

## 佐賀県大友遺跡出土人骨の AMS<sup>14</sup>C 年代測定海洋リザーバー効果

三原正三<sup>1)</sup>, 宮本一夫<sup>2)</sup>, 中村俊夫<sup>3)</sup>, 小池裕子<sup>1)</sup>

- 1) 九州大学大学院比較社会文化学府 〒810-8560 福岡市中央区六本松 4-2-1  
TEL&FAX: 092-726-4769, E-mail: cs200027@scs.kyushu-u.ac.jp
- 2) 九州大学大学院人文科学研究院 〒812-8581 福岡市東区箱崎 6-10-1
- 3) 名古屋大学年代測定総合研究センター 〒464-8602 名古屋市千種区不老町

### 1. はじめに

佐賀県東松浦郡呼子町の大友遺跡は玄界灘に面する墓地遺跡で、支石墓、土壙墓、甕棺墓や箱式石棺墓等の多様な埋葬遺構が発見されている。図 1 に遺跡の所在を、図 2 に墓坑の配置図を示す。墓地は弥生早期から古墳時代までにかけて使用されていたと考えられており、埋葬習俗の変遷が明瞭に迎れる集団墓として注目されている。特に大陸由来の墓制である支石墓に関してこれほど多く発見された例は少なく、このため、埋葬風習や大陸との交流を考える上で重要な遺跡である。さらに、埋葬に伴う人骨の形質における時代的、地域的変遷などを解明する貴重な資料を提供している。これまで 6 回にわたる発掘調査がおこなわれ、多数の人骨がこの遺跡から出土し、形質学、分子生物学等の様々な角度から研究がなされている (宮本, 2001)。

本研究では、大友遺跡の各墓坑から出土した人骨に関して <sup>14</sup>C 年代測定をおこない、同時に炭素、窒素安定同位体による食性分析をおこなうことで人骨が受けている海洋リザーバー効果の影響の補正を試みた。

### 2. 試料調製について

試料は 5 次、6 次発掘調査によって発掘された支石墓、土壙墓、甕棺墓、箱式石棺墓、配石墓出土の人骨の中から保存状態の良いものについて、主に肋骨片を採取して使用した。それらの測定試料を表 1 に示す。

分析には、骨中の硬タンパクであるコラーゲンを用いた。主として酸に不溶性のコラーゲンを回収することを目的とし、小池ほか (1988)、有田ほか (1990)、Chisholm and Koike (1996)、武藤 (2000) 等に基づいて設定した以下の方法を使用した。

保存状態の良い試料の中から大きな骨片を選び、デンタルドリルと超音波洗浄で表面の細かな汚れを除去した。これを凍結乾燥、粉碎し、0.1N の NaOH 水溶液でアルカリ処理をおこない、粉末試料表面のフミン酸、フルボ酸等のアルカリ可溶成分を除去した。これを 0.1N の HCl 水溶液で脱灰して繊維状のコラーゲンを抽出した。脱灰完了後、0.01N 未満の NaOH 水溶液で再度アルカリ処理をおこない、コラーゲンに混入したアルカリ可溶成分を除去した。これを蒸留水で洗浄し、凍結乾燥、保存した。表 1 に測定結果を示す。試料は、表面の風化や汚染が比較的進んで脆くなっていたものが多かったが、ANCA-mass による測定結果から C/N 比を求めると値はほとんどが 2.8~3.1 となっており、コラーゲンの保存状態は良好であったことが確認された。

このようにして得られたコラーゲンを約 0.8mg 秤量して錫製のカプセルに詰め、標準試料のグリシンとともに ANCA-mass (Europa Scientific 社) を用いて安定同位体分析をおこない、炭素、窒素含有率とその比 (C/N 比) からコラーゲンの精製状況を確認した。

次に、精製されたコラーゲン試料を酸化銅、銀線とともに真空ラインを用いてガラス管に封入した。これを電気炉を用いて 850°C で 4 時間加熱した後、生じた気体を、液体窒素、液体窒素-エタノールおよびペンタンを冷媒として真空ラインを用いて精製し、CO<sub>2</sub> 試料を得た。これを名古屋大学年代測定総合研究センターにおいて水素還元法 (Kitagawa et al., 1993) によるグラファイト化をおこない、タンデム加速器質量分析計 (Model-4130 AMS, HVEE) (Nakamura et al., 2000) を用いて <sup>14</sup>C 年代測定をおこなった。<sup>14</sup>C 濃度の標準体として NBS シュウ酸 (HOx II) を用いた。<sup>14</sup>C 年代は、Libby の半減期 5568 年を用いて算出した。測定誤差は <sup>14</sup>C の総計数に基づく統計誤差であり、±1σ で示した。

### 3. 安定同位体による食性分析

骨中のコラーゲンに含まれる炭素、窒素の安定同位体 <sup>13</sup>C、<sup>15</sup>N は、時間の経過による変化がないため、食物連鎖の段階に応じて蓄積されており、これを用いてその生物が何を主要なタンパク源としていたかを推定する食性分析に使用される (DeNiro and Epstein, 1978)。

図 3 に大友人骨と、比較対照として、九州の古墳時代人骨の <sup>13</sup>C、<sup>15</sup>N 値を示し (小池、Chisholm, 1998)、関東縄文貝塚出土人骨の <sup>13</sup>C、<sup>15</sup>N 値の分布を楕円で示した。安定同位体分析の結果は、支石墓 (下部構造に土壌) の人骨は <sup>13</sup>C が -16.0~-14.6‰、<sup>15</sup>N が 11.0~12.2‰、支石墓 (下部構造に甕棺) の人骨は <sup>13</sup>C が -15.3‰と -15.0‰、<sup>15</sup>N が 12.6‰と 13.0‰、土壌墓、甕棺墓の人骨は <sup>13</sup>C が -16.0~-15.1‰、<sup>15</sup>N が 12.1~13.8‰、箱式石棺墓、配石墓の人骨は <sup>13</sup>C が -17.0~-15.9‰、<sup>15</sup>N が 11.3~13.0‰ という値を示した。

食物への依存については、<sup>13</sup>C 値が -23.5~-20.5‰ であれば 100% 陸上生態系に依存、-10.5~-8.5‰ であれば 100% 海洋生態系に依存していると推定できる (小池, 2000)。これによると、大友人骨は縄文人骨と同様の食性を示す回帰直線上に収まっており、海洋資源への依存が非常に高い傾向を示した。

また、図 4 のように大友人骨を時期別に見てみると、<sup>13</sup>C、<sup>15</sup>N 値は大きく 3 つに分けられた。縄文晩期終末期の、下部構造に土壌をもつ支石墓出土の人骨は相対的に <sup>15</sup>N 値の低い小型魚類や貝類などを摂取していたことが推測される。下部構造に甕棺を持つ支石墓や土壌墓、甕棺墓出土の人骨は <sup>15</sup>N 値が高くなっており、より栄養段階の高い大型魚類に移行するなど、食物資源に変化があった可能性が考えられる。箱式石棺墓・配石墓出土の人骨は、前の人骨と同じ回帰直線状にあり、値が陸上資源寄りにシフトしていることから、稲作等、陸上資源の利用が増大したことが考えられる。この遺跡の中には <sup>15</sup>N 値が高いものがあり、動物資源をより多くとっていた可能性があるが、図 3 に示されている、古墳時代の他の遺跡の人骨では、<sup>15</sup>N 値の高いものが多く、動物の家畜化が始まり、これにより動物性タンパクの摂取が増えたことが推測される。なお、今回の測定において、大友人骨では男女間に <sup>13</sup>C、<sup>15</sup>N 値の違いは認められなかった。

### 4. <sup>14</sup>C 年代と海洋リザーバー効果の補正、暦年代較正

<sup>14</sup>C 年代値は、支石墓 (下部構造に土壌) の人骨が 2640 BP~2525 BP、支石墓 (下部構造に甕棺) の人骨は 2600±35 BP と 2310±30 BP、土壌墓、甕棺墓の人骨が 2505 BP~2300 BP、箱式石棺墓の人骨が 2010 BP~1845 BP という値を示した。

<sup>14</sup>C 年代は放射壊変を利用した理化学的年代であり、この値は大気 CO<sub>2</sub> 中の <sup>14</sup>C 濃度を基準としている。しかし <sup>14</sup>C 濃度は一定ではなく、宇宙線の放射や地磁気の影響によって変動するため、測定により得られた <sup>14</sup>C 年代値は実際の暦年代とは異なっている。そのため、年代値を使用する際は暦年代に較正したものを用いなければならない。

また、<sup>14</sup>C 年代は大気 CO<sub>2</sub> 中の <sup>14</sup>C 濃度を基準として計算されるが、海洋リザーバー効果という海水循

環による影響のため、海洋起源の炭素を摂取した生物は実際よりも古い年代値となる。

大友遺跡は玄界灘に面した呼子町に位置しており、その立地条件より、当時から漁撈が盛んであったことが推測される。そのため、多くの海産資源を摂取しており、それによる海洋リザーバー効果の影響を強く受けていることが考えられる。この影響の程度を調べるため、炭素安定同位対比 $\delta^{13}\text{C}$ を用いて当時の人々がどの程度海産資源に依存していたかを調べ、海洋リザーバー効果を補正することを試みた。

海洋リザーバー効果の補正に関しては、通常、海洋表層では400年という海洋リザーバー効果が計算されているが、実際に具体的な調査から得られたデータは少ない。北太平洋表層では、2000年という長い時間をかけて循環する深層水の影響により800年という海洋リザーバー効果があらわれることが知られている(Yoneda et al., 2002)が、日本海沿岸における海洋リザーバー効果のデータは得られていない。そこで、今回は鹿児島県の縄文貝塚から出土した貝試料から得られたリザーバー効果の400年という値(奥野ら, 2000)を使用した。海洋資源への依存率については、 $\delta^{13}\text{C}$ が $-22\text{‰}$ のときを0%、 $-9.5\text{‰}$ のときを100%として各人骨試料に関して計算すると、依存率は40%~60%という値を示した(表1, 図4)。こうして、海洋リザーバー効果の400年という値と各人骨試料の海洋資源への依存率をもとに、得られている $^{14}\text{C}$ 年代を、コンピュータ・プログラムCALIB 4.3 (Stuiver et al., 1998)を用い、海洋リザーバー効果を補正した暦年代( $\pm 2\sigma$ )に較正した。

人骨の海洋リザーバー効果の補正の1例として、5号支石墓出土人骨の $2570 \pm 45$  BPという年代値での例を図5に示す。試料が陸上資源の場合、大気を取り込んだ樹木年輪から作られた較正曲線を用いる(図5a)。この場合、較正後の暦年代は2800~2500 cal BPという幅の広い年代を示す。また、試料が海産資源の場合、海水を取り込んだサンゴ等から較正曲線が作られる(図5b)。この場合、暦年代は2300~2100 cal BPという値になる。人骨試料の場合、この2つの較正曲線について、依存していた海産食物の割合に基づいてそれぞれを比例配分し、新たに合成された較正曲線(図5c)を用いて年代較正をおこなうことで、リザーバー効果の補正をおこなった較正年代をえることができる。

測定された $^{14}\text{C}$ 年代と較正暦年代を図6に示す。暦年代較正後の年代は、支石墓(土壌)の人骨が2700 cal BP~2300 cal BPとなり、縄文晩期終末期から弥生前期にかけてのものであるという値を示した。支石墓(甕棺)の人骨が2550~2350 cal BPと2160~2000 cal BP、土壌墓、甕棺墓の人骨が2500 cal BP~1900 cal BPとなり、甕棺墓の人骨は想定される年代(弥生前期)より新しくなったが、相対的には矛盾のない値を示した。箱式石棺墓、配石墓の人骨が2000 cal BP~1500 cal BPとなり、古墳時代のものであることを示した。また、甕棺墓から箱式石棺墓までには時間的な隔絶があることが示唆された。

今後、具体的な海洋リザーバー効果の大きさを調べるため、大友遺跡の近隣にある岐志元村遺跡の同一層より出土した魚類(マダイ・クロダイ)と哺乳類(シカ)の骨試料を測定し、その年代差を用いることによって、さらに精度の高い補正を試みたい。

## 引用文献

有田陽子, 中井信之, 中村俊夫, 亀井節夫, 秋山雅彦, 沢田健 (1990) 哺乳類化石のコラーゲン抽出法とそのAMS法による $^{14}\text{C}$ 年代測定. 名古屋大学古川総合研究資料館報告, 6: 45-54.

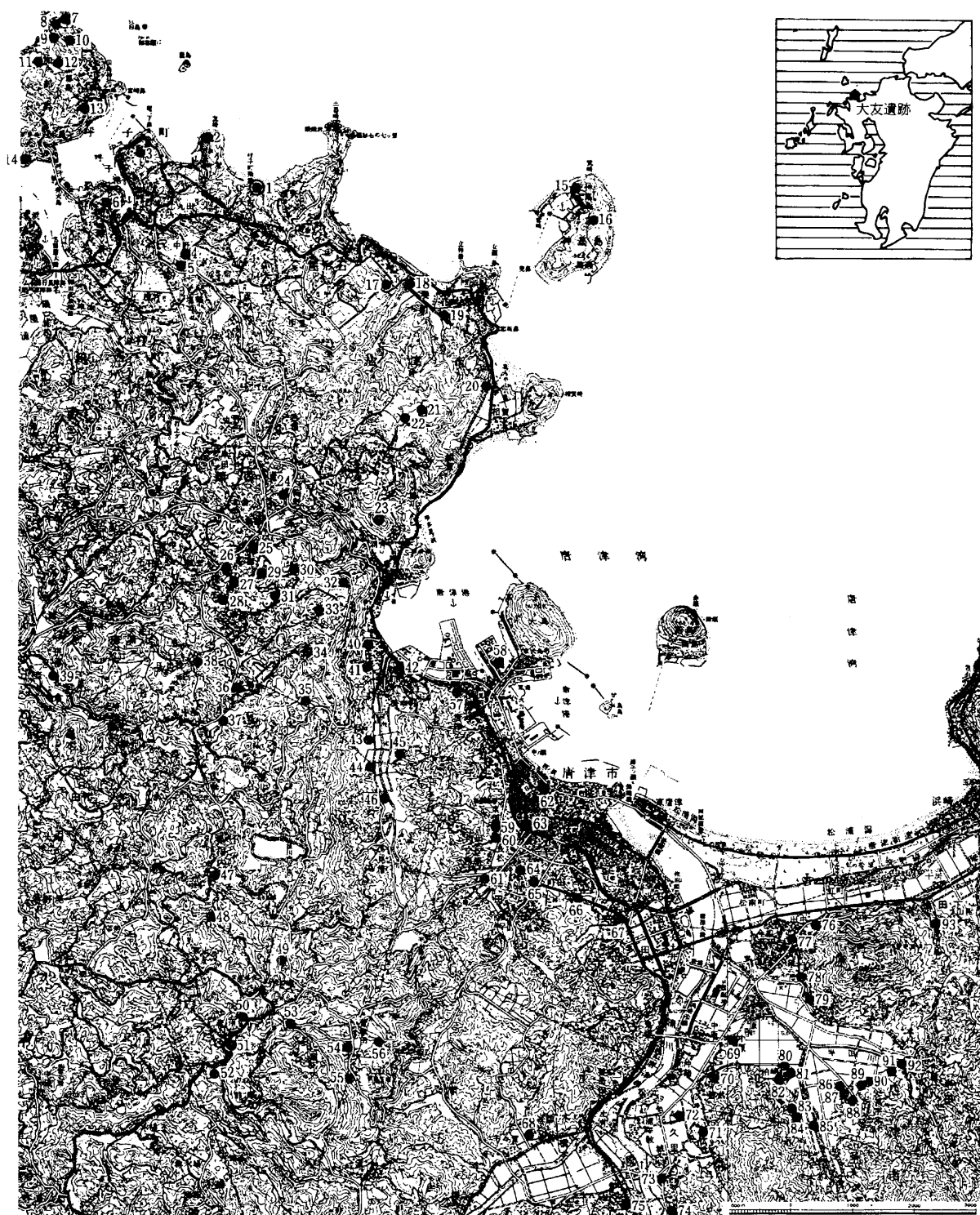
Chisholm, B., Koike, H. (1996) Reconstructing Prehistoric Japanese Diet Using Stable Isotopic Analysis. International Symposium 1996. 199-222. International Research Center for Japanese Studies.

DeNiro, M. J. and Epstein, S. (1978) Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 42: 495-506.

- Kitagawa, H., Masuzawa, T., Nakamura, T. and Matsumoto, E. (1993) A batch preparation method for graphite targets with low background for AMS  $^{14}\text{C}$  measurements. *Radiocarbon*, 35: 295-300.
- 小池裕子・B. Chisholm (1988) 炭素安定同位体比法による日本産哺乳動物の食性分析法の検討. 埼玉大学紀要 (総合編), 6: 107-115.
- 小池裕子, Chisholm, Brian (1996) 九州古墳時代人骨の  $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$  測定値について. 比較社会文化, 2: 109-116.
- 小池裕子 (2000) 食糧資源環境と人類. 環境と人類, 31-60.
- 宮本一夫編 (2001) 佐賀県大友遺跡—弥生墓地の発掘調査—. 九州大学人文科学研究院.
- 武藤宏男 (2000) 加速器質量分析計による化石骨の C-14 年代測定—試料前処理法の検討—. 名古屋大学人間情報研究科修士論文, 61p.
- Nakamura, T., Niu, E., Oda, H., Ikeda, A., Minami, M., Takahashi, H., Adachi, M., Palis, L., Gott dang, A. and Suya, N. (2000) The HVEE Tandetron AMS system at Nagoya University. *Nuci. Instr. and Meth. in Phis. Res. B*, 172: 52-57.
- 奥野充, 三原正三, 重久淳一, 成尾英仁, 小池裕子, 中村俊夫 (2000) 鹿児島県隼人町, 宮坂貝塚の炭素 14 年代. 日本文化財科学会大 17 回大会研究発表要旨集, 68-69.
- 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, 24,000-0 cal BP. *Radiocarbon*, 40 (1) : 1041-1083.
- Yoneda, M., Tanaka, A., Shibata, Y., Morita, M., Uzawa, K., Hirota, M. and Uchida, M. (2002) Radiocarbon Marine Reservoir Effect in Human Remains from the Kitakogane Site, Hokkaido, Japan. *Journal of Archaeological Science*, 29: 529-536.

表1 大友遺跡出土人骨の $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ および $^{14}\text{C}$ 年代

Labo. No.	発掘人骨 No.	埋葬施設 (下部構造)	性別	年齢	推定年代	C/N	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	海洋資源 依存度(%)	$^{14}\text{C}$ 測定年代 (BP)	校正年代 (cal BP)	(%)	測定コード (NUTA2-)
01HM07	2-4	支石墓 (土壙?)	男	熟年	縄文晩期 終末期?	2.8	-16.0	11.0	47.9	2525±45	2540-2303	96.1	4049
01HM08	3	支石墓 (土壙)	男	熟年	縄文晩期 終末期	2.8	-15.6	11.5	51.6	2595±50	2615-2345	87.0	4050
01HM10	5	支石墓 (土壙)	男	成年	縄文晩期 終末期	2.9	-14.6	12.2	58.9	2570±45	2545-2305	99.0	4051
01HM11	6	支石墓 (土壙)	男	熟年	縄文晩期 終末期	2.8	-15.1	12.0	54.9	2640±50	2700-2365	100.0	4052
01HM13	8	支石墓 (土壙)	女	熟年	縄文晩期 終末期	2.9	-14.7	12.0	58.3	2630±45	2620-2355	85.0	4058
01HM05	1	支石墓 (甕棺)	男	成年	弥生前期 後半	2.8	-15.3	12.6	53.3	2600±35	2550-2350	85.3	4842
01HM06	2-1	支石墓 (甕棺)	男	熟年	弥生前期 末	2.8	-15.0	13.0	55.6	2310±30	2160-2000	99.8	4843
01HM25	36	土壙墓	男	成年	弥生前期	3.5	-16.0	12.1	47.7	2505±30	2440-2315	100.0	4845
01HM17	14	甕棺墓	女	成年	弥生中期	2.9	-14.6	13.8	59.6	2445±30	2330-2170	97.7	3691
01HM22	24	甕棺墓	男	熟年	弥生中期	2.8	-15.0	13.4	55.7	2300±45	2185-1950	97.0	4060
01HM23	35	甕棺墓	男	熟年	弥生前期	2.8	-15.1	12.9	55.4	2240±40	2120-1915	100.0	3785
01HM15	13A	箱式石棺墓	?	?	古墳初期	2.9	-16.9	13.0	41.1	2010±30	1875-1720	100.0	3693
01HM16	13B	箱式石棺墓	?	?	—	2.8	-16.7	11.8	42.1	1895±30	1740-1560	100.0	3692
01HM21	17-3	箱式石棺墓	女	成年	—	2.8	-15.8	12.2	50.3	1950±35	1810-1605	100.0	3697
01HM18	15	配石墓	女	熟年?	?	3.1	-17.0	11.3	40.0	1845±30	1695-1540	100.0	3694
01HM19	16	配石墓	女	成年?	古墳初期	2.8	-16.4	11.6	44.5	1850±30	1690-1535	100.0	3695
01HM20	17-3	箱式石棺墓	男	熟年	古墳初期?	2.8	-15.9	11.9	49.1	1850±45	1705-1485	100.0	4059



- 1 大友遺跡 2 韮神社下石棺墓 3 尾の上古墳群 4 中野遺跡 5 中野鬼塚古墳 6 松尾田古墳群 7 瓢塚古墳 8 鉢の底古墳 9 御手洗古墳
- 10 狐塚古墳群 11 鬼ノ口古墳 12 唐平田古墳 13 辻古墳 14 二軒屋古墳 15 学校東古墳 16 鬼塚古墳 17 雲透遺跡 18 鞍遺跡 19 湊松本遺跡
- 20 相裂古墳 21 湊中野遺跡 22 十蓮II遺跡 23 日高城跡 24 かねねお遺跡 25 原遺跡 26 枝去木分校入口遺跡 27 枝去木山中遺跡 28 牟田ノ辻遺跡
- 29 馬部甚蔵山遺跡 30 馬部女山遺跡 31 草履作遺跡 32 八幡福遺跡 33 笹ノ尾遺跡 34 一本松遺跡 35 石ヶ元下道遺跡 36 名場越後田遺跡
- 37 中尾ノ枝遺跡 38 日ノ出松遺跡 39 長倉遺跡 40 佐志中通遺跡 41 徳蔵谷遺跡 42 浜田城跡 43 下戸古墳 44 惣原古墳 45 衣ノ古墳群
- 46 女山古墳 47 梨川内村前遺跡 48 小ノ古窯跡 49 竹木場丹ノ木遺跡 50 高峰遺跡 51 唐ノ川丸尾遺跡 52 唐ノ川西吹遺跡 53 竹木場前田遺跡
- 54 菅牟田西山遺跡 55 山田内六遺跡 56 荒谷遺跡 57 中ノ瀬古墳群 58 西唐津海底遺跡 59 菜畑遺跡 60 菜畑内田遺跡 61 西浦寺崎遺跡
- 62 坊主町窯跡 63 桜ノ馬場遺跡 64 神田中村遺跡 65 牛ノ谷遺跡 66 コクダシ遺跡 67 和多田権現山古墳 68 千々賀占園遺跡 69 中原遺跡
- 70 部田古墳 71 天園遺跡 72 久里大牟田遺跡 73 久里双水古墳 74 双水梨山古墳 75 山本中尾遺跡 76 鳥田塚古墳 77 鏡山経塚 78 樋ノ口古墳
- 79 上葛屋古墳 80 柏崎大深田遺跡 81 外園古墳 82 柏崎貝塚 83 瀬戸口支石墓群 84 森田支石墓群 85 宇木汲田遺跡 86 鶴崎遺跡 87 森の下遺跡
- 88 追頭遺跡 89 萬歳遺跡 90 葉山尻遺跡 91 岸高II遺跡 92 半田桜崎経塚 93 横田下古墳

図1 佐賀県大友遺跡と周辺主要遺跡

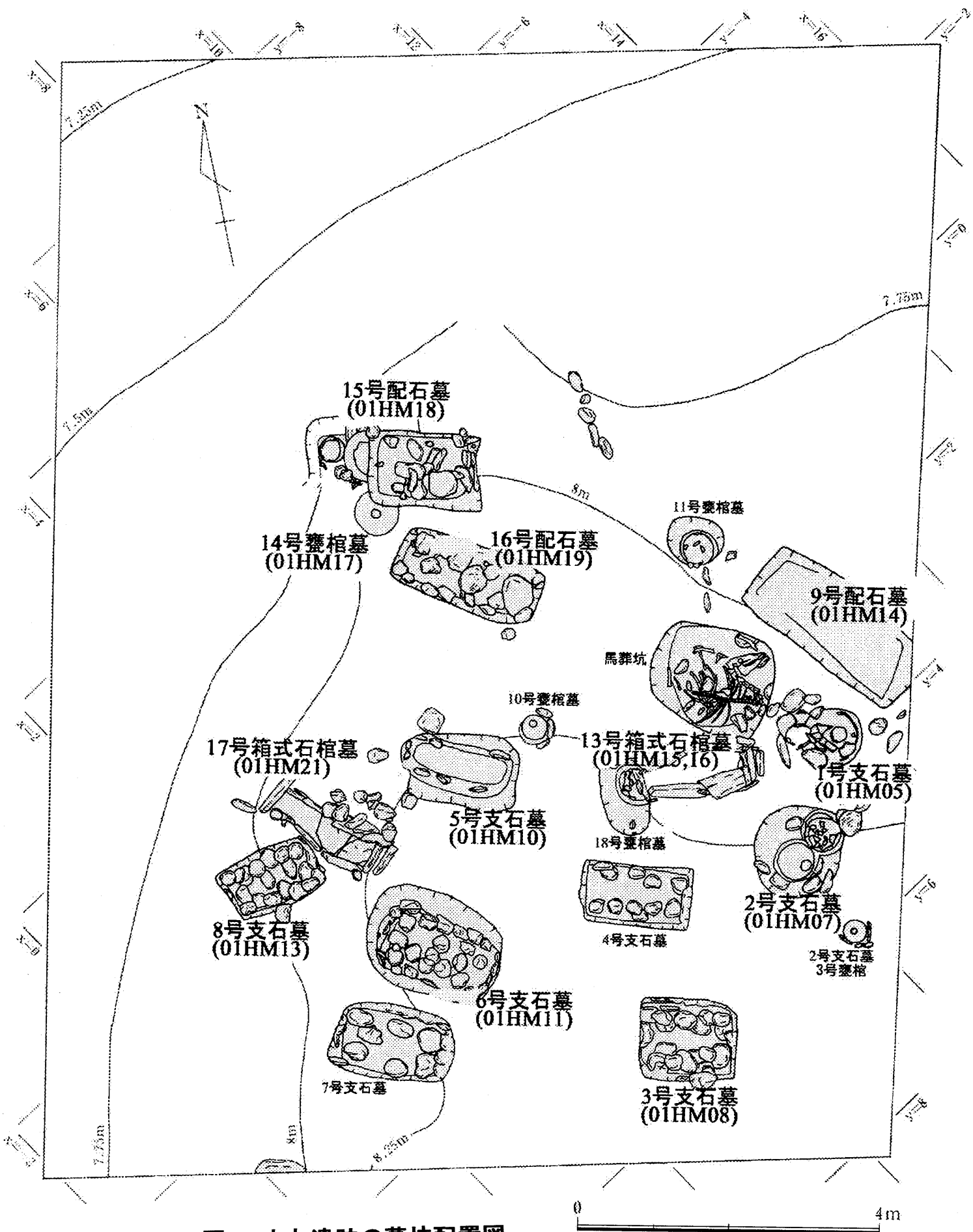


図2 大友遺跡の墓坑配置図

図3 大友遺跡出土人骨の $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$

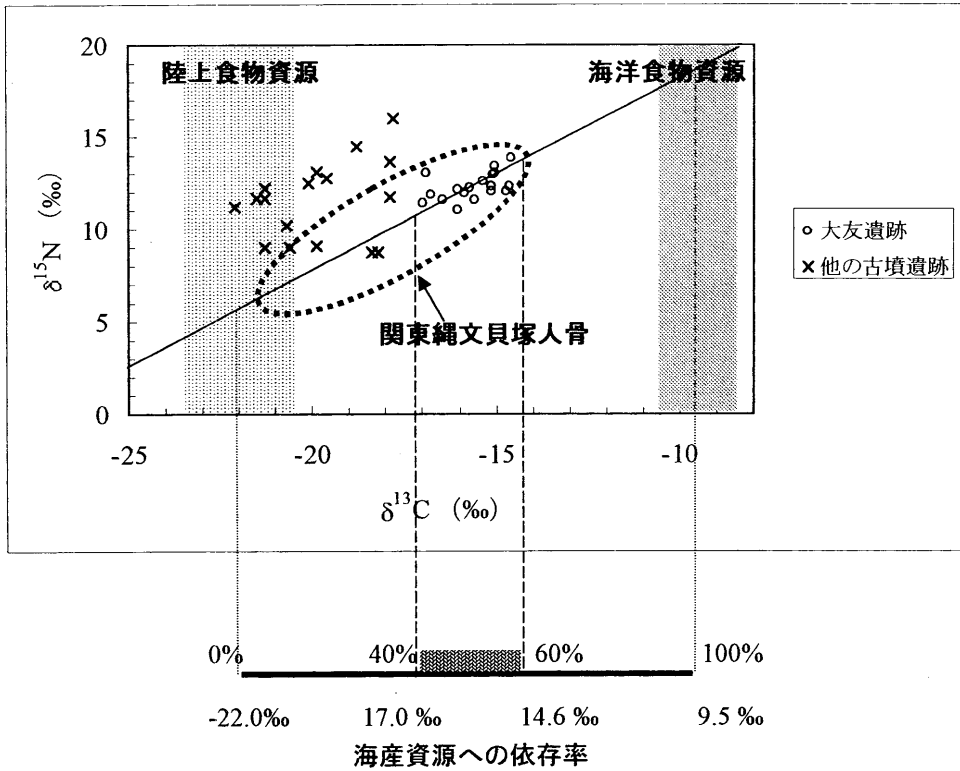


図4 時期別・男女別の $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$

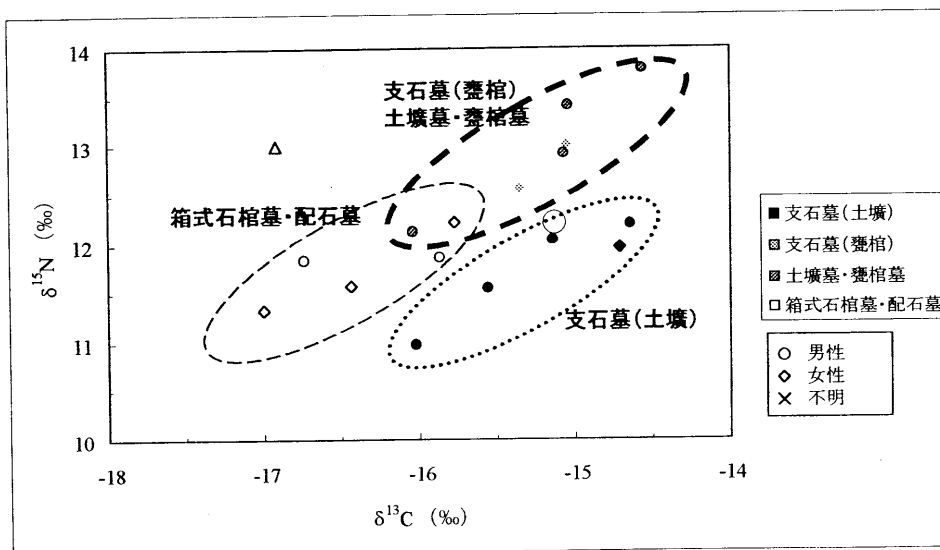




図5 年代較正の例 (CALIB4.3による)

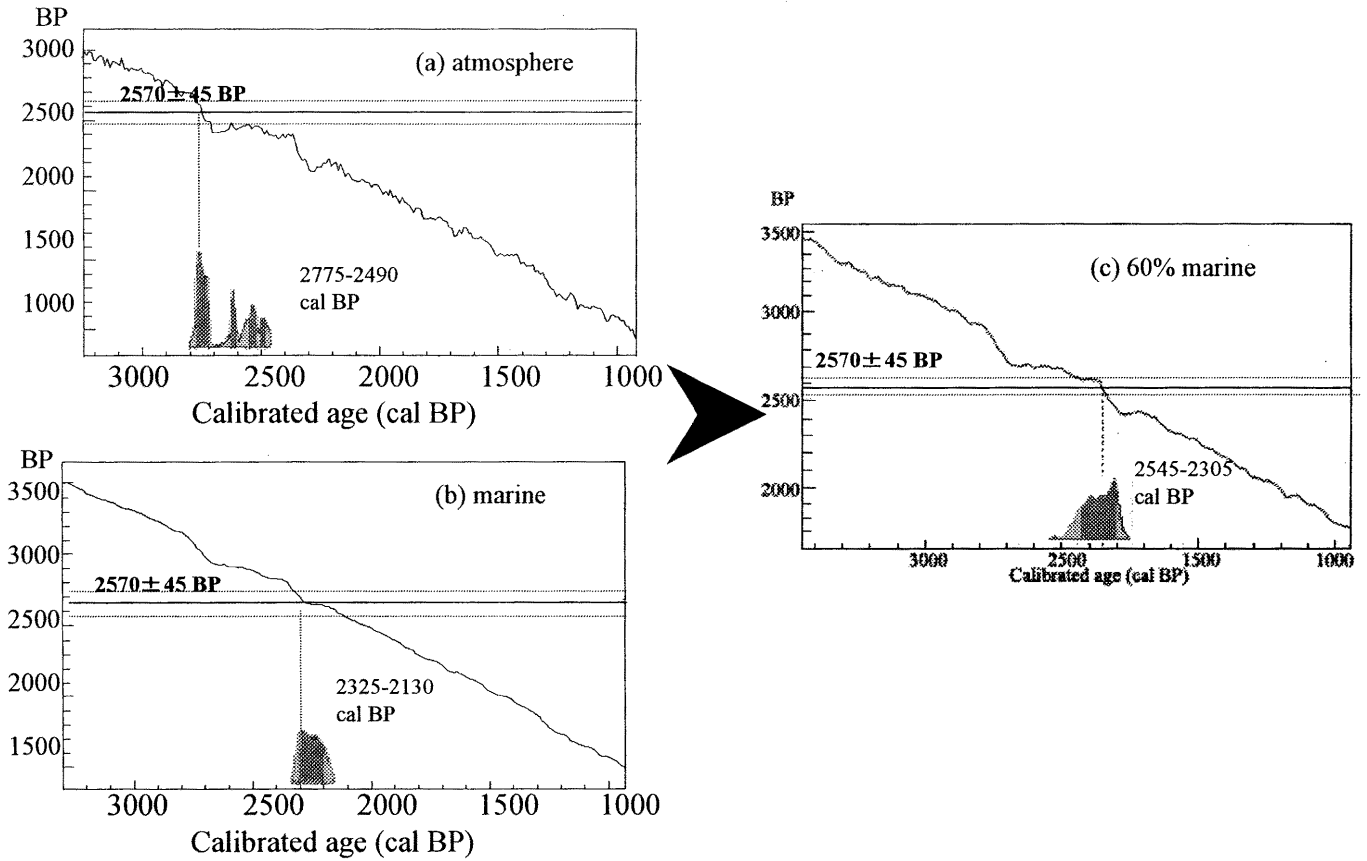
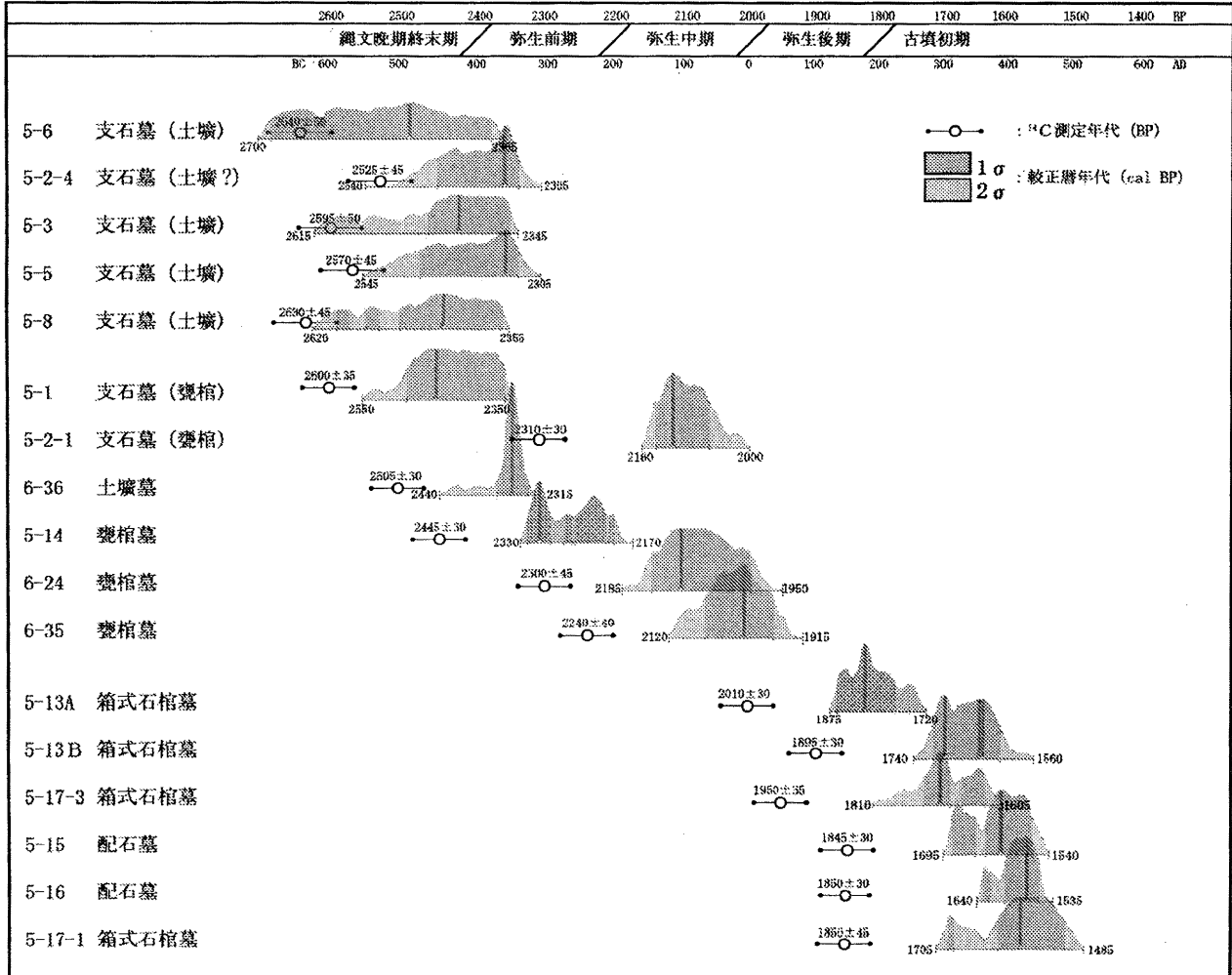


図6 大友遺跡人骨の<sup>14</sup>C年代と較正暦年代



## AMS $^{14}\text{C}$ chronology and the marine reservoir effect for human bones from the Ohtomo site

Shozo MIHARA<sup>1)</sup>, Kazuo MIYAMOTO<sup>2)</sup>, Toshio NAKAMURA<sup>3)</sup> and Hiroko KOIKE<sup>1)</sup>

- 1) Graduate School of Social and Cultural Studies, Kyushu University
- 2) Faculty of Humanities, Kyushu University
- 3) Dating and Materials Research Center, Nagoya University

$^{14}\text{C}$  ages for Japanese prehistoric samples from the Latest Jomon period to the early Yayoi period, have a calibration ambiguity for dates around 2400 BP. It is also necessary to correct for the marine reservoir effect on  $^{14}\text{C}$  ages of human bone samples from people who consumed marine food as a protein source.

The Ohtomo site in Saga Prefecture, northwest Kyushu, western Japan, is a cemetery site dating from the end of Latest Jomon period to the Kofun period. Human bones are found in dolmen burials (from the 4th century BC to the 1st century BC), jar burials (from the 1st century BC to the 1st century AD) and cist burials (from the 1st century AD to the 3rd century AD), and provide an archaeological chronology. In this study, we determined the  $^{14}\text{C}$  ages of human bone samples and compare them with the archaeological chronology. The Ohtomo site faces the Japan Sea, consequently, people seem to utilize many marine food sources. To get information about marine food sources, we also tried diet analysis based on  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  in human bones.

Diet analysis showed that these people obtained from 40% to 60% of their protein from marine food sources. Marine reservoir effects were calibrated using the data “400 years” and percentages of dependence to marine food resources from  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$ , and  $^{14}\text{C}$  ages were corrected to calendar year by CALIB 4.3. The calibrated  $^{14}\text{C}$  ages of the human bones were serially matched with the archaeological chronology.