

兵庫県豊岡盆地・香住荒原遺跡における 完新世後期の堆積環境と相対海水準高度

佐藤 裕 司¹⁾*・加藤 茂 弘¹⁾・半田 久美子¹⁾・松原 尚志¹⁾

Sedimentary Environments and the Height of Relative Sea Level during the Late Holocene at Kasumi-Awara Archaeological Site in the Toyooka Basin, Hyogo Prefecture, Japan

Hiroshi SATO¹⁾*, Shigehiro KATO¹⁾, Kumiko HANDA¹⁾, and Takashi MATSUBARA¹⁾

Abstract

We obtained sediment samples from the Kasumi-Awara archaeological site in the Toyooka Basin, Hyogo Prefecture, Japan. In order to clarify changes in sedimentary environments at this site, we analysed the diatom assemblages and carried out sulfur analysis of sediments. These were then used along with two radiocarbon dates to determine the Holocene marine limit (HML), which provides a sea-level index point approximating the height of the high water level.

Although no diatoms are found in the clay sediments containing abundant shell remains between -1.68m and +0.04m altitude, sedimentary sulfur content more than 0.3% in most samples generally indicates marine influence at these horizons. Sedimentary sulfur is abundant and brackish-water diatoms are contained (< 10 valves per milligram of dry sediment) in clay and sand sediments between +0.04m and +0.48m, indicating marine influence in sedimentary environments. Freshwater diatoms dominate and sulfur content is less than 0.3% in the peaty clay sediments between +0.48m and +0.85m, indicating freshwater depositional conditions. Thus the height of HML is regarded to be +0.48m altitude. From the altitude of the HML and the inferred paleo-tidal range at this site, the height of paleo-mean sea level at about 2150 calBP is estimated to be +0.26m altitude.

Key words : diatom assemblage, Holocene marine limit, paleo-mean sea level, sulfur analysis, Toyooka Basin

はじめに

兵庫県の日本海側、円山川下流域に発達する沖積低地は、河口より10~20km区間がその上・下流区間よりも幅が広く、この一帯が豊岡盆地と呼ばれる(図1)。この盆地下には厚い沖積層が堆積し、その成因は概ね縄文海進時に峡湾状の水域となった古豊岡湾に、円山川が運搬した土砂が堆積したことによる(兵庫県土木地質図編纂

委員会, 1996編)。縄文海進のピーク時には、海岸線は盆地の最奥部に位置する出石町の市街地付近にまで後退した(前田ほか, 1989)。

豊岡盆地を含む円山川下流域は、その河口部に三角州平野が発達せず、海岸部が沈水地形を示すことから、完新世を通してゆるやかな沈降域にあったと考えられている(例えば、前田ほか, 1989)。一方、近畿の活断層図(岡田・東郷, 2000編)によると、豊岡盆地及びその周

¹⁾ 兵庫県立人と自然の博物館 自然・環境評価研究部 〒669-1546 兵庫県三田市弥生が丘6丁目 Division of Natural History, Museum of Nature and Human Activities, Hyogo; Yayoigaoka 6, Sanda, 669-1546 Japan

*兼任: 姫路工業大学 自然・環境科学研究所 〒669-1546 兵庫県三田市弥生が丘6丁目 Institute of Natural and Environmental Sciences, HIT; Yayoigaoka 6, Sanda, 669-1546 Japan

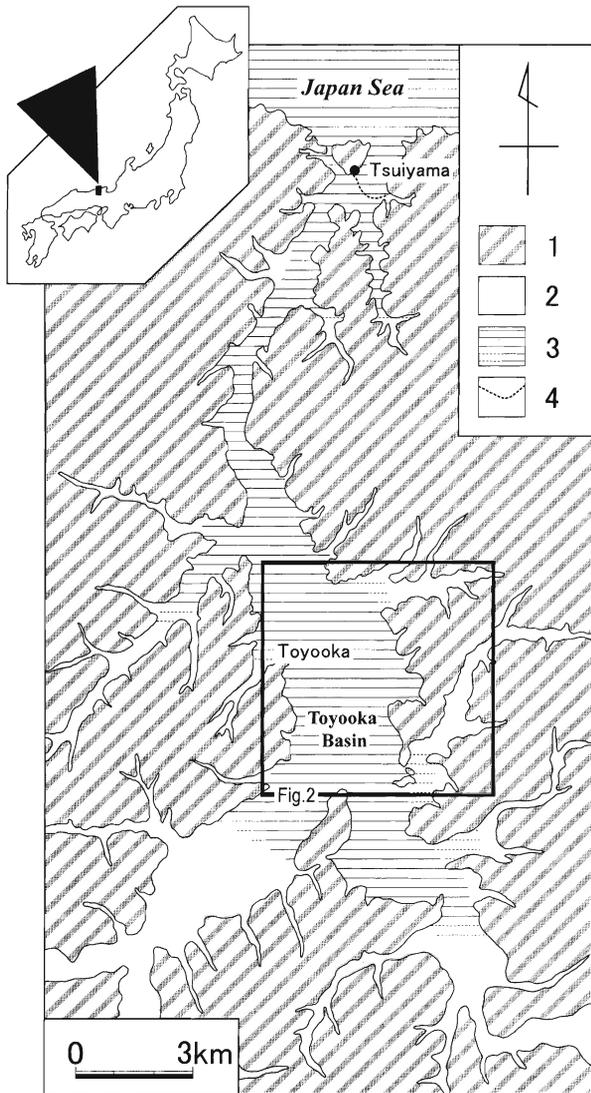


図1 豊岡盆地における縄文海進ピーク時の推定海進域 (前田ほか, 1989に加筆)
1.山地 2.沖積低地 3.最大海進域(破線は推定) 4.現海岸線

辺の山地に活断層の分布は認められない。また、1925年の北但馬地震 (M6.8) において、津居山湾に面する東側の海岸の山地部に延長1.6kmにわたって二列の地震断層が出現したとされるが (今村, 1925; 山崎, 1925), これに沿って累積を示す変位地形も観察されていない (岡田・東郷, 2000編)。このように、豊岡盆地及びその周辺域において活発な地殻変動を示す地形学的な証拠は認められず、したがって当盆地における完新世のテクトニクスも具体的に明らかにされているわけではない。

一般に沈降傾向にある盆地域では、変動量を求める基準となる段丘などの地形面の発達が悪く、地殻変動の定量的評価が困難である。しかし、縄文海進に伴って形成された海成層を挟在する沖積層が発達し、完新世の相対的な海水準変化が推定できる地域では、それにもとづいて地殻変動量を定量的に評価することが可能である (Sato et al., 2001)。豊岡盆地は縄文海進時に堆積し

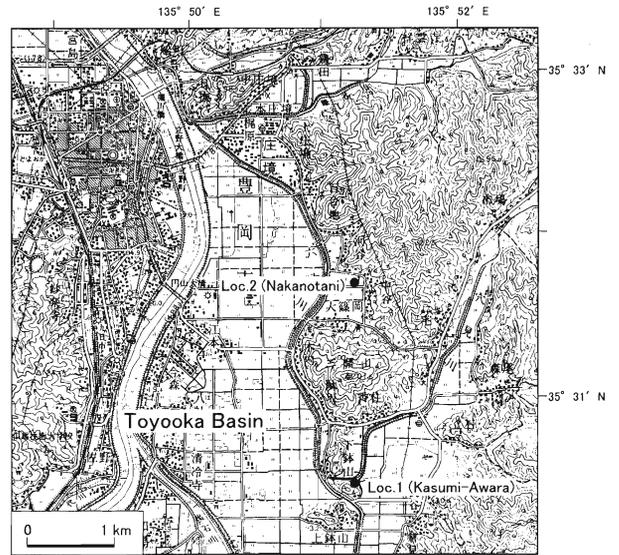


図2 調査地点 (香住荒原遺跡 Loc.1) の位置
中谷の調査地点 (Loc.2:佐藤ほか, 1994) も示した。国土地理院発行5万分の1地形図「城崎」を使用。

た厚い海成層を挟在する沖積層からなり (前田ほか, 1989など), 縄文海進時の相対的な海水準変化を明らかにすることが可能である。

豊岡盆地の完新世テクトニクスを定量的に評価するためには、まず完新世の旧海水準高度を明らかにする必要がある。しかし現在までに盆地内では、中谷 (図2, Loc.2) において沖積層のイオウおよび珪藻の分析から、約3000年前の海成層の上限が標高+0.70mにあると認定されているにすぎず (佐藤ほか, 1994), 旧海水準に関する情報は不十分である。

筆者らは今回、豊岡市香住地区内に所在する香住荒原遺跡 (兵庫県・豊岡市出土文化財管理センター, 2000) の露頭 (図2, Loc.1) において、貝類遺骸を多数包含する沖積層の調査を行った。本論文では、この露頭調査のうち、地層の堆積年代と堆積物のイオウおよび珪藻分析の結果にもとづいて認定された海成層の上限高度を報告するとともに、豊岡盆地における完新世の相対的な海水準とテクトニクスについて考察する。

試料と方法

1. 調査地点と沖積層の層相

豊岡市香住荒原地区 (図2) では、昭和30年代の排水ポンプ場建設工事の際に貝殻片や若干の土器片が発見され、貝塚の可能性が指摘された (兵庫県・豊岡市出土文化財管理センター, 2000)。1994年の発掘調査では積極的に貝塚の存在を想定するに足るデータは得られなかったが、本集落のための漁場および加工場としての意味をもつ遺跡の可能性が指摘された。その後2000年には、同地点で湛水防除事業に伴う排水ポンプの改良新設工事で



図3 調査露頭と地層のはぎとり作業

地下約10mまでが掘削され、貝殻密集層を挟在する沖積層の良好な露頭が現れた(図3)。この露頭で2000年3月17日に地層のはぎとりを実施するとともに古環境解析用の試料を採取した。

露出した沖積層の層相は、以下のとおりである(図4)。標高-1.68mより下位は、主に基盤の花崗岩類の礫からなる風化した赤褐色の砂礫である。標高-1.68~0.08mは砂や礫が混じる貝殻密集層で、マトリクスは主として暗灰色粘土である。本層は下位の砂礫層を不整合に覆って堆積する。この貝殻密集層には、マガキ(*Crassostrea gigas*)、サルボウ(*Anadara (Scapharca) sativa*)、ヤマトシジミ(*Corbicula (Corbicula) japonica*)など、内湾に生息する貝類遺骸が多く含有される。本層からは、若干の縄文後期の土器片に加えて石錘も数点出土した(兵庫県・豊岡市出土文化財管理センター, 2000)。標高-0.08~+0.04mは暗青灰色粘土で、貝殻片をわずかに含む。標高+0.04~+0.36mは砂混じりの暗青灰色粘土で、炭質物を含有する。標高+0.36~+0.48mは砂混じりの暗褐色粘土、標高+0.48~+0.85mは黒褐色泥炭質粘土である。以上の標高-1.68~+0.85mの地層は整合一連に重なる堆積層である。標高+0.85mから地表面までは、下位層を非整合に覆う厚さ約5mの崖錐堆積物からなる。

2. ^{14}C 年代測定

地層の堆積年代を知るため、標高+0.42mの有機質堆積物と標高-1.50mから得たマガキの貝殻を試料として、加速器質量分析(AMS)法による ^{14}C 年代測定を行った。年代測定は(株)地球科学研究所に依頼した。 ^{14}C 年代値は安定同位体比($\delta^{13}\text{C}$)補正を行い、炭素の半減期を5568年として算出した。 ^{14}C 年代値の暦年代への補正は、Stuiver et al. (1998)による較正データINTCAL98を用い、Talma and Vogel (1993)の方法によった。

3. 堆積物中のイオウと珪藻遺骸群集の分析

調査地点の露頭よりイオウおよび珪藻遺骸の分析用に13試料(試料No.1-13)を採取した。イオウと珪藻の分析は同一試料を用い、堆積物中のイオウ含有量と珪藻遺骸の含有量および群集組成について分析を行った。

堆積物中のイオウ抽出手順および珪藻分析方法は佐藤(1995)にしたがった。すなわち、試料1gをまず1N塩酸で処理し、遠心分離(3,000rpm, 5min)により上澄液を回収した。残渣をさらに30%過酸化水素水で処理し、遠心分離により上澄液を回収した。これらの操作によって得た上澄液をそれぞれ1N塩酸可溶画分、30%過酸化水素可溶画分とした。そして、1N塩酸および30%過酸化水素処理後の、ほとんど珪酸塩鉱物からなる残渣を珪藻分析に用いた。

イオウの定量は両画分中に溶出した硫酸イオンをそれぞれ比濁法で測定することによった(佐藤, 1989)。そして、1N塩酸可溶画分および30%過酸化水素可溶画分中のイオウの合計量を堆積物中の総イオウとし(佐藤, 1995)、その含有量を百分率(S%)で表した。堆積環境の推定に際しては、総イオウ含有量0.3%を海成(または汽水成)堆積物と淡水成(または陸成)堆積物を区別するための判定基準とした(狛, 1992; 佐藤, 1995)。

珪藻殻の計数はカバーガラス二枚を全視野観察することにより、1mgあたりの殻数を算出すると同時に、群集の種組成を明らかにした。珪藻種の同定および生態に関する情報は、主としてKrammer and Lange-Bertalot (1986, 1988, 1991)によった。そして、珪藻分析の結果は、出現した珪藻を海水生、汽水生、淡水生の3つの生態区分に類別表示し、その出現状況を百分率(%)で示した。これら生態区分の構成から、堆積環境の概略を評価し、さらに詳細な環境の推定は、主として群集中の優占種がもつ生態情報にもとづいた。

結 果

1. ^{14}C 年代

年代測定の結果、標高+0.42mの有機質堆積物の ^{14}C 年代値は $2180 \pm 50\text{BP}$ を示し、暦年代較正の交点データとして 2150calBP が得られた(表1)。一方、標高-1.50mのマガキの ^{14}C 年代値は $4250 \pm 70\text{BP}$ を示し、交点データは 4370calBP であった(表1)。このことから、香住荒原遺跡の標高-1.68m~+0.48mの堆積層は、縄文時代後期から弥生時代にかけて形成されたと考えられる。このことは、堆積層中に縄文後期の土器片が含まれること(兵庫県・豊岡市出土文化財管理センター, 2000)と調和する。

2. 堆積物のイオウ含有量

香住荒原遺跡では、標高+0.48mより下位の層準(試料

表1 香住荒原遺跡における¹⁴C年代測定の結果と年代試料を採取した層準の堆積環境

Sample No.	Laboratory No.	Altitude ^a (m TP)	Material dated	¹⁴ C age ^b (BP)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	Calibrated age (cal BP) Intercept ($\pm 2\sigma$)	Depositional environment
1	Beta-150956	+0.42	organic sediment	2180 \pm 50	-28.7	2150 (2330 - 2030)	Brackish
2	Beta-150957	-1.50	shell ^c	4250 \pm 70	-1.6	4370 (4490 - 4220)	Marine

^a In meters above mean sea level (TP).

^b All dates are calculated using the Libby half-life 5568 years, and 1950 AD reference. The error is one standard deviation of counting.

^c *Crassostrea gigas*

No.4-13) において、堆積物中のイオウ含有量が高い傾向にあった (図4)。これらの層準では、試料No.9で0.15%、No.10で0.29%を示したのを除けば、残りの試料は0.3%以上の含有量を示した。とくに、標高-0.08m~+0.04 mの暗青灰色粘土層と標高+0.04m~+0.36mの砂混じりの暗青灰色粘土層において、イオウ含有量は非常に高く、試料No.6では2.7%の高含有量を示した。一方、標高+0.48m~+0.85mの黒褐色泥炭質粘土層からの3試料 (No.1-3) では、イオウ含有量はすべて0.1%未満であった。

すなわち、イオウ分析の結果から、標高+0.48mより下位の層準において、海水の影響下で堆積したことが示唆される。

3. 珪藻遺骸群集の出現状況

分析の結果、珪藻遺骸は標高+0.36mより下位の層準 (試料No.5-13) では、試料No.5で海水生珪藻 *Grammatophora oceanica* の殻片がわずかに認められた以外は全く含有されなかった (図4)。

一方、標高+0.36m~+0.48mの砂混じりの暗褐色粘土層からの試料No.4では、殻数は堆積物1mgあたり10個未満ながら完全な珪藻殻が認められた。この試料では、カバーグラス二枚の全視野観察でカウントできた殻数はわずか12個であったが、*Navicula elegans*, *Navicula pusilla*, *Rhopalodia gibberula* などの汽水生珪藻が出現した。カウント数が少なく群集解析には不十分であるが、汽水生珪藻が特徴的な出現を示したことから、その出現状況 (%) を破線で表記した (図4)。

標高+0.48m~+0.85mの黒褐色泥炭質粘土層からの試料No.1-3では、珪藻殻は1mgあたり100~1000個含有され (図4)、群集解析に十分な殻数200個以上がカウントできた。珪藻遺骸群集では、淡水生珪藻が98%以上を占めた。淡水生珪藻として、付着性の *Eunotia* 属、とくに *Eunotia praeurupta* var. *bidens* が優占した。このほか、プランクトン性の *Aulacoseira* 属 (*A. granulata*, *A. italica* など)、付着性の *Cymbella aspera* や *Gomphonema* spp. などが出現した。

考 察

1. 堆積環境の推定

香住荒原遺跡では、堆積物のイオウ含有量が概ね0.3%以上を示したことから、標高-1.68m~+0.36mは海成または汽水成堆積物からなると推定される。このことは標高-1.68~-0.08mの貝殻密集層の貝類遺骸が主として内湾性の種から成ることと調和する。

標高+0.36mより下位の層準においては、珪藻遺骸が全く含有されなかった。その原因は明らかではないが、中谷 (佐藤ほか, 1994) や気比低地 (前田ほか, 1989) の完新世の貝層においても珪藻遺骸の含有量少ないことが報告されており、珪藻遺骸が少ないことは、本地域の貝層に共通した特徴かもしれない。

標高+0.36m~+0.48mの砂混じり暗褐色粘土層は、わずかに含有される珪藻遺骸の大半を汽水生珪藻が占めたことやイオウ含有量が0.3%以上を示したことから、堆積環境は汽水域と推定される。

標高+0.48m~+0.85mの黒褐色泥炭質粘土層では、淡水生珪藻が優占し、イオウ含有量も0.1%未満であった。さらに淡水生珪藻として、湿原のミズゴケなどに付着して生育する珪藻 *Eunotia* 属が優占したことから、堆積環境は淡水域それも湿原であったと推定される。

以上の結果と、標高-1.68m~+0.85mの堆積層が整合一連のものとみられることから、香住荒原遺跡では、標高+0.48mを境に堆積物は汽水成から淡水成へと変化したと考えられる。

2. 豊岡盆地における完新世の相対的海水準とテクトニクス

マリニリミットは通常、アイソスタシーの影響による隆起域において、海岸部に残された最高位の海面記録を指す (Pirazzoli, 1996)。日本の沖積層には縄文海進時に形成された海成層が挟在され、多くの場合、その上限は地質学的に得られる完新世マリニリミットの観測値を与える (前田ほか, 1994; Sato et al., 2001)。

香住荒原遺跡では、堆積物中のイオウ含有量および珪藻遺骸群集の分析から、標高+0.48mを境に堆積環境が

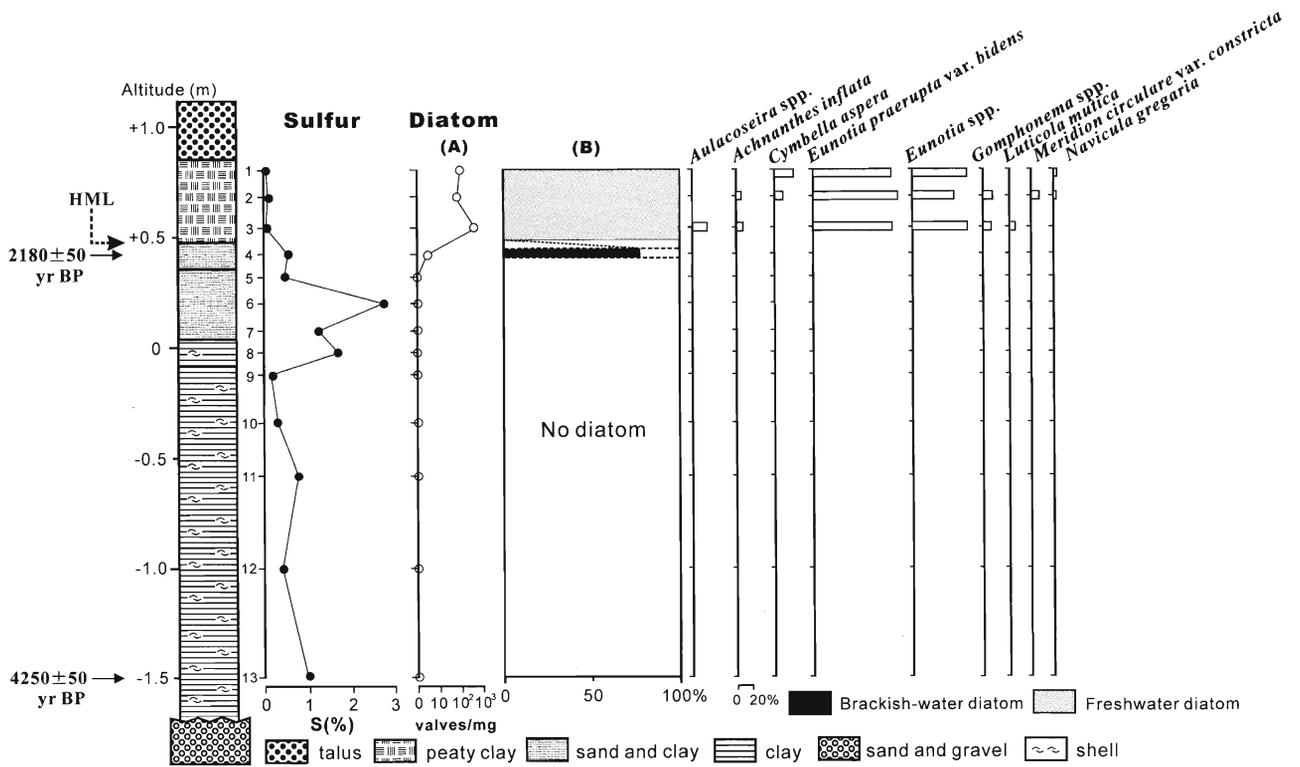


図4 調査露頭の柱状図と堆積物のイオウおよび珪藻分析の結果

汽水域から淡水域に変化したことが示された。さらに標高+0.42mの有機質堆積物の年代測定結果から、本地点における完新世マリニリミットは標高+0.48m(約2150年前)と認定される。豊岡盆地では、中谷においても約3000年前の完新世マリニリミットが得られており、それは貝類遺骸から標高+0.30m、イオウ含有量および珪藻遺骸群集から標高+0.70mと、それぞれ認定されている(佐藤ほか, 1994)。

堆積物中のイオウ含有量および珪藻遺骸群集を指標に認定されたマリニリミットは、貝類群集を指標に認定されたマリニリミットに比べて高く(前田ほか, 1982)、旧海面の高潮位面の高度を示すとされている(Sato et al., 1983; Eronen et al., 1987; Yokoyama et al., 1996)。したがって、マリニリミットから旧海水準を推定するためには、当時の潮位差を考慮する必要がある。

日本列島の日本海側は一般に潮位差が小さく、円山川河口の津居山(図1)における現在の大潮時の平均潮位差は0.26mである(海上保安庁, 1998)。しかし、豊岡盆地にかつて広がった古豊岡湾は内陸奥深くまで入り込んだ峽湾状をなしていた(図1)と推定されており(前田ほか, 1989)、古豊岡湾の潮位差は現在の円山川河口部におけるそれより大きかったと予想される。

貝類遺骸群集と、イオウ含有量および珪藻遺骸群集から認定されるマリニリミットの差異について、前田ほか(1982)は、感潮河川の塩分濃度の異なる水域範囲にあった可能性を考えた。佐藤ほか(1994)は、中谷にお

けるマリニリミットの認定方法による差異(0.40m)が、古豊岡湾における当時の潮位差を反映している可能性を指摘した。こうした研究からみて、2つの認定方法によるマリニリミットの差異は、かつての潮位差を推定する際に有効な指標になりうると思われる。

香住荒原遺跡では、約2150年前の高潮位海面を示すと考えられるマリニリミットは標高+0.48m、堆積物中の貝類遺骸を含有する地層の上限は標高+0.04mであった。このように本調査地点においても、2つの認定方法による海成層の上限(マリニリミット)には、0.44mの差異が認められた。こうした類似から見て、これら2つのマリニリミットの高度差は、当時の潮位差を表していると判断される。したがって、2つの認定方法によるマリニリミットの高度差が各時代の古豊岡湾の潮位差に一致すると仮定すると、約3000年前の相対的海水準は標高+0.50m、約2150年前のそれは標高+0.26mと推定される。

Nakada et al. (1991)は、ハイドロアイソスタシーのモデル計算により、日本列島における約6000年前の相対的海水準の理論値を示した。それによると、豊岡盆地における約6000年前の相対的海水準は標高約1mから徐々に現海水準にまで低下したと予測される。中谷や香住荒原遺跡で推定された約3000年前および約2150年前の相対的海水準は、このモデル計算から予測される変化と調和的であり、豊岡盆地ではハイドロアイソスタシーの影響を大きく上回るような局地的な地殻変動(沈降)

が生じているとは考えにくい。このことは当盆地及びその周辺域に活発な地殻変動を示す地形学的な証拠が認められないことも矛盾しない(岡田・東郷, 2000編)。すなわち、前田ほか(1989)が予測した盆地のゆるやかな沈降は、たとえあるとしても、完新世において顕著に現れるようなオーダーの変化ではないと考えられる。今後さらに豊岡盆地における約6000年前の相対的海水準を明らかにすることで、本地域の完新世後期における地殻変動量を定量的に評価できるであろう。

謝 辞

本研究を行うにあたり、豊岡市出土文化財管理センターの瀬戸谷 皓所長をはじめ、宮村良雄さん、中村由美さん、村岡廣子さんには現地での調査にご協力頂いた。ここに記して厚く御礼申し上げます。

引用文献

- Eronen, M., Kannkainen, T. and Tsukada, M. (1987) Late Holocene sea-level record in a core from the Puget lowland, Washington. *Quat. Res.*, **27**, 147-159.
- 兵庫県土木地質図編纂委員会(1996編)兵庫の地質—兵庫県地質図解説書・土木地質編—。兵庫県, 236p.
- 兵庫県・豊岡市出土文化財管理センター(2000)兵庫・豊岡市・香住荒原貝塚—歴史講演会資料から—。文化財発掘出土情報6月号, 43-45.
- 今村明恒(1925)但馬地震調査報告。震災予防調査会報告, no. 101, 1-30.
- 海上保安庁(1998)潮汐表。財団法人日本水路協会, 454p.
- 粕 武(1992)堆積岩の化学組成による堆積環境の研究—特に硫黄含有量による 識別—。地質調査所月報, **43**, 473-548.
- Krammaer, K. and Lange-Bertalot, H. (1986) Bacillariophyceae 2/1. Naviculaceae. In, Ettl, H., Gerloff, J., Heynig, H. and Mollenhauser, D. (eds.), *Süsswasserflora von Mitteleuropa*. G. Fischer, Stuttgart, 876p.
- Krammaer, K. and Lange-Bertalot, H. (1988) Bacillariophyceae 2/2. Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. In, Ettl, H., Gerloff, J., Heynig, H. and Mollenhauser, D. (eds.), *Süsswasserflora von Mitteleuropa*. G. Fischer, Stuttgart, 876p.
- Krammaer, K. and Lange-Bertalot, H. (1991) Bacillariophyceae 2/3. Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. In, Ettl, H., Gerloff, J., Heynig, H. and Mollenhauser, D. (eds.), *Süsswasserflora von Mitteleuropa*. G. Fischer, Stuttgart, 576p.
- 前田保夫・松田 功・中田正夫・松島義章・松本英二・佐藤裕司(1994)完新世における北海道オホーツク海沿岸の海面変化—海面高度の観測値と理論値について—。山形大学紀要(自然科学), **13**, 205-229.
- 前田保夫・松島義章・佐藤裕司・熊野 茂(1982)海成層の上限(marine limit)の認定。第四紀研究, **21**, 195-201.
- 前田保夫・中井信之・松本英二・中村俊夫・楠 聡・松島義章・佐藤裕司・松原彰子・熊野 茂・黒見充宏・額田雅裕・青木哲哉・古田 昇・小橋拓司・松井 順太郎・河原典史・山下博樹(1989)完新世における山陰海岸東部気比低地(兵庫県豊岡市)の古環境。立命館地理学, no. 1, 1-19.
- Nakada, M., Yonekura, N. and Lambeck, K. (1991) Late Pleistocene and Holocene sea-level changes in Japan: implications for tectonic histories and mantle rheology. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, **85**, 107-122.
- 岡田篤正・東郷正美(2000編)近畿の活断層。東京大学出版会, 東京, 395p.
- Pirazzoli, P.A. (1996) World Atlas of Holocene Sea-Level Changes. Elsevier, Amsterdam, 211p.
- 佐藤裕司(1989)過酸化水素水処理—比濁法による硫黄分析と堆積環境。第四紀研究, **28**, 35-40.
- 佐藤裕司(1995)イオウの分別化学抽出と珪藻分析による古環境解析—兵庫県気比低地のコア堆積物を例に—。第四紀研究, **34**, 101-106.
- Sato, H., Maeda, Y. and Kumano, S. (1983) Diatom assemblages and Holocene sea level changes at the Tamatsu site in Kobe, western Japan. *The Quat. Res. (Daiyonki-Kenkyu)*, **22**, 77-90.
- 佐藤裕司・前田保夫・松本英二・松島義章(1994)兵庫県豊岡盆地中谷における完新世後期の堆積環境と海成層の上限。人と自然 no. 3, 29-36.
- Sato, H., Okuno J., Nakada, M. and Maeda, Y. (2001) Holocene uplift derived from relative sea-level records along the coast of western Kobe, Japan. *Quat. Sci. Rev.*, **20**, 1459-1474.
- 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**, 1041-1083.
- Talma, A.S. and Vogel, J.C. (1993) A simplified approach to calibrating C14 dates. *Radiocarbon*, **35**, 317-322.
- 山崎直方(1925)但馬地震ノ震源調査報告。震災予防調査会報告, no. 101, 31-34.
- Yokoyama, Y., Nakada, M., Maeda, Y., Nagaoka, S., Okuno, J., Matsumoto, E., Sato, H. and Matsushima, Y. (1996) Holocene sea-level change and hydro-isostasy along the west coast of Kyushu, Japan. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, **123**, 29-47.

(2002年7月13日受付)

(2002年12月5日受理)