

# 경기지역 고려시대 기와가마에 대한 고고지자기학적 연구

성형미<sup>1</sup>

동양대학교 문화재발굴보존학과

## Archaeomagnetic Study on Roof Tile Kilns of Goryeo Period in Gyeonggi Region

Hyong Mi Sung<sup>1</sup>

Department of Cultural Properties E&C, Dongyang University, Youngju, 750-711, Korea

<sup>1</sup>Corresponding Author: [hyongmis@dyu.ac.kr](mailto:hyongmis@dyu.ac.kr), +82-54-630-1359

**초록** 고고유적의 다양한 소토유구에서 고고지자기 연대측정이 이루어지는데 각종 가마는 소성상태가 좋아 양질의 데이터를 얻을 수 있으며, 그 중에서도 기와가마는 특히 고고지자기 측정결과가 상당히 좋은 편이다. 이것은 가마를 이루는 토양의 특성과의 연관성이 있을 것으로 판단되며, 다양한 실험결과를 통해 기와가마의 소토시료는 상당히 안정적인 잔류자화를 형성하고 있는 것으로 확인되었다. 본 논문에서는 경기지역 고려시대 기와가마에 대한 고고지자기 측정결과를 소개하고 고고지자기학적 연구를 진행하였다. 21점의 고고지자기 측정데이터를 통해 경기지역 고려시대 기와가마의 고고지자기 연대를 추정해 보고, A그룹(A.D.900~1150년)과 B그룹(A.D.1150~1250년) 그리고 C그룹(A.D.1300~1400년)의 세 개의 그룹으로 나누어 상대적인 선후 관계를 정하고 순서를 배열해 보았다. 이러한 고고지자기학적 연구를 통해 경기지역 고려시대 기와가마 21기의 연대를 결정할 수 있을 뿐만 아니라, 고려시대 기와가마의 편년연구에도 폭 넓게 활용될 것이라 생각된다. 각 그룹에 속하는 유적과 가마는 본문에 상세하게 제시되어 있다.

**중심어:** 고고지자기연대, 소토, 경기지역, 고려시대, 기와가마

**ABSTRACT** At the archaeological site, there are a variety of fired soil remains with which archaeomagnetic dating is measured, and there are also different kinds of kilns equipped with favorable plasticity conditions, so quality data can be gained. Among them, roof tile kilns indicate fairly great results of archaeomagnetic measuring. This should be associated with the properties of soil consisting of the kilns. With a lot of experimental results, it has been found that the fired soil samples of roof tile kilns have formed very stable residual magnetization. This author conducted archaeomagnetic research to present archaeomagnetic results of measuring about roof tile kilns from Goryeo in Gyeonggi. With the archaeomagnetic data of measuring 21 samples, this researcher tried to estimate the archaeomagnetic dating of roof tile kilns from Goryeo in Gyeonggi and divided them into three groups, group A (A.D.900~1150), group B (A.D.1150~1250), and group C (A.D.1300~1400) to figure out their relative order and arrange them in order. Through this kind of archaeomagnetic research, it will be possible to identify the dating of 21 roof tile kilns from Goryeo in Gyeonggi and also contribute considerably to chronological research on roof tile kilns from Goryeo. In the body, the remains and kilns belonging to each group are presented in detail.

Key Words: Archaeomagnetic dating, Fired soil, Gyeonggi Region, Goryeo Period, Roof Tile Kiln

## 1. 서론

고고학적 편년에 대한 신뢰도를 높이고 추정 연대에 대해 근거 자료로 활용하기 위해 다양한 방법으로 자연과학적 연대측정법을 이용하고 있다. 하지만 특정 한 분야의 연구만으로는 해결되지 않는 부분이 많으며, 가장 많이 활용되는 AMS연대법, OSL연대법, 연륜연대법, 고고지자기연대법 등도 각각 장단점이 있고 보다 좋은 결과를 얻을 수 있는 시대나 시료(혹은 시료를 채취한 유구의 조건)가 다르다. 이 중에서 고고지자기연대법은 서력기원전의 시기에 대해서는 절대연대를 읽어 내는 표준곡선이 아직 없어서 상대연대만을 추정할 수밖에 없으므로, 주로 서력기원 후 시기의 연대측정에 유용하게 이용된다. 그리고 소토를 시료로 이용하므로 각종 가마나 주거지의 노지가 주된 연대측정 대상이 되며, 고온에서 소성이 이루어진 다양한 가마에 대한 측정에서 대부분 좋은 측정결과를 얻고 있다. 특히 기와가마에서 채취한 소토시료에 대한 측정결과는 데이터에 대한 신뢰도 지수가 높는데, 이것은 삼국시대 기와가마에 대한 고고지자기 연구결과(Sung, 2015)에서도 확인할 수 있다. 신뢰도가 높은 기와가마의 데이터를 시대별로 정리하여 각 시대의 기와가마에 대한 고고지자기 연대추정은 물론 고고지자기 변동 양상을 파악하고자 한다. 본 연구는 기와가마에 대한 고고지자기 연대측정결과를 정리해 나가는 연장선상에 있으며, 삼국시대에 비해 고려시대 기와가마에 대한 데이터는 상당히 증가하여, 한반도 전체의 자료를 소개하기에는 고고지자기 데이터 수가 다소 많은 관계로 경기지역의 자료를 우선 정리하여 본고에서 소개한다. 충청지역, 호남지역, 영남지역의 고려시대 기와가마에 대한 자료에 대해서는 다음 기회에 소개하려고 한다. 자연과학적 연대측정법 기본원리에 대해서는 기존의 논문(Sung, 2011; 2012a; 2012b)에서 수차례 언급하였으므로 연구현황에서 간단하게 언급하는 것으로 대신하고자 한다.

## 2. 연구현황

암석이나 소토가 자기를 띠고 있으며, 그 자화의 방향은 암석이 생성된 시기 혹은 점토가 구워진 시기의 지자기 방향에 일치하고 있는 것 같다는 것을 알기 시작한 것은 19세

기말부터이지만, 고지자기-고고지자기학의 기초를 다지는 연구가 본격적으로 이루어지게 된 것은 1920년대가 되어 서부터이다. 특히 이탈리아 시실리섬의 에트나(Etna)화산 용암류의 자기측정 결과는, 화산암의 자화가 분출·냉각 당시의 지자기를 충실히 기록하고 있는 것이라는 것을 증명하였다(Chevallier, 1925). 에트나화산은 12세기이후 몇 번이고 분화하였으며, 그 당시에 흘러내린 용암류 중에는 분출연대가 정확히 알려진 것이 몇 개 있다. 이와 같은 용암류의 자화방향을 측정하여, 로마에서 17세기 초부터 연속적으로 이루어지고 있는 지자기의 관측기록과 비교해보니, 17세기이후에 분출한 용암류의 자화방향은 로마의 관측기록과 잘 맞아 떨어지는 것이 확인되었으며, 이것으로 인하여, 암석이 가지는 자화(잔류자화)의 방향을 측정하는 것에 의해, 과거의 지자기 변동의 양상을 알 수 있는 길이 열리게 된 것이다.

일본에서는 와타나베(Watanabe, 1959)가 1950년대 말에 고고지자기학적 연구를 시작해 조몬시대(縄文時代) 및 고훈시대(古墳時代)이후의 지자기방위의 변동을 측정하는 것을 통해, 연대추정을 시도해 본 것이 최초이다. 그 후 카와이 그룹(Kawai *et al.*, 1965)이 스에무라요지군(陶邑古窯跡群)을 중심으로 연구를 진행하여 5세기이후의 지자기 변동을 명확하게 하였다. 카와이 그룹의 연구를 계승한 히로오카(Hirooka, 1971)는 동해·북쪽지방에서 큐슈(九州) 북부에 이르는 지역의 많은 고고유적에 대해 고고지자기 측정을 하여, 과거 2000년간의 서남일본의 고고지자기 변동을 나타내는 표준곡선을 작성(Figure 3에 측정결과와 함께 제시)하였다. 이 고고지자기 표준곡선을 이용하는 것에 의해, 고고지자기학적으로 연대를 추정하는 것이 가능하게 되었다.

우리나라에서는 1980년대 이후 여러 연구자들의 고고지자기학적 연구에 의해 지자기 변동의 양상이 서서히 드러나기 시작하였으나(Bagg, 1994; 1995; Doh, 1999; Lee *et al.*, 1996; Sung, 2005; 2011; 2012a; 2012b; 2013), 상세한 고고지자기 표준곡선이 작성하는 단계까지는 이르지 못하였다. 그 때문에 연대를 추정함에 있어 지리적으로 가장 가까운 일본의 지자기 표준곡선을 어쩔 수 없이 준용하고 있으나, 추정연대값에는 지자기의 지역차에 의한 오차가 포함되어 있을 수 있다는 점을 완전히 배제할 수는 없는

상황이다. 우리나라에서 고고지자기 연대추정법을 의심의 여지없이 실용화하기 위해서는 체계적인 자료축적에 의해, 우리나라의 고고지자기 변동을 명확히 밝혀내어 상세한 표준곡선을 작성하는 것이 무엇보다 시급한 일이라 할 수 있겠다. 다행스럽게도 1990년대 이후, 국내 각지에서 국토 개발에 동반한 대규모 발굴조사가 활발히 진행되어 고고지자기 데이터들이 급격히 증가하는 것에 의해, 시대에 따라서는 상당히 상세한 고고지자기 변동양상을 알 수 있게 되었다(Sung, 2005).

### 3. 연구방법 및 대상

#### 3.1. 연구 방법

본고에서 고고지자기 연대측정의 대상이 되는 유구의 종류는 기와가마이다. 기마가마 중에서도 경기지역에서 조사되어 고고지자기 연대측정이 이루어진 고려시대 기와가마이며, 11곳 유적의 21기 기와가마에서 238개의 고고지자기 측정용 소토시료를 채취하였고 그 결과를 정리하였다. 시료는 기와가마 내부의 소성실 바닥에서 주로 채취하였으며, 가끔 소성실 바닥의 소성상태가 좋지 않아 연소실의 바닥에서도 시료채취가 이루어지기도 하였다. 가마가 기울어지거나 허물어지는 교란을 육안으로 파악하기 어려운 경우가 있어서 가능하면 가마의 벽체에서 시료를 채취하지 않았다. 다만 가마의 바닥의 소성상태가 아주 나쁜 부득이한 경우, 가마의 양쪽 벽에서 시료를 채취하여 벽체의 교란 여부를 가늠하여 조정하여 사용할 수 있도록 대비하기도 한다. 기와가마에서의 시료채취 모습은 Figure 1

에 제시하였다.

#### 3.2. 연구 대상

보통 가마의 경우 고온에서 소성되는 경우가 대부분이기 때문에 소성 온도나 잔류자화의 강도에서는 지자기 분석을 실행함에 있어 큰 문제가 없으나 가마를 축조할 때 사용된 흙의 종류에 따라 시료의 질이 결정된다. 입자가 곱고 암석알갱이가 거의 포함되지 않은 점토를 가마 바닥과 벽체에 사용하는 토기가마나 기와가마의 소토는 양질의 시료라 할 수 있으며, 측정결과에서도 알 수 있듯 아주 정밀



Figure 1. Sampling figure in roof tile kiln.



Figure 2. Clinometer as Archaeomagnetic sampling tool.

도가 높은 측정결과를 구할 수가 있다(Sung, 2013; 2015).

고고지자기 측정용의 소토시료의 채취의 방법은, 우선 유구 바닥의 잘 구워진 부분을 골라서 소토를 고고지자기 시료채취용 칼로 깎은 다음 18mm × 18mm × 25mm 정도 크기의 기둥모양으로 잘라낸다. 이 때 기둥모양의 소토가 부러지거나 기울어지지 않고 소토의 뿌리 부분이 유구에 붙어있는 그대로의 상태가 유지되도록 주의한다. 다음은 물에 갠 석고를 넣은 시료채취용의 24mm × 24mm × 24mm 플라스틱 케이스(plastic cube)를 위에서부터 기둥모양 소토에 뒤집어씌운다. 석고가 굳어지면 플라스틱 큐브 배면(상자의 저면)의 최대 경사선의 방위(pitch)와 그 경사각(dip)을 고고지자기용의 특제 클리노미터(Hirooka, 1971)로 측정하여 자장에 기록한다(Figure 2). 이 때 pitch의 방위는 클리노미터의 자침으로 측정하기 때문에 자북을 기준으로 한 방위이며 유적조사현장에서 자북이 진북과 이루는 각도(현재의 편각)만큼 어긋난 방위가 되기 때문에, 진북을 기준으로 한 편각을 구하기 위해서는 유적이 위치한 장소의 현재 편각(Dp)의 값만큼 보정하지 않으면 안 된다. 큐브의 배면에는 그 면의 주향(strike)을 나타내는 선과 시료의 번호를 적은 후 유구로부터 시료를 떼어 내어 비닐 봉투에 넣어 밀봉한 후 연구실로 가지고 간다. 연구실에서 케이스의 개구부도 석고로 막아서 측정용 시료로 한다.

시료의 개수가 많으면 많을수록 통계적 정밀도는 향상될 수도 있지만 시료의 개수가 너무 많으면 시료채취뿐만 아니라 자화측정에서도 긴 시간을 필요로 하므로, 결과물 도출이나 데이터 축적에 어려움이 생기게 된다. 분석법의 종류에 따라 시료의 접근방식이 다르기 때문에 한 기의 유구에서 한 점의 시료를 채취하는 분석법도 있다. 하지만 고고지자기 연대측정법은 한 점의 시료만 가지고 해당 유구의 측정데이터를 산출하였다고 하더라도 그 데이터가 신뢰 가능한 것인지 판단할 만한 근거가 없다. 그러므로 가능하면 적어도 10개 이상의 시료를 채취하여 그 측정데이터 중에서 유사한 자화방향을 가지는 데이터가 반수 이상이 되어 그 평균값을 산출하였을 때, 비로소 측정결과가 신뢰 가능하다고 할 수 있다. 그래서 보통 한 기의 유구로부터 채취하는 시료의 수는 10~15개 정도이다.

## 4. 측정 및 결과

### 4.1. 교류소자실험

시료의 잔류자화의 측정에는 일본 나즈하라기연제(夏

原技研製)의 ring core type spinner magnetometer ASPIN (2006-2형)를 사용하였다. 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 합계 12성분 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 pitch와 dip의 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  $ri(Xi, Yi, Zi)$ ,  $ri$ 의 복각을  $li$ , 편각을  $Di$ 로 하여 N개의 단위벡터의 합성벡터를  $R(X, Y, Z)$ 이라고 하면, 다음의 계산식에 따라 합성벡터 R의 복각 IR, 편각 DR을 알 수 있다.

$$X = \sum Xi = \sum \cos(li) \cos(Di)$$

$$Y = \sum Yi = \sum \cos(li) \sin(Di)$$

$$Z = \sum Zi = \sum \sin(li)$$

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

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

시료에 포함된 자기적으로 안정적이지 못한 자성광물을 제거하고, 최종소성당시의 지자기의 방향을 충실히 기록하고 있는 안정된 자화성분만을 골라내는 작업이 필요하다. 불안정한 자화성분을 효과적으로 제거하는 실험적인 수단으로, 시료를 교번자장(交番磁場) 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 측정한 후에 단계적으로 교번자장의 세기를 올리는 단계교류소자가 가장 일반적으로 이용되는 수법이다. 무자장공간내에 두어진 코

일에 교류전류를 흐르게 하면, 코일 내에서 교류의 주파수에 응답하여 방향이 반전하는 교변이 발생한다. 코일의 중간에 시료를 두어 교변자장에서 자기적으로 혼드는 것에 의해 불안정한 자화성분을 제거하는 것이다. 처음에는 약한 전류를 흐르게 하고 단계적으로 강도를 높여가면 보다 불안정한 자화성분부터 순차적으로 제거해 갈 수 있게 된다. 이것을 단계교류소자라고 한다. 교류소자는 교류소자장치를 이용하여 시료의 상태에 따라 각각 상이한 소자장치의 단계를 설정하여 행해진다. 각 단계마다 소자실험이 끝나면 잔류자화를 측정하여 자화방향의 분산정도나 자화강도의 감소정도를 검토한 후, 가장 효과적으로 불안정한 잔류자화성분을 제거할 수 있었던 단계(최적소자단계, Demagnetization Field)를 판정하여 그때의 측정결과를 고고지자기 데이터로 채용한다. 교류소자를 걸어 불안정한 자화성분을 제거하는 단계교류소자실험에는 역시 동양대학교 박물관에 설치된 나츠하라기켄(夏原技研)제작의 교류소자장치(DEM-95)를 이용하였다.

4.2. 시료의 자기적 안정성

기와가마에서 채취한 소토의 자기적 특성을 알아보기 위해서 가마 한기에서 잔류자화의 표준방향과 강도를 가진 시료를 선택하여 90 mT까지 수회의 교류소자실험을 하였다. 그 예로써 시료 AJN 02와 07의 시료에 대해서, 각각의 측정결과를 Zijderveld diagrams로 표시한 것이 Figure 3의 a와 b이다. Figure 3-a의 AJN 02시료와 Figure 3-b의 AJN 07시료에서 보면, NRM외에는 수평면에 투영한 성분(검은 동그라미)은 물론 남북연직단면의 성분(흰 동그라

미)도 정연하게 원점을 향하는 직선상에 있는 것을 알 수 있다. 2차적으로 부가된 불안정한 자화성분이 제거된 10.0(mT)이상에서는 안정된 단일성분만으로 이루어져 있다는 것을 나타내고 있는 것이다.

이러한 양상은 기와가마 측정결과에서 나타나는 일반적인 실험결과이며, 이로 볼 때 국내의 기와가마에서 채취한 소토시료는 상당히 안정된 단일자화성분만으로 이루어져 있다는 것을 알 수 있다.

4.3. 측정결과

NRM과 각 단계에서의 교류소자후의 평균편각(D), 평균복각(I), Fisher의 신뢰각( $\alpha_{95}$ ), Fisher의 신뢰도계수(k), 평균자화강도를 계산하였다. Fisher의 통계법(Fisher, 1953)에 의해 Fisher의 신뢰각( $\alpha_{95}$ ), Fisher의 신뢰도계수(k)를 계산할 수 있다.  $\alpha_{95}$ 는 측정 자료로부터 생각될 수 있는 진실의 자화방향이 95%의 확률로 존재하는 범위를 나타내는 것으로, 그 범위는 계산에 의해 얻어진 평균자화방향 중심으로 그 주변  $\pm\alpha_{95}$ 의 각도 내인 것을 의미하고 있다. 각 소자단계에서 자화강도와 자화방향 등을 고려하여 과거의 지자기 기록이 아니라고 생각되는 시료를 제외하고 D, I,  $\alpha_{95}$ , k를 계산하여,  $\alpha_{95}$ 가 가장 작고 k가 가장 큰 단계를 최적소자단계로 하여 그때의 측정결과를 고고지자기 분석 자료로 채용한다. 채취시료 개수(N)와 통계계산에 이용한 시료의 개수(n)를 추가하여 경기지역 고려시대 기와가마의 고고지자기 측정결과는 Table 1에 정리하였다.

Table 1의 측정결과를 Schmidt의 stereo projection에서 편각 30°W ~ 30°E와 복각 30 ~ 70°까지의 부분만을 확대

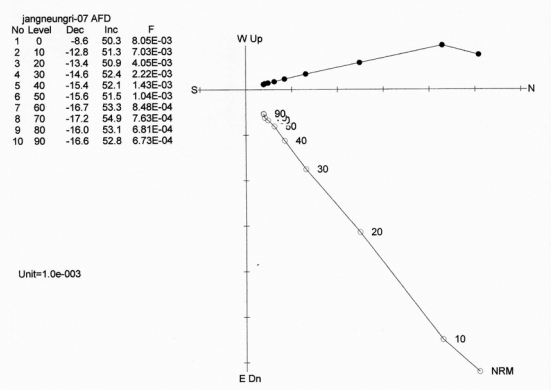
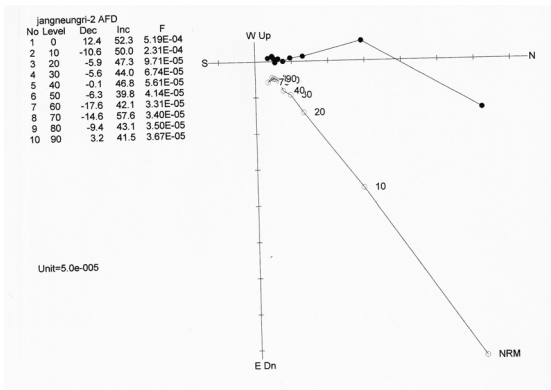


Figure 3-a. Typical orthogonal projective of roof tile kiln(AJN 02). Figure 3-b. Typical orthogonal projective of roof tile kiln(AJN 07).

하여 도면화하면 Figure 4과 같은 Schmidt net이 된다. 좌우는 편각, 상하는 복각의 값을 나타낸다. 곡선은 일본의 고고지자기 표준곡선으로 사용되고 있는 서남일본의 고고지자기 변동곡선이며, 도면에서의 검은 점이 각 가마의 평균자화방향을 표시하며 그것을 둘러싼 원이 Fisher의 신뢰각( $\alpha_{95}$ )을 나타내고 있는 것으로 이 원내에 95%의 확률로 진실의 자화방위가 포함되어 있는 것을 의미한다. 검은 점에서 가장 가까운 표준곡선의 연대가 고고지자기학적으로 추정되는 해당 유구의 연대가 되고, 이 추정연대의 연대폭

(오차값)은  $\alpha_{95}$ 의 원에 덮이는 곡선의 선분 길이로 표시된다.

## 5. 경기지역 고려시대 기와가마에 대한 고고지자기 연대측정

우리나라의 고고지자기 변동양상이 상세한 부분까지 아직 밝혀지지 않은 현재의 상황에서 서남일본의 변동곡선을 적절하게 이용하는 것이 최선의 방법이라고 생각한다. 지금까지 축적된 자료(Sung, 2005)를 통해 볼 때 일부

**Table 1.** Archaeomagnetic results of Roof tile Kilns of Goryeo in Gyeonggi Region.

No.	Site	D (°E)	I (°)	$\alpha_{95}$ (°)	$k$	n/N	D. F. (mT)
1	Yangju Samsungdong Roof tile Kiln1	-10.7	51.9	1.4	1192.0	10/12	0
2	Yongin Seocheonjigu 2-GA Roof tile Kiln1	-10.4	55.2	4.5	421.9	7/12	0
3	2-GA Roof tile Kiln2	-8.4	53.2	2.7	805.4	5/10	5
4	Icheon Janghowon Roof tile Kiln1	0.7	54.9	1.8	621.1	11/11	0
5	Roof tile Kiln2	-0.5	47.7	2.8	758.4	5/11	0
6	Icheon Changeondong Roof tile Kiln	2.9	58.8	2.7	358.6	9/10	10
7	Incheon Wondangdong(2) Roof tile Kiln1	-8.7	50.2	2.0	878.8	7/12	5
8	Roof tile Kiln2	10.6	51.1	2.0	779.1	8/12	10
9	Paju Pajuri Roof tile Kiln6	1.6	46.1	2.1	551.1	10/10	10
10	Pyeongtaek Namsanri Roof tile Kiln1	3.6	51.2	1.6	754.4	12/12	10
11	Roof tile Kiln2	4.2	46.1	1.3	1282.8	10/11	0
12	Roof tile Kiln3	4.6	50.3	0.8	3660.9	11/11	10
13	Roof tile Kiln4	5.5	51.1	1.3	1667.6	9/11	10
14	Roof tile Kiln5	-1.5	53.7	1.9	1061.5	7/11	10
15	Roof tile Kiln6	-5.4	59.2	1.2	1340.8	11/11	10
16	Pyeongtaek Baekbongri Roof tile Kiln1	-0.4	61.0	1.1	1647.2	12/12	10
17	Roof tile Kiln2	-4.0	58.5	1.1	1680.5	12/12	5
18	Pyeongtaek Chilwondong GA-3 Roof tile Kiln1	-11.0	49.6	1.8	999.3	8/10	0
19	Hwaseong Baekgokri Roof tile Kiln	-17.8	47.8	3.9	158.1	10/13	10
20	Hwaseong Buncheonri Roof tile Kiln2	2.6	60.2	1.9	819.0	8/12	0
21	Roof tile Kiln3	2.6	54.8	3.2	361.4	7/12	10

D : declination, I : inclination,  $\alpha_{95}$  : Fisher's confidence angle of 95% level,

$k$  : Fisher's precision parameter, n/N : number of samples accepted/number of samples collected, D.F. : demagnetising field.



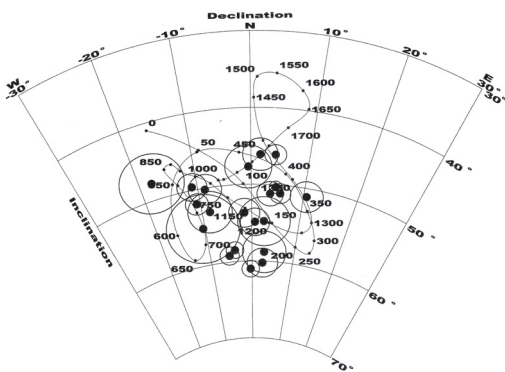
시대에서 지자기학적으로 다소 차이를 보이는 부분도 있지만 우리나라의 전체적인 지자기 변동양상은 일본의 그것과 유사하게 움직이고 있는 것을 알 수 있으며, 지자기 변동의 진행 방향은 동일하므로 특히 고고지자기학적으로 유구의 상대적인 선후관계를 결정하는 데에는 전혀 문제가 없을 것으로 판단된다. Figure 4를 통해 경기지역 고려시대 기와가마 21기에 대한 고고지자기 연대를 추정해 보면 Table 2와 같다.

Table 1과 Figure 4의 경기지역 고려시대 기와가마에 대한 고고지자기 측정결과에서 데이터의 인접한 정도를 고려하여 분류해 보고 Table 2의 고고지자기 측정연대를 통해 데이터별 상대적인 시기를 배열해 보면, Figure 5와 같이 정리할 수 있다.  $\alpha_{95}$ 의 원으로 나타낸 오차범위 내에서 연대가 겹쳐지는 부분도 있으므로 측정데이터의 중심 연대를 기준으로 개략적으로 분류해 보면, 사각프레임으로 묶어서 분류한 A, B, C의 세 개의 그룹으로 분류 가능하다. 일본의 고고지자기 표준곡선에서 우리나라 고려시대에 해당 되는 부분은 짙은 검은 색으로 표시하였다. 지자기 변동의 진행 방향에 따라서 상대적인 선후 관계를 따져 보면 A→B→C가 된다. 즉 A그룹이 가장 이른 시기이고 C그룹이 가장 늦은 시기이며, 표준곡선을 통해 고고지자기 연대를 추정해 보면 A그룹은 A.D.900~1150년, B그룹은 A.D.1150~1250년, C그룹은 A.D.1300~1400년이 된다. B와 C그룹 사이에는 데이터가 존재하지 않는 부분이 일부 존재하여 50년 정도의 연대 폭이 생긴다.

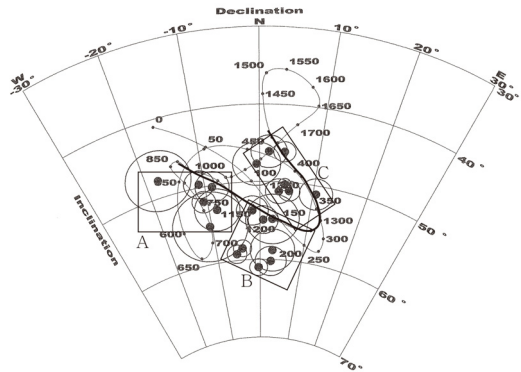
앞에서도 언급하였듯이 표준곡선을 대용하여 연대를 추정하다보니 고고지자기 측정연대에는 보다 이른 시기가

거나 늦은 시기로 추정되는 오차가 포함되어 있을 수도 있으나, 측정데이터의 상대적인 선후 관계는 정확하다고 할 수 있다. A그룹에 해당되는 유적 및 유구는 [(화성 백곡리 기와가마) → (평택 칠원동 가-3지점 1호) → (양주 삼송동 1호, 인천 원당동 2구역 1호) → (용인 서천지구 2-가구역 1호·2호)]이고, B그룹은 [(평택 남산리 5호) → (이천 장호원 일반산업단지 내 1호, 평택 남산리 6호, 평택 백봉리 2호, 화성 분천리 3호) → (이천 장전동 기와가마, 평택 백봉리 1호, 화성 분천리 2호)]이다. C그룹에 해당되는 유적 및 유구는 [(인천 원당동 2구역 2호) → (평택 남산리 1호·3호·4호) → (파주 파주리 6호, 평택 남산리 2호)]이다. 대괄호(())는 각 그룹 내에 들어가는 유구를 묶은 것이고, 대괄호내의 소괄호(())로 묶어서 따로 분류한 것은 동일 그룹 안에서 오차 범위 내에서 겹쳐지긴 하나 시기차이가 보이는 유구를 분류한 것이다. 즉 대괄호로 묶은 각 그룹 내의 유구 중에서 소괄호로 묶은 그룹 사이에는 다소 시기 차이가 존재하며, 소괄호내의 유구들은 거의 동일 시기일 것으로 판단된다. 표준곡선의 진행 방향과 같이 뒤로 갈수록 시기가 늦다고 생각하면 된다.

위에서 정리한 고고지자기 측정결과를 기준으로 하여 유적이나 유구(가마)를 순서대로 배열하여 출토유물인 기와를 분류해 보거나 가마의 형태를 비교해 보면, 각 그룹 사이에는 형태나 문양의 변화 등이 파악될 수도 있고 순서 배열이나 선후관계 파악이 어려웠던 유물의 특징이 보이는 등 고고학적으로 해결하기 어려웠던 부분의 실마리를 제공할 수 있다. 또한 기와나 기와가마에 대한 위에서 설명한 고고지자기 측정결과가 고고학적인 연구결과와 동일하



**Figure 4.** Archaeomagnetic results of Roof tile Kilns of Goryeo in Gyeonggi Region(The curve represents the archaeomagnetic secular variation in the southwestern Japan for the last 2,000 years).



**Figure 5.** Archaeomagnetic results of Roof tile Kilns of Goryeo in Gyeonggi Region(A : A group data, B : B group data, C : C group data).

**Table 2.** Archaeomagnetic dating of Roof tile Kilns of Goryeo in Gyeonggi Region.

Site	Archaeological Age	Archaeomagnetic Age
Yangju Samsungdong Roof tile Kiln1	Last Goryeo~Early Joseon	A.D.1050±30
Yongin Seocheonjigu 2-GA Roof tile Kiln1 2-GA Roof tile Kiln2	Middle-Last Goryeo	A.D.1000~1160 A.D.1090±40
Icheon Janghowon Roof tile Kiln1 Roof tile Kiln2	11~12C	A.D.1175±25 A.D.1100±50
Icheon Changeondong Roof tile Kiln	Goryeo	A.D.1210±30
Incheon Wondangdong(2) Roof tile Kiln1 Roof tile Kiln2	Last Goryeo~Early Joseon	A.D.1000~1090 A.D.1325±15
Paju Pajuri Roof tile Kiln6	Goryeo	A.D.1390±15
Pyeongtaek Namsanri Roof tile Kiln1 Roof tile Kiln2 Roof tile Kiln3 Roof tile Kiln4 Roof tile Kiln5 Roof tile Kiln6	Middle Goryeo	A.D.1350±15 A.D.1380±10 A.D.1355±5 A.D.1345±10 A.D.1155±30 A.D.1175±15
Pyeongtaek Baekbongri Roof tile Kiln1 Roof tile Kiln2	Goryeo	A.D.1200±10 A.D.1175±15
Pyeongtaek Chilwondong GA-3 Roof tile Kiln1	Goryeo	A.D.1000±50
Hwaseong Baekgokri Roof tile Kiln	Early Goryeo	A.D.780~980
Hwaseong Buncheonri Roof tile Kiln2 Roof tile Kiln3	Goryeo	A.D.1210±20 A.D.1190±45

다면 고고학적으로나 고고지자기학적으로 그 연구 성과에 대한 신뢰도는 상당히 높아질 수 있는 것이다. 그리고 고고지자기학적인 추정연대는 측정연대 값에는 지자기의 지역 차에 의한 오차가 포함되어 있을 수도 있으나, 그럼에도 불구하고 각 유적이나 유구에 대한 고고지자기학적 추정연대가 어떤 연구자의 고고학적 편년(주로 출토유물인 기와에 대한 편년)과는 일치하기도 하고 또 다른 연구자의 고고학적 편년과는 차이가 있기도 하다. 이것은 고고지자기 추정연대에는 표준곡선을 대응해서 사용함에 의한 오차는 거의 없을 수도 있는데, 오히려 연구자들 개개의 고고학적 편년결과의 차이에 따라 오차가 있고 없음을 판단하는 것은 아닌지 의문스럽다. 우리나라의 상세한 고고지자기 표

준곡선이 완성되기 전까지는 추정연대 값의 오차에 대한 부분은 완전히 자유로울 수는 없으나, 그 연대 값이 고고학적 편년과도 대부분 일치한다는 것은 아주 의미가 있는 것이다. 이러한 측면에서 볼 때 경기지역 고려시대 기와가마에 대한 고고지자기학적 연구에서 측정데이터의 확실한 선후관계 뿐만 아니라 각 그룹별로 제시된 중심연대 값도 분명히 중요한 의미를 가지고 있다고 할 수 있다.

## 6. 결론

국내에서 기와에 대한 연구는 형태나 문양의 시기적 변천과 편년, 제작방법 등 시대별로 또는 종류별로 활발하게



진행되고 있다. 이러한 다양한 방향으로의 연구 성과로 인해 학문적으로 상당히 안정적인 분야인 것으로 판단되기도 한다. 다만 시대를 가늠할 수 있거나 형태가 제대로 남아 있는 기와가 출토되지 않는 기와가마의 경우 기본적인 편년연구에서 어려움을 겪게 되는데, 이러한 경우 고고지자기 연대측정법을 아주 유용하게 활용할 수 있다. 가마의 형태나 출토 기와의 종류와는 전혀 상관없이 소토시료를 통해 고고지자기 연대를 추정하여 가마의 절대연대뿐만 아니라 다른 가마와의 선후관계를 파악할 수 있다. 이러한 결과는 고고지자기학적으로 의미가 있기도 하지만 기와나 기와가마에 대한 고고학적 연구결과에 대한 신뢰성 확보에도 많은 도움을 줄 수 있다.

본고에서는 경기지역의 고려시대 기와가마에 대한 고고지자기 측정결과를 통해 다양한 시도를 해 보았다. 11곳 유적의 21기 기와가마에서 238개의 고고지자기 측정용 소토시료를 채취하여 각 기와가마에 대한 고고지자기 연대를 측정하였으며, 측정데이터의 근접한 정도에 따라 세 개의 그룹으로 나누어 각 그룹별로 또한 그룹 내에서의 각 유적이나 유구의 선후 관계도 순서대로 배열해 보았다. 이러한 고고지자기학적 연구결과는 경기지역 고려시대 기와가마에 대한 편년연구에 결정적인 역할을 할뿐만 아니라, 고고학적 편년연구와의 비교검토를 통해 앞으로 한층 더 진보하는 연구 성과로 이어질 수도 있을 것이다. 데이터 수가 너무 많으면 식별하고 분류하는데 어려움이 있어 지역별로 그리고 시대를 구분하여 고고지자기 측정자료를 정리해 나가고 있는데, 본고에서는 경기지역 고려시대 기와가마에 대한 자료만 소개하였으나, 이후에 경기지역 이외의 지역들의 고고지자기 측정 자료도 차츰차츰 정리가 끝나면 우리나라 고려시대 기와가마에 대한 고고지자기 연대 측정이 완성되어 고려시대 기와가마에 대한 편년 연구에서 유력한 자료로 활용될 것이다.

## 사 사

이 논문은 2015년도 동양대학교 학술연구비의 지원으로 수행되었다.

## REFERENCES

- Bagg, C.G., 1994, Geomagnetic measurement on the Kiln in Gungpyeong-ri Site, Cheongwon-gun. Bronze Age Site of Cheonwon Gunpyeong-ri, Prehistoric Culture research institute Chungbuk univ., Supp. 7, 323-329. (in Korean)
- Bagg, C.G., 1995, Archaeomagnetic measurement on white Porcelain Kiln Mireog-ri Chungju-si. White Porcelain Kiln of Chungju Mireog-ri Site, Research Report of Chungbuk Univ. Museum, 45, Supp. 2, 287-306. (in Korean)
- Chevallier, R., 1925, L'aimantation des laves de l' Etna et l'orientation du champ terrestre Sicile du XIIe-XVIIesiecle, Ann. Phys. 4, 5-162.
- Doh, S.J., 1999, Archaeomagnetic study on Charcoal Kiln in Songdae-ri Site Cheongwon-gun. Cheongwon Ochang Site(III), Scientific Research Report, Foundation for the Preservation of Cultural Properties Korea and land Corporation, 23, 417-430. (in Korean)
- Fisher, R.A., 1953, Dispersion on a sphere. Proceedings of Royal Society of London, Series A, 217.
- Hirooka, K., 1971, Archaeomagnetic study for the past 2,000 years in Southwest Japan. Mem. Fac. Sci. Kyoto Univ., Ser. Geol. Mineral., 38, 167-207.
- K., Recent trend in archaeomagnetic and palaeomagnetic studies in Quaternary research. Quaternary research, 15, 200-203. (in Japanese)
- Kawai, N., Hirooka, K., Sasajima, S., Yaskawa, K., Itoand, H. and Kume, S., 1965, Archaeomagnetic studies in southwestern Japan, Ann. Geophys. 21, 574-577.
- Lee, Y.S., Lee, D.Y. and Seo, K.S., 1996, Geomagnetic study on Cheonbang Roof Tile Kiln Yongsu-ri Boryeong Chungnam - an experimental study on applicability of secular variation curve of Korea. Excavation research report of Boryeong-Dam Submergence District - Cheonbang Site, Gongju Univ. Museum, 255-276. (in Korean)
- Sung, H.M., 2005, Basic Principle and Application of Archaeomagnetism for Korean Archaeological Chronology. Journal of The Korean Archaeological Society, 55, 24-28. (in Korean with English abstract)
- Sung, H.M., 2011, Archaeomagnetic Dating of Hemp Kiln and Lime Kiln. Journal of Conservation Science, 27(3), 291-300. (in Korean with English abstract)
- Sung, H.M., 2012a, Archaeomagnetic Dating of a Layer of Baked Earth on Daegu Buinsa Site. Journal of Conservation Science, 28(3), 185-192. (in Korean with
- Bagg, C.G., 1994, Geomagnetic measurement on the Kiln in Gungpyeong-ri Site, Cheongwon-gun. Bronze Age Site of Cheonwon Gunpyeong-ri, Prehistoric Culture research

English abstract)

- Sung, H.M., 2012b, New trend of Archaeomagnetic Dating Method, Moving world Archaeology to be moved. Archaeology academic publication of Central Institute of Cultural Heritage, 7, 155-181. (in Korean)
- Sung, H.M., 2013, Archaeomagnetic Dating of Pottery Kilns of Three Kingdoms Period -based on data from Yeongnam region-. Open Debates in Archaeology, 13, 71-87. (in

Korean with English abstract)

- Sung, H.M., 2015, Archaeomagnetic Dating of Roof Tile kilns of Three Kingdoms Period. Archaeology of Friendship, 457-474. (in Korean)
- Watanabe, N., 1959, The direction of remanent magnetism of baked earth and its application to chronology for anthropology and archaeology in Japan., Jour. Fac. Sci. Univ. Tokyo, Sec. 2, 1-188.