

# 窯跡の $^{14}\text{C}$ 年代と考古地磁気年代の比較

中村俊夫<sup>1\*</sup>・酒井英男<sup>2</sup>・広岡公夫<sup>3</sup>

1) 名古屋大学年代測定総合研究センター; 2) 富山大学理学部; 3) 大谷女子大学文学部

(\*連絡先: e-mail:nakamura@nendai.nagoya-u.ac.jp; Phone:052-789-3082)

## 1. はじめに

古地磁気による年代測定法は地磁気を記憶している様々な試料に適用できる可能性があるが、放射性同位体の規則的な放射壊変を精密な時計として利用する放射年代測定法、例えば放射性炭素 ( $^{14}\text{C}$ ) を用いる  $^{14}\text{C}$  年代測定法とは大きく異なる。放射年代測定法では、放射性同位体の減少量あるいは娘同位体の増加量が測定され、その測定量が試料の年代として数値で換算される。一方、古地磁気法では、過去の地磁気の変動とその年代との組み合わせを精密に調べて、古地磁気一年代のカタログを作成しておく。試料について測定された地磁気データ（地磁気強度の絶対値、偏角、伏角など）を過去の地磁気データカタログと照らし合わせて、それらが最も一致する箇所を探し出して、試料の年代を推定する間接的な年代測定法である。すなわち、古地磁気法では、地磁気強度の値がそのまま年代値に換算されるわけではない。

従って、古地磁気による年代測定法が一般的に利用できる為には、過去の地球磁場一年代の標準パターンカタログを如何に精密に確立しておくかがキーポイントになる。このためには、過去の地磁気を記憶しているもので、しかも地磁気を記憶した年代が明確な試料について、できるだけ多くの地磁気データを集めることである。地磁気データを収集する過程で、古地磁気を記録している試料の年代値を精度よく決定する一つの方法として  $^{14}\text{C}$  年代測定法が利用される事になる。

近年、放射性炭素( $^{14}\text{C}$ )年代測定法は、加速器質量分析 (AMS: accelerator mass spectrometry) 技術の急発展にともなって、ごく少量の資料を用いて、高精度の年代測定を可能にした。このため、歴史時代の資料に適用される機会が増え、また、得られた  $^{14}\text{C}$  年代は資料の暦年代と比較が期待される。もちろん、資料中の  $^{14}\text{C}$  残存量 ( $^{14}\text{C}$  濃度) から算出される  $^{14}\text{C}$  年代は、そのままでは資料の暦年代とは比較できない。幾つかの仮定のもとに算出される  $^{14}\text{C}$  年代は、暦年代に対して歪みを持つ年代軸しか提供できないことが知られている。 $^{14}\text{C}$  年代を利用するには、年輪年代が確定された樹木年輪について測定された  $^{14}\text{C}$  年代のデータセットを用いて、 $^{14}\text{C}$  年代から暦年代へ換算される必要がある (中村、1999)。すなわち、現在世界的に使われている

INTCAL98 データセット ( $^{14}\text{C}$  年代-暦年代較正データセット、Stuiver et al, 1998) あるいは INTCAL04 データセットである。ここでは、こうして  $^{14}\text{C}$  年代測定から得られた暦年代と考古地磁気年代とを比較する。比較試料は、石川県鳳至郡能都町本木樟谷製炭窯跡群および兵庫県三原郡淡路国分寺瓦窯跡から採取された木炭および焼土である。

## 2. 地磁気の化石と地磁気年代推定法

地磁気年代推定法については、広岡ほか (2003) から引用して、概要を以下に示す。

土の中に含まれている鉄酸化物は、磁石になる性質を持つ。これらは磁性鉱物と呼ばれ、磁鉄鉱 ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ )、赤鉄鉱 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )、鉄酸化物に少量のチタンが混ざったチタン磁鉄鉱 ( $(\text{Fe,Ti})_3\text{O}_4$ )、チタン赤鉄鉱 ( $(\text{Fe,Ti})_2\text{O}_3$ ) などからなり、1~3%程度含まれている。

磁性鉱物の温度を上げていくと、ある温度に達すると、さきにかけていた磁化強度が急激に減少し、ついには磁化を完全に失う。この温度をキュリー点という。キュリー点は、それぞれの磁性鉱物の種類で異なり、固有の温度となる。磁鉄鉱では  $578^\circ\text{C}$ 、赤鉄鉱では  $670^\circ\text{C}$  であり、これらの鉱物にチタンが混ざる場合、チタンの量が増えるとキュリー点は低下する。

キュリー点以上の高温で磁性を失った状態から温度が下がってくると、キュリー点の温度になった瞬間に磁化を持つことが出来るようになる。そのときに地球上で獲得する磁化の方向は、作用している地球磁場と同じ方向になり、磁場強度もそのときの磁場強度に比例する。この様にして獲得された磁場を熱残留磁化 (thermoremanent magnetization; TRM) という。陶磁器窯跡や製炭窯跡のような焼土遺構は、窯が使われ、土が焼かれた当時の地磁気の方向と強さを熱残留磁化の形で記憶している。従って、焼土の有する残留磁化は“地磁気の化石”といえる。

さて、地球磁場 (ベクトル量であり、絶対値と方向を有する。磁場の強度、偏角 (地図の真北から地平面上での東西方向へのズレの角度)、伏角 (地平面から下向きあるいは上向きの角度) で表示される) は、地磁気永年変化と呼ばれる時間変化をしているために、時代が異なると違った値を示す。従って、焼かれた時代が異なると、焼土の持つ熱残留磁化の値も違ってくる。考古学的な遺構や遺物が有する残留磁化を測定して、過去の地磁気の様子を明らかにする研究を考古地磁気学といい、これまで多数の遺構について測定がなされている。

北陸・東海地方から九州北部に至る西南日本各地の遺跡の考古地磁気学的測定により、過去 2000 年間の西南日本の考古地磁気永年変化が明らかにされている (Hirooka, 1971; 広岡, 1977; Hirooka, 1996)。また、最近では北陸地方のデータが蓄積され、11 世紀を除く 6 世紀から 16 世紀までについては、北陸版の考古地磁気永年変化曲線が描けるようになっている (広岡, 1989; 1996)。

このように、遺構の残留磁化データを、標準となる考古地磁気永年変化曲線と対照・照合す

ることにより、遺構が使われた年代を推定することができる。これが考古地磁気年代推定法の原理である。対照する考古地磁気永年変化曲線が異なれば推定年代値も違ったものになる場合があるので、注意を要する。

### 3. 能都町本木樟谷製炭窯跡の古地磁気年代と<sup>14</sup>C年代

石川県鳳至郡能都町と穴水町とにまたがって所在する本木樟谷製炭窯跡群の調査発掘が、リゾート開発に伴って平成5～6（1995～1996）年に行われた。この発掘に先立って、平成2～3（1992～1993）年度に炭窯跡の分布調査が行われており、地下式黒炭窯、製炭窯跡、半地下式白炭窯、半地下式黒炭窯などの炭窯跡が合計622基確認されている（能都町教育委員会、2003）。本遺跡の所在する一帯は、古くから炭焼きが行われていたとされる。能登半島は古代から鉄の産地として知られており、製鉄に必要な木炭を供給するために製炭が行われていたと考えられている。

平成5～6（1995～1996）年の発掘調査の際に、製炭窯跡遺跡にて採取され保存されていた木炭について、名古屋大学タンデム加速器質量分析計を用いて放射性炭素（<sup>14</sup>C）年代測定を行った（中村、2003）。また、富山大学の考古地磁気研究グループは、平成6（1996）年8月と9月に、総計23基の窯跡から焼土試料を採取した（広岡ほか、2003）。

表1に<sup>14</sup>C年代測定の結果及び<sup>14</sup>C年代を較正した暦年代を示す。広岡ほか（2003）は、23基の窯跡の焼土を測定しているが、そのうちで、<sup>14</sup>C年代測定結果を有する窯跡であるC1-1C窯跡について、測定された結果は、以下のようにまとめられている。なお考古地磁気推定年代推定には、図1に示す北陸版永年変化及び西日本版永年変化を用いている。

#### 考古地磁気推定年代（C1-1C窯跡）

北陸版永年変化を用いた場合：AD1300+140/-90

西日本版永年変化を用いた場合：AD1250+95/-65

図2に示すように、得られた<sup>14</sup>C年代をINTCAL98データセットと比較すると、6本の木炭の伐採年代として可能性の高い範囲は、AD1250～AD1310の間におさまる。これは、考古地磁気による推定年代と良く一致している。

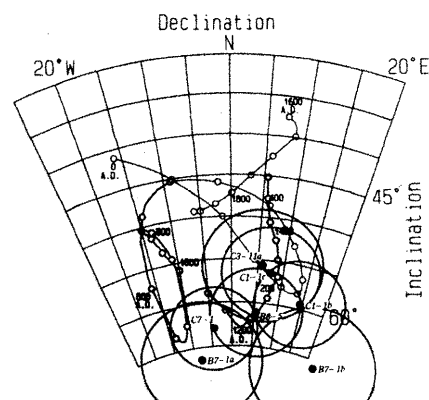
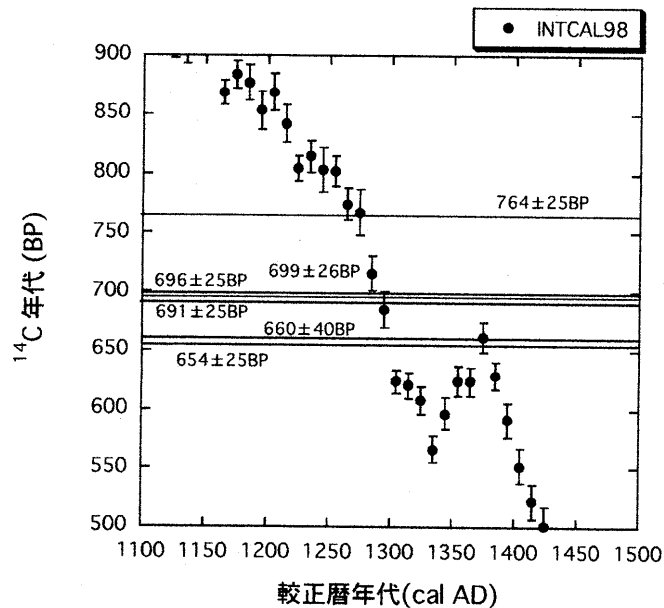


図1 北陸版古地磁気永年変化

表1 石川県鳳至郡能都町の本木樟谷製炭窯跡群の製炭窯跡から出土した木炭の AMS<sup>14</sup>C 年代測定の結果

番号	木炭試料の番号	試料産出場所 (Depth, m)	木炭試料のおおよその直径 (cm)	$\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ (‰)	<sup>14</sup> C age (BP)	<sup>14</sup> C 年代を暦年代に較正した年代 (Stuiver et al,1998) * 上段: 暦年代較正值 下段: $\pm 1\sigma$ の暦年代範囲 (probability)	Lab. code No. (NUTA2-)
1	C1-1C-0 炭溜まり	製炭窯跡外の野積み木炭	4	-25.9	654 $\pm$ 25	cal AD 1300, 1373, 1377 cal AD 1295-1308 (29.9%) cal AD 1354-1387 (70.1%)	4877
2	C1-1C-76	製炭窯跡内	12	-29.4	660 $\pm$ 40	cal AD 1299, 1375 cal AD 1290-1316 (41.9%) cal AD 1353-1388 (58.1%)	5280
3	C1-1C-107	製炭窯跡内	8	-30.0	699 $\pm$ 26	cal AD 1290 cal AD 1280-1299 (97.1%)	4878
4	C1-1C-160	製炭窯跡内	8	-26.3	764 $\pm$ 25	cal AD 1276 cal AD 1250-1255 (7.0%) cal AD 1255-1283 (93.0%)	4879
5	C1-1C-260	製炭窯跡内	10	-27.0	691 $\pm$ 25	cal AD 1293 cal AD 1282-1300 (87.6%) cal AD 1373-1377 (12.4%)	4880
6	C1-1C-357	製炭窯跡内	5	-26.5	696 $\pm$ 25	cal AD 1291 cal AD 1281-1299 (96.8%)	4882

図2 木炭試料の<sup>14</sup>C年代と<sup>14</sup>C年代-暦年代較正データ (INTCAL98) との比較

図中の6本の横線は、6個の木炭試料の<sup>14</sup>C年代値を指す。INTCAL98較正データとの交点を垂直に下ろした横軸との交点が、試料の最も確からしい暦年代を示す。<sup>14</sup>C年代の誤差を考慮すると、6個の木炭試料の暦年代はAD1250～AD1310の間におさまる。

#### 4. 淡路国分寺瓦窯跡遺跡の2号瓦窯跡の古地磁気年代と<sup>14</sup>C年代

淡路国分寺瓦窯跡遺跡（三原町教育委員会，2004）の2号瓦窯跡において、焚き口の南の前庭部にある土坑（170番、南北幅1.3m、東西幅3.5m）内には、瓦を主とする遺物に混じり、西端に集中して瓦焼きの燃料に使われた木炭が堆積していた。この堆積層の底部から数cm角の木炭のかげら数点が採取され、2つのプラスチックバッグ（BN-412, BN-429）に入れられ、<sup>14</sup>C年代測定のために名古屋大学に送付された。

木炭片試料2点の<sup>14</sup>C年代は、表2に示されるように、 $1175 \pm 32$  BP 及び  $1163 \pm 33$  BP と得られた（中村，2004）。INTCAL98 較正データセットを用いて、この<sup>14</sup>C年代を暦年代へ較正した結果を表2に示す。暦年代は、<sup>14</sup>C年代値が、<sup>14</sup>C年代値-暦年代較正曲線と交わる点の暦年代値、および真の年代が入る可能性が高い暦年代範囲で示す。また、真の年代が、表示されたすべての範囲のどれかに入る確率が68%（ $\pm 1\sigma$ ）である。年代範囲の後に示された確率は、68%のうちで、さらに特定の年代範囲に入る確率を示す。また、得られた<sup>14</sup>C年代をINTCAL98較正データと比較して図3に示す。表2及び図3から木炭片の<sup>14</sup>C年代から推定される暦年はAD781～AD955の間と推察される。<sup>14</sup>C年代値が、AD780～AD880、AD880～AD960のそれぞれの暦年代区間でほぼ一定値を示す（図3）ために、一つの<sup>14</sup>C年代値に対応する暦年代範囲の幅が広がっている。

一方、森永（2004）によると、国分遺跡2号窯跡で検出された焼土の考古地磁気年代測定結果として、

上位焼土：おおよそAD1075頃（可能性の範囲は、AD475-575頃, AD775-875頃, AD1025-1055頃）

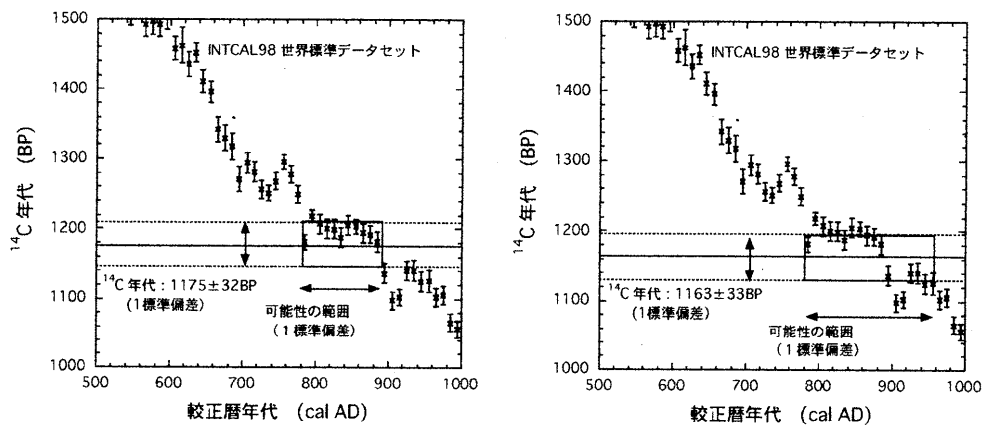
下位焼土：おおよそAD1050頃（可能性の範囲は、AD525-550頃, AD775-875頃, AD1025-1055頃）

と得ている。

淡路国分寺の創建年代はAD756からAD775と推定されている（三原町教育委員会，2004）。発掘された瓦窯跡が国分寺の創建に使われた瓦を焼いたものであれば、燃料に用いられた木炭は、創建年代と同時代かあるいは樹木の生育年分だけ古い年代を示すはずである。一方、<sup>14</sup>C年代測定結果から、木炭の暦年代はAD781～AD955の間と推察され、創建年代よりも若くなる。従って、木炭片の<sup>14</sup>C年代測定結果から、（1）同窯跡にて国分寺の創建に使われた瓦が焼かれたものすると、創建年代は8世紀の第4四半期ごろ以降と考えられる、あるいは、（2）国分寺成立後に、補修に使われる瓦を焼くために用いられた窯である可能性が示唆される。また、考古地磁気年代推定法の結果も、可能性の範囲としてAD775-875頃があげられているが、明確な結論は得られていないようである。今後の歴史学的検討を待ちたい。

表2 兵庫県三原郡淡路国分寺瓦窯跡から採取された木炭片の<sup>14</sup>C年代測定の結果

試料番号	試料採取地区	試料物質	$\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ (permil)	<sup>14</sup> C age (BP)	<sup>14</sup> C年代の較正暦年代(Stuiver et al,1998) * 上段: 暦年代較正值 下段: $\pm 1\sigma$ の暦年代範囲 (probability)	測定番号 (NUTA2-)
1	国分寺 14 BN-412	木炭片	-26.8 $\pm$ 1.0	1175 $\pm$ 32	Cal AD 886 Cal AD 781-792 (11.6 %) Cal AD 805-893 (88.4 %)	8023
2	国分寺 14 BN-429	木炭片	-25.1 $\pm$ 1.0	1163 $\pm$ 33	Cal AD 889 Cal AD 782-790 (7.6 %) Cal AD 813-843 (24.0 %) Cal AD 858-898 (39.0 %) Cal AD 921-945 (22.8 %) Cal AD 946-955 (6.6 %)	8262

図3 得られた<sup>14</sup>C年代とINTCAL98較正データとの比較

木炭片の<sup>14</sup>C年代から暦年はAD781~AD955の間と推察される。

## 5. まとめ

最近始めた、考古地磁気と<sup>14</sup>C年代測定の共同調査研究の例として、最近の研究成果を紹介した。2例とも、既に報告済みの結果であるが、研究の内容を理解して頂けたものとする。2つの全く異なった独自の方法で、考古遺跡や文化財の年代推定を行うことで、正確度がより高い年代推定をめざすことができる。

中世の窯跡や木炭窯跡は多数の発掘報告がある。今後、急速に比較研究の事例を増やすことが出来るものと期待する。

## 謝辞

本研究の研究費の一部には、平成 17 年度科学研究費補助金特定領域研究 (2)、研究課題名：中世都市遺跡の電磁気調査と  $^{14}\text{C}$  年代法による編年の研究 (課題番号：15068206)、研究代表者：富山大学理学部酒井英男、を使用した。

## 参考文献

- 中村俊夫 (1999) 放射性炭素法. (長友恒人, 編) 考古学のための年代測定学入門. 古今書院. p.1-36.
- 中村俊夫 (2001) 放射性炭素年代測定とその高精度化. 第四紀研究, 40(6), 445-459.
- 中村俊夫 (2003) 石川県鳳至郡能都町の本木樟谷製炭窯跡群の製炭窯跡から出土した木炭の AMS  $^{14}\text{C}$  年代. 本木樟谷製炭窯跡群ービッグフォーレストリゾート開発事業に伴う発掘調査報告書, 能都町教育委員会, 306-311.
- 中村俊夫 (2004) 国分遺跡 170 (土坑) 出土炭化材の放射性炭素年代測定結果. 国分遺跡発掘調査報告書ー淡路国分寺瓦窯の調査, 三原町教育委員会, 31-33.
- 能都町教育委員会 (2003) 本木樟谷製炭窯跡群ービッグフォーレストリゾート開発事業に伴う発掘調査報告書. 能都町教育委員会, pp327.
- Kimio Hirooka (1971) Archaeomagnetic study for the past 2,000 years in Southwest Japan. *Memoirs of Faculty of Science, Kyoto University, Series of Geology & Mineralogy*, vol. 38, 167-207.
- 広岡公夫 (1977) 考古地磁気および第四紀考古地磁気研究の最近の動向. 第四紀研究, vol.15, 200-203.
- 広岡公夫 (1989) 古代手工業生産遺跡の自然科学的考察ー考古地磁気学, 古地磁気学の立場からー. 「北陸の古代手工業生産」, 北陸古代手工業生産史研究会編, 真陽社, 225-284.
- Kimio Hirooka (1991) Quaternary paleomagnetic studies in Japan. *The Quaternary Res.* (第四紀研究), vol.30, 151-160.
- 広岡公夫 (1997) 北陸における考古地磁気研究. 「中・近世の北陸ー考古学が語る社会史ー」北陸中世土器研究会編, 桂書房富山, 560-583.
- 広岡公夫・田中彰子・青山 修 (2003) 能都町本木樟谷製炭窯跡の考古地磁気年代. 本木樟谷製炭窯跡群ービッグフォーレストリゾート開発事業に伴う発掘調査報告書, 能都町教育委員会, 290-305.
- 三原町教育委員会 (2004) 国分遺跡発掘調査報告書ー淡路国分寺瓦窯の調査. pp.64.
- 森永速男 (2004) 国分遺跡 2 号窯跡で検出された焼土の考古地磁気年代測定結果. 国分遺跡発掘調査報告書ー淡路国分寺瓦窯の調査, 三原町教育委員会, 28-31.
- Reimer, P.J, MGL Baillie, E Bard, A Bayliss, JW Beck, C Bertrand, PG Blackwell, CE Buck, G Burr, KB Cutler, PE Damon, RL Edwards, RG Fairbanks, M Friedrich, TP Guilderson, KA Hughen, B Kromer, FG McCormac, S Manning, C Bronk Ramsey, RW Reimer, S Remmele, JR Southon, M Stuiver, S Talamo, FW Taylor, J van der Plicht, and CE Weyhenmeyer (2004) IntCal04 terrestrial radiocarbon age calibration, 0-26 cal kyr BP. *Radiocarbon*, 46:1029-1058.
- Stuiver, M. and Reimer, P.J. (1993) Extended  $^{14}\text{C}$  data base and revised CALIB 3.0  $^{14}\text{C}$  age calibration program. *Radiocarbon*, 35(1), 215-230.
- Stuiver, M., Reimer, P.J., Bard, E., Beck, J.W., Burr, G.S., Hughen, K.A., Kromer, B., McCormac, F.G., v.d. Plicht, J., and Spurk, M. (1998) INTCAL98 radiocarbon age calibration, 24,000-0cal BP. *Radiocarbon*, 40(3), 1041-1083.

# Comparison of AMS $^{14}\text{C}$ dating and archaeomagnetic age estimation of ancient kilns used to produce charcoal for fuel and tiles for temple roofs

Toshio NAKAMURA<sup>1\*</sup>, Hideo SAKAI<sup>2</sup> and Kimio HIROOKA<sup>3</sup>

1) Center for Chronological Research, Nagoya University.

2) Faculty of Science, Toyama University

3) Faculty of Literature, Osaka Ohtani University

## Abstract:

Recently, radiocarbon ( $^{14}\text{C}$ ) dating with accelerator mass spectrometry (AMS) has attained a lot of improvements and has become possibly be used for dating cultural properties and historical goods with high precision and high accuracy. Accordingly, the precise comparison of the AMS  $^{14}\text{C}$  dating results with the results by other age estimation methods is required.

In this report, we discuss recent results on comparison of  $^{14}\text{C}$  dating and archeomagnetic age estimations of an ancient oven that was used to produce charcoal for fuel (Hongi-Kunugi-tani, Noto-cho, Hoshi-gun, Ishikawa prefecture) and a kiln to produce tiles for roofs of Awaji-Kokubunnji-temple, Mihara-gun, Hyogo prefecture. The results of comparison suggest that  $^{14}\text{C}$  dating and archeomagnetic age estimation can give consistent results in some cases, but further investigations are also needed.