

# 황강천 유역 최종빙기 하성퇴적층과 고토양층 형성환경과 시기 고찰

- 거창 정장리 일대 제4기 지층을 중심으로

김주용<sup>1</sup> · 양동윤 · 홍세선 · 오진창 · 김진관 · 남옥현 · 이진영 ·  
고상모<sup>2</sup>, 이운수 · 봉필윤<sup>3</sup> · 이현종<sup>4</sup> · 윤호필<sup>5</sup>

## 1. 서론

조사지역은 거창읍내의 황강천과 위천 상류가 합류하는 지점으로서 거창분지 남측의 잔구성 구릉지 위에 위치한다. 거창분지의 북쪽으로는 위천과 황강천에 의해 형성된 넓은 충적지가 펼쳐져 있으며, 남쪽으로는 높은 산들로 둘러싸여 있다. 연구지역 주변의 산지로는 서쪽으로 망덕산(660m), 옥난간산(498m)이, 동쪽으로 일산봉(620m)과 같이 600m 정도의 산지로 둘러싸여 있다. 연구지역의 수계는 위천이 서쪽 산지에서 흘러나와 동쪽으로 진행하다가, 북쪽에서 흘러내려온 황강천과 합류하여 남향한다. 남향하는 황강천은 연구지역 남부에서 대산천과 합류한 후, 하류의 협곡으로 유입된다. 주요 연구지역은 거창분지 중앙 구릉지에 위치하여 있다.

거창분지는 황강과 그의 지류하천이 합류하는 곳에 발달한 산간분지이다. 본 지역에는 비교적 차수가 높은 황강이 흐르고 있으나 주변이 모두 산지로 둘러싸여 있는데다 하곡지도 좁기 때문에 자동차 교통이 열리기 이전에는 외부지역과의 교통이 불편한 폐쇄형 분지에 속하였다. 한편, 거창분지는 분지의 기반암층이 화강암으로 구성되어 있는데 반해서 주변산지는 변성암 또는 화강암으로 구성되어 있다. 그리고 분지를 둘러싼 산지의 일부는 고도가 낮거나 산수사면(散水斜面)의 형태를 이루고 일부는 화강암으로 구성되어 있기 때문에 퇴적물로 덮인 산록면의 발달이 미약한 반면에 평탄한 구릉지형과 1차성 산록완사면(기반암층이 노출되어 있는 산록면)이 넓게 분포하고 있는 것이 특징이다. 거창분지에는 차수가 높은 황강이 분지의 동쪽을 둘러싼 산지 밑을 따라 흐

1 한국지질자원연구원 지질환경재해연구부 산사태/제4기환경연구실

2 한국지질자원연구원 지질기반정보연구부 지질도지구조연구실

3 한국지질자원연구원 석유해저자원연구부 석유가스자원연구실

4 목포대학교 고고학과

5 경남발전연구원 역사문화센터

르고 있기 때문에 산록완사면과 저기복 침식지형이나 구릉지형, 충적성 평지가 모두 황강의 서쪽에 분포하고 있다. 거창분지는 대구분지와 같이 서쪽의 고산지에서 발원한 지류하천이 분지의 중앙부를 가로질러 황강에 합류하고 있다. 거창분지의 지형은 전반적으로 서쪽이 높고 황강이 흐르는 동쪽으로 가면서 낮아진다. 분지에 발달한 지형과 분포상태를 종합하여 볼 때, 지형적 환경이 대구분지나 춘천분지에 유사하다. 산지와 하천 사이에서는 소위 산록완사면과 같은 지형과 하안단구, 그리고 범람원으로 연결되어 있으며, 연구지역은 지형 분포상 하안단구 위에 위치하고 있다. 이 하안단구의 표면과 하천 주변 범람원 표면과는 비고는 약 20m 정도의 차이를 보이고 있다.

본 정장리 유적이 위치한 구릉주변은 거의 같은 시기에 형성된 것으로 보이는 나지막한 소구릉들이 나란히 배열되어 있으며 이러한 지형적 입지는 인간이 거주하기에 매우 좋은 조건을 갖춘 지역임을 시사하고 있다. 특히, 발굴조사 지점은 곡간하천 상류의 충적대지로서 고기 하성역층으로 구성된 하안단구가 발달하며, 이러한 단구면은 선사시대 유적이 입지하기에는 매우 좋은 조건이다. 형태상으로 볼 때, 조사지점은 분지성 지형으로 동서로 뻗은 1개의 구릉과 남북으로 뻗은 2개의 구릉으로 둘러싸여 있다. 거창읍 정장리 유적 일대는 가운데 부분이 안단구지대로서 평탄하며, 남북으로 뻗은 구릉사이로는 소규모의 도랑이 남에서 북으로 흘러간다.

## 2. 연구내용

본 연구에서는 정장리 선사 유적발굴 지점인 제1지구에서 제3지구에 속하는 주요 트랜치 지점(제1지구1트랜치, 제2지구1트랜치, 제2지구2트랜치(북면), 제2지구2트랜치(남면), 그리고 제3지구4트랜치)에 대하여 제4기 퇴적층 분포와 층위분석, 니질과 사질로 구성된 세립질 퇴적물에 대한 입도분석, 지화학 조성분석, 토양유기질화학분석, 방사성탄소 연대측정, 대자율측서, 화분분석 등을 실시하였다. 이러한 연구결과를 바탕으로 본 유적 형성환경과 시기를 해석코자 하였으며 연구결과는 다음과 같다.

## 3. 연구결과

### (1) 대표단면(제2지구제2트랜치) 퇴적층과 층위

제2지구 제2트랜치 발굴단면은 층위구성은 다음과 같다.

- 1) 표토층 (휴무스층, Humus) : 지표에 인위적으로 교란되어 나타나는 표토교란층
- 2) 담갈색 니사질층 : 토양쇄기구조가 나타나는 상위의 담갈색 니사질층이며 상부로 갈수록 토

층색이 연해지며 썰기구조가 희미해진다.

3) 갈색 니질층(제2 문화층) : 토양썰기 구조가 포함된 갈색 내지 암갈색의 니사 질찰흙층으로서 이 안에 석기 유물이 출토되는 제2 문화층이 포함되어 있다. 토양썰기는 상부로 갈수록 넓어지며 하부로 갈수록 수평방향의 썰기구조가 나타난다.

4) 적갈색 니질층(제1 문화층) : 부분적으로 철, 망간의 농집대가 나타나며, 적갈색 니질 찰흙층으로 구성된다. 상부에는 다소 가늘어진 수직 방향의 썰기구조와 더불어 수평방향의 균열성 엽상조직이 널리 발달하여 있으며, 하부로 갈수록 수평, 수직방향의 썰기구조는 현저히 소멸되고 있다. 수직과 수평의 썰기구조 안쪽에는 주변 물질과 입도가 비슷하나 토색은 매질과는 확실히 다른 담황색 혹은 담황회색을 띄고 있다.

5) 갈색니사질층 : 철, 망간수산화물 농집대

6) 회백색니질층 : 철산화대가 우세하게 나타나며, 횡적 연속성이 불량한 수평층리를 보이며, 하부로 갈수록 사질물 함량이 증가한다.

7) 회백색 니질층 : 유기물 포함층이 형성된 이후, 하천이 유적 근처에서 형성되는 과정에서 물의 영향으로 두터운 회색 실트층 속에 큰 강자갈이 다량 포함되어 있다. 이 자갈층은 기준층위로부터 동쪽으로 100여m 떨어져 있는 언덕 사면까지 이어져 암반층 위에 자갈층이 놓여 있다. 따라서 2지구는 동쪽 정상부로부터 기준층 방향으로 사면을 따라 퇴적되는 양상을 보인다.

8) 유기물포함층 : 이 층은 크게 3개 미세 지층으로 세분된다. 상층은 굵은 각력질 모래가 많은 사질 니층이며, 중간층은 굵은 모래와 니질층이 혼재하며 유기물 함량이 증가되어 암회색을 띄고 있다. 아래층은 주로 유기물과 니질물이 침전되어 암회색 유기물 포함층이다.

9) 적갈색 니사질층(자갈층). : 약 60-70cm 두께의 철피막층이 형성되어 있으며, 기질물로 조립 모래가 많이 포함된 왕자갈과 중자갈층이다.

10) 암반 풍화층 : 거정질 흑운모 화강암 풍화대

## (2) 방사성 탄소연대 측정

본 정장리 발굴단면에서 주요 탄소 연대측정 자료를 해석해 보면 다음과 같다.

정장리 유적에서 토양썰기가 많이 발달하며 제2문화층을 구성하는 상부 암갈색 니질 고토양층을 대상으로한 AMS 연대측정 결과, 제1지구(JJ1)의 상부와 하부의 고토양층이 25,700±150 B.P. 28,700±500B.P로 측정되었으며, 제2지구(JJ2)의 상부와 하부의 고토양층은 29,790±300B.P. 28,600±300B.Pfyh 특정되었다. 한편, 정장리 유적에서 제2지구제2트랜취 북벽면과 남벽면에 발달하는 유기질 니층에 대한 탄소연대 측정결과, JJN-2시료에서 >43,290B.P(북단면:204.08-204.18m), JJN-3시료에서 >43,890B.P(북단면:203.98 - 204.08m), JJS-1시료에서 > 43,530B.P (남단면:203.85 - 203.95m), JJS-3시료에서 > 43,290B.P(남단면:204.05 - 204.15m), 그리고 JJS-4시료에서 >43,650BP(남단면 :

204.48 - 204.53m)로 각각 측정되었다.

연대측정 결과, 정장리 유적지는 약 43Ka보다 오래된 하부의 유기질 니층이 포함되는 고기화성 퇴적층과 상부에 토양화가 많이 진행된 니사질 퇴적층으로 구분될 수 있으며, 특히 후자의 경우 약 26-30 Ka에 이르는 연대범위를 보인다.

### (3) 입도분석 결과

#### 1) 입도분류

정장리 제2지구2트랜치(북벽)에서 실시된 세립질 퇴적층의 입도분석 결과, 본 단면에서는 상부로 갈수록 자갈, 모래, 실트, 그리고 점토의 비율이 증감을 되풀이하는 주기성을 보이고 있으며, 전체적으로는 자갈의 비율이 상부로 갈수록 뚜렷이 감소하는 경향을 보이고 있다. 단면의 입도분석 결과, 최하부 시료부터 최상부 시료까지 자갈의 함유비율은 0.57%부터 35.78%까지의 분포를 나타냈으며, 최하부근처인 #52지점(208.3m)에서 최저인 0.57%를 나타냈으며, 최상부근처인 #3지점(204.4m)에서 최고인 35.78%를 나타내고 있다. 이는 과거 수차례의 범람에 의한 퇴적화가 이루어졌지만 최하부 토층단면이 형성될 즈음에 에너지가 가장 큰 유수의 영향을 받은 결과로 퇴적된 환경임을 나타낸다. 모래의 비율은 최하부층에서 최상부층으로 갈수록 점이적으로 증감을 되풀이하는 추세를 보이며, 대체로 상부로 갈수록 증가하는 경향을 보인다. 실트와 점토의 비율은 최하부층에서 최상부층으로 갈수록 점이적으로 증감을 되풀이하며, 설명이 복잡한 분포경향을 보이고 있다. 입도분석에 의하여 자갈, 모래, 실트, 점토의 함유 비율을 산정하여 이를 토대로 삼각분류도에 gravel-sand-mud와 sand-silt-clay를 각각 도시하여 토성을 구분하였다. 전자의 분류에 의하면 거창군 정장리 제2지구 2트랜치 북벽 토층단면 시료는 주로 모래에 의해서 토성이 결정되는 점토질 모래(muddy sand), 미력니질 모래(very slightly gravelly muddy sand), 역니질 모래(very silty muddy sand)의 영역에 주로 분포하며, 부분적으로 역질모래(silty sand)와 심지어는 사질 역(sandy gravel)의 영역에까지 분포한다. 후자에 의한 토성분류에서는 모두가 모래와 실트에 의해 토성이 결정되는 모래(sand)와 실트질 모래(silty sand)의 영역에서 점이적으로 길게 분포하는 경향을 보이고 있다.

#### 2) 입도 통계변수 분포특성

토양과 퇴적물 조직특성 중 입도분포 특성을 통하여 퇴적물 이동특성을 규명하기 위하여 입도 통계변수를 구해야 한다. 입도 통계변수를 구하는 방법은 누적분포곡선을 이용하여 그래프에서  $\Psi_5$ ,  $\Psi_{16}$ ,  $\Psi_{25}$ ,  $\Psi_{50}$ ,  $\Psi_{75}$ ,  $\Psi_{84}$ ,  $\Psi_{95}$  해당 입도를 각각 구하여 공식에 의해 계산하는 방법과 특정 시료의 입자군의 평균값과 표준편차를 이용하여 moment 방법으로 계산하는 방법이 있다. 두 방법은 결과가 유사한 것으로 인정되고 있으며, 어느 방법에 의해서든 평균값, 표준편차, 왜도, 첨

도, 중앙값, 조립질 1% 입도를 각각 구할 수 있다. 입도 평균값은 입도 대표값으로서 최빈값(mode), 중앙값(median), 평균값(mean) 등으로 표시할 수 있다. 입도의 표준편차는 입도의 분급도를 지시해 주며, 분급도는 퇴적물이 퇴적환경에 따라 유수작용이 상이함에 따라 상이한 입자군을 보이는데, 특히 입도군이 평균값에 어느 정도 집중·분산되어 있는지를 나타내는 입도변수이다. 분산도를 지시하는 변수는 값이 작을수록 퇴적물의 분급도는 양호하다. 입도군(size population)에 대한 왜도는 입도빈도 다이어그램상 입도 평균값을 중심으로 분포의 대칭성 정도를 나타내는 수치이며, 음의 왜도로 갈수록 조립질의 분급이 비교적 양호한 상태를 나타내는 것으로 간주된다. 입도군에 대한 첨도는 입도분포 다이어그램의 중앙부에 대한 말단부의 분급 정도를 나타내는 수치이며, 중앙부의 분급상태가 말단부보다 더 양호하면 첨형(leptokurtic)을 나타낸다. 시료의 입도분석은 전체적으로 입자들의 표준 통계변수를 moment 방법으로 산정하였으며, 이 결과 평균값(mean), 표준편차(standard deviation), 왜도(skewness), 첨도(kurtosis)를 구하였으며, 보간법에 의하여 조립질 1%(coarsest 1-percentile)과 중앙값(median)을 각각 구하여 층위단면의 위치에 따른 변수의 수직변화 특성을 분석하였다.

대표단면(제2지구제2트랜치, 북벽)에 대한 입도통계변수 수직분포를 보면, 북벽 입도 평균값은 조립질 실트부터 조립질 모래의 영역에 걸쳐 분포하는 특성을 가지며, 전체적으로  $4.182 \sim 0.746\phi$ 의 비교적 넓은 범위분포를 가진다. 중앙값은 입도평균값과 마찬가지로 조립질 모래부터 세립질 모래의 영역인  $4.155 \sim 0.5\phi$ 의 범위에 분포하며, 입도 평균값이 중앙값에 비해 더 세립질의 경향을 보인다. 수직단면상에서 볼 때 최하부에서 최상부로 갈수록 토층의 입경은 조립화-세립화-조립화를 복잡하게 반복하면서 전체적으로는 상향 세립화하는 양상을 보이고 있다. 입도 표준편차는  $0 \sim 3.049\phi$ 의 범위로 분급도는 분급이 양호(very well sorted)한 것에서부터 불량(poorly sorted)한 것까지 다양한 분포를 보이고 있으며, 단면의 상부에서 분급이 양호한 편이다. 왜도는  $-0.46 \sim 1.294\phi$ 의 범위로 very fine-skewed에서부터 very fine-skewed에 걸쳐 왜도값의 범위가 전 영역에 걸쳐 있다. 표준편차의 경우와 마찬가지로 왜도값도 상부에서는 조립질에 비하여 세립질의 분급도가 더 양호하며, 하부에서는 조립질의 분급도가 더 양호한 상태를 나타내고 있다. 첨도는  $1.294 \sim -0.49\phi$ 의 범위값을 보이며, leptokurtic한 분포로부터 very platykurtic한 분포까지 상당히 복잡하게 나타나지만 전체적으로는 말단부의 분급상태가 다소 양호한 경향을 보이고 있다. 이러한 결과는 토층단면의 표고위치에 따라 에너지의 크기가 다양한 유수의 작용으로 서로 다른 입경의 퇴적물이 운반·퇴적되는 과정에서 퇴적물의 분급이 원활하지 못한 퇴적상황을 나타내고 있다. 조립질 1%(coarsest 1-percentile)의 입도는  $1.833 \sim -0.49\phi$ 로 중립질 모래(medium sand)에서 극조립질모래(very coarse sand)의 범위에 분포한다. 평균값, 중앙값, 조립질 1% 입도에 대하여 전체적으로 본 수직단면에서는 해발고도에 따른 퇴적양상이 주기성을 보이며, 증감을 반복하다가 표토부근에 이르러 상향세립화하는 경향을 나타내고 있다.

#### (4) 대표단면의 광물조성과 지화학 분석

##### 1) 연구대상

거창 장정리 제2지구제2트랜치 단면에서 11개 토양, 퇴적물 시료(JJ 2-5, JJ 2-9, JJ 2-12, JJ 2-15, JJ 2-20, JJ 2-25, JJ 2-30, JJ 2-35, JJ 2-40, JJ 2-45, JJ 2-50)를 대상으로 광물학적 및 지화학적 연구가 수행되었다. 상위에서 하위로 갈수록 JJ 2-50 →JJ 2-45→JJ 2-40→JJ 2-35→JJ 2-30→JJ 2-25→JJ 2-20→JJ 2-15→JJ 2-12→JJ 2-9→JJ 2-5의 번호순으로 구성된다. 총심도는 6.0m이며 시료채취는 12cm 간격으로 50개가 이루어졌으나, 토양, 퇴적물 분석이 수행된 시료는 각 구간의 대표지점으로 인지되는 지점 시료를 취하였으며, 개략적인 간격은 50cm이다.

##### 2) 연구내용

토양, 퇴적층을 구성하는 구성광물 동정과 조직 및 광물특성을 파악키 위해 박편을 제작하여 편광현미경관찰을 수행하였다. 토양, 퇴적물 시료는 극미립(마이크론 크기)의 점토광물을 풍부히 함유하기 때문에 현미경관찰에서는 동정이 불가하며, 보다 정확한 점토광물동정을 위하여 Rigaku DXG 1200 series의 X-선 회절분석기(X-ray diffractometer)를 사용하여 분석되었다. X-선 회절분석은 세립질의 전시료(bulk sample)를 대상 할 뿐만아니라, 2 $\mu$ m 이하 크기의 점토입자 시료 및 점토입자시료를 550 $^{\circ}$ C로 2시간 가열처리 하거나 EG(Ethylene Glycol)를 처리하여 보다 정확하게 점토광물을 동정하였다. 또한 토양, 퇴적물 시료의 지화학적특성을 해석하기 위하여 XRF(X-선 형광분석법)법으로 주성분 산화물에 대한 분석을 수행하였다.

##### 3) 광물과 지화학조성 분석결과

###### ① 토양색

이 발굴단면의 토양색은 표1과 같이 하위로부터 상위로 갈수록 담갈색→담회색→적갈색→담갈색으로 이화되어 간다.

표 1. 거창 장정리 제2지구제2트랜치 토양, 퇴적물 시료의 색상

시료 번호	제 2지구 토양시료										
	JJ 2-5	JJ 2-9	JJ 2-12	JJ 2-15	JJ 2-20	JJ 2-25	JJ 2-30	JJ 2-35	JJ 2-40	JJ 2-45	JJ 2-50
색상	담갈색	담갈색	암갈색	담회색	회백색	담갈색	적갈색	적갈색	담갈색	담갈색	담갈색

## ② 광물조성 및 조직

이 대표단면은 상위에서부터 하위로 갈수록 표토층→니질층, 니사질층 및 사질층의 호층대→풍화암반층으로 변해간다. 니질층, 니사질층 및 사질층의 호층대는 크게 네 단위의 구간으로 구분 가능하다. 최하위 구간 (구간 I)은 담갈색 및 암갈색의 니사질층과 사질층으로 거의 구성되며, JJ 2-5, JJ 2-9 및 JJ 2-12 시료가 이에 속한다. 이 구간 시료들은 결정편 보다는 미립의 입자로 구성되는 기질부가 우세하다. 기질부는 미립의 점토광물들과 산화철 광물과 서로 혼화되어 교결되어 있으며, 작고 불규칙한 형태의 석영이나 장석 결정들이 산재되어 분포한다. 기질부를 이루는 점토광물은 대부분 녹니석, 고령토 광물 및 일라이트로 구성되는데, 일라이트가 가장 우세하게 산출하며 고령토 광물 및 녹니석이 수반되고 있다.

다음 상위구간 (구간 II)은 JJ 2-15, JJ 2-20 및 JJ 2-25 시료로 구성되는 다소 밝은 색인 담회색 및 담갈색의 사질 및 니사질층이다. 이들 시료들은 불규칙하고 커다란 결정의 석영, 미사 장석, 퍼사이트와 사장석이 산출하며, 기질부는 점토광물과 산화철광물이 채우고 있다. 기질부를 구성하는 점토광물은 일라이트가 가장 우세하고 소량의 녹니석 및 고령토 광물이 수반되고 있다.

다음구간 (구간 III)은 JJ 2-30, JJ 2-35 시료로 구성되는 적갈색의 니질 및 니사질층이다. 이 구간 시료들은 특징적으로 산화철 광물 특히 적철석의 함량이 높아 적갈색을 강하게 나타내는 것으로 보인다. 결정편들은 매우 드물게 분포하나 다소 커다란 결정의 석영편이나 다결정질의 석영집합체가 산재한다. 기질부는 산화철광물들과 점토광물이 채우고 있으며, 점토광물류는 일라이트, 고령토광물 및 질석(버미큘라이트)로 구성된다. 녹니석이 매우 드물게 산출하거나 산출치 않는 것이 타 구간과의 차이이다.

다음으로 최상위 구간 (구간 IV)은 JJ2-40, JJ 2-45, JJ 2-50 시료로 구성되며, 공통적으로 담갈색을 띠는것이 특징이다. 이 구간은 기질부가 특징적으로 우세하고 불규칙하고 각진 석영편들이 산재 되거나 모여 있다. 기질부를 이루는 점토광물류들은 녹니석, 일라이트 및 고령토광물이고 서로의 양적 구성비는 유사한 것 같다.

결과적으로 본 대표단면의 퇴적층의 기질부를 이루는 구성광물군은 하위구간에서 일라이트가 풍부하게 산출하고, 중위구간에서는 녹니석 대신 질석이 산출하며, 상위구간에서 공통적으로 녹니석, 일라이트 및 고령토 광물이 산출되는 점이다. 그리고 결정편들은 석영이 가장 우세하나, 중위구간에서는 장석의 결정편들이 매우 우세하게 산출하는 특징을 보인다. 이는 이 구간을 구성하는 퇴적물이 가까운 근원지로부터 짧은 시간에 공급 될 수 있었던 퇴적환경 이었을 것이다. 이 토양, 퇴적단면에서의 구성광물군으로 보아 화강암으로부터 유래되었을 것으로 판단된다.

## ③ 지화학 특성

이 대표단면의 11개 토양, 퇴적물 시료에 대한 주성분원소(산화물)의 화학성분 결과는 표 1과 같다. 이 토양시료의 지화학적 특성은  $\text{SiO}_2$  함량범위가 57~74 wt.%로서 다양한 성분범위를 보이고, 평균함량이 64.29 wt.%로서 중성질(intermediate) 성분을 나타낸다.  $\text{Al}_2\text{O}_3$  함량이

15.4~22.8wt.% (평균함량 18.3 wt.%)으로 다소 높은 값을 보이며,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (총 Fe함량)의 함량은 1.3~8.0 wt.% (평균함량 5.5 wt.%),  $\text{K}_2\text{O}$  함량이 2.0~3.8 wt.% (평균함량 2.7 wt.%) 및  $\text{MgO}$  함량이 0.3~1.3 wt.% (평균함량 0.8 wt.%)를 나타낸다(표 2). 이러한 화학성분의 특성은 토양을 구성하는 결정편과 기질부를 이루는 구성광물인 석영, 장석, 운모, 일라이트, 고령토, 질석, 녹니석의 구성 광물비에 좌우된다. 주 산화물의 화학성분 범위가 다양한 것은 구성광물의 함량비 차이가 크기 때문이다.

심도별 화학성분의 변화도를 보면  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  및  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  함량비가 가장 변화폭이 크며 토양의 지화학성은 이 세종류의 산화물에 크게 지배되고 있음을 알 수 있다. 각 산화물의 화학성분 변화를 보면  $\text{SiO}_2$ 와  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 는 명백한 대칭관계를 보이며, 이는 높은 부의 상관관계를 나타내는 것으로서 석영과 점토광물의 상대적인 함량비 차이에 기인된 것이다. 본 토양 퇴적물 단면의 II 구간은 타 구간에 비해 상대적으로  $\text{SiO}_2$ 가 부화되고  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 가 결핍된 현상과  $\text{K}_2\text{O}$ 가 부화된 현상은 석영과 K-장석(미사장석)이 상대적으로 풍부하게 산출하기 때문이다.  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 와 감열감량은 거의 동일한 거동을 보이는 것은 점토광물의 함량과 작열감량과의 높은 상관성을 보여주는 것이다. 작열감량과  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 는 거의 동일한 함량과 거동을 보이는데 이는 산화철 및 수산화철이 점토광물에 흡착되어 거동하는 정의 상관성을 잘 보여주는 것이다. 이러한 경향은 대부분의 토양에서 나타나는 공통적인 현상이다.  $\text{K}_2\text{O}$ 와  $\text{Na}_2\text{O}$ 의 함량은 심도에 따라 큰 차이를 보이며, 구간 I과 II에서 구간 III과 IV보다 부화되어 있다.  $\text{MgO}$  함량비는 심도에 따른 변화폭이 크며,  $\text{CaO}$ 는 하위로 갈수록 극히 부화되는 경향을 보인다. 끝으로  $\text{MnO}$  및  $\text{P}_2\text{O}_5$ 의 심도별 변화폭은 크지 않다.

## (5) 고토양층의 유기화학 분석

### 1) 분석 방법

대상 시료에 대해 유기탄소, 질소, 황 원소의 토양내 함유량을 측정하였다. 분석을 위해 65°C에서 72시간 이상 완전히 건조 시킨 후, 아게이트 그릇에서 50 $\mu\text{m}$ 이하 크기로 분쇄하였다. 밀폐된 유리병에 보관한 후 순간 태움 방식의(Flash combustion type)의 원소분석기 (CaroErba elemental analyzer EA1108 CHNS/O)를 이용하여 분석하였다. Calibration을 위해 토양 표준시료인 BCSS-1(N:0.205%, C: 2.190%, S: 0.360%)를 사용하였으며 5개의 표준시료를 이용한 선형요소(Linear factor)법을 적용하여 함유량을 계산하였다.

### 2) 분석 결과

질소의 함량의 경우 모든 시료가 대체로 0.2% 미만의 적은 함량을 나타냈다(표 3). 특징적으로 JJ86 시료에서 JJ149-9시료로 진행되면서 함유량의 감소 현상이 나타나고 있으며, 만일 이



들 이들 시료가 수직 단면상에서 채취된 층준별 시료라면 토양이 쌓일 당시환경이 점차로 변화하였음을 지시한다. 탄소 함유량의 경우도 대체로 1% 미만의 함유량을 나타내며 시료번호가 커질수록 다소 함유량이 낮아지는데 이는 질소의 변화와 함께 층위별 환경이 점진적으로 달라졌음을 지시한다. 특별히 JJ87시료는 다른 시료들 과는 달리 3% 가까운 함유량을 보이고 있는데 이는 집중적으로 유기탄소가 농집될 수 있는 환경이었음을 나타낸다. 해양성 기원 물질을 지시하는 황 함유량은 모든 시료가 전혀 황을 함유하고 있지 않은 것으로 나타났다.

표 2. 거창 정장리 제2지구 제2트랜치 토양, 퇴적물 시료의 주산화물 분석결과

(단위 wt.%)

시료명	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Igloss	합계
JJ2-5	64.27	16.33	7.15	1.04	1.02	3.31	1.57	0.62	0.08	0.16	4.19	99.74
JJ2-9	58.57	20.98	7.16	0.85	0.87	2.75	1.29	0.86	0.06	0.07	6.71	100.17
JJ2-12	59.94	21.84	2.39	0.8	0.77	2.81	1.36	0.91	0.02	0.03	8.96	99.83
JJ2-15	73.66	15.64	1.31	0.44	0.35	3.05	0.88	0.56	0.01	0.01	4.19	100.1
JJ2-20	73.37	15.37	1.57	0.38	0.35	3.21	0.69	0.79	0.02	0.02	4.04	99.81
JJ2-25	67.38	18.95	2.72	0.29	0.43	3.82	0.41	0.53	0.02	0.03	5.53	100.11
JJ2-30	57.47	22.74	6.93	0.21	0.86	2.15	0.1	0.98	0.03	0.08	8.68	100.23
JJ2-35	60.89	19.56	8.06	0.18	0.78	2.04	0.08	0.97	0.05	0.1	7.63	100.34
JJ2-40	66.84	15.26	7.25	0.22	1.01	2.15	0.21	1.08	0.14	0.08	5.91	100.15
JJ2-45	60.37	18.7	8.57	0.32	1.33	2.31	0.2	1.07	0.12	0.09	7.3	100.38
JJ2-50	64.43	16.19	7.68	0.36	1.31	2.34	0.39	1.07	0.1	0.12	6.22	100.21

표 3. 질소, 탄소, 황 함유량 분석 결과

Sample Name	Total Nitrogen(%)	Total Carbon(%)	Total Sulfur(%)	C/N
JJ86	0.123	1.129	0.000	9.183
JJ87	0.080	2.984	0.000	37.338
JJ89	0.063	0.647	0.000	10.307
JJ116	0.069	0.538	0.000	7.762
JJ149-7	0.042	0.342	0.000	8.220
JJ149-9	0.058	0.442	0.000	7.571

유기물의 육원성 혹은 해양성(호수성) 기원의 척도로 흔히 적용되는 C/N의 비는 대체로 9 정도의 값을 나타내고 있다. 특별히 탄소함유량과 마찬가지로 JJ87시료에서 급격히 그값이 높은 양상(약 37)을 나타내는 데 이는 증가한 탄소가 거의 대부분 순수한 탄소로 이루어져 있음을 나타낸다. JJ87을 제외하고 모든 시료의 C/N의 비가 크게 변하지 않는 양상을 보인다.

본 연구결과, 유적의 고토양층에서 점차로 유기물 축적이 증가할 수 있는 환경으로 바뀌었으며, 이는 식생의 증가를 상징해 볼 수 있다. 특히 HJ87시료에서 나타난 갑작스런 탄소 함유량의 증가는 인간 활동에 의한 탄화물질 증가가 한 원인으로 생각해 볼 수도 있다.

## (6) 화분분석

### 1) 시료채취 및 연구방법

거창 정장리 발굴지역 중 제2지구 제2트렌치 남벽면에서 채취한 시료에 대하여 화분분석을 실시하였다. 현재 연구지역은 고도 700 m 내외의 산지로 둘러싸인 구릉지대로 황강과 위천의 합수부가 북쪽으로 인접해 있다. 본 지역은 식생분포로 볼 때 남방형 혼효림에 속하며, 주변의 산지는 소나무를 주종으로 참나무와 오리나무가 협재된 삼림이 발달하고 있고, 주변의 저지대는 논과 밭으로 경작되고 있다. 경작지로 개발되기 이전에는 본 지역까지 황강 유역에 해당되었을 것으로 추정된다. 화분분석 시료를 채취한 제2지구제2트렌치 북쪽단면의 절대고도 205.50 m - 203.55 m 사이이며, 이 구간에서 5 cm 간격으로 총 40개의 시료를 채취하였다.

화분화석을 비롯한 유기질 微化石의 연구를 위한 시료처리는 약 30g 의 시료를 20% 염산과 50% 불산에 차례로 반응시켜 탄산염광물과 규산염광물을 제거한 후, 잔여물을 비중 2.0의 염화아연비중액으로 분리시켜 유기물을 농축시켰다. 농축된 유기물은 Schulze 용액 (HNO<sub>3</sub> 1:1 KClO<sub>3</sub>)과 5% KOH 용액으로 처리하여, 미화석을 퇴적당시의 상태로 복원하여 현미경 하에서 분류하였다. 시료처리의 전 과정은 현생 種의 유입을 방지하기 위하여 증류수를 사용하였다. 미화석의 현미경관찰은 시료 당 최대 200 개체 씩 관찰, 분류하였으며 산출된 주요 화석종의 사진은 Leitz Orthoplan 현미경으로 촬영하여 1000 배의 크기로 도시하였다.

### 2) 고식물상(古植物相)

연구단면 시료 40개 중에서 사질층으로 구성된 상부구간 (절대고도 205.50 m -204.75 m)의 시료에서는 화분산출이 거의 없는 반면에, 유기질을 많이 포함하는 하부의 니사질층에서는 다양한 종류의 화분,포자화석이 풍부하게 산출된다. 산출된 미화석 군집은 크게 5개의 군집으로 구분되는데 이들은 담수조류화석, 양치류 포자화석, 나자식물 화분화석, 목본류 피자식물 화분화석 및 초본류 화분화석으로 구분되며, 각 주요 군집의 구성요소 및 산출 양상은 다음과 같다.

#### ① Freshwater Algae (담수 조류화석)

*Leiosphaeridia* (0-52.5 %) *Botryococcus* (0-12 %) *Spirogyra* (0-2 %)

Other trace elements : *Dinoflagellates*, *Cymatiosphaera*, *Micrhystridium*, *Pseudoschizaea*, *Zygnema*, Unidentified algae

② Pteridophytic spores (양치류 포자)

*Laevigatosporites* (고란초과/면마과 : 0-22 %)

Other trace elements : *Polypodiisporites* (고란초과), *Osmunda* (고비속)

*Lycopodium* (석송), *Sphagnum* (물이끼류), Unidentified trilete spores

③ Gymnosperm pollen (나자식물 화분)

*Pinus* (소나무屬 : 0-76 %) *Abies/Picea* (고산성 소나무科 : 0-6 %)

*Tsuga* (솔송나무속 : 0-8 %) *Cupressaceae* (측백과 : 0-8.3%)

④ Angiosperm arboreal pollen (목본성 피자식물 화분)

*Alnus* (오리나무속 : 0-22.5 %) *Quercus* (참나무속 : 0-9.5 %)

*Betulaceapollenites* (오리나무를 제외한 자작나무과 : 0-10 %)

*Ulmus/Zelkova* (느릅나무과 : 0-5.5 %) *Rosaceae* (장미과 : 0-2.5 %)

Other trace elements : *Fagus* (너도밤나무속), *Juglans* (가래나무속), *Salix* (버드나무속),

*Acer* (단풍나무속), *Tilia* (피나무속), *Ligustrum* (쥐똥나무속), *Ilex* (대팻집나무), *Symplocos*

(노린재나무속), *Lonicera* (인동속)

⑤ Non-arboreal pollen (초본식물 화분)

*Cyperaceae* (사초과 : 0-35 %) *Gramineae* (벼과 : 0-9.5 %)

*Umbelliferae* (미나리과 : 0-6 %) *Artemisia* (쑥속 : 0-5.5 %)

*Tubiflorae* (쑥부쟁이류 : 0-5.5 %) *Persicaria* (여뀌속 : 0-3 %)

*Saxifragaceae* (범의귀과 : 0-3 %) *Rumex* (소리쟁이속 : 0-2.5 %)

*Thalictrum* (평의다리속 : 0-2 %)

⑥ Other trace elements : *Chenopodiaceae* (명아주과), *Liliaceae* (백합과),

*Caryophyllaceae* (석죽과), *Verbenaceae* (마편초과), *Labiatae*(꿀풀과),

*Corydalis* (현호색속), *Arisaema* (천남성속), *Geranium* (쥐손이풀속), *Ranunculus* (미나리아

재비속), *Ludwigia* (여뀌바늘속), *Typha* (부들속)

상기와 같이 정장리에서 산출된 화분군집의 특징은 활엽수와 침엽수의 화분이 주종을 이루는 가운데 다양한 종류의 초본식물 화분, 양치류 포자 및 담수조류 화석이 함께 산출되는 양상을 보인다.

주요 식물군별 산출양상을 보면, 조류화석(freshwater algae)은 *Leiosphaeridia*, *Botryococcus*, *Spirogyra* 등 비교적 정제된 담수에서 주로 서식하는 종류들이 많이 산출되며

일부 구간에서는 크게 번성하였던 양상을 보인다. 양치류 포자화석 (pteridophytic spores)은 고관초과나 면마과에서 유래된 *Laevigatosporites* 가 대부분을 차지하며, 특히 상부 구간에서 번성하였으며, 그 외에 다양한 종류가 산출되나 점유율이 극히 미약하다. 나자식물 화분화석 (gymnosperm pollen)으로는 소나무과 (Pinaceae)의 화분이 주종을 이루고, 측백과 (Cupressaceae)의 화분도 소량 산출된다. 낙엽 활엽수로는 오리나무속 (*Alnus*)을 위시한 자작나무과 (Betulaceae)의 화분이 주종을 이루고, 참나무속 (*Quercus*), 느릅나무과 (Ulmaceae), 장미과 (Rosaceae)등의 화분도 흔히 관찰된다. 초본류 화분 중에는 사초과 (Cyperaceae)와 벼과 (Gramineae)에 속하는 화분들이 가장 많이 산출되고, 이외에 미나리과 (Umbelliferae), 국화과 (Compositae), 마디풀과 (Polygonaceae), 범의귀과 (Saxifragaceae), 미나리아재비과 (Ranunculaceae)등의 화분화석이 흔히 관찰된다.

### 3) 화분.포자화석대 (花粉.孢子化石帶)

화분분석 구간중 비교적 화분 산출이 양호한 구간에서 3개의 화분 화석대가 인지된다.

#### ① Zone I : Poor palynofloral Zone (해발 204.55 m - 203.90 m)

이 구간은 자갈을 포함한 사질층이 발달한 산화대로서 미화석의 산출은 극히 미약하며, 단지 최하부 시료에서만 비교적 많은 화분.포자화석이 산출된다.

#### ② Zone II : Non-arboreal Pollen Zone (해발 203.90 m - 204.15 m)

이 구간과 상위 구간 (Zone III)은 유기물이 많이 포함된 니사질층 구간으로 다양한 종류의 화분.포자화석이 다량으로 산출된다. 이 구간에서는 담수조류와 사초과 (Cyperaceae) 식물이 크게 번성하였던 양상이며, 목본식물은 소나무속 (*Pinus*), 솔송나무속 (*Tsuga*), 잣나무속 (*Abies*), 가문비나무속 (*Picea*)등 소나무과의 화분이 주종을 이루는데, 이들은 주변의 산지에서 바람에 의해 유입된 것으로 생각된다.

#### ③ Zone III : *Alnus-Quercus-Pinus* Zone (해발 204.15 m - 204.75 m)

이 구간에서는 오리나무 (*Alnus*)를 주종으로 자작나무과 (Betulaceae) 화분이 크게 번성하였고 소나무 (*Pinus*)와 참나무 (*Quercus*) 화분도 하부 구간에 비해 산출량이 증가하였다. 초본식물로는 벼과 (Gramineae) 화분과 양치류 포자 (Fern spores)가 많은 산출량을 보인다. 이 구간에서도 담수조류 화석의 산출이 계속된다.

### 4) 고환경 고찰 (古環境 考察)

화분분석이 시작된 북측 단면의 기반암을 피복하는 조립질 퇴적층은 화분.포자의 산출이 미약하여 고환경을 유추하기 어렵다. 유기물이 많이 포함된 니사질층은 하부의 초본식물 화분대와 상부의 오리나무-참나무-소나무 화분대로 구분된다. 하부 띠는 갈대, 사초등의 수면식물이 무성하였던 저위 이탄 형성 시기로 추정되며, 상부 띠는 이끼류, 벼과 식물, 오리나무 등 습지식물이 서식하였던 중위 이탄 시기로 추정된다. 이 시기들은 모두 담수의 영향 하에 놓여 있었다. 이 화분대

의 시기는 하부대는 약 80,000 - 70,000년전의 아빙기에 형성되었고, 상부대는 약 65,000-50,000 년전 사이 시기에 형성된 오리나무-참나무-소나무 화분대로 해석된다.

요컨대, 정장리 고기 하성퇴적층내 유기질 니층은 활엽수/침엽수 혼효림이 우세하며, 이에 따라 당시에는 온랭(cool temperate) 습윤기후가 우세하였던 것으로 추정된다. 따라서 본 화분대는 최종빙기 초기-중기에 걸치는 아빙기-아간빙기의 식생으로 판단된다.

## (7) 대자율 분석연구

대자율은 토양, 퇴적층의 주요 물성 중 하나로서, 퇴적물 내의 대자율 값의 변화는 주로 퇴적물에 포함된 강자성 광물의 종류나 양의 변화를 지시한다. 대자율 측서는 퇴적물의 입자의 근원지나 퇴적환경, 고기후 등을 유추하는데 매우 유용한 고지자기 기초 정보를 제공하며, 최근 한반도 제4기 육성층에 대한 연구 결과들이 축적되고 있다. 본 연구를 위하여 거창 정장리 제2지구제2트랜치 북벽면의 제4기 토양, 퇴적층으로부터 약 4cm 간격으로 총 130개의 시료를 채취하였다. 정장리 북벽 단면의 기반암은 흑운모화강암으로 해발 약 203.3m 이하에 노출되고 있다. 이 단면에서는 약 6m 전후의 제4기 지층이 화강암 위에 퇴적된 양상이 확인되었다. 고지자기 시료 채취는 제4기 퇴적층과 기반암인 흑운모 화강암에서 이루어졌으며, 그 해발 고도는 208.55m에서 203.25m의 범위에 해당한다.

대자율 분석결과, 본 단면의 퇴적물의 대자율 값은 10 - 2000  $\mu$ T 범주이며, 해발 205.79m를 경계로 하부층은 낮고 상부층은 높은 전형적인 양봉성(bimodal) 분포를 나타낸다. 이들 사이의 경계부는 점이적 관계를 보여준다. 본 2지구 2트랜치 발굴단면 북벽면에 나타나는 대자율의 수직 분포 특성별로 분대하여 기술하면 다음과 같다.

1) GJp\_c1 (<203.45 mbsl) : 이 일대에서 화강암의 대자율 값은 20-34.4  $\mu$ T로서 매우 낮는데, 이는 주변 백악기 화강암이 I-type으로서 높은 대자율을 나타내는 점을 고려할 때, 매우 흥미로운 사실이다. 이 층은 해발(mbsl, meter below sea level) 203.45m의 하부에 해당한다.

2) GJp\_c2(203.45-205.75 mbsl) : 이 층은  $10^{-5}$  SI의 낮은 대자율 값을 보여준다. 이 층에서의 F-ratio의 분포는 일정하지 않으며, 이는 상부층인 GJp\_c3과 좋은 대조를 이룬다. 이 층의 대자율의 주기성 변화로부터 다시 2개의 층으로 세분된다.

① GJp\_c2a(203.45-204.59 mbsl): 하부(203.45-203.91 mbsl)는 비교적 높고 안정된 값의 분포를 보이다가, 203.91 mbsl보다 상부층으로 갈수록 단계적으로 낮아지는 경향을 나타내다가 경계부에 가까운 부분(204.51-204.59 mbsl)에서 급격히 떨어진다.

② GJp\_c2b(204.59-205.75 mbsl): 이 층의 대자율 분포는 상부로 갈수록 커지는 경향이 있다. 이에 대한 원인은 불분명하나, 야외에서의 지층특성을 관찰할 때, 퇴적 이후의 토양화 작용

과 관련성이 있을 것으로 판단된다. 이 층은 205.15mbsl을 경계로 2부분으로 세분될 수 있다.

3) GJp\_c3(205.75-208.55 mbsl): 이 층의 대자율 값은  $10^{-3}$  SI 내외의 매우 높은 값의 분포를 보인다. GJp\_2와의 경계부인 205.63-205.79mbsl에서는 대자율 값이 급격하고 점이적으로 증가한다. 이 지층에서의 F-ratio는 10-12% 정도로 매우 일정한데, 이는 이 기간 동안에 매우 안정적인 퇴적환경이 지속되었을 가능성을 시사한다. 이러한 자기적 특성은 이 일대의 토양화작용과 철산화물 혹은 철수산화물의 형성 기작을 규명할 수 있는 좋은 지층으로 판단된다.

### 3. 종합 논의 및 요약

연구지역인 거창 정장리 일대는 하안단구가 발달하며, 현상상 비고가 약 20-25m이다. 전체적인 지형발달은 차별침식에 의한 분지지형으로 발달되었으며, 분지내 지형발달은 산지 말단부 산록완사면과 하천 유로이동에 의한 하안단구, 그리고 범람원으로 구성되어 있다. 정장리 일대는 구석기 발굴지역으로서 제1지구-제3지구로 구분하여 발굴이 실시되었다. 주요 연구지점은 제1지구 1트렌치, 제2지구1트렌치, 제2지구2트렌치(북면), 제2지구2트렌치(남면), 그리고 제3지구 4트렌치이며, 이들 지점에 나타나는 니질과 사질을 주로 하는 세립질 퇴적물에 대한 입도분석, 지화학 조성분석, 유기지화학, 연대측정, 대자율 측사, 화분분석 등을 실시하여 유적형성 환경과 형성시기를 해석코자 하였으며, 주요 연구결과를 종합 논의하고 요약하면 다음과 같다.

(1) 연구지역의 중상을 중심으로 볼 때, 하안단구의 고도 약 205-210m이며, 이의 하상비고 약 20-25m 에 해당한다. 단구면의 형상도 연구지역내에서 잘 보존되어 있으며, 역의 풍화정도는 부분적으로 심하게 진행되어 내부까지 완전히 풍화가 진행된 경우도 있다.

(2) 정장리 일대에서 유적의 퇴적층을 구성하는 세립질 퇴적물의 공급원 및 이동과정(process)에 대해서는 하천유수 적용과 배후 산지지역에서 사면이동에 의한 니류작용의 혼합과정으로 해석된다. 즉, 퇴적물에 대한 조립질 1%와 50% 입도를 이용한 C-M 다이어그램 분포를 해석해 본 결과, 퇴적물 이동기작은 대부분 니류작용이 활발한 가운데, 부분적으로 바닥짐이나 조약작용과 부유작용에 의하여 운반된 입자들이 혼재하는 양상으로 나타났다. 최근에 일부 연구자들에 의하여 주장되고 있듯이 주로 실트와 모래로 구성된 세립질 퇴적물이 바람에 의한 퇴적작용일수 있다는 관점에서도 고려해 볼 수 있으나, 층후가 약 3m에 달하는 퇴적층의 분포 범위가 배후사면에만 국한되지 않고, 넓게 고루 분포하고 있는 점을 볼 때, 바람에 의한 퇴적작용은 일정한 비율로 영향은 줄 수 있겠지만, 주된 퇴적과정인 아닌 것으로 판단된다. 오히려 지표 경사면을 따라 이동되는 사면기원 퇴적물(slope sediments)로 해석할 수 있다.

(3) 정장리 유적의 제2지구2트렌치 지점 대표단면(북벽)을 보면, 기반암 위에 약 203-205m 사이의 사력질 퇴적물이 분포하며, 기반암 위에는 왕자갈과 중자갈 정도의 자갈이 조립질 모래와 매트릭스를 이루고 있고, 상부로 갈수록 세립질화되고 있다. 상향 세립화는 하성 퇴적물인 경우, 상부로 갈수록 하천유수 에너지가 감소된 것을 나타내고 있으며 하천 유로가 멀어졌음을 의미한다. 한편, 정장리 유적에서 상부 고토양층은 최종빙기 중기말 아간빙기에서 최종빙기 최성기(LGM)로 전이되는 시기에 형성되었고, 이 당시는 식생피복 감소와 유량감소가 일어나 퇴적물 공급측면에서 볼 때, 면상침식과 같은 침식작용을 통하여 모래와 실트 이동이 용이해졌고, 이러한 퇴적물 공급 증가로 인해 퇴적층 두께 증가가 유발되었을 것으로 본다. 그리고, 세립질 퇴적물은 퇴적 이후 후속된 물리적 해체와 동결과 융해작용으로 인한 토양화가 많이 진행되므로써 더 세립화될 수 있었을 것으로 본다. 요컨대 대표단면 상부에 분포하는 세립질 퇴적층은 당초 풍성기원 퇴적물이 섞인 사면기원 퇴적작용으로 형성된 후, 후기 토양화로 인해 고토양층이 형성된 것으로 해석된다.

(4) 제1지구 트렌치 지점에서는 가장 고도가 높았던 지역에서는 최종 간빙기에 형성된 적색토를 발견할 수 있으나, 하성 퇴적물과의 경계지점에서는 적색토층이 사라진다. 이는 적색화작용 이후 지표면의 침식으로 인하여 부분적으로 지표면이 삭박되기 때문으로 해석할 수 있다. 기존 연구결과에 의하면 적색토의 형성은 최소 Riss 빙기 후기, 혹은 산소동위체 스테이지(OIS, Oxygen Isotope Stage) 5a (최종간빙기 후기 온난기)를 경험한 것으로 해석되고 있다. 정장리 일대에서의 하성퇴적층은 최종간빙기 후기 온난기(OIS 5a)를 경험하지 않은 것으로 사료된다. 따라서 본 연구지역 사력층내 고도 약 204m에서 유기질 니사질층이 분포하며 이의 AMS 연대측정은 약 4,3000년B.P 이전으로 분석되었다. 이 하성 퇴적층은 적색토와의 관계를 볼 때, OIS 5a 이후와 4,3000년전 이전 사이에 형성되었음을 알 수 있다.

(5) 제2지구제2트렌치의 대표단면에서 절대고도 약 205~207m의 퇴적층은 수평층리가 우세하며 하부에는 사질층이 상부로 갈수록 니질층과 같은 세립화 경향이 나타나고 있다. 이 층에서는 철산화대가 밀집한 지역으로 비교적 수분의 공급이 원활하였으며, 온도도 비교적 온난하였을 것으로 추측되며, 이와같은 환경은 기존에 연구된 OIS 3 (아간빙기)에 해당되었을 것으로 사료된다. 이 층에서 다른 층과 비교하였을 때, 비교적 적색에 가까운 색을 가지고 있다. 적색화의 이유는 철 산화물에 의한 적색화 혹은 지형적으로 더 상부의 적색화 작용을 받은 토양의 재이동 등으로 판단된다. 즉, 하천 유로와는 상당한 거리가 있는 배후습지 부근과 지형상으로 상부에서 유입된 침식토양이 집적된 것으로 사료된다. 따라서 일차적인 하천유수에 의한 수평층리 발달은 미흡하였으며, 토양 수분공급도 비교적 원활하지 못했던 환경으로 판단된다.

(6) 본 대표단면에서 절대고도 약 207~209m 구간은 중간 퇴적층 이후에 형성된 지층으로 니질층과 니사질층이 주를 이루고 있다. 이 지층내에서 토양쇄기가 발달하는 지점에서 더 아래 쪽으로 발달하는 고토양층 구성물질의 AMS 연대는 약 25,000-31,000년에 해당한다. 이 시기는 아간빙기(OIS=3) 후반 내지 최종빙기 최성기의 초기에 형성된 고토양층으로 판단된다. 이 구간의 고토양은 암갈색을 띠고 있으며, 수직적으로나 수평적으로 발달한 토양쇄기가 형성되어 있다. 이와 같은 토양쇄기는 주빙하 기후에서 토층의 동결로 인해 형성된 표토의 갈라짐 현상이며, 갈라진 틈에는 더 후기에 주변토양이나 미세한 틈을 따라 이동한 니질물로 충전되고 있다. 이러한 현상이 잘 일어나는 시기의 겨울은 상당히 한랭했을 것으로 추정된다.

(7) 광물, 지화학 및 유기지화학 조성분석 결과, 제2지구 대표단면에서 단면 하위로 갈수록 표토층→니질층, 니사질층 및 사질층의 호층대→풍화암반층으로 변해간다. 니질층, 니사질층 및 사질층의 호층대는 크게 네 단위의 구간으로 구분 가능하다. 2) 제2지구 토양, 퇴적물의 구성광물은 석영과 장석의 결정편이 우세하게 산출하고, 드물게 녹니석이 일부 수반된다. 기질부를 이루는 광물은 일라이트가 가장 풍부하게 산출하고 고령토, 녹니석 및 질석등의 점토광물과 산화철광물로 주로 구성된다. 제2지구 구간 I과 구간 IV에서 녹니석이 산출하나 구간 II에서는 녹니석이 산출치 않거나 소량 산출하며, 구간 III에서는 질석이 산출하는 차별성을 보인다. 구간 II에서 조립질의 결정편이 우세하고 나머지 구간은 기질부가 우세한 조직을 띤다. 제2지구 토양, 퇴적물의 주 화학성은  $\text{SiO}_2$ 가 다양한 함량비를 보이고, 평균함량이 64.29wt.%로서 중성질(intermediate) 성분을 나타낸다.  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 의 평균 함량은 18.3 wt.%,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 의 평균함량은 5.5 wt.%,  $\text{K}_2\text{O}$ 의 평균함량은 2.7 wt.%,  $\text{MgO}$  평균 함량은 0.8 wt.%를 나타낸다. 요컨대 본 유적 대표단면의 토양, 퇴적물의 화학성은  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  및  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 에 크게 지배되고 있다. 이는 토층을 구성하는 주요 광물인 석영, 장석, 운모, 점토광물류 및 산화철의 함량비에 주로 지배되기 때문일 것이다. 결과적으로 제2지구 대표단면의 토양, 퇴적물 구성 광물군과 지화학성으로 보아, 주로 화강암으로부터 유래된 토양, 퇴적층으로 해석된다. 특히 결정편들 중에서 석영, 미사장석, 백운모 및 녹니석화 흑운모는 화강암 근원물질로서 이를 강하게 시사한다. 끝으로 정장리 유적 고토양층에서 상부로 갈수록 점차 유기물 축적이 증가할 수 있는 환경으로 바뀌었으며, 그 이유는 식생 증가를 상정해 볼 수 있다. 특히 HJ87시료에서 나타난 갑작스런 탄소 함유량의 증가는 인간 활동에 의한 탄화물질 증가가 한 원인으로 생각해 볼 수도 있다.

(8) 제2지구 2트렌치 남쪽단면에서 유기질 니층을 대상으로 화분분석 결과, 비교적 화분산출이 양호한 구간에서 3개의 화분화석대가 인지되었다.

① Zone I : Poor palynofloral Zone (해발 204.55 m - 203.90 m)

이 구간은 자갈을 포함한 사질층이 발달한 산화대로서 미화석의 산출은 극히 미약하며, 단지 최하부 시료에서만 비교적 많은 화분,포자화석이 산출된다.



② Zone II : Non-arboreal Pollen Zone (해발 203.90 m - 204.15 m)

이 구간과 상위 구간 (Zone III)은 유기물이 많이 포함된 니사질층 구간으로 다양한 종류의 화분·포자화석이 다량으로 산출된다. 이 구간에서는 담수조류와 사초과 (Cyperaceae) 식물이 크게 번성하였던 양상이며, 목본식물은 소나무속 (*Pinus*), 솔송나무속 (*Tsuga*), 잣나무속 (*Abies*), 가문비나무속 (*Picea*)등 소나무과의 화분이 주종을 이루는데, 이들은 주변의 산지에서 바람에 의해 유입된 것으로 생각된다.

③ Zone III : *Alnus-Quercus-Pinus* Zone (해발 204.15 m - 204.75 m)

이 구간에서는 오리나무 (*Alnus*)를 주종으로 자작나무과 (Betulaceae) 화분이 크게 번성하였고, 소나무 (*Pinus*)와 참나무 (*Quercus*) 화분도 하부 구간에 비해 산출량이 증가하였다. 초본식물로는 벼과 (Gramineae) 화분과 양치류 포자 (Fern spores)가 많은 산출량을 보인다. 이 구간에서도 담수조류 화석의 산출이 계속된다.

(9) 정장리 대표단면의 대자율 분석 결과, 퇴적물의 대자율 값은 10 - 2000  $\mu$ T 범주이며, 해발 205.79m를 경계로 하부층은 낮고 상부층은 높은 전형적인 양봉성(bimodal) 분포를 나타낸다. 이들 사이의 경계부는 점이적 관계를 보여준다. 제2지구 제2트랜취 발굴단면 북벽면에 나타나는 대자율의 수직분포 특성을 볼 때, 해발 203.45m와 205.75m를 각각 기준으로 하여 크게 3대분 된다. 제1층(GJp\_c1)은 해발 203.45 mbs이하이며, 화강암 풍화대의 대자율 값은 20-34.4  $\mu$ T이다 제2층은 ( GJp\_c2)이며, 해발 203.45m에서 205.75m 사이에 분포하며,  $10^{-5}$ SI로 낮은 대자율 값을 보여준다. 이층은 F-ratio 분포 변하며, 상부층 GJp\_c3과 좋은 대조를 이룬다. 이 층의 대자율의 주기성 변화로부터 해발 204.59 m를 기준으로 다시 2개의 층으로 세분된다. 이 중에서 상부에 분포하는 층(GJp\_c2b)은 대자율 분포가 상부로 갈수록 더 커지는 경향이 있으며, 퇴적작용 이후 후속되었던 토양화 작용과 관련성이 있을 것으로 판단된다. 끝으로 최상부층(GJp\_c3)은 대자율 값이  $10^{-3}$  SI 내외의 매우 높은 값의 분포를 보이며, 해발 205.63-205.79m 구간에서는 대자율 값이 급증한다. 그리고 이 층의 F-ratio는 10-12%로 매우 일정한데, 그 이유는 이 기간 동안 매우 안정적인 퇴적환경이 지속되었을 가능성을 시사한다. 본 연구지역의 지자기적 특성자료는 본 유적지 일대의 토양화 작용, 철산화물 혹은 철수산화물 형성기작의 규명을 위하여 주요한 자료로 판단된다.