

たたら遺跡の考古地磁気法による年代測定

伊藤 晴明・時枝 克安

1. はじめに

窯や炉跡の焼土による考古地磁気の研究はヨーロッパ、アメリカ、ソ連及び日本等の研究者によって着実かつ積極的に行なわれ、大きな成果が得られている。^{1~12)} 日本においても、過去数千年間の地磁気永年変化曲線がいくつか求められ、地域によっては比較的信頼性の高い偏角や伏角の変化が捉えられている。^{8~11)} 考古地磁気年代測定法はこのような信頼性の高い地磁気永年変化曲線を用いて、窯や炉跡の操業年代を推定する方法である。

広岡^{10,11)}による過去2000年間の西南日本における偏角・伏角の永年変化曲線はよく知られており、信頼性も高く、西南日本では広く利用されている。特に、この変化曲線は東海、近畿、中国地方において高い精度を示し、他の年代測定法ともよく一致する年代を与える場合が多い。しかし、一方では測定データーの増加とともに、地域によってはこの曲線からのわずかなずれが指摘され、曲線を補正する試みもなされている。^{13~16)} 地域による偏角や伏角のずれの問題は、この変化曲線をより信頼性の高いものにするため、今後も精力的に調査・研究し、解決すべき問題の1つである。

一方、近世のたたら遺跡にはいろいろな焼結粘土が見られ、窯や炉跡の焼土と同じく強い自然残留磁気 (Natural Remanent Magnetization, 略して NRM) をもっている。これら焼結粘土の NRM は大部分たたら炉床構築時の加熱による熱残留磁気 (Thermoremanent Magnetization, 略して TRM) であり、一部は操業中の再加熱による TRM であると考えられる。ただし、炉床の焼土が操業中に再加熱された場合は、鉄の影響による地磁気の乱れを考えに入れておかなければならないであろう。たたら製鉄は砂鉄を高温で還元して鉄をつくるのが目的であり、操業中は炉内や炉の近くに鉄塊が常に存在するからである。

鉄は強磁性体であって、そのキュリー温度は焼土中に普通含まれる Magnetite のキュリー温度 (578°C) より高く 770°C である。それ故鉄塊は冷却時に比較的早く1つの磁石となり、2次磁場を発生する。この2次磁場がまわりの地磁気に加わり、そのベクトル和が新たな外部磁場を形成する。この外部磁場が一時的な地磁気の方角を与えることになる。鉄塊の影響下で再加熱された焼土は、この一時的な地磁気の方角に磁化して、まわりの焼土とは異なった方向の磁化を獲得する。たたら遺跡の NRM 測定においては、この点を常に考えにいれて試料を採取し、測定結果をよく検討しなければならない。

たたら製鉄炉の形態は古代、中世、近世と徐々に変化してきているが、¹⁷⁾ 近世のたたら炉は地上の設備と地下構造の2つに大別できる。地上に築造される炉本体は操業ごとに取りこわされるため、発

掘調査の対象にはなり得ない。従って、炉本体の焼土が考古地磁気の試料になることはあり得ないし、採取できる試料は常に炉床の焼土に限定される。

地下構造（炉床）は床焼きという乾燥作業で加熱されるが、操業前であり、鉄の影響は考えなくてよいはずである。また、炉の操業期間中に炉床の乾燥作業が行なわれ、再加熱されたとしても、鉄の影響はなかったと考えてよいであろう。問題になるのは、操業中鉄が本床に流れこんだ場合である。¹⁸⁾ 鉄の流入時に、もし本床が加熱されたならば、焼土は鉄の影響下で再磁化することになるからである。

製鉄遺跡には土器などの出土遺物が少なく、一般に炉の操業年代を決定するのが難しい場合が多い。^{17,18)} もちろん年代測定には、¹⁴C 年代測定法、フィッシュントラック年代測定法、熱ルミネッセンス年代測定法などの有力な方法があり、製鉄遺跡の年代測定にも利用され欠かすことのできない役割を果たしている。ここでは、島根・広島両県下で発掘された 5 ケ所の近世及び中世たたら遺跡の NRM 測定結果をもとに、この地域における地磁気永年変化曲線の妥当性を検討しながら、考古地磁気法がたたら遺跡の年代測定に有力な手段となり得ることを示したい。

2. たたら炉の地下構造

近世のたたら炉は一般に複雑な構造をもつものが多いが、代表的な炉の地下構造について述べると、大略次の通りである。¹⁹⁾

近世たたら炉は地上の設備と地下構造の 2 つに大別されるが、地下構造は地下水の侵入や湿気を完全に防止し、炉内を高温に保つ役目になっている。最初に立地条件を考慮して、深さ 3~5 m 程の穴を掘る。そして床釣りとよぶ基礎工事で穴の中程までを埋める。この基礎工事段階でも焼きしめられた多くの焼土が認められる。²⁰⁾ この後の築造工事が本床釣りとよばれる作業であり、たたら炉にとって最も重要な設備である。

本床釣りは中央に小さな砂利混りの粘土で本床をつくり、その両側にカマボコ型の空洞をした小舟をつくる。この本床と小舟に薪を充填し、床焼きという乾燥作業を 2 カ月から長いときは 3 カ月以上もの間連続して行ない、本床や小舟をつくるのに用いた粘土を完全に乾燥させる。この乾燥作業で本床や小舟をつくった粘土は大部分 600°C 以上の高温で焼きしめられ、粘土に含まれた強磁性鉱物（主に Magnetite）が TRM を獲得することになる。

地上の主な設備は炉と吹子であるが、炉は本床の直上に築造され、1 回の作業終了ごとに鉄塊引出しのため破壊される。^{18,19)} ただし、地下構造は大部分そのままの形で使用されたと考えられるが、操業期間が長いときや湿度が高いときには、炉床の乾燥作業をくり返し行なったこともあるらしい。²¹⁾ 一方操業中に炉底から鉄あるいは鉄滓が本床に流入する例もしばしばみられる。¹⁸⁾ また、鉄や鉄滓等の本床への流れこみの結果、本床が一部破壊され、再構築されたこともあり得ると思われる。

以上たたら炉の地下構造や操業の状況からみて、考古地磁気調査に最良の試料は地下構造構築時の乾燥作業で焼きしめられた焼土であることがわかる。乾燥作業段階での焼土は鉄の影響もなく、その

当時の正しい地磁気の方向に磁化しているものと考え得る。ただし、本床やそのまわりの焼土は再構築されたときのものであったり、鉄塊の影響下で再加熱された可能性があるため、試料採取を慎重に行ない、NRM 方向に違いがあるかどうかを確かめよく検討しなければならない。

3. 試料採取と NRM 測定

われわれが試料を採取したのは、1981年から1983年にかけて島根・広島両県下で発見、発掘された5カ所のたたら遺跡である。

採取した焼土試料は実験室で立方体に整形し石膏で固め、NRM は無定位磁力計 (Astatic Magnetometer) で測定した。バラツキの大きい試料は、交流または熱消磁で安定性をチェックし、不安定な試料はすべて除外した。バラツキの小さい試料も一部交流消磁を行ない、NRM 方向が変化するかどうかチェックした。少しでも不安定な NRM をもつ試料はデーターから除外してある。

(1) 朝日たたら遺跡

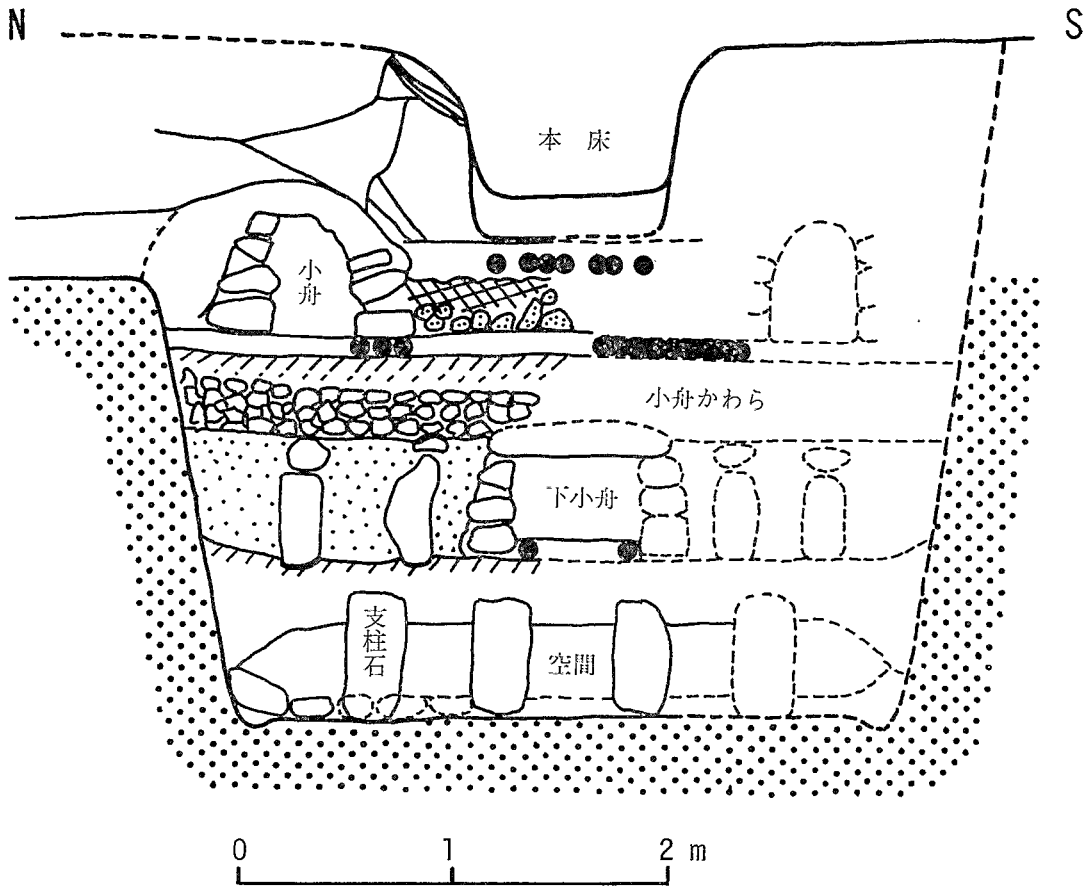


図1 朝日たたら遺跡の断面図と試料採取場所

Fig. 1. Cross-section of Asahi Tataru site and sampling place.

(島根県簸川郡佐田町大字高津屋)

本遺跡は $35^{\circ}12'N$, $132^{\circ}41'E$ に位置している。炉床構造は本床と小舟からなる本床釣りと、その基礎構造である床釣りから構築されている。床釣りはさらに上下に分けられ、上床釣りと下床釣りの二重構造になっていた。²⁰⁾ 図1は炉床の中央横断面図であり、試料採取場所が黒丸で示してある。

試料は、本床釣りで本床直下の赤褐色踏圧焼結粘土層から7個採取した。床釣りでは、小舟かわら上部の厚さ 5~10 cm の暗赤褐色焼結たたき粘土層から35個、下小舟床面の青灰色焼結たたき粘土から2個だけ試料を採取した。

測定した NRM 方向は図2に示す。小舟かわらと下小舟床面の NRM はよく一致していたので、1つにまとめ床釣りとした。本床釣りの NRM 方向は床釣りのそれと少し異なっていたので、別々に年代を推定することにし区別した。測定データーは次の通りである。ここで、Nは測定試料数、Dは偏角、Iは伏角、Kは信頼度係数、 θ_{95} は誤差角である。

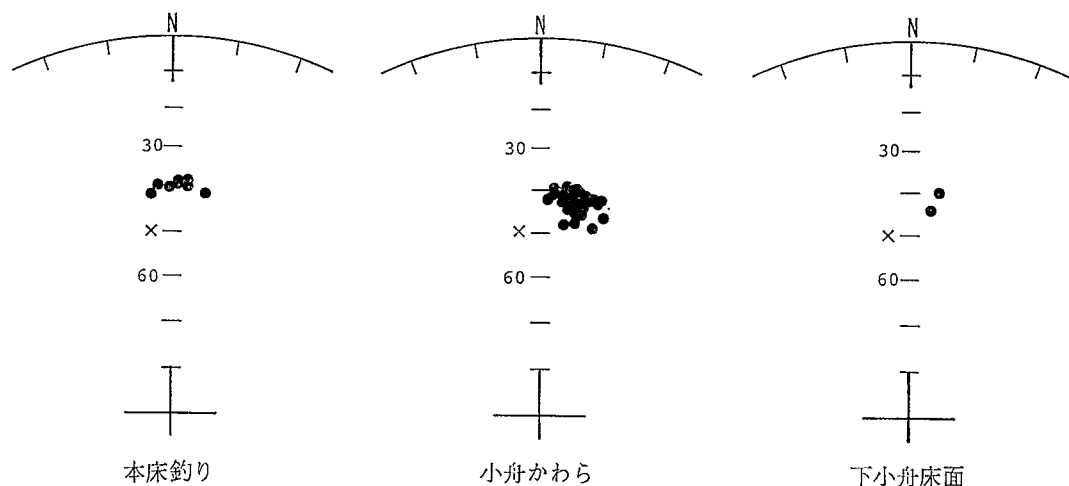


図2 朝日たたら遺跡の NRM 方向
×：現在の地磁気の方

Fig. 2. NRM directions obtained from Asahi Tatara site.

採取場所	N	D	I	K	θ_{95}
本床釣り	7	4.0	39.4	1157.2	1.8
床釣り	34	9.7	41.6	425.2	1.2

(2) 隠地たたら遺跡

(島根県仁多郡横田町大字大谷)

本遺跡の位置は $35^{\circ}10'N$, $133^{\circ}03'E$ である。この遺跡には操業時期を異にする3基の炉床が確認

されている。²²⁾ 北側から第1炉床、第3炉床、第2炉床の順に並んでいた。

第1炉床は小舟構造を有する大型のものであるが、炉床の下部構造が未発達で高殿たたら初期の炉と考えられている。第2炉床と第3炉床は焼土を埋めてつくった側溝状の防湿構造をもつ、より古い時代の炉床である。第2炉床は炉心部から北側半分が第3炉床構築時に完全に切りとられ消滅している。これら3基の炉床の新旧関係は新しい方から第1炉床、第3炉床、第2炉床の順である。²²⁾

試料は第1炉床の北側小舟床面の2カ所（A₁とA₂）から計20個採取した。第2炉床では、本床床面の4ヶ所（B₁、B₂、B₃及びB₄）から計32個の試料を採取した。第3炉床では、本床下部の焼結粘土層（C₁）で16個、本床北側側壁（C₂）で15個、同じく南側側壁（C₃）で15個、計46個の試料を採取した。

それぞれの炉床の配置を示す断面図と試料採取場所は図3に示してある。

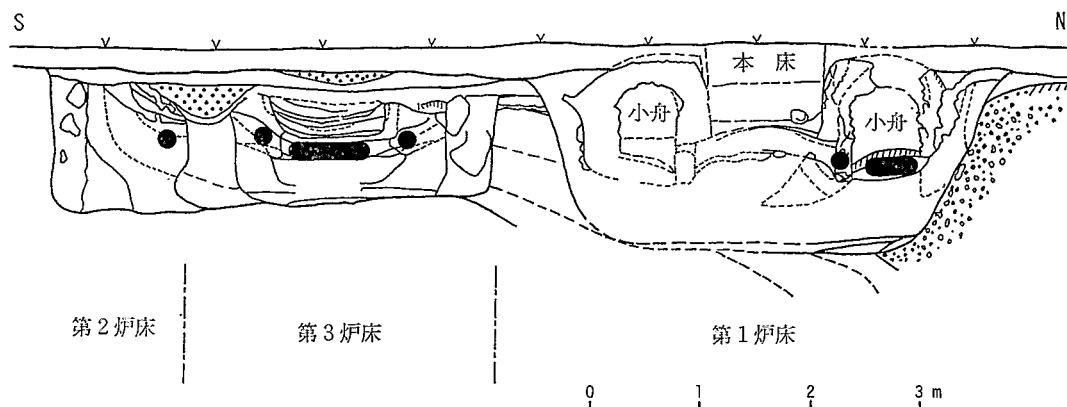


図3 隠地たたら遺跡の断面図と試料採取場所

Fig. 3. Cross-section of Onji Tatara site and sampling place.

第1炉床

試料は北側小舟床面で1m余り離れた2カ所で採取したが、図4に見られるように、NRM方向の差は認められない。測定データは次表の通りである。

採 取 場 所	N	D	I	K	θ_{95}
A ₁	8	6.5	40.5	729.2	2.0
A ₂	11	7.6	40.1	341.3	2.4
平 均	19	7.1	40.3	455.7	1.6

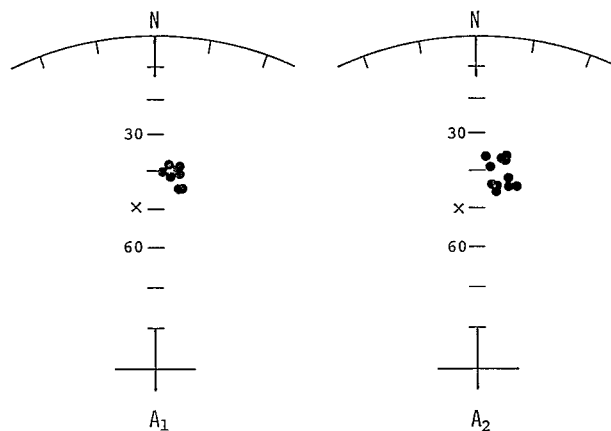


図4 隠地たたら遺跡第1炉床の NRM 方向

Fig. 4. NRM directions obtained from 1st furnace.

第2炉床

図5は各採取場所での NRM 方向である。測定データは次表に示す。NRM 方向は各場所においてバラツキも小さく、また場所による方向の違いもなくよく一致している。

採 取 場 所	N	D	I	K	θ_{05}
B ₁	9	13.5	46.1	178.6	3.9
B ₂	5	10.8	52.5	400.0	3.8
B ₃	8	12.5	46.4	295.4	3.2
B ₄	6	10.8	48.7	314.5	3.8
平 均	28	12.2	47.9	233.2	1.8

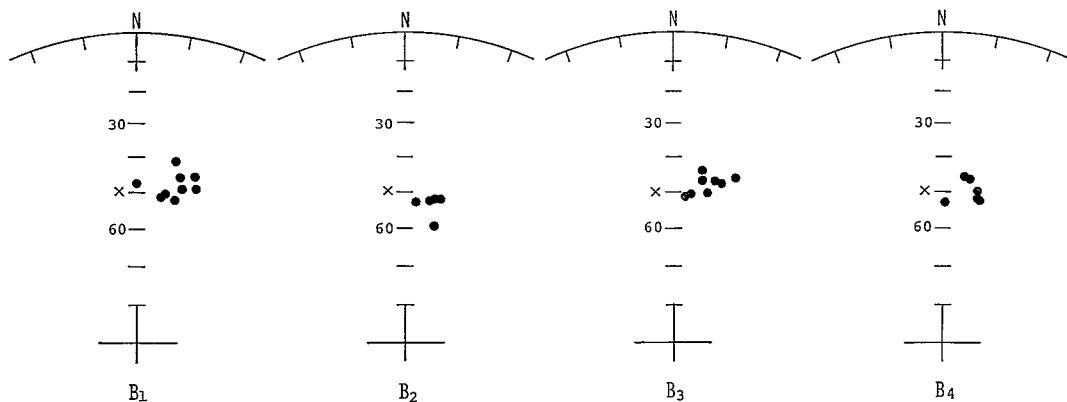


図5 隠地たたら遺跡第2炉床の NRM 方向

Fig. 5. NRM directions obtained from 2nd furnace.

第3 炉床

NRM 方向は図 6 に示す。C₁ 地点の NRM 方向は、消磁しても図のようにバラツキが大きく信頼できないため、測定データーから除外することにした。C₁ 地点は第3 炉床の北側側壁であって、第1 炉床の小舟に近接している。従って、この側壁は第1 炉床構築時に部分的に加熱されたかも知れない。C₂ と C₃ 地点の NRM はバラツキも小さく、ほぼ一致した方向を示している。次表は NRM の測定データーである。ただし、C₁ は平均値から除いてある。

採 取 場 所	N	D	I	K	θ_{95}
C ₁	15	5.1	40.5	42.1	6.0
C ₂	16	9.7	37.0	257.5	2.3
C ₃	15	9.4	41.2	111.3	3.5
平 均	31	9.5	39.0	147.2	2.1

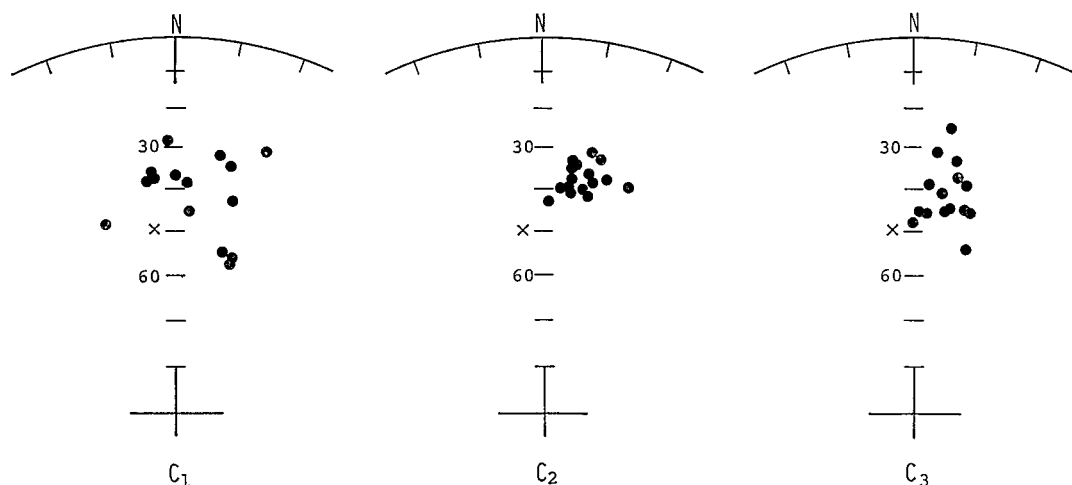


図 6 隠地たたら遺跡第3 炉床の NRM 方向

Fig. 6. NRM directions obtained from 3rd furnace.

(3) 泉原たたら遺跡

(島根県飯石郡頓原町大字都加賀)

本遺跡は三刀屋川の支流、八重山川の西岸 (35°07'N, 132°48'E) にある。この炉床は水田の区画整理事業の工事中に発見されたもので、作業中に南側半分が完全に破壊され切りとられていた。その結果、炉床のほぼ中央横断面がきれいに露出していた。

炉床の横断面と試料採取場所は図 7 に示す通りである。試料は灰白色に変色した左右の本床側壁内

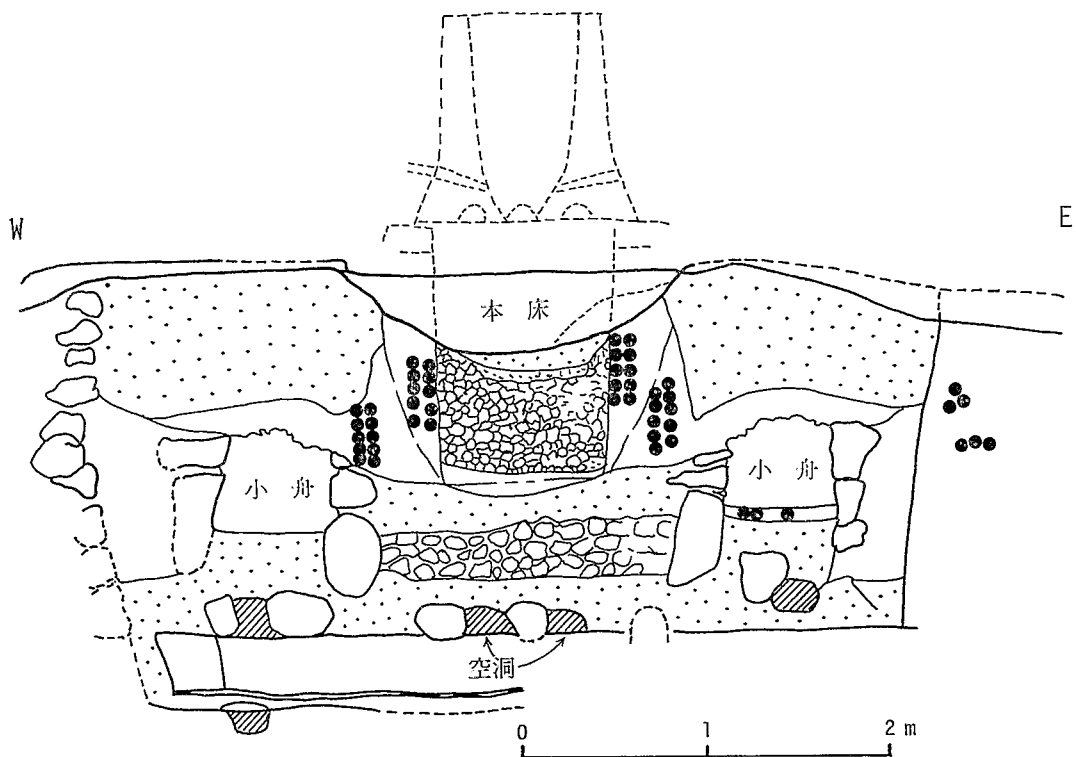


図7 泉原たたら遺跡の断面図と試料採取場所

Fig. 7. Cross-section of Izumihara Tatara site and sampling place.

側からそれぞれ10個の計20個，同じく本床側壁外側の赤褐色に変色した焼結粘土からそれぞれ10個の計20個，東側小舟の床面と加熱された東側の地山で計9個，総計49個採取した。

図8は測定した試料の NRM 方向である。測定データーは次表に示す通りである。

採 取 場 所	N	D	I	K	θ_{95}
本床西側壁外側	10	-1.9	45.7	476.2	2.1
本床西側壁内側	10	2.8	51.3	318.0	2.7
本床東側壁内側	10	19.9	38.9	252.8	3.0
本床東側壁外側	10	6.1	42.9	750.0	1.8
東 側 の 地 山	7	2.9	47.7	329.7	3.3
平 均	37	2.5	46.9	227.5	1.6

ただし，本床東側壁内側のデーターは平均値から除外してある。この本床東側壁内側の偏角の値 ($D=19.9^\circ$) は偏りが大きく，正しい地磁気の方角を示していないと考えられるからである。

本床側壁の内側半分は再加熱のため同じように灰白色に変色していたが、上記のように NRM 方向は両側で大きく異なる結果が出た。しかし、赤褐色に変色した外側半分の NRM 方向は両側でそれ程大きく違いっていない。しかも、この外側の NRM は本床西側壁内側及び地山のそれとほぼ同じ方向を示している。

本床側壁の内側と外側を区別したのは加熱による色の差だけであり、はっきりとした境目は見られず、別々につくられた痕跡も別々に動いた形跡も見当たらない。従って、本床東側壁内側の NRM は、再加熱時に部分的に地磁気の乱れが生じ、その乱れた地磁気の方に磁化したものと考えられる。乱れの原因は再加熱時に東側壁に接して存在した鉄塊の 2 次磁場のためと考えるのが妥当であろう。

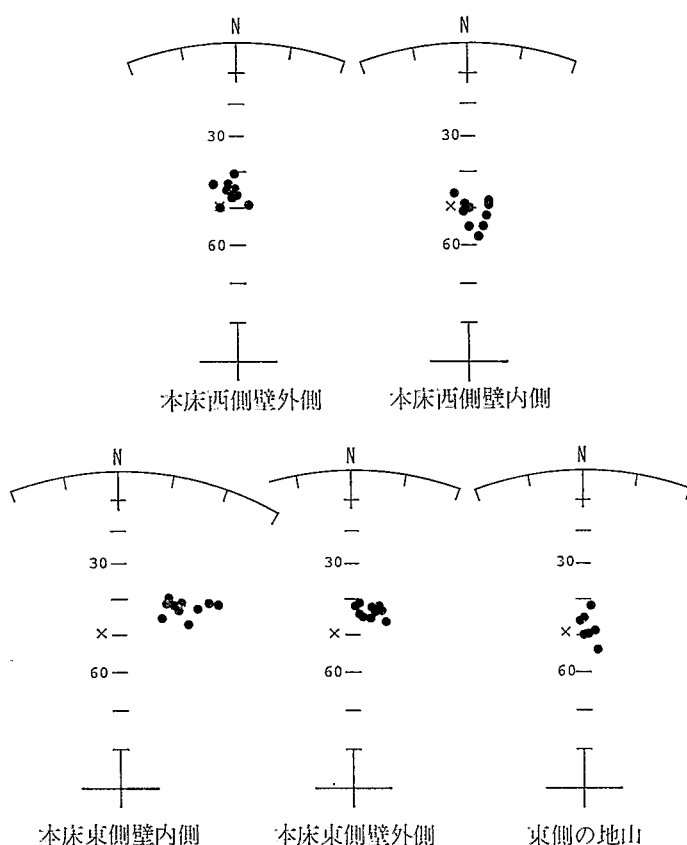


図8 泉原たたら遺跡の NRM 方向

Fig. 8. NRM directions obtained from Izumihara Tatara site.

(4) 今田たたら遺跡

(島根県能義郡広瀬町大字富田字新宮)

本遺跡は 35°22'N, 133°12'E の位置にあり、通称たたら田とよばれる水田部で発見された。発掘時

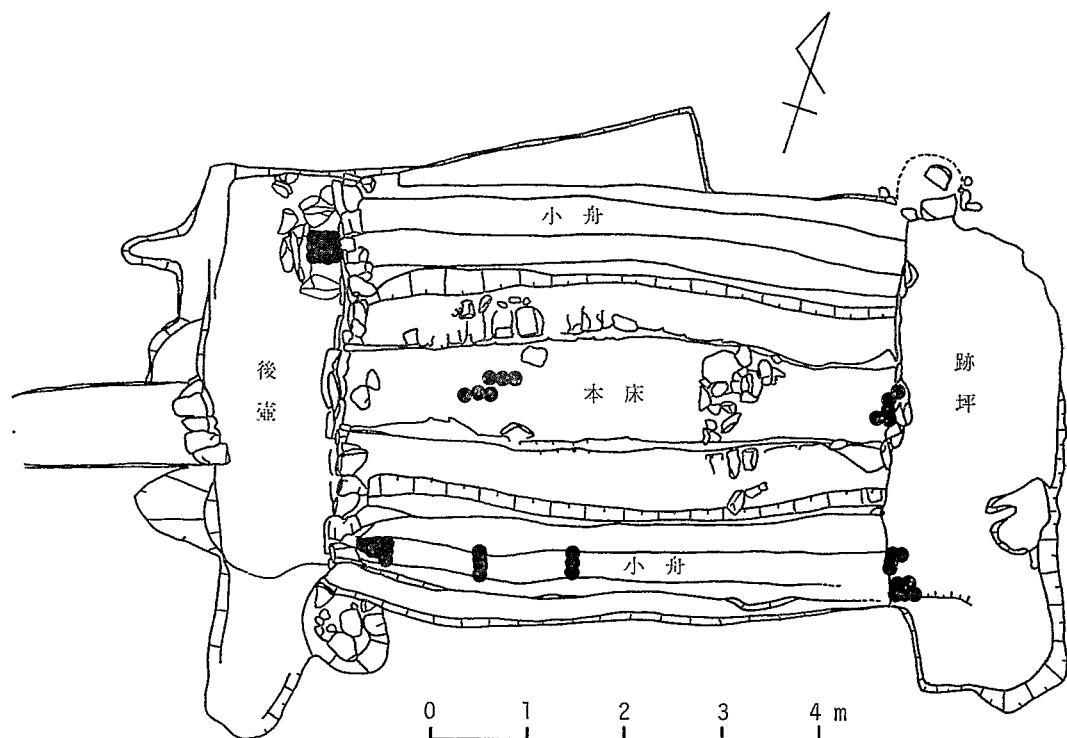


図9 新宮谷たたら遺跡の平面図と試料採取場所

Fig. 9. Plane figure of Imada Tataru site and sampling place.

に遺物として、染付、唐津、伊万里、塩谷焼などの陶片が出土している。²³⁾ この遺跡では左右の小舟がほぼ完全な形で発掘され、小舟天井部も原形のままであった。炉床の構造（平面図）と試料採取場所は図9に示す。

試料は北側小舟の西口床面で茶褐色の焼結砂質粘土を12個、本床の東側床面から5個、同じく西側床面で6個、南側小舟天井の西側で約1m 間隔に3カ所から15個、同じく南側小舟の東口床面で茶褐色の焼結粘土を9個、総計で47個採取した。

図10は NRM 方向である。また、測定データは次表に示す通りである。

採取場所	N	D	I	K	θ_{95}
北側小舟西口	11	0.5	46.7	308.6	2.6
本床床面	11	2.7	45.5	220.8	3.0
南側小舟天井	13	0.7	50.2	468.8	2.0
南側小舟東口	8	1.0	45.5	119.0	5.1
平均	43	1.3	47.2	230.0	1.4

南側小舟天井の NRM 方向はバラツキも小さくよくまとまっている。小舟は普通空洞のままであり、炉の廃絶後その天井部は変形する可能性が高いと考えられるが、NRM 方向を見る限り、この小舟天井は部分的に変形していないと判断できる。残り 3 ケ所の NRM 方向は互いによく一致しており、しかも南小舟天井部のそれと同じ方向である。従って、これら 4 カ所の NRM 方向は、この炉床構築時か、あるいはその後の比較的短い期間内に獲得されたものと考えられる。

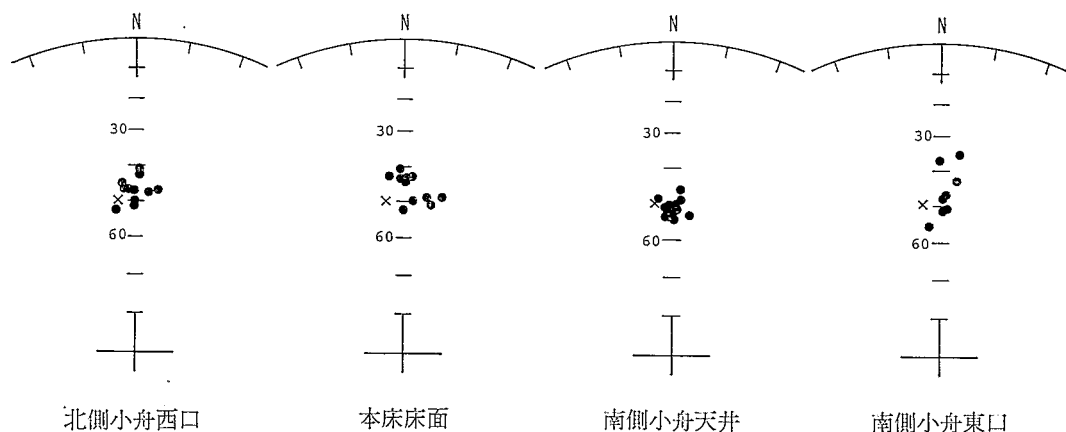


図10 新宮谷たたら遺跡の NRM 方向

Fig. 10. NRM directions obtained from Imada Tatara site.

(5) 石神たたら遺跡

(広島県東広島市八本松町吉川)

本遺跡は西条盆地の西南部 ($34^{\circ}23'N$, $132^{\circ}41'E$) にあり、吉川工業団地造成工事に発見された。この炉跡は両側に側溝をもつ南北に長い台形状の簡単な炉床である。竈台座跡の位置から考えて、炉は炉床底面の直上約 70 cm のところにつくられていたと推測されている。²⁴⁾ 台形状炉床の底面及び側面は加熱により、黄褐色や赤褐色に変色していた。この炉床は炉の形態や出土遺物から中世のものと考えられている。²⁴⁾ 炉床の構造(平面図)と試料採取場所は図11に示してある。

試料は炉床底面から17個、南北両側面からそれぞれ15個、全部で47個採取した。測定した NRM 方向は図12に示す。次の表は測定データである。

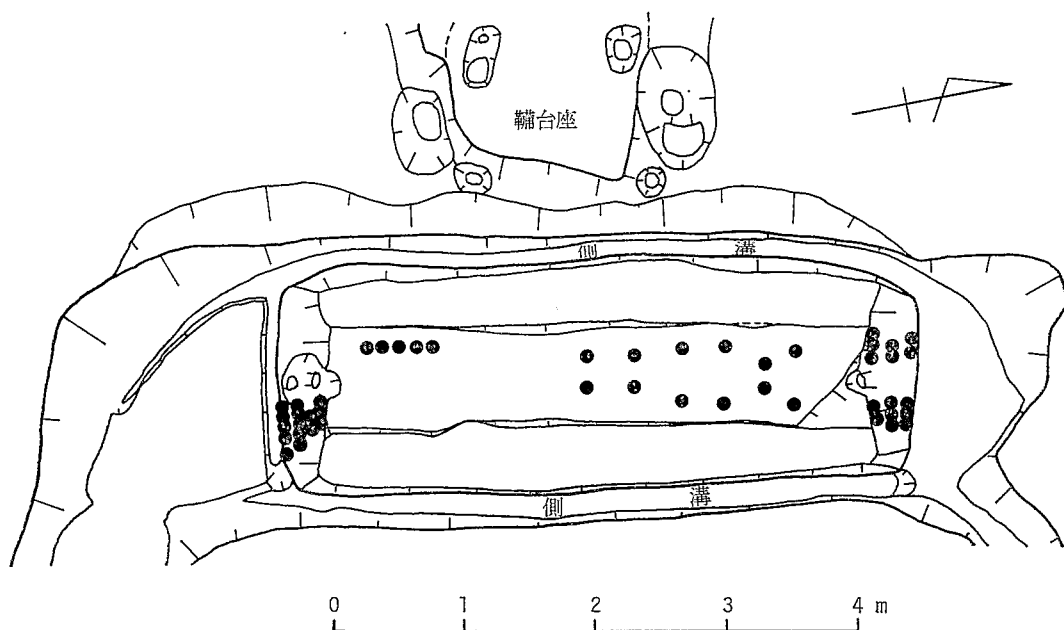


図11 石神たたら遺跡の平面図と試料採取場所

Fig. 11. Plane figure of Ishigami *Tataru* site and sampling place.

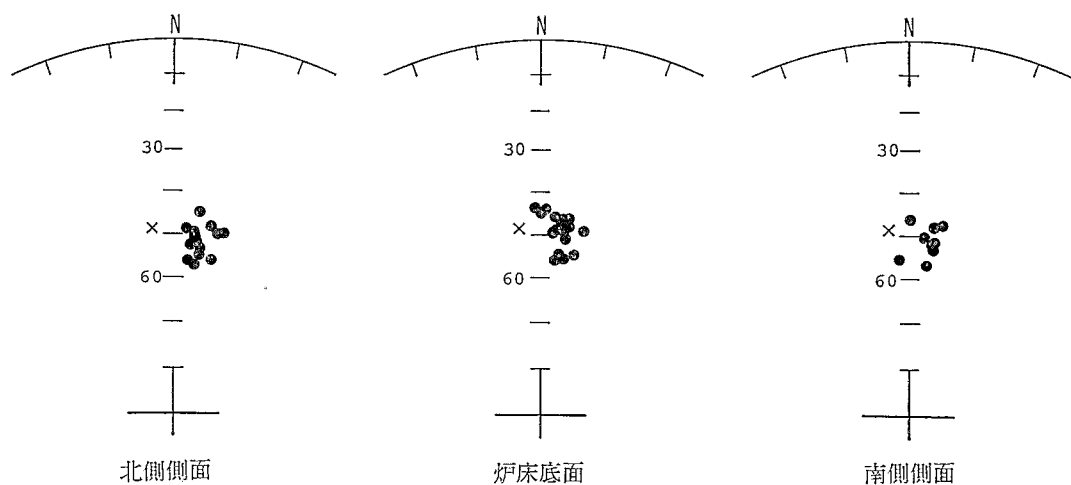


図12 石神たたら遺跡の NRM 方向

Fig. 12. NRM directions obtained from Ishigami *Tataru* site.

採 取 場 所	N	D	I	K	θ_{95}
炉 床 底 面	17	6.4	48.8	315.6	2.0
北 側 側 面	14	9.2	50.8	397.8	2.0
南 側 側 面	9	5.7	50.5	322.8	2.9
平 均	40	7.2	49.9	327.6	1.3

この炉床の NRM は炉床全面ではほぼ一致した方向を示している。炉床底面の中央部は楕円形状に強く焼かれ、この上部に炉が築かれていたことを示唆しているが、再加熱による NRM 方向の変化は認められない。従って、この炉床は、地磁気の変化がない比較的短い期間内に加熱・再加熱され、残留磁化を獲得したものと考えられる。

4. 測定結果の考察

近世たたらの地下構造は長期間の使用に耐えるよう堅固で半永久的なものが多い。しかしながら、本床では新期に炉をつくるときはもちろんであるが、釜出しした後築炉するごとに下灰充填作業がくり返し行なわれる。¹⁹⁾ 本床はこの作業で何度となく加熱され、焼土はその度ごとにその時々地磁気の方向に磁化されることになる。もちろん操業期間中地磁気が一定であれば、焼土の残留磁気は常に同じ方向に向くはずである。

また、操業中炉底から本床内に鉄や鉄滓が流れこむ例もしばしば見うけられる。¹⁸⁾ この場合も再加熱・再磁化した可能性が高いと考えられる。このように炉床は半永久的な構造であっても、構築後の本床はくり返し加熱されるため、熱的には半永久的なものでなく、常に新しくつくり変えられる場所である。本床に限らず、再加熱された焼土は再加熱された時期が重要となる。

もし再加熱された焼土の NRM 方向が炉床構築時の焼土のそれと異なっていたならば、外部磁場としての地磁気はその間に变化したことを示唆している。地磁気の方向が变化する原因としては次の2つの場合が考えられる。

第1は鉄塊の影響による地磁気の部分的な乱れである。鉄塊が影響している事例としては、泉原たたら本床東側壁内側の偏りの大きい NRM 方向が挙げられる。この異常な NRM 方向はまわりにある焼土の NRM と比較して、地磁気の永年変化や焼土の傾きなどに起因するとは考えられない。この測定例は再加熱時に鉄の影響が皆無でないことを示す好例であると思われる。

第2は地磁気の永年変化である。特に、操業期間が長い炉の場合は永年変化を無視することはできない。近世たたらは山地に大規模な製鉄集落をつくり、同じ場所で長期間操業、十数年移動しない場合が多い。²⁵⁾ 長期間操業した炉では、最初と最後に磁化した NRM の間に方向の違いが出て不思議ではない。朝日たたら測定結果はこの場合に当てはまるかも知れない。床釣りと本床釣りの NRM

方向の間にわずかな差がみられたが、その差は地磁気の永年変化を示していると解釈できるからである。

次に考えておかなければならないのは、操業中あるいは炉廃絶後に焼土が変形した場合である。焼土が凹んだり傾いたりすれば、焼土に固着された NRM 方向は変形の大きさに比例して変化するからである。この場合は磁化した後で焼土が動いたものであり、地磁気の変化とは本質的に異なる変化である。

近世たたら地下工事は完全な防水・防湿構造をつくり上げるのが目的であり、^{18,19)} 小舟はもちろん排水溝や通気孔等の空洞部分が多くつくられている。炉廃絶後、これらの空洞部分が凹んだりくずれ落ちたりした可能性は高いと考えられる。試料採取時に炉床がきれいに露出されておれば、傾いたりくずれ落ちたりした焼土は容易に識別できるはずである。従って、そのようなおそれのある焼土からは試料を採取しなければよい。今回われわれが調査した島根・広島両県下5ヶ所のたたら遺跡では、それぞれの場所での NRM 方向は互いによく一致しており、焼土の変形を示唆する事例は見出されなかった。

たたら遺跡の考古地磁気調査の場合、各採取場所での NRM 方向は互いにすべて一致しているのが理想である。もし他と異なる NRM 方向が見出されたならば、再加熱の有無を考慮してよく吟味し、それがどうして違い違ったかを究明すべきであろう。そうすることによって、考古地磁気法はたたら遺跡の操業時期だけでなく、その操業状況をより具体的に知る有力な方法になり得ると思われる。

5. 考古地磁気推定年代

考古地磁気法による年代測定には、地磁気の方向変化を利用する法^{1,2,5,7~11)}と地磁気の強度変化を利用する^{1,3,26~28)}2つの方法がある。ここでは前者の方向変化による方法を利用し年代を推定する。

厳密に言えば、炉が存在する地域の偏角及び伏角が各時代ごとに正確にわかっている必要はないが、第1近似としては広岡^{10,11,29)}による地磁気永年変化曲線は島根・広島両県下でも利用可能だと考えられる。

(1) 朝日たたら遺跡

本床釣りの NRM 方向は $D=4.0$, $I=39.4$ であり、床釣りのそれは $D=9.7$, $I=41.6$ であった。これらの値を地磁気永年変化図¹¹⁾にプロットしたのが図13である。+印は測定値を示す。GGN は地理北極である。

図から読みとれる推定年代は

本床釣り A. D. 1690 ± 30 , A. D. 1580 ± 30 , A. D. 1440 ± 20

床 釣 り A. D. 1670 ± 25

である。本床釣りが床釣りより前に構築されることはあり得ないので、本床釣りの2つの推定値 A. D. 1580 ± 30 と A. D. 1440 ± 20 を除外すれば、本床釣りの推定年代は A. D. 1690 ± 30 , 床釣り

のそれは A.D. 1670 $\pm$ 25 となる。両者は誤差の範囲内でよく一致している。従って、本遺跡の推定年代は17世紀末となる。ただし、両者の推定年代のずれ（20年）はこの炉の操業の状況を知る手がかりを与えるものかも知れない。²⁰⁾

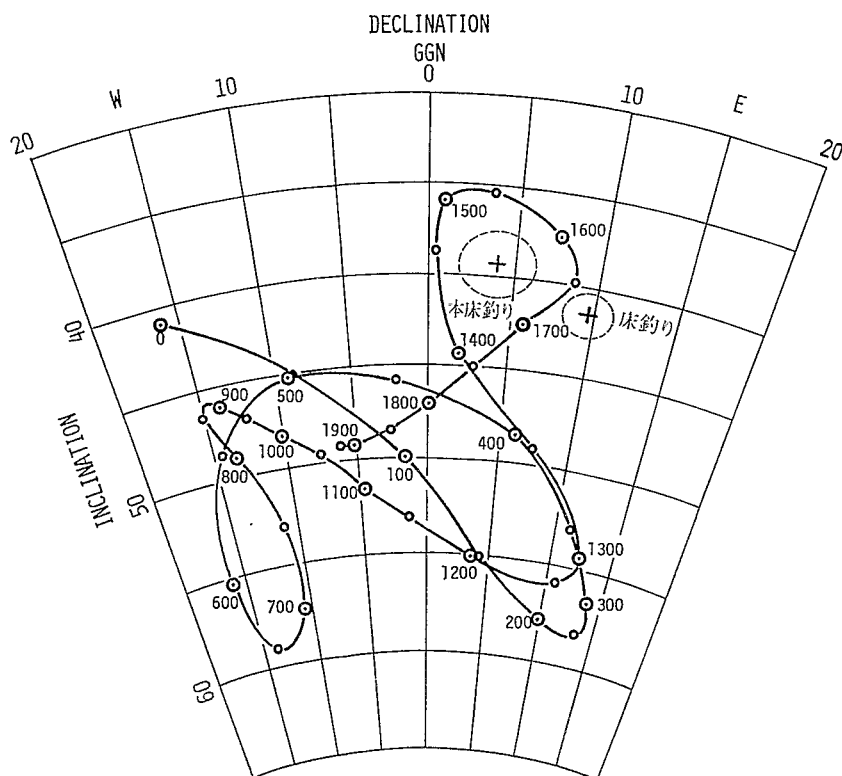


図13 地磁気永年変化図（広岡¹¹⁾）と朝日たたら遺跡の測定値

Fig. 13. Archeomagnetic secular variation curve¹¹⁾ and mean NRM directions of Asahi Tataru site.

朝日たたら炉の操業時期については古文書等に確実な記載がなく、わずかな手がかりからの推測によると、享保年間(1716～1735年)から宝暦年間(1751～1764年)に至る時期が1つ考えられている。²⁰⁾しかし、さらに遠く遡ることも考えられるようであり、正確な時期はわかっていない。現時点では、考古地磁気法による17世紀末の推定年代が正しいか否かの判定は留保せざるを得ない。もし上記の18世紀前半の操業が正しいとすれば、考古地磁気法による推定年代は数十年古く出たことになる。ただし、この推定値は地下構造構築時の年代であって、炉の操業あるいは廃業時期より少し古く出たとしてもおかしくはない。

一方、Imamiti³⁰⁾は伊能忠敬の偏角の観測値や17世紀以降日本各地で観測された偏角の古記録を用いて、それらを柿岡(36°14'N, 140°12'E)の値にひきなおし、柿岡における偏角の永年変化を求めている(図14)。図からわかるように、1700年の偏角は約7°東に偏り、1800年にはほとんど0°となり、

それ以後偏角は西にずれ始め、1900年には約5°西にずれている。17世紀から18世紀にかけて、柿岡と出雲地方との偏角のずれがどれ位であったかは不明であるが、本遺跡から得た偏角の値 ($D=4.0$ と $D=9.7$) は17世紀後半から18世紀前半のものと考えてはば間違いないものと思われる。

(2) 隠地たたら遺跡

本遺跡の3基の炉床から求めた偏角 D と伏角 I の値を地磁気永年変化図¹¹⁾にプロットしたのが図15である。それぞれの測定値から読みとれる推定年代は下記の通りである。

第1炉床 A. D. 1670 $\pm$ 30 第2炉床 A. D. 1340 $\pm$ 20 第3炉床 A. D. 1640 $\pm$ 40

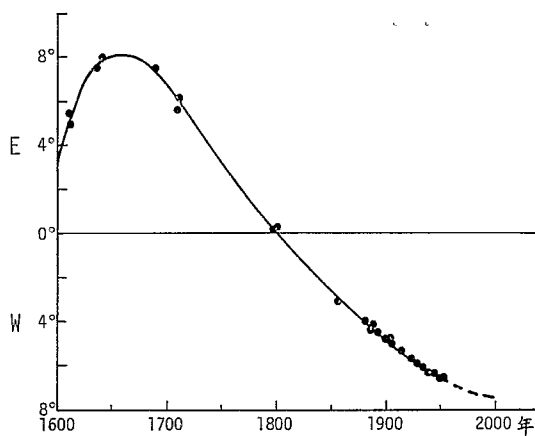


図14 Imamiti (1956) による柿岡での偏角永年変化

Fig. 14. Secular variation of declination at Kakioka.³⁰⁾

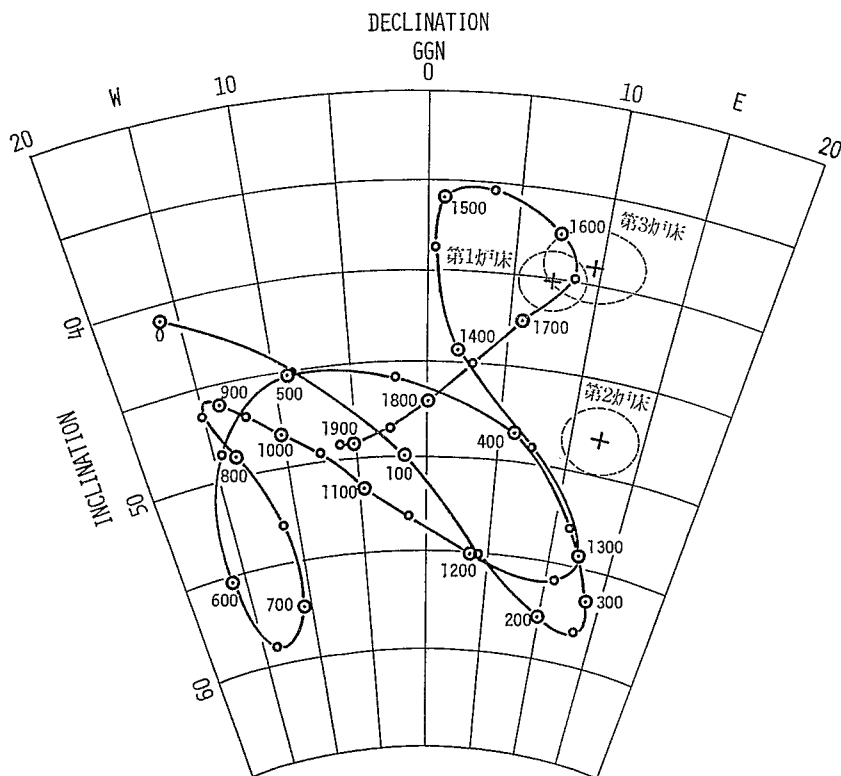


図15 地磁気永年変化図(広岡¹¹⁾)と隠地たたら遺跡の測定値

Fig. 15. Archeomagnetic secular variation curve¹¹⁾ and mean NRM directions of Onji Tatara site.

これら推定年代の妥当性は操業時期を記載する確実な資料が見当たらないので不明である。²²⁾ ただ発掘調査の結果判明している各炉床の構築順序は、上記の推定値が示す構築順序と一致している。

第1炉床の推定年代は A. D. 1670 $\pm$ 30 であるが、この炉床は高殿たたら初期の構造を示していること、²²⁾ そして高殿たたらは江戸時代中頃に完成されたこと^{19,31)}を考え合えると、この推定年代は妥当なものと考えられる。Imamiti³⁰⁾ による偏角の永年変化曲線（図14）とも矛盾していない。

第2炉床は第3炉床構築時に炉心部から北側半分が完全に切りとられ、そのあとに第3炉床の側溝が築かれている。従って、残っている第2炉床には、第3炉床構築時あるいは操業時の加熱の影響があったかも知れない。第2炉床の推定年代は A. D. 1340 $\pm$ 20 であるが、検討すべき余地が残されている。今後の課題であろう。

第3炉床の推定年代は A. D. 1640 $\pm$ 40 であり、17世紀中頃に構築されたことになる。松江藩は慶長17年（1612年）から寛永12年（1635年）まで、斐伊川水系でのたたら操業を禁止していたことを考えれば、²²⁾ この推定値は妥当なものかも知れない。

第2と第3炉床は共に高殿たたらへ発展する前段階の構造を示していると考えられているが、²²⁾ 考古地磁気法による第2炉床の推定値はこの推測と異なる年代を与えている。Imamiti³⁰⁾ の偏角永年変化曲線（図14）では、17世紀中頃の偏角は約 8° 東に偏り、最大のずれを示しているが、第3炉床の偏角 ($D=9.5^\circ$) はこの最大値に近い。しかし、第2炉床の偏角 ($D=12.2^\circ$) はより偏りが大きく、この時代を示す値ではない。

学習院大学木越研究室における本遺跡の ^{14}C 年代測定結果は下記の通りである。³²⁾

第1炉床 A. D. 1680

第2炉床 A. D. 1730

第3炉床 A. D. 1150

第1炉床の測定値は考古地磁気法による推定年代とはほぼ完全に一致しているが、第2及び第3炉床の測定値は大きくくい違った値となっている。

(3) 泉原たたら遺跡

本遺跡の年代測定に用いた NRM 方向は本床東側壁内側のデーターを除いた残りの平均値である。図16は永年変化図¹¹⁾に測定値（＋印）をプロットしたものである。図から読みとれる推定年代は新しいものから、

A. D. 1780 $\pm$ 25, A. D. 1380 $\pm$ 15, A. D. 425 $\pm$ 15

である。

この炉は発掘調査の結果、江戸時代中頃以降に構築・操業していたものと推測されているので、A. D. 1380 $\pm$ 15 と A. D. 425 $\pm$ 15 の推定値は除外する。炉床の形態からみても、古墳時代や中世のものとは考えられないからである。従って、本遺跡の考古地磁気法による推定年代は A. D. 1780 $\pm$ 25

で18世紀末となる。

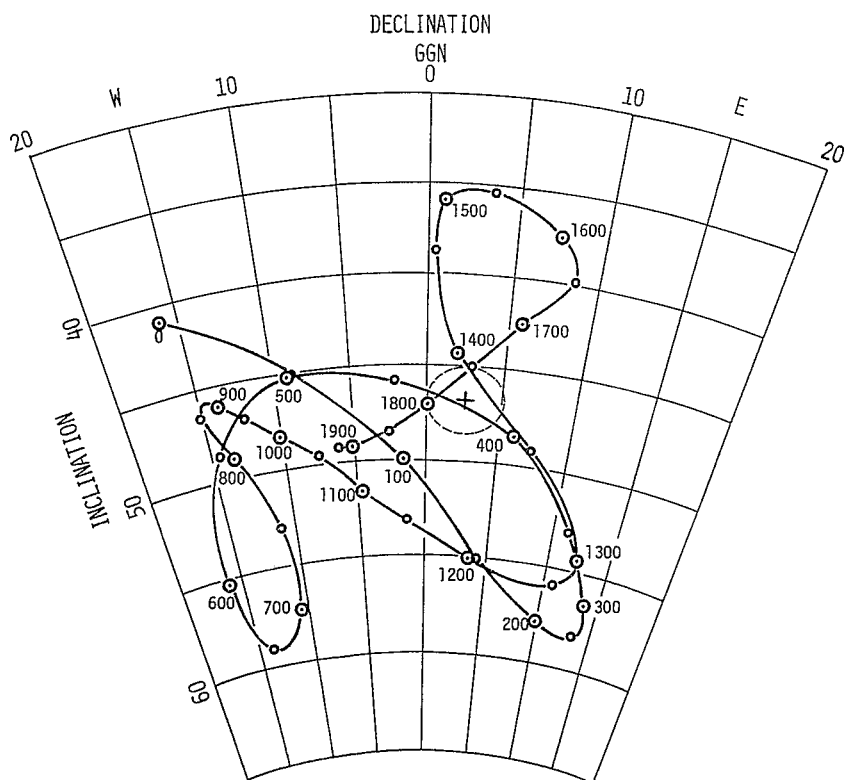


図16 地磁気永年変化図（広岡¹¹⁾）と泉原たたら遺跡の測定値

Fig. 16. Archeomagnetic secular variation curve¹¹⁾ and mean NRM direction of Izumihara Tatara site.

(4) 今田たたら遺跡

本遺跡の NRM は、試料採取場所に関係なく、すべて一定の方向を示していたので、年代推定には全試料の平均値 ($D=1.3^\circ$, $I=47.2^\circ$) を用いることにした。永年変化図¹¹⁾ にその平均値 (+印) をプロットしたのが図17である。推定年代は下記の通りである。

A. D. 1790 ± 20 , A. D. 1380 ± 15 , A. D. 430 ± 10

この場合も3つの値が得られるが、炉床の構造からそれ程古い時代のもとは考えられないので、A. D. 1380 ± 15 と A. D. 430 ± 10 の推定値は除外すると、この炉も泉原たたらと同じく、18世紀末に構築され操業していた可能性が高い。

一方、広瀬藩の家老の古文書には、広瀬藩は天保年間(1830~1843年)以降たたら操業を行っていない、と記載されているとのことである(竹中哲氏、私信)。これが事実であったとすれば、この地域での製鉄操業は天保年間以前ということになり、上記の考古地磁気推定年代が妥当なものとなる。

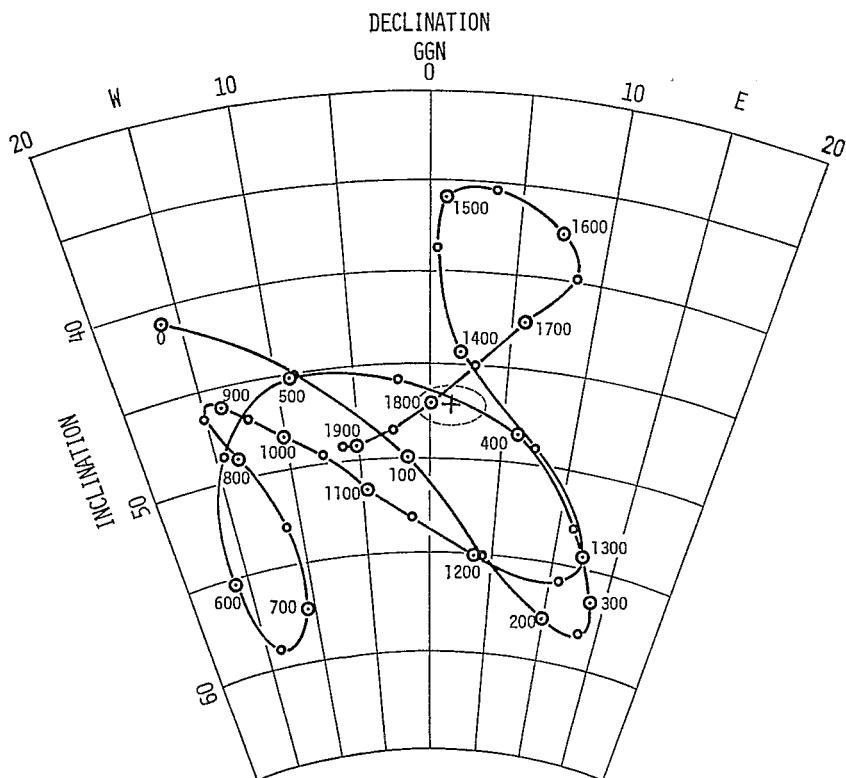


図17 地磁気永年変化図（広岡¹¹⁾）と新宮谷たたら遺跡の測定値

Fig. 17. Archeomagnetic secular variation curve¹¹⁾ and mean NRM direction of Imada *Tatara* site.

他方、Hoyanagi³³⁾ は伊能忠敬の作成した日本地図が東北日本以北と九州南部において、著しいずれを示していることに着目した。伊能忠敬は1802年、江戸での偏角がほぼ 0° であったことから、偏角が場所によって変化することに気づかず、方位決定に磁針を用い偏角の補正をしなかった。従って、伊能忠敬の地図には偏角分だけのずれが生じたものと Hoyanagi は考えた。そのずれの大きさはその当時の偏角を表していると考えることができる。このようにして、Hoyanagi は日本列島における1800年初めの地磁気偏角図を作成した。この偏角図にしたがうと、1800年初めの出雲地方の偏角はわずかに西にずれていたことになる。

Hoyanagi³³⁾ の結果と Imamiti³⁰⁾ の偏角曲線を組み合わせると、出雲地方の偏角がわずかに東にずれていたのは18世紀後半と考えられる。ここでは、伏角は不明なのでもちろん考えにいられていない。

このような偏角の古記録や広瀬藩家老の古文書を参考にすると、今田たたら操業時期は考古地磁気法による推定年代、18世紀後半と考えてほぼ間違いないものと思われる。

(5) 石神たたら遺跡

台形状炉床の3つの面から得られたNRM方向はほぼ一致していたので、その平均値を用いて年代

を推定する。図18は永年変化図¹¹⁾に平均方向（+印）をプロットしたものである。図から

A. D. 1350 $\pm$ 20, A. D. 390 $\pm$ 20

の2つの推定年代が得られる。

本遺跡については、参考になる文献資料は見出されていない。しかし、発掘調査の結果、この炉の操業時期は江戸時代まで下ることはなく、中世のものと考えられている。²⁴⁾ A. D. 390 $\pm$ 20 の推定値は調査結果と合わないので除外すれば、この炉の推定操業年代は A. D. 1350 $\pm$ 20 となり、14世紀中頃ということになる。

石神遺跡については、熱ルミネッセンス法と ¹⁴C による年代測定が別々に行なわれ、報告されている。^{34, 35)} 熱ルミネッセンス法による年代測定は奈良教育大学の市川³⁴⁾ によって行なわれ、炉床底面の試料で B. P. 624 (A. D. 1360), 炉床側面の試料で B. P. 630 (A. D. 1354) の値が得られている。これらの測定値は共に14世紀中頃を示し、考古地磁気法による推定年代ともよく一致している。他方、京都産業大学の山田・小橋川³⁵⁾ は木炭置場から出土した木炭試料を用いて ¹⁴C による年代測定を行なっている。その結果によると、SC 06 の試料が B. P. 460 $\pm$ 20, SC 07 の試料が B. P. 490 $\pm$ 20 の

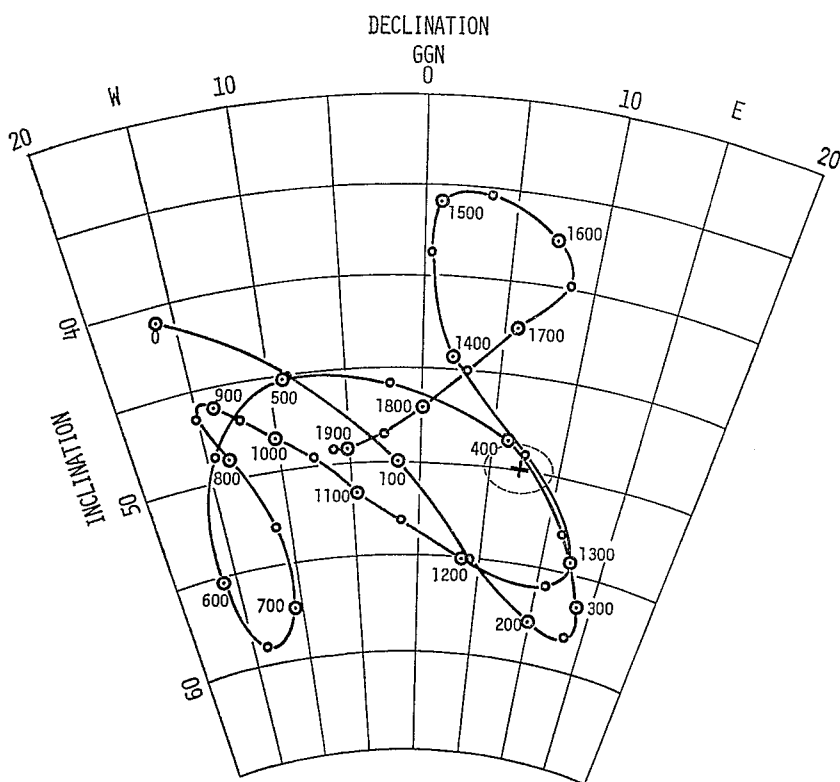


図18 地磁気永年変化図（広岡¹¹⁾）と石神たたら遺跡の測定値

Fig. 18. Archeomagnetic secular variation curve¹¹⁾ and mean NRM direction of Ishigami Tatara site.

年代値を与えている。この測定値は熱ルミネッセンス法や考古地磁気法によるそれと少し異なり、この炉がより新しい時代に操業していたことを示唆している。

6. ま と め

島根・広島両県下5カ所の近世たたら遺跡の NRM 測定結果から、まとめとして次のいくつかの点が指摘できると考えられる。

- (1) 近世たたら炉床には、乾燥作業段階で強く焼きしめられた焼土が必ず存在する。このような焼土の NRM は強く安定であり、凹んだり傾いたりしていなければ、場所に関係なくどこにあってほぼ一定の方向をもっている。これは炉床構築時の地磁気の方に焼土が一様に磁化していることを示している。
- (2) 本床は操業中くり返し加熱される場所であるが、この再加熱による再磁化では NRM 方向は変化していない例が多い。これは短期間では地磁気の変動はそれ程大きくないことを示唆している。
- (3) 再加熱時に NRM 方向が大きく変化した例として、泉原たたら本床東側壁内側の NRM 方向が挙げられる。加熱時に焼土に接して鉄塊があれば、焼土は鉄塊の2次磁場と地磁気のベクトル和の方向に磁化される。泉原たたらの偏りの大きい NRM 方向はこうにして鉄塊の影響下で生じたものと考えられる。このような例は稀ではあるが、皆無ではないので注意を要する。
- (4) 長期間操業した炉や廃絶後しばらくして操業を再開した炉では、構築時の焼土が再加熱される機会が多くなり、その範囲も広がるはずである。このような炉床では構築時の焼土と再加熱された焼土を注意深く採取し、それら NRM 方向の間に違いがあるかを確かめなければならない。長期間操業した炉では、地磁気の永年変化の影響が出てくるからである。朝日たたらの場合がその1例と考えられる。
- (5) 各遺跡の推定年代は、間接的ではあるが、文献資料等による時代考証とも矛盾していないので、島根・広島両県下では、広岡^{10,11)}の14世紀以降の地磁気永年変化曲線は比較的よい精度で利用できるし、信頼性はかなり高いと考えられる。

謝 辞

今回の考古地磁気試料採取においては、島根県文化財保護指導委員杉原清一氏、島根県教育庁文化課の勝部昭氏、佐田町教育委員会、横田町教育委員会、頓原町教育委員会の方々、広瀬町立歴史民俗資料館の竹中哲氏、広島県埋蔵文化財調査センターの道上康仁氏等に種々お世話になり便宜をはかっていただいた。また、炉床の構造や遺跡に関する資料等についてもいろいろ御教示していただいた。上記の方々に心から御礼を申し上げる。

参 考 文 献

- 1) E. Thellier and O. Thellier (1959) Sur l'intensité du champ magnétique terrestre dans le passé historique et géologique. *Ann. Geophys.* 15 : 285—376.
- 2) M. J. Aitkin, M. R. Harold and G. H. Weaver (1964) Some archaeomagnetic evidence concerning the secular variation in Britain. *Nature* 201 : 659—660.
- 3) V. Bucha, R. E. Taylor, R. Berger and E. W. Haury (1970) Geomagnetic intensity : changes during the past 3000 years in the western hemisphere. *Science* 168 : 111—114.
- 4) M. G. Kovacheva and V. B. Nacheva-Kalcheva (1975) First results of archaeomagnetic investigation of prehistoric site in Bulgaria. *C. R. Acad. Sci. Paris* 166 : 919—921.
- 5) R. L. DuBois and N. Watanabe (1965) The use of Indian Pottery to determine the paleointensity of the geomagnetic field for United States 600—1400 A. D. *J. Geomag. Geoelectr.* 17 : 417—423.
- 6) S. P. Burlatskaya (1983) Archaeomagnetic investigations in the USSR, "Geomagnetism of Baked Clays and Recent Sediments" (ed. K. M. Creer et al.). Elsevier : 127—137.
- 7) 渡辺直経(1958) 地磁気年代学. 科学, 28巻, 1月号 : 24—28.
- 8) N. Watanabe (1959) The direction of remanent magnetism of baked earth and its application of chronology for anthropology and archaeology in Japan. *J. Fac. Sci. Univ. Tokyo Sect. V.* 2 : 1—188.
- 9) N. Kawai, K. Hirooka, S. Sasajima, K. Yaskawa, H. Ito and S. Kume (1965) Archaeomagnetic studies in southwestern Japan. *Ann. Geophys.* 21 : 574—577.
- 10) K. Hirooka (1971) Archaeomagnetic study for the past 2000 years in Southwest Japan. *Mem. Fac. Sci. Kyoto Univ. Ser. Geol. Mineral.* 38 : 167—207.
- 11) 広岡公夫(1977) 考古地磁気および第四紀古地磁気研究の最近の動向. 第四紀研究, 15巻 : 200—203.
- 12) K. M. Creer, P. Tucholka and C. E. Barton (editors) (1983) "Geomagnetism of Baked Clays and Recent Sediments". Elsevier : 324.
- 13) 広岡公夫(1978) 考古地磁気法による年代決定. 「自然科学の手法による遺跡・古文化財等の研究」 昭和52年次報告書 : 53—65.
- 14) 伊藤晴明・時枝克安(1982) 内ヶ磯窯跡の科学的な年代測定について. 「古高取内ヶ磯窯跡」 直方市文化財調査報告書, 第4集 : 145—155.
- 15) 伊藤晴明・時枝克安(1983) 宅間窯跡の考古地磁気学的方法による年代推定. 「永満寺宅間窯跡」 直方市文化財調査報告書 第5集 : 45—54.

- 16) 伊藤晴明・時枝克安(1984) 菜園場窯跡の考古地磁気法による年代測定. 北九州市埋蔵文化財調査報告書(印刷中).
- 17) 土佐雅彦(1981) 日本古代製鉄遺跡に関する研究序説. たたら研究 24号 : 12—34.
- 18) たたら製鉄復元計画委員会報告(1971) 「たたら製鉄の復元とその鋸について」. 日本鉄鋼協会 : 137.
- 19) 窪田蔵郎(1983) 「製鉄遺跡」. 考古学ライブラリー15 ニュー・サイエンス社 : 113.
- 20) 朝日鋸跡発掘調査報告書(1983) 「朝日鋸」 佐田町教育委員会.
- 21) 斉藤元良(1981) 「鉄の歴史漫歩」. 新日本鑄鍛造協会 : 244.
- 22) 隠地・鋸垣内製鉄遺跡調査報告(1983) 「隠地・鋸垣内製鉄遺跡」 横田町教育委員会.
- 23) 「新宮谷遺跡」第2次発掘調査概要(1983) 広瀬町教育委員会.
- 24) 「石神製鉄遺跡」(1984) 広島県埋蔵文化財調査センター(印刷中).
- 25) 土井作治(1983) 近世たたら製鉄の技術. 「採鉱と冶金」講座・日本技術の社会史 第5巻 : 69—103.
- 26) S. Sasajima and K. Maenaka (1966) Intensity studies of the archaeosecular variation in West Japan, with special reference to the hypothesis of the dipole axis rotation. Mem. Sci. Univ. Kyoto Ser. B. Geol. Mineral. 23 : 53—67.
- 27) K. Kitazawa (1970) Intensity of the geomagnetic field in Japan for the past 10000 years. J. Geophys. Res. 75 : 7403—7411.
- 28) 時枝克安(1980) 考古磁場強度法(Archaeointensity法)による古陶磁の年代決定, 「考古学・美術史の自然科学的研究」. 古文化財編集委員会 日本学術振興会 : 97—98.
- 29) 広岡公夫(1972) 西南日本の地磁気永年変化. 海洋科学 4巻 : 555—563.
- 30) S. Imamiti (1956) Secular variation of the magnetic declination in Japan. Mem. Kakioka Mag. Obs. 7 : 49—55.
- 31) 飯田賢一(1982) 「日本人と鉄」. 有斐閣選書 : 279.
- 32) 木越邦彦(1983) 放射性炭素年代測定結果報告書. 「隠地・鋸垣内製鉄遺跡」 横田町教育委員会 : 32.
- 34) M. Hoyanagi (1967) Re-application of Ino's maps, the first map of Japan based on actual survey. Geogr. Rep. Tokyo Metropolitan Univ. No. 2 : 147—162.
- 34) 市川米太(1984) 「石神製鉄遺跡」. 広島県埋蔵文化財調査センター(印刷中).
- 35) 山田治・小橋川明(1984) 「石神製鉄遺跡」. 広島県埋蔵文化財調査センター(印刷中).

Archeomagnetic dating of *Tatara* furnace sites.

Haruaki ITO and Katsuyasu TOKIEDA

Department of Physics, Faculty of Science, Shimane University, Matsue 690, Japan

Hirooka^{10, 11)} constructed a archeomagnetic secular variation curve for the past 2000 years in Southwest Japan. It seems that the archeomagnetic secular variation curve can be used to date baked clays uncovered at archeological sites with good accuracy, particularly in the Tokai, Kinki and Chugoku areas of Southwest Japan. Therefore, it is very useful to date kilns, furnaces or hearths of unknown age using archeomagnetic method.

We measured the natural remanent magnetization (NRM) of 239 baked clay samples collected from five *Tatara* furnace sites unearthed in Shimane and Hiroshima Prefecture, and estimated ages of each furnace using the Hirooka's archeomagnetic curve. Results of measurements are as follows :

- | | |
|----------------------------------|----------------------|
| (1) Asahi <i>Tatara</i> site | |
| Hondoko-tsuru | A. D. 1690 $\pm$ 30 |
| Toko-tsuru | A. D. 1670 $\pm$ 25 |
| (2) Onji <i>Tatara</i> site | |
| a) 1st furnace | A. D. 1670 $\pm$ 30 |
| b) 2nd furnace | A. D. 1340 $\pm$ 20 |
| c) 3rd furnace | A. D. 1640 $\pm$ 40 |
| (3) Izumihara <i>Tatara</i> site | A. D. 1780 $\pm$ 25 |
| (4) Imada <i>Tatara</i> site | A. D. 1790 $\pm$ 20 |
| (5) Ishigami <i>Tatara</i> site | A. D. 1350 $\pm$ 20. |

Reliable records which suggested ages of these *Tatara* furnaces are not found, but a few indirect documents on iron-making operations in this area seem to give support to the archeomagnetic dating described above. Dates obtained by the thermoluminescence technique of the Ishigami *Tatara* site show the close agreement with date by the archeomagnetic technique. However, values dated by the radiocarbon dating method are not consistent with values by the archeomagnetic method. The radiocarbon results obtained for charcoal samples of the Asahi and Onji *Tatara* sites also showed different values from the archeomagnetic dating, except for an example of the 1st furnace of the Onji *Tatara* site.