

## 살내유적지 발굴조사 : 2. 지구물리학적 고찰

김성욱\* · 김인수\*\* · 이현재\* · 최은경\* · 이성주\*\*\*

\*지반정보연구소, 611-828 부산시 연제구 연산5동 1495-9

\*\*부산대학교 지질학과, 609-735 부산시 금정구 장전동 산30

\*\*\*경남발전연구원 역사문화센터, 631-210 경남 마산시 청계동 12-9

suwokim@chollian.net

### 요약문

살내 유적지의 발굴조사에서 지질물리학에 기초한 연구방법과 적용성을 검토하고자 발굴과 아울러 지구물리탐사를 실시하였다. 심도에 따라 구분한 전기비저항에서 토양 구성물질의 차이에 의한 전기비저항의 변화와 퇴적물의 공급방향을 유추할 수 있다. 지하레이더탐사의 반사단면에서 퇴적층의 분급과 입도에 따라 구분되는 층리의 경계를 규명할 수 있는데, 실트의 구성비가 높은 지층들의 반사면은 측방 연장성이 좋은 반면 자갈의 구성비가 높은 지층의 반사면들은 불규칙한 기복을 보여준다. 지층 반사면의 형태로부터 고환경의 정보를 획득할 수 있는데, 살내유적지의 경우 문화층은 세립의 실트와 모래와 우세한 지층에 해당하며 층서에서 자갈층의 반복과 지층 경사는 퇴적물의 공급에 관련되는 고수계의 위치와 하천의 지속적으로 범람하는 환경을 지시한다. 주거 유적지의 대자율탐사에서 유적지 경계부의 토양은 주변에 비해 낮은 대자율을 가진다. 대자율 이상대를 형성하는 토양은 주거지 내부에 한정되며 이들은 황색계열의 토색으로 소성에 의한 것으로 추정된다.

**key word** : 발굴조사, 지구물리탐사, 대자율

### 1. 서론

기술의 발전과 더불어 삶의 질적 향상과 편의성 추구를 위한 개발사업은 가속화되고 있다. 그 결과 과거에는 인식하지 못하였던 생태계의 파괴가 누적되어 왔고 자연유산과 더불어 문화유산의 보존에 대한 필요성이 높아지고 있다.

현재 문화적 가치를 지니는 매장문화재의 대부분은 개발사업과 관련된 발굴에 의해 발견되고 있다. 개발사업의 관점에서 문화재의 발굴은 공사기간의 증가와 작업의 효율성 저하, 고비용의 문제를 수반하는 작업으로 인식되는 한편 매장문화재의 조사는 묻혀있던 단편적인 물질 자료를 문화적인 의미를 지닌 실체로 만들려는 고고학자나 인류학자들의 주요 연구대상이었다. 조사의 방법도 인문학적인 방법이 주를 이루고 있다. 발굴의 대상이 되는 매장문화재는 대부분 지하 수 m이 내에 위치하며 발굴은 문화재를 덮고 있는 토양층을 한 겹씩 제거하는 과정을 반복하게 된다. 이러한 작업은 많은 인력과 시간, 노력이 소요되며 자료의 수집이 가장 우선된다. 고고학적인 연구의 방법도 자연과학과 같이 자료의 수집과 분석, 해석의 논리적인 절차에 따라 진행되므로 문화재가 부존하는 지층의 퇴적환경의 이해와 구성물질의 기원과 물리적인 특성을 고찰함으로써 매장문화재가 가지는 고고학적 의미와 함께 환경에 대한 의미를 더할 수 있고 분석, 종합 및 해석의 과정에 크게 기여할 수 있다.

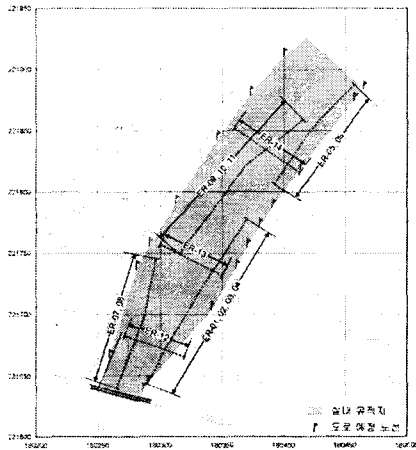
이 연구는 살내 유적지에 대하여 지질학과 지질물리학에 근거한 자료를 획득하고 매장문화재의

밭굴에서 지질학적 지식과 방법의 적용성을 검토하고자 한다. 이와 같이 다양한 방법의 시도는 유물의 개별적인 기원이나 문화의 기원의 규명하는 것에서 발전된 분석과 해석체계를 구축할 수 있으며 나아가 타학문들과의 공동연구의 장을 마련할 수 있다.

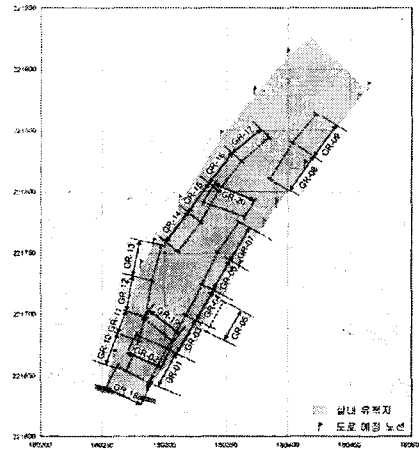
연구지역은 경남 밀양시 황성동 살내에 해당하며 중심좌표는 경도, 128°47' 11", 위도 35°29' 32"에 해당한다.

## 2. 탐사개요

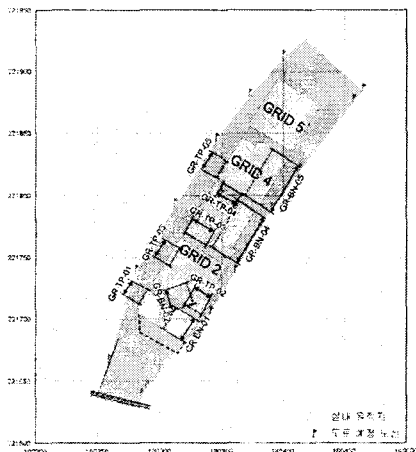
전기비저항탐사는 쌍극자 배열과 Wenner 배열을 이용하여 밭굴을 위한 트렌치조사 이전에 실시하였다. 밭굴에 앞서 전기비저항을 측정함으로써 지층의 수직과 측방 변화를 추정할 수 있고 층적층 지하수의 분포를 판단할 수 있다. 쌍극자배열과 Wenner배열에 의한 전기탐사는 각각 14개 측선과 12개 측선을 전개하였다. 1 전개에서 측선의 길이는 57m이며, 전극의 간극은 3m로 고정하여 탐사심도를 15m가 되도록 하였다 (그림 1의 a). 현장측정에서 측정장비는 Sting-R1 전기탐사기를 사용하여 각 전개마다 20개의 전극을 이용하여 117개의 측정점에서 겐보기비저항을 측정하였고, 측정된 겐보기 비저항으로부터 2차원 전기비저항 단면을 작성하기 위해 Dipro ver. 2.1을 과 Res2dinv ver. 3.0 프로그램을 이용하였다.



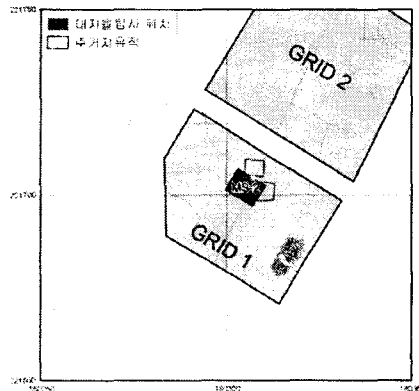
(a) 전기비저항탐사



(b) 지하레이더탐사 (트렌치 전)



(c) 지하레이더탐사 (트렌치 후)



(d) 대자율탐사

그림 1. 측선의 전개 위치

지하레이더탐사는 트렌치 조사 이전 (그림 1의 b)과 이후 (그림 1의 c)로 나누어 모두 30개 측선을 전개하였으며 측정장비는 Pulse EKK042 100MHz와 225MHz 송신안테나를 사용하였다.

대자율탐사는 GRID 1에서 주거지 유적지가 발견된 지점과 (그림 1의 d)과 절개된 토양단면에 대하여 실시하였다. 주거지 유적지의 경우 장방향으로 설정한 1개 지점에서 가로와 세로의 간격을 30cm×30cm으로 한 격자를 만들어 격자의 교차지점마다 대자율을 측정하였으며 토양단면은 지표면에서 5cm 간격으로 대자율을 측정하였다. 현장의 측정은 Bartington Instruments의 MS2 Magnetic susceptibility system을 이용하여 토양의 부피대자율 (volume magnetic susceptibility)을 측정하였다.

### 3. 탐사자료 해석

#### 3.1 전기비저항탐사

그림 2는 쌍극자 배열법으로 해석된 전개 측선별 비저항분포를 재구성하여 작성한 것으로 종단과 횡단 방향의 교차지점에서 비저항 분포는 대체로 일치한다. 종단 방향 측선 중 유적지의 동부에 해당하는 ER-01, 02, 03, 04과 ER-05, 06은 가탐심도 (15m)까지 낮은 비저항을 보이며, 유적지의 서측에서 전개한 ER-07, 08과 ER-09, 10, 11은 5m 심도까지 500 $\Omega$ -m이상의 비교적 높은 비저항 분포를 보여준다. 횡단으로 전개한 ER-12, ER-13, ER-14의 비저항단면에서 유적지의 동부에서 서부 지역으로 갈수록 비저항이 증가된다. 각 전개 측선 별 전기비저항 역산단면에서 상부 5m까지는 300 $\Omega$ -m이상의 비저항을 보이며 하부 지층은 그보다 낮은 비저항을 지시한다. 특히 상부 고비저항과 하부 저비저항의 경계가 거의 수평으로 분포하는데 비저항의 이와 같은 분포는 충적층 지하수에 의한 것으로 판단된다. ER-05, 06, ER-07, 08, ER-13에서 탐사 심도의 하한까지 고비저항대가 관찰된다. 이 고비저항대는 기반암으로 추정되며 기반암에서 수직방향으로 발달하는 저비저항대는 암반의 파쇄대에 해당한다.

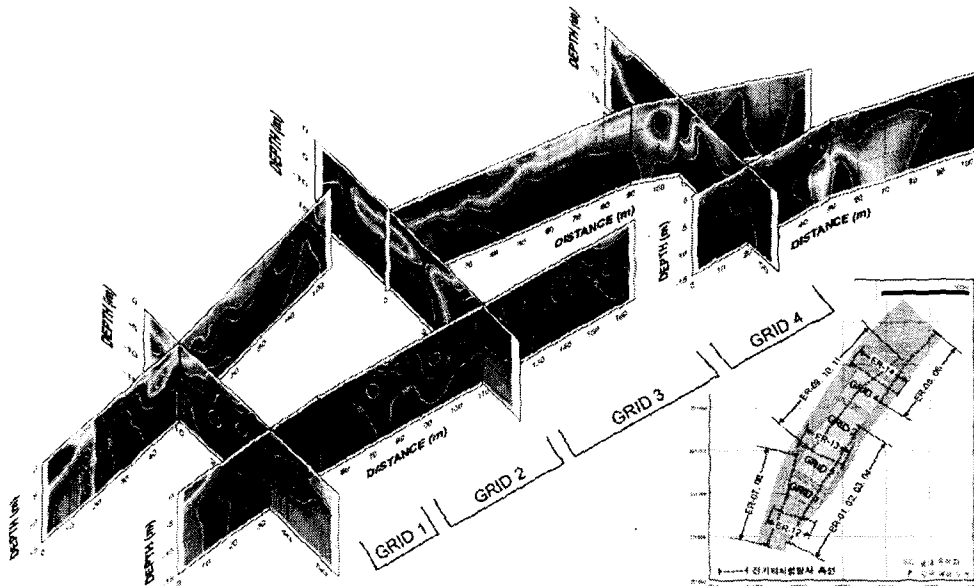


그림 2. 쌍극자배열에 의한 전개 측선의 전기비저항

헨너배열 전기비저항의 역산단면에서 종단 방향으로 배열된 측선의 겉보기비저항은 수평의 층상구조가 나타나며, 횡단 방향 측선은 쌍극자 배열과 같이 측방의 비저항 변화가 관찰된다. 특히 유적지 동부와 서부의 상부층에서 비저항의 차이가 나타나는데 이것은 토양층의 구성물질의 차이에 의한 것으로 판단된다.

그림 3은 전개 측선별 비저항분포로부터 심도별 전기비저항을 추출하여 지형자료에 병합하여 작성한 도면으로 현장 측정되지 않은 지점의 자료는 관측된 값을 이용하여 크리깅 (Kriging) 보간

법으로 계산하였다. 그림에서 유적지의 동부에서 북동-남서방향으로 저비저항대가 분포하며 서부는 고비저항대를 이루고 있다. 유적지의 동부와 서부의 상부 토양에서 나타나는 비저항 차이는 토양층의 구성하는 퇴적물질의 차이에 의한 것으로 판단되는데 유적지 동부는 실트질이 우세한 반면 서부는 모래, 자갈층으로 구성되어 있어 전기비저항과 같은 결과를 지시한다. Grid 1의 남부와 Grid 4의 북서부에서 보이는 고비저항대는 심도가 증가함에 따라 분포면적과 비저항의 크기가 증가하여 기반암으로 추정된다. 심도 5m의 비저항은 기반암 부분을 제외한 전역에서 저비저항을 지시한다.

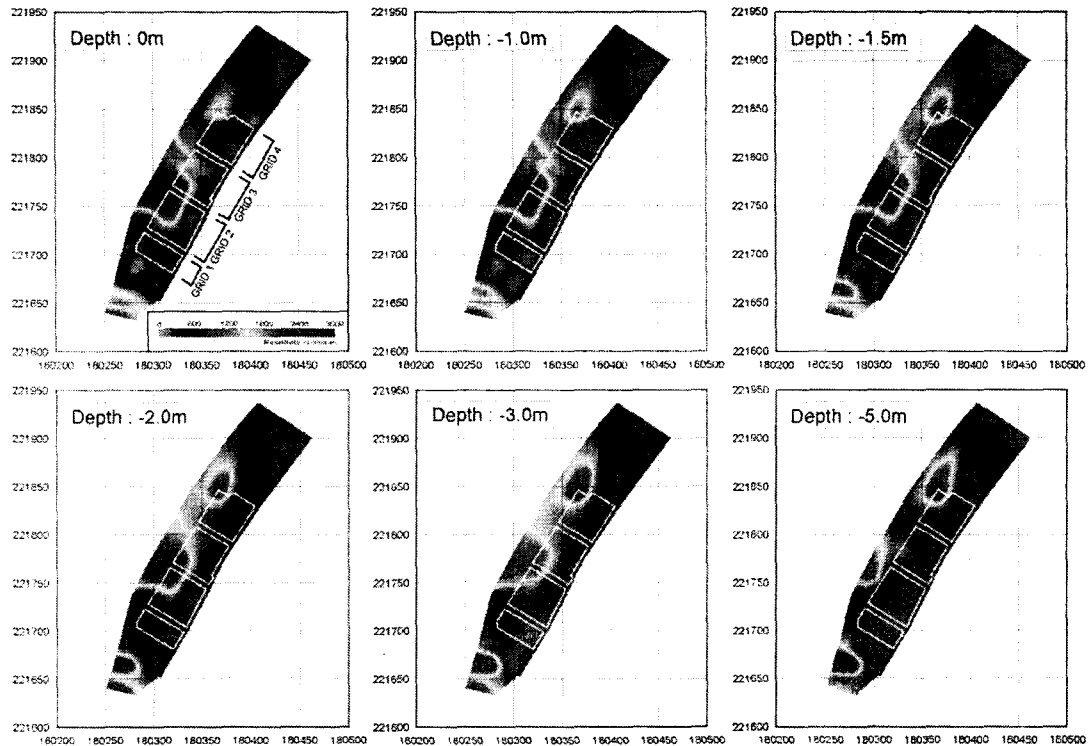


그림 3. 심도별 전기비저항

### 3.2 지하레이더탐사

그림 4는 트렌치 조사 이전에 수행된 지하레이더탐사 (그림 1의 b)의 반사단면 중 유적지의 남동부, 북동부, 남서부 및 동-서 방향의 결과를 나타낸 것이다. 동-서 방향으로 전개한 100MHz 반사단면에서 기반암은 6m 내외의 심도에 위치하며 상부 지층은 유적지의 서측으로 갈수록 복잡한 지층구조를 보여준다. 남동부의 반사단면 (a)에서 경작지로 이용되는 천부지층과 2m 이하의 지층은 연장성이 좋고, 그 사이 지층의 반사면은 불규칙하며 단절되어 있다. 측방 연장성이 양호한 지층과 불규칙한 반사면으로 표현되는 지층은 각각 지층의 분급과 다짐이 좋은 지층과 분급이 불량한 지층에 해당한다. 즉 연장성이 좋은 지층들은 실트 내지 점토가 구성비가 높은 지층이며, 그렇지 못한 지층은 자갈의 함량이 많은 지층이 된다. 북동부의 반사단면 (b)은 남서 방향으로 갈수록 반사면이 불규칙한 지층의 층후가 증가한다. 남서부 반사단면 (c)에서 최상부와 2.5m 내외의 지층은 수평의 반사면이 관찰되며 그 사이의 지층은 기복의 변화가 심한 지층구조를 보여준다. 유적지의 서측에서 동측으로 횡단하여 측정된 단면 (d)에서 동부에 분포하는 지층은 서측으로 갈수록 경사지는 층서구조가 나타나며 서부에 분포하는 지층들은 불규칙한 반사면들이 우세하다.

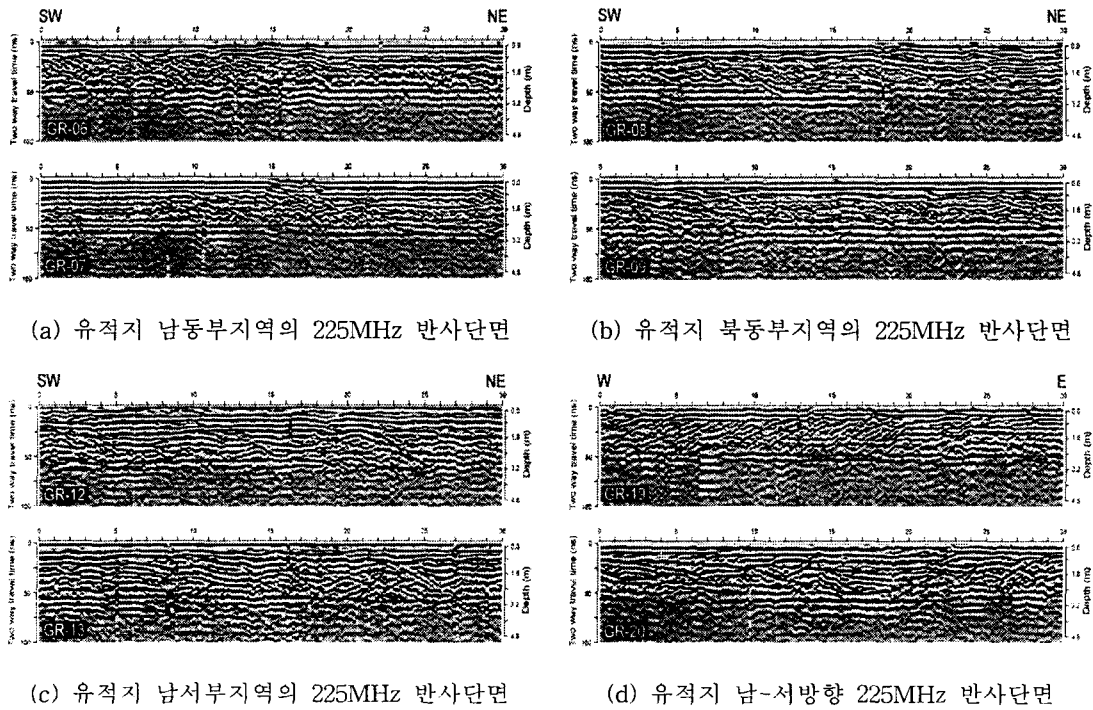


그림 4. 트렌치 조사 이전에 실시한 지하레이더탐사의 반사단면

트렌치 발굴조사와 병행하여 노출된 토양 단면에 대한 지하레이더탐사를 실시하였으며 (그림 1의 c) 그림 5는 그 중 일부를 나타낸 것이다. 그림의 (a)에서 절개면까지 반사면들은 수평의 층상 배열을 보인다. 자갈의 구성비가 높은 지층은 불규칙한 반사면들이 중첩되며, 모래, 실트층의 반사면은 연장성이 양호하다. (b)의 경우 수평변위가 0~6m되는 구간에서 최상부 모래-자갈층의 층서 변화가 관찰된다. 심도가 1m 내외에 분포하는 자갈층의 반사면은 불규칙하며 그 하부층들은 측방 연장성이 좋다. 유적을 포함하는 문화층은 대부분 실트가 우세한 지층으로 반사단면에서 문화층은 측방의 연속성이 양호한 지층에 해당한다.

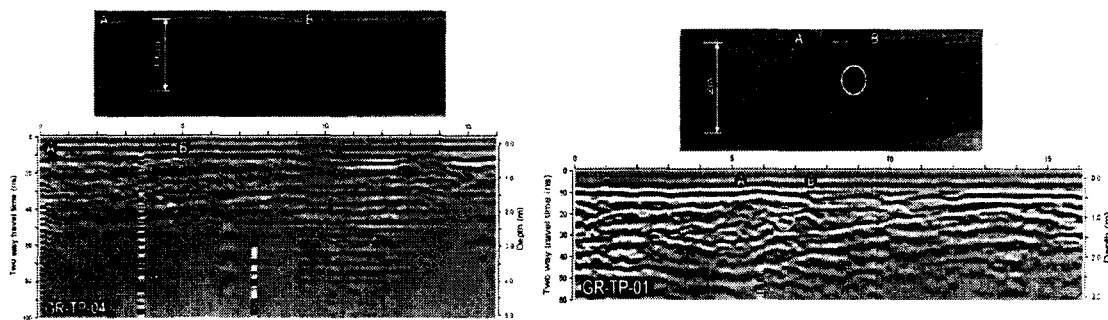


그림 5. 트렌치 조사 이후에 실시한 지하레이더탐사의 반사단면

### 3.3 대자율탐사

그림 6은 GRID 1 (그림 1의 d)의 대자율 분포를 나타낸 것으로 주거지와 주변의 경계는 100~150 (SI 단위)의 낮은 대자율 값을 보여주고 있어 발굴된 주거지와 일치하는 결과를 보여준다. 500이상의 높은 대자율을 가지는 국부적인 부분에서 관찰되며 이 부분들은 주거지내에 제한되어 있다. 현장 조사에서 이 부분의 토색은 대체로 밝은 황색계열의 색을 띠고 있어 소성에 의한

것으로 판단된다.

#### 4. 결론

유적지 지반의 전기비저항은 서부지역을 중심으로 북동-남서 방향으로 높은 전기비저항을 보이는 반면 유적지 동부에서는 북동-남서 방향으로 저비저항을 보인다. 서부에서 동부로 갈수록 비저항의 크기가 감소하는데 이러한 비저항의 분포는 토양 구성 물질의 차이 (학술발표논문집, 살내유적지 발굴조사 : 지형 및 토질분석 참조)에 따른 것으로 유적지 퇴적물은 북서쪽에서 남동 방향으로 공급되었음을 시사한다.

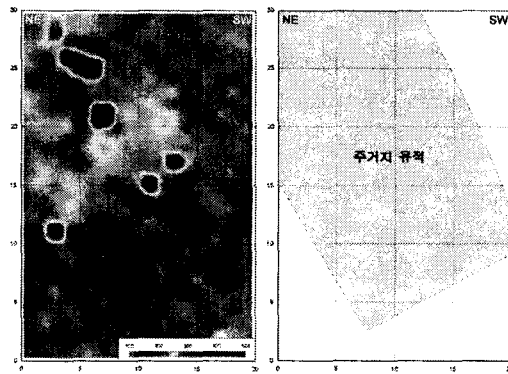


그림 6. 주거지 유적의 대자율 분포

지하레이더탐사의 반사단면에서 실트와 모래와 같이 세립의 입도를 가지는 지층들의 반사면은 측방 연장성이 좋은 반면 자갈의 구성비가 높은 지층의 반사면들은 불규칙한 기복을 보여주고 있어 비교적 용이하게 구별된다. 유적지의 동-서 방향으로 횡단한 단면에서 볼 수 있는 자갈층의 경사는 퇴적물의 공급방향과 고수계의 위치를 분석하는 자료로 활용되며 문화층의 경계로 상부와 하부 지층에서도 자갈층이 반복되는 것으로 볼 때 유적지는 하천의 지속적인 범람에 이루지는 환경에 있었음을 지시한다.

주거지 유적에서 실시한 대자율탐사에서 유적지 경계부의 토양은 주변에 비해 낮은 대자율을 가진다. 국부적으로 높은 대자율 이상대를 형성하는 토양은 주거지 내부에 한정되며 황색계열의 토색으로 볼 때 소성에 의한 것으로 추정된다.

#### 5. 참고문헌

1. 김성욱, 이현재, 원지훈, 서동주, 이종출(2001), “지구물리탐사로 고찰한 지반침하”, 한국지하수토양환경학회 춘계학술발표논문집, pp. 299-302
2. 김성욱, 이현재, 최은경, 안윤희(2001), “전라남도 남악 일원에 분포하는 조간대 퇴적층의 전기비저항 연구”, 한국지하수토양환경학회 춘계학술발표논문집, pp. 212-215.
3. Davis, J. C.(1986) “Statistics nad data analysis in geology”, John wiley & sons, 646p.
4. John, M., Reynolds(1997) “An Introduction to applied and environmental geophysics”, John wiley & sons, 796p.
5. Telford, W. M., Geldart, L. P., Sheriff, R. F. and Keys, D. A(1976), “Applied geophysics”, Cambridge university press, 860p.