

# 벽화고분의 과학적 보존 (壁畫古墳의 科學的 保存)

崔 光 南

## 目 次

- |               |              |
|---------------|--------------|
| 1. 머리말        | 5. 高松塚古墳의 保存 |
| 2. 古墳壁畫의 損傷要因 | 6. 虎塚古墳의 保存  |
| 3. 保存科學的 調查方法 | 7. 맺 음 말     |
| 4. 保存處理       |              |

## 1. 머리말

1천 4백년만에 신비(神秘)의 베일을 벗은 채색고분벽화(彩色古墳壁畫)가 경북(慶北) 영풍군(榮豐郡) 순흥면(順興面) 읍내리(邑內里)에서 발견되어 고고학계(考古學界)뿐만 아니라 국민일반에게도 놀라움을 던져 주었다.

특히 1971년에 발견된 거창고분(居昌古墳)등과 함께 벽화고분(壁畫古墳) 연구(研究) 및 회화사(繪畫史) 연구(研究)에 획기적인 자료로 평가받고 있는데 이같이 귀중한 벽화유적(壁畫遺跡)을 훼손없이 어떻게 보존하느냐가 현대에서 가장 고려되어야 할 과제이다.

고분(古墳)에서 출토(出土)된 유물 즉, 피장체(被葬體)와 부장품(副葬品) 그리고 관(棺)과 벽체벽화(壁體壁畫)등의 유물은 지상의 전래품(傳來品)과는 매우 다른 양상을 나타내고 있다. 대체적으로 매장유물(埋葬遺物)인 경우에 손상된 유물이 많다고 생각되지만 반대로 지상 전래품에 비하여 아주 좋은 상태로 남아있는 예가 많다. 그러나 이것은 어디까지나 대기에 노출이 되지 않은 상태를 말하는 것이며 일단 대기에 노출되면 금속류(金屬類)나 목재류(木材類) 그 외 유기물류(有機物類)는 보존할 수 없을 정도로 급히 노화현상이 발생한다.

그러나 다소 예외적인 경우도 있다. 시대가 오래된 분묘(墳墓)에서 출토된 칠기류(漆器類)는 기저부(基底部)에 손상(損傷)이 되어 있지만 칠층(漆層)은 양호하게 남은 것이 많다. 또 섬유류(纖維類)도 습윤(濕潤)된 것은 전래품(傳來品)보다 잘 남아 있는 경우도 있다.

그러나 어느 것이든 발굴(發掘) 개봉(開封)된 것이기에 석재표면(石材表面)의 풍화(風化), 파손(破損), 점토(粘土)의 결손(缺損)에 의한 적석(積石)의 느슨한, 채색벽화(彩色壁畫)의 퇴색(褪色), 마모(磨耗), 채색(彩色)의 박락(剝落), 석재(石材)의 변질물(變質物) 석출(析出), 지하수의 유입(流入)에 의해 철분의 침착(沈着)과 오염(汚染), 모세관수(毛細管水)에 의한 이물질(異物質) 함침(含浸), 미생물(微生物), 조류(藻類) 등에 의한 손상(損傷)을 장기간에 걸쳐 받게되므로 이에 대한 대책이 강구되어야 한다.

필자(筆者)는 일본 유학중 고송총고분(高松塚古墳)과 호총고분(虎塚古墳)을 견학하고 직접 조사에도 참여 하였으며 그때 얻은 경험을 바탕으로 고분벽화(古墳壁畫) 보존(保存)에 대하여 고찰하고자 한다.

## 2. 고분벽화(古墳壁畫)의 손상요인(損傷要因)

벽화(壁畫)등의 유물(遺物)을 발굴(發掘)후에도 노화(老化)현상 없이 보존하기 위해서는 발굴(發掘) 이전에 고분내부(古墳內部)의 상태를 과학적(科學的)으로 조사하여 그와 같은 조건(條件)을 계속 유지시켜 주는 것이 가장 현명한 보존방침이다. 그런 의미에서 미발굴고분(未發掘古墳)의 내부상태(內部狀態)에 대한 보존과학적(保存科學的) 조사(調查)는 고분(古墳) 내부보존(內部保存)에 중요한 기초적(基礎的) 자료(資料)가 되므로 어떠한 경우에도 실시하여야 한다.

지금까지의 통상적인 발굴조사(發掘調査)는 먼저 발굴(發掘)을 선행한 후(後)에 보존(保存)을 위한 과학적(科學的) 조사(調查)를 실시하므로서 이미 대기(大氣)의 영향을 받은 후(後)의 기초적(基礎的) 자료(資料)를 얻게 되기 때문에 무의미한 경우가 많았다. 예를 들어 발굴시(發掘時) 녹색을 띤 나뭇잎이 실측(實測)중에 갈색으로 변한다든가 학예실(學藝室)에서 조사연구 중 발굴시(發掘時)보다 유물(遺物)이 선명치 못하게 되는 경우가 종종 있다. 이러한 변화를 방지하기 위해서는 발굴시에 현장에서 보존과학자(保存科學者)의 적절한 조치가 선행되어야 한다. 즉 발굴현장(發掘現場)에서 유물(遺物)의 출토시에 산소(酸素)와 광선(光線)의 많은 대기중(大氣中)에서 급속히 일어날 변질에 대비하여 출토시부터 보존대책(保存對策)을 수립하지 않으면 안 된다. 채색(彩色)이나 도막(塗膜)이 있는 유물(遺物)을 장기간 노출시키면 건조(乾燥)로 인해 박락현상(剝落現狀)이 발생하게 된다. 지하에 있는 고분내부(古墳內部)의 물리적(物理的) 상태(狀態)에 대해서는 어느 정도 측정이 가능하다.

먼저 손상요인(損傷要因)중 하나인 온도(溫度)는 고분공간(古墳空間)위치의 깊고 얇음에 의해서 크게 다르므로 한마디로 단정하기는 어려우나 바닥, 천장의 깊이가 다른 것만으로도 1~2℃ 차이가 생기고 깊을수록 영향은 별로 없으며 항온(恒溫)에 가깝게 된다. 고분내부(古墳內部)에서 악영향을 끼치는 것은 습도(濕度)이다. 만일 상부(上部)가 차고 하부(下付)가 더운 상태라면 고분공간(古墳空間) 내부공기(內部空氣)의 대류(對流)가 일어난다. 그 대류(對流)는 온도(溫度)의 평균화를 시행하는 것으로 멀지않아 대류(對流)를 일으킨 원인은 없어진다. 그러므로 고분공간(古墳空間) 내부(內部)는 극히 공기의 움직임이 없는 상태가 된다. 그 외 공기조성(空氣造成)의 경우 탄산가스가 대기(大氣)보다 많게 되는 것은 지표층(地表層)의 미생물(微生物) 영향이다.

그러나 고분내부에서 어떤 미생물 현상이 일어나며 공기조성(空氣造成)이 어떻게 변하는지에 대한 정확한 보고는 아직 없는 상태이다. 발굴된 고분벽화(古墳壁畫)는 대기(大氣)에 심한 영향을 받아 빠른 속도로 노화(老化)되는데 손상원인(損傷原因)을 대략적으로 살펴보면 다음과 같다.

### (1) 산화(酸化)를 주도하는 화학작용(化學作用)

지하공간에 있어서도 공기(空氣)는 존재하므로 지상과 똑같은 화학작용(化學作用)이 생긴다고 생각되나 소칭 풍화작용(風化作用)이란 것은 지하에 닫힌 공간중(空間中)과 대기내(大氣內)는 매우 다르다. 이것은 빛의 입사(入射)에 의한 광선(光線)의 작용으로 상승(相乘)되는 점이다. 그러므로 고분내부(古墳內部)에 존재하는 채색벽화(彩色壁畫)의 경우 발굴(發掘) 당초는 상당히 선명하나 대기중(大氣中)에 노출되면 급속히 퇴색(褪色)이 일어난다.

### (2) 건조(乾燥)

고분내부(古墳內部)가 건조(乾燥)하면 풍화생성물(風化生成物)과 가용성(可溶性) 염류(鹽類)가 석출(析出)하여 피막(皮膜)을 형성하면서 박리현상(剝離現狀)이 발생한다. 규산(硅酸)

과 알미노 규산염(珪酸鹽)이 겉표면에 생겨 색채(色彩)와 명문(銘文)을 선명치 못하게 하고 탄산(炭酸)칼슘 유산(硫酸)칼슘 유산(硫酸)나트륨계(系)의 결정(結晶)이 석출(析出)할 때는 노화(老化)한 석재(石材)의 표층(表層)을 박리(剝離), 박락(剝落)시켜 채색부분(彩色部分)도 떨어지게 된다.

토양(土壤)은 일반적으로 사계절(四季節) 모두 습윤상태(濕潤狀態)이며 토양(土壤)에 둘러 쌓인 공간내(空間內)는 대체적으로 90% 이상(以上)의 높은 습도를 나타낸다. 일반적으로 10m정도의 지하에는 지하수가 존재하므로 토지(土地) 내부(內部)는 상대습도(相對濕度)가 높게 된다. 이에 비해 대기권(大氣圈)에는 상공의 응결(凝結)에 의해 수증기(水蒸氣) 압력(壓力)이 감소(減少)되며 또 기류(氣流)에 의해 습도전달(濕度傳達)이 비교적 크므로 대기권(大氣圈)의 공기(空氣)는 10%정도의 습도(濕度)에 정지하는 것이 보통이다.

따라서 지금까지 습한 지하에 있던 고분(古墳)을 발굴하여 현실입구(玄室入口)를 개방하면 점점 건조상태(乾燥狀態)로 변하게 되며 단허도 복토(覆土)가 얇으면 건조(乾燥)하게 된다. 이것이 고분보존(古墳保存)에 있어 가장 어려운 과제이다.

### (3) 온(溫) · 습도차(濕度差)

지상의 공기(空氣)는 지하에 비하여 상당히 급변함과 동시에 크게 온도(溫度)가 변한다. 열전도(熱傳導)는 고분내부(古墳內部)의 가까운 곳에서 제일 먼저 영향을 받게 된다. 지금까지 보고된 결과에 의하면 지하 2~3m의 연간 지온변화(地溫變化)는 별차이가 없으며 그 변화폭은 외기온도(外氣溫度) 변화의  $\frac{1}{3} \sim \frac{1}{5}$  정도이고 최고 · 최저의 외기온(外氣溫)과의 위상(位相)이 늦은 것은 70~80 일(日) 정도이다. 그래서 다음의 식으로 표시한다.

$$T(t) = T_s + \Delta T_0 \sin \frac{2\pi}{\gamma} (t + \Phi)$$

( $T_s$  : 평균기온  $\Delta T_0$  : 진폭  $\gamma$  : 주기(週期)  $t$  : 시간  $\Phi$  : 위상(位相))

고분(古墳)은 동절기가 되면 입구가 차고 안쪽은 상대적으로 따뜻한 상태가 되며 하절기에는 안쪽은 서늘하고 입구가 따뜻하게 된다.

고분(古墳)의 입구(入口)를 닫게되면 온도(溫度)의 영향을 받게 되어 두 가지 작용을 일으키는데 첫째, 대류(對流)에 의한 온도(溫度)의 균일화(均一化) 운동(運動)이다. 입구(入口)를 닫게 되면 온도(溫度)가 일정하게 되어 내부공기(內部空氣)는 주위 토지(土地)의 수분(水分)과 평형(平衡)하게 되고 높은 습도(濕度)가 발생한다. 입구(入口)의 온도(溫度)가 차게되면 입구(入口)에 결노(結露)현상이 일어나 공중(空中)의 수분(水分)이 감소하게 된다. 이 차고 무거운 공기(空氣)는 바닥으로 뺏어서 안쪽으로 진행하여 따뜻하게 된다. 그러나 그때 상대습도(相對濕度)는 원래 환원(還元)되지 않는다. 따라서 그 대류(對流)는 안쪽의 상대습도(相對濕度)를 내리게 된다. 반대로 입구(入口)가 따뜻하면 공기(空氣)는 수분(水分)을 상실하고 가볍게 되어 천장(天井)으로 올라 안으로 들어가게 되나 그때의 찬 습도(濕度)는 원상(原狀)으로 돌아온다. 그러므로 안쪽은 습하지도 건조(乾燥)하지도 않다.

둘째는 온도(溫度)가 다른 장소에서 대기액상(大氣液狀)의 평형(平衡)이 상반(相反)될 때 수분이동(水分移動)이 있게 된다. 물은 높은 온도(溫度)에서 증발(蒸發)하고 낮은 온도(溫度)에서 응결(凝結)하므로 고분벽화(古墳壁畫)에 온도차(溫度差)가 생기면 수분(水分)의 이동(移動)이 일어난다. 먼저 대류(對流)에 의해서 하절기(夏節期)에는 습하지 않으나 수분이동(水分移動)으로 안쪽에서 뚜렷이 결노현상(結露現像)이 일어날 정도로 고습(高濕)이 된다.

### (4) 빛의 직사(直射)

조류(藻類), 이끼류는 약간의 광선에도 번식하여 오염(汚染)되며 더욱이 분비물(分泌物)인 유기산(有機酸)은 석재(石材)를 노화(老化)시키고 모근(毛根)이 석재표면(石材表面)의 노화(老化)한 부분(部分)에 침식(侵蝕)하여 기계적(機械的) 노화(老化)를 촉진시킨다. 일반적으로 개봉(開封)된 고분(古墳) 내부(內部)에는 많은 광선(光線)이 입사(入射)되지 않는으나 예외적(例外的)으로 채색벽면(彩色壁面)에 광선(光線)이 직사(直射)할 경우도 있다. 이 경우는 곧 퇴색(褪色)과 재질노화(材質老化)를 일으킨다.

#### (5) 미생물(微生物)의 번식(繁殖)

대기중(大氣中)에는 곰팡이의 포자(孢子)와 세균 및 조류(藻類)의 생세포(生細胞)등이 많이 생성(生成)되어 있다. 미발굴(未發掘)의 고분공간(古墳空間) 벽상층부(壁上層部)에도 생물(生物)이 침입이 전무한다고 말할 수는 없다. 지금까지의 보고에 의하면 상당한 량(量)이 잔존되어 있다는 것이 알려졌다. 미발굴상태에서 번식(繁殖)하는 것은 한정되어 있으며 별로 피해도 없으나 일단, 개봉시키면 미생물(微生物)의 침입이 용이하게 되어 분비색소(分泌色素)에 의해 오염(汚染)된다.

### 3. 보존과학적(保存科學的) 조사방법(調查方法)

#### (1) 목 적(目 的)

고분벽화(古墳壁畫)의 항구적인 보존방법(保存方法)을 수립하기 위해서는 먼저 第2章에서 언급한 손상원인(損傷原因)을 규명해야 한다. 즉 석실내(石室內) 환경(環境)의 연간변화(年間變化)를 파악하고 공기조성(空氣造成), 온도차(溫度差), 미생물(微生物) 소장(消長)을 관측하여 얻은 기초 데이터에 의해서 보존시설(保存施設)과 공개(公開)를 위한 시설규모(施設規模), 봉토(封土)의 분량(分量), 고분(古墳)의 외관(外觀), 환경정비(環境整備)를 검토하고 종합적인 보존대책을 수립하는 것이다.

#### (2) 측정방법(測定方法)

##### (A) 온(溫)·습도(濕度) 조사(調査)

측정(測定)은 고분(古墳)을 안쪽, 중간, 입구쪽으로 나누어 50cm 정도의 높이에 온습도계(溫濕度計)를 설치하여 온습도(溫濕度)를 측정(測定)한다. 측정시간(測定時間)은 하루중 가장 최고온도(最高溫度)에 가까운 때를 선택하여 일정하게 오후 1~2시 사이에 실시하며 고분(古墳)을 어느정도 외계(外界)와 차단시킨 상태에서 기온(氣溫)·습도변화(濕度變化)가 직접 내부(內部)에 영향을 받지 않도록 한다. 외기(外氣)의 평균기온(平均氣溫), 습도(濕度)의 동향은 고분내부(古墳內部)의 온습도(溫濕度)와 관계가 있는 것이 당연하므로 고분(古墳)주위의 외기(外氣) 온습도(溫濕度)에 관한 데이터는 고분(古墳)에서 가장 가까운 측후소(測候所)에서 측정한 온습도의 데이터를 참고하는 것이 좋다.

우리 나라의 평균기온은 1~2월에 최저(最低)이고 4~7월 사이에 급상승(急上昇)하며 8월에 최고(最高)의 기온을 나타내며 9~12월 사이에 급하강(急下降)한다.

고분내부(古墳內部)의 온도(溫度)는 동절기(冬節期)에는 안쪽>중간>입구쪽으로, 하절기(夏節期)에는 안쪽<중간<입구쪽으로 나타난다. 그러므로 안쪽으로 갈수록 외기온도(外氣溫度)의 영향이 늦으며, 외기온도(外氣溫度)가 2월부터 상승으로 전환되므로 안쪽은 5월경에 최저(最低)가 된다. 이에 대해 입구쪽은 2월 경부터 상승(上昇)으로 나타나며 중간은 3월 경이 최저(最低)가 된다. 이와 같은 외기온도(外氣溫度)의 상승전달(上昇傳達)이 입구쪽 중간 안쪽의 순서이기에 외기(外氣)의 영향은 주로 입구쪽을 통해 공기(空氣)의 열전도(熱傳導) 또

는 대류(對流)에 의해서 고분내부(古墳內部)로 전달된다고 판단된다. 열전도(熱傳導)는 입구로부터 안쪽으로 수평방향(水平方向)으로 일어나며 대류(對流)는 하절기(夏節期)에는 입구 근처에서 따뜻한 공기가 상승(上昇)하여 천장(天井)을 지나 안쪽으로 이동하며 동절기(冬節期)에는 입구 근처에서 찬 공기(空氣)가 하강(下降)하여 지면(地面)을 통하여 안쪽으로 이동하게 된다. 따라서 사계절(四季節)에 의한 대류(對流)의 방향은 다르게 되며 대류(對流)의 속도는 고분(古墳)의 형상(形狀)에 따라 심한 영향을 받게 된다.

예를 들면 종혈식고분(縱穴式古墳)의 경우에 있어서 하절기(夏節期)에는 지표(地表)근처의 온화한 공기(空氣)는 거의 하강(下降)하지 않고 대류(對流)에 의한 고분내부(古墳內部)의 온도상승(溫度上昇)이 많으며, 동절기(冬節期)는 반대로 지면(地面)부근의 찬 공기(空氣)가 급속하게 강하(降下)하므로 내부(內部)의 온도(溫度) 강하(降下)가 빠르다.

횡혈식고분(橫穴式古墳)은 완전히 수평일 경우 하(夏)·동절기(冬節期)에 모두 대류(對流)의 방향이 다르게 일어난다. 그러나 횡혈식(橫穴式)의 경우 만일 입구(入口)가 안쪽에 비해 약간 위쪽에 있으면 동절기(冬節期)에는 대류(對流)가 많아지고 하절기(夏節期)에는 대류(對流)의 속도(速度)가 빨라지는 것이 당연할 것이다.

결론적으로 대류(對流)의 영향에 의한 안쪽과 입구(入口)근처의 온습도(溫濕度)의 평균화(平均化)는 아직까지 어떤 방법에 의해서도 정확한 조치를 취할 수 없고 다만 입구(入口)근처의 단열성(斷熱性)을 보다 완벽하게 하여 내외(內外)의 열전도를 적게해서 고분내부(古墳內部)의 온습도(溫濕度)의 변화를 보다 적게하는 것 뿐이다.

온습도(溫濕度) 조사(調査)에 있어서 가장 주의할 점은 고분내부(古墳內部)의 온습도(溫濕度)가 외기(外氣)의 온습도(溫濕度)와 현저한 차이가 있으므로 손쉽게 출입(出入)을 허용하여서는 안되고 고분입구(古墳入口)를 2중 3중으로 하여 될 수 있는 한 외계(外界)와의 접촉을 차단(遮斷)시켜 내부(內部)의 조건(條件)을 혼란시키지 않는 상태(狀態)에서 측정(測定)하여야 한다.

#### (B) 공기조성(空氣造成)

천년이상 경과한 고분(古墳)의 매장환경(埋葬環境) 즉 석실내부(石室內部)의 공기상태(空氣狀態)를 상상하여 보자. 고분(古墳)을 발굴할 때 벽면(壁面) 등의 내부상태(內部狀態)가 양호하게 잔존(殘存)되어 있는 것은 안전(安全)한 내부환경(內部環境)에 놓여 있었던 결과라고 생각된다. 따라서 발굴 후에도 본래의 환경조건(環境條件)으로 전환시키는 것이 바로 적절한 보존대책(保存對策)이라고 할 수 있다. 미발굴(未發掘) 고분내부(古墳內部)의 공기(空氣)에 관한 연구(研究)가 거의 불가능한 현시점에서 대강 예상되는 사항은 사자(死者)를 매장(埋葬)시켜 밀폐(密閉)해 버린 석실(石室)은 내부(內部) 공기중(空氣中)의 산소(酸素)가 소비되고, 유물(遺物)에 따라서는 산화상태(酸化狀態)에 있으나, 박테리아등의 미생물(微生物)에 의해 유기물(有機物)이 분해되어 생긴 암모니아, 아민, 메탄, 탄산가스등이 생성(生成)되어 환원상태(還元狀態)로 되며 미생물(微生物)이 관여(關與)하는 무기물(無機物)의 변질(變質)을 발생시킨다.

이와 같은 고분내부(古墳內部)의 환경(環境)은 발굴(發掘) 후에 조사(調査)와 연구 등을 위해 입실(入室)하는 연구원(研究員)의 호흡에서 배출하는 탄산가스와 피복에서 낙하(落下)하는 분진과 미생물(微生物)의 유입, 또한 출입할 때 흡수되는 외기(外氣)등이 안정된 상태를 혼란시키므로써 새로운 화학생성물(化學生成物), 미생물(微生物)의 번식(繁殖)을 발생하게 하여 내부(內部)를 변질시킨다. 따라서 고분내부(古墳內部)의 환경조사(環境調査)는 물론 입실(入室)에 의한 오염추이(汚染推移)등에 대해서도 조사를 하여야 한다.

공기조성(空氣造成)의 조사항목(調査項目)은 다음과 같다.

- a) 탄산가스 농도(濃度)에 대해서
- b) 미립(微粒)분진에 대해서
- c) 산소(酸素)와 질소(窒素)에 대해서
- d) 유기(有機)가스에 대해서

측정장소(測定場所)의 선정은 고분구조(古墳構造)에 따라 다르지만 미발굴고분(未發掘古墳)의 시료채취(試料採取)는 밀봉(密封)된 전실(前室) 중앙부분(中央部分)의 중간에 직경 1.5mm의 실리콘튜브를 내부(內部)에 삽입시켜 외부(外部)에서 채취(採取)한다.

발굴(發掘)된 고분(古墳)도 이문입구(羨門入口)에서 채취작업(採取作業)을 하여야만 고분 내부(古墳內部)의 공기조성(空氣造成)에 관한 조사(調査)의 정확성을 기할 수 있다. 그리고 실리콘튜브에 소형 흡인(吸引)펌프를 접속시켜 약 1ℓ를 배기(排氣)하여 튜브내의 공기(空氣)를 배제(排除)한 후 미리 진공(眞空)으로 흡입(吸入)한 내용량(內容量) 1ℓ의 대기오염물질(大氣汚染物質) 분석용(分析用) 시료병에 공기(空氣)를 채취(採取)한다. 이때 동시에 산소(酸素)메탄 측정기에 의해 산소(酸素)와 메탄을 측정(測定)한다. 다음에는 대기오염물질(大氣汚染物質) 측정(測定)에 사용되고 있는 활성탄(活性炭)튜브의 활성탄(活性炭) 5g을 내경(內徑) 9mm, 길이 100mm의 경질(硬質) 유리관에 충전하고 400℃로 가열(加熱)하여 흡착물질(吸着物質)을 추출한 후 접속시켜 1ℓ/min의 속도로 20분간 20ℓ의 석실내부(石室內部)의 공기(空氣)를 농축채취(濃縮採取)한다. 분석조건(分析條件)으로 질소(窒素) 및 산소(酸素) 검출기(檢出器)와 탄산(炭酸)가스 검출기(檢出器)를 이용(利用)하고 검량선(檢量線)으로 정량용(定量用) 표준가스를 이용하여 질소(窒素)는 표준질소(窒素)(99.99%)를 10,20,30,40,50□로, 산소(酸素)는 표준산소(酸素)(99.9%)를 5,10,15,20,25□로 얻어 검량선(檢量線)을 작성한다. 탄산(炭酸)가스는 표준탄산(標準炭酸)가스(99.9%) 50ml를 표준질소(標準窒素)의 1,000ml로 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0ml로 검량선(檢量線)을 만들어 각각 정량(定量)한다. 유기성분(有機成分) 분석(分析)은 석실내부(石室內部)의 공기(空氣)에 관한 정보를 얻기가 어렵기 때문에 보통 대기오염인자(大氣汚染因子) 분석법(分析法)을 채용(採用)하고 있다. 활성탄(活性炭)튜브 중에 농축채취(濃縮採取)된 것을 350℃로 가열하고 흡착물(吸着物)을 탈리(脫離)하여 -180℃에 냉각(冷却)한 시료도관(試料導管)에 옮긴 후(後) 가스크로마토그래프법(法)으로 분석(分析)한다.

지금까지 보고(報告)된 결과를 종합한 각조성(各組成)의 농도변화(濃度變化)를 상대적(相對的)으로 분석(分析)하여 보면,

첫째, 석실내(石室內)의 온도변화(溫度變化)에 의해 각 농도(濃度)는 변화한다는 것이다. 온도(溫度)가 높게 되면 유기물(有機物)의 분해생성물(分解生成物)과 휘발성(揮發性) 유기물(有機物)인 질소(窒素), 탄소(炭素)가스의 농도(濃度)가 상승(上昇)하고 산소농도(酸素濃度)는 저하(低下)한다.

둘째는 발굴(發掘) 전(前) 고분(古墳)은 발굴(發掘) 후(後)보다 질소(窒素) 및 탄산(炭酸)가스는 약간 증가하며 산소(酸素)는 감소(減少)한다.

셋째는 습도(濕度) 95%, 온도(溫度) 15.3℃ 상태의 석실내(石室內) 공기(空氣)를 표준공기(標準空氣)로 가정할 경우 질소(窒素), 산소(酸素)는 그 농도(濃度)보다 낮고, 탄산(炭酸)가스는 매우 고농도(高濃度)가 된다.

석실(石室)이 매몰될 때 석실내(石室內)에 들어간 공기(空氣)는 토양중(土壤中)의 수분(水分)에 의해 수증기(水蒸氣)가 이것을 희석(稀釋)하고 있는 것으로 생각된다. 만일 지중공간(地中空間)에서의 공기(空氣)가 안정하게 되면 공기(空氣)의 상호비율은 외기(外氣)에 의해 변하지 않을 것이다.

그러나 실측치(實測值)는 각각의 성분(成分)에 변화가 보이는데 이것에는 온도(溫度)가 관

계하고 있다고 생각된다.

질소(窒素)는 불활성(不活性) 기체(氣體)이기에 보통 조건(條件)에서는 화학반응(化學反應)을 일으키기 어렵지만 산소(酸素)는 많은 물질(物質)과 산화물(酸化物)을 만들어 유기물(有機物)을 분해(分解)한다. 탄산(炭酸)가스는 유기물(有機物)의 부패(腐敗)에 의해 용이하게 생성(生成)되어 물에 의해서 옮겨진다.

#### 4. 보존처리(保存處理)

고분벽화(古墳壁畫)는 석실내(石室內)에서 장기간(長期間) 경과하였기에 색채(色彩) 및 벽화(壁畫)의 보존상태(保存狀態)가 극히 취약(脆弱)하다. 第3章에서 기술(技術)된 바와 같이, 석실(石室)은 우수(雨水)의 침투(浸透)와 기초지반(基礎地盤)에서 수분(水分)의 상승(上昇), 수목(樹木)의 뿌리에 의해서 균열이 발생하고 강도(強度)가 저하(低下)되어 최후(最後)에는 붕괴될 위험성을 초래하게 된다. 따라서 이의 보존처리(保存處理)는 다음과 같이 실시하게 된다.

먼저 고분붕괴(古墳崩壞)에 관한 조사를 실시하여 고분성토(古墳盛土) 재료(材料)의 토질공학적(土質工學的) 성질조사(性質調査)와 기초기반의 상태(狀態) 및 구성석재(構成石材)를 분석(分析)하여 석실(石室) 보존대책(保存對策)을 확립하고, 동시에 벽화(壁畫) 표면층(表面層)의 박락(剝落)과 미세한 균열(龜裂), 인위적인 손상(損傷) 그리고 누수(漏水)에 의해 오염(汚染)된 벽면을 강화 고정(固定)시키는 작업을 실시한다. 그리고 고분입구(古墳入口)에다 보존시설(保存施設)을 설치하여 고분내부(古墳內部)의 환경(環境)을 보존과학적(保存科學的) 기초조사(基礎調査)에서 얻어진 기초자료에 의거하여 발굴(發掘) 이전의 환경조건(環境條件)으로 전환시켜 안정화하는 작업을 실시한다. 이 작업은 먼저 스트로프 사광선(斜光線)을 사용하여 사진촬영, 실측등 벽면상황을 충분히 조사하고 세부적인 데까지 손상된 상태(狀態)를 명확히 파악하여 그 중에서 가장 위험도가 높은 벽면부터 착수하여서 비교적 안정성이 높은 벽면(壁面)으로 진행(進行)한다.

석실내(石室內)가 극히 고온도(高溫度)를 유지하고 있기 때문에 침투성이 좋은 수지(樹脂)로 일단 기초적응실험을 하는 등 신중하게 처리하지 않으면 안된다.

벽화(壁畫) 표면층(表面層)의 강화(強化) 및 고착(固着)에 사용하는 수지(樹脂)는 Paraloid B72 용액으로 벽화층(壁畫層)과 석면(石面)의 사이에 직접 주입시킨다. 그리고 벽화층(壁畫層)의 심부(深部)까지 깊이 삽입(插入)시키기 위해서는 주로 주사기를 사용하며, 손상상황(損傷狀況)에 따라 2회(回) 정도 중복하여 주입시켜 접착력을 높게 하면서 수지(樹脂)가 표면(表面)에 남지 않도록 주의하여야 한다. 주입장소(注入場所)의 농도(濃度), 회수(回數)등을 정확하게 기록(記錄)하여 다음에 작업할 때 중복되지 않도록 하고 주입(注入)할 때는 팽창된 부분과 부분별(部分別)로 분리(分離)될 위험성이 있는 부분은 부직포와 같은 얇은 천을 이용하여 벽화표면(壁畫表面)에 부착시켜 박락(剝落)을 방지(防止)하면서 작업을 진행(進行)한다. 고분내(古墳內)의약품용액(藥品溶液)은 공기중(空氣中)의 농도(濃度)를 측정하여 환경기준(環境基準)에 초과될 때에는 작업(作業)을 중지하고 활성산(活性酸) 필터에 의한 공기청정기(空氣清淨器)로 석실내(石室內) 공기(空氣)를 흡인(吸引)하게 하여 호전을 보일 때까지 기다려야 한다. 작업시간은 내부(內部) 환경변화(環境變化)와 보존처리자(保存處理者)의 필요에 따라 1회(回) 30~60분(分) 정도로 하고 작업시간만큼 휴식을 취하도록 해야 한다.

벽화고분(壁畫古墳) 처리작업(處理作業)의 기준으로는 1日 4회(回) 입실(入室) 약 4시간 작업을 실시한다. 그러나 4주간이상 연속 진행하는 것은 고분(古墳) 보존상(保存上) 절대 금

물이다. 입상부분(粒狀部分)은 금이 갈라지고 떨어진 부분이 많으므로 입도(粒度)가 높은 20%의 Paraloid B72가 필요하며 또한 효과적이다. 부상(浮上)된 것은 미리 10%용액으로 강화(強化)한 후, 부직포를 5% 용액으로 부착시켜 부상(浮上) 뒷면에 20%용액을 주입한다. 뒷면에 주입(注入)시킨 20%용액은 석면(石面)에서 고화(固化)되며 트리클로로에칠렌으로 접착을 보강시켜 준다.

천장(天井)의 입상부(粒狀部)에 대해서는 면점도(面粘度)가 낮은 것부터 매번 상승(上昇)시켜가며 주입(注入)시켜야 하는데, 부직포를 뗄 때에는 용제(溶劑)를 사용하지 않고 5% Paraloid B72로 녹인다. 트리클로로에칠렌을 사용한 것은 용액점도(溶液粘度)의 조절(調節)과 함침(含浸)시킨 수지의 재용해(再溶解)를 낮게 하기 위한 것이다.

표면(表面)이 분상(粉狀)으로 된 벽화층(壁畫層)은 표면(表面)에 함침(含浸)을 실시하는데 기본적인(基本的)인 함침(含浸)은 개구부(開口部)를 이용하여 석면(石面)과의 경계(境界) 및 벽화층(壁畫層) 측면(側面)으로 부터의 함침(含浸)으로 강화접착(強化接着)을 시도하는 것이 일반적이나 개구부(開口部)도 없을 경우에는 주사침이 들어가는 것만으로 떨어질 가능성이 있으므로 표면(表面)부터 처리(處理)를 하여야 한다. Paraloid B72의 저농도용액(3%-5%)을 주사기로 주입(注入)시켜 강화한 후에 그 위에 솔로 도포(塗布)하여 함침(含浸)시킨다. 함침(含浸)이 완료되면 실측지(實測紙)에다 용액농도(溶液濃度)에 따라 3~5종류의 색연필로 기입하는데, 주입한 장소의 색을 완전히 구분시켜 한눈으로 주입장소(注入場所)가 식별될 수 있도록 하여 중복된 작업이 되지 않도록 해야 한다.

## 5. 고송총고분(高松塚古墳)의 보존(保存)

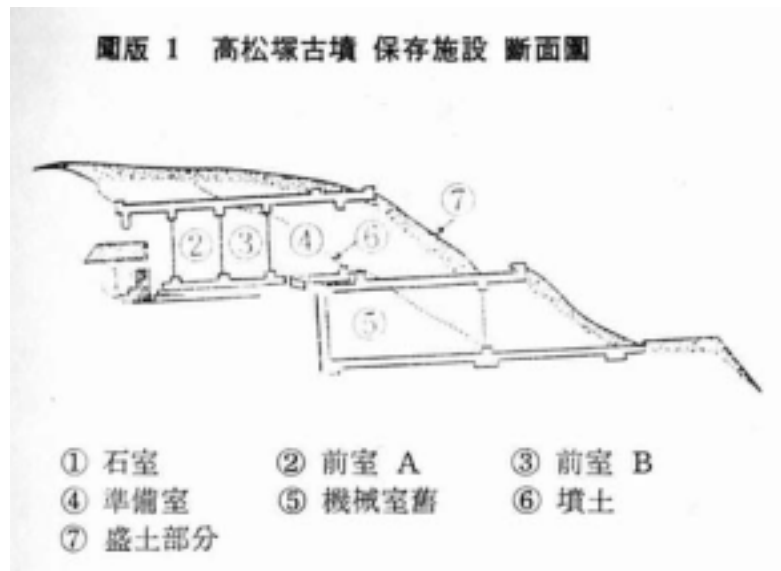
1972年 3月 고송총고분(高松塚古墳)은 석실내부(石室内部)에 채색(彩色)으로 그려진 벽화(壁畫)가 발견되어 주목을 받게 되었다. 벽화(壁畫)의 발견이래 일본(日本) 문화청(文化廳)에서는 고분(古墳)을 특별사적(特別史蹟)으로 지정(指定)하고 벽화(壁畫)를 국보(國寶)로 지정(指定)하는 등 일련의 보존책(保存策)을 강구하는 한편 고송총고분보존책조사회(高松塚古墳保存策祖師會)를 조직하여 과학적(科學的)인 보존방법(保存方法)에 의한 항구적인 보존대책(保存對策)을 검토하게 되었다.

벽화(壁畫)가 그려진 석회면(石灰面)은 오랜 기간 중에 주백상(酒粕狀)으로 취약화(脆弱化)되고 석실(石室) 벽면(壁面)에서는 박리(剝離), 박탈(剝脫)의 위험한 상태(狀態)에 놓여 있었다. 그러므로 벽화(壁畫)에 대한 수리(修理)의 필요성이 요구되었다. 벽면(壁面)은 몇 분 사이에도 급격한 온습도(溫濕度)의 변화(變化)에 의해서 즉각적인 악영향을 받기 쉬우므로 보존처리(保存處理) 작업(作業)을 실시하기 위해서는 먼저 온습도(溫濕度)를 일정하게 유지시켜 주어야 하므로 제어시설(制御施設)을 설치할 필요가 인정되어 그해 8월부터 본격적으로 보존처리시설(保存處理施設) 공사(工事)에 들어갔다. 보존시설(保存施設)은 벽화(壁畫)의 현상보존(現像保存)과 벽화(壁畫)의 수리(修理)에 필요한 보존상황(保存狀況)을 감시할 수 있도록 배려(配慮)되었다. 시설내용(施設內容)은 보존전실(保存前室)과 기계실(器械室)로 나누어지는데 전자(前者)는 전장(全長) 9.5m 폭(幅) 4.3m, 높이 3m의 규모(規模)로 그 내부(内部)는 3 실(室)로 나누어 각각 기밀구조(氣密構造)를 하고 있다. 이는 벽화(壁畫)의 수리(修理)나 보존상황(保存狀況) 체크를 위해 입실조사(入室調査)할 때 석실내(石室內)의 급격한 온습도(溫濕度)등의 환경변화를 방지하기 위해 3실(室)로 구조하였다. 또 후자(後者)는 전장(全長) 7m 폭 4.3m, 높이 3m의 규모(規模)로서 전실(前室)의 전방(前方) 하단(下段)에 설치하였다. 기계실(機械室)은 공기조절(空氣調節)을 위해 석실(石室) 내부(内部)와 전실(前室)의



온습도(溫濕度)를 항상 일정하게 하여 문제가 발생하지 않도록 시설(施設)을 안전성(安全性) 있게 하였다. 이 공기조화시설(空氣調和施設)은 고분(古墳)의 전실(前室) 및 준비실에 존재(存在)하고 있는 열부하(熱負荷)를 제거한다. 이것은 각실(各室)의 벽(壁)·천정(天井)·바닥의 서면(西面)에 설치된 동(銅)튜브 패널의 수계온도조절장치(水系溫度調節裝置)에 의해 석실온도(石室溫度)와 거의 같은 온도(溫度)로 조절시켜 항상 물을 보내 조사자(調査者)가 전실(前室)에 들어가 있을 경우 공기조화기(空氣調和器)에 의해서 만들어진 조화공기(造化空氣)를 임시로 전실(前室)에 보낸다. 모든 장치는 Standby 형식(形式)이며 장치는 Unit 화(化) 되어있어 현장(現場)에서의 작업(作業)이 적으며 동시에 고장시(故障時)의 검기(檢器) 교환(交換)이 용이하도록 만들어졌다. 그리고 설치공사(設置工事)는 고분벽화(古墳壁畫)등이 미세한 진동에도 위험하므로 매우 신중성이 요구되어야 했으며 특히 석실(石室)에 가까운 전실(前室)의 설치공사(設置工事)는 현장공사를 될 수 있는 한 피하고 보존전실(保存前室)의 주요 구조부분(構造部分)인 프레샤르트 콘크리트판은 공장(工場)에서 제작(製作)하여 현장에서 조립하는 공법을 채택하였다.

보존전실(保存前室)의 설치공사(設置工事)를 하면서 필요에 따라 부분적으로 응급보강(應急補強) 조치(措置)를 하였다. 한편, 벽화수복(壁畫修復)에 오랜 역사를 가지고 있는 이탈리아 중앙수복연구소(中央修復研究所)의 모라(Mora) 부처를 초치(招致)하여 현상(現狀) 진단(診斷)을 의뢰하고 응급수리(應急修理) 및 항구적 보존(保存)에 필요한 본격적(本格的) 수리방법(修理方法)에 대해서 자문(諮問)을 구하였다. 그는 응급보강(應急補強) 조치(措置)와 본격적(本格的) 수복(修復)은 높은 습도(濕度)에서도 접착력(接着力)을 발휘하는 아크릴계 수지를 사용할 것과 접착작업(接着作業)과 병행하여 크리닝작업을 실시할 것을 제안하였다. 이것이 계기가 되어 이탈리아에 수리기술자(修理技術者)를 연수 보냈으며 1975년에 처음으로 실제적(實際的)인 수리(修理)를 담당할 기술자에 의해서 벽화조사(壁畫調査)가 실시되었다.



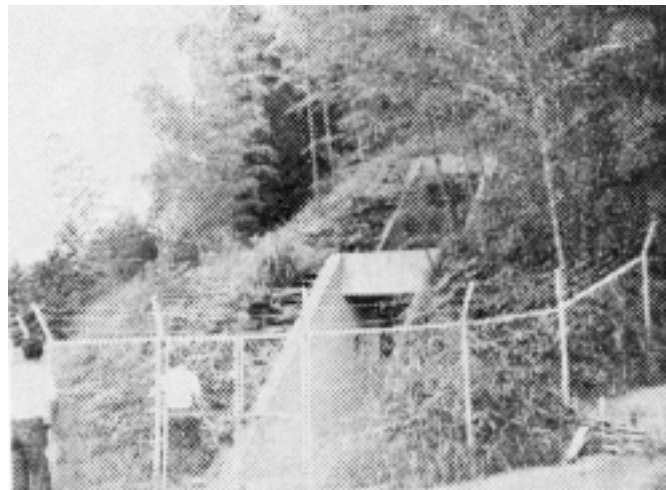
圖板 1 고송총고분(高松塚古墳) 보존시설(保存施設) 단면도(斷面圖)

- ① 석실(石室) ② 전실(前室) A ③ 전실(前室) B ④ 준비실(準備室)  
 ⑤ 기계실구(機械室舊) ⑥ 분토(墳土) ⑦ 성토부분(盛土部分)

조사(調査)에 의하여 6종류(種類)의 손상상태(損傷狀態)가 확인되었는데, ①평탄부(平坦部) ②팽창부(膨脹部) ③피곡부 ④개구(開口), 분화구부(噴火口部) ⑤입상부(粒狀部) ⑥분상부(粉狀部) 등이다. 이 손상부분(損傷部分)은 육안(肉眼)으로 관찰된 것이며 실제(實際) 수리작업(修理作業)을 진행중에 새로이 나타난 부분(部分)도 있었다. 높이와 폭(幅)이 약 1m 로서 3 m<sup>2</sup> 정도의 공간(空間)안에서 두 사람의 수리기술자(修理技術者)가 작업(作業)하게 되어 인체(人體)의 열(熱)과 호흡(呼吸), 유기용제(有機溶劑) 트리클로로에칠렌의 증기(蒸氣)에 의해서 환경조건(環境條件)은 급작스럽게 변화하였다. 온습도(溫濕度)의 변화(18℃→20℃, 98%RH→90%) CO<sub>2</sub>(0.3%→0.2%) 트리클로로에칠렌(100ppm, 30분→60분 작업(作業))은 벽면(壁面)의 석회층(石灰層)에 영향을 줄 뿐만 아니라 작업환경(作業環境)을 악화시켰다. 그래서 석실내(石室內) 공기(空氣)를 흡인(吸引)하여 청정(淸淨)한 후(後)에 전실(前室)밖으로 방출시켰다.

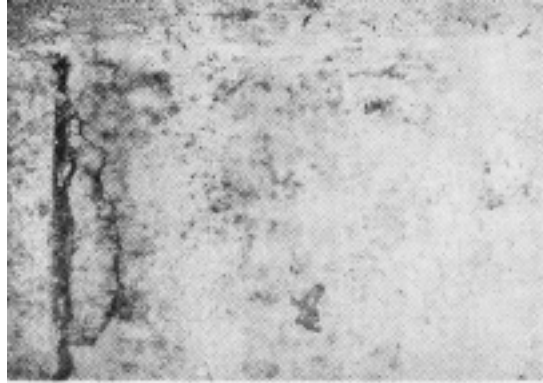
그러나 폐공간(閉空間)에 대한 정신적(精神的) 압박감(壓迫感)은 제거되지 않았다. 고송총(高松塚)의 석회층(石灰層)은 다공성(多孔性)으로 극히 취약(脆弱)한 상태(狀態)였는데 평탄하게 보이는 부분도 소공(小功)으로 연결된 구조(構造)이어서 붓으로 누르는 것만으로도 위험한 지경이었다. 그러나 토양(土壤)이 부착된 도굴입구(盜掘入口) 가까운 아래쪽의 석회내층부분(石灰內層部分)은 보존상태(保存狀態)가 좋았으며 석회층(石灰層)도 양호하였다.

보존강화처리(保存強化處理)에 이용한 아크릴계 합성수지(合成樹脂) Paraloid B72 트리클로로에칠렌용액은 습한 석회(石灰)에도 침투가 쉬웠다. Paraloid B72 용액은 주사기를 이용하여 석회층(石灰層)과 석면(石面)의 경계에 직접 주입하는데 용액의 건조시간(乾燥時間)은 그다지 늦지 않게 하여야 한다. 주입(注入) 직후(直後)의 석회(石灰)는 용액을 흡수하여 두 겹고 불안정한 상태가 되므로 먼저 건전한 부분부터 시작하여 손상부분(損傷部分)으로 주입(注入)을 확대 실시하여 매년(每年) 반복(反復)해 주었다. 대략 주입(注入)이 완료단계(完了段階)에 이르면 부직포를 표면(表面)에 부착시켜 불룩해진 부분의 이측(裏側)에 주입하고 서서히 석벽(石壁)에 눌러 붙혔다. 용액주입은 많은 장소를 일시에 진행시켜 나갔다.



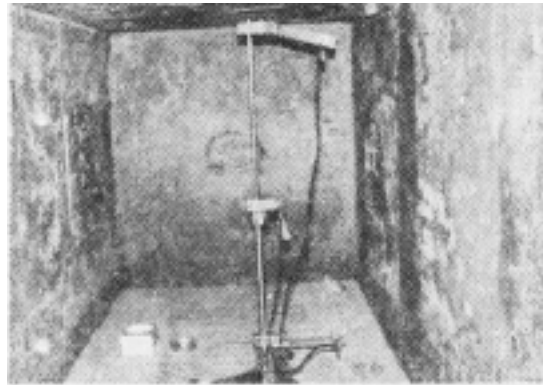
〈寫眞 1〉 保存施設이 설치된 高松塚古墳 전경

<사진(寫眞) 1> 보존시설(保存施設)이 설치된 고송총고분(高松塚古墳)



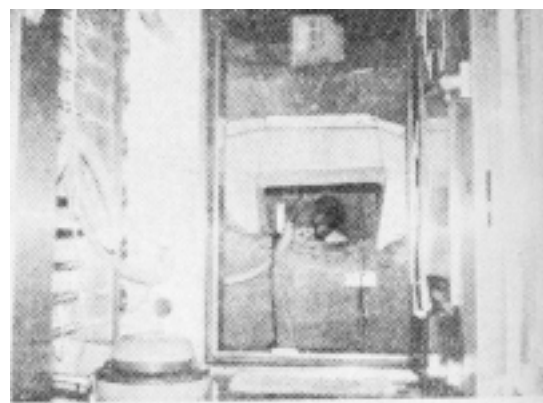
〈寫眞 2〉 石室內部の石灰層이 剝離・磨滅된 狀態

<사진(寫眞) 2> 석실내부(石室內部)의 석회층(石灰層)이 박리(剝離)·마멸(磨滅)된 상태(狀態)



〈寫眞 3〉 環境條件 測定端子의 架台設置

<사진(寫眞) 3> 환경조건(環境條件) 측정단자(測定端子)의 가태설치(架台設置)



〈寫眞 4〉 保存施設 準備室에서 石室正面 쪽으로 위

<사진(寫眞) 4> 보존시설(保存施設) 준비실(準備室)에서 석실정면(石室正面)쪽으로 위치한 전실(前室) 위에는 자동기록 온습도계(溫濕度計)를 비치하였고 준비실(準備室)에는 가습기(加濕器)와 열방사기가 설치되었다.



<사진(寫眞) 5> 가스검지기(檢知機)를 이용하여 석실(石室) 내부(內部)의 공기조성측정(空氣造成測定)



<사진 6> 벽화서면(壁畫西面) 여인군상(女人群像)의 균열 및 박락(剝落)된 부분(部分)에 Paraloid B72 트리클로로 에칠렌 용액(溶液)을 주입

고송총고분(高松塚古墳) 석실내(石室內)의 벽화(壁畫) 보존작업(保存作業)은 Paraloid B72 트리클로로에칠렌 칠렌 용액의 주입에 의한 석회층(石灰層)의 강화와 석면(石面)의 재접착(再接着) 작업(作業)이었다. 이 작업(作業)이 성공적(成功的)으로 완수될 수 있었던 것은 보존시설(保存施設)에 의해 환경변화(環境變化)를 최소화 시킬 수 있었던 점을 들수 있다. 만약 보존시설이 미흡(未洽)하였다면 벽화(壁畫)의 복원(復元)은 사실상 불가능 하였을지도 모르는 일이다.

보존대책조사회(保存對策調査會)는 벽화(壁畫)의 현상복사(現狀復寫), 모형제작(模型製作) 벽화관찰(壁畫觀察) 기록(記錄)등을 토대로 고송총(高松塚) 재현연구(再現研究)를 종합적으로 실시하고 현재(現在)는 원고분(原古墳) 옆에 모조전시관(模造展示館)을 건립하여 일반에게 공개(公開) 전시(展示)하고 있다.

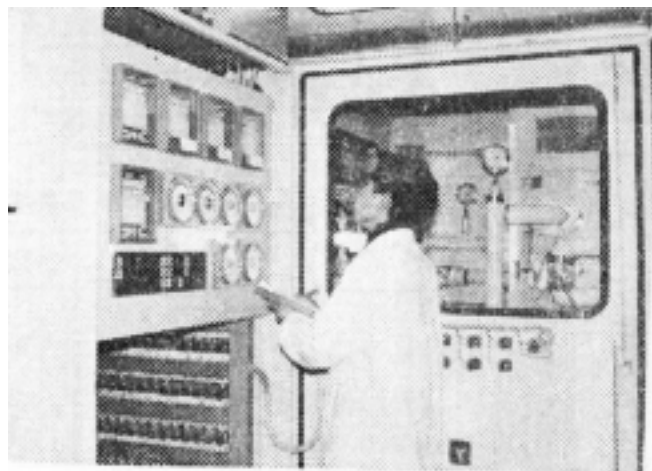
## 6. 호총고분(虎塚固憤)의 보존(保存)

호총고분(虎塚固憤)(전장(全長) 56.5m, 전방부(前方部) 전단폭(前端幅) 38.5m, 높이 5m; 후원부(後園部) 직경(直徑) 32.5m, 높이 5.5m)은 동경(東京)에서 기차로 1시간 거리에 있는 자성현(茨城縣) 승전시(勝田市) 동중근(東中根) 지섭(指涉)에 소재(所在)하고 있으며 1974년 8월 28일 발굴(發掘)된 횡혈식(橫穴式) 석실(石室)의 전방후원분(前方後圓墳)으로 7세기(世紀) 전반(前半)에 축조(築造)되어 중엽경(中葉頃)에 추장(追葬)된 고분(古墳)이다. 특히 주지할만한 사실은 일본(日本)에서는 최초(最初)로 미개봉(未開封) 석실(石室)에 관한 과학적(科學的) 조사(調査) 및 측정(測定)이 이 고분(古墳)에서 실시되었으므로 다대한 관심속에 온습도(溫濕度)의 측정(測定)과 석실내(石室內)의 공기(空氣) 및 채취(採取)를 실시하였다.



<寫眞 7> 壁畫東壁 女人群像의 주위 石灰層에 부

<사진(寫眞) 7> 벽화동벽(壁畫東壁) 여인군상(女人群像)의 주위 석회층(石灰層)에 부직포를 사용하여 부분 강화 및 고정작업을 하는 모습



<寫眞 8> 保存施設 아래층에 있는 機械室의 제어장

<사진(寫眞) 8> 보존시설(保存施設) 아래층에 있는 기계실(機械室)의 제어장치

그 결과 第 1 表에 나타난 바와 같이 질소(窒素), 탄소(炭素), 수증기(水蒸氣)의 농도(濃度)는 석실내(石室內)에 비해 외기(外氣)쪽이 높고, 탄산(炭酸)가스는 외기(外氣) 0.04%에 비해 석실내부(石室內部)는 1.80%로 약 50배의 고농도(高濃度)였다. 그 후 9月 12日에 현문(玄門)을 제거하였더니 개구(開口)된 현실(玄室)에는 벽화(壁畵)가 있었다. 안쪽벽(壁) 및 동서측벽(東西側壁)에 백색점토(白色粘土)로 보이는 백색벽(白色壁) 위에는 적색안료(赤色顔料)로 그림이 그려져 있었으며 보존상황(保存狀況)은 양호했다. 벽면(壁面)의 백색점토(白色粘土)와 적색안료(赤色顔料), 흙을 채취(採取)하여 X선회석법(線回析法)으로 분석(分析)하였더니, 백색(白色)에서는  $\alpha$ -석영(石英), 장석(長石)이 적색(赤色)에서는 적철광(赤鐵鑛),  $\alpha$ -석영(石英)이 검출(檢出)되었다. 석실내(石室內)가 건조하면 채색안료(彩色顔料)의 박리(剝離), 채색층(彩色層)의 생지(生地)에는 박락(剝落)이 일어날 것으로 예측되어 조사시에는 석실내의 온습도를 조절하였고 매일(每日) 조사작업(調査作業) 완료시(完了時)에는 개구부(開口部)를 폐쇄(閉鎖)하고 조사(調査) 종료후(終了後)에는 매몰해야 한다는 의견이 제안(提案)되었다.

발굴조사(發掘調査)는 개구전(開口前)의 온도(溫度)와 습도(濕度)(15℃, 95%)를 유지하면서 18℃를 허용한계 온도(溫度)로, 85% R.H를 한계습도로 정한 후(後) 고고학적(考古學的) 조사(調査)가 실시되었다. 조사원(調査員) 2명(名)이 20W의 형광등 1개를 사용하여 입실(入室)하면, 석실내(石室內)(약 5.5m<sup>3</sup>)의 기온(氣溫)은 2℃ 상승(上昇)하므로 30분간 조사(調査)하고 20분간 폐쇄(閉鎖)하면서 실행하였다. 발굴시기(發掘時期)가 외기온도(外氣溫度)가 높은 하절기(夏節期)였으므로 두꺼운 발포(發泡)스치로폼판으로 현문부(玄門部) 문짝을 만들었고, 이 문을 폐쇄(閉鎖)하면 20분 뒤에는 실온(室溫)이 거의 15~16℃까지 원상(原狀)으로 되돌려지게 되었다. 또 온습도계(溫濕度計)를 석실내(石室內)의 2개소(個所)에 넣어 조사원(調査員)에 의해서 30분마다 측정(測定)하였고 석실내(石室內)의 건조(乾燥)를 방지하기 위해 2개소(個所)에 수반(水盤)을 놓았고 작업환경(作業環境)의 보존(保存)을 위해서 탄산(炭酸)가스 흡수제를 놓는 한편 탄산(炭酸)가스 농도측정(濃度測定)을 하면서 조사중(調査中)에 생물적(生物的) 오염(汚染)도 측정(測定)하였다.

고분(古墳)은 20일간(日間)의 조사(調査)를 끝내고 폐쇄(閉鎖)시켰다. 그때 석실내(石室內) 공기상태(空氣狀態)를 고분외부(古墳外部)에서 측정(測定)할 수 있도록 중앙부(中央部)에 직경 10cm, 길이 6m의 파이프를 묻어 폐쇄후(閉鎖後)의 내부변화(內部變化)를 측정하도록 했다. 선단(先端)은 석실내 60cm쯤의 위치에 고정시켜 외부에 나온 선단(先端)은 완전히 막고 봉토내(封土內) 80cm쯤에서 매몰시켰고 이 파이프를 통하여 살균제(殺菌劑)를 투입(投入)시켜 석실내(石室內) 살균(殺菌)처리 하였다.

폐쇄후(閉鎖後) 8개월째에 재조사(再調査)를 실시하였는데 살균제는 완전히 증산(蒸散)하였고 잔류농도는 검지관(檢知管)에 검출되지 않아 공기조성(空氣組成)과 온습도(溫濕度) 측정(測定)에는 영향이 없음을 확인하였다. 공기조성은 미생물(微生物)의 활동(活動)등에 의해 탄산(炭酸)가스 농도가 증가되었고 15개월이 경과한 후부터 3%를 상회(上廻)하여 표준대기조성(標準大氣組成)의 약 100배 농도(濃度)를 나타냈다. (第 2 表)

질소(窒素), 탄소(炭素)는 감소(減少)하고 대기조성(大氣組成)보다 낮은 치(值)를 나타내어 거의 안전한 상태를 유지하였다.

<第1表 호총고분(虎塚古墳) 미개구시(未開口時) 석실내외(石室內外)의 공기(空氣)>

	室 表	酸 素	炭酸가스	水 蒸 氣	그 외
石 室 內	74.79%	19.85%	1.80%	1.46%	2.10%
外 氣	75.98	20.38	0.04	2.71	0.86

<第2表 호총고분(虎塚古墳) 석실내(石室內) 공기조성(空氣造成) 변화(變化)>

經 過 月	側 定 期 日	室 表	酸 素	炭酸가스	물
	1973年 8月 31日	74.79%	19.85%	1.80%	1.46%
8 개월째	1974年 5月 22日	75.85	18.50	2.50	1.45
15 개월째	1974年 12月 9日	78.21	14.17	4.54	1.64
20 개월째	1975年 5月 28日	75.91	17.48	3.00	1.57
33 "	1976年 6月 18日	75.90	18.43	3.72	1.65
35 "	1976年 8月 24日	75.86	18.66	3.12	1.57
40 "	1977年 1月 18日	77.83	16.29	4.56	1.38
42 "	1977年 3月 25日	75.74	17.60	3.95	1.39
54 "	1978年 3月 30日	76.78	18.76	3.12	1.16

<第3表 호총고분(虎塚古墳) 석실내(石室內)와 고분외(古墳外)의 온습도(溫濕度)>

經 過 月	側 定 期 日	石 室 內		古 墳 外	
		溫 度	濕 度	溫 度	濕 度
	1973年 8月 31日	15.0%	92.0%	32.0%	65.0%
8 개월째	1974年 5月 22日	14.6	94.4	19.8	45.2
15 "	1974年 12月 9日	17.0	92.0	13.0	54.0
20 "	1975年 5月 28日	15.8	94.5	22.5	60.2
33 "	1976年 6月 18日	15.7	94.0	25.0	68.2
35 "	1976年 8月 24日	15.5	96.5	28.8	62.5
40 "	1977年 1月 18日	15.5	98.0	8.0	45.0
42 "	1977年 3月 25日	13.5	96.0	12.0	52.0
54 "	1978年 3月 30日	10.0	100.0	12.0	42.0

온습도(溫濕度) 측정(測定)은 전기온도계(電氣溫度計)의 센서를 파이프를 통해 석실(石室)에 넣어 측정(測定)하였다. 시각(時刻)은 오후 1시30분~2시 30분 사이로 거의 일정하게 하였는데 연간(年間) 평균온도(平均溫度)는 15℃ 정도였다. (第3表) 석실내(石室內)의 습도(濕度)는 보통 100% 아니면 98%로 변동이 없었다. 석실내(石室內) 온습도(溫濕度)의 변동은 외기(外氣)에 비하여 매우 적으며 안정(安定)되어 있어 봉토(封土)의 단열성(斷熱性), 방수성(防水性)도 양호하다고 판단되었다. 발굴전(發掘前) 석실내(石室內)의 세균수(細菌數)는 200/m<sup>3</sup>, 사상균수(糸狀菌數)는 400~700/m<sup>3</sup>이 존재하였는데, 이때 고분주위(古墳周圍)의 미생물수(微生物數)와 비교하면 세균(細菌)은 2~3배(倍), 사상균(糸狀菌)은 1~3배(倍)로 외계(外界)의 공기중(空氣中)보다 미생물수(微生物數)가 많은 것으로 나타났다.

석실(石室)은 개봉(開封)시킨 5일후(日後) 발굴조사중(發掘調査中)의 실내(室內)의 미생물(微生物)은 세균수(細菌數) 400~500/m<sup>3</sup> 사상균(糸狀菌) 1,000/m<sup>3</sup>으로 모두 발굴전(發掘前)보다 거의 2배(倍)가 증가하였다. 조사시(調査時) 증가(增加)한 미생물수(微生物數)는 폐쇄 후

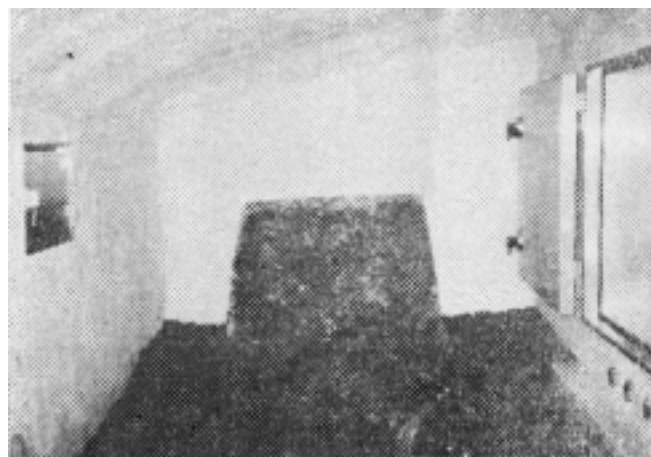
(閉鎖 後) 8개월째에 측정한 결과, 곰팡이가 감소(減少)하였고 세균수(細菌數)는 15개월째에 감소되어 발굴(發掘) 전(前)과 같게 되었다.

1978년에 채색벽화(彩色壁畫)의 영구보존과 공개를 위한 보존시설(保存施設)의 설계를 위해 사전조사(事前調査)가 실시되었다. 그때에 종래에 실시한 보존처치(保存處置)가 적절하였는지 조사하였던 바 벽화(壁畫)에는 아무런 이상이 없어 양호한 상태라는 것이 확인되었다. 전번조사를 경험으로 석실(石室) 전면(前面)에 베니아와 단열재(斷熱材)를 사용하여 가전실(假前室)을 설치하였고 석실(石室)에 비닐로 칸막이 설비를 하여 가습기(加濕器), 문, 공기조(空調器)등을 준비하고 제조사(諸調査)를 실시하였다.



〈寫眞 9〉 虎塚古墳의 東南方에 설치된 보존시설의 입구

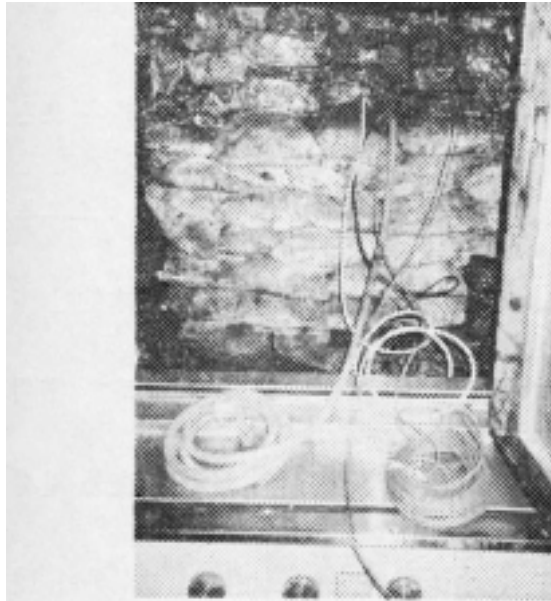
<사진(寫眞) 9> 호총고분(虎塚古墳)의 동남방(東南方)에 설치된 보존시설(保存施設)의 입구(入口)



〈寫眞 10〉 古墳의 觀察室 內部로서 一回에 3~5名

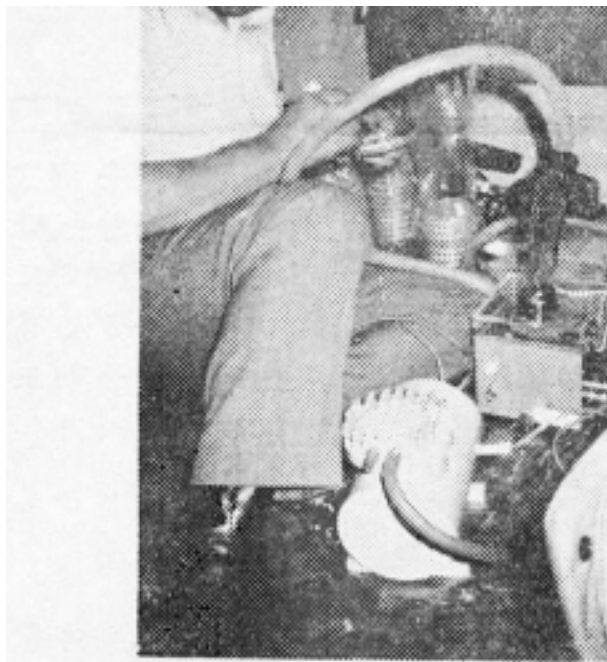
<사진(寫眞) 10> 고분(古墳)의 관찰실(觀察室) 내부(內部)로서 일회(一回)에 3~5명(名) 정도가 관람할 수 있도록 공간 확보





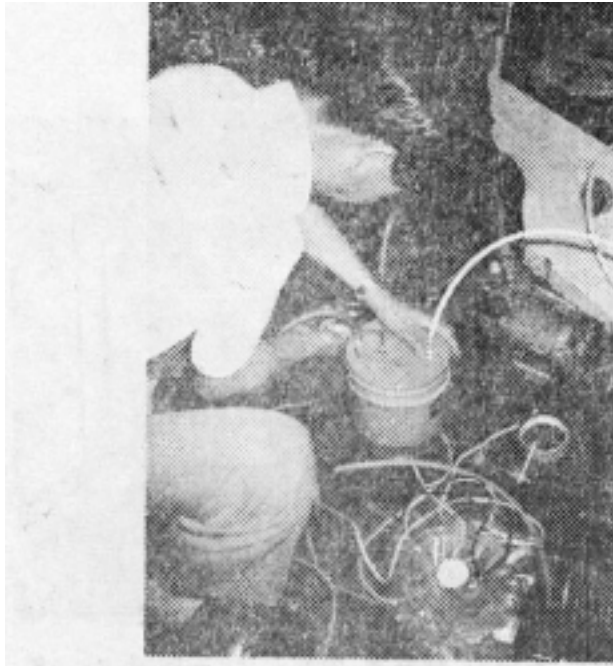
〈寫眞 11〉 觀察室에서 石室內로 직경 5cm

<사진(寫眞) 11> 관찰실(觀察室)에서 석실내(石室內)로 직경 5cm 내외(內外)의 파이프를 설치하고 그 속에 기기선(機器線)을 넣어 석실내(石室內) 공기(空氣)의 채취(採取)와 온습도(溫濕度)를 측정(測定)



〈寫眞 12〉 微生物의 消長을 파악하기 위해

<사진(寫眞) 12> 미생물(微生物)의 소장(消長)을 파악하기 위해 직경 28mm, 깊이 2m의 폴리 에틸렌 튜브에 공기채집(空氣採集) 슬릿을 연결(連結)하고 콤프레셔로 흡인(吸引)하여 미생물채집장치내(微生物採集裝置內)의 멸균(滅菌) 평판배지(平板培地)에 2분간 미생물(微生物)을 채취(採取)한다.



〈寫眞 13〉 직경 15mm 실리콘 튜브를 소형 흡인(吸引)펌프에 접속(接續)시켜 석실내(石室內)의 공기(空氣)를 채취(採取)

<사진(寫眞) 13> 직경 15mm 실리콘 튜브를 소형(小型) 흡인(吸引)펌프에 접속(接續)시켜 석실내(石室內)의 공기(空氣)를 채취(採取)



〈寫 14〉 古墳内の 環境 條件을 比較하기

<사진(寫眞) 14> 고분내(古墳內)의 환경(環境) 조건(條件)을 비교(比較)하기 위해 고분주위(古墳周圍)의 공기중(空氣中) 미생물(微生物)도 똑같은 방법으로 계수(計數)한다.

1979년에 보존(설비保存設備)의 시설(施設)이 시작되었으며 이 보존시설(保存施設)은 외기(外氣)의 영향을 될 수 있는 한 적게 하기 위해 칸막이를 가능한 한 많이 하고 벽면(壁面)과 문짝에도 단열재(斷熱材)를 이용하여 밀폐형식(密閉形式)으로 하고 석실내(石室內)는 연간(年間) 온도변화(溫度變化)를 적게하고 평균온도(平均溫度)를 2~3℃로 맞추기위해 봉토(封土)를 두껍게 하였다. 그리고 벽화(壁畵)가 있는 현실(玄室) 또는 전실(前室)앞에 유리창을 끼운 칸막이를 만들어 그 창을 통하여 견학, 관찰할 수 있도록 하였다. 유리창의 결로(結露)를 방지하기 위해 이중(二重)유리와 열선봉입(熱線封入) 유리를 사용하였다.

공개시기(公開時期)는 석실내(石室內)와 외기온도차(外氣溫度差)가 적은 춘추시기(春秋時期)로 정하고 석실환경(石室環境)을 측정하여 영향을 받을 염려가 있을 경우에는 즉시 공개(公開)를 중지하도록 했다. 따라서 1회(回)의 입실인원(入室人員)은 3~5인(人) 정도로 제한하고 관람시간(觀覽時間)도 최소로 하는 등의 조치를 취하며 일반인에게 공개(公開)하고 있다.

## 7. 맺음말

이상 고송총고분(高松塚古墳)과 호총고분(虎塚古墳)을 실례(實例)로 하여 벽화고분(壁畵古墳)의 보존(保存)에 관하여 고찰(考察)해 보았다. 이런 보존과학적(保存科學的) 조사(調査)를 직접 체험하면서 아직 해결되지 않은 부분(部分)에 대해서 깊은 연구(研究)가 필요함을 느꼈다. 즉, 발굴(發掘) 직후(直後) 석실내(石室內)에 곰팡이들에 의해 손상(損傷)이 되지 않은 것은 석실내(石室內)의 공기조성중(空氣組成中) 탄산(炭酸)가스가 많은 것이 원인(原因)이 아닐까 생각하지만 고농도(高濃度)의 탄산(炭酸)가스 속에서도 번식(繁殖)하던 균류(菌類)가 채집(採集)되는 것에 대한 의문은 아직 풀리지 않는다. 이러한 문제 등은 각(各) 고분(古墳)마다 각각 상황이 다르고 각 보존시설(保存施設), 석실내(石室內)에서 측정된 자료(資料) 및 그 해석(解釋)을 축적(蓄積)하여 비교 연구(研究)할 필요가 있다. 보존시설(保存施設)이 설치되었다고 해서 완전무결하다고 할 수는 없으며 공조설비(空調設備)는 공개규모(公開規模)에 의하나 모든 벽화고분(壁畵古墳)에 설치(設置)할 필요는 없다. 또한 장기간 관측으로 인해 많은 의문점이 유발될 수 있으므로 정도(精度) 높은 세밀한 측정(測定)이 요구(要求)된다.

끝으로 벽화고분(壁畵古墳)을 보존(保存)하기 위한 기본적(基本的)인 조건(條件)을 종합정리(綜合整理)하면 다음과 같다.

- ① 벽화고분(壁畵古墳)이 발견되면 즉시 기밀하게 밀폐(密閉)시킨다.
- ② 미발굴(未發掘) 상태(狀態)에서 보존과학적(保存科學的) 조사(調査)를 실시해야 한다.
- ③ 조사결과(調査結果)에 따라 보존설비(保存設備)를 시설하여 발굴조사시(發掘調査時)에는 미발굴(未發掘) 환경(環境)과 같은 조건(條件)으로 석실(石室) 내부(內部)를 유지시켜 주어야 한다.
- ④ 고습도(高濕度)에서 접착력(接着力)이 강한 아크릴 수지를 이용하여 강화(強化) 고정(固定)시켜 주어야 한다.
- ⑤ 고분(古墳) 내부(內部)로 들어갈 조사자(調査者)는 일회용(一回用) 위생복(衛生服)과 보존처리(保存處理)에 사용할 도구, 심지어는 신발까지 철저히 소독한 후(後) 입실(入室)하게 한다.
- ⑥ 일단 개봉(開封)된 고분공간(古墳空間)은 약품(藥品)에 의해 생물방제(生物防除)를 실시하여야 한다.

⑦ 고분공간(古墳空間)에 가까운 지표(地表)는 습하지 않게하여 토지(土地)속의 수분(水分)의 일산(逸散)을 방지하고 반대로 지표(地表)에서의 우수(雨水) 공급(供給)을 차단해야 한다. 실제(實際)로 우수(雨水)의 침입으로 고분벽면(古墳壁面)이 상실될 가능성이 있기 때문에 모세관(毛細管)현상으로 보급될 정도의 상태(狀態)로 유지시키는 것이 좋다. 그리고 가까운 지표(地表)에는 단열성(斷熱性)을 갖게 한다.

⑧ 만약의 사태를 대비하여 동양화가중(東洋畫家中)에 전문가를 선정, 복사하여 모조품(模造品)을 만들도록 한다.

⑨ 벽화복원(壁畫復元)을 위한 수리기술자(修理技術者)의 재기술습득(再技術習得)을 위해 해외연수(海外研修)를 시키거나 외국(外國) 전문가(專門家)를 초청하여 자문(諮問)을 구하여야 한다.

⑩ 전문분야별로 벽화고분보존대책위원회(壁畫古墳保存對策委員會)를 결성하여 다각적인 의견을 수렴하여야 한다.

#### <參考文獻>

- 1) 坂上務, 1972 : 地下石室内の 氣象, 九州の農業氣象, 9, 20~22.
- 2) 土屋巖, 1959 : 古氣後の氣候型の變化について, 研究時報 11, 124~130.
- 3) M. Rabner, 1911 : Handbu oh der Hygiene, Band, 575.
- 4) モーア,ニコラス, 1973 : 洞くつの科學, 縮地書館, 30~36.
- 5) Jen-ya. Wang, 1963 : Aericultural Meteorology, Pacemaker Press, 130~131.
- 6) 明戸謙, 1951 : 正倉院の 氣象學的 研究, 研究時報, 3, 199~206.
- 7) 江本義理, 1980 : 古墳の中の空氣, 自然 8 月號, 42~51.
- 8) 盧在植·郭宗欽 1073 : 武寧王陵의 保存을 위한 微氣象學的 研究
- 9) 裝飾古墳特集, 1972 : ふるさとの 自然 と歴史 12號
- 10) 新井英天, 1982 : 文化財保存科學에 있어서 生物學的 役割
- 11) J.P Chon and C. Jatou, 1967 : Chemistry and Industry, Sept, 23, 1587
- 12) M. Lefevre, 1973 : Studies in Conservation 19, 126.
- 13) 江本義理, 1974 : 裝飾古墳의 保存科學, 講談社 146~147.
- 14) 金裕善·金鍾協, 1972 : 居昌古墳 出土 棺材破片의 硬化 및 壁畫面의 微生物 分布에 關한 調查研究 報告 19~29
- 15) 高松塚古墳 保存施設 概要 1976 : 文化廳
- 16) 増田勝彦, 1985 : 高松塚古墳의 修理, 保存科學研究集會旨集 11~12.
- 17) 古松塚古墳壁畫 應急補強措置を行う 1973 : 文部廣報 579 號
- 18) 松塚古墳의 保存施設設置, 1974 : 文化廳月報 第 72號
- 19) 渡邊明義 1979 : 高松塚古墳壁畫의 保存을めぐって의雜感, 奈良縣觀光 276 號
- 20) 勝田市四編纂委員會 : 勝田市·虎塚壁畫古墳 第1次 發掘調査概要, 1973 勝田市發行
- 21) 高松塚古墳벽화 再現研究報告, 1976 : 東京藝術大學 美術學部
- 22) 登石健三, 1977 : 遺構의發掘と保存, 雄山閣
- 23) 八幡敏雄, 1975 : 土壤의物理, 東京大學出版會
- 24) C. 오토리야·松尾新一郎譯, 1972 : 風化その理論と實態 ラテイス(株)