
고고유적에 대한 고고지자기연대법의 적용

-울산 매곡동 유적 측구부탄요에 대한 적용사례를 중심으로-

Application of Dates of Terrestrial Magnetism to Archaeological Remains
- Centered on a Charcoal Kiln with Side Window at Maegokdong, Ulsan -

성형미

동양대학교 문화재발굴보존학과

Hyong-Mi Sung(hyongmis@dyu.ac.kr)

요약

지자기는 시간의 경과와 더불어 변동하는데 지자기의 화석이라 할 수 있는 각종 잔류자화를 통해 그 흔적을 남겨두고 있다. 고고지자기 연대법은 소토의 열잔류자화를 통해 과거의 지자기 변동을 측정하여 소토가 출토되는 고고유적의 연대를 알아내는 연대측정법이다. 본고에서는 울산 매곡동 I 지구 유적의 측구부탄요에서 채취한 14점의 소토시료를 통해 고고유적에 대한 고고지자기 연대법의 적용 방법을 알아보았다. 유물이 출토되지 않아 주변 유구들과의 배치관계 등을 통해 삼국시대라고 추정된 측구부탄요의 불 확실한 고고학적 편년에 대해, 고고지자기 연대법에 의해 산출된 A.D.440±15년의 연대는 확실한 증거자료가 되었다. 고고지자기 연대법은 오염제거가 비교적 용이하고 특히 측정연대의 오차 폭이 상당히 좁아서 신뢰도 높은 결과를 구할 수 있으므로, 고고유적의 연대측정에 있어서 유력한 자연과학적 분석법의 한 분야로 정착되어 가고 있다.

■ 중심어 : | 고고학 | 고고지자기 | 소토 | 측구부탄요 |

Abstract

Terrestrial magnetism has left traces through residues such as fossils of the terrestrial magnetism as time went by. An analysis of archaeological terrestrial magnetism is an estimation of dates of archaeological remains where baked earth is exposed by measuring the change of the past terrestrial magnetism through thermo-remnant magnetization of baked earth. This paper attempts to apply an analysis of the archaeological terrestrial magnetism to archaeological remains using fourteen soil samples extracted from a charcoal kiln with side window located at the Area I of Maegokdong. The date of A.D.440±15 the analysis of archaeological terrestrial magnetism came up with gives solid evidence, while an archeological chronicle used arrangements of surrounding artifacts because of the absence of remains and assumed uncertainly that a charcoal kiln with side window was from the three kingdom periods. This analysis of archaeological terrestrial magnetism has come to anchor as a main natural scientific analysis because it relatively easily removes pollutants and comes up with highly reliable results owing to its considerably narrow error tolerance of assumed dates.

■ keyword : | Archaeology | Archaeomagenetic Field | Baked Earth | Charcoal Kiln with Side Window |

I. 서론

고고지자기 연대법은 10년 전까지만 하더라도 국내에서는 생소한 학문으로 축적된 약20점의 측정데이터를 통해 일본의 표준곡선에 데이터를 대입하여 연대를 추정하는 정도에 머물렀었다. 하지만 여기에는 지자기의 지역적인 차이에 의해 연대 값에 오차를 포함하고 있을 수 있는 문제점을 가지고 있었다. 따라서 우리나라의 고고지자기 변동모습을 기록한 표준곡선의 작성되어 고고지자기 연대법의 실용화가 무엇보다 절실하게 요구되는 상황이었다. 최근 국내에서 대규모의 국토 개발에 동반하여 많은 양의 데이터가 축적되면서 고고지자기 연대법에 대한 연구가 본격적으로 진행되어 표준곡선의 개형이 작성되기에 이르렀다. 고고지자기 연대법은 아직 기원전의 시기에 대해서는 절대연대추정치를 제시할 수 없고, 고고학적 편년에 의해 영향을 받는 점 등의 한계점을 가지지만, AMS연대법과 OSL/TL 연대법 등 다른 자연과학적 연대법에 비해 시료의 오염 제거가 쉽고 연대의 오차범위가 적은 점 등에서 많은 장점을 가지고 있는 자연과학적 연대측정법이라고 할 수 있다. 다양한 콘텐츠 개발연구에서 최근 고고학이 관심의 한 분야가 되고 있는데, 본 연구에서는 고고학의 연구 분야 중에서도 편년과 관련하여 중요한 분야인 고고지자기 연대법의 소개와 더불어 일반적으로 가장 많은 시료를 채취하게 되는 고고유적인 가마의 분석사례를 통해 고고지자기 연대법의 적용 방법과 연구방향을 알아보하고자 하며, 나아가 고고학연구의 화두인 연대 측정 분야의 불확실한 부분을 고고지자기 연대법을 통해 해결할 수 있는 방법을 찾아보고자 한다.

II. 원리

1. 고고지자기의 영년변화

토양이나 암석에는 일반적으로 사철이라고 불리는 자철광(Fe_3O_4 , magnetite)이나 적철광(Fe_2O_3 , hematite) 등의 철산화물이 1~3퍼센트 정도 포함되어 있으며, 이것들은 자석이 될 수 있는 자성광물이다. 이

들 자성광물은 가열되어 퀴리점(Curie temperature)이라고 불리는 그 광물 고유의 온도에 도달하면 자성을 잃어버린다. 자철광의 퀴리점은 $578^{\circ}C$, 적철광은 $675^{\circ}C$ 이다. 이들이 자성을 잃어버린 고온의 상태에서 지구자장(지자기)중에서 냉각되어 퀴리점까지 온도가 내려가면, 그 당시의 지자기방향과 같은 방향의 자화를 획득하게 된다. 이것을 TRM(thermoremanent magnetization)이라고 한다. TRM은 상당히 안정적이며 거듭 퀴리점 부근까지 가열되지 않는 한, 획득한 잔류자화의 방향과 강도를 보지하고 있는 지자기의 화석이라고도 불릴만한 것이다. 다양한 시대의 소토를 고고지자기 시료로 채취하여 그것에 대한 잔류자화를 측정하여 연대순으로 배열하면, 과거 지자기변동의 모습을 알아내는 것이 가능하다. 이와 같이 고고유적에서 시료를 채취하여 고고학에서 다루는 시대의 지자기변동을 밝혀내는 연구를 고고지자기학(archaeomagnetism)이라고 한다. 또한 고고지자기학적으로 구해진 과거의 지자기영년변화를 관측기록으로부터 구해진 영년변화와 구별하기 위해 고고지자기영년변화(archaeomagnetic secular variation)라고 한다.

한국과 지리적으로 가장 가까운 일본에서는 북류·동해지방에서부터 구주북부에 이르는 서남일본각지에서 150기이상의 소토가 남아있는 유구에 대해 정력적으로 고고지자기학적 연구가 이루어진 결과 서력기원(야요이시대중기중경)이후의 지자기변동에 대한 상세한 양상이 밝혀져, [그림 1]과 같은 과거 2000년간의 고고지자기 표준곡선이 만들어져 있다[1][2].

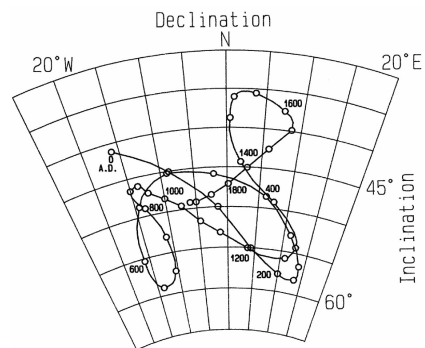


그림 1. 서남일본의 고고지자기 영년변화(편각-북각도)(廣岡 1977)

게다가 일본열도정도의 규모로 공간적인 넓이를 가지면 지구자장의 지역차는 무시할 수 없을 정도로 클 것이라는 가능성에 대해서도 이미 지적된바 있는데[3], 최근 고고지자기 데이터의 축적이 진행된 결과 후쿠이 · 이시카와 · 토야마 · 니카타서부의 북륙지방에 대한 서력 500년부터 1550년까지의 북륙관[4][5]과 기후 · 아이치를 중심으로 한 동해지방의 10세기이후 동해관[6]의 고고지자기영년변화곡선이 만들어질 수 있게 되었다. 이것에 의하면 전체적으로 북각이 수도정도 깊으며 또한 중세시대의 편각이 동쪽으로 치우친 정도가 서남 일본만큼은 현저하지 않다는 것이 밝혀지게 되었다.

2. 지구자장과 변동

지구는 자장을 가지며 이것을 지구자장 또는 지자기라고 한다. 이것은 지구의 중심부에 강력한 봉자석이 존재하여 그 자석이 주변에 자장을 만들고 있다고 생각하면 알기 쉬운 자장분포를 하고 있다. 현재 방위자석(자기 컴퍼스)의 바늘이 북을 가리키는 것은 이 지구자석(지자기)이 끌어당기고 있기 때문이다. 지구의 중심부는 수천도정도의 고온이기 때문에 영구자석은 존재할 수 없다고 생각되고 있지만, 지구표면에서 관측되는 지구자장은 지구의 중심에 작지만 상당히 강력한 봉자석을 두었을 때의 자장과 아주 비슷하다. 이 가상의 봉자석을 지자기쌍극자(geomagnetic dipole)라고 한다. 지구자장은 쌍극자자장만으로 이루어진 것이 아니라 비쌍극자자장(non-dipole field)이라고 불리며 지역적인 자기이상의 원인이 되는 국지적인 자장이 일정비율 포함되어 있다. 비쌍극자는 핵의 표면부근에 위치한다고 생각되고 있으며 복수개가 존재하는 것으로 알려져 있다.

지자기는 방향과 크기(강도)를 가진 벡터 량이다. 어떤 장소의 지자기는 편각(declination), 북각(inclination), 전자력(total force), 혹은 수평분력(horizontal component)의 3요소로 표현할 수 있다. 이것들을 지자기의 3요소라 부른다. [그림 2]에서 알 수 있는 것과 같이 편각(D)은 지자기 벡터를 수평면에 투영하였을 때 수평분력(H)이 지리학적인 북(진북)의 방위와 이루는 각도이며, 북각(I)은 수평면으로부터의 경

사각이다.

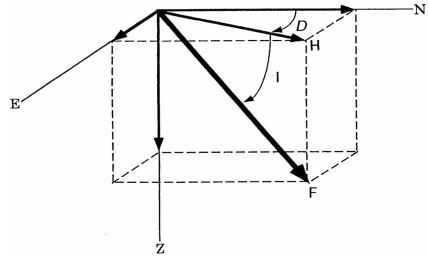


그림 2. 지자기의 3요소
(N : 북, E : 동, Z : 연직, D : 편각, I : 북각, H : 수평분력, F : 전자력)

편각과 북각은 지자기의 방위를, 전자력(F)은 지자기의 강도를 나타낸다. 연속적인 지자기의 직접관측에 의해 편각과 북각이 동시에 긴 주기의 변화가 검출되고 있다. 영국 런던의 그리니치에서 16세기후반부터 이루어지고 있는 관측에서는 편각과 북각의 변동주기가 약 400~500년이라는 사실이 확인되었고, 그 변동 폭도 편각은 약 35°, 북각은 20° 정도로 큰 편이다. 조금 늦은 17세기부터 관측이 시작된 파리나 로마에서도 상당히 비슷한 변동이 기록되어 있다. 하지만 지리상으로 거리가 떨어져 있는 미국 보스턴에서는 이들 유럽의 변동과는 커다란 차이가 있음을 [그림 3]에서 알 수 있다[7].

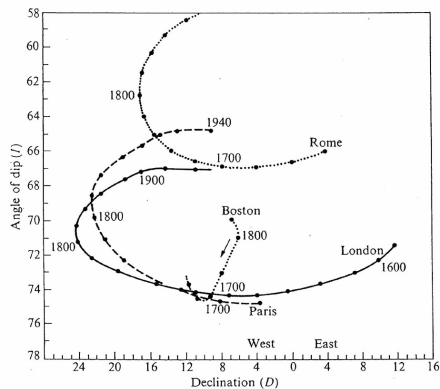


그림 3. 관측에 의해 구해진 런던, 파리, 로마, 보스턴의 지자기 영년변화 (Aitken 1974)

이와 같이 지자기는 지역에 따라 차이가 나며 같은

지역에서도 일정하지 않은 불규칙한 시간적 변동을 보이고 있는 것으로 알려져 있다. 이러한 지자기변동에는 주기가 짧은 것에서 긴 것까지 다양한 성분이 포함되어 있는데, 그 중에서도 수십 년에서 수백 년에 걸친 완만한 지자기변동을 지자기영년변화(geomagnetic secular variation)라고 한다. 동일지점에서 연속적으로 이루어진 지자기관측의 가장 오래된 기록은 영국 런던의 그리니치에서 16세기 후반에 시작된 관측이므로, 이보다 이전의 시대에 지자기 영년변화가 어떠하였는지는 관측 기록상으로는 알 수 없다. 이것보다 오래된 시대의 지자기변동을 알아내기 위해서는 소토나 암석의 잔류자화를 이용하는 고지자기, 고고지자기 연구에 의존할 수밖에 없다.

III. 시료

울산 매곡동유적(I 지구)에서는 무문토기시대 주거지, 삼국시대 주거지와 수혈, 석실묘, 그리고 숲을 구웠던 다양한 형태의 탄요가 조사되었으며, 그 외 조선시대의 주거지, 수혈, 탄요 등이 조사되었다[8]. 탄요의 경우 연대를 추정할 수 있는 유물이 거의 출토되지 않기 때문에 특히 자연과학적 분석법을 통한 연대추정에 의존도가 높다고 할 수 있다. 울산 매곡동 I 지구 유적에서 고고지자기 분석 대상 유구 중 하나인 1호 층구부탄요는 요체가 세장하고 요지 바닥의 경사도가 거의 없는 평면이며 주축을 등고선과 같은 방향으로 두고 있고 측벽에 다수의 측구가 있는 구조를 가졌으며, 그러한 특징적인 구조만큼이나 조성연대나 사용용도 등에서 관심의 대상이 되는 유구이다. 1호 층구부탄요는 다른 탄요들과 마찬가지로 연대를 추정할 수 있는 결정적인 유물이 출토되지 않아 고고학적으로 연대추정이 어려우나 매곡동 유적에서는 다른 유구들과의 상관관계를 통해 삼국시대의 탄요라고 잠정적으로 추정하였다. 이 연구에서는 매곡동 I 지구 유적의 1호 층구부탄요로부터 채취한 소토시료의 분석사례를 통해 고고지자기 연대를 측정해 보고 고고학적으로 추정된 잠정적인 연대의 타당성을 검토해 보고자 한다.

고고지자기 연대법의 주된 시료는 소토(불에 탄 흙)이다. 시료채취의 방법은 다음과 같다. 우선 소토 주변으로 구를 파고 작은 소토덩어리를 남겨 절대 움직이지 않도록 주의하며 입방체상으로 정형한다. 그리고 이 소토덩어리에 물에 갠 석고를 넣은 플라스틱 케이스(24mm×24mm×24mm)를 덮어씌운다. 입방체상 소토의 뿌리 부분에도 물에 갠 석고를 뿌려 보강해 둔다. 석고가 굳으면 케이스 상면의 주행과 경사도를 고고지자기용의 특제 클리노미터로 측정하여 시료의 방위로 하여야장에 기록한다. 마지막으로 시료를 바닥에서 떼어내어 채취 작업을 종료한 후 비닐봉투에 넣어 밀봉하여 연구실로 가지고 가서 케이스의 개구부도 석고로 막아서 측정용 시료로 한다. 한기의 유구에서 채취하는 시료의 수는 보통 10개 전후인데, 매곡동 1호 층구부탄요에서는 요의 바닥에서 조금 많은 수의 14개의 시료를 채취하였다.

[그림 4]는 시료 채취가 이루어진 울산 매곡동 I 지구 유적 1호 층구부탄요의 전경을 나타낸다.



그림 4. 울산 매곡동 유적(I 지구) 1호 층구부탄요

IV. 측정결과

1. 잔류자화의 측정 및 분석 장비

시료의 잔류자화방향의 측정은 동양대학교 박물관에 설치된 일본 나즈하라기연제(夏原技研製)의 스피너형 자력계(SSM-95)를 이용하였다. 시료에 대한 잔류자화의 측정은 플라스틱 큐브의 여섯 면을 한 면씩 바꿔 놓아서 측정하는 방식으로 주로 이루어진다. 한 번에 자력계의 회전축에 직교하는 평면내의 직교 2성분이 측정 가능하므로, 여섯 번 바꿔 놓아 측정하면 함께 12성

분 즉 X, Y, Z의 직교 3성분을 각각 4회씩 측정하는 것이 된다. 4개 데이터의 평균치를 각각 X, Y, Z의 성분으로 한다. 이 X, Y, Z와 유적에서 측정된 방향(pitch)과 경사도(dip)의 값을 이용하여 그 시료의 편각, 복각, 자화강도를 계산에 의해 구한다. 소토의 잔류자화 방향을 수치로 표현하기 위해서는 각 사이트의 측정데이터의 평균방향을 계산한다. N개 데이터의 평균방향을 계산하기 위해서는 같은 측정순서에 의한 각 데이터의 무게를 동일하다고 생각하여 1로 두고, 각 잔류자화 방향에 단위길이의 벡터를 주어 그것들의 합의 방향을 평균방향으로 한다. 각 잔류자화 방향에 주어진 단위벡터를 $r_i(X_i, Y_i, Z_i)$, r_i 의 복각을 I_i , 편각을 D_i 로 하여 N개의 단위벡터의 합성벡터를 $R(X, Y, Z)$ 이라고 하면, 다음의 계산식에 따라 합성벡터 R의 복각 IR, 편각 DR을 알 수 있다.

$$X = \sum X_i = \sum \cos(I_i) \cos(D_i)$$

$$Y = \sum Y_i = \sum \cos(I_i) \sin(D_i)$$

$$Z = \sum Z_i = \sum \sin(I_i)$$

$$IR = \sin^{-1}(Z/R) \quad R = (X^2 + Y^2 + Z^2)^{1/2}$$

$$DR = \tan^{-1}(Y/X)$$

이렇게 구해진 시료 각각의 편각은 클리노미터로 측정된 자북을 기준으로 한 방위이므로, 진북을 기준으로 한 편각을 구하기 위해서는 유적이 위치한 장소의 현재 편각의 값만큼 보정한다.

측정시료는 여러 가지 자기특성을 가지는 자성광물의 집합으로 이루어져 있으며, 그중에는 자기적으로 안정적이지 못한 것도 포함되어 있는 경우가 많다. 이러한 불안정한 자화성분에는 최종소성이 이루어져 자연 잔류자화를 획득한 이후부터 현재가 되기까지 지구자장에 계속해서 노출되어 있기 때문에, 후세의 지구자장의 영향을 받아서 자화방향을 바꿔버린 것도 포함되어 있다. 이와 같은 자화성분은 소성당시의 지자기의 화석이라고 말할 수 없는 것이 되었기 때문에, 그것들을 제거하여 최종소성당시의 지자기의 방향을 충실히 기록하고 있는 안정된 자화성분만을 골라내는 작업이 필요

하다. 이와 같은 불안정한 자화성분을 효과적으로 제거하는 실험적인 수단으로, 시료를 교번자장 중에 두어 회전시키면서 자장의 강도를 어떤 값 H에서 제로가 되기까지 매끄럽게 감소시켜, 항자력이 H보다도 약한 자화성분을 제거하는 방법인 교류소자실험이 고안되어 있다.

시료가 처음부터 가지고 있는 잔류자화인 자연잔류자화(natural remanent magnetization, NRM)를 측정된 후에, 단계적으로 교번자장의 세기를 올려가는 단계교류소자가 일반적으로 이용되는 수법이다. 교류소자를 걸어 불안정한 자화성분을 제거하는 단계교류소자 실험에는 동양대학교 박물관에 설치된 일본 나즈하라기 연제의 교류소자장치(DEM-95)를 이용하였다[그림 5].



그림 5. 교류소자장치

2. 잔류자화의 측정결과

울산 매곡동 I 지구 유적의 1호 측구부탄요에 대해서는 우선 NRM 단계에서의 잔류자화 측정을 한 이후에 불안정한 자화성분을 제거하는 단계적인 교류소자실험이 이루어졌다. 교류소자의 단계는 유구의 소성상태나 자화강도에 따라 상이하게 적용되는데 1호 측구부탄요에 대해서는 보다 정밀도 높은 분석 데이터를 구하기 위해 세밀한 단계를 설정하여 소자자장이 5.0mT, 10.0mT, 15.0mT, 20.0mT, 25.0mT, 30.0mT, 40.0mT의 7단계에 걸쳐서 이루어졌다. 각 단계마다 소자실험이 끝나면 잔류자화를 측정하여 자화방향이 분산정도나 자화강도의 감소정도를 검토하여 가장 효과적으로 불안정한 잔류자화성분을 제거할 수 있었던 단계(최소자단계)를 판정한다.

NRM과 각 단계에서의 교류소자후의 평균편각(D), 평균복각(I), Fisher의 신뢰각(α_{95}), Fisher의 신뢰도계수(K), 평균자화강도를 계산한다. 채취시료 개수(N)와 통계계산에 이용한 시료의 개수(n)을 추가해 1호 측구부탄요의 측정결과는 [표 1]에 정리되어 있다.

표 1. 매곡동 유적(I 지구) 1호 측구부탄요의 고고지자기 측정결과

D.F.(mT)	n/N	D(E)	I(I)	$\pm 95(I)$	K	ity
NRM	14/14	-0.7	46.5	1.82	478.2	14.4
< 5.0 mT	14/14	-0.5	46.9	1.78	494.6	13.9 >
10.0 mT	14/14	-0.7	47.1	1.81	481.0	10.5
15.0 mT	14/14	-1.8	46.5	2.10	357.6	6.27
20.0 mT	14/14	-1.2	47.4	1.89	445.5	3.76
25.0 mT	14/14	-1.3	47.4	1.96	411.1	2.46
30.0 mT	14/14	-2.0	46.6	2.33	292.6	1.79
40.0 mT	14/14	-1.1	47.3	2.19	331.4	1.36

D.F. : 소자자장, n/N : 채택시료수/채취시료수, D : 편각, I : 복각, α_{95} : Fisher의 신뢰각, K : Fisher의 精度係數, ity : 자화강도 ($\times 10^{-4}$ Am²/kg).
< > : 최적소자단계.

Fisher의 통계법에 의해 Fisher의 신뢰각(α_{95}), Fisher의 신뢰도계수(K)를 계산할 수 있다[9]. α_{95} 는 측정데이터로부터 생각될 수 있는 진실의 자화방향이 95%의 확률로 존재하는 범위를 나타내는 것으로, 그 범위는 계산에 의해 얻어진 평균자화방향을 중심으로 그 주변 $\pm \alpha_{95}$ 의 각도 내인 것을 의미하고 있다. 이 각도는 작으면 작을수록 자화의 집중정도가 좋은 것을 의미하며, 소성상태가 좋아서 자화방향의 집중정도가 좋은 요지의 경우 α_{95} 의 값이 3°보다 작아진다. K는 시료 하나하나에 대한 자화의 분산정도를 나타내는 것으로 값이 크면 클수록 자화방향의 분산이 적은 것을 말하며, 요지의 경우 보통 500 이상의 값이 된다. K와 α_{95} 는 데이터의 정밀한 정도를 나타내는 것으로 Fisher의 통계법에 의해 계산할 수 있는데, 모든 잔류자화의 방향이 일치하면 $K = \infty (R = N)$ 가 되며 완전히 random의 상태이면 $K = 1 (R = 0)$ 이 된다.

$$K = (N-1)/(N-R)$$

$$\cos 95(\alpha_{95}) = 1 - (201/(n-1) - 1) \times (N-R)/R$$

각 소자단계에서 자화강도와 자화방향 등을 고려하

여 과거의 지자기 기록이 아니라고 생각되는 시료를 제외하고 D, I, α_{95} , K를 계산하여, α_{95} 가 가장 작고 K가 가장 큰 단계를 최적소자단계로 하여 그때의 측정결과를 고고지자기 분석 데이터로 채용한다. 표 2에서 보면 5.0mT 단계에서의 교류소자실험 이후 측정에서 α_{95} 가 가장 작고 K가 가장 큰 것으로 보아 자화방향의 집중도가 가장 좋고 불안정한 자화성분이 가장 효과적으로 제거되었다고 판단되어 최적소자단계로 채택하였으며, 여기서 산출된 분석데이터를 통해 울산 매곡동 I 지구 유적의 1호 탄요에 대한 고고지자기 연대를 추정하였다. 최적소자단계의 자화측정결과는 [표 2]에 정리하였다.

표 2. 1호 측구부탄요의 5.0mT소자후의 자화측정결과

시료번호	편각(E)	복각(I)	자화강도 ($\times 10^{-4}$ Am ² /kg)
UM 1	-3.5	49.5	19.7
UM 2	-6.4	49.0	7.38
UM 3	-2.5	46.6	21.8
UM 4	2.1	40.6	25.1
UM 5	3.2	45.3	6.93
UM 6	1.9	48.0	10.0
UM 7	-3.7	49.1	7.98
UM 8	1.0	40.2	15.4
UM 9	-4.0	49.3	13.6
UM 10	-1.2	46.6	23.0
UM 11	-0.6	48.7	14.6
UM 12	2.7	47.7	9.18
UM 13	2.2	49.0	10.2
UM 14	0.2	46.4	10.1

[표 2]의 소토시료의 잔류자화 방향의 측정결과를 Schmidt의 스테레오도(stereo projection)에 검은색의 점으로 찍어서 표시하였다[그림 6].

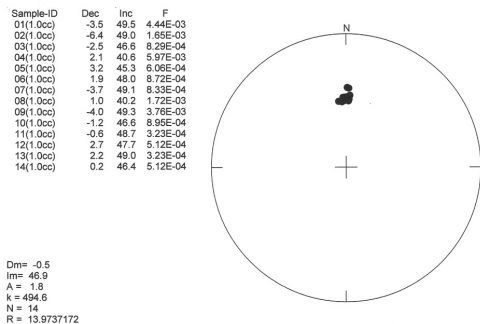


그림 6. 울산 매곡동 유적(I 지구) 1호 측구부탄요의 자화측정결과

Schmidt의 스테레오도는 등적도법으로 구면상의 등면적 영역을 평면상에서도 역시 등면적으로 투영하기 때문에 잔류자화 방향의 집중도를 상호 비교하기에 좋다. [그림 6]에서 보면 검은 점이 시료 하나하나에 대한 측정데이터를 나타내고 있는데, 분산된 데이터 없이 14점 모두 한 방향으로 집중되어 모여 있는 것을 알 수 있으며 α_{95} 가 1.8이고 K가 494.6으로 상당히 신뢰도 높은 데이터를 구할 수가 있었다.

3. 고고지자기 연대측정

[그림 6]의 Schmidt의 스테레오도에서 편각 30W~30E와 복각 30~70까지의 부분만을 확대하여 망상으로 표시한 것이 [그림 7]과 같은 슈미트 넷(Schmidt net)이다.

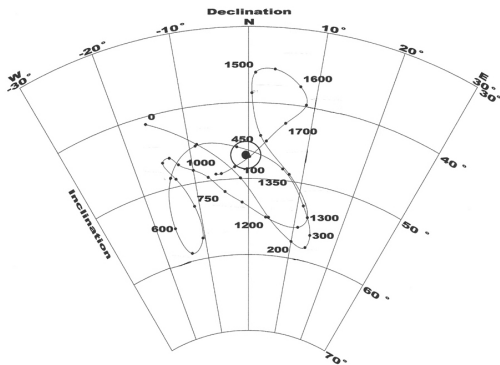


그림 7. 울산 매곡동 유적(I 지구) 1호 측구부탄요의 고고지자기 측정결과
(곡선은 廣때에 의한 과거 2000년간의 서남일본의 고고지자기 영년변화곡선이다)

앞에서도 설명하였듯 지자기 방위의 지역적인 차이 때문에 우리나라의 고고지자기 변동은 일본의 그것과 다를 수 있다는 가능성은 부정할 수 없으나, 아직까지 상세한 고고지자기 표준곡선이 완성되어 있지 않은 현재의 상황에서는 지리적으로 가장 가까운 서남일본의 표준곡선을 준용하는 것이 가장 적절하다고 생각한다. 서남일본의 표준곡선에 매곡동 I 지구 유적의 1호 측구부탄요에 대한 고고지자기 측정결과로 채택된 최적 소자단계의 평균자화 방향을 표시하였다. 중심의 검은 점이 탄요의 평균자화방향을 나타내며 Fisher의 신뢰

각(α_{95})은 검은 점을 둘러싼 원으로 표시되어 있다. 이 표준곡선이 울산 매곡동 유적 부근의 과거 지자기 변동을 올바르게 나타내고 있는 것이라면, 검은 점에서 가장 가까운 표준곡선의 연대가 고고지자기학적으로 추정되는 탄요의 연대가 된다. 또한 이 추정연대의 연대 폭(오차)은 α_{95} 의 원에 덮이는 곡선의 선분의 길이로 표시된다.

[그림 7]에서 추정되는 울산 매곡동 I 지구 유적 1호 측구부탄요의 고고지자기 연대는 A.D.440±15년 또는 A.D.1810±40년이 된다. 지자기의 변화는 한정된 범위 안에서 변동하고 있는 모양으로 시대는 달라도 지자기의 방위가 비슷한 경우가 자주 있다. 때문에 고고지자기학적으로 복수의 추정연대 값이 나오는 경우가 많은데, 그러한 경우에는 고고학적인 견해에 맞는 연대를 채용하면 된다. 울산 매곡동 유적 조사보고자의 견해에 따르면, 매곡동 I 지구 유적은 배치관계에서 주거지, 수혈유구, 요지, 굴립주 등 삼국시대 유구는 뚜렷하게 구획되어 기획성이 엿보이기 때문에, 1호 측구부탄요의 경우 삼국시대의 유구라고 판단하고 있는데 고고지자기 측정연대에도 부합하는 연대가 산출되어 있으며, 결론을 내리면 1호 측구부탄요의 고고지자기 측정연대는 전자인 A.D.440±15년이 타당하다고 할 수 있다.

V. 결론

고고학 연구에서 유적이거나 유구에 대한 편년의 문제를 고고학과 관련된 자연과학의 다양한 분야에서 해결하고자 하는 움직임이 최근에 아주 활발하게 진행되고 있다. 그것은 고고학적으로 연대를 추정할 만한 단서가 전혀 없는 경우뿐만이 아니라 고고학 분야 내부의 논쟁에서 해결의 실마리가 보이지 않는 부분을 자연과학적 연대측정을 통해 해결점을 찾고자 하기 때문이기도 하다. AMS 연대법, OSL/TL 연대법, 연륜연대법 등과 더불어 고고지자기 연대법이 다양한 시기에 걸쳐 많이 이용되고 있다. 아직 국내에서 상세한 표준곡선이 작성되지 않은 점이 문제점이긴 하나 약 120점의 측정데이터를 통해 한국의 표준곡선의 개형을 작성해서 지리적으

로 가장 가까운 일본 곡선과 비교해 보니, 부분적으로 차이가 있기는 하나 전체적인 모습이 상당히 비슷하였다[10]. 특히 삼국시대는 일본의 변동양상과 거의 동일한데, 본 연구에서 다른 측구부탄요의 연대도 유적조사에서 파악된 유구의 중복관계나 주변 유구들과의 연관관계에서 볼 때 고고지자기 추정연대가 타당하다고 판단되는 것으로 보아 그러한 정황을 잘 나타낸다고 할 수 있다. 불에 탄 흙, 즉 소토를 시료로 이용하는 고고지자기 연대측정법은 타 방법에 비해 오염제거가 쉽고 데이터의 정밀도가 좋아 오차 범위(연대 폭)가 작다는 커다란 장점을 가지고 있으며, 이미 고고학과 관련한 유력한 자연과학적 분석방법중의 하나로 인식되고 있다. 다만 앞서서도 제시한 다른 자연과학적 연대법들과의 교차연대의 적용이나 상세한 표준곡선의 작성, 기원전 시기에 대한 자료의 축적 등 많은 과제들을 남기고 있는데, 국내에서 고고지자기 연대법이 실용화되고 고고학적 편년의 문제점을 해결해 줄 수 있는 유력한 방법으로 인식되기 위해 이들은 선행되어야 할 연구과제이다

참고 문헌

- [1] K. Hirooka, "Archaeomagnetic study for the past 2,000 years in Southwest Japan," Mem. Fac. Sci. Kyoto Univ., Ser. Geol. Mineral., 38, 1971.
- [2] 廣岡公夫, "考古地磁氣および第四紀古地磁氣研究の最近の動向", 第四紀研究, 15, 1977.
- [3] 廣岡公夫, "考古地磁氣による年代推定とその問題點", 考古學研究, 28, 1981.
- [4] 廣岡公夫, 古代手工業生産遺跡の自然科學的考察—考古地磁氣學・古地磁氣學の立場から—, 北陸の古代手工業生産(北陸古代手工業生産史研究會編), 1989.
- [5] 廣岡公夫, 北陸における考古地磁氣研究, 中・近世の北陸—考古學が語る社會史—(北陸中世土器研究會編), 1997.
- [6] 廣岡公夫, 藤澤良祐, 東海地方の地磁氣永年變化

曲線, 考古地磁氣の地域差とその年代推定への應用(平成7年度~平成9年度科學研究費補助金(基盤研究C)研究成果報告書・廣岡公夫編), 1998.

- [7] M. J. Aitken, *Physics and Archaeology 2nd edition*, Clarendon Press Oxford, 1974.
- [8] (財)蔚山文化財研究院, 蔚山梅谷洞遺蹟 I 地區, 蔚山文化財研究院 學術調査報告, 第23冊, 2005.
- [9] R. A. Fisher, "Dispersion on a sphere," *Proceedings of Royal Society of London, Series A*, Vol.217, 1953.
- [10] 성형미, "韓國考古學 編年研究를 위한 考古地磁氣學의 基本原理 및 適用", 韓國考古學報, 55, 2005.

저자 소개

성형미(Hyong-Mi Sung)

정회원



- 1993년 2월 : 부산대학교 고고학과(문학사)
 - 1998년 3월 : 일본시마네대학 이학연구과(이학석사)
 - 2001년 9월 : 일본도야마대학 이공학연구과(이학박사)
 - 2005년 9월 ~ 현재 : 동양대학교 문화재발굴보존학과 교수
- <관심분야> : 고고자료분석 및 연대측정