

매장문화재 확인을 위한 자력탐사 및 발굴 비교연구: 충남 천안시 두정동 발굴지역

서만철* · 이남석**

*공주대학교 자연과학대학 지질환경학과 · **공주대학교 인문사회과학대학 사학과

요 약

충남 천안시 두정동 야산지역에 대한 고고학적 발굴대상지에서 자력탐사를 이용한 비파괴 문화재 탐색 응용가능성에 대한 실험적 연구를 수행하였다. 고고학적 발굴대상지에 대하여 발굴이 시작되기 전 자력탐사를 실시하였으며, 자력탐사 결과 나타난 자력이상대를 발굴후의 유물분포상황과 비교하였다. 자력탐사시 20 cm x 20 cm 격자망을 구성하여 20 m x 40 m 구역을 측정하였으며 자력센서는 지면에 위치시켰다. 기존의 발견된 토기를 대상으로 자력측정한 결과, 토기가 위치한 지점의 자력이상이 주위의 평균치보다 최대 130 nT 정도로 나타나고 있다. 등자기이상 분포도의 해석결과, 연구지역내의 1사분면과 4사분면에 나타난 자기이상지점들과 발굴결과 확인된 토기 및 토기의 파편위치가 정확하게 일치한다. 고고학적 발굴결과 연구지역내에서 발견된 토기위치는 7곳이었으며 이중 6곳은 모두 자력이상지점과 일치하며, 한 곳은 자력이상지점이 아닌 곳에서 발견된 바, 이 토기는 연토기로 판명되었다. 또한 발굴당시 확인된 숲속이나 천부지층내에 매몰된 철제 쓰레기, 철사 등의 장애물 역시 등자력이상도에서 정확하게 일치하고 있다. 그러므로 자력탐사를 수행하기 앞서 육안으로 확인되는 철제장애물들은 제거한 후에 탐사를 실시하는 것이 바람직하다. 원인이 뚜렷히 확인되지 않는 자력이상지점들은 현재의 발굴층위보다 깊은 곳에 유물이 존재할 가능성이 있으므로 보다 정밀한 발굴작업이 추가적으로 필요할 것으로 판단된다.

주요어: 매장문화재, 자력탐사, 자기이상, 도자기, 토기

Mancheol Suh, and Namseok Lee, 2000, A comparative study of nondestructive geomagnetic survey with archeological survey for detection of buried cultural properties in Doojeong-dong site, Cheonan, Chungnam Province, Journal of the Korean Geophysical Society, v. 3, n. 3, p. 175-184

ABSTRACT: A nondestructive experimental feasibility study was conducted using magnetometer to find buried cultural objects as pottery and steel matters in low-relief mountainous area of Doojeong-dong, Cheonan, Chungnam Province from May 23 to July 18, 1998. Magnetic survey was carried out with 20 cm x 20 cm grid in a site of 20 m x 40 m before excavation, and the distribution of magnetic anomalies was compared with the results of excavation. Magnetic sensor was located on the surface of ground during the magnetic survey on the basis of an experimental result. Positive magnetic anomalies of maximum 130 nT are found over a pair of potteries. Magnetic anomaly map reveals several anomalous points in the 1st and 4th quadrants of the survey site, from where potteries and their fragments were confirmed. Six points out of seven points correlated with magnetic anomaly are found contain earthenwares, whereas a magnetically uncorrelated location produced earthenware made of unbaked clay. Steel waste such as cans and wires hidden in soil and bushes also influenced magnetic anomalies. Therefore, it is better to remove such steel wastes prior to magnetic survey if possible. Some magnetically anomalous points produced no archaeological object on excavation. This may be explained by shallower level of excavation than burial depth.

Key words: Buried Cultural Property, magnetic survey, magnetic anomaly, pottery, earthenware

(Mancheol Suh, Dept. of Geoenvironmental Sci., College of Natural Science, Kongju National Univ.: Namseok Lee, Dept. of History, College of Human and Social Science, Kongju National Univ.)

1. 서 론

천안시 두정동 지역은 천안시의 북북서 외곽에 위치하여 사방 1 km 정도 범위의 비교적 낮은 구릉지로서 논, 밭, 임야로 이루어져 있고, 최근 공업단지 입지지역으로 공주대학교 박물관에 의해 문화유적 및 유물 발굴이 진행되고 있는 지역이다. 고고학적인 발굴에 있어서 발굴사전에 유적 또는 유물의 존재를 예측할 수 있다면 매우 효율적으로 발굴에 임할 수 있으며 발굴시간도 상당히 단축할 수 있어 공사진행에 많은 도움을 줄 수 있는 것이 사실이다. 또한 유적 또는 유물이 위치하는 지점을 발굴전에 예측함으로써 보다 안전하게 발굴에 임할 수 있다.

고고학에 지구물리탐사 방법이 적용되어진 역사는 비교적 짧은 편이다. 세계적으로는 1940년대 이후 고고학 분야의 연구에 지구물리학적 방법이 적용되어 크고 작은 고고학적 발굴에 일조를 하여 왔다. 유럽과 북미에서는 최근 10년동안 유적지의 위치에 대한 지도 작성에 있어서 지구물리학적 방법의 가치 인식이 급격히 성장해왔고 또한 빈번하게 적용되어져 왔다(Wynn, 1986; Pattantys, 1986; Rlest et al., 1992). 국내 고고학계에도 비파괴 지구물리탐사방법이 소개된 바 있으며(김유선, 1997; 임효재, 1997) 시험적으로 수행된 사례도 있다(오순옥, 1995; 서만철 외, 1995; 서만철 외, 1997; 서만철, 1997).

지구물리탐사는 고고학적 유적지(archaeological sites)를 찾을 때 조속한 기간 내에 비파괴적 방법으로 유적매장 가능성이 있는 지역을 찾을 수 있다는 장점이 있다. 지구물리탐사 방법을 적용할 때는 발굴하고자 하는 유적의 특성에 맞게 탐사 방법과 기술을 선택을 하는 것이 무엇보다 중요하다. 지구물리탐사가 고고학에 적용될 때 그 목표물의 규모는 수 cm ~ 수 m 범위의 소규모로부터 수 10 cm ~ 수 100 m 범위의 대규모까지 가능하다(Weymouth · Huggins 1986).

본 연구에서는 충남 천안시 두정동 지역에서 유적, 유물이 존재할 가능성이 있는 지역을 선정하여 발굴전에 자력탐사를 실시하고 그 결과를 발굴결과와 비교 분석하였다. 자력탐사방법은 암

석이나 광물의 대자율 차에 의한 자기이상을 측정하여 지표부근에 존재하는 지자기 이상체를 찾아내는 방법으로서 지하에 매장된 요지, 노지, 주거지의 주철, 도자기 등의 위치를 밝혀낼 수 있는 방법이다.

2. 지형 및 지질

본 탐사지역인 충청남도 천안시 두정동 일대는 지형상 차령산맥의 동남 연장단을 접하고 있으며 침식작용에 비교적 저항력이 강한 편마암류가 지역의 남부를 접하고 있어 광덕산(699 m), 망경산(601 m)의 연봉이 용립하며 서부에도 그 보다는 좀 낮으나 흑성산(519 m), 운주산(459 m)등이 있다. 중앙상반부와 북서상반부는 침식에 약한 화강암류가 접하고 있어 구릉화되고 있다. 각 지역은 곡교천 및 그 지류인 금고천, 풍서천, 천안천, 승대천 등에 의해서 격리되며 전반적으로 남반부와 동반부는 장년기 후기지형을 중앙부와 북서부는 노년기 지형의 양상을 보인다(신병우 외, 1979).

탐사지역 부근의 지질은 천안시 북서부 일대에 널리 분포하는 반상화강암, 흑운모화강류로 크게 분류할 수 있으며, 북서부에는 예산도곡의 북동부에서 연장발달되어지는 화강편마암의 분포가 소규모로 보여진다. 또한 북동부에는 소규모의 편암류가 보이고 그 밖에 산성 또는 염기성암맥들이 보이기도 한다. 탐사지역은 천안일대의 거의 중앙부 및 북서부를 접하는 흑운모화강암으로서 신선한 것은 보기 힘들며 풍화가 많이 진행되어 풍화토를 형성하고 한다. 그 풍화토양에서 조암광물들의 입자를 찾아 볼 수 있다. 즉 석영, 장석, 흑운모 등의 입자가 뚜렷하게 나타나 보인다. 이 지역은 구릉지의 풍화도가 발굴깊이인 약 0.5 m이하까지 발달되어 있는 관계로, 과거에 묘지로의 이용이 용이하였던 것으로 판단된다.

3. 자료취득 및 처리

3.1. 자력탐사원리 및 자료 취득

자력탐사(magnetic method)는 지하지질구조, 지질공학적응용, 지하자원조사, 고고학적 조사 등

Table 1. Geology of Cheonan area

천안 지역의 지질 계통표	
제4기	충적층
부정합	
백악기	산성암맥
	염기성암맥
관입	
จู라기	兩운모화강암
	반상화강암
	흑운모화강암
	각섬석편마상화강암
관입	
선캄브리아기	화강편마암
	관입
	호상흑운모편마암 석회암, 안구상편마암 반상변정편마암, 운모편암

에 이용되고 있다. 자력탐사(magnetic survey)를 하는 주요 목적은 지표근처에 존재하는 암석, 광물의 물리적 성질 차이에 기인하는 자력 이상을 찾는 데 있으며, 포텐셜 이론을 그 근본원리로 한다.

우리나라의 지구 자기장은 48000 ~ 54000 nT 정도의 세기를 가지며, 북각은 50 ~ 55°, 편각은 6 ~ 7° W 이다. 지자기의 변화에는 하루를 주기로 변화하는 일변화(diurnal variation)와 오랜 기간을 주기로 하여 천천히 변화하는 영년 변화(secular variation), 그리고 갑작스럽게 변화하는 자기폭풍(magnetic storm)이 있다. 일변화의 진폭과 위상은 위치 및 계절에 따라 다르며 보통은 10 ~ 30 nT이고 최대 100 nT로 변화한다. 실제로 측정되는 자기장의 세기는 지구 내적 및 외적 원인에 의한 지자기장의 일변화가 합해진 것으로서 측정치로부터 측정 목적에 맞지 않는 성분을 제거시켜야 하는데 이를 자력보정이라 하며, 자력보정 후 주위물질과 자성의 차에 의하여 나타나는

변화를 자기이상이라 한다. 자기이상을 좌우하는 요인은 근원물질의 형태, 물질의 자화방향, 그 지역의 자기위도에 따른 자기장의 방향 등이며 이들은 서로 복합되어 자기이상을 일으키기 때문에 측정된 자기 이상을 해석에 있어서 주의를 기울여야 한다.

유적 탐사를 위한 자력측정은 지하일부에서의 자기성질, 인간활동의 성질과 범위, 인공적 지형과 자연적 지형들의 매장깊이 등을 알아내는 과정으로써, 야외 측정으로 얻어진 자료의 분석을 통하여 얻어진다. 본 탐사에서 사용한 핵자력계는 양성자의 세차운동을 원리로 하는 총자기를 측정하는 자력계로써 정밀도가 높고 비교적 간단하고 때문에 자기이상의 분포를 이용하여 지하 얇은 곳에 매장된 유적을 찾는 데 적합하다. 유적 탐사를 위한 자력측정은 일반적으로 50 ~ 200 cm 의 간격으로 축선적자를 사용하고 있다(Scollar *et al.*, 1986).

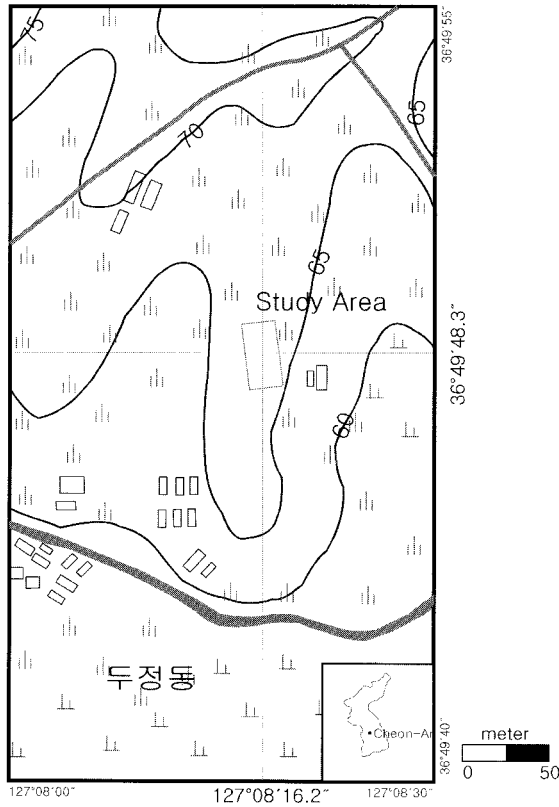


Fig. 1. Location map of the study area.

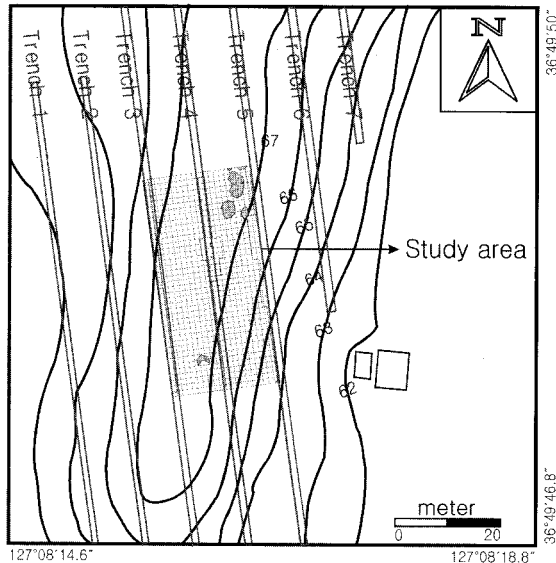


Fig. 2. Track lines of the study area.

연구지역(Fig. 1)은 공주대학교 박물관에서 발굴이 진행되는 지역으로써, 발굴직전인 1998년 5월~7월 중 걸쳐 자력탐사가 수행되었다(Fig. 2). 발굴을 위한 시험트렌치4에서 발견된 토기를 대상으로 거리와 높이에 따른 자기영향을 측정하였다. 이를 바탕으로 자력측정은 동서방향(N83E) 20 m, 남북방향(N7W) 40 m 구역을 20 x 20 cm 격자망을 구성하여 수행되었다(Fig. 3). 자력측정 기간동안 조사구역 중심에 위치한 지점(위도 36° 49' 48.3", 경도 127° 08' 16.2", 고도 67.5 m)에서 매 30분마다 반복측정을 실시하여 지자기의 시간에 따른 일변화량을 보정하였다. 자력세기 측정시에는 자력계의 sensor를 북쪽으로 향하게 하였으며, 자기장에 영향을 미칠 수 있는 잡음을 줄이기 위하여 측정자가 지니고 있는 금속류를 제거하고 자력센서를 대지에 접한 상태에서 측정하였다.

3.2. 자료처리 및 보정

본 연구의 자력자료처리는 연구목적상 일변화 보정과 정규보정만을 실시하였다. 일변화보정은 5월 23일~7월 18일 사이에 자력을 측정한 기간 동안 기점(base point)에서의 측정당일의 시간에 따른 자기장의 변화경향을 파악하여 일 변화 곡선을 작성하고(Fig. 7), 각 측정점에서 측정된 자력치로부터 시간에 따른 변화량을 제거하였다. 정규보정(normal correction)은 각 측정점에서의 측정자력에서 그 지점의 표준자력치를 빼주어 자력이상을 구하는 과정이다. 여기에서 주변 다른 지점들보다 자력이상이 현저히 크거나 작게 되면 지하에 이상물질이 있는 것으로 판단하게 된다. 표준자력치 계산은 미국 국립지구물리자료센터(NGDC, 1983)에서 공개한 프로그램(Definitive Geomagnetic Reference Field Version 1.4)을 이용하였다. 기준점에서의 표준자력치는 50454.52~50458.56 nT의 범위를 보인다(Table. 2)

일변화 보정후의 자력치를 통하여 등자력분포도(magnetic intensity contour map)를 작성하고, 일변화 보정과 정규보정 후의 자력치를 통하여 등 자기이상분포도(magnetic anomaly contour map)를 작성하여 자료해석에 이용하였다.

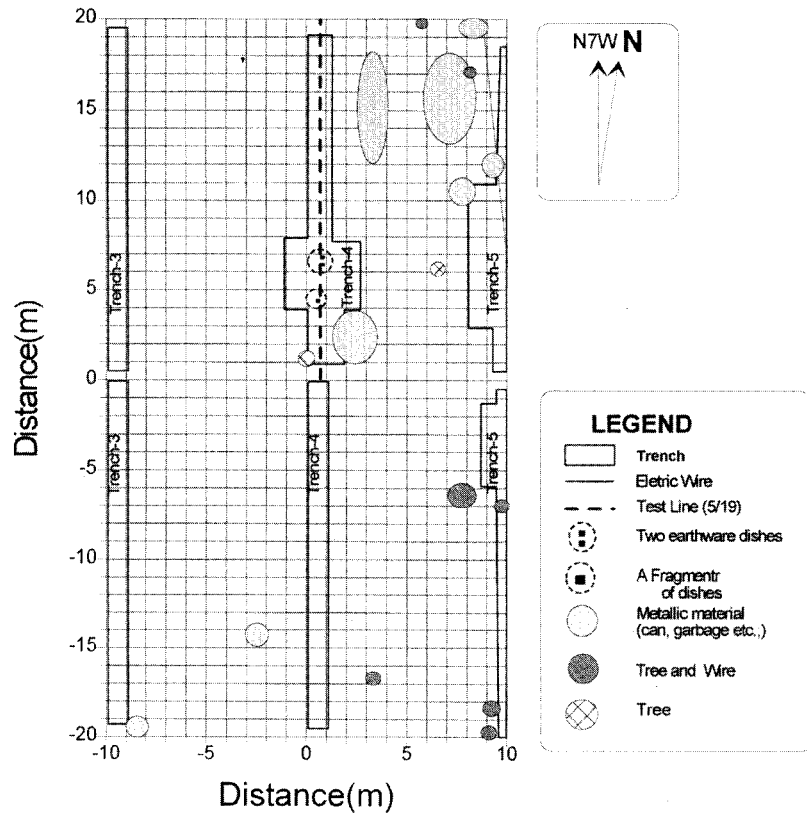


Fig. 3. Grid Lines of the study area.

Table 2. Definitive geomagnetic reference field of the base point of the survey site.

Measurement Date	Latitude	Longitude	Elevation
	36° 49' 48.3"	127° 08' 16.2"	67.5 m
	DGRF		
1998. 5. 23.		50454.52	
1998. 5. 24.		50454.59	
1998. 5. 31.		50455.09	
1998. 6. 6.		50455.53	
1998. 6. 28.		50457.12	
1998. 7. 12		50458.13	
1998. 7. 17.		50458.49	
1998. 7. 18		50458.56	

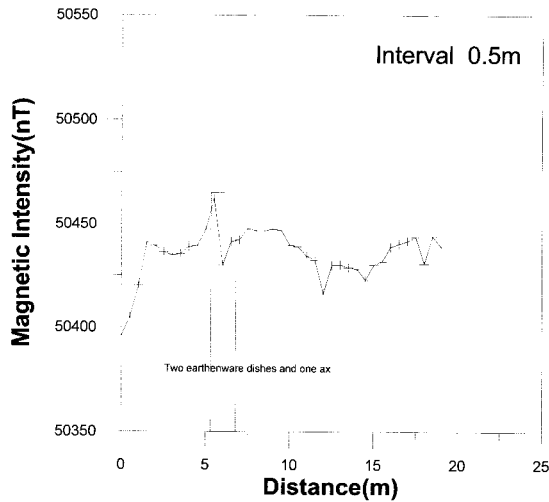


Fig. 4. Magnetic profiles measured over the earthenware dishes and ax along the test line(interval: 50 cm).

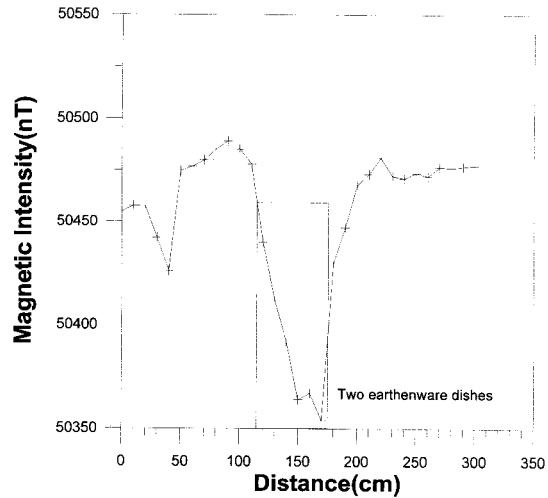


Fig. 5. Magnetic intensity variation in the test line(interval: 10 cm).

4. 자료의 해석

4.1. 자력프로파일

발굴전 시험트렌치인 트렌치4에 대하여 센서를 지면에 위치시키고 0.5 m 간격으로 지면에 센서를 위치시키고 자력 측정을 실시한 자력측선도(Fig. 4)는 토기가 발견된 지점에서 이상변화 경향을 보이고 있다. 토기위치에서 최대치와 최소치를 보여 이상체 직상부에서 보이는 전형적인 특징을 보이고 있다. 토기인근에서 10 cm 간격으로 보다 정밀하게 자력측정을 실시한 결과는 토기가 존재하는 곳이 주위보다 약 130 nT 낮은 자력치를 나타내었다(Fig. 5). 또한 토기의 위치로부터 수평방향으로 약 50 cm 거리부터는 주위의 자장세기와 비슷해지는 경향을 보이므로, 토기의 탐색을 위한 자력탐사에서는 측선간격을 20 ~ 30 cm로 보다 작게 유지하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

한편, 토기에 의한 자력영향이 미치는 지상높이를 파악하기 위하여 토기 직상부에서 10 cm씩 증가시키며 자력측정을 실시하였다. 토기 직상부에서는 50388 gamma의 최소치가 측정되었으나 측정높이가 증가함에 따라 자력치는 점점 증가하여

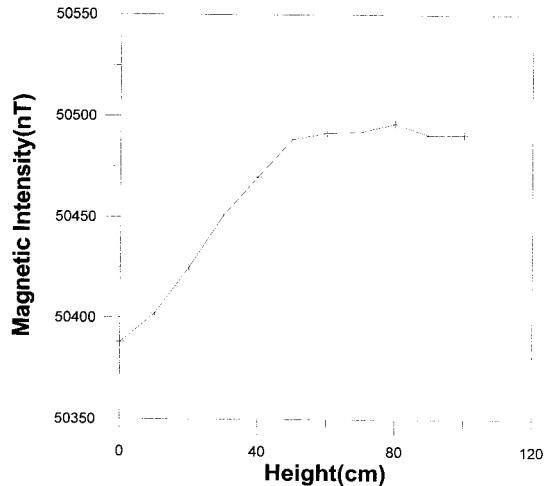


Fig. 6. Magnetic intensity variation with the elevation from earthenware dishes(interval: 10 cm).

지상 50 cm 상부에서는 토기가 없는 다른 지점들의 자력치와 비슷하게 되었다(Fig. 6). 그러므로 토기검색을 위해서는 지면 가까이에 자력센서를 위치시켜야 함을 알 수 있다. 본 연구지역의 경우 토기유물이 지표면으로부터 불과 수십 cm 깊이에 위치하고 있으나 타 지역의 경우 보다 깊이

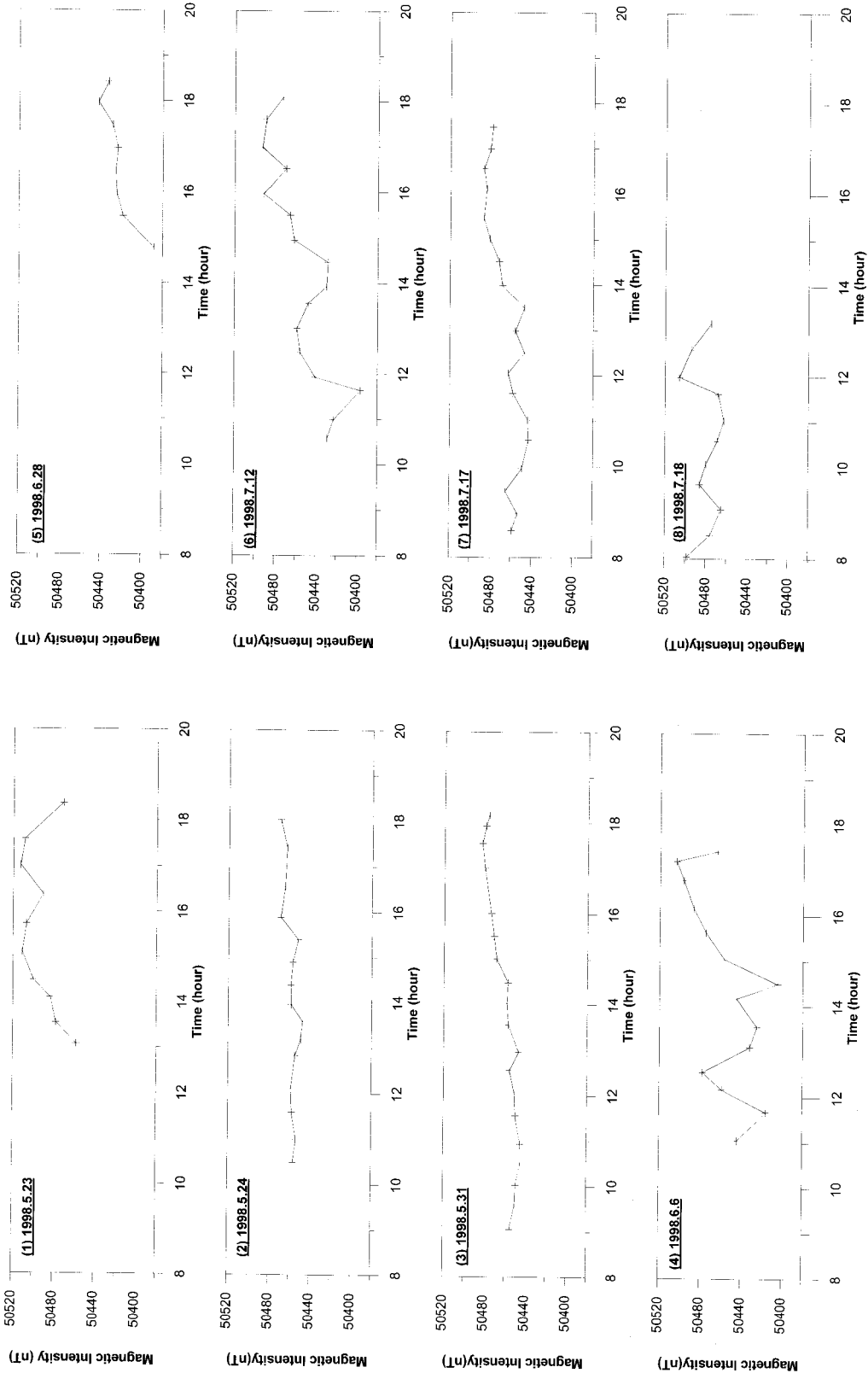


Fig. 7. Magnetic diurnal variation recorded in the study area.

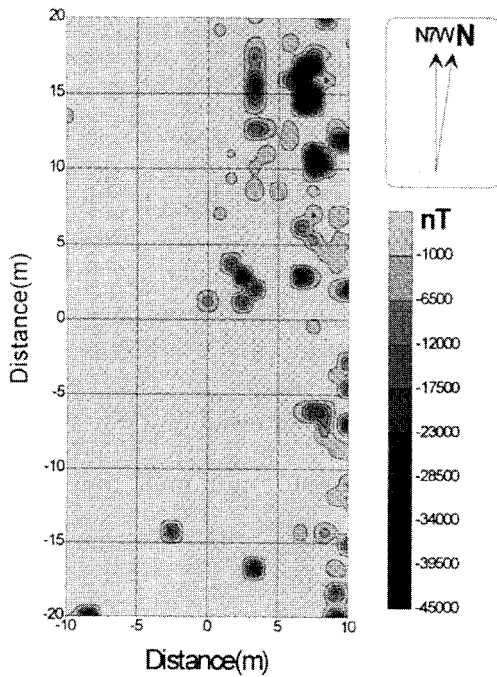


Fig. 8. Magnetic anomaly contour map of the study area.

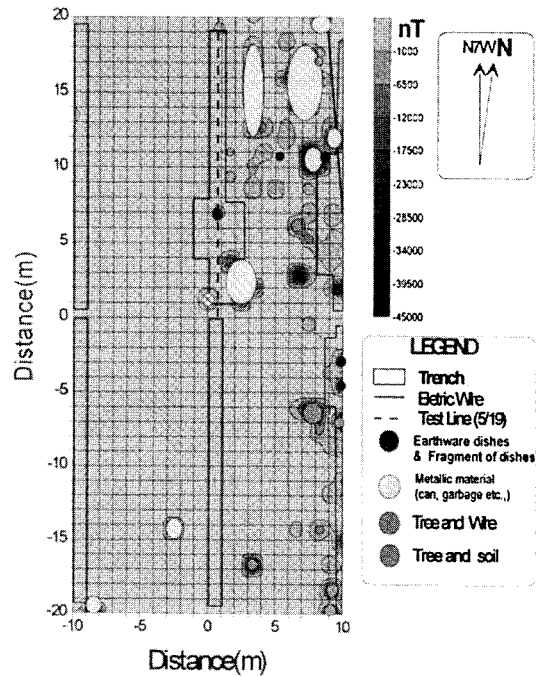


Fig. 9. Excavation result overlapped on the magnetic anomaly contour map.

매장된 지역도 있을 것이므로 가능한 한 센서를 지면 가까이 위치시키며 부득이 한 경우 지면으로부터 10 cm 정도를 유지하는 것이 바람직할 것이다.

4.2. 등자력이상도

자력탐사 결과의 해석에 있어서는 자기이상 단면도나 등자력이상도에서 개략적인 구조가 파악되면, 다음 단계로 특징적인 부분에 대하여 첫째, 음의 이상과 양의 이상의 상대적 위치와 크기, 둘째, 등자기 곡선에서 선형으로 나타나는 형태의 연장성, 셋째, 등자기 곡선의 간격으로 표현되는 경사의 정도 등에 유의하면서 해석을 실시한다 (Miller · Singh, 1994a, 1994b). 본 자료해석에 있어서는 자력탐사의 결과를 자기이상변화곡선과 자기이상 등분포도를 작성하여 정성적인 해석을 실시하였다.

측정자력치에서 일변화 보정 및 정규보정을 실시한 후 구해진 자기이상치를 이용하여 등자력이

상도를 작성하였다(Fig. 8). 연구지역의 자력 이상은 -45000 ~ 0 nT 범위를 보이며, 측정기점(0,0)을 기준으로 1 사분면과 4 사분면에서 전반적인 이상대가 분포한다. -45000 ~ 0 nT 범위의 자력 이상치는 연구목적에 비추어 비정상적인 범위의 값이다. 그러나 발굴과정에서 확인한 바에 의하면 비정상적인 자력 이상치를 보이는 지역은 철제버너, 캔류, 철사뭉치 등의 폐기물이 수몰속 또는 지하천부에 묻혀있는 것이 확인되었다. 그러므로 매장유물의 탐지를 위해서는 사전에 지표상에 존재하는 자성폐기물 등을 제거한 후 자력탐사를 실시하여야 할 것이다.

연구지역에서 발굴 조사전에 수행된 자력탐사 자료와 고고학적 발굴후의 결과를 중첩시켜 본 결과, 자기이상대가 분포하는 위치와 현장에서 조사된 자기이상에 영향을 미칠 수 있는 매장된 토기, 토기파편, 금속물질, 철사 등이 분포한 위치가 정확하게 일치하였다(Fig. 8). 현재 일부분만 발굴

조사가 이루어진 관제로 10 ~ 20 cm 가량의 표토 층만 제거된 상태에서 매장된 토기 및 토기편이 분포한 위치는 기점(base point)을 기준으로 1사분면의 (0.8, 6.8), (6.6, 2.8), (10, 2), (8.9, 10.9)의 위치와 4사분면의 (10, -2.8), (10, -4.4)의 위치에서 자기이상대와 일치하고 있다. 금속물질 및 철사를 비롯한 쓰레기 매설물 등이 매설된 위치는 1사분면의 (7, 16), (3.5, 15), (7.5, 10.5), (9.5, 11.6), (2.5, 3)등으로 뚜렷한 자기 이상을 보이고, 3사분면에는 (-2.4, -14.4), (-8.4, -20)에서 자기이상대와 일치하고 있다. 4사분면에는 (9.2, -18.4), (9.2, -20), (3.5, -16.8), (10, -7), (8, -6)등의 나무에 철사가 묶여 있는 곳에서 자기 이상대와 일치하고 있다. 이와 같이 철제 쓰레기 매설물, 철사 등의 금속 물질에 의한 자력이상이 유적, 유물이 나타내는 자력이상보다 현저히 큰 -17500 ~ -45000 nT 범위의 값을 보이기 때문에, 유적, 유물에 의한 정확한 자력이상을 확인하기 위해서는 이러한 장애요인을 제거해야 할 것이다. 이외의 1사분면, 2사분면, 4사분면에서 확인되지 않은 이상대는 보가 깊은 위치의 유물에 의한 가능성이 높으므로 유의하여 발굴을 진행해야 할 것이다. 특히, 1사분면은 토광묘, 4사분면은 집터로 추정될 뿐 아직 정확한 발굴조사가 진행되지 않은 상태이다.

현재까지 조사지역에서 토기가 발견된 지점은 7 지점이었는데 이중 6개 지점은 자기이상지점과 일치한다. 토기발견지점과 자기이상지점이 일치하지 않는 곳은 1사분면의 (5.2, 10.8)지점으로서 이곳의 토기는 다른 지점에서 발견된 것과는 다른 연토기이다. 다른 토기들은 토기조성과정에서 가열에 의해 당시의 자기장방향대로 재자화가 된 반면, 연토기의 경우에는 가열정도가 낮아 광물입자들의 재자화가 되지 않은 상태이기 때문에 자력이상을 형성하지 못한 것으로 판단된다.

5. 결 론

충남 천안시 두정동 야산지역에 대한 고고학적 발굴대상지에서 자력탐사를 이용한 비파괴 문화재탐색 응용가능성에 대한 실험적 연구를 수행

하였다. 고고학적 발굴대상지에 대하여 발굴이 시작되기전 자력탐사를 실시하였으며, 자력탐사로 나타난 자력이상대를 발굴후의 유물분포상황과 비교하였다. 자력탐사는 지하에 존재하는 자력이상체를 탐색하는데 매우 효과적이었으며 이 연구로부터 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 이미 발견된 토기를 대상으로 자력측정을 실시한 결과, 유물의 크기, 자화 방향, 매장깊이 등에 따라서 매장유물에 의한 자력이상이 주위의 평균치보다 최대 130 nT 정도의 낮은 이상을 나타내고 있다. 또한 확인된 토기가 미치는 자력의 영향범위를 측정한 결과 약 50 cm 높이까지 영향을 미치는 것이 확인되었다. 그러므로 자력탐사를 이용한 토기 등의 유물탐색에 있어서는 자력센서를 지면으로부터 약 10 cm 이내에 위치시켜 측정하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

2. 등자기이상 분포도의 성격은 천부지하에 대한 고해상의 정보를 제공하는 것으로 판단된다. 특히 연구지역내의 1사분면과 4사분면에 나타난 자기이상지점들과 발굴결과 확인된 토기 및 토기의 파편위치가 정확하게 일치하였다. 고고학적 발굴결과, 연구지역내에서 발견된 토기의 위치는 7 곳이었는데 이중 6 곳은 모두 자력이상지점이었고 한 곳은 자력이상지점이 아니었다. 자력이상을 나타내지 않은 토기는 연토기로 판명되었다.

3. 또한 발굴로써 확인된 숲속이나 천부지층내에 매몰된 철제 쓰레기, 철사 등의 장애물 역시 등자력이상도에 정확하게 나타나고 있었다. 따라서 육안으로 확인된 철제장애물들을 제거하고 자력탐사를 실시하는 것이 바람직하다.

4. 원인이 뚜렷히 확인되지 않는 자력이상지점들은, 현재의 발굴층위보다 깊은 곳에 유물이 존재할 가능성을 지시한다. 따라서 토광묘와 집터로 추정되는 1사분면과 4사분면의 이상대에 대한 발굴작업은 보다 정밀하게 수행할 필요가 있는 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 과학기술부 국가지정연구실사업으로 지원된 공주대학교 자연과학대학 문화재비파괴진

단연구실의 사업으로 수행되었으며 재정적지원에 감사드립니다. 원고에 대한 세심한 심사를 통하여 논문의 질을 향상시킨 부산대 김인수 심사위원께 감사를 드립니다.

참고문헌

- 김유선, 1997, 매장문화재의 과학적보존 개요, 보존과학회지, 6, 100-109.
- 임효재, 1997, 고고학적 발굴과 출토과정에서의 제문제점, 보존과학회지, 6(2), 110-118.
- 서만철, 1997, 송산리고분군의 현황과 보존대책, 공주대학교 기초과학연구소, 467p.
- 서만철, 이남석, 조기호, 1995, 공주지역백제고분조사, 공주대학교 박물관, 353p.
- 서만철, 이창환, 정계옥, 김동현, 1997, 송산리고분군의 지구물리학적 조사를 통한 고분축조방법 고찰, 6(1), 61-70.
- 신병우, 남기상, 이종덕, 1979, 천안지질도폭 설명서, 한국자원연구소
- 오순옥, 1995, 공주 상왕동 지역의 유적 존재 가능성에 대한 지구물리학적 연구, 석사학위논문
- Hugh G. Miller and Vijay Singh, 1994a, Potential field tilt - a new concept for location of potential field sources, Journal of Applied Geophysics, 59, 213-217.
- Hugh G. Miller and Vijay Singh, 1994b, Semiquantitative techniques for the identification and removal of directional trends in potential field data, Journal of Applied Geophysics, 59, 199-211.
- Irwin Scollar, Bernd Weidner, and Karel Segeth, 1986, Display of archaeological magnetic data; Geophysics, 51, 623-633.
- Jeffrey C. Wynn, 1986, Archaeological prospection: An introduction to the Special Issue, Geophysics, 51, 533-537.
- M. Pattantyus-A., 1986, Geophysics results in archaeology in Hungary, Geophysics, 51, 561-567.
- Walter R. Rile, Jacob Verhoef, and Mark Pilkington, 1992, Magnetic interpretation using the 3-D analytic signal, Geophysics, 57, 1, 116-125.
- Weymouth, J. W., and Huggins, R., 1986, Archaeological site surveying program at the Univ. of Nebraska, Geophysics, 51, 538-552.
- NGDC, 1983, Definitive Geomagnetic reference field, Version 1.4.

2000년 6월 11일 원고접수

2000년 9월 21일 원고채택