

# 해남 우항리 공룡 · 익룡 · 새발자국 화석산지 제3보호각 및 노출화석 보존처리 보고서

2020년 10월





# 해남 우항리 공룡 · 익룡 · 새발자국 화석산지 제3보호각 및 노출화석 보존처리 보고서

2020년 10월





## 출 문

보고서를  
「해남 우항리 공룡 · 익룡 · 새발자국 화석산지 제3보호각 및  
노출화석 보존처리」  
용역의 최종 성과품으로  
제출합니다.

2020년 10월

주식회사 영 인



## 차

I. 요	8
II. 연 혁	9
2.1	
2.2 지질사적 가치	
2.3 보존처리 이력	
III. 현 황	11
3.1 주변현황	
3.2 문화재 현황	
3.3 상태조사	
IV. 회 의	16
4.1 자문회의	
4.2 관계자 회의	
4.3 회의결과 추가된 사항	
V. 보존처리 내용	22
5.1 보존처리 대상 및 범위	
5.2 보존처리 공사내용	
5.3 보존처리 전·후 세부지침	
5.4 참여인력	
VI. 보존처리 과정	25
6.1 보존처리 공정표	
6.2 공정별 보존처리 내용	
VII. 맺음말	52
VIII. 사진첩	54

## I. 개 요

사 업 명 : 해남 우항리 공룡 · 익룡 · 새발자국 화석산지 제3보호각 및  
노출화석 보존처리

지 정 별 : 천연기념물 제394호

소 재 지 : 전남 해남군 황산면 공룡박물관길 234

사업목적 : 해남 우항리 화석지 제3보호각, 노출화석지를 보존처리하여  
문화재를 유지 · 관리하는데 목적이 있음.

사업지침 : 해남 우항리 화석지 중 제3보호각, 노출화석지에 대한  
문화재 분석, 세척, 탈염, 접합 등 보존처리 한다.

총사업비 : 일금 사천삼백칠십삼만구천구백구십원정 (₩43,739,910)

사업기간 : 90일

사업규모 : 보존처리 대상지 400㎡

· 대형공룡관(제3보호각) : 240㎡

· 노출화석지 : 160㎡

## II. 연혁

해남 우항리 화석산지는 원래 물에 잠겨 있던 해안이었으나 화원반도와 목포를 연결하기 위해 해안에 독을 쌓으면서 해수면이 낮아져 드러난 대규모 화석지이다.

### 2.1 분포 특징

해남군 우항리 일대 지질은 약 8300만~8500만 년 전 중생대 백악기 시대에 형성된 것으로 추정하고 있다. 세계에서 보기 드문 퇴적 구조와 연속적인 수평층리가 잘 발달된 퇴적층군을 형성하고 있다. 중생대 쥐라기 혹은 모 화강암을 백악기 안산암질 응회암과 우항리층, 황산응회암과 진도유문암이 부정합으로 덮고 있으며, 이를 각섬석 화강암과 석영반암이 관입하고 있고 그리고 이들 위에 부정합으로 충적층이 퇴적되어 있다. 해남 우항리 화석을 포함하고 있는 우항리층은 해남군 황산면 우항리와 금호호 남쪽 호안을 따라 단속적으로 노출되어 있다.

### 2.2 지질사적 가치

우항리층에서는 공룡 뼈가 발견되는 것이 아니라 다양한 공룡들의 생존 화석이 발견되고 있으며, 익룡과 공룡 그리고 새 화석이 한 장소에서 발견되는 세계에서 하나뿐인 지역으로 큰 의미를 갖고 있다.

특히 익룡 발자국 화석의 크기는 20~35cm이며, 현재까지 약 443점이 발견되었다. 이는 한 장소에서 발견된 세계 최대 길이와 개수이다. 7.3m에 달하는 익룡의 보행 행렬은 현재까지 발견된 것 중 가장 길고, 앞뒤 발자국이 모두 발견되어 2족 보행에서 4족 보행을 입증하는 열쇠가 되었다. 이곳에서 발견되는 물갈퀴새 화석은 9000만 년 전 것으로 세계에서 가장 오래된 발자국이며, 플라밍고와 오리와 비슷한 2종이 존재했다는 사실을 알려 준다.

### 2.3 보존처리 이력

- 2011년, 화석지 보존처리, 제2보호각, 제3보호각, 야외 화석지 3곳
- 2014년, 화석지 보존처리, 제1보호각, 제3보호각
- 2015년, 야외화석지 3곳
- 2016년, 화석지 보존처리, 제2보호각, 제3보호각
- 2017년, 화석지 보존처리, 제1보호각

### Ⅲ. 현황

#### 3.1 주변현황

해남 우항리 화석지는 행정구역상 전남 해남군 황산면 우항리에 속한다. 과거에 우항리 화석지는 해남만 남쪽에 위치하였으나 지금은 금호방조제에 의해 담수호를 낀 육지로 변하였다. 담수호가 되기 이전까지 이곳 화석지는 조수가 교차된 바닷가였으며 만조가 되었을 때는 지금의 화석지가 대부분 바닷물에 덮여 화석 관찰이 거의 불가능하였다. 지금의 이곳은 일정하게 평균 수면을 유지하고 있는 커다란 담수호의 호숫가이며 잘 발달된 퇴적층의 수려한 경관과 함께 최근에는 새로운 철새 도래지로 각광받고 있다.

우항리 화석지는 해남읍에서 18번 국도를 이용하여 서쪽방향(화원반도)으로 약 18km, 즉 진도방향으로 약 20분쯤 가면 황산면사무소가 소재한 남리가 나온다. 남리에서 북쪽 우항포까지는 2km이며 도보를 이용하면 약 30분이 소요되고 자동차로는 7-8분이 소요된다.



< 금회 보수 대상 위치 >

### 3.2 문화재 현황

#### 1) 제원

- 대형공룡관(제3보호각) : 240m<sup>2</sup>
- 3지구 노출화석지 : 160m<sup>2</sup>

#### 2) 위치



< 금회 보수 대상 - 우항리 공룡박물관 내 위치 >

### 3.3 상태조사

#### 1) 대형공룡관(제3보호각) 240m<sup>2</sup>

전체적으로 다양한 크기와 방향을 보이는 미세한 균열들이 다수 분포한다. 균열이 발생한 틈 사이에는 흰색 결정이 분포하는데 지하수로 유입된 염으로 추정된다. 균열 주변으로는 암석의 파손, 박리, 박락으로 인한 파편이 분포하며 주로 발자국 주변의 균열에서 발견된다.

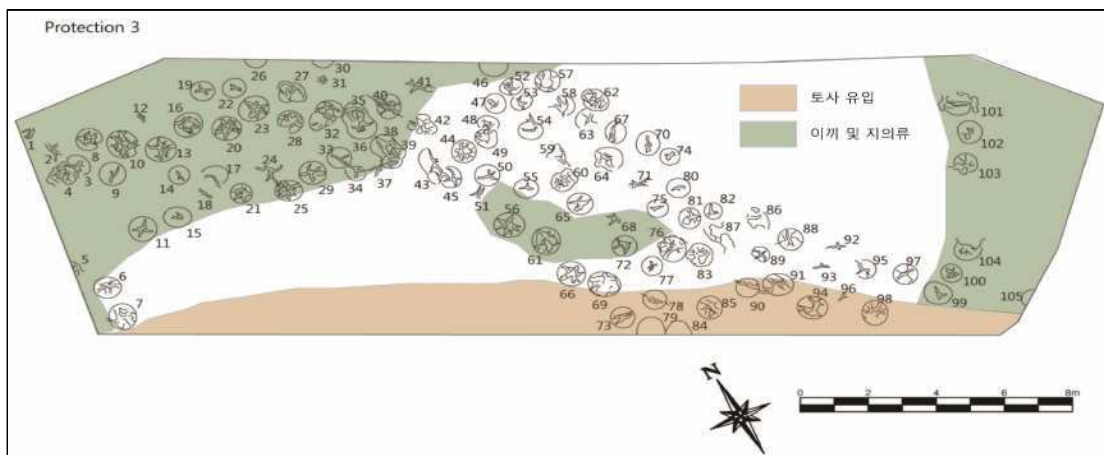
하단부는 지하수로 인해 토사와 염이 함께 유입되었다가 지하수가 유출된 후에는 남은 토사가 화석지의 표면을 덮고, 주변 암석에 이끼가 많이 서식하게 된다.

화석지의 주요 구성 암석인 흑색셰일은 점토광물을 함유하여 흡습성이 크기 때문에 물에 의한 팽창과 수축의 변형 정도가 크다. 특히 건조에 의



한 부피 수축이 일어나면 암석이 갈라지는 균열과 표면층이 얇게 떨어져 나가는 박리가 발생한다. 또한, 지속적으로 유입되는 지하수로 인해 하단부는 토사로 가려져 있으며 염이 계속 유입되면서 결정으로 인한 균열의 범위가 확대되고 있다.

화석지를 보호하기 위해서는 전반적인 세척, 탈염, 파손부에 대한 부분적 접합, 발수 경화 등 보존처리가 필요하다.



<대형공룡관(제3보호각) 오염도>

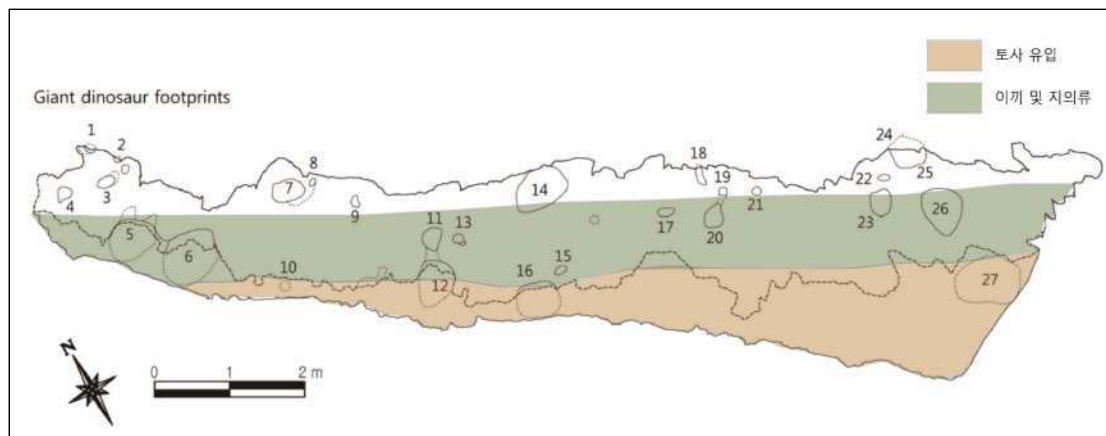
		
대형공룡관 보호각 전경	대형공룡관 화석지 전경	균열부 염 추출
		
화석지-좌(연결사진)	화석지-중(연결사진)	화석지-우(연결사진)

<대형공룡관(제3보호각) 현황사진>

## 2) 노출화석지 160m<sup>2</sup>

전체적으로 다양한 크기와 방향을 보이는 균열들이 다수 분포한다. 화석지의 주요 구성 암석은 응회질사암으로서 3지구 주변의 다른 화석지와는 다른 풍화현상을 보인다. 화석지의 하부는 배후사면에서 흘러내린 토사와 물이 고여 일부 발자국을 가리고 있고, 화석지의 좌측사면은 지표수가 항상 고인 상태로 방치되어 년 중 고등식물, 초본식물, 조류, 미생물, 동물 등이 서식하고 있다. 또한 초대형 발자국 화석 내부에는 물이 고여 있어 식물이 자라면서 토양화가 계속적으로 진행되고 있어서 화석지의 원형유지가 어렵다고 해석된다. 다른 화석지에 비해 특징적인 풍화양상을 보이며 손상 정도도 매우 심하다. 파쇄대가 화석지 상부에 넓게 나타나며 노출된 발자국의 대부분을 포함하고 있으므로 발자국 원형의 유실이 심각하게 진행되고 있는 상황이다. 다양한 형태의 균열 주변으로는 암석의 파손, 박리, 박락으로 인한 파편이 분포하며, 다수의 박락된 화석표면의 파편이 풍우로 인해 화석지의 경사면을 따라 흘러 내려와 원위치를 파악하기 어렵고, 부스러지는 특성상 파편위치 확인 즉시 주의하여 접합하지 않으면 유실의 위험성이 매우 높다. 일부 보호막이 설치되어 있음에도 풍우로 인하여 발자국 내부에 우수나 낙엽 등 이물질이 유입되어 화석지의 풍화가 가속되는 실정이다. 화학적 풍화양상으로는 갈색 및 흑색변색이 화석지 대부분에 분포되어 있으며, 지하수와 우수로 침수되었다가 건조되기를 반복하는 과정에서 화석지 표면이 이끼 및 지의류로 인해 검게 변색되었다.

화석지를 보호하기 위해서는 전반적인 세척, 탈염, 파손부에 대한 부분적 접합, 발수 경화 등 보존처리가 필요하다.



<노출화석지(초대형) 오염도>

노출화석지 보호각 전경	노출화석지 전경	파손부
노출화석지-좌(연결사진)	노출화석지-중(연결사진)	노출화석지-우(연결사진)

<노출화석지(초대형) 현황사진>

## IV. 회 의

### 4.1 자문회의

- 공 사 명 : 해남 우항리 제3보호각 및 노출화석 보존처리
- 공사기간 : 2020년 7월 14일 - 2020년 10월 11일
- 발 주 처 : 해남군청
- 시 공 자 : (주) 영 인
- 감 리 자 : 동남건축사무소
- 감 독 관 : 해남군공룡화석지사업소 김승기 운영팀장  
해남군공룡화석지사업소 정선오 학예사
- 일 시 : 2020년 7월 22일 오후 2시
- 장 소 : 해남 우항리 제3보호각, 노출화석지
- 자문위원 : 정광용 (전통문화대학교 보존과학과 교수)
- 참 석 자 : 감독관 김승기 (해남공룡화석지사업소 운영팀장)  
정선오 (해남공룡화석지사업소 학예사)  
감리 이형재 (동남건축사무소 대표)  
주)영인 대표 이영훈  
현장대리인 황인숙 (보존과학기술자)

## 4.2 관계자 회의

### 1) 2020년 9월 9일 중간보고 및 추후공사 진행에 대한 논의

- 참 석 자 : 감독관 정선오 (해남공룡화석지사업소 학예사)  
감리 이형재 (동남건축사무소 대표)  
주)영인 대표 이영훈  
현장대리인 황인숙 (보존과학기술자)

### 2) 2020년 9월 16일 추후공사 진행에 대한 관계자 의견교환

- 참 석 자 : 감독관 김승기 (해남공룡화석지사업소 운영팀장)  
감독관 정선오 (해남공룡화석지사업소 학예사)  
주)영인 대표 이영훈  
현장대리인 황인숙 (보존과학기술자)  
이행훈(주 영인 상무)  
박영희(보존처리 기능자)

### 3) 2020년 9월 26일 추후공사에 대한 관계자 의견교환

- 참 석 자 : 감독관 김승기 (해남공룡화석지사업소 운영팀장)  
감독관 정선오 (해남공룡화석지사업소 학예사)  
감리 이형재 (동남건축사무소 대표)  
주)영인 현장대리인 황인숙 (보존과학기술자)

### 4.3 회의 결과 추가된 사항

- **접합 및 복원, 강화처리에 대상지에 대한 세부사항**

- 접합 및 복원은 화석지 발자국을 중심으로 건식세척 시 표면박락이 심하여 유실의 위험성이 높은 파편은 미리 접합하도록 한다.
- 접합 및 복원용 합성수지는 석조문화재용 에폭시 수지 L-30을 사용한다. 분자 내에 반응성 에폭시기를 2개 이상 가진 비스페놀(HBA)과 에피클로로히드린의 반응으로 유도되는 축합 고분자물질이다.

풍림산업 & 국립문화재연구소에서 개발한 L-30(접합용)에폭시수지의 특징은 석조문화재 수리 복원용으로서 상온에서 경화되고 다른 수지와 비교하여 접착력이 우수하며, 경화제를 혼합하면 경화가 시작되고 100% 경화된 후에 체적의 변화가 없으며 수축이나 균열이 거의 없다.

접착시 압축이 필요치 않고 가열하면 경화시간을 단축할 수 있다.

경화후 적당한 강도를 가지므로 내 충격성, 내진동성이 우수하며 양호한 물리적 특성과 내수성, 내약품성을 비롯한 화학적 저항력이 우수하다.

무취, 무독성으로 석분, 탈크, 안료, 유리섬유 등의 충전제를 임의의 비율로 다량 첨가할 수 있는 특성과 경화제를 첨가하지 않으면 기후나 온도에 관계없이 장기보관 및 저장이 가능하다.

비가역적이고 수축시의 높은 응력 및 황변화 등의 단점이 있다.

- 화석지 암석표면의 풍화가 진행되는 것을 방지하기 위한 강화처리는 야외 노출화석지는 3회 도포하되, 제3보호각 내 화석지는 가능한 수분에 의한 영향이 적은 부분에 한하여 강화처리를 실시한다.
- 발수 및 강화처리용 합성수지는 SILRES OH-100를 사용한다.

독일 Wacker사의 SILRES OH-100: OH-100은 규소수지라고도하며 규소와 산소가 번갈아 위치하는 실록산(Si-O-Si)결합으로 규소가 뼈대를 이룬다. 가수분해 및 축합반응으로 상온에서 공기 또는 암석 중에 있는 수분과 반응하여 무기고분자인 폴리실록산유도체를 생성시켜 안정된 화합물로서 암석과 공존한다.

생성된 실리콘유도체는 열적 및 화학적으로 매우 안정된 물질로서 방수

효과, 표면강화, 열에 대한 저항력증가 및 기계적 강도를 증가시킨다.

그러나 이들 합성수지경화처리제의 문제점은 접착력이 약하기 때문에 미세한 균열부위의 접착충전이 불가능하며 약화된 석재표면의 경화처리 시 표면의 색이 검어져서 다량의 수지를 함침시키기 어렵고, 발수성은 우수하지만 암석내부로부터 상승하는 가용성염류를 함유한 물이 발수층의 방해로 빠져나오지 못하고 발수층 내측에 염분의 결정화가 생겨 암석표면의 균열과 박락을 일으킬 우려가 있다.

- 화석지에 대한 환경적인 요인과 지질학적 요인, 암석의 조직, 암석의 물성, 암석에 함유된 염성분 연구, 보존처리제 선정 및 처리방법 연구, 화석지 암석의 종류별 보존처리제 제시, 훼손된 부위의 복원재료 제시 및 복원에 대한 사항은 부득이한 경우를 제외하고는 최대한 기존에 연구된 자료를 활용한다.



- 보존처리시 사용할 약품에 대한 상세목록

접합 및 복원 : L-30 주제 + L-30 경화제




강화처리 : SILRES OH-100





## 해남 우항리 제3보호각 및 노출화석 보존처리 자문회의 의견서

사 업 명	해남 우항리 제3보호각 및 노출화석 보존처리
일 시	2020년 7월 22일
자 문 의 건	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 해남 우항리 제3보호각 및 노출화석지 주변은 건수, 지하수 등의 영향으로 식생식물 등이 자라고 있으며, 특히 염분에 의한 백화현상이 발생되고 있다.</li> <li>○ 화석지의 주요 구성 암석인 흑색세일은 흡습성이 크기 때문에 물에 의한 팽창, 수축, 건조 등이 반복되면서 암석의 균열과 표면층이 떨어져 나가는 박리가 발생되어 보존처리가 필요하다.</li> <li>○ 제3보호각 및 노출화석의 보존처리는 사업지침, 설계도서 및 자문의견 등을 반영하여 처리한다.</li> <li>○ 제3보호각의 발자국 내부 및 균열부 등에 발생되어 있는 백색 물질의 과학적 분석을 실시하여 원인을 규명하며, 세척시 이를 반영하여 처리 한다.</li> <li>○ 제3보호각 및 노출화석 주변의 식생생물 및 이끼류 등은 건식세척과 습식세척을 병행하여 처리한다.</li> <li>○ 염분의 영향으로 형성된 백화물질은 탈염처리를 충분히 실시하며, 균열 부 및 내부에 등에 고착되어 있는 염분은 암석에 피해가 가지 않도록 주의 하면서 소도구 등을 이용하여 안전하게 제거한다.</li> <li>○ 화석지 균열부 및 판상 박리되는 암석에 한하여 수지로 접합하며, 고색 처리는 주변 암석 파면을 분말화 하여 사용한다.</li> <li>○ 화석지 암석 표면의 풍화가 진행되는 것을 방지하기 위해 암석강화처리를 실시하되, 가능한 수분에 의한 영향이 적은 부분에 한하여 도포될 수 있도록 분무한다.</li> </ul>
<p>상기와 같이 『해남 우항리 제3보호각 및 노출화석 보존처리 공사』에 대한 검토의견을 제출합니다.</p> <p style="text-align: right;">2020년 7월 22일</p> <p style="text-align: right;">한국전통문화대학교 교수 정 광 용 </p>	

## V. 보존처리 내용

### 5.1 보존처리 대상 및 범위

- 보존처리 대상지 400m<sup>2</sup>
- 대형공룡관(제3보호각) : 240m<sup>2</sup>
- 노출화석지 : 160m<sup>2</sup>

### 5.2 보존처리 공사 내용

- 문화재 분석(XRF 성분분석, 현미경촬영)
- 3보호각 및 노출화석지의 공룡 · 익룡 · 새발자국 화석의 백화현상, 먼지, 이끼, 식물서식으로 인해 발생하는 오염에 대한 건식, 습식 세척
- 결정화된 염을 용해시켜 제거하기 위한 탈염처리
- 박리, 박락 등 파손된 화석지 파편에 대한 접합 및 복원, 표면 경화를 위한 강화처리

#### 1) 대형 공룡관 (240m<sup>2</sup>)

- 문화재 분석 (XRF 성분분석, 현미경촬영)
- 사전조사 : 사진촬영, 제원 측정, 훼손도 작성
- 보존처리 : 건식세척, 습식세척, 탈염, 접합 및 복원, 강화처리
- 보고서 : 보존처리 전, 보존처리 후 사진 촬영 및 보존처리 내용
- 보고서 작성

#### 2) 3지구 노출 화석지 (160m<sup>2</sup>)

- 사전조사 : 사진촬영, 제원 측정, 훼손도 작성, 문화재 분석
- 보존처리 : 건식세척, 습식세척, 탈염, 접합 및 복원, 강화처리
- 보고서 : 보존처리 전, 보존처리 후 사진 촬영 및 보존처리 내용  
보고서 작성

### 5.3 보존처리 전·후 세부지침

- 보호각 내 공룡·익룡·새발자국 화석의 손상현황 예비조사를 실시하고 훼손도를 작성한다.
- 화석지의 오염물질에 대해서는 붓과 치과용 소도구를 이용한 건식세척과 증류수·화학약품 및 세척도구를 이용한 습식세척, 살생물제를 이용한 주변 유해생물 제거법을 사용한다.
- 화석지의 백화현상의 원인이 되는 물질은 시료를 채취하여 성분 분석하고 현미경 관찰한다.
- 보존처리 재료(탈염제, 강화제 등)는 문화재 수리 복원용으로 공인된 것이나 국립문화재연구소에서 권장하는 재료를 사용하고 반드시 임상실험 및 현장 적용성 실험결과를 반영한다.
- 화석의 현재 상태와 문제점을 평가하여 화석에 손상을 주지 않는 한도에서 보존처리를 실시하며, 특히 발자국 화석 부분은 더욱 세심히 보존처리하도록 한다.
- 화석지 사이트에 대한 환경적인 요인과 지질학적 요인, 암석의 조직, 암석의 물성, 암석에 함유된 염성분 연구, 보존처리제 선정 및 처리방법 연구, 화석지 암석의 종류별 보존처리제 제시, 훼손된 부위의 복원재료 제시 및 복원에 대한 사항은 부득이한 경우를 제외하고는 최대한 기존에 연구된 자료를 활용하여야 한다.
- 보존처리 과정에서 지질학·고생물학적 판단이 필요하거나, 유적의 성격 등에 대한 학술적인 자문이 필요한 경우 관련 전문가를 초빙하여 학술자문회의를 개최하여야 한다.
- 조사과정과 결과를 철저히 기록에 남겨 학술자료는 물론 향후 화석지 보존 등에 관한 기초자료로 활용할 수 있도록 한다.

## 5.4 참여인력

### 현장대리인

황인숙(문화재수리기술자 보존과학 제001195호/문화재학 박사)

### 수리기능인

이영훈 (문화재수리기능자 훈증공 제007087호, 보존처리공 제010016호)

박영이 (문화재수리기능자 보존처리공 제 005890호)

윤정일 (보존처리원)

정선중 (보존처리원)

고 응 (사진촬영 및 보존처리원 조선대 미술대학 석사)

김세훈 (보존처리원 조선대 미술대학 학사)

### 분석

나원주 (문화재수리기술자 제1271호 임산공학박사)

이상옥 (한국전통문화대학교 문화재보존과학과 초빙교원)

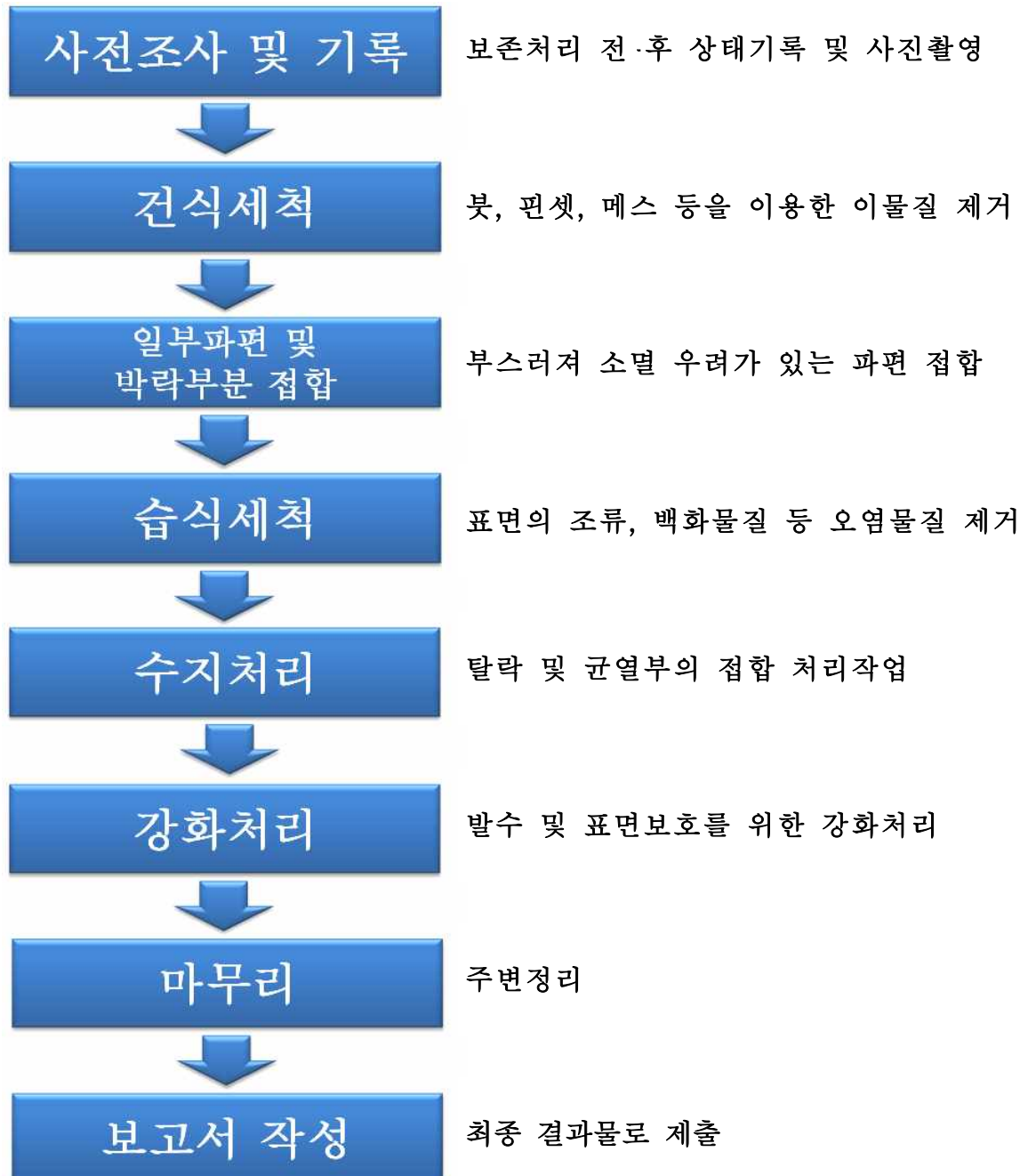
### 보고서작성

황인숙 (주식회사 영인 연구소장/문화재학 박사)

이민서 (이화여대 학사)

## VI. 보존처리 과정

### 6.1 보존처리 공정표



## 6.2 공정별 보존처리 내용

### 1) 사전조사 및 기록

화석지의 보존처리 전의 상태조사 및 사진촬영 등의 예비조사를 실시하였다. 또한 처리과정 전반에 대한 사진촬영과 작업일지를 기록하였다. 발자국은 번호를 붙여 위치확인을 하였다. 백화나 녹조현상이 심한 부분에 대해서는 사진촬영을 하여 공정기록에 남겨두었다. 백화시료는 채취하여 분석을 실시하였고 현미경관찰 사진촬영을 하였다.

### 2) 백화물질 시료 분석자료

- 문화재 분석자료(XRF 성분 분석, 현미경 촬영)



- 문화재 분석 자료를 대상으로 한 세척방법 및 탈염에 대한 사항
  - 화석지 백화현상의 원인이 되는 물질은 시료를 채취하여 성분 분석하고, 현미경 관찰한다.
  - 탈염처리는 가능한 물을 이용하고, 스팀세척으로도 제거되지 않는 염은 화석지 표면이 훼손되지 않도록 주의하여 제거한다.
  - 부득이 약품을 사용할 경우 담당자와 협의하여 문화재 수리 복원용으로 공인된 것이나 국립문화재연구소에서 권장하는 재료를 사용하고 반드시 임상실험 및 현장 적용성 실험결과를 반영한다.

# 초대형 공룡발자국 및 대형공룡관(제3보호각) 디지털현미경 조사 및 성분분석(P-XRF) 보고서

조사자 : 문화재수리기술자 제1271호, 임산공학박사 나원주 (인)

한국전통문화대학교 문화재보존과학과 초빙교원 이상욱 (인)

공룡발자국 화석 주변의 백화현상 원인을 알아보기 위해서 과학적 분석을 실시하였다. 분석은 백화 물질의 결정 형태를 알아보기 위하여 디지털현미경 촬영을 실시하였으며, 화석의 기반암 성분과 백화물질 및 오염물질의 성분을 비교하기 위하여 P-XRF 분석을 이용한 비파괴 성분분석을 현장에서 직접 실시하였다.

## 1. 조사 방법

### 1) 디지털현미경 관찰

화석의 기반암 및 발자국 표면에 육안으로 관찰되는 백색 오염물과 생물학적 오염물(이끼 및 곰팡이 등)의 자세한 표면관찰을 위해, 휴대용 디지털 현미경(DG-3, Scalar)을 이용하여 관찰 및 촬영을 실시하였다. 분석 조건은 100배율 렌즈를 사용, 화석의 각 지점별로 백화와 오염물이 발생한 부분을 중점적으로 조사하였다.



그림 40. 디지털현미경 조사 과정 1



그림 41. 디지털현미경 조사 과정 1

## 2) P-XRF 비파괴 성분분석

공룡발자국 유구에 발생하고 있는 오염인자의 성분을 분석하기 위하여 P-XRF를 이용하였다. P-XRF는 이동형 형광X선 분석장비로 물질이 지니고 있는 성분에 대한 정성분석이 가능하다. 사용된 기기는 P-XRF(Vanta, C-series, USA)가 사용되었으며 분석조건은 Geo chem mode를 사용하였다. Geo chem mode에서는 Beam1 40keV, 10keV를 이용하였으며 분석시간은 각 빔강도에 따라 30초로 분석하였다.



그림 42. P-XRF 성분분석 과정 1



그림 43. P-XRF 성분분석 과정 2



## 2. 조사 위치

### 1) ‘초대형 공룡발자국’ 과학적 조사 위치

초대형 공룡발자국의 과학적 조사는 기반암의 원암 및 관입 암석, 백화 및 오염물질(조류 분비물, 곰팡이 등) 발생, 기존 수지 처리 등을 실시한 위치에 대해, 디지털현미경 및 P-XRF 성분분석을 실시하였다.



그림 44. 초대형 공룡발자국 과학적 조사 위치



그림 45. 초대형 공룡발자국 #1구역 (W-1, W-2)

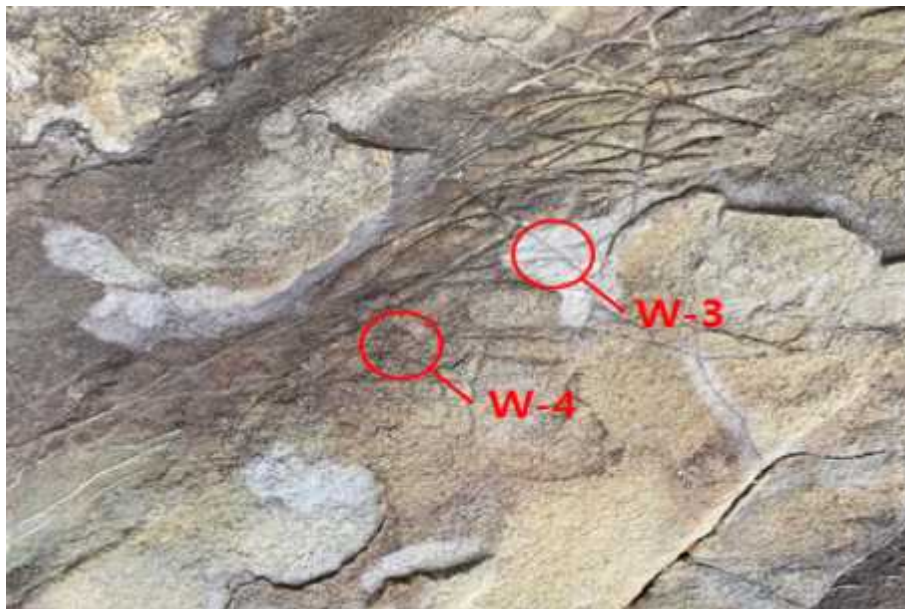


그림 46. 초대형 공룡발자국 #2구역 (W-3, W-4)



그림 47. 초대형 공룡발자국 #3구역 (W-7, W-8, W-9)



그림 48. 초대형 공룡발자국 #4구역 (W-5, W-6)

표 7. ‘초대형 공룡발자국’ 과학적 조사 방법 및 범위

연번	조사 방법		조사 대상	비 고
	디지털현미경	P-XRF		
W-1	○	○	발자국 주변 석재표면	#1구역
W-2	○	○	발자국 풍화석재	
W-3	○	○	발자국 주변 수지부	#2구역
W-4	○	○	발자국 주변 흑색오염부	
W-5	○	○	발자국 주변 백색오염부	#4구역
W-6	○	○	발자국 주변 녹색오염부	
W-7		○	발자국 내부 흑색오염부	#3구역
W-8	○	○	발자국 내부 수지부	
W-9		○	발자국 상부 주변 흑색오염부	



## 2) ‘대형공룡관 (제3보호각)’ 과학적 조사 위치

제3보호각에 위치한 대형공룡관의 과학적 조사는 기반암 원암, 백화 및 오염물질(이끼, 녹조 등) 발생 등에 대해, 디지털현미경 및 P-XRF 성분분석을 실시하였다.

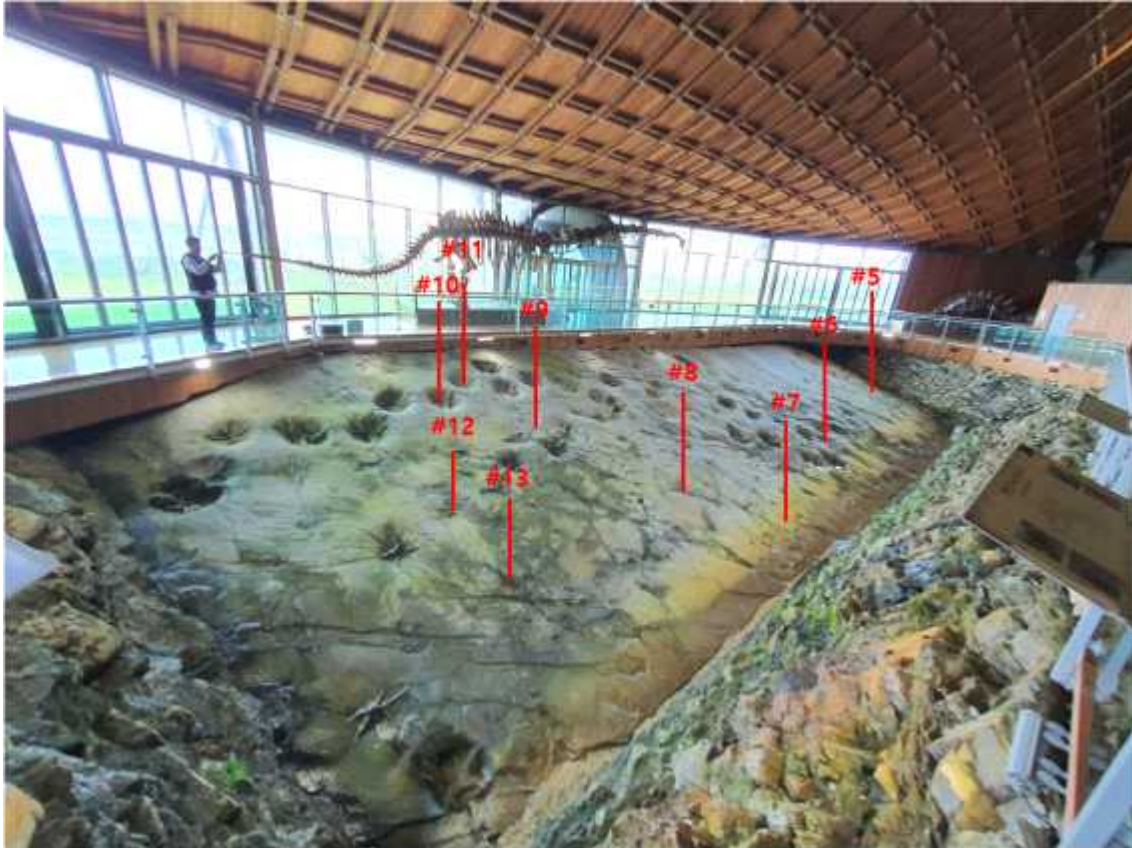


그림 49. 대형공룡관 (제3보호각) 과학적 조사 위치

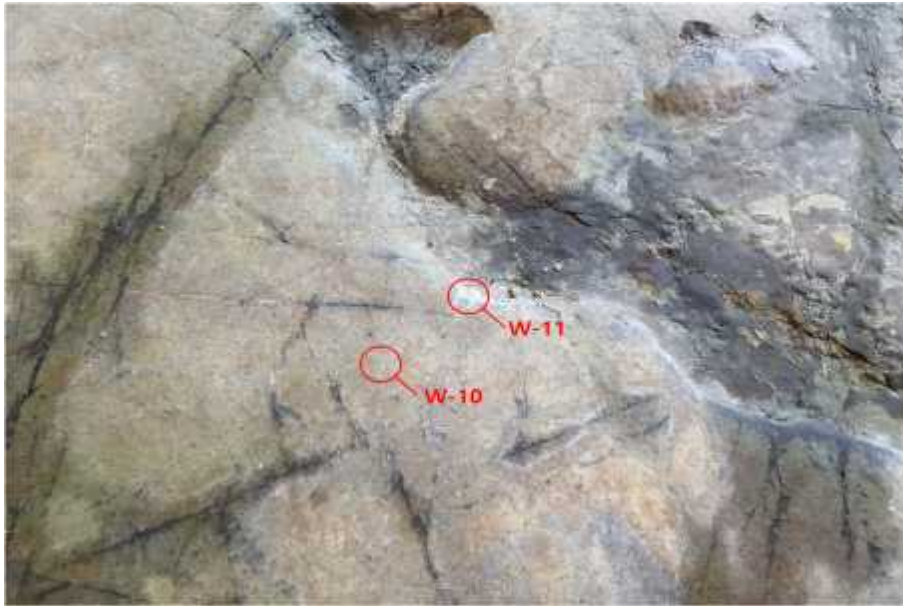


그림 50. 대형공룡관 (제3보호각) #5구역 (W-10, W-11)



그림 51. 대형공룡관 (제3보호각) #6구역 (W-12)



그림 52. 대형공룡관 (제3보호각) #7구역 (W-13, W-14)



그림 53. 대형공룡관 (제3보호각) #8구역 (W-15, W-16)





그림 54. 대형공룡관 (제3보호각) #9구역 (W-17)



그림 55. 대형공룡관 (제3보호각) #10구역 (W-18)





그림 56. 대형공룡관 (제3보호각) #11구역 (W-19)

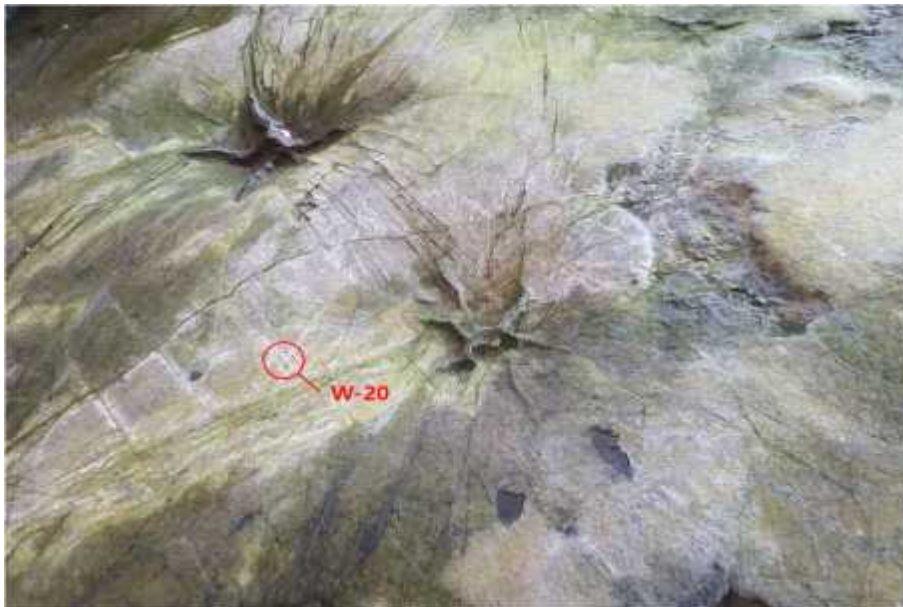


그림 57. 대형공룡관 (제3보호각) #12구역 (W-20)



그림 58. 대형공룡관 (제3보호각) #13구역 (W-21, W-22)

표 8. ‘초대형 공룡발자국’ 과학적 조사 방법 및 범위









연번	조사 방법		조사 대상	비 고
	디지털현미경	P-XRF		
W-10	○	○	발자국 주변 석재표면	#5구역
W-11	○	○	발자국 가장자리 백화물질	
W-12	○	○	발자국 주변 균열부 백화물질	#6구역
W-13	○	○	발자국 주변 균열부 백화물질	#7구역
W-14	○	○	발자국 주변 균열부 백화물질	
W-15	○	○	요철부 가장자리 백화물질	#8구역
W-16	○	○	요철부 가장자리 백화물질	
W-17	○	○	발자국 주변 수지부 백화물질	#9구역
W-18	○	○	발자국 내부 백화물질	#10구역
W-19	○	○	발자국 내부 충전된 오염물질	#11구역
W-20		○	발자국 주변 균열부 백화물질	#12구역
W-21	○	○	발자국 주변 백화물질	#13구역
W-22	○	○	발자국 주변 백화물질 제거부	

### 3. 조사 결과












#### 1) ‘대형 공룡발자국’ 디지털현미경 조사 결과

외부에 노출된 대형 공룡발자국 화석의 원암 및 관입 암석 표면을 관찰하였으며, 화석에 발생한 백화 및 오염물질(곰팡이, 조류 분비물 등) 등을 디지털현미경으로 조사하였다. 그 결과 기존에 수지처리를 실시한 부분의 수지가 노화되어 균열 및 박락이 발생된 것을 확인할 수 있었다. 또한 백화가 발생한 부분은 모두 백색 결정 형태로 기반암에 단단히 고착되어 있는 것으로 확인되었다. 대형 공룡발자국에 발생한 백화 결정은 약 300 ~ 1000 $\mu$ m 크기로 관찰되며, 평균적으로 약 600 $\mu$ m 정도의 백화 결정들이 주로 관찰된다.

표 9. ‘대형 공룡발자국’ 디지털현미경 촬영 결과

디지털현미경 촬영 결과		
육안 위치	현미경( $\times 100$ )	분석 위치
		대형 공룡발자국 1구역 W-1 원암
		대형 공룡발자국 1구역 W-1 백색 관입 암석
		대형 공룡발자국 1구역 W-2 발자국 내부 원암 1
		대형 공룡발자국 1구역 W-2 발자국 내부 원암 2



		대형 공룡발자국 2구역 W-3 기존 수지 처리
		대형 공룡발자국 2구역 W-3 기존 수지 처리 주변 암석
		대형 공룡발자국 2구역 W-4 오염물 - 곰팡이
		대형 공룡발자국 4구역 W-5 조류 분비물
		대형 공룡발자국 4구역 W-6 백화 1
		대형 공룡발자국 4구역 W-6 백화 2
		대형 공룡발자국 3구역 W-8 수지 처리

## 2) ‘대형공룡관 (제3보호각)’ 디지털현미경 조사 결과

제3보호각에 위치한 대형공룡관 화석의 원암 표면을 관찰하였으며, 화석에 발생한 백화 및 오염물질(곰팡이, 이끼, 녹조 등) 등을 디지털현미경으로 조사하였다.


화석 표면에는 녹색 이끼가 관찰되며, 이끼 상부에 백화 발생하여 결정화된 것을 확인할 수 있다. W-19의 발자국 내부에 축적된 녹색 오염물질은 현미경 관찰을 통해 녹조로 추정되는 섬유소가 관찰된다. 또한 화석 표면 일부에서 기존 보존처리 과정에서 실시한 수지처리부가 관찰되며, 일부 수지가 노화되어 균열 및 박락이 발생된 것을 확인할 수 있었다.









백화가 발생한 부분은 모두 백색 결정 형태로 기반암에 단단히 고착되어 있는 것으로 확인되었다. 화석 표면에 발생한 백화는 육안으로 ‘백화 발생이 확인되기 시작하는 단계’와 ‘백화가 확연히 확인되는 단계’로 크게 구분할 수 있다. 백화가 발생하기 시작하는 단계에서 현미경 관찰할 때 백화 결정이 평균적으로 약 200 $\mu$ m 이하의 작은 결정들이 주를 이루며, 육안으로 관찰할 때 표면에 미세한 백색 분말 정도만이 일부 관찰된다. 백화 발생이 지속되어 결정의 크기가 증가하면 육안으로 백화현상이 확연히 관찰되며, 현미경으로 관찰할 때 평균 600 $\mu$ m 이상의 결정이 다수 관찰된다.

표 10. ‘대형공룡관’ 디지털현미경 촬영 결과

디지털현미경 촬영 결과		
육안 위치	현미경( $\times 100$ )	분석 위치
		대형공룡관 5구역 W-10 원암
		대형공룡관 5구역 W-11 백화 발생 - 초기
		대형공룡관 6구역 W-12 이끼 발생



		대형공룡관 6구역 W-12 이끼 위에 백화
		대형공룡관 7구역 W-13 백화 발생 - 중기
		대형공룡관 7구역 W-13 백화 발생 - 후기
		대형공룡관 7구역 W-14 균열부 백화
		대형공룡관 8구역 W-15 요철부 가장자리 백화
		대형공룡관 8구역 W-16 요철부 가장자리 백화
		대형공룡관 9구역 W-17 수지 처리한 부분

		<p>대형공룡관 10구역 W-18 발자국 내부 백화 물질</p>
		<p>대형공룡관 11구역 W-19 발자국 내부 축적된 오염물 (녹조 추정)</p>
		<p>대형공룡관 13구역 W-21 백화 물질</p>
		<p>대형공룡관 13구역 W-22 백화 물질 제거부</p>

### 3) ‘초대형 공룡발자국’과 ‘대형공룡관(제3보호각)’에 대한 P-XRF 성분분석 결과

외부 노출환경에서 보호각 아래에 조성된 ‘초대형 공룡발자국’ 유구의 경우 건물 내부 환경에 조성된 ‘대형공룡관(제3보호각)’ 유구보다 칼슘성분(Ca)과 황성분(S)이 상대적으로 적게 분포되어 나타난다. 또한 ‘초대형 공룡발자국’ 유구에서는 육안상 백화현상이 발생한 부분도 적게 나타나며, 일부에서 관찰된 백화물질(W-5)은 칼슘(Ca)과 티탄(Ti)에 의한 염물질로 추정된다. 이와는 다른 양상으로 백화현상이 관찰되는 ‘대형공룡관(제3보호각)’ 유구의 경우 백화물질의 주성분이 칼슘과 황으로 구성된 석고( $\text{CaSO}_4$ )로 추정되며, 이는 물이 흐른 자국에서 백화물질이 제거된 부분(W-22)과 백화현상부분(W-21)에서의 황성분 함량차이가 나타나는 것에서 확인 가능하다. 석고성분은 암석과 해수에서 비롯된 칼슘이온과 황이온의 결합으로 조성되며 수분에 의하여 쉽게 용해되는 특성을 지니고 있다.

‘초대형 공룡발자국’ 유구에서는 흑색변색부가 다수 관찰되어 나타나며, 이에 대한 성분분석결과 망간(Mn)이 검출되어 나타나기 때문에 망간에 의한 변색으로 추정되었다. 조암광물에서 이동성이 높은 알칼리금속과 알칼리토금속은  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ 이 있으며 이동성이 낮은 화학종인  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ 에 비하여 쉽게 용탈되기 때문에 원소함량비율의 차이가 발생한다. 이로 인하여 암석의 풍화가 발생하게 되는데, ‘초대형 공룡발자국’ 유구의 풍화가 발생한 부분(W-2)에 대한 성분분석 결과 알루미늄(Al)이 높은 함량으로 검출되었으며 이는 석재의 풍화로 인한 현상으로 추정된다.



표 11. ‘초대형 공룡발자국’과 ‘대형공룡관(제3보호각)’에 대한 P-XRF 성분분석 결과

연번	주성분	조사 대상	비 고
W-1	Si >> Al >> K, Ca, Fe, Ti	발자국 주변 석재표면	#1
W-2	Si >> Al >> K, Ca, Fe, Ti	발자국 풍화석재	
W-3	Si >> Al >> K, Ca, Fe, Ti	발자국 주변 수지부	#2
W-4	Si >> Al >> Mn, K, Ca, Fe, Ti	발자국 주변 흑색오염부	
W-5	Si >> Al >> K, Ca, Fe, Ti	발자국 주변 백색오염부	#4
W-6	Si >> Al >> K, Ca, Fe, Ti	발자국 주변 녹색오염부	
W-7	Si >> Al >> Mn, K, Ca, Fe, Ti	발자국 내부 흑색오염부	#3
W-8	Si >> Al >> K, Ca, Fe, Ti	발자국 내부 수지부	
W-9	Si >> Al >> K, Ca, Fe, Ti	발자국 상부 주변 흑색오염부	
W-10	Si >> Al >> K, Ca, Fe, Ti	발자국 주변 석재표면	#5
W-11	Si >> Al > S > Ca, K, Fe, Ti	발자국 가장자리 백화물질	
W-12	Si >> Al, S > Ca, K, Fe, Ti	발자국 주변 균열부 백화물질	#6
W-13	Si >> Al, S > Ca, K, Fe, Ti	발자국 주변 균열부 백화물질	#7
W-14	Si >> Al, S > Ca, K, Fe, Ti	발자국 주변 균열부 백화물질	
W-15	Si >> Al, S > Ca, K, Fe, Ti	요철부 가장자리 백화물질	#8
W-16	Si >> Al >> K, Ca, S, Fe, Ti	요철부 가장자리 백화물질	
W-17	Si >> Al >> K, Ca, S, Fe, Ti	발자국 주변 수지부 백화물질	#9
W-18	Si >> Al >> K, Ca, S, Fe, Ti	발자국 내부 백화물질	#10
W-19	Si >> Al >> K, Ca, Fe, Ti	발자국 내부 축적된 오염물질	#11
W-20	Si >> Al, S > Ca, K, Fe, Ti	발자국 주변 균열부 백화물질	#12
W-21	Si >> Al >> K, Ca, S, Fe, Ti	발자국 주변 백화물질	#13
W-22	Si >> Al >> K, Ca, Fe, Ti	발자국 주변 백화물질 제거부	

표 12. ‘초대형 공룡발자국’과 ‘‘대형공룡관(제3보호각)’에 대한 P-XRF 성분분석 결과

No.	Components(wt%)										Total (wt%)
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	S	Mn	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cl	K	Ti	P	
W-1	73.47	15.56	2.75	0.00	0.00	0.03	5.03	3.01	0.01	0.14	100.00
W-2	71.75	<b>16.85</b>	2.85	0.00	0.00	0.05	5.15	3.20	0.01	0.14	100.00
W-3	73.63	14.65	2.82	0.00	0.01	0.24	5.01	3.47	0.03	0.14	100.00
W-4	72.90	15.62	2.83	0.00	<b>0.04</b>	0.11	5.08	3.27	0.01	0.14	100.00
W-5	71.46	14.72	<b>5.05</b>	0.00	0.00	0.15	4.97	2.98	<b>0.53</b>	0.14	100.00
W-6	74.49	14.36	2.80	0.00	0.00	0.17	5.02	3.00	0.02	0.14	100.00
W-7	70.95	16.89	2.96	0.00	0.13	0.10	5.25	3.57	0.01	0.14	100.00
W-8	70.98	16.66	3.01	0.00	0.03	0.21	5.23	3.73	0.02	0.15	100.00
W-9	72.80	15.45	2.94	0.00	0.00	0.20	5.15	3.29	0.03	0.14	100.00
W-10	71.41	16.64	3.00	0.00	0.00	0.29	5.26	3.25	0.01	0.14	100.00
W-11	63.54	16.24	<b>3.91</b>	<b>7.02</b>	0.00	0.20	5.59	3.36	0.01	0.14	100.00
W-12	58.48	15.38	<b>4.66</b>	<b>11.82</b>	0.00	0.32	5.77	3.42	0.02	0.13	100.00
W-13	53.82	15.42	<b>5.49</b>	<b>15.38</b>	0.00	0.33	5.95	3.45	0.02	0.13	100.00
W-14	54.84	15.21	<b>7.12</b>	<b>13.39</b>	0.00	0.25	5.75	3.31	0.01	0.13	100.00
W-15	58.34	15.24	<b>4.66</b>	<b>12.31</b>	0.00	0.18	5.78	3.36	0.01	0.13	100.00
W-16	71.15	14.60	<b>3.67</b>	<b>1.87</b>	0.01	0.34	5.20	3.00	0.02	0.14	100.00
W-17	70.41	15.82	<b>4.93</b>	<b>0.20</b>	0.00	0.26	5.17	3.05	0.02	0.14	100.00
W-18	69.93	15.48	<b>3.54</b>	<b>1.72</b>	0.05	0.58	5.27	3.25	0.05	0.14	100.00
W-19	69.52	17.69	<b>3.22</b>	0.00	0.03	0.47	5.39	3.51	0.02	0.15	100.00
W-20	59.22	15.62	<b>5.06</b>	<b>10.52</b>	0.00	0.29	5.73	3.41	0.02	0.13	100.00
W-21	67.82	16.29	<b>3.52</b>	<b>3.14</b>	0.00	0.31	5.44	3.32	0.01	0.14	100.00
W-22	70.27	17.33	<b>3.15</b>	0.00	0.00	0.37	5.38	3.34	0.02	0.15	100.00

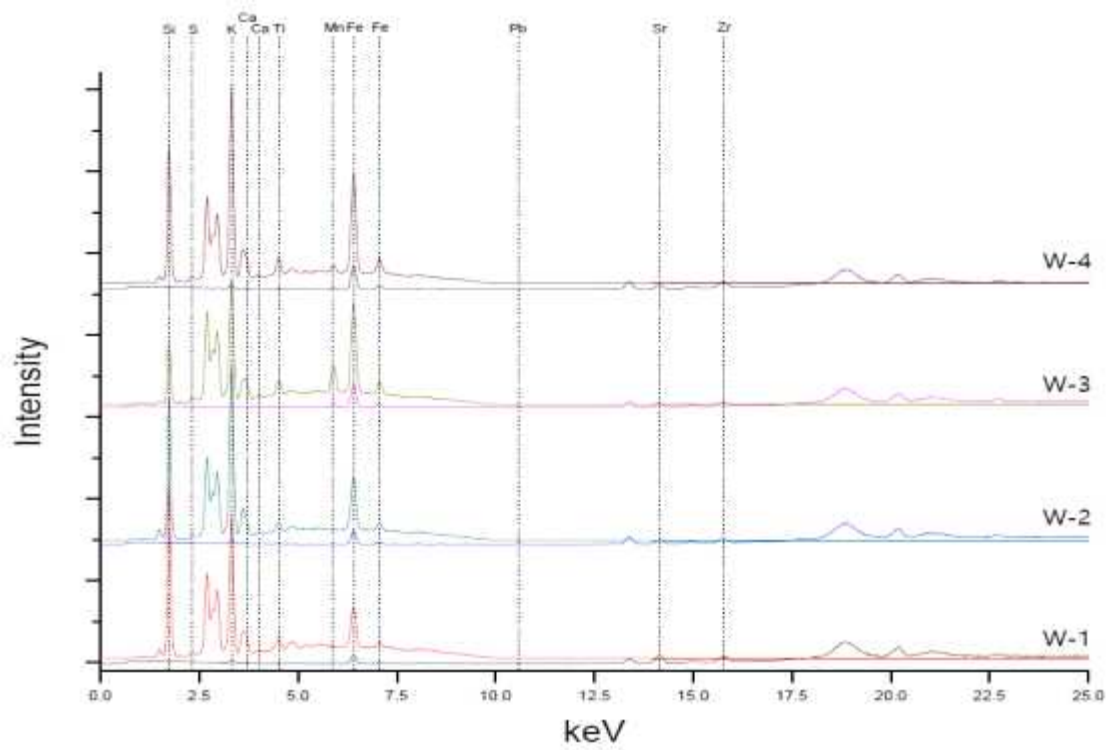


그림 20. P-XRF 스펙트럼 분석결과 (W-1, W-2, W-3, W-4)

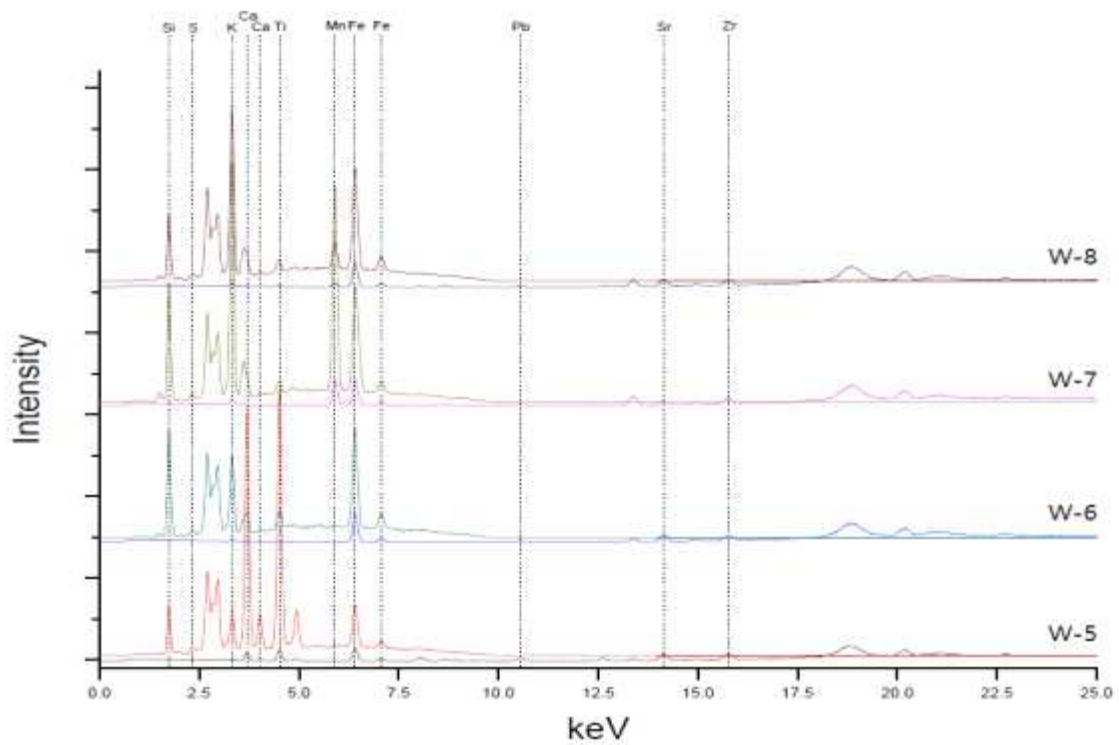


그림 20. P-XRF 스펙트럼 분석결과 (W-5, W-6, W-7, W-8)

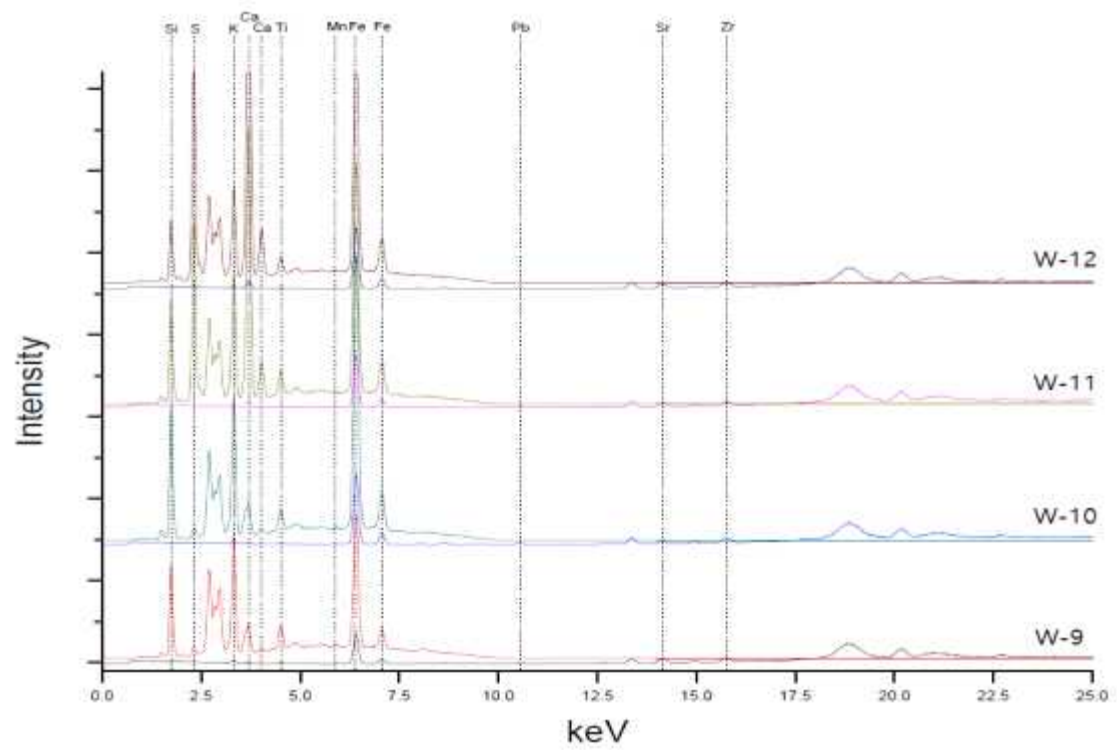


그림 20. P-XRF 스펙트럼 분석결과 (W-9, W-10, W-11, W-12)

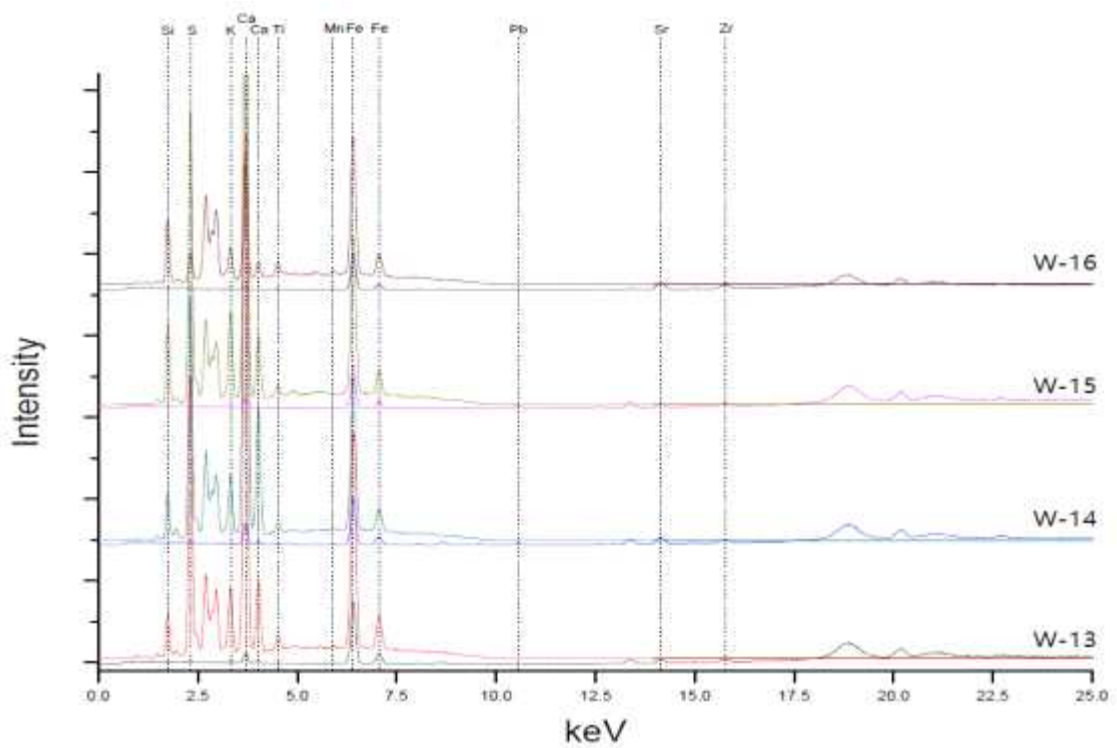


그림 20. P-XRF 스펙트럼 분석결과 (W-13, W-14, W-15, W-16)

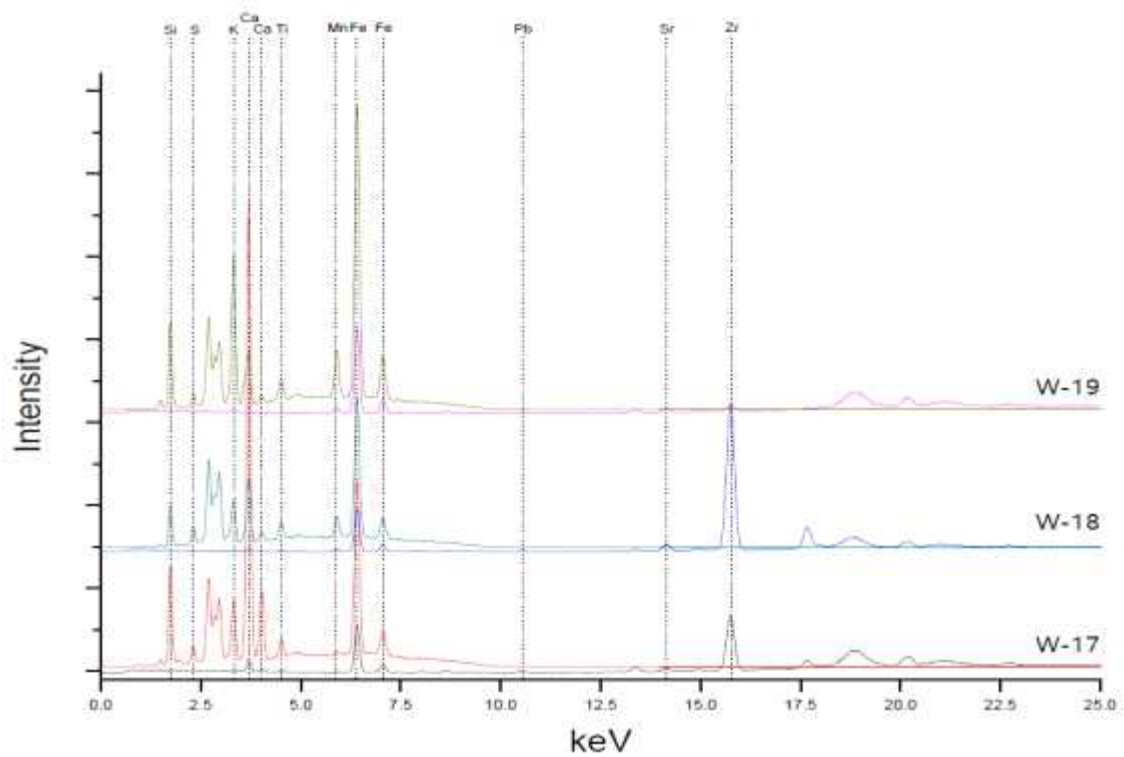


그림 20. P-XRF 스펙트럼 분석결과 (W-17, W-18, W-19)

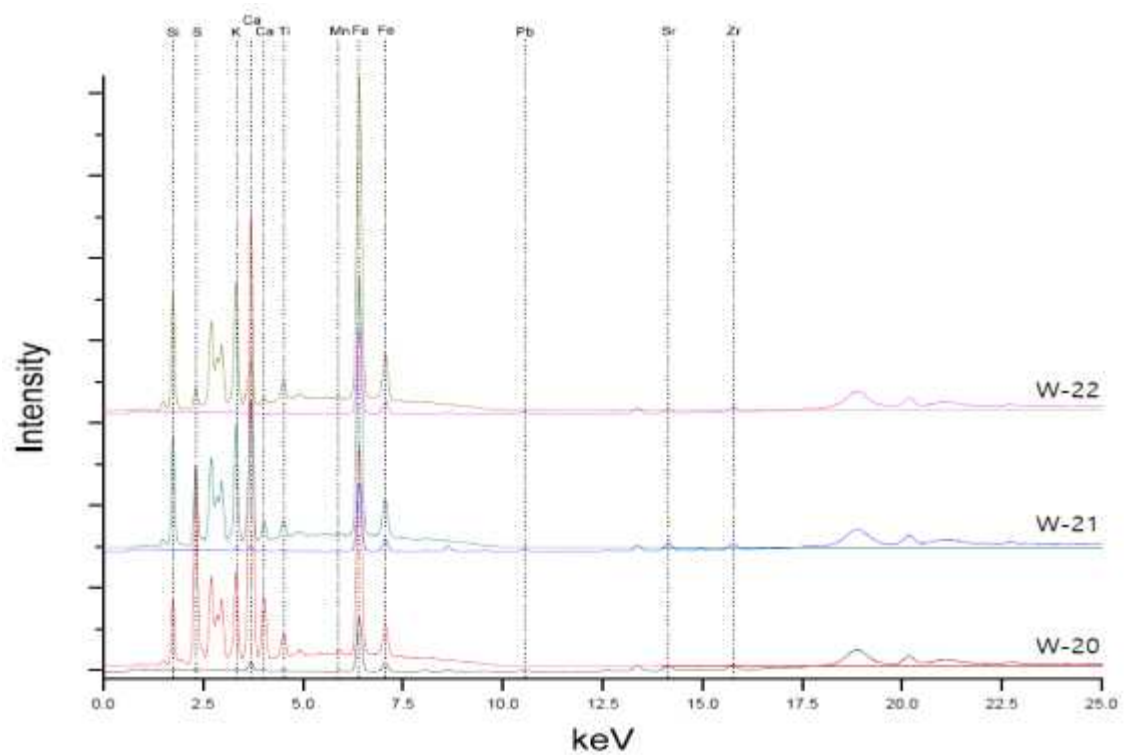


그림 20. P-XRF 스펙트럼 분석결과 (W-20, W-21, W-22)

### 3) 건식세척

건식세척은 붓과 블러워로 먼지와 이물질을 제거한 후 대나무헤라, 핀셋, 메스 등의 소도구를 이용하여 화석표면에 무리가 가지 않는 범위 내에서 제거하였다. 균열부에 생장하는 초본류(잡초)는 뿌리를 제거할 시 주변의 화석이 훼손되지 않도록 주의하여 제거하였다. 단단하게 고착된 이물질은 건식세척 단계에서 무리하게 제거하지 않았다.

관람로 철책과 화석지 사이에 서식하는 각종 식물 및 배후사면에서 흘러들어온 토사나 이물질을 제거하였다. 발자국화석에 착근해서 화석의 토양화를 촉진시키는 다년생 초본식물을 조심히 뽑아내고 제거하였다.

### 4) 일부 파편 및 박락부 접합

화석표면의 심하게 훼손된 박락은 건식세척 단계에서 파편유실이 없도록 접합하였다. 풍우에 의해 화석지 경사면을 따라 흘러내려간 파편 중 위치 확인이 가능한 파편에 한하여 접합을 실시하였다.

### 5) 습식세척(탈염처리)

습식세척은 물을 이용한 브러싱을 기본으로 하고 필요한 경우 소독용 물티슈로 닦아내거나 중성세제를 이용한 화학세척을 실시하였다.

화학약품 및 세척도구를 이용한 기계세척의 경우에는 담당자와 협의하여 이상 유무를 확인 후 실시하였다.

특히 보호각 내부의 환경은 미세조류가 발생하기 쉬운 적절한 온도와 습도, 그리고 영양원이 되는 암석, 모세관을 따라 상승하는 수분으로 경사면이 매우 미끄러운 상태였다. 그리고 퇴적층의 수직사면에는 조류 및 선태류, 초본류가 서식하고 있어 지속적인 생물오염을 가속시킬 우려가 있어 제거하였다. 습식세척과 동시에 배수로 하단의 퇴적토 및 진흙은 브러시 등으로 문질러 배수로에 흘러 세척하였다.

또한 백화가 심하게 발생한 발자국 중심부분은 수차례 물세척하여 스폰지 등으로 흡수시켜 탈염처리와 겸하여 제거하였다.

## 6) 건조 및 수지처리

세척을 완료한 다음 화석지를 자연건조 시킨 후 수지처리를 실시하였다. 접합 및 복원용 합성수지는 석조문화재용 에폭시 수지 L-30을 사용하였다. 화석지 상부 모서리 절단부에 산재해 있는 다수의 파편은 원래의 위치를 가능한 한 추정하여 접합을 실시하였다. 발자국 내부의 흔들리는 편도 접합하여 가능한 한 이질감이 나지 않게 처리하였다.

## 7) 강화처리

화석지 암석표면의 풍화가 진행되는 것을 방지하기 위한 강화처리는 야외 노출화석지는 3회 도포하되, 제3보호각 내 화석지는 가능한 수분에 의한 영향이 적은 부분에 한하여 강화처리를 실시하였다.

발수 및 강화처리용 합성수지는 SILRES OH-100를 사용하였다.

## 8) 주변정리 및 마무리

식물 등의 서식을 최소화하고 물이 고이지 않도록 배수시설 등 응급처치를 실시하였다. 관람로 철책과 화석지 사이에 서식하는 각종 식물 및 배후의 수직사면에서 흘러들어온 토사나 이물질을 제거하였다.

화석지 주변에 서식하는 초본식물은 화석지에 영향을 주지 않도록 살생물제를 살포하여 제거하였다.

## VII. 맺음말

본 공사는 제3보호각 및 노출화석의 공룡발자국 화석지에서 발생한 생물 오염과 백화현상, 경년 및 풍우로 인한 균열, 파손, 박리, 박락에 대한 보존 처리를 실시하였다. 현재 보호각의 내부환경 상 생물오염과 백화현상은 끊임 없이 발생할 것으로 판단되므로 지속적인 보존관리 및 모니터링이 요구된다. 만약 지속적인 관리가 이루어지지 않을 경우 생물과 염에 의한 풍화로 인한 화석지의 계속되는 풍화를 막을 수 없을 것이다.

생물풍화에 대해서는 보호각내부의 공기흐름을 개선하기 위한 적절한 환풍 시설이 필요하며 주기적인 세척을 통하여 생물서식을 제어하여야 한다. 그러나 무리한 세척으로 인하여 연약한 퇴적층이 손상될 우려도 있어 최소한의 세척작업과 더불어 살생물제 등을 활용하는 생물방제 방안에 대해서도 학술 연구 등의 용역을 고려해 볼 필요가 있다.

염에 의한 풍화에 있어서도 백화현상을 일으켜 화석지의 미관상 문제를 야기할 뿐 아니라 응축된 염으로 인하여 표면박락 및 균열을 가속시킬 것으로 우려된다. 또한 모세관 작용으로 화석 층의 균열부를 따라 오르면서 암질표면에 응축하여 흰색 띠를 형성하며 고착되면서 화석표면의 박락을 가속화시킨다.

따라서 주기적인 세척을 통한 탈염으로 암석표면의 염의 고착을 예방하여야 한다. 특히 백화의 원인 물질인 황산나트륨( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ )은 화석지의 염풍화를 일으키는 주된 물질로서 우항리의 지질적 영향이 매우 크다고 판단된다. 단순한 백화현상을 일으키는 물질이 아닌 염풍화의 주된 요소로 고려된다.

노출화석지는 물리·화학적 풍화도 심할 뿐 아니라 생물학적 피해도 매우 심각하였다. 일부 중앙부에 보호각이 설치되어 있기는 하지만 화석지의 사면하부에는 흘러내린 토사와 우수로 발자국의 일부가 피복되어 있고 좌측 하단은 년 중 물이 고여 있어 다양한 동·식물이 서식하고 있었다. 또한 풍우로 인하여 화석지의 균열·박락부분에 유입된 초본식물이 착근하여 균



열부를 확장시키고 토양화가 진행되고 있었다. 발자국 내부에는 장기간 물이 고인 상태로 있기 때문에 동결·융해로 암석이 파손되어 원형을 추정하기 어려운 . 다른 화석지에 비해 특징적인 풍화양상을 보이며 손상 정도도 매우 심하다. 파쇄대가 화석지 상부에 넓게 나타나며 노출된 발자국의 대부분을 포함하고 있으므로 발자국 원형의 유실이 심각하게 진행되고 있는 상황이다. 다양한 형태의 균열 주변으로는 암석의 파손, 박리, 박락으로 인한 파편이 분포하며, 다수의 박락된 화석표면의 파편이 풍우로 인해 화석지의 경사면을 따라 흘러 내려와 원위치를 파악하기 어렵고, 부스러지는 특성상 파편위치 확인 즉시 주의하여 접합하지 않으면 유실의 위험성이 매우 높다. 일부 보호막이 설치되어 있음에도 풍우로 인하여 발자국 내부에 우수나 낙엽 등 이물질이 유입되어 화석지의 풍화가 가속되는 실정이다. 화학적 풍화양상으로는 갈색 및 흑색변색이 화석지 대부분에 분포되어 있으며, 지하수와 우수로 침수되었다가 건조되기를 반복하는 과정에서 화석지 표면이 이끼 및 지의류로 인해 검게 변색되었다. 화석지를 보호하기 위해서는 지속적인 세척, 탈염, 파손부에 대한 부분적 접합, 발수경화 등 보존처리가 중요하지만 주기적 보존처리는 단기적 보존대책에 불과하며, 영구보존을 위해서는 화석지의 모형을 제작한 후 재 매립도 고려해 보아야 할 것이다. 또한 화석지의 장기적인 보존을 위해서는 외부에서 유입되는 우수 및 이물질 유입방지를 최소화 하도록 적합한 보호막 설치가 시급하다.

## VIII. 사진첩

### <자문회의>



<대형공룡관(제3보호각) - 240m<sup>2</sup>>



보호각 외부 전경 보존처리 전



보호각 외부 전경 보존처리 후





내부 전경 보존처리 전



내부 전경 보존처리 후





좌측-연결사진1 보존처리 전



좌측-연결사진1 보존처리 후





우측-연결사진2 보존처리 전



우측-연결사진2 보존처리 후



(가) 균열부 백화(염 결정) 보존처리 전



(가) 균열부 백화(염 결정) 보존처리 후





(나) 균열부 백화(염 결정) 보존처리 전



(나) 균열부 백화(염 결정) 보존처리 후





(다) 하단부 이끼 및 지의류 변색 보존처리 전



(다) 하단부 이끼 및 지의류 변색 보존처리 후



(라) 발자국 내부 박락, 염 결정 보존처리 전



(라) 발자국 내부 박락, 염 결정 보존처리 후



(마) 대형발자국 내부 박락, 박리 보존처리 전



(마) 대형발자국 내부 박락, 박리 보존처리 후

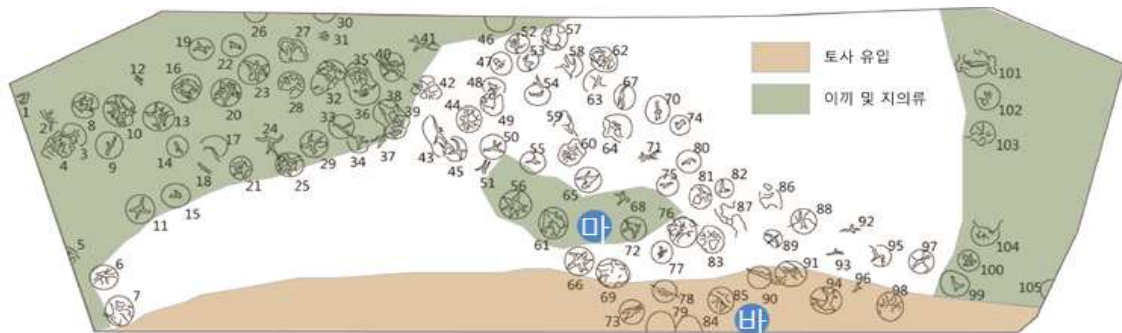
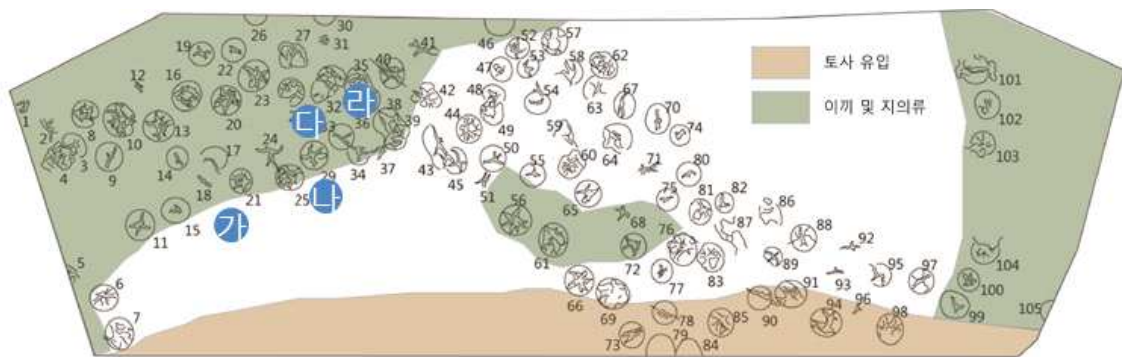




(바) 하단부 토사 유입으로 오염 보존처리 전



(바) 하단부 토사 유입으로 오염 보존처리 후



<노출화석지 - 160m<sup>2</sup>>



노출화석지 보호각 외부 전경 보존처리 전



노출화석지 보호각 외부 전경 보존처리 후





노출화석지 보호각 내부 전경 보존처리 전



노출화석지 보호각 내부 전경 보존처리 후



노출화석지 좌측-연결사진1 보존처리 전



노출화석지 좌측-연결사진1 보존처리 후





노출화석지 우측-연결사진2 보존처리 전



노출화석지 우측-연결사진2 보존처리 후



(사) 가장자리 박리, 박락 보존처리 전



(사) 가장자리 박리, 박락 보존처리 후





(자) 발자국 내부 박락, 박리 보존처리 전



(자) 발자국 내부 박락, 박리 보존처리 후



(아) 균열부 초본류(잡초) 식생 보존처리 전



(아) 균열부 초본류(잡초) 식생 보존처리 후





(차) 균열부 백화(염 결정) 보존처리 전



(차) 균열부 백화(염 결정) 보존처리 후



(카) 상단부 파손 보존처리 전



(카) 상단부 파손 보존처리 후





(파) 토사 유입으로 인한 변색 보존처리 전



(파) 토사 유입으로 인한 변색 보존처리 후



(타) 상단부 복원부 변색 보존처리 전



(타) 상단부 복원부 변색 보존처리 후

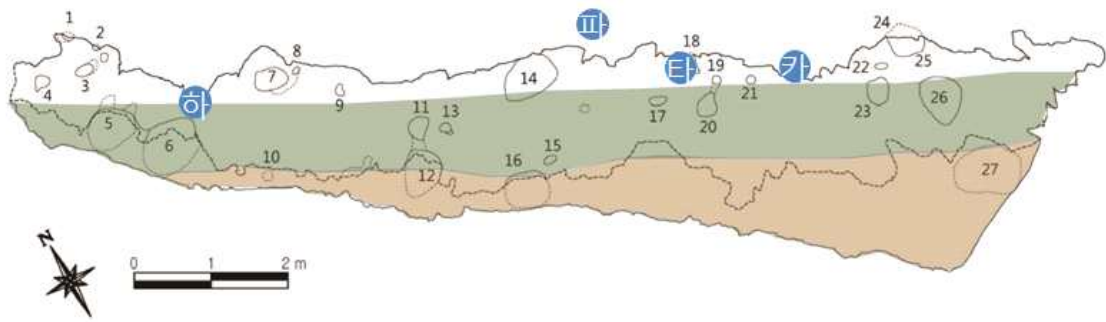
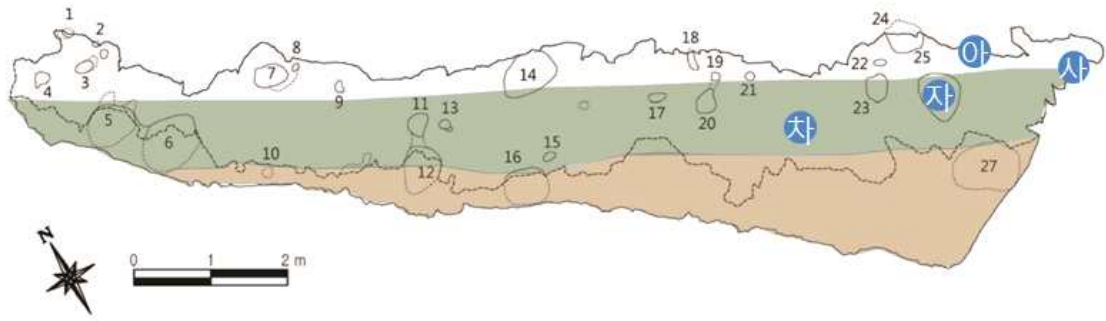




(하) 주변 이물질 유입 보존처리 전



(하) 주변 이물질 유입 보존처리 후







보존처리 전



보존처리 후





보존처리 전



보존처리 후



<제3보호각 번호별 상태>



1



2



3



4



5



6



7



8



9



10



11

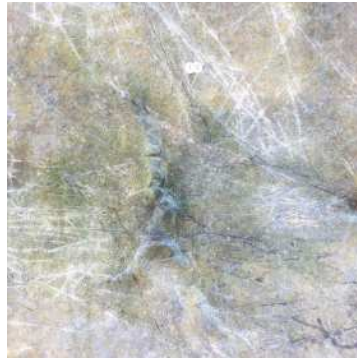


12





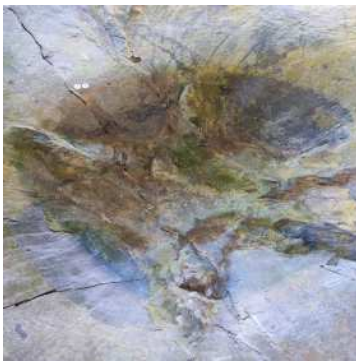
13



14



15



16



17



18



19



20



21



22



23

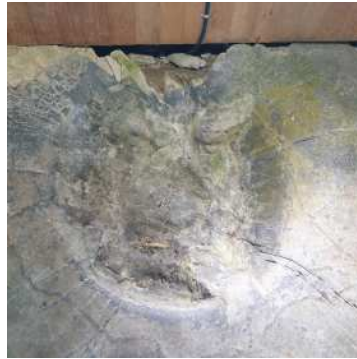


24





25



26



27



28



29



30



31



32



33



34



35



36





37



38



39



40



41



42



43



44



45



46



47



48



49



50



51



52



53



54



55



56



57



58



59



60





61



62



63



64



65



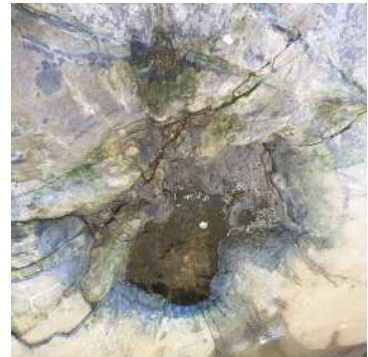
66



67



68



69



70



71



72





73



74



75



76



77



78



79



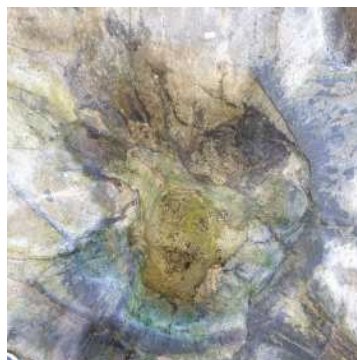
80



81



82



83



84





85



86



87



88



89



90



91



92



93



94



95



96





97



98



99



100



101



102



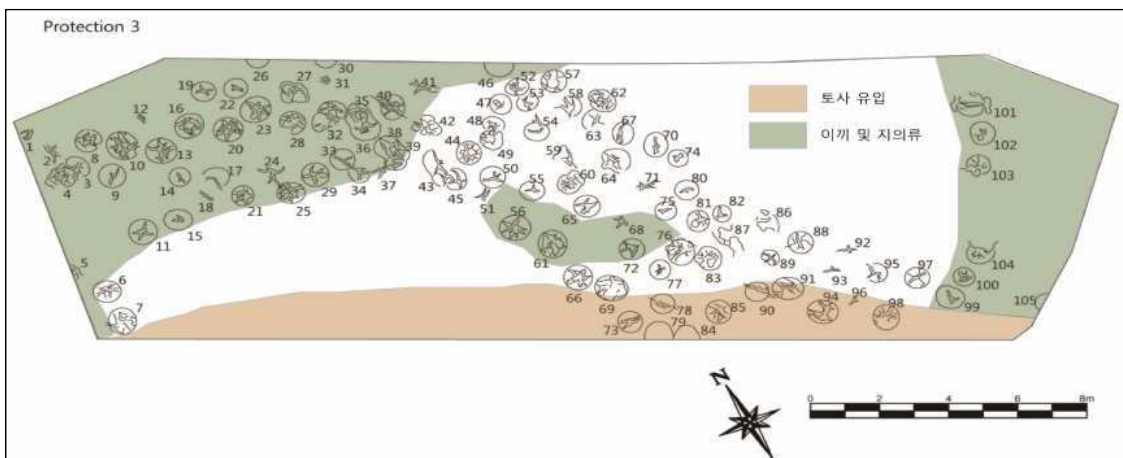
103



104



105





<노출화석지 상태>



1



2



3



4



5



6



7



8



9



10



11



12





13



14



15



16



17



18



19



20



21



22



23



24





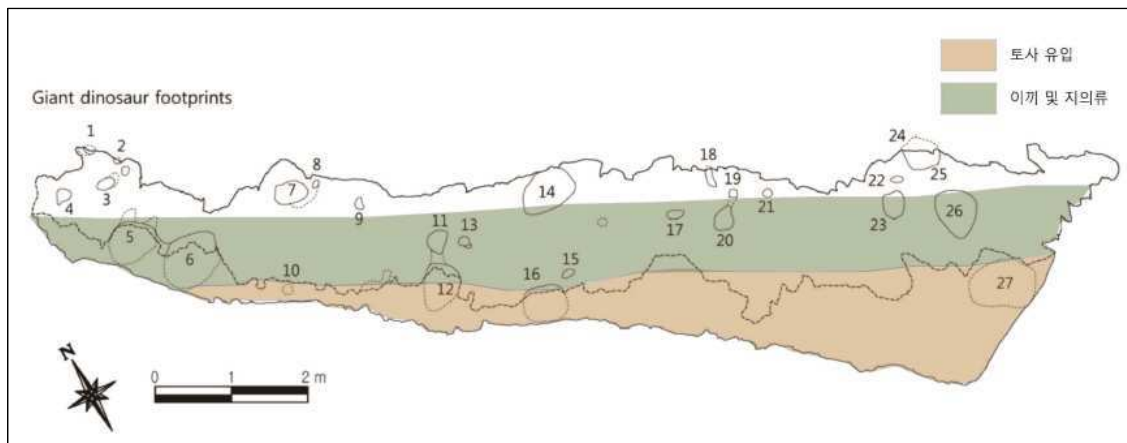
25



26



27



<정리 전 · 후>



정리 전



정리 전



정리 후

### <제3보호각 건식 세척>



4번 세척 전



세척 후



8번 세척 1



세척 2



27번 세척 1



세척 2



32번 세척



세척 후



35번 세척



세척 후



40번 세척



세척 후



42번 세척



세척 후



48번 세척



세척 후

54번 세척

세척 후

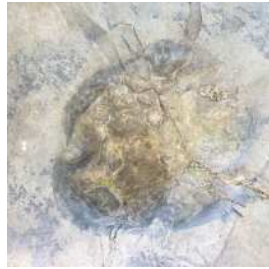
57번 세척

세척 후





62번 세척



세척 후



64번 세척



세척 후



71번 세척



세척 후



80번 세척



세척 후



81번 세척



세척 후



82번 세척



세척 후



83번 세척



세척 후



86번 세척



세척 후

87번 세척

세척 후

88번 세척

세척 후



95번 세척 1



세척 2



16번 세척



23번 세척



38번 세척



41번 세척



43번 세척 후

<제3보호각 습식 세척>





<녹조 · 백화 현상>



녹조



백화



녹조·백화



녹조·백화



녹조·백화



녹조·백화



녹조·백화



녹조·백화



녹조·백화



녹조·백화



녹조·백화



녹조·백화

녹조·백화

녹조·백화

녹조·백화

녹조·백화

녹조·백화

녹조·백화

녹조·백화

녹조·백화



녹조·백화



녹조·백화



녹조·백화



녹조·백화



18번



24번



25번



56번



76번



82번



87번



88번



# <노출화석지 세척>







<제3보호각 접합 및 수지처리>



접합 전



접합 후



접합 전



접합 후



접합 전



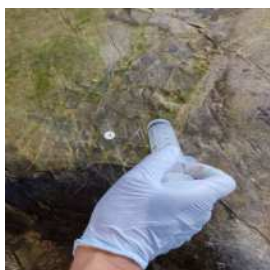
접합 후



접합 전



접합 후



4번 수지처리 1



수지처리 2



8번 수지처리



35번 수지처리

수지처리 2



42번 수지처리



88번 수지처리

<노출화석지 접합 및 수지처리>



접합 전



접합 후



접합 전



접합 후



접합 전



접합 후



접합 전



접합 후

접합 전

접합 후

접합 전

접합 후

접합 전



접합

접합 후

접합

접합

접합

접합

접합





접합 전



접합 후



접합 전



접합 후



접합 전



접합 후



접합 전



접합 후

접합 전

접합 후

접합 전

접합 후

접합 전

접합 후

접합 전

접합 후

접합 전

접합 후

접합 전

접합 후

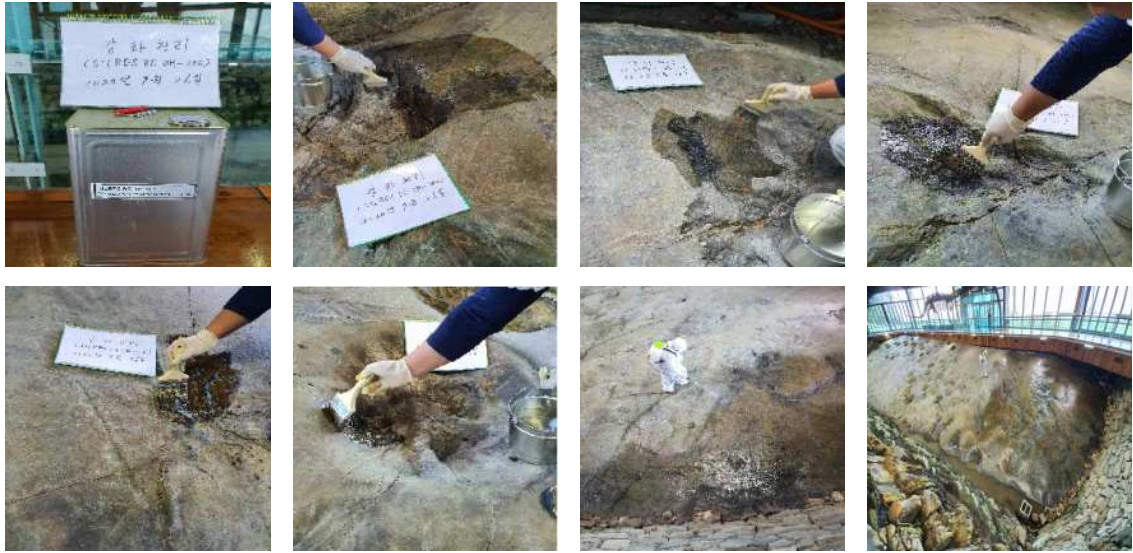








### <제3보호각 강화처리>



### <노출화석지 강화처리>



<노출화석지 주변정리>





<제3보호각>





## <노출화석지>





**해남 우항리 공룡 · 익룡 · 새발자국 화석산지  
제3보호각 및 노출화석 보존처리 보고서**