{ \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right\}}$$

로 부터, 거리계수를 단순화시킨

$$\rho_a = 2\pi a \frac{\Delta V}{I}$$

식을 사용할 수 있다.

탐사구역은 봉분의 정상부에서 비교적 평평한 곳으로 정하였으며, 탐사지역 크기는 20×28m(남북장축)이다(Figure 2).

2) 균질 등방성 대지에서는, 전기비저항 값은 어떠한 전류의 값과 어떠한 전극배열 방법의 경우에도 일정할 것이나, 대지가 불균질 할 경우에는 전극 간격 또는 전체 배열이 이동되는 때에 저항 값이 변화하여 전기비저항 값도 달라지게 된다. 이렇게 측정된 전기비저항 값을 겉보기 전기비저항이라 부른다.(응용지구물리학)

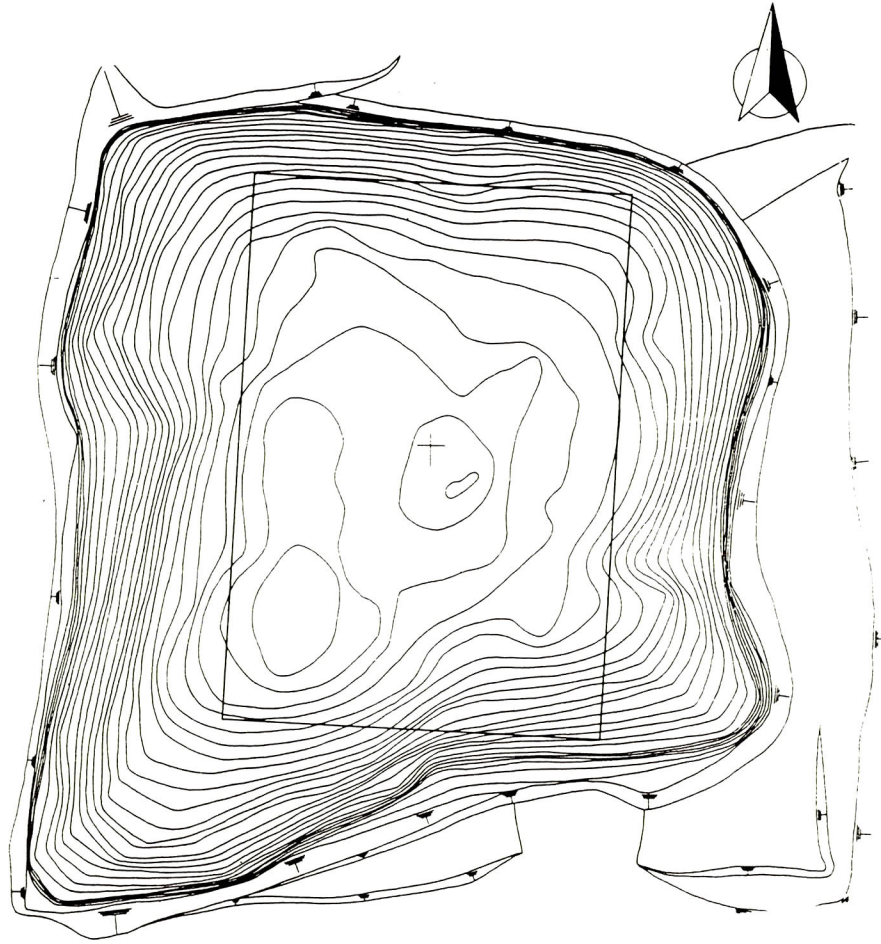


Figure 2. Survey area (20×28m)

3. 탐사결과 및 맺음말

이번 탐사결과, 봉분의 남쪽부분과 북쪽부분을 경계로 겉보기 전기비저항 값이 차이가 나고 있음을 볼 수 있다(Figure 3).

따뜻한 색은 전기비저항이 높은 값을 나타내고 차가운 색은 낮은 값을 나타낸다.

남쪽이 전반적으로 낮은 전기비저항 값을 나타내고 고른 양상을 보이고 있는 반면, 북쪽은 전기비저항 값이 상대적으로 높고 불규칙함을 볼 수 있다.

남쪽에서 '96석실묘와 제6·12호 횡혈식석실묘의 전기비저항 반응은 쉽게 구별할 수 있었으나 북쪽에서는 석실의 반응과 noise가 섞여 구별이 쉽지 않음을 볼 수 있다.

남에서 북으로 15m지점에 나타난 강한 전기비저항 값은 제4·15호 수혈식석곽묘와 제12호 옹관에 의한 것으로 발굴결과 확인되었다.

제1·2호 석실묘의 반응도 역시 찾아 볼 수 있다.

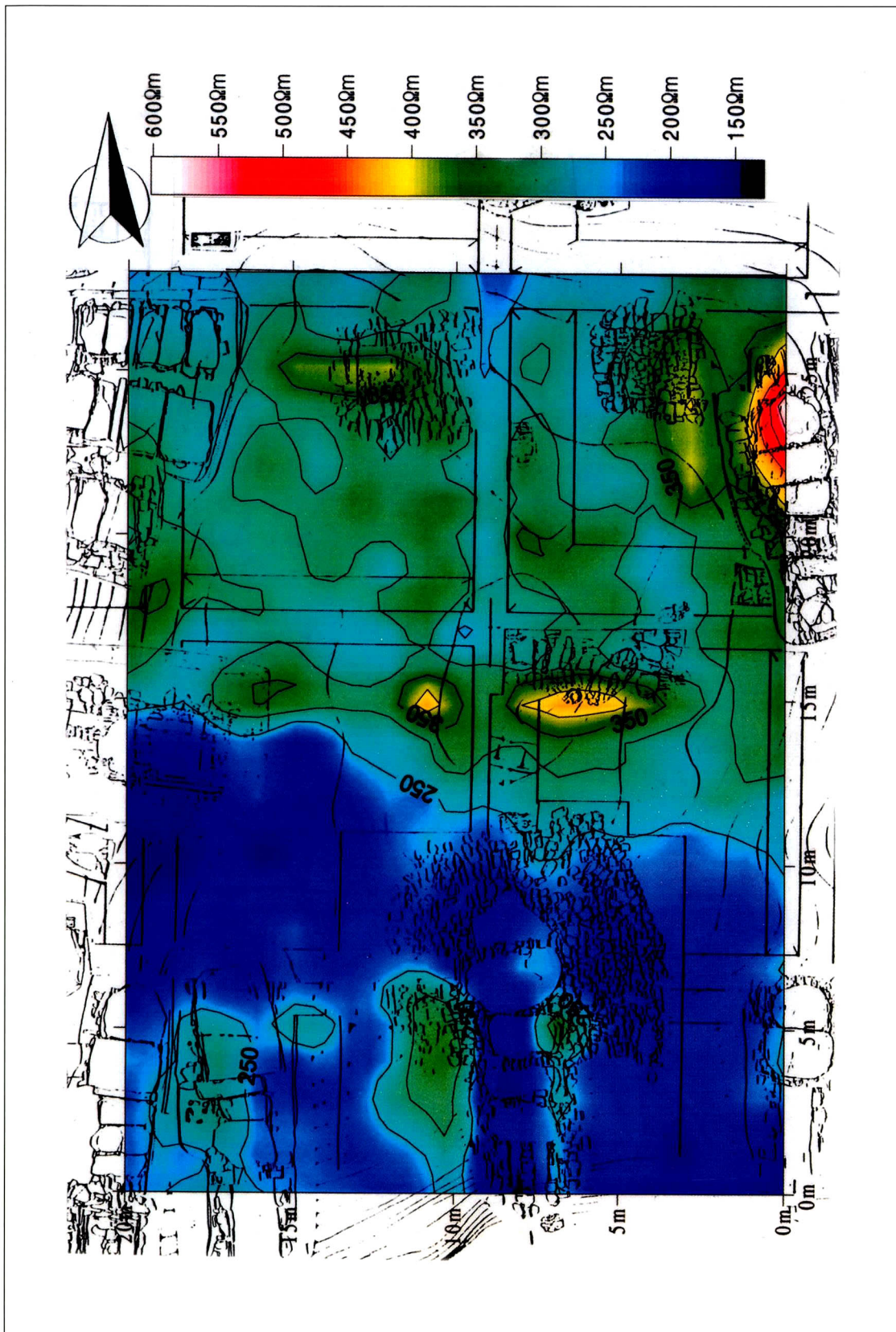


Figure 3. Map of the apparent resistivity of the survey site at the third tomb of Bogam-ri, pole-pole array, $a=2\text{m}$.

제9·16·17호 횡혈식석실묘 역시 주변의 전기비저항에 비해 높은 값을 보이고 있기는 하지만 3개의 석실이 구분되어 보이지는 않고 있으며 그다지 높은 값이 아니기 때문에 noise로 오인하기 쉽다.

탐사구역 안에 있는 제14호 횡혈식석실묘는 그 반응이 전혀 나타나지 않고 있다.

옹관의 경우 제17·18호 옹관은 지표에서 깊이 약 4m 정도에 위치하고 있어서 탐사에 잡히지 않았다.

탐사에 있어서 옹관은 전기비저항 값이 석실보다는 상대적으로 낮게 측정될 것으로 기대되기 때문에 석실과 옹관이 하나의 유적에 섞여 있을 경우 옹관을 찾기가 쉽지는 않다.

하지만 전극의 간격을 더 벌려서 탐사심도를 깊게하면 옹관이 위치하고 있는 곳을 탐지할 수 있을 것으로 생각된다.

나주 북암리 3호분은 유구의 종류가 다양하고 각 심도별로 깊게 분포하기 때문에 탐사결과를 해석하는데 있어서 다소 곤란하였다.

본 탐사에 있어서 미비했던 점은 측정전류를 가능하면 높여서 신호대 잡음비율(S/N ratio)을 최대화시켰어야 했다는 점과 전극간격을 다양하게 하여 탐사심도를 각층별로 나누어서 정하였더라면 하는 아쉬움이 크다.

그리고, data의 해석에 정확도를 높이기 위해서 전기비저항 탐사와 지중레이다 탐사를 병행해서로 다른 탐사법으로 data를 비교하면 좀더 높은 정확도를 보일 것으로 기대한다.

<참고문헌>

1. 민경덕, 서정희, 권병두(1988), 응용지구물리학, p252~310
2. 足立和成, 中條利一郎, 西村 康 編著(1991), 文化財探査の手法とその實際, 眞陽社, p33~64.
3. Anthony Clark(1990), Seeing beneath the soil, prospecting methods in archaeology, p27~63.
4. 향토지리연구소(1997), 영산강의 한복판 나주다시, p47.

羅州 伏岩里 3號墳

2001년 02월 20일 인쇄

2001년 02월 25일 발행

발행 : 국립문화재연구소

편집 : 유적조사연구실

서울시 종로구 세종로 1-57번지

전화 : (02) 737-9436

인쇄 : 대한인쇄정보산업협동조합연합회

〈비 매 품〉