下総台地西部に分布する縄文時代中期住居址 内炉址焼土の考古地磁気¹⁾

会 田 信 行²⁾

Archeomagnetism of the baked earth in the dwelling pits of the Middle Jomon Period in the western Shimoosa upland in Chiba Prefecture, Japan¹⁾

Nobuyuki AIDA²⁾

Natural remanent magnetization of the baked earth collected from the three dwelling pits (DW-2, 22, 34) found in the Ebigasaku shell-midden site was measured. For checking the reliability of the magnetization of the samples for archeomagnetic purpose, a thermomagnetic analysis was made on magnetic minerals of the baked earth.

1. Thermomagnetic curves of the specimens collected from the site DW-22 are observed to be irreversible, while they are reversible for samples from the site DW-34.

2. The country soil of the baked earth of the site DW-22 is considered to be weathered volcanic ash ("loam"), and is correlated to the upper Tachikawa Loam Formation on the basis of similarity of both thermomagnetic curves and heavy mineral assemblages.

3. The results of thermomagnetic and also microscopic analysis suggest that the ferromagnetic minerals of the samples of the site DW-34 are high-temperature oxidized titanomagnetites. The high-temperature oxidation of titanomagnetite may have been resulted from the common use of this hearth in those days. Meanwhile, in case of the samples from the site DW-22, ferromagnetic minerals are non-oxidized titanomagnetites.

4. The presence of the oxidized titanomagnetites in such samples as from the site DW-34 may be employed in checking the reliability of samples for archeomagnetic purpose.

I. は じ め に

考古地磁気学は先史・歴史時代の地磁気の永年変化の詳細な様子を深ることをその主目的としている。従来、住居址内の炉、竈、あるいは窯址の焼土が試料としておおく用いられ、その残留磁気（熱残留磁気, T. R. M.）が測定されてきた。現在までに、過去 2000 年間の偏角・伏角の永年変化が、比較的详细に知られている。関東地方については WATANABE (1959), YUKUTAKE *et. al* (1964) など、西南日本については KAWAI *et al.*

(1965), HIROOKA (1971) などの報告がある。これらの地磁気の永年変化曲線は必ずしもそれぞれ一致しないが、大筋では似た曲線となっている。しかしながら、これらの曲線に使われた年代は YUKUTAKE *et al.* (1964) が用いた ¹⁴C 年代を除くと、いずれも土器型式に基づいた考古学的推定年代を基礎としていることから、永年変化曲線の年代軸はある程度の幅を考慮しなくてはならない。

それ以前の年代に関する詳細な報告はまだないが、過去 8000 年間に伏角は +40°~+60°, 偏角は 20°E~20°

1) 1980 年 2 月 25 日受付

2)

図 1 位置図

この地図は国土地理院発行の5万分の1地形図「東京東北部」「佐倉」を使用したものである。×印は試料採取位置。

W の範囲内を変動しているといわれている(渡辺, 1967)。永年変化曲線を作れるほどには残留磁気の測定値が多くないためであるが、その中でも縄文時代前～中期については資料数は比較的多いほうである。

1974 年 5 月から 10 月にかけて、海老ヶ作貝塚第 2 次発掘調査団(団長: 八幡一郎氏)により、海老ヶ作貝塚(千葉県船橋市)の発掘調査が行なわれ、筆者も参加する機会を得た。期間中、3ヶ所の竪穴住居址(いずれも縄文時代中期阿玉台式～加曽利 E 式土器期)内の炉址から定方位試料を採取し、後日、偏角・伏角を求めた。さらに同試料中の強磁性鉱物の磁気的特徴を調べたところ、強磁性鉱物が酸化を被った炉址焼土と、それが認められない炉址焼土が存在することが判明した。このことは、炉によって焼成温度の有意な差異があることを示唆するのみならず、測定された残留磁気焼成時の地球磁場を反映したものか否か、すなわち試料として適当か否かを判断するひとつの基準になりうると考えられる。また強磁性鉱物の磁気的特徴は、焼土の母材であるローム層の対比にきわめて有効であることも明らかとなった。以上について報告するとともに御批判を請う次第である。

この研究をすすめるにあたり、北海道大学 湊 正雄名

誉教授、加藤 誠助教授、藤原嘉樹博士には常日頃御指導を賜わり、有益な御意見をいただいた。船橋市文化財審議委員岡崎文喜氏、船橋市教育委員会金刺伸吾氏、山梨県教育庁新津 健氏には発掘参加の機会を与えていただき、また試料採取に協力していただいた。群馬大学野村 哲教授には無定位磁力計を使用させていただいた。以上の方々に厚く御礼申し上げる。

II. 遺跡の概要および採取試料

海老ヶ作貝塚は下末吉相当面である下総上位面(杉原, 1970)に位置し、印旛沼から東京湾に流下する新川支流の桑納川の最奥部の北岸、いわゆる舌状台地上およびその緩斜面(標高 17～28m)に立地する(海老ヶ作貝塚第 2 次発掘調査団, 1975)。下総上位面は、成田層およびその上位の下末吉ローム層以上のローム層で構成されている(杉原, 1970)。

発見された遺構は竪穴住居址、内部に炉をもたない特殊竪穴、および各種の小竪穴であり、それらは殆んどがローム層(立川ローム層)を掘り込んで構築されている。ローム層への掘り込みは竪穴住居址の場合、40～50cm 前後が普遍的であり、最大 90 cm(第 34 号址)である。遺跡の年代は縄文時代中期中葉から後半であり、阿玉台式と加曽利 E 式土器を伴出する(海老ヶ作貝塚第 2 次発掘調査団, 1975)。

炉の多くは住居址の中央部に設置され、大部分、土器埋込み炉および地床炉である。地床炉は土器埋込み炉より見た目に焼成程度が高く、残留磁気測定用試料は地床炉から採取した。すなわち第 2 号(DW-2)、第 22 号(DW-22)、第 34 号住居址(DW-34)の 3 地点において、第 2 号址では灰混じり焼土、第 22 号址では帯黄色ローム粒含む焼土、第 34 号址では均質な帯赤色焼土をそれぞれ採取した。なお、3 住居址の考古学的順序は、伴出土器にもほとんど差異がなく、ほぼ同時期とみてよい。

残留磁気測定のための試料は古地磁気学での定方位試料と全く同じ方法で採取するのであるが、筆者は広岡(1970)によって紹介された方法のひとつに倣って採取した。すなわち試料は一辺 4～5 cm のほぼ立方体となるようへら等で整形し、まわりを石こうで固定する。その際試料上面が水平となるよう、クリノメーター、真鍮板を用いて石膏による水平面を作る。水平面上に磁北の方向を鉛筆で記入した後、炉址から切り離し、その底部にも石膏をつけて固める。試料は 1 住居址(炉址)から 6～7 個採取した。

表 1 測定結果

Site	N	Jn	D°, I°	R	k	α ₉₅	Pole position
DW-2	7		32, +57	6.93	85.7	6.4	69N, 142W
DW-22	6	1.8 - 7.5	32, +52	5.78	22.7	14.4	69N, 160W
DW-34	7	11.4 - 34.5	17, +54	6.99	600	1.8	82N, 125W

Note : N = number of oriented block samples - 4
 Jn = intensity of magnetization in 10⁻⁴ e.m.u./g
 D°, I° = mean declination and inclination of natural remanent magnetization, in degrees east and below horizontal
 R = resultant
 k = precision parameter
 α₉₅ = circle of confidence (Fisher, 1953)
 Pole position = latitude and longitude of virtual geomagnetic pole

III. 残留磁気測定結果

無定位磁力計を用いて、採取した試料の自然残留磁気 (N. R. M.) を測定した。測定結果を表 1 にまとめた。なお、現在の遺跡における偏角として、2.5 万分の 1 地形図 (習志野) の値、西偏 6°20' (1969 年) を用いた。図 2 は各住居址の個々の試料の磁化方位をシュミット・ネットに投影したものである。第 34 号址が最も良く集中するのにくらべ、第 22 号址はかなりばらつく。このばらつきを定量的に示すため、表 1 に精密度パラメーター : k と信頼角 : α₉₅ を示した。k の値が大きいほど、また α₉₅ の値が小さいほど信頼度の高いデータであることを示している。

表 1 に示した偏角・伏角の値は平均値である。第 2 号址 (D=32°E, I=+57°), 第 22 号址 (D=32°E, I=+62°) はほぼ似た値を示すのに対し、第 34 号址 (D=17°E, I=+54°) とは、特に偏角で 15° もの差が生じた。既知の阿玉台式〜加曽利 E 式土器期 (D=2°W~13°E, I=+29°~+69°) (渡辺, 1958, 1967) にくらべ、第 2・22 号址の値は東偏しすぎるようであるが、第 34 号址の値はほぼ一致する。

図 3 には地球磁場を地球の中心にある磁気双極子のみによる磁場とみなして、偏角・伏角から計算によって求

図 3 自然残留磁化結果から求めたみかけの磁極
 数字は住居址番号。

めた磁極 (V. G. P.) を示した。

IV. 熱磁気分析

焼土は含まれている磁性鉱物がキュリー点以上の温度から冷やされた時に磁化 (熱残留磁化) を獲得する。磁化をになう鉱物の多くは鉄-チタン酸化鉱物であり、なかでもウルボスピネル〜マグネタイト系列 (β相) とイルメイト〜ヘマタイト系列 (α相) が主体をなす。キュリー点はα, β相ともその組成により変化する。キュリー点は熱磁気分析の結果求められる。

熱磁気分析は第 22 号址、第 34 号址の焼土について行なった。この炉址焼土は含まれる重鉱物組成から、元来、関東ロームがその母材であると推定される。残留磁気測定後、試料を水洗し、粘土分を除去した後、残渣を 100 メッシュ、200 メッシュに篩別した。このうち 100

図 2 住居址ごとの自然残留磁化方位
 +印は現在の磁極の方位

図4 磁化温度曲線
実線、点線はそれぞれ加熱曲線、冷却曲線。

メッシュと200メッシュの間(直径0.073~0.125mm)の試料から、永久磁石で磁性鉱物だけを取り出し、熱磁気分析用の試料とした。分析は磁気天秤を使い、真空中($\approx 10^{-3}$ mmHg), $10^{\circ}\text{C}/\text{min.}$ の定速加熱($\sim 650^{\circ}\text{C}$), 定速冷却で行なった。得られた磁化温度(J_s - T)曲線を図4に示した。第22号址、第34号址ともに、すそをひく傾向が認められ、チタノマグネタイト(β 相)が果帯構造をとまうことによるものと思われる。第22号址で採取した全ての試料には2つのキュリー点($350^{\circ}\sim 370^{\circ}\text{C}$, $450^{\circ}\sim 480^{\circ}\text{C}$)が認められる。一方第34号址では7試料のうち2試料から2つのキュリー点($460^{\circ}\sim 470^{\circ}\text{C}$, $530^{\circ}\sim 550^{\circ}\text{C}$)が認められるものの、残る5試料は1つのキュリー点($485^{\circ}\sim 510^{\circ}\text{C}$)である。

第22号址の J_s - T 曲線は加熱曲線(図4の実線)と冷却曲線(同点線)が非可逆的であるのに対し、第34号址の J_s - T 曲線はほぼ可逆的である。しかも第22号址の冷却曲線は第34号址の加熱曲線と非常に類似するのが注目される。そこで次に第22号址の試料(No. 4)を空气中で同様に実験した。その結果を図5の実線で示

した。真空中の場合とほぼ類似した結果が得られたが、真空中の場合にくらべ、冷却時の飽和磁化の値がより大きくなった。さらに空气中で実験した試料を次に真空中で再度加熱してみると、ほぼ可逆的な曲線が得られた(図5の点線)。

以上のことから、第22号址の試料は 10^{-3} mmHgの真空中においても、加熱実験の際、酸化を被ったと結論される。さらに第34号址の試料は、実験を行なう以前に、おそらく炉使用時に、チタノマグネタイトの酸化を被ったことを意味する。

V. 考 察

炉址焼土が考古地磁気学の試料として用いられるためには次の2点を満足していなくてはならない。

- 1) 焼土の母材の残留磁気がキュリー点以上に加熱されて消磁されていること。
- 2) 炉の使用により何度かキュリー点以上に加熱された場合でも、最後の使用後、キュリー点以下に冷えた時点で獲得した熱残留磁気を現在まで保持していること。

関東地方では縄文時代に限らず、竪穴住居址は関東ローム層(立川ローム層)を掘り込んで作られている。住居址内の炉もロームが焼かれ、その熱は炉の周囲のローム層に及んでいる。一方、ローム層はそれ自身かなり安定な残留磁気をもつことが知られ(HIROOKA *et al.*, 1977 a, b), 炉がキュリー点以上に熱せられなかった場合、ローム層の残留磁気の影響は無視できないだろう。

筆者は、以前、海老ヶ作貝塚の南西約5kmの地点にある佐倉道南遺跡(図1)の立川・武蔵野ローム層の熱磁気分析の結果を報告した(会田, 1979)。 J_s - T 曲線は図6に示したように、上位からA, B, Cの3タイプに

図5 第22号址試料(No. 4)の磁化温度曲線

図 6 佐倉道南遺跡での立川・武蔵野ローム層柱状図および磁化温度曲線
柱状図横の点は試料採取位置を示す。

I : 表土, II : 腐植物混じり黄褐色土, III : 黄褐色軟質ローム, IV : 黄褐色ローム,
V・VII : 赤味を帯びた黄褐色ローム, VI : 茶褐色ローム, VIII : 植物痕が多く発達する
茶褐色ローム, IX : 赤味を帯びた茶褐色ローム。

A, B, Cタイプは本文参照。

分類される。焼土の母材となったロームは住居址の掘り込みの深さから考え、図6柱状図のⅢないしⅣ（立川ローム層上部）に対比されるが、図4の第22号址のJs-T曲線及びそれから得られるキュリー点はまさに立川ローム層上部のAタイプと一致する。すなわちこのロームは立川ローム層上部に対比される。

一方、第34号址炉址焼土の強磁性鉱物は炉使用の際の熱で酸化を被ったものと考えられる。この酸化はβ相がFeに富む相とTiに富む相とに分解し、後者が酸化するもので、晶出した結晶が冷却する過程で一次的に起こる高温酸化に相当する。高温酸化によって生じたβ相は、強度の大きい、安定な、熱残留磁化を生成時に獲得する。この場合、粘性残留磁化のもとになる粗大β相粒子は、イルメナイトラメラの発生により細かく分割されて実質的に細粒化し、粘性残留磁化が二次的にできる可能性は少なく、自然残留磁化はできたとの熱残留磁化とほとんど変わらないと考えられている（小嶋・小嶋, 1972）。

したがって第34号址炉址焼土は上記の1) 2) を満足するT. R. M. を記録し、きわめて信頼性の高い試料といえる。一方、第22号址の場合、β相に関する限り、炉の熱の影響が全く認められないオリジナルなβ相であることから、ローム層の残留磁気の影響も予想され、炉の使用時の地球磁場を考える試料としては不適当といえる。しかし、広岡（1972）が300°C以下の焼成実験でも充分のT. R. M. を得たと報告しているので、一概にはいえない。

また、生ずる誤差の要因として、試料の方位や磁気測定精度のほかに、広岡（1972）は次の4点を指摘した。

- 熱残留磁気獲得後の遺跡の変形
- 試料採集地点における現在の偏角
- 地磁気永年変化の地域差
- 熱残留磁気獲得時の温度およびその後の熱的影響の有無

距離のはなれた遺跡間のデーターの比較の際には上記

のb) c) が問題となろうが、同一時代の一遺跡内の場合にはa) d) について十分考慮する必要がある。第2号址、第22号址の焼土はそれぞれ灰、ローム粒の混入がみられ、多少の変形が予想される。

以上述べたように、測定資料を考古地磁気のデーターとして用いるまでには様々な問題点があり、各段階でデーターの選択をする必要がある。そうしてこそ、より詳細で正確な永年変化曲線が作れるにちがいない。データーの選択の際、Js-T 曲線で判別されるチタノマグネタイトの酸化の有無は考古地磁気試料としての信頼度のひとつの大きな目安となり得るだろう。

また、Js-T 曲線(キューリー点)による地層の対比が、これまで軽石・スコリア等の鍵テフラ層について成果をあげてきたが(MOMOSE *et al.*, 1968), ローム層についても対比の一手段となり得ることが明らかとなった。今後、旧石器遺跡の文化層のより詳細な対比にも役立てることができるだろう。

VI. ま と め

海老ヶ作貝塚(縄文時代中期)の炉址焼土の残留磁気および含有する磁性鉱物の熱磁気的特徴を調べた結果、以下の事が明らかとなった。

1. 測定した3つの住居址内炉址焼土のうち、考古地磁気試料として採用できるのは第34号址のみで、偏角: 17°E, 伏角: +54°である。

2. 第22号址炉址焼土中の磁性鉱物は磁化温度曲線の形・キューリー点からチタノマグネタイトであり、焼土の母材の層位は立川ローム層上部に対比できる。

3. 第34号址炉址焼土中の磁性鉱物は、チタノマグネタイトが炉使用の際の熱で酸化したものであり、第22号址のものにくらべ、焼成温度が高い。

4. 磁化温度曲線で判別されるチタノマグネタイトの酸化の有無は考古地磁気試料としての信頼度のひとつの目安となり得る。

引用文献

会田信行(1979) 下総台地西部に分布する立川・武蔵野ローム層中の強磁性鉱物。地球科学, **33**, p. 62—65.

海老ヶ作貝塚第2次発掘調査団(1975) 海老ヶ作—第2次発掘調査概報—。20p., 船橋市教育委員会。

FISHER, R. A. (1953) Dispersion on a Sphere. *Proc. Roy. Soc. (London)*, (**A**) **217**, p. 295—305.

広岡公夫(1970) 考古地磁気法による年代測定とその試料採取について。考古学と自然科学, no. 3, p. 22—28.

HIROOKA, K. (1970) Archaeomagnetic study for the past 2000 years in Southwest Japan. *Mem. Fac. Sci., Kyoto Univ., Ser. Geol. Mineral.*, **38**, p. 167—207.

広岡公夫(1972) 考古地磁気による年代測定の問題点。考古学と自然科学, no. 5, p. 15—21.

HIROOKA, K., TOBITA, K., YOKOYAMA, T., & NAKAYA, S. (1977a) On the excursion of the latest Pleistocene recorded in Ontake Tephra, Ina, Central Japan. *Rock Magnetism and Paleogeophysics*, **4**, p. 81—87.

HIROOKA, K., SAKAI, Y., & YOKOYAMA, T. (1977b) Paleomagnetic study of "Kanto Loam", the late Pleistocene volcanic sediments. *Rock Magnetism and Paleogeophysics*, **4**, p. 88—94.

KAWAI, N., HIROOKA, K., SASAJIMA, S., YASUKAWA, K., ITO, H., & KUME, S. (1964) Archaeomagnetic studies in southwestern Japan. 1964 Annual Progress Report of the Rock Magnetism Research Group in Japan, p. 39—43.

MOMOSE, K., KOBAYASHI, K., MINAGAWA, K., & MACHIDA, M. (1968) Identification of tephra by means of ferromagnetic minerals in pumice. *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **46**, p. 1275—1292.

小嶋 稔・小嶋美都子(1972) 岩石磁気学。220p., 共立全書。

杉原重夫(1970) 下総台地西部における地形の発達。地理学評論, **43**, p. 703—718.

YUKUTAKE, T., NAKAMURA, K., & HORAI, K. (1964) Magnetization of ash-fall tuffs of Oshima volcano, Izu, II: Application to archaeomagnetism and volcanology. *J. Geomag. Geoelectr.*, **16**, p. 183—193.

渡辺直経(1958) 古地磁気研究法による人類遺跡の年代判定。第四紀研究, **1**, p. 92—100.

WATANABE, N. (1959) The direction of remanent magnetism of baked earth and its application to chronology for anthropology and archaeology in Japan. *J. Fac. Sci. Univ. Tokyo, Ser. V*, **2**, p. 1—188.

渡辺直経(1967) 人類学・考古学のための磁気年代学—日本におけるその現状展望—。第四紀研究, **6**, p. 230—238.