

## コア S J 96 の概要と宍道湖の古環境変遷

高安克己<sup>1</sup>・出雲古代景観復元チーム<sup>2</sup>

### Holocene environmental change of a coastal lagoon, Shinji-ko, southwest Japan, based on the analyses of the Core SJ96

Katsumi Takayasu<sup>1</sup> and the Team for Reconstruction of Ancient Environment in Izumo Province<sup>2</sup>

**Abstract:** For clearing the Holocene environmental change, a core sample, SJ96, drilled in the coastal lagoon, Shinji-ko, southwest Japan, is examined by soft X-ray photo observation, and analysed for water content, loss of ignition, total nitrogen content, total organic carbon content and total sulphur content. The Holocene deposit of the core, Nakaumi Formation, is 14.83m in thickness and is divided into 5 units, I, II, III, IV and V in ascending order. The unit IV is divided into 3 subunits, IV-L, IV-M and IV-U from the lower to the upper. The unit I and II show a brackish water environment with much terrigenous material. The unit III has the highest saline environment in the core and some species of molluscs are present indicating a bay environment. The organic matter of planktonic origin is dominant, indicating high primary productivity. The unit IV, characterised by the occurrence of many juvenile shells of *Potamocorbula* sp., is a closed lagoon environment with rather low primary productivity. The K-Ah tephra (about 6300yr.B.P.) is intercalated in the lower part of the unit IV-L. The average ratio of sedimentation is smaller in the upper part of the K-Ah tephra than in the lower part of it. The unit V is deposited after the Hii River flowed directly into the Shinji-ko. The average sedimentation ratio of this unit is more than twice of the previous unit. Plenty of nutrients have been transported by Hii River, due to which the primary productivity in Shinji-ko becomes high and the organic matter of planktonic origin become predominant in the bottom sediments.

**Key words:** Holocene environmental change, coastal lagoon, C-N-S analyses, Shinji-ko, Jomon transgression

### はじめに

これまでに宍道湖で行われた調査ボーリングのうち、完新統の基盤にまで達するコアで古環境復元を目的に分析されたものには、1960年代に工業技術院地質調査所が掘削した SB1 と SB2, および 1987年に建設省出雲工事事務所が掘削した BP1 がある

(図1)。SB1 と SB2 については水野ほか(1972)が層序学的な記載と対比について検討し、三梨・徳岡編(1988)の「中海・宍道湖 地形・底質・自然史アトラス」の中で、水野が肉眼的記載の詳細と間隙水の塩素イオンおよび炭酸イオン濃度の分析結果について公表している。また、大西(1977)、大西ほか(1990)は同じコアで花粉分析を、紺田・水野

<sup>1</sup> 島根大学汽水域研究センター

Research Center for Coastal Lagoon Environments, Shimane University, Matsue 690-8504, JAPAN

<sup>2</sup> 井川浩子, 立見博俊, 船来桂子 (以上, 島根大学), 松本岩雄, 佐伯徳哉, 野々村安浩 (以上, 島根県古代文化センター)

Hiroko Igawa, Hirotoishi Tatsumi, Keiko Funaki; Shimane University.

Iwao Matsumoto, Noriya Saeki and Yasuhiro Nonomura; Center for Studies of the Ancient Culture, Shimane Prefecture

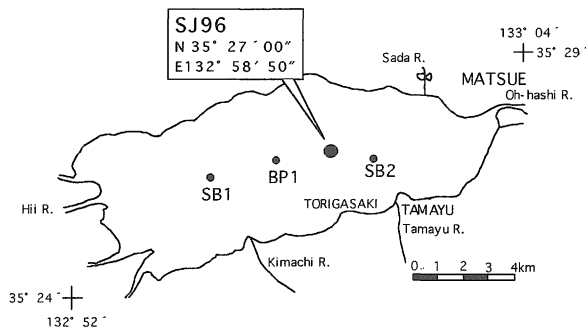


図 1. SJ96 の位置

Fig.1 Map showing the drilling site of the core SJ96.

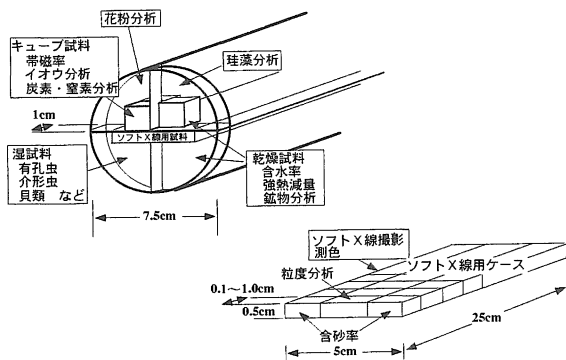


図 2. コアの分割

Fig.2 Division of the core samples.

(1987) は有孔虫分析を行っている。最近では SB1 と BP1 について中村・徳岡 (1997) が喜界アカホヤ火山灰の産出層準を確認し、各コア間の対比を行っている。また、BP1 については前本ほか (1989) が有孔虫分析を、大西ほか (1990) が花粉分析を行っている。

今回報告するコアは、島根県古代文化センターが古代出雲地方の自然景観復元に関する研究の一環として 1996 年に完新統の基盤まで掘削して採取したもので、同センターの客員研究員でもある高安がこれをもとに環境変遷について検討することになった。分析は島根大学汽水域研究センターの出雲古代景観復元チームが当たることになったが、貴重な試料であることに加えて試料数が多いため、古代文化センターの同意を得て、平成 5~7 年度文部省基盤研究 A (1) 「海跡湖堆積物からみた汽水域の環境変化—その地域性と一般性—」(代表; 高安克己) のメンバーにも共同研究の一環として分析を分担してもらうことにした。いずれそれらの結果が出そろった段階で改めて古環境変遷について検討を行う予定であるが、ここでは、コアの肉眼および軟 X 線写真観察と古代出雲古環境復元チームがこれまでに行ったいくつかの分析結果について紹介し、今後、

本コアを分析・検討していく上での資料としたい。

本コアについて、このような方法で分析を進めることに快諾して下さった島根県古代文化センターに深謝するしだいで。また、分析結果について貴重なご意見とご教示をいただいた島根大学総合理工学部三瓶良和博士と汽水域総研のメンバーの方々にも厚く御礼いたします。

## コアの採取および分割、および分析方法

ボーリング地点は湖心よりやや東寄りの島根県八束郡玉湯町鳥ヶ崎沖約 2.1km で、北緯 35° 27' 00"、東経 132° 58' 50"、水深 5.7m である。採取作業はボーリング地点に設置されたスパット台船式足場の上で 1996 年 10 月 16 日~30 日にかけて、株式会社シマダ技術コンサルタント安来支社によって行われた。コアは固定ピストン式シンウォールサンプラーで 80cm 前後ずつ油圧機によって押し込みながら連続的に採取された。

コアチューブは実験室においてコア押し出し装置によって桶状トレイに移され、分析用試料として図 2 に示すように分割された。コアを押し出す際に数 cm の範囲内で収縮が起こる場合である。その場合には試料分割を収縮した状態で行った後、採取現場で記録された各コアチューブごとのコア長に応じて試料の分割位置を按分した。

試料分割の過程で肉眼観察による試料の色や粒度、構造などが記載される。また、一部は 50mm x 250mm x 5mm のアクリルケースに切り取り、軟 X 線写真撮影を行い、堆積層の内部構造やバイオターベーションの状況、貝類などの混入状況などを観察した。残りの試料については 1cm ごとに分割したものと、23mm 立方 (7.18ml) の古地磁試料用キューブに約 1.2cm ごとに 2 列に半分ずつ重複しながら分取したものとに分け、図 3 に示すような流れ図に沿って測定および分析を開始した。

今回は、肉眼および軟 X 線写真観察結果と含水比、強熱減量 (LOI)、全有機炭素量 (TOC)、全窒素量 (TN) および全硫黄量 (TS) の分析結果について述べる。

含水比は、試料を 70℃で一昼夜以上乾燥させ、湿重量と乾燥重量の差を乾燥重量で除した値 (%) とした。JIS による定法では 110℃で乾燥することになっているが、これに従うと試料が固結してしまい、その後の一連の分析処理に不都合が生じる場合があるので、ここでは乾燥温度を 70℃としている。また、含水比を測定した乾燥試料の一部を分取し、600℃で 2 時間、電気炉で強熱した後、デシケータの中で常温まで冷ましてから秤量し、乾燥重量と強

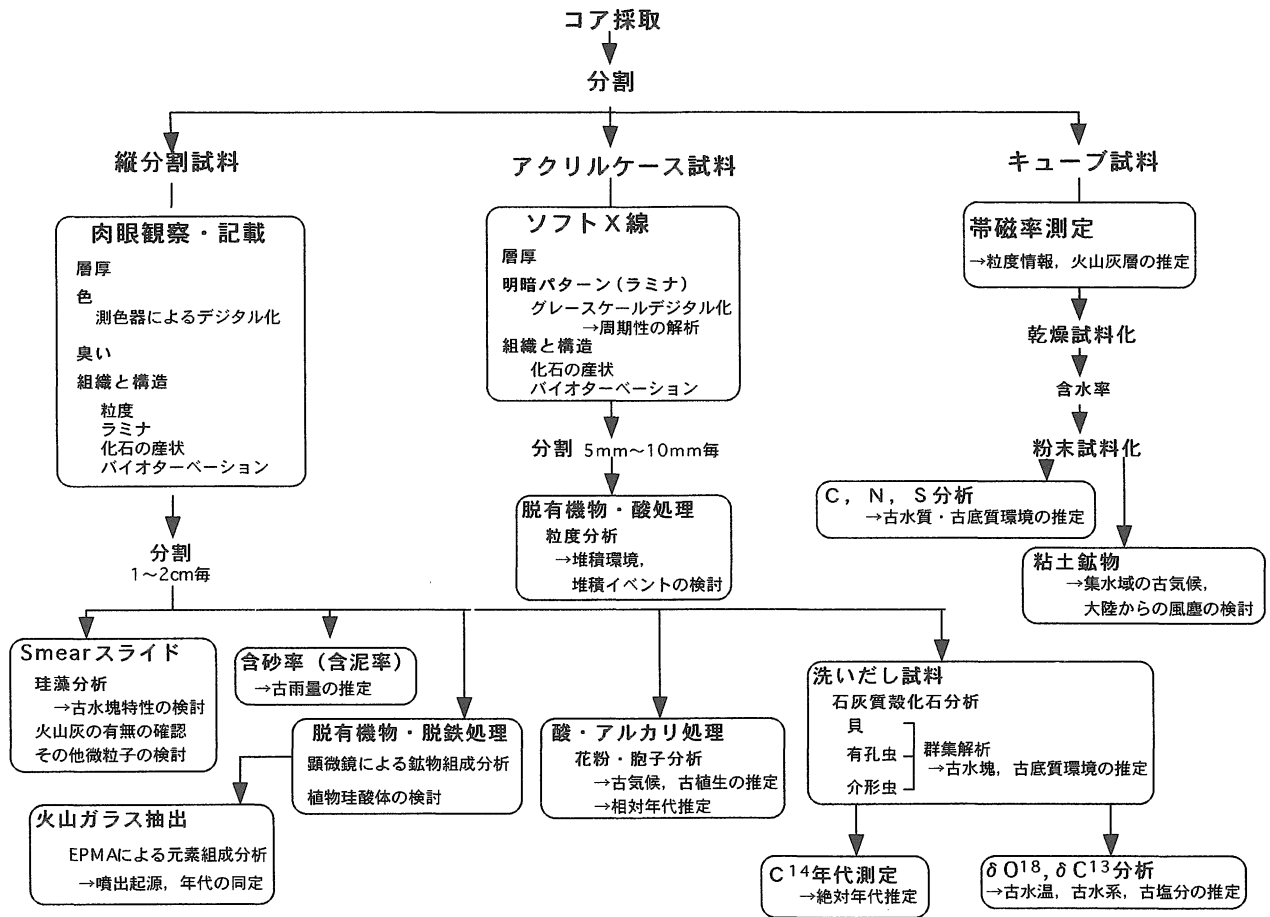


図3. 環境コア分析の流れ  
Fig.3 Flow chart showing the core sample analysing procedure.

熟後の重量の差を乾燥重量で除した値 (%) を強熱減量とした。TOC, TN, TS については、粉末にして均一化した乾燥試料を約 15mg 分取し、銀コテナに入れて 1 規定塩酸で貝殻起源等の無機態炭素を取り除いた後、FISONS 社 (旧カルロエルバ社) 製 CHNS コーダ EA-1108 型により分析した。標準試料として BBOT を使用した。

### コア試料の観察および分析結果

採取されたコアの全長は 23m である。このうち表層から 14.83m までは完新統の中海層 (三位, 1962), 14.83~21.90m は上部更新統の安来層 (三位ほか, 1969), 21.90m 以深は松江層あるいは布志名層に対比される中部中新統基盤岩である。各コアチューブごとの軟 X 線写真と記載については付図を参照されたい。また、含水比, LOI, TN, TOC, TS の垂直分布については図 4 に示した。なお、採取時においてボーリング孔内のスライムを除去する際にコアチューブ内の試料の最上部数 cm~10 数 cm

を乱してしまう場合がある。軟 X 線写真観察でこのような状況が確認された場合には、その部分の分析データは除外してある。

中海層は、肉眼では全体に黒色からオリーブ黒色、あるいは暗オリーブ灰色を呈しており、シルト優勢の軟弱な地層である。ここでは上記の観察・分析結果から、中海層を下位より I~V のユニットに分け、IV についてはさらに下部 (L), 中部 (M), 上部 (U) のサブユニットに細分した (表 1)。以下、それぞれの特徴について述べる。

#### a. ユニット I

中海層の基底 (深度 14.83m) から深度 14.29m。最下部には基盤の安来層の凝灰質シルト層のラグ状礫を含む厚さ 14cm の砂層があり、その上位に厚さ約 40cm の有機質泥層が重なる。この泥層は分割直後は黒色であるが、すぐに酸化して褐色に変色する。含水比は他のユニットに比べて低い値を示し、砂層の上部で極大値 (84.6%), 泥層内で極小値 (49.9%) をとる。LOI, TN, TOC, TS はいずれも上位に向かって急上昇し、とくに TOC は中海層内で最大値 (5.9%) を示す。

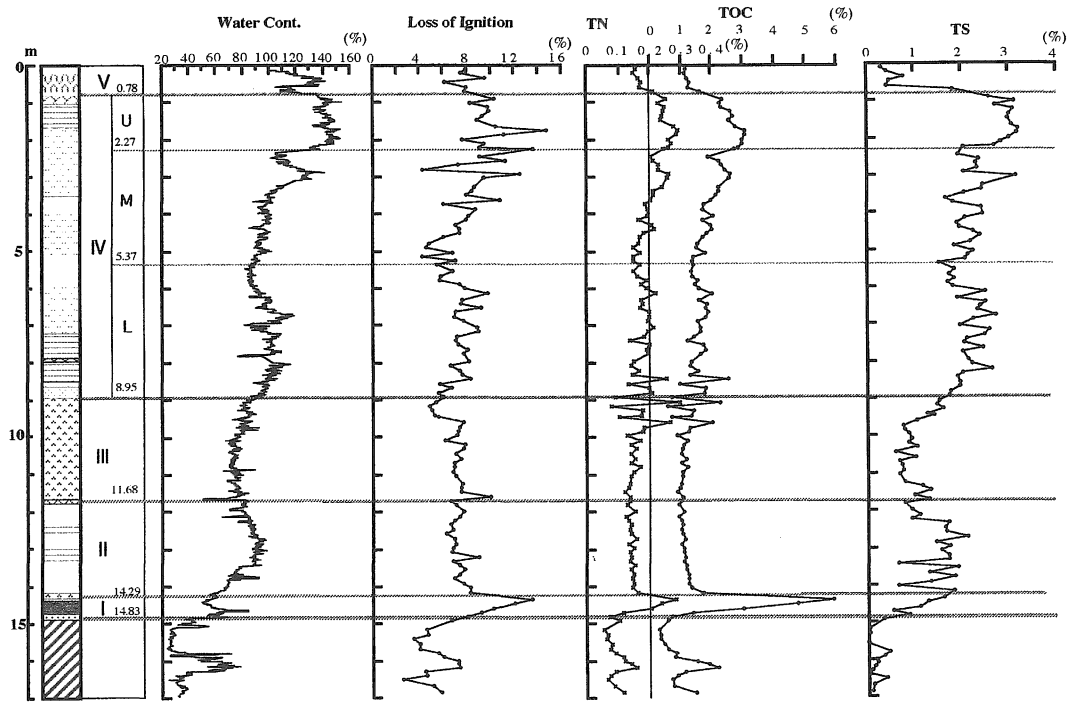


図4. 含水比，強熱減量，全窒素量，全有機炭素量および全イオウ量の垂直変化

Fig.4 Vertical profiles of water content, loss of ignition, total nitrogen -, total organic carbon - and total

#### b. ユニットII

深度 14.29～11.68m. 植物片が多いシルトで，深度 12.35～12.58m, 12.87～13.17m および 13.24～14.44m には不明瞭な平行ラミナ状構造が認められる．深度 12.38m には *Fluviocingula elegantula* (A.Adams) (カワゲツツボ) とされる微小な巻貝が検出された．また，深度 14.20～14.25m には *Corbicula japonica* Prime (ヤマトシジミ) が密集して産出した．

含水比は深度 13m 前後で比較的高く，最高で 98.2% (深度 13.04m) の値をとる．これより上位に向かって 80% 前後まで徐々に低下する．LOI は 7% 前後で一部を除いて比較的安定し，TN と TOC もそれぞれ 0.15% 前後，1.0% 前後の低い値を示しながら変動が少ない．TS は変動が大きいながらも相対的に高い値を示し (深度 12.75m で極大値 2.10%) ，コア全体で見るとこの層準で一つの山をつくっている．ただし，12.24m 以浅では 1% 前後に低下する．

#### c. ユニットIII

深度 11.68～8.95m. 最下部の深度 11.68～11.63m は植物片を多く含む中粒砂混じりシルトで，この層の下底は明瞭に下位層と境されるのに対して上面は上位層と漸移する．前述したように，この層準以下では植物片等の有機物が目立つようになる．また，これより上位では貝殻片が多いシルトになる．貝殻は大部分が破片であり，後述するユニットIVのように貝がラミナ状に密集することもほとんどない．種

名または属名が同定できた貝は，深度 9.1～9.2m 付近の *M. incongrua* と *Natica* sp. (タマガイの一種)，深度 10.44cm 付近の *Moerella rutila* (Dunker) (ユウシオガイ)，深度 10.78m と 11.24m の *Cadella delta* (Yokoyama) (クサビザラガイ)，深度 10.90m の *Fulvia hungerfordi* (Sowerby) (チゴトリガイ)，および深度 11.41m の *Paphia undulata* (Born) (イヨスダレガイ) であった．この他にウニの破片や有孔虫も含まれることが確認された．

含水比は最下部の砂混じりシルトで 50.4% の極小値をとる．また，コア全体で見てもこのユニットは相対的に値が低く (70～80%) で，谷の部分に相当する．LOI は最下部で 10.0% の極大，9.44m 以浅で 5% 前後の値をとるが，それ以外の層準では 7% 前後で比較的安定している．TN と TOC は 10m 以深では下位ユニットから引き続きそれぞれ 0.15% 前後と 1.0% 前後の値を示すが，10m 以浅では急に変動幅が大きくなり，それぞれ 0.08～0.27%，0.59～2.02% の値をとる．TS は深度 10～11m で 0.8% 前後の低い値をとり (極小値は深度 10.46m で 0.59%) ，コア全体で谷の部分構成する．

#### d. ユニットIV

深度 8.95～0.78m. 全体に小型の貝を含むシルトであるが，含水比，LOI，TN，TOC，TS はいずれも深度 5～6m 付近で相対的に低い値を示すため，このユニット全体で大きく 2 つの山に分けられる．また，上位の山では 2.3～2.4m 付近に含水比と TN，

表 1. 宍道湖コア SJ96—中海層—の層序区分とその特徴

Table 1. Stratigraphical summary of the core SJ96.

ユニット	深度(m)	特 徴	
V	(0)   0.78	バイオターベーションが特に中部に発達。 含水比; 下部は低 (110%±)・中部は高 (140%±)・上部は徐々に低, LOI; 普通 (6~10%), TN; 低 (0.17%±), TOC; 低 (1.3%±), TS; かなり低 (0.5%±)。	
IV	U	0.78 	上部にクロスラミナ, 中部に不明瞭な平行ラミナ。1.76m以深に <i>Potamocorbula</i> sp. 含水比; 高 (140%±), LOI; 上部はやや高 (8~10%)・下部は高 (10~15%), TN; 下部は非常に高 (0.3%)・上部は高 (0.25%±), TOC; 下位に向かって高 (3%±), TS; 高 (3%±)。
		2.27	2.5~3.0mと4.0~4.6mで <i>Potamocorbula</i> sp. がラミナに沿って密集。 下部はやや砂質。 含水比; 3m±に極大 (140%±)・下位に向かって徐々に低 (100~90%), LOI; 変化大きく下位に向かって低 (14~4%), TN・TOC・TS; いずれも3m±に極大 (各々0.27%, 2.6%, 3.1%)・下位に向かって徐々に低。
	M	2.27 	2.5~3.0mと4.0~4.6mで <i>Potamocorbula</i> sp. がラミナに沿って密集。 下部はやや砂質。 含水比; 3m±に極大 (140%±)・下位に向かって徐々に低 (100~90%), LOI; 変化大きく下位に向かって低 (14~4%), TN・TOC・TS; いずれも3m±に極大 (各々0.27%, 2.6%, 3.1%)・下位に向かって徐々に低。
		5.37	2.5~3.0mと4.0~4.6mで <i>Potamocorbula</i> sp. がラミナに沿って密集。 下部はやや砂質。 含水比; 3m±に極大 (140%±)・下位に向かって徐々に低 (100~90%), LOI; 変化大きく下位に向かって低 (14~4%), TN・TOC・TS; いずれも3m±に極大 (各々0.27%, 2.6%, 3.1%)・下位に向かって徐々に低。
L	5.37 	上部と下部やや砂質。中部 (7.83m) にK-Ah。6.2~6.7mで <i>Potamocorbula</i> sp. がラミナに沿って密集。 含水比・LOI; いずれも中部でやや高 (各々100~120%, 7~10%)・上下位に向かって低, TN・TOC; やや高 (各々0.2%, ±2%±)・下部で変動幅大, TS; 中部でやや高 (2~2.5%)・上下位に向かって低。	
	8.95	上部と下部やや砂質。中部 (7.83m) にK-Ah。6.2~6.7mで <i>Potamocorbula</i> sp. がラミナに沿って密集。 含水比・LOI; いずれも中部でやや高 (各々100~120%, 7~10%)・上下位に向かって低, TN・TOC; やや高 (各々0.2%, ±2%±)・下部で変動幅大, TS; 中部でやや高 (2~2.5%)・上下位に向かって低。	
III	8.95   11.68	全体にわずかに砂質。 <i>Macoma incongrua</i> , <i>Moerella rutila</i> , <i>Cadella delta</i> , <i>Fulvia hungerfordi</i> , <i>Paphia undulata</i> の他, ウニ, 有孔虫など。 最下部5cmは中粒砂混じりシルト。 含水比; 低 (70~80%), LOI; 普通 (7%±)・最下部で極大 (10.1%), TN・TOC; いずれも低 (各々0.15%, ±1%±)・最上部で変動幅大, TS; 低 (0.8%±)。	
II	11.68   14.29	植物片多いシルト。ところどころに不明瞭な平行ラミナ。 <i>Fuluviocingula elegantula</i> , 最下部に <i>Corbicula japonica</i> 。 含水比; 中部でやや高 (90%±) 上下位に向かって低 (最下部で60%±), LOI; 普通 (7%±), TN・TOC; いずれも低 (各々0.15%±, 1%±), TS; やや高 (1.7%±)・下部で変動幅大。	
I	14.29   14.83	有機質泥。下部に砂層。 含水比; 低 (50~80%), LOI・TN・TOC; 上位に向かって急に高・いずれも最上部で極大 (各々13.5%, 0.29%, 5.9%), TS; 上位に向かって高。	
安来層	14.83~	火山灰, シルト, 砂など。	

TOC, TS の一時的な減少層準があり, これを境にさらに2つの山に分かれる。そこでこのユニットを下部, 中部, 上部に細分した。

下部 (IV-L; 深度 8.95~5.37m); 深度 8.95~8.60m はやや砂質で, コアチューブ番号 SJ96-12 の最上部の深度 8.75~8.70m に相当するスライム状の砂質シルト中から比較的保存の良い *Macoma incongrua* (Martens) (ヒメシラトリガイ) が1個体検出され

たのみで, 貝化石は含まれない。深度 8.60~7.30m 付近には不明瞭な平行ラミナ状構造がみられ, その中に小型の二枚貝が点在し, 深度 8.28m には巻貝の幼貝 (種不明) がただ1個体のみ検出された。小型の二枚貝は後述するように *Potamocorbula* sp. (ヌマコダキガイの一種) の幼貝と思われる。

深度 7.83~7.84m に火山灰層が挟まれる。この火山灰層には Bubble wall 構造を持った火山ガラスが

多量に認められ、また、褐色を帯びた火山ガラスや少量の普通輝石とシソ輝石が含まれる。これらの特徴は喜界アカホヤ火山灰 (K-Ah 火山灰) のそれに一致する (町田・新井, 1992)。

K-Ah 火山灰層よりも上位の層準では小型二枚貝がより頻繁に含まれるようになる。とくに 6.08m, 6.23~6.50m, 6.55m, 6.60m, 6.66m および 6.97m の深度ではラミナに沿って貝殻が密集する。これらの貝はほとんどが殻長 7~8mm の *Potamocorbula* sp. の幼貝で、まれに殻長 15mm 以上の成貝に近い個体が含まれる。また、殻の保存はきわめて良く、ほとんどが合殻の個体である。

含水比は深度 6~8m で 100~120%の比較的高い値をとるが、K-Ah 火山灰層準や深度 7m 付近の若干砂質の層準では 80%前後に下がる。LOI もばらつきはあるが 6~8m で 7~10%と比較的高い。TN と TOC は K-Ah 火山灰層準以下では下位ユニットから引き続いて変動幅が大きい。K-Ah 層準以上 6m まではそれぞれ 2%前後と 0.2%前後でやや高い値を示す。TS も 8~6m で 2~2.5%の山をつくる。

中部 (IV-M; 深度 5.37~2.27m) ; IV-L と同様、貝殻を多く含むシルトで、深度 2.30m, 2.60m, 2.72m, 2.85m, 2.99m, 3.43m, 4.06m, 4.19m, 4.32m, 4.44m, 4.56m, 5.03m に *Potamocorbula* sp. 幼貝の密集層がみられる。貝の産状も IV-L と同様である。

含水比は IV-L との境界で 80%台の低い値をとるが、上位に向かって漸増し、深度 3m 付近で一度ピークを示す (極大値 130.0%, 深度 2.95m)。その後急減し、IV-U との境界付近では 100%近くまで落ち込む。LOI も変動は激しいが上位に向かって全体に増加傾向がみられ、深度 2.93m で極大値 12.5%を示す。しかしその直上の深度 2.81m で 4.30%まで急減し、再び IV-U との境界に向かって増加する。TN, TOC, TS もともに深度 3m 付近の極大値 (それぞれ 2.93m で 0.27%, 2.93m で 2.61%, 3.04m で 3.15%) に向かって増加し、IV-U との境界直下の 2.46m で極小値 (それぞれ 0.21%, 1.91%, 1.96%) をとる。

上部 (IV-U; 深度 2.27~0.78m) ; 深度 1.07~1.55m には不明瞭な平行ラミナ状の構造が、また、深度 0.95~1.04m にはクロスラミナが認められる。深度 1.76m に *Potamocorbula* sp. がラミナに沿って密集する部分があり、これより上位では貝が含まれない。

含水比は 140%前後でコア全体で最も高く、LOI も深度 1.77m で 14.8%の最高値を示す。TN, TOC, TS もこの付近でピークを示し (それぞれ深度 1.77m で 0.29%, 深度 1.88m で 3.10%, 深度 1.77m で 3.21%)、上位に向かって減少する。

#### e. ユニットV

深度 0.78m 以浅。バイオターベーションが顕著

で、とくに深度 0.60~0.20m 付近は径 2~3mm, 長さ数 cm のチューブ状をした生痕と思われる穴が不規則にあいている。また、深度 0.35~0.40cm 付近は炭質物が目立つ。

含水比はこのユニットの下部で 108.9%まで減少するが 0.44m で再び 142.39%のピークを示し、その後最上部に向かって 100%近くに落ち込む。LOI は 6~10%の範囲で変動し、TN と TOC はそれぞれ 0.22~0.15%, 1.66~1.15%で上位に向かってわずかに減少傾向を示す。TS も下位のユニットから 1%以下に急激に落ち込む。

## 考 察

現段階では各試料の分析結果が十分に整っていないので、結論を急ぐことはさけるが、これまでの観察と分析結果からいくつかの点について予察的考察を加えておく。

#### a. *Potamocorbula* sp. について

ユニットIVから産出する小型二枚貝化石について、本報告では *Potamocorbula* sp. の幼貝に同定した。既存のコア SB1 と SB2 でもほぼ同層準から小型二枚貝が同様の産状で産出し、それらは *Potamocorbula amurensis* (Schrenck) (ヌマコダキガイ) に同定されたり (水野ほか, 1972), *Cryptomya* sp. (ヒメマスオガイ属の一種) に同定されたりしていた (水野, in 三梨・徳岡, 1988)。 *Potamocorbula* 属も *Cryptomya* 属も *Myoida* (オオノガイ) 目に属する内湾~汽水棲の中~小型の二枚貝で、幼貝段階では外形がやや類似する。しかし、前者は不等殻で右殻が左殻を抱き、右殻に牙状のこう歯があることで後者とは区別される。SJ96 から産した二枚貝化石は明らかに前者の特徴を持っており、 *Potamocorbula* 属に同定される。SB1 と SB2 のものも *Potamocorbula* 属である可能性が高いが、再検討に供することができる標本に欠いている。

日本産 *Potamocorbula* 属の在来現生種は、これまで *P. amurensis* が知られている。この種は北海道、本州東北地方の低塩分の汽水湖に生息し、絶滅が危惧される氷期の依存種であるとされてきたが (波部, 1994)、最近、茨城県潤沼でも生息し、個体数が増加傾向にあることが報告された (堤ほか, 1997)。また、有明海には外来種の *P. cf. laevis* (Hinds) (ヒラタヌマコダキガイ) が生息している (堀越・岡本, 1994)。土田・岡村 (1997) はこの2種に上海・揚子江河口域産の *P. ustulata* (Reeve) (コゲヌマコダキガイ) も加えて相互の形態的な相違について言及している。

SJ96 産の *Potamocorbula* はこれらの中で形態的に

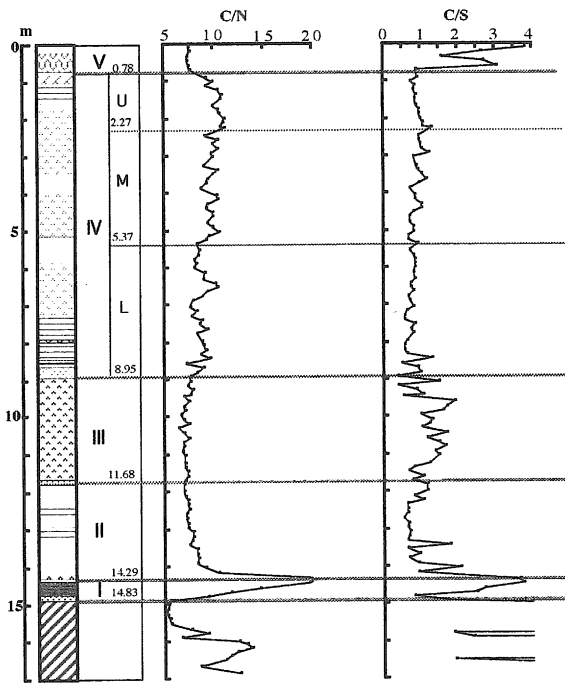


図 5. C/N 比と C/S 比の垂直変化  
Fig.5 Vertical profiles of C/N and C/S ratios.

は *P. laevis* に類似するが、土田・岡村 (1997) も述べているように、これらは個体変異が大きいために貝殻の形態的な特徴からの区別は難しい。しかも、SJ96 産の標本の大部分が幼貝であることが、種の同定をさらに困難なものにしている。

問題は、なぜ幼貝ばかりなのか、ということである。淡水と塩水による密度成層が形成されやすい閉鎖的汽水域では、毎年夏季に貧酸素水塊が底層に停滞し、幼貝の大量弊死が起こりやすいことが古くから指摘されている (宮地・波部, 1947)。おそらく、ユニット IV の時期には密度成層が生じやすい閉鎖的汽水域になっていたものと推定される。また、幼貝密集層は深度 2.5~3.0m および深度 4.0~4.6m で 12~14cm 間隔で、深度 6.2~6.7m 付近で 6cm 以下の間隔で見られる。このことは、上記のような環境が周期的に発生していた可能性を示しているかもしれない。さらに、森田ほか (1998) が指摘するように、幼貝の多産層準には珪藻が出現しないことも興味深い事実である。今後、ほかの分析データが出そろった段階で、この問題について再検討したい。

b. 古環境変遷について

図 4 に示された各分析項目の垂直方向の変化のうち、含水比と TS はかなりよく似たパターンを示す。また、ユニット IV 以上では LOI, TN, TOC も含水比や TS と比較的類似している。含水比は堆積物の粒度と比較的良い相関を持っていることが従来のデータから分かっている (丹後ほか, 1996 など)。一般に、細粒になると空隙率が増加するため含水比

は大きくなり、粗粒の場合はその逆で含水比は小さくなる。SJ96 では大局的にみてユニット II, IV-L および IV-U で含水比が大きくなるので、細粒化の時期が 3 回あったことになる。また、粒度変化を堆積速度の変化として読み代えた場合、TS の変化とユニット IV 以上の各分析値の変化は堆積速度の変化に依存しているとみることができる。

三瓶ほか (1996) および Sampei *et al.* (1997a) も中海のコアにおける TOC, TN および TS の値の変化は、概ね堆積速度に依存していることを指摘している。そして、6000~7500yr.B.P.の温暖期には堆積速度が速く、2000~3000yr.B.P.の冷涼期には堆積速度が遅かったと述べている。さらに Sampei *et al.* (1997b) では宍道湖周辺や神西湖のコア分析の結果も加えて各分析値の変化について同様な議論をしている。今回の SJ96 については年代測定結果がまだ出ていないので不確かさは残るが、6300yr.B.P.とされる K-Ah 火山灰層を含むユニット IV-L では細粒化傾向がみられ、むしろ堆積速度が相対的に遅かったと推定される。

TN, TOC, TS 等の値が堆積速度に依存している場合は、それぞれの絶対値を比較するのではなく、C/N 比や C/S 比で堆積物中に取り込まれた有機物の起源や、水塊や底質の酸化・還元状態を議論する方法がとられてきた (図 5)。しかし、Sampei *et al.* (1997a,b) は TN の中には無機物起源の窒素も含まれているため、TN-TOC 散布図から得られる TN の TOC に対する回帰直線の傾きの逆数を平均 C/N 比として議論すべきであると主張している。そこで、SJ96 においても各ユニットごとの TN-TOC 回帰直線から平均 C/N 比を求めて古環境を考察することにする。

図 6 に示したように TN-TOC 回帰直線はいずれも比較的良い相関係数を示し、ユニット I, II, III, IV-L, IV-M, IV-U, V の平均 C/N 比はそれぞれ 25.6, 25.0, 8.00, 11.2, 10.9, 17.9, 7.81 である。ただし、ユニット IV については L, M, U とともに TOC の変化幅があまり大きくないので、実際にはまとめて議論した方がよいかもしれない。その場合、ユニット IV 全体の回帰直線は  $TN=0.075TOC+0.059$  ( $R=0.950$ ) になり、平均 C/N 比は 13.3 である。

C/N 比は有機物の起源を推定する上で重要な指標であり、三瓶 (1997) は一応の目安として TOC が 1% 以上の場合 C/N 比が 15 以上を陸源有機物優占、9 以下をプランクトン起源有機物優占、9~15 を中間的なもの、としている。これに従えば、ユニット I と II は明らかに陸源有機物起源であり、肉眼観察結果とも一致する。また、ユニット III と V はプランクトン起源が優占し、ユニット IV は概ね中間的 (IV-U は陸源有機物がやや優占か?) とみなせる。縄

文海進の初期にあったユニット I ではまだ水域が狭く、SJ96 地点は陸からの影響を直接受けやすい場所にあったと思われる、その状況は海進が進み、水域が広がって細粒碎屑物が堆積するようになったユニット II の時期にも引き継がれていた、と考えられる。

ところで、TS の主要部分は硫酸還元菌による有機物分解の結果、析出した硫化鉄やパイライト中のイオウである。しかし、Sampei *et al.* (1997b) はこの分解過程においてもプランクトン起源有機物と陸源有機物とでは差があるため、結局、TS も有機物の起源に依存するとしている。そして、TS-TOC 回帰直線の傾きが神西湖の試料では中海や宍道湖周辺のそれよりも大きな値を示す理由として、神西湖は堆積速度が速いために、硫酸還元バクテリアに利用されやすいプランクトン起源有機物が速やかに堆積して酸化分解を免れたためである、としている。

SJ96 のコア試料についても各ユニットごとに TS-TOC 散布図を比較してみる。図 7 をみてわかるように、TN-TOC 散布図のような明瞭な直線回帰はユニット I 以外ではみられない。ユニット I は Berner (1984) で示された酸化的 Normal Marine 領域にプロットされるが、層相は有機質泥でありコア分割時の状況とも矛盾する。大量の陸源有機物を含む泥が堆積した後、何らかの原因により急速に埋め立てられ、酸化層から隔離されたため、分解が十分に進行しなかった、と考えられないだろうか？現状ではこれ以上議論を深めるための資料を欠いている。今後の課題としたい。

ユニット I 以外の大部分は Sampei *et al.* (1997a) の貧酸素的な沿岸汽水湖の領域に入る。ユニット II

以降の相対的な酸化還元状態を推定するために、図 5 の C/S 比の層序的变化を検討する。

ユニット II の下半部で大きく変化しながら C/S 比の値は低下し、深度 13m 前後で 1 前後の極小値の状態がしばらく続く。深度 13m 前後には不明瞭ながらも平行ラミナがみられ、含水比から細粒化が進んだと考えられることも、低い C/S 比で示されるような貧酸素環境の出現を支持している。その後再び上昇し始め、ユニット III で 2 前後の比較的高い値を示す。

ユニット III は平均 C/N 比が低く、プランクトン起源有機物の割合が多かったものと考えられる。前述したように、この層準には SJ96 コアでは最も塩分が高かったことを示す貝化石が産出するので、栄養塩はむしろ海側から供給されたと考えられる。当時の古宍道湾（徳岡ほか、1990）は西に開いた内湾で、湾口付近に斐伊川や神戸川の河口があったことを考慮すると、栄養塩に富んだ比較的高い塩分の水塊がこの湾の奥に存在していたとしても良いであろう。ユニット III の最上部からユニット IV-L の最下部にかけて C/S 比は激しく変動しながら低下する。これは、湾奥部が断続的に閉鎖的な水域に変わったことを暗示しており、その原因としてこの時期に斐伊川河口の三角州や湾口の砂州が急速に発達してきたことが考えられる。この現象は Sampei *et al.* (1997a,b) が指摘した縄文海進期の温暖期の（降水量の増加に対応した）堆積速度の増加に対応しているかも知れない。

西方の湾口部がこの時期の完全に閉じられたかどうかは不明である。少なくともかなり埋積が進み、

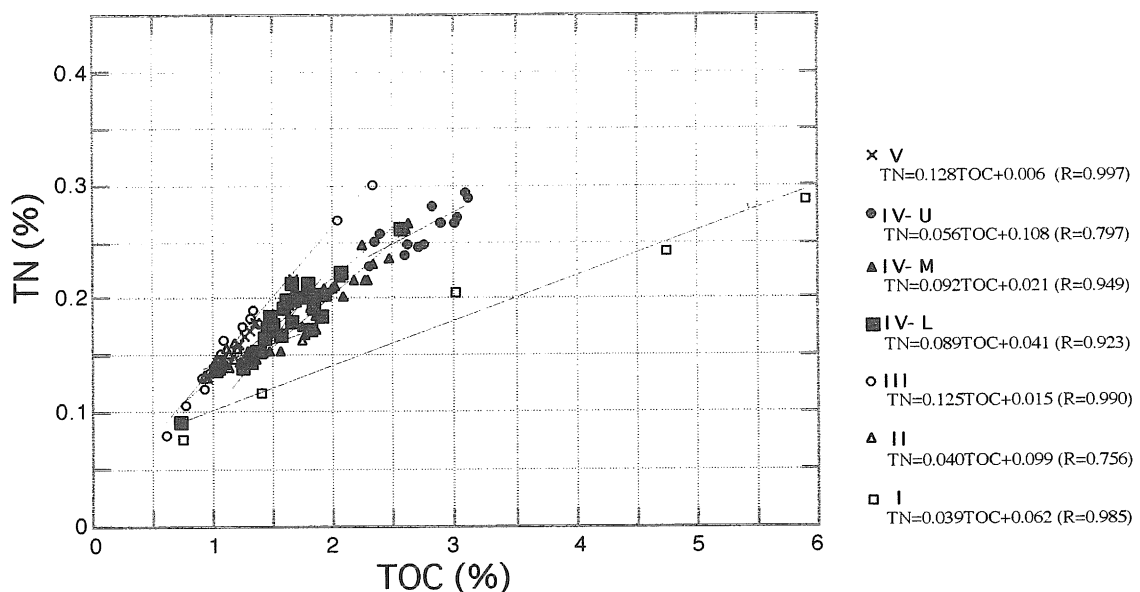


図 6. 全窒素量—全有機炭素量散布図

Fig.6 Scatter diagram of total nitrogen content on total organic carbon content.



西方から海水進入の直接の影響はほとんどなくなったと言ってよいだろう。同時に斐伊川からの影響も、この閉鎖的水域にはみられなくなる。ユニットIVの平均 C/N 比の値は、とくにプランクトン起源が優占していたとは言えず、また、陸源有機物の影響もこの閉鎖的水域にはとくに顕著でなかったことを示している。一方、縄文海進高海面期には現在の大橋川筋の水道を通して中海と連絡するようになったとされる(中村ほか,1996)。しかし、この水道の水深は現在、塩楯島付近に露出している基盤高度からみても数 m 以内と推定される。K-Ah 火山灰の深度などから当時水深が 15m 程度あったと考えられる宍道湖域からみると、東方の水道も海水の交換にとっては大きなバリアになっていたに違いない。

おそらく、ユニットIVのほとんどの期間を通じて、この閉鎖的水域には斐伊川などの大きな河川から大量の淡水が流入することもなく、また、底層水への新鮮な海水の供給もないような、特殊な環境が続いていたものと考えられる。Potamocorbula sp. の幼貝のみの産出や珪藻の無産出層準の存在など、特異な現象がこのユニットに集中しているのも、こうした環境と無関係ではないと思われる。ただし、ユニットIV-M の最上部で含水比が落ち込み、粗粒の堆積物が流入したことを示唆する層準もあり、斐伊川が一時的に流入してきた可能性もある。ユニットIVの古環境については今後さらに資料を蓄積して検討を進める必要がある。

ユニットVは深度からみても 1630 年代に起こった斐伊川の東流以後の堆積物と考えられる。現在、斐伊川からの流入水は宍道湖全体の流入水量の70%

以上を占め、窒素、リン、COD の宍道湖への負荷量のうち斐伊川からの流入分はそれぞれ、47%、55%、60%に達するという(川上, 1981)。したがって、ユニットVでC/S比が増加するのは、湖底が酸化的になったことよりも湖水が淡水化したことに起因する可能性が高い。また、C/N比が低くなる理由は斐伊川の東流によって宍道湖では急速に栄養塩が増加し、プランクトンの増殖が促されたためとみてよいだろう。

c. 既存のコアとの対比

水野ほか(1972)は大型化石の産状によって下部泥層、中部泥層、上部泥層に3分した。また、宍道湖のコアでは、上部泥層の上位に大型化石の産出が非常に希になる最上部泥層が重なる。このうち中部泥層は中海・宍道湖を通じて *Lucina stersnsiana*, *Fulvia mutica*, *Dosinia penicillata*, ウニ類の破片などで特徴づけられ、SJ96のユニットIIIに対比される。中・下部泥層は中海では高塩分汽水種や内湾種で特徴づけられるのに対して宍道湖では中～低塩分汽水種で特徴づけられる、としている。また、SB1の上部泥層下部には複数の火山灰層が挟まれ、そのうち N1 火山灰としたものは中村・徳岡(1996)によって K-Ah 火山灰層に同定された。また、BP1にも K-Ah 火山灰層が確認されたと報告している。今回、SJ96で K-Ah 火山灰層としたものはユニットIV-Lの下部にあり、その下位の内湾棲貝化石層準とのセットで対比に有効な鍵層となる。図6には宍道湖で掘られた既存のコアとの対応関係を示した。下部と中部の境界、および上部と最上部の境界は SJ96 では概ねそれぞれユニットIIとIIIの境界、ユニットVI-MとVI-

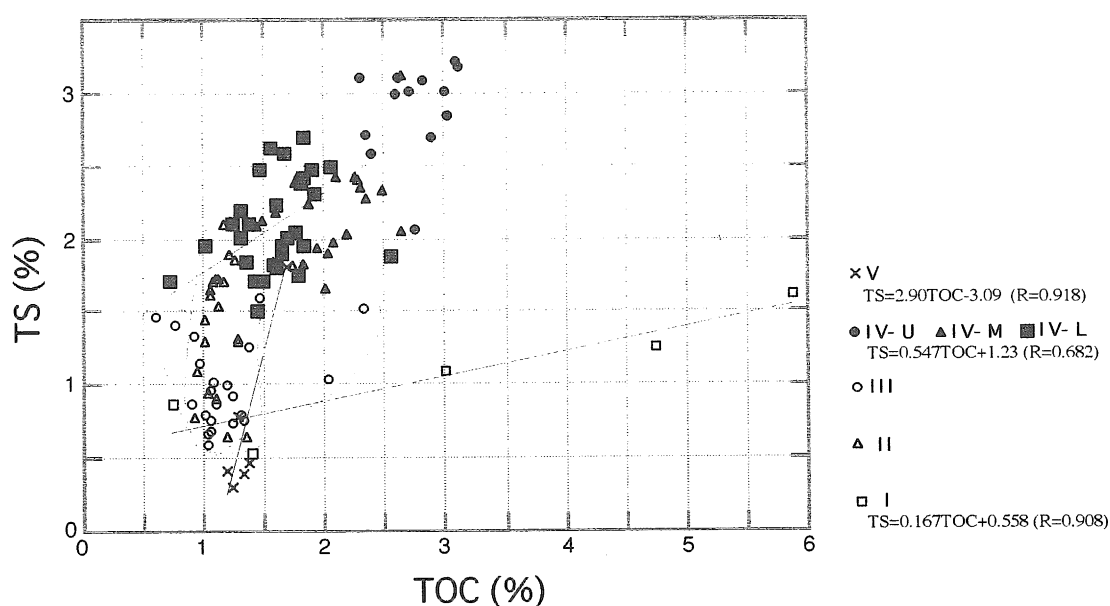


図7. 全イオウ量－全有機炭素量散布図

Fig.7 Scatter diagram of total sulfur content on total organic carbon content.

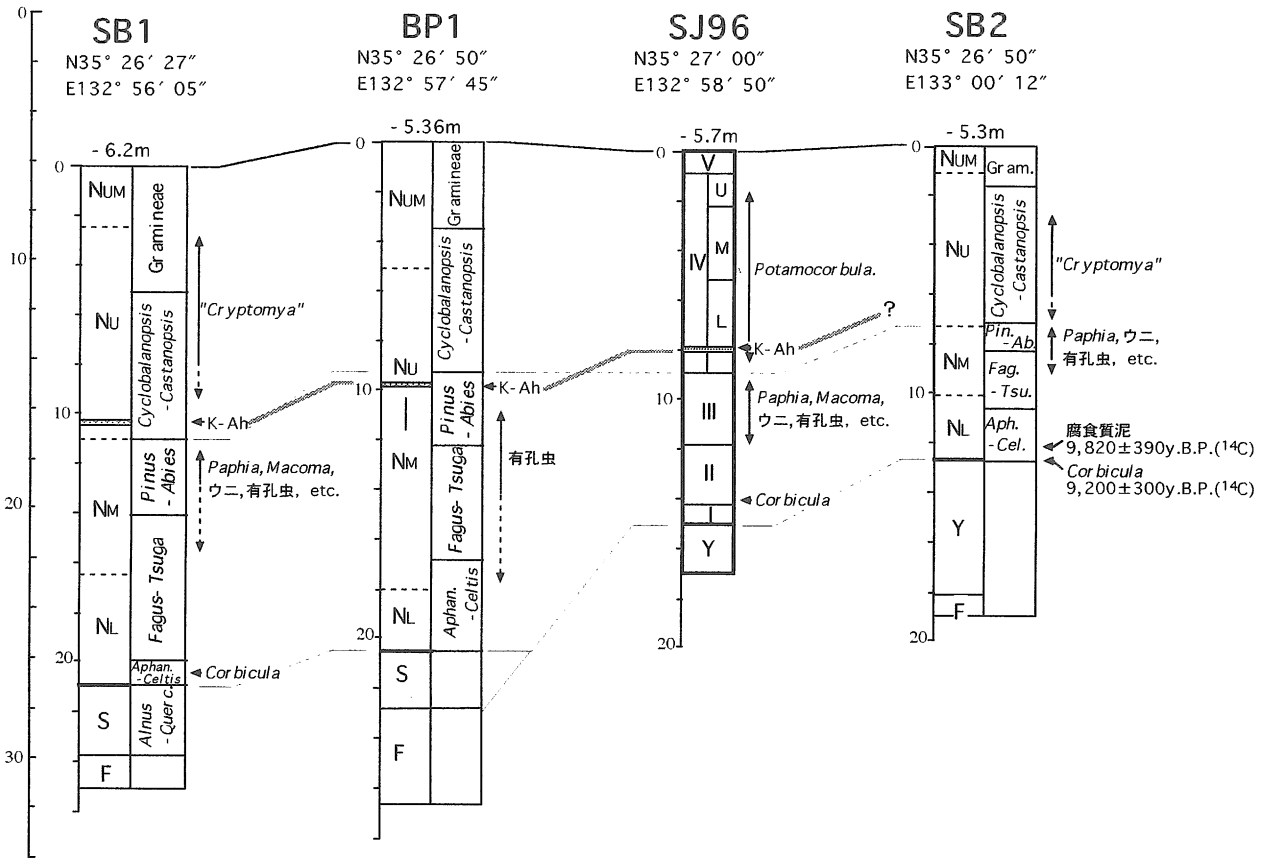


図 8. 宍道湖における既存コアと SJ96 の対比

Fig.8 Stratigraphical correlation between the previous cores of Shinji-ko and the core SJ96.

U の境界に対比される。大西 (1977), 大西ほか (1990) は既存のコアについて花粉分析による年代推定と対比を行っている。中村・徳岡 (1997) が指摘するように, K-Ah 火山灰層準の位置と花粉分帯による対比が一致しない部分もある。この点については SJ96 の花粉分析データが出てから改めて検討したい。

なお, 水野ほか (1972) は SB2 の下部泥層最下部付近の腐食質泥と *Corbicula japonica* から得た <sup>14</sup>C 年代を示し, それぞれ 9820 ± 390yr.B.P., 9200 ± 300yr.B.P.としている。この腐食泥層は SJ96 のユニット I の有機質泥に対比されるものと思われる。SJ96 の有機質泥から K-Ah 火山灰層までの層厚は約 6.2m であることから, この間の堆積速度は年平均 1.8mm となる。また, ユニット V の基底を斐伊川東流イベントとすると, K-Ah 火山灰降灰以後, 斐伊川東流までの間の年平均堆積速度は約 1.2mm になる。さらに斐伊川東流以後のユニット V における年平均堆積速度は約 2.6mm である。これは K-Ah 火山灰層を挟んで概ね下位で速く上位で遅いという三瓶ほか (1996) の主張を支持するものであるが, すでに述べたように堆積速度には少なくとも 3 回の周期的変化があったと考えられる。より詳細な議論を

行うためには今後年代データを蓄積する必要がある。

## ま と め

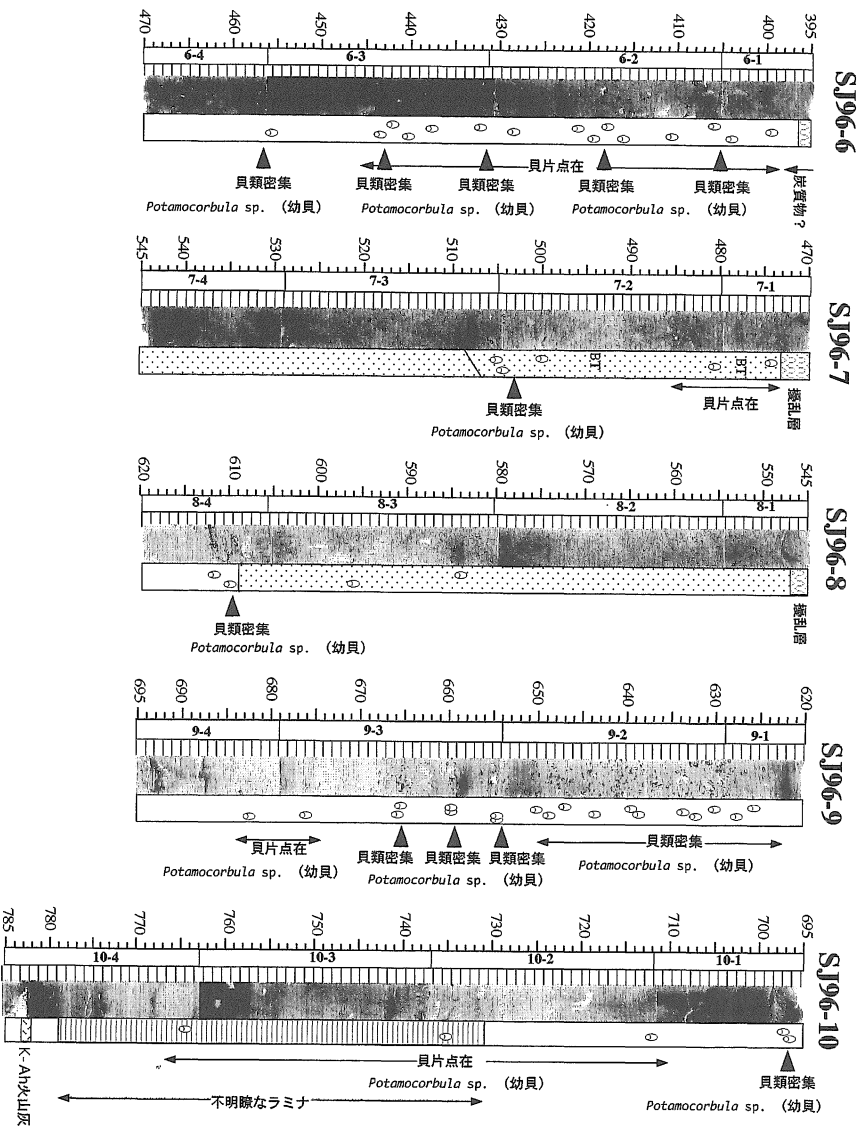
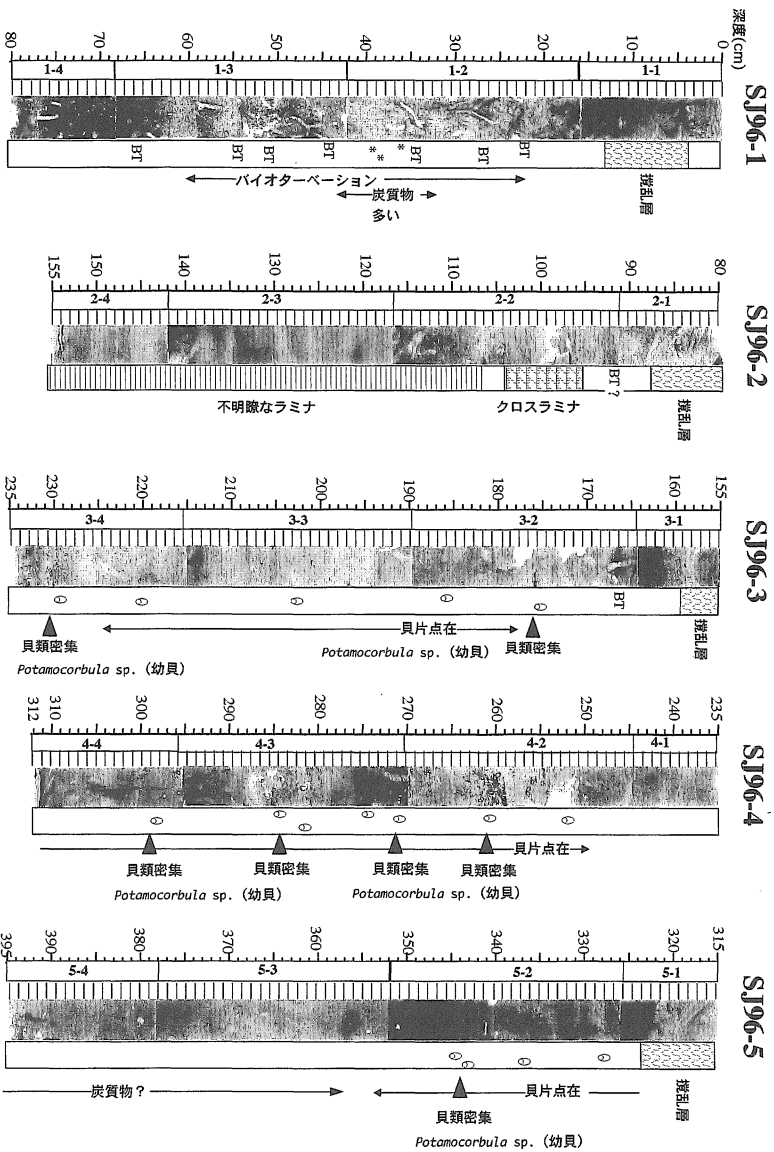
宍道湖湖心部よりやや東よりの地点で, 古環境復元のために行ったボーリング試料 (SJ96) の肉眼および軟 X 線写真観察による記載と含水率, 強熱減量 (LOI), 全窒素量 (TN), 全有機炭素量 (TOC) および全イオウ量 (TS) の分析結果について考察を行った。その結果は以下のようにまとめられる。

1. SJ96 では中海層の厚さは 14.83m であり, 下位より I, II, III, IV, V の 5 ユニットに分けられる。ユニット IV はさらに IV-L, IV-M, IV-U に 3 分できる。
2. ユニット I と II は陸源有機物の供給が顕著な汽水環境である。
3. ユニット III はこのコアでは最も高塩分で, 内湾環境を示す貝化石を含む。プランクトン起源の有機物が優占し, 基礎生産は高かったものと思われる。
4. ユニット IV は *Potamocorbula* sp. の幼貝密集層を含むことで特徴づけられ, 基礎生産があまり高くない閉鎖的な水域が出現していたものと考えられる。
5. ユニット IV-L の下部 (深度 7.83~7.84m) に K-

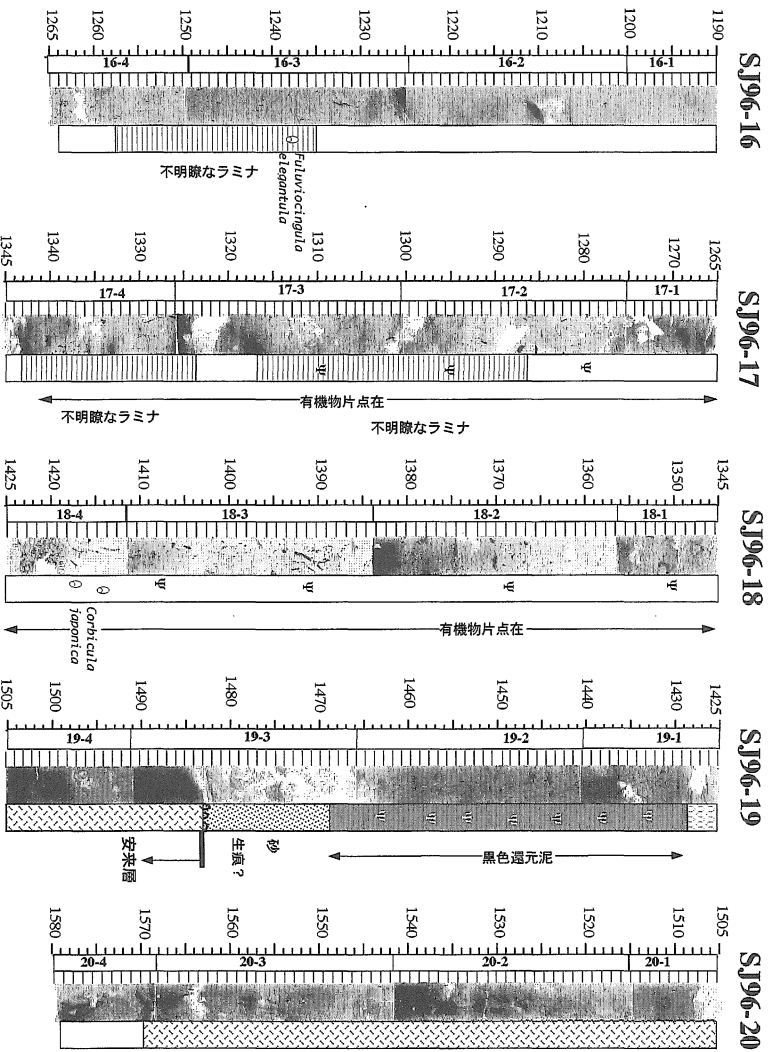
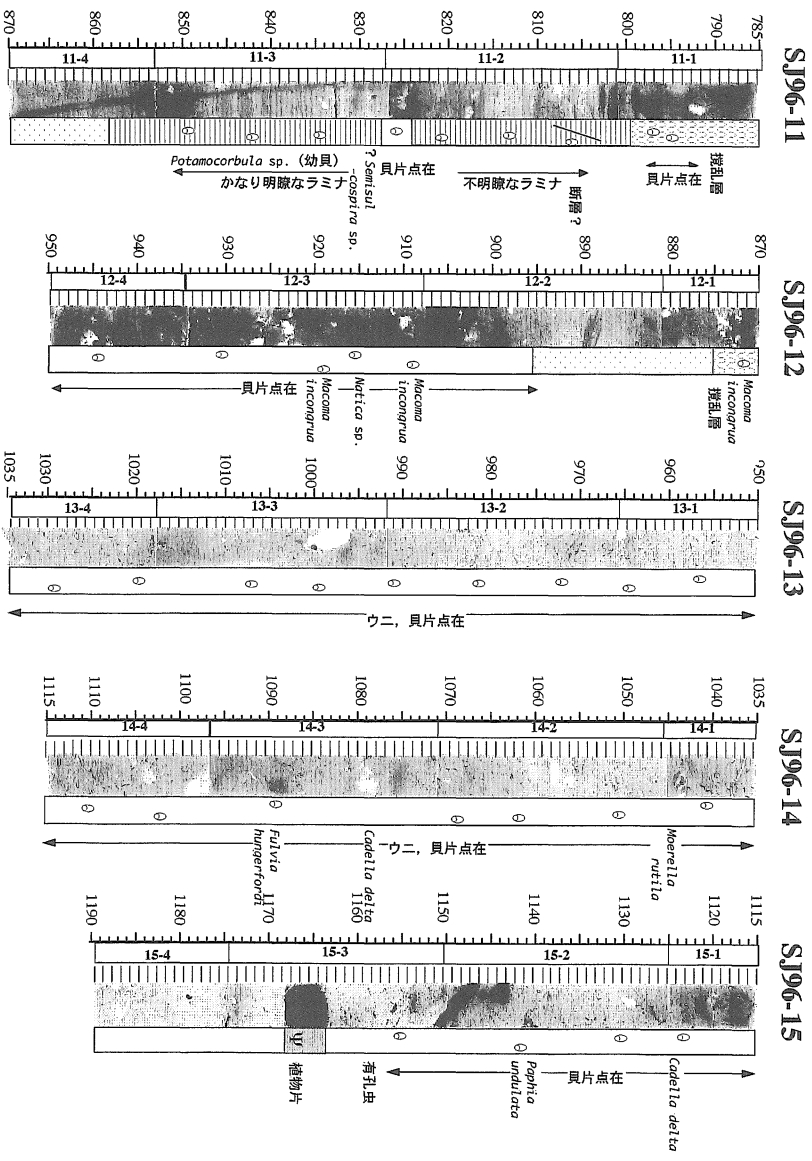
Ah 火山灰が挟まれる。これより上位では下位よりも平均堆積速度が 2/3 程度に小さくなる。  
6. ユニット V は斐伊川東流以後の堆積物と考えられ、堆積速度は下位層準の 2 倍以上になる。これによって大量の栄養塩が流入し、プランクトン起源有機物の堆積物への負荷が大きくなった。

## 文 献

- Berner, R. A. (1984) Sedimentary pyrite formation: An update. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **48**: 605-615.
- 堀越増興・岡本正豊 (1994) 有明海の湾奥で繁殖した新外来種 *Potamocorbula cf. laevis* (Hinds) ヒラタヌマコダキガイ (新称)。ちりぼたん, **24**, (3,4) : 77-83.
- 川上誠一 (1981) 宍道湖の水質と汚濁物質の流入負荷。昭和 56 年度日本農芸化学会西日本支部大会 (第 172 回) シンポジウム「水圏の環境動態における諸問題」: 1-43.
- 紺田 功・水野篤行 (1987) 宍道湖・斐川平野東部のボーリングコア中の有孔虫群集。山陰地域研究, 自然環境, (3) : 175-185.
- 町田 洋・新井房夫 (1992) 火山灰アトラス「日本列島とその周辺」。東京大学出版会, 276p.
- 波部忠重 (1994) ヌマコダキガイ。日本の希少な野生水生生物に関する基礎資料: 79-80, 水産庁。
- 前本義幸・紺田 功・高安克己 (1989) 中海・宍道湖の自然史研究—その 11. 宍道湖湖心部のボーリングコア中の有孔虫群集—。島根大学地質学研究報告, **8** : 51-59.
- 三位秀夫 (1966) 日本海沿岸における海岸砂丘の問題点。総合討論会「日本海地域の地質学的諸問題」討論資料: 151-158.
- 三位秀夫・水野篤行・大嶋和雄 (1969) 出雲海岸平野の問題点。日本地質学会シンポジウム「海岸平野」資料集: 167-171.
- 三梨 昂・徳岡隆夫 (編) (1988) 中海・宍道湖 地形・底質・自然史アトラス。島根大学山陰地域研究総合センター, 115P.
- 宮地傳三郎・波部忠重 (1947) 内湾の遺骸群集の研究。生理生態, **1**, (2) : 110-124.
- 水野篤行・大嶋和雄・中尾征三・野口寧世・正岡栄治 (1972) 中海・宍道湖の形成過程とその問題点。地質学論集, **7** : 113-124.
- 森田英之・鹿島 薫・高安克己 (1998) 湖底堆積物中から復元された浜名湖・宍道湖の過去 10000 年間の古環境変遷。LAGUNA (汽水域研究), (5), 47-53.
- 中村唯史・徳岡隆夫・大西郁夫・三瓶良和・高安克己・竹広文明・会下和宏・西尾克己・渡辺正巳 (1996) 島根県東部の完新世環境変遷と低湿地遺跡。LAGUNA (汽水域研究), (3), 9-11.
- 中村唯史・徳岡隆夫 (1997) 宍道湖ボーリング SB1 から発見されたアカホヤ火山灰と完新世古地理変遷についての再検討。島根大学地球資源環境学研究報告, **15** : 35-40.
- 大西郁夫 (1977) 出雲海岸平野下第四紀堆積物の花粉分析。地質学雑誌, **83**, (10) : 603-616.
- 大西郁夫・干場英樹・中谷紀子 (1990) 宍道湖湖底下完新統の花粉群。島根大学地質学研究報告, **9** : 117-127.
- 三瓶良和 (1997) C・N・S による堆積環境評価。基盤研究 A (1) 「海跡湖堆積物からみた汽水域の環境変化—その地域性と一般性—」平成 8 年度報告・資料集: 247-242.
- 三瓶良和・松本英治・徳岡隆夫・井上大栄 (1996) 中海における過去 8000 年間の有機炭素埋積速度—Carbon Sink としての汽水域堆積物—。第四紀研究, **35**, (2) : 113-124.
- Sampei, Y., Matsumoto, E., Kamei, T. and Tokuoka, T. (1997a) Sulfur and organic carbon relationship in sediments from coastal brackish lakes in the Shimane peninsula district, southwest Japan. *Geochemical Journal*, **31**, (4) : 245-262.
- Sampei, Y., Matsumoto, E., Tokuoka, T. and Inoue, D. (1997b) Changes in accumulation rate of organic carbon during the last 8,000 years in sediments of Nakaumi Lagoon, Japan. *Marine Chemistry*, **58**: 29-50.
- 丹後雅憲・高安克己・瀬戸浩二・三瓶良和 (1996) 柱状試料からみた神西湖の最近の環境変化。島根県地学会会誌, **11** : 7-13.
- 土田英治・岡村親一郎 (1997) 上海・廈門の市場で得た貝類。ちりぼたん, **28**, (2) : 39-44.
- 堤 徳郎・西村和久・岡本正豊 (1997) 瀬沼産ヌマコダキガイについて。ちりぼたん, **28**, (1) : 11-12.



付図 穴道湖コア SJ96 のソフト X 線写真  
Appendix Soft-X ray photographs of the core SJ96.



付図 (つづき) 穴道湖コア SJ96 のソフト X 線写真  
 Appendix (continued) Soft-X ray photographs of the core SJ96.