

れる。今後、これらの点を明らかにしていくことは、当時の生産活動などを考える上で貴重な資料となるであろう。

謝辞

本研究の際には、島根大学総合理工学部三瓶良和博士、瀬戸浩二博士には多大なご助言とご教示をいただいた。島根大学総合理工学部の学生諸氏には、調査・分析の際にご協力いただいた。また、九州大学理学部鹿島薫助教授には粗稿を読んでいただいた。以上の方々に深く感謝いたします。

引用文献

- 福沢仁之・小泉格・岡村真・安田善憲（1994）福井県水月湖の完新世堆積物に記録された歴史時代の地震・洪水・人間活動イベント。地学雑誌，103：127-139。
- 橋谷博・清家泰・秋葉道宏（1995）神西湖の水質。神西湖の自然—小さな汽水湖・大きな恵一。神西湖の自然編集委員会編。pp.35-57。たたら書房，鳥取。

本田秀一・鹿島薫（1997）湖底堆積物から見た浜名湖の最近 1000 年間の古環境変遷。LAGUNA（汽水域研究），4：69-76。

井内美郎・衣笠善博・公文富士夫・安松貞夫・中野聡志・志岐常正（1993）古地震の震度指標者としての琵琶湖タービダイト。地質学論集，39：61-70。

出雲市役所（1973）神西村。出雲市三十年誌。pp.156-164。出雲市役所，島根。

中井信之・太田友子・藤澤寛・吉田正夫（1982）堆積物コアの炭素同位体比，C/N 比および FeS₂ 含有量からみた名古屋港周辺の古気候，古海水準変動。第四紀研究，21：169-177。

沢井祐紀（1997）神西湖における現生珪藻群集と湖底堆積物中の化石珪藻群集。LAGUNA（汽水域研究），4：1-5。

高安克己・瀬戸浩二・三瓶良和（1995）堆積物が語る過去の湖底環境。神西湖の自然—小さな汽水湖・大きな恵一。神西湖の自然編集委員会編。pp.1-21。たたら書房，鳥取。

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。

LAGUNA（汽水域研究）5，47～53 頁（1998 年 2 月）
LAGUNA 5，p.47-53 (1998)

湖底堆積物中の珪藻遺骸群集から復元された浜名湖・ 宍道湖の過去 10,000 年間の古環境変遷

森田英之¹，鹿島 薫¹，高安克己²

Paleoenvironmental changes of Lake Hamana and Lake Shinji during the last 10,000 years, inferred by diatom assemblages from lake core sediments

Hideyuki Morita¹, Kaoru Kashima¹ and Katsumi Takayasu²

Abstract: This paper is an attempt to gain insight into the environmental changes of Lake Hamana and Lake Shinji, semi-enclosed brackish lagoons, central Japan, over the last ten thousands years. The following environmental changes were revealed by the study of the diatom remains from two undisturbed cores of the lakes.

Lake Hamana was a brackish lake that had large inputs of marine water about 6,000 years ago. The salinity of this time was above 20‰ similar to the present level. The salinity decreased to less than 10‰ from about 4,500 years ago, and Lake Hamana became a freshwater lake around 3,000 years ago. A series of environmental oscillations with 700 ~ 1,200 years intervals between fresh and brackish episodes followed till about 500 years ago (1,498AD), as shown by the alternation of the freshwater planktonic form of *Aulacoseira granulata* with the brackish water planktonic form of *Cyclotella caspia*. A sudden increase in salinity after the Meiou Earthquake and the following tsunami (1,498AD) caused an abrupt change of diatom assemblages of the lake.

Diatom analysis of a 17 m-long core from Lake Shinji showed that the early Holocene was characterized by freshwater taxa, such as *Aulacoseira granulata*. These freshwater species were replaced by *Cyclotella caspia* and other euryhaline species indicating a phase of high saline condition until 4,500 yrs BP. Since then, the decrease of water temperature had made the sediment barren of diatom valves. However, the shift of the river course of River Hii by human activities changed hydrological environments and diatoms were found abundantly from the sediments since then.

Key words: brackish lake, diatom, Lake Hamana, Lake Shinji, Quaternary

はじめに

現在、人類に関わる環境問題に関心が集まり、さまざまな研究がおこなわれている。古環境問題もそのひとつであり、古環境の精度の高い解析が、世界中で試みられ、特に湖の堆積物は細かい環境変動の

復元に適しており、多くの研究で用いられている。

珪藻は、淡水性種、汽水性種、海水性種が存在し、地層中に残り易く、地層堆積当時の湖沼環境の復元に適していることが、これまでの研究で明らかになった。本研究では、日本の代表的な汽水湖沼である静岡県の浜名湖と島根県の宍道湖に注目し、気象変

¹九州大学理学部地球惑星科学教室

Department of Earth and Planetary Sciences, Kyushu University, Fukuoka 812-8581, Japan

²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

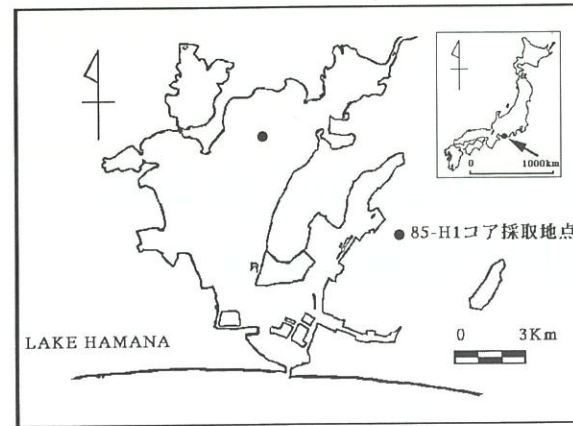


図1. 浜名湖における調査地点図
Fig.1 Location map of the sampling site in Lake Hamana

動、環境変動による水質変化が激しい汽水域の堆積物中の珪藻遺骸の変化を分析し、古環境復元をおこなった。

試料及び分析方法

浜名湖は、水域面積が 68.8km² の沿岸性汽水湖沼であり、南部の今切口（幅 200m）で遠州灘と海水の交換がなされている（図 1）。この浜名湖では、地震、津波による砂州の破壊や、人為的な地形改変によって環境が、おおきく変化してきたことが知られている（本田，鹿島 1997）。

宍道湖は、水域面積が 79.2 km² の汽水湖沼で、中海を通じて海とつながっており、現在、淡水化計画が示されている（図 2）。

本研究では、過去 10000 年間に期間の、太平洋側の浜名湖と日本海側の宍道湖の古環境の変遷を解析することを目的とする。

本研究で用いた浜名湖の湖底ボーリングコアは 1985 年に静岡大学によって採取された 85-H1 を用いた（池谷ほか 1996，図 1，図 3）。このコアは湖の北部に位置し、その水深は約 12m であり、湖底下-16.75m まで試料がえられた。層相は泥質であり、-14.25m にアカホヤ火山灰（約 6300y.B.P.）を、-6.57m にカワゴ平パミス（約 3000y.B.P.）を、-6.52m に大沢スコリアを挟在している。これに加えて、2 層準で ¹⁴C 年代が測られている（池谷ほか，1996）。

浜名湖のコアはスミアスライド法によって、試料を封入して、堆積物に含まれる珪藻遺骸の分析をおこなった（図 5）。具体的には、試料を数 mg 程度スライドガラス上に取り水を 1 滴加え、攪拌し乾燥させ、その後、封入剤とともに、カバーガラスをかぶせ加熱封入した。

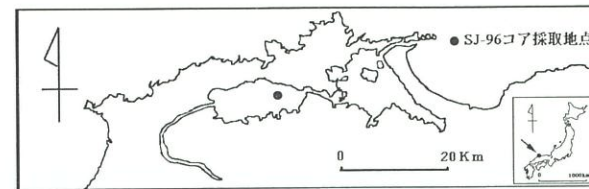


図2. 浜名湖ボーリングコア（85-H1）柱状図（池谷ほか，1996）
Fig.2 Columnar section of lithofacies sequence of Lake Hamana (Ikeya et al., 1996)

スミアスライドは、85-H1 コアでは約 200 枚作成し、そのなかから半数を選び分析をおこなった。分析にあたっては、光学顕微鏡を用いて倍率 1000 倍で、1 枚のスライドにつき 100 個体から 200 個体以上について、種の同定及び計数をおこなった。その後、主要珪藻種の産出頻度をグラフ化した。

宍道湖の湖底ボーリングコアは 1996 年に、島根大学の汽水域センターによって、採取された SJ-96 を用いた（図 2，図 4）。-7.80m にアカホヤ火山灰を挟在している。宍道湖のコアも、同様にスミアスライド法によって試料を封入し、光学顕微鏡を用いて倍率 1000 倍で検鏡した。試料に含まれる珪藻化石数が一般的に少なかったため 1 枚のスライドにつ

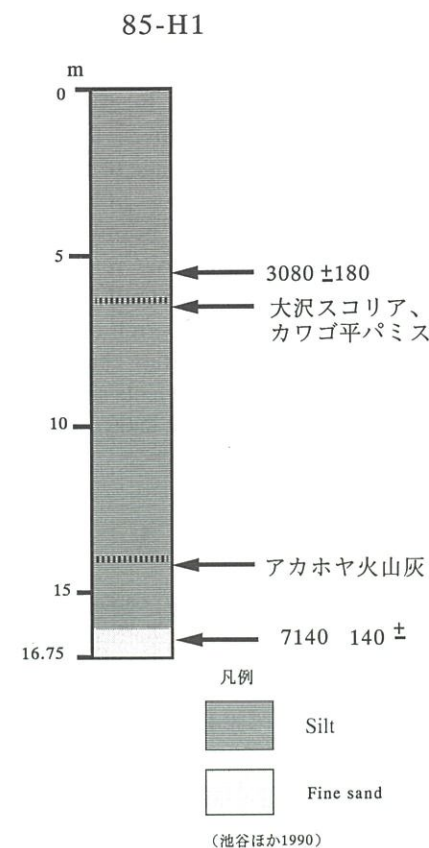


図3. 宍道湖における調査地点図
Fig.3 Location map of the sampling site at Lake Shinji

き 50 個体から 100 個体以上について、種の同定及び計数をおこない、その後、主要珪藻種の産出頻度をグラフ化した。

具体的には、最初に珪藻の有無を確認するために、コア上部から、最下部まで 15cm ごとのスミアスライドを作成し珪藻が産出する場所を確定した。その結果、-13.86m 以下、-12.25m~-10.22m、ヌマコダキガイの密集帯のある-6.30m~-0.55m は珪藻が産出しないことがわかった。珪藻の産出する層準のうち、試料に含まれる珪藻化石が概して少なかったこともあり、-0.55m~-0m までは、5cm おきに、それ以外では、15cm おきにスミアスライドを作成し分析をおこなった。

浜名湖の珪藻遺骸群集の変化と古環境変遷

浜名湖の湖底ボーリングコア試料中の珪藻遺骸群集の分析結果はつぎのようになった。（図 6）。浜名湖中央部の 85H-1 コアでは zone I と II の境界にあたる湖底下約-8.65m，zone II と III の境界にあたる湖底下-5.05m，zone III と IV の境界にあたる湖底下-4.05m において珪藻遺骸群集がしめす環境が急激に変化している。そこで、zone I と II の堆積速度を一定、zone III~V での堆積速度を一定として浜名湖中央部の最近 6000 年間の古環境変遷を以下のように推測した（図 7）。なお、年代値は火山灰の降下層準、¹⁴C 年代測定値、明応地震を用いて、その間は堆積速度一定として以下のように推測した。

6300y. BP ~ 4200y. BP (zone I) (湖底下-14.30m ~

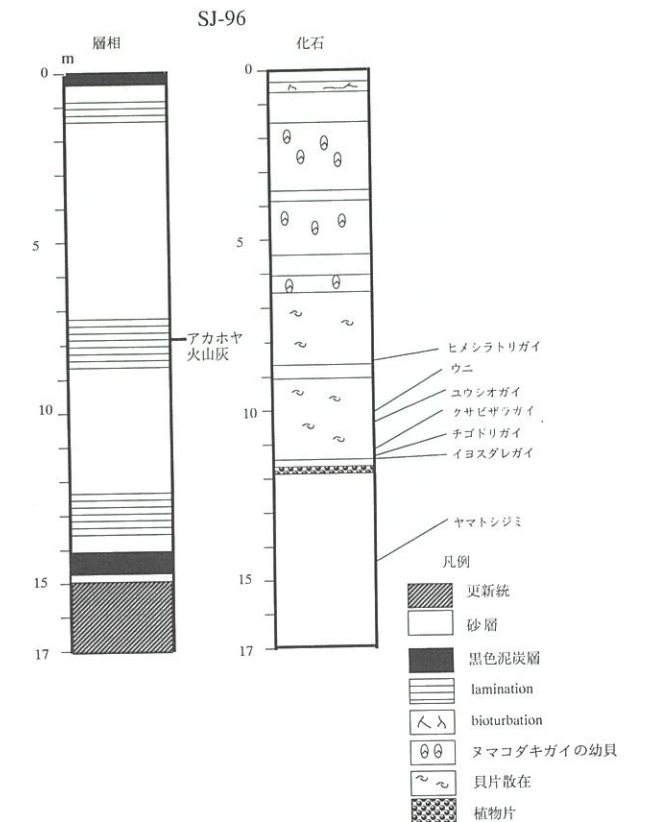


図4. 宍道湖ボーリングコア柱状図（SJ-96）
Fig.4 Columnar section of the lithofacies sequence of Lake Shinji

-8.65m)：海水生珪藻種である *Thalassiosira* spp., *Thalassionema nitzschioides* や汽水珪藻種である *Cyclotella caspia* が優占し、海水の流入の多い内湾環

スミアスライド法による珪藻殻の抽出

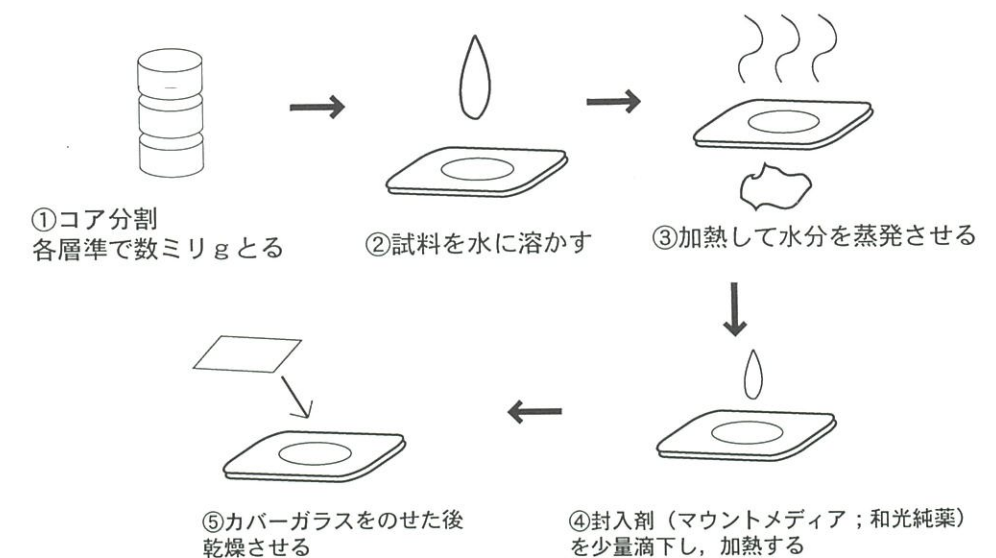


図5. スミアスライド法による珪藻試料の封入方法

Fig.5 Flowchart for the laboratory preparation of diatoms from sediments. (smear slide method)

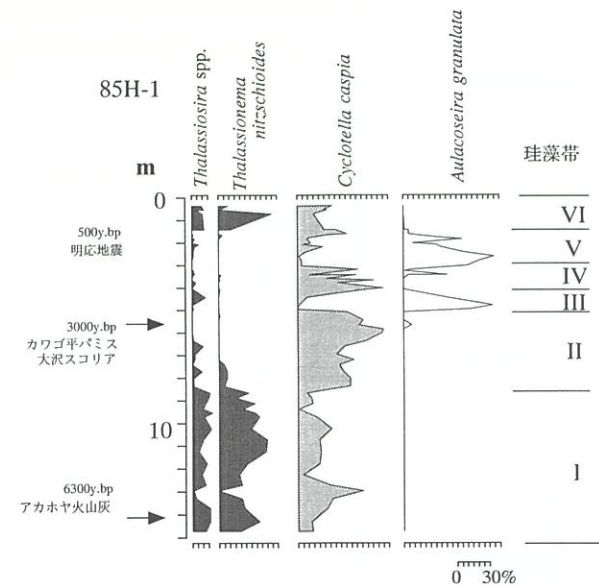


図 6. ボーリングコア 85-H1 試料珪藻分析結果
Fig.6 Diatom assemblages from 85-H1 site

境が形成されていたと考えられる。

4200y.BP～3000y.BP (zone II) (湖底下-8.65m～-5.05m)：湖水の塩分が低下し汽水環境を示す *Cyclotella caspia* が優占し、*Thalassionema nitzschioides* や *Thalassiosira* spp. は産出しなくなる。

3000y.BP～2300y.BP (zone III) (湖底下-5.05m～-4.05m)：海水の流入がほとんどない淡水湖沼が形

成され、淡水生珪藻種である *Aulacoseira granulata* が優占するようになった。

2300y.BP～1600y.BP (zone IV) (湖底下-4.05m～-3.00m)：汽水環境を示す *Cyclotella caspia* が優占するようになり、海水の交換がおこなわれていた。

1600y.BP～500y.BP (zone V) (湖底下-3.00m～-1.45m)：再び淡水生珪藻種である *Aulacoseira granulata* が優占し、淡水湖沼が存在していたことが明らかになった。

500y.BP～現在 (zone VI) (湖底下-1.45m～-0m)：汽水性珪藻種である *Cyclotella caspia* と海水生珪藻種である *Thalassiosira* spp. や *Thalassionema nitzschioides* が優占する。これは、明応地震 (1498 年) に伴う、地震、津波および 1499 年の暴風により砂州が破壊され、大量の海水が湖内に流入するようになり、その結果、海水生珪藻種である *Thalassiosira* spp. や *Thalassionema nitzschioides*、汽水珪藻種である *Cyclotella caspia* が優占するようになった。

宍道湖の珪藻遺骸群集の変化と古環境変遷

宍道湖の湖底ボーリングコア試料中の珪藻遺骸群集の分析結果はつぎのようになった (図 8)。-13.86m 以下、-12.25m～-10.22m、-6.36m～-0.55m、の所では、珪藻は、産出しなかったため図から削除した。宍道湖中央部の湖環境変遷は次のように推測

浜名湖の過去6000年間の古環境変遷

珪藻帯	古環境	特徴となる珪藻種	年代
Zone VI	海水流入による塩分上昇	<i>Thalassiosira</i> spp. <i>Thalassionema nitzschioides</i> <i>Cyclotella caspia</i>	500 y.BP(1.45m) 明応地震 AD1498
Zone V	淡水湖沼	<i>Aulacoseira granulata</i>	1600 y.BP(3.00m)
Zone IV	汽水湖沼	<i>Cyclotella caspia</i>	2300y.BP(4.05m)
Zone III	淡水湖沼	<i>Aulacoseira granulata</i>	3000y.BP(5.05m) ash and ¹⁴ C age
Zone II	湖口の閉塞 汽水湖沼化	<i>Cyclotella caspia</i>	4200 y.BP(8.65m)
Zone I	内湾環境 海水流入が多い	<i>Thalassiosira</i> spp. <i>Thalassionema nitzschioides</i> <i>Cyclotella caspia</i>	6300 y.BP(14.30m) Akahoya Ash

図 7. 珪藻遺骸群集の変化から推測される浜名湖の最近 6000 年間の古環境変遷

Fig.7 Paleoenvironmental changes of Lake Hamana during the last 6,000 years inferred from diatom assemblages

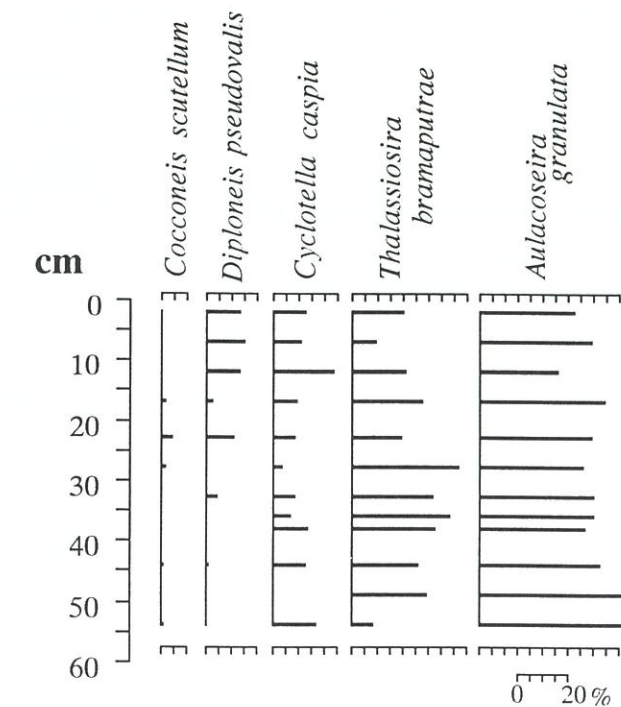


図 8. ボーリングコア SJ-96 試料珪藻分析結果
Fig.8 Diatom assemblages from SJ-96 site, Lake Shinji

した (図 9)。

Zone I (-13.85m～-12.25m)：淡水生珪藻種である *Aulacoseira granulata* や汽水珪藻種である *Cyclotella caspia*、*Diploneis pseudovalis* が産出することから、海水の流入があった内湾環境が形成されていた。

(-12.25m～-10.22m)：珪藻が産出しない。

Zone II (-10.22m～-6.36m)：汽水珪藻種である *Cyclotella caspia* と、海水生珪藻種である *Cocconeis*

scutellum が優占している。さらに、この zone の下部で、淡水生珪藻種である *Aulacoseira granulata* が産出する。そこで湖水環境をより詳しく解析するために *Aulacoseira granulata* の変動に注目し、zone II は下部より 1 と 2 の 2 つの zone に分けた。

Zone II-1 (-10.22m～-9.80m)：淡水の流入に多い環境が形成され、汽水生種、海水生種、と共に淡水生珪藻種である *Aulacoseira granulata* が産出する。

宍道湖の過去10000年間の古環境変遷

湖底深度 0 m	古環境	特徴となる珪藻種
Zone III	淡水 汽水まれに海水	<i>Aulacoseira guranulata</i> <i>Thalassiosira bramaeputrae</i> <i>Diproneis pseudovalis</i> <i>Cyclotella caspia</i>
0.55		
AD1500年頃斐伊川道の付け替え	ヌマコダキガイの幼貝多産	珪藻産出せず。
6.36		
7.80m アカホヤ火山灰 (約6300y.BP)		
Zone II - 2	汽水 海水の流入が多い。 少なくとも、現在の宍道湖より塩分が大きい。	<i>Cyclotella caspia</i>
9.80		
Zone II - 1	汽水 淡水生珪藻種の混じり込みが増える。	<i>Cyclotella caspia</i> <i>Aulacoseira guranulata</i>
10.22		
	貝片散在	珪藻産出せず。
12.25		
Zone I	淡水 わずかに汽水。 海水が流入していた。	<i>Aulacoseira guranulata</i> <i>Diproneis pseudovalis</i> <i>Cyclotella caspia</i>
13.86		
	ヤマトシジミ	珪藻産出せず。

図 9. 珪藻遺骸群集の変化から推測される宍道湖の最近 10000 年間の古環境変遷
Fig.9 Paleoenviromental changes of Lake Shinji during the last 10,000 years inferred from diatom assemblages

Zone II-2 (-9.80m~-6.36m)：汽水性珪藻種である *Cyclotella caspia* が優占し、現在の中海の種が産出することから海水の多い内湾環境が形成されていたと推定された。
(-6.36m~-0.55m)：珪藻が産出しない。ヌマコダキガイの幼貝が多産することが特徴である。
Zone III (-0.55m~現在)：淡水生珪藻種である *Aulacoseira granulata* と汽水性珪藻種である *Cyclotella caspia*, *Thalassiosira bramaeputrae*, *Diproneis pseudovalis* が産出するようになった。これは AD1500 年頃の斐伊川道の付け替えによる淡水の宍道湖への流入が多くなったためと考えられる。

まとめと今後の課題

浜名湖は約 4500 年前頃から湖水の塩分が低下し約 3000 年前頃には淡水化した。その後、約 2000 年前頃に塩分が上昇するが、約 1600 年前頃、再び湖が淡水化した。AD1500 年頃に明応地震、津波、暴風により、砂州が破壊され、湖に大量の海水がはいりこみ現在の浜名湖のようになった。浜名湖の珪藻遺骸群集の変化から約 4500 年前から 500 年前までの間に 2 回の淡水化期が確認できた。

宍道湖では、完新世初期に内湾環境が形成されていたが、アカホヤ火山灰降期以降、およそ 4500 年前から、珪藻が産出しない時期があらわれる。この時期は、ヌマコダキガイの幼貝が多産しており水域

は存在していたことが推定される。ヌマコダキガイが寒冷種であること、また珪藻殻のみが溶解することが考えにくいことから、この時期、宍道湖の水温が低下しており、そこでは珪藻殻の生産が著しく低下していた可能性が考えられる。ただ、珪藻の生産量は特定の季節の水温(主に春季)との関係が強いと考えられるが、これについてはまだ不明な点も多く、今後、現在の湖沼における観測結果を充実させる必要がある。

AD1500 年頃から斐伊河川道のつけかえにより、淡水の流入の多い環境が形成され珪藻が再び多産するようになった。

今後の課題としては主に次のことがあげられる。浜名湖の場合、塩分低下及び 2 回の淡水化は 6000y.B.P.以降の海水準変動や砂州の形成によるが、約 6000 年前以降の周期的な湖水塩分の変動と海水準の微変動との詳細な対応が必要となる。

宍道湖においては、珪藻の産出しない時期の古環境を、貝類などの他のデータとの照応や年代測定によって明かにしていく。特に 6000y.B.P.以降の水温変化と珪藻殻の変動については、さらに検討を加えていきたい。

また両湖沼の地史を比較すると、浜名湖の塩分低下化期と宍道湖の珪藻が産出しない時期は、ほぼ同時期である。これについては、完新世後半の気候変化、海水準変動、災害、人工改変との対応などから、その関連性を調べていく予定である。

文 献

謝辞

本研究を行う機会を与えて下さった島根大学汽水域研究センターおよび汽水域総研の先生方に深く感謝いたします。また、九州大学理学部地球惑星科学科生物圏講座の高橋孝三教授をはじめとする諸先生方には、ご指導、ご助言いただきました。これらの方々

に記して感謝の意を表します。

池谷仙之・和田秀樹・阿久津浩・高橋実 (1990) 浜名湖の起源と地理的変遷. 地質学論集, 36: 129-150.

本田秀一・鹿島 薫 (1997) 湖底堆積物から見た浜名湖の最近 1000 年間の古環境変遷. LAGUNA (汽水域研究) 4, 69~76.