

湖水環境の人為的改造と底生有孔虫の群集変化： その 3 中海東部の過去数 10 年の環境変化

野村律夫¹⁾・山根幸夫²⁾

Benthic foraminiferal changes in relation to human activities in brackish environment: Part 3 environmental changes during the past several decades in eastern Lake Nakaumi

Ritsuo Nomura¹⁾ and Yukio Yamane²⁾

Abstract: We report the benthic foraminiferal changes with respect to human activities in brackish environment over several decades. During the past several decades, many reclaimed areas have appeared in the eastern part of Lake Nakaumi, in addition to the dredging of bottom sediments and the construction of a gate for water exchange. The bottom water and foraminiferal fauna might have been influenced directly and indirectly by these human activities.

The most critical foraminiferal changes were found in the sediments of 60-70 years ago (~1920-30) and in those of 25 years ago (early 1970). We believe the first faunal event was caused by the dredging of sediments in Sakai Strait, which caused salty marine and brackish waters to be exchanged. A 2.8km long embankment constructed in the mouth of Sakai Strait might have facilitated the introduction of marine water into Lake Nakaumi. By this process, *Trochammina hadai* increased in place of the previously developed *Ammonia beccarii* fauna in the deeper part of the lake. The second faunal changes might have been caused by further introduction of salty water into the main lake area by limiting the opening to Nakaura Gate. We attribute the foraminiferal changes to the formation of more stabilized halocline by a consistent input of marine water and the subsequent development of reduced bottom environment.

Key words: bottom environment, foraminifera, human activity, Lake Nakaumi, salinity changes

は じ め に

中海では、1960 年代の後半に農水省によって干拓・淡水化事業が実行されるようになって以降、社会的要求のもと、水質分析による環境調査が公的機関で継続して行われている。しかしながら、中海の

湖底の主要な中型底生生物である有孔虫による調査は極めて断片的であり、近年における産出の変動およびそれらの湖水環境との関係については、いまだ不明の状況にある。

有孔虫は石灰質や膠着質の殻を有し、その遺骸が堆積物中に保存されていることから、湖底堆積物を処理することによって詳細な環境復元が可能である。筆者らは、中海(本庄工区)・穴道湖における有孔虫がここ数十年間の環境を明瞭に記録していることを報告してきた(野村・猪口, 1995, 野村・吉川, 1995)。また、これまでの調査で、有孔虫群集が今世紀の中海・穴道湖の人為的な改造と密接に関係して

¹⁾ 島根大学教育学部微古生物学研究室
Department of Micropaleontology, Shimane University,
Matsue 690

²⁾ 広瀬小学校(現在、島根大学教育学部大学院)
Hirose Primary School, Yasugi 692

変動していることも見いだしている。そこで我々は、極めて短い時間スケールで変動をくりかえす水質による環境評価も重要であるが、有孔虫群集に観られる産出変化には年々の湖底泥の多岐にわたる環境変化を効率的に捉えていることを指摘しておきたい。

本報告では、さらに中海東部におけるここ数十年の環境変化を調査した結果を述べる。中海の東部は、中海・宍道湖の淡水化計画によって建設された中浦水門や周辺の干拓事業によって最も人為的な改造が進められてきたところである。また、境水道より反時計回りに流入していたと考えられている海水が干拓のための本庄工区の堤防建設で流入が不可能

となり、代わって中浦水門から直接流入するようになった場所にあたり、中海の環境変化を有孔虫群集から最も読み取りやすい場所でもある。

結論として、本研究においても有孔虫群集は、極めて敏感に環境の変化を記録しており、1920年代の境水道の浚渫や1970年代の干拓と淡水化計画で部分的に行われた人為的改造は、湖底の底生生物にとって大きなイベントをなしていたことが明らかとなった。このような中海周辺で行われた工事による生物群集の変化を具体的なデータでもって示した報告はないため、今後の湖底環境の変動を底生生物から予測するうえでも基礎的な資料をなすものと考えられる。

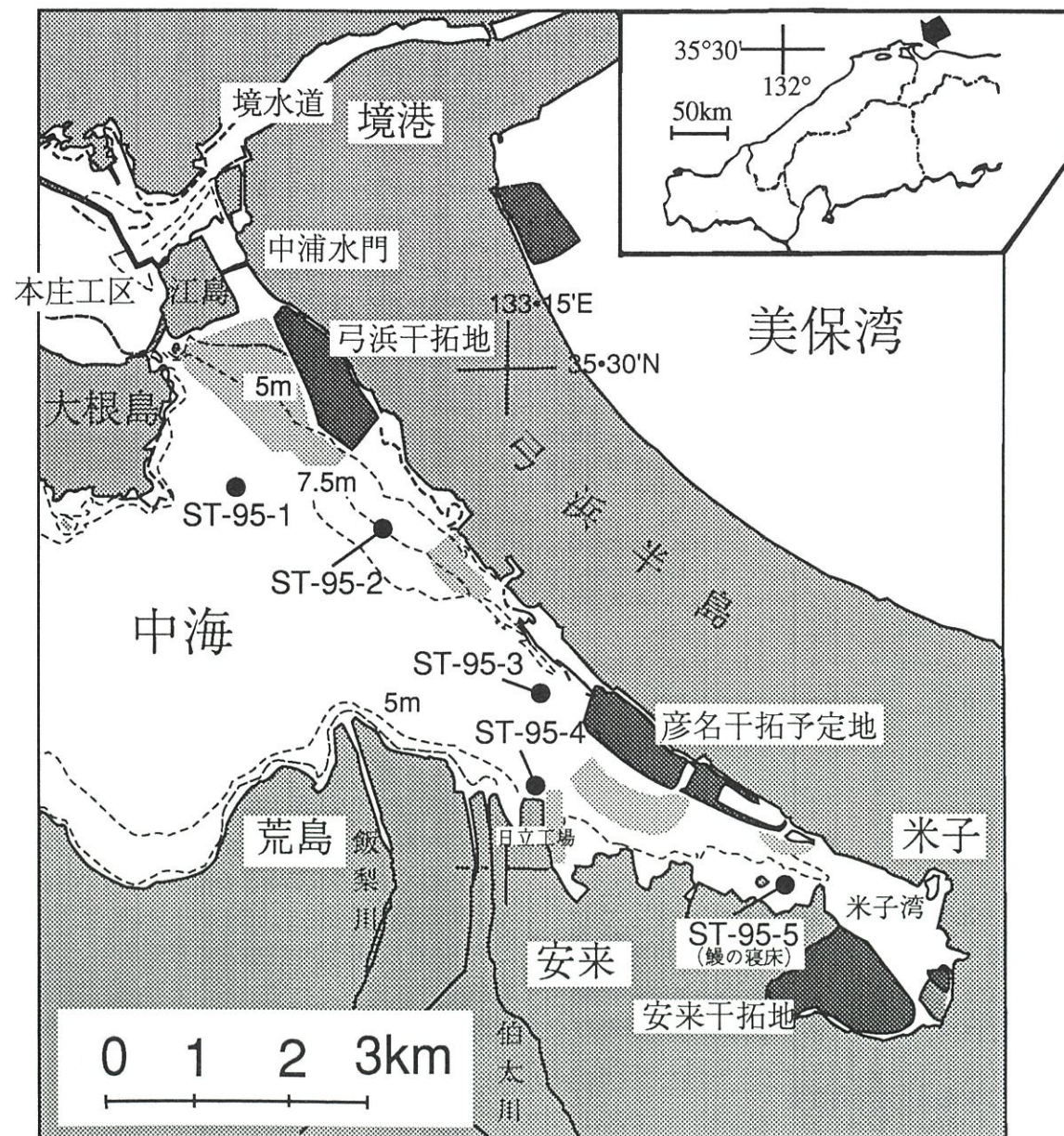


図1. 試料採取位置。中海の中の黒い部分は干拓地、灰色部分は浚渫場所を示す。
Fig. 1. Locations of studied five sites. Darker portions in the lake showing reclaimed areas and gray ones in the lake showing dredged areas.

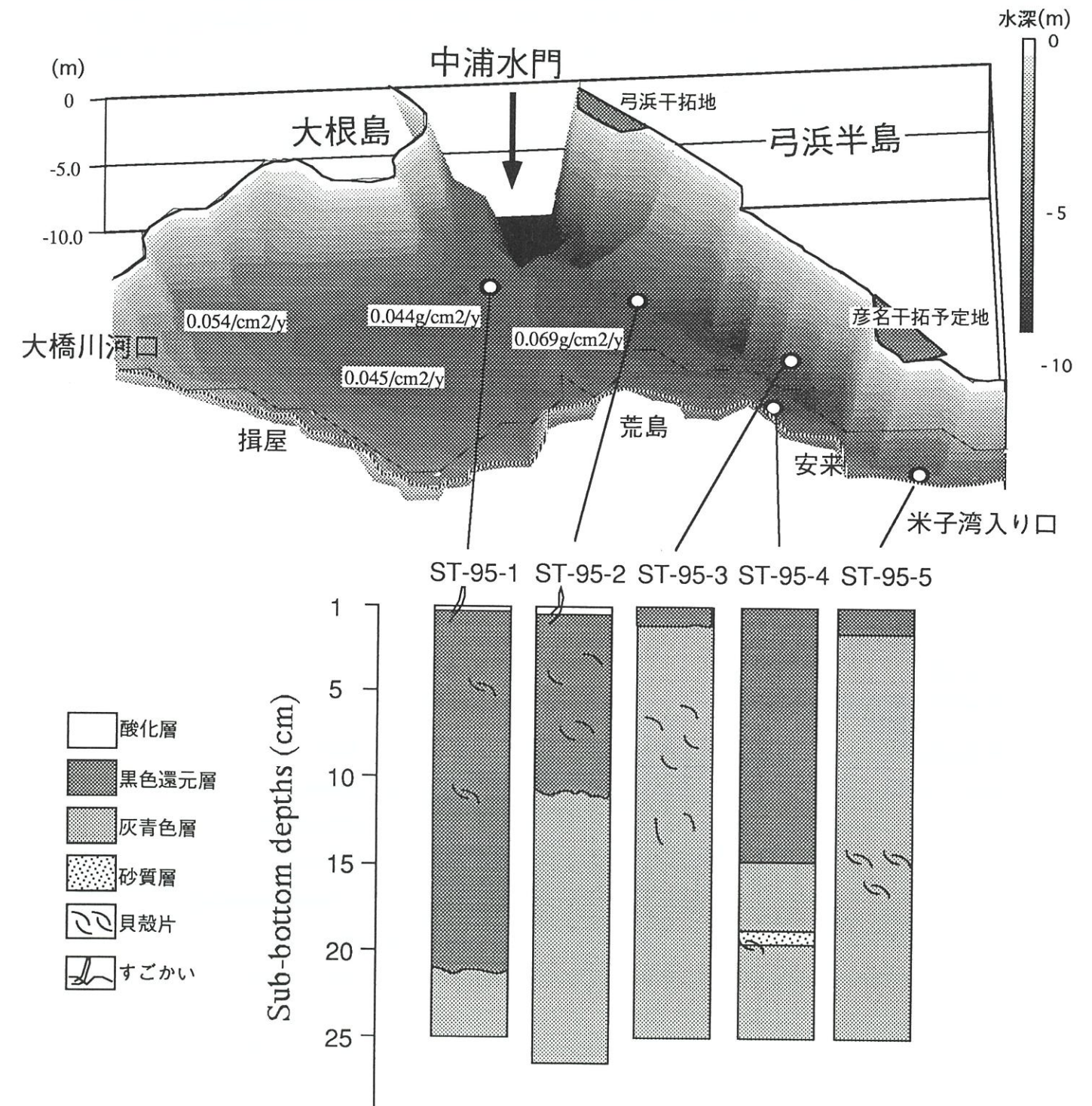


図2. 中海南部の概略的立体図と採取試料の岩相。堆積速度は中海・宍道湖自然史研究ほか(1987)による。

Fig. 2. Schematic diagram of bottom topography and the lithologies of columnar sediments. Sedimentation rates shown in diagram are referred to the results of the Nakaumi-Shinjiko Research Group et al. (1987).

中海東部の湖底環境と人為的改造

中海は平均して5.4mの水深を有し、大橋川河口から弓浜半島の方へ極めてなだらかな勾配を有す湖底地形をなしている(三梨ほか, 1987; 図1, 2)。しかし、弓浜半島に近い東部では水深が7mを越す凹地が存在し、半島方向と平行する凹凸のある地形をなしている。これは、中海が基本的に東方へ水深を増す元来の地形に対して、砂州として成長してきた弓浜半島と斐伊川水系の相互作用によって形成された地形である。

中海東部と関わりのある人為的な自然改造は図3に示される。1920年代から境港の湾港拡張工事があり、1960-1970年代には干拓等の国営事業が周辺地域で活発に行なわれた。安来干拓(1968~1974年)、彦名干拓(1972~1986年)、弓浜干拓(1969~1976年)のような大規模な干拓工事では中海の湖底堆積物が利用され、たとえば彦名干拓地の堤防は水

深6mの部分に周辺の湖底から採掘した砂質堆積物で盛り土されている。また、弓浜干拓地の堤防は、境水道や周囲の湖底堆積物を浚渫して得られた砂質堆積物が堤防建設に利用されている。これらの砂質堆積物は流水域の沿岸性堆積物よりなり、現在の中海には堆積していない。堤防建設に利用された盛り土に含まれる有孔虫群集には、現在の中海に生息しない *Elphidium crispum*, *Pararotalia nipponica*, *Quinqueloculina seminula*, *Triloculina lamarckiana*, *Cibicides* などが見られる。以上のことは、干拓工事に利用された砂質堆積物が本研究で扱う柱状試料に挟在しているとすると、堆積年代の決定や推定に有効な鍵層となる。

水質環境は、1974年以降の下層水のCODでみるとほぼ3~4前後の値を示しており、顕著な変化は捉えがたい。しかし、1970年の前半と1980年前半ころにはCOD値はやや低くなっているように見受けられる(石飛ほか, 1995)。塩分濃度はほぼ一定の値を示している(図4)。

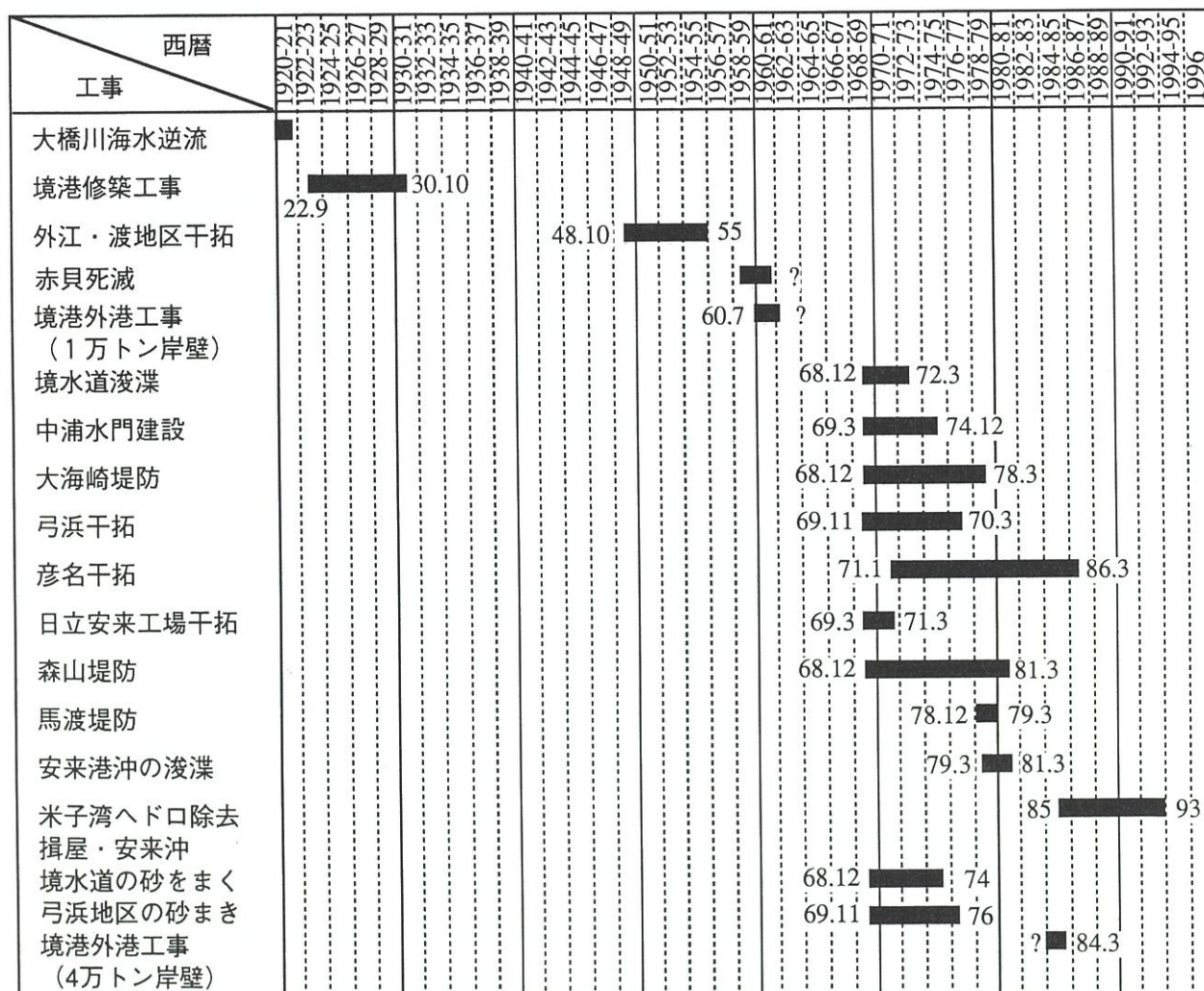


図3. 中海の東部を中心に行なわれた工事とその期間。
Fig. 3. Constructions and their intervals during 1920-1995.

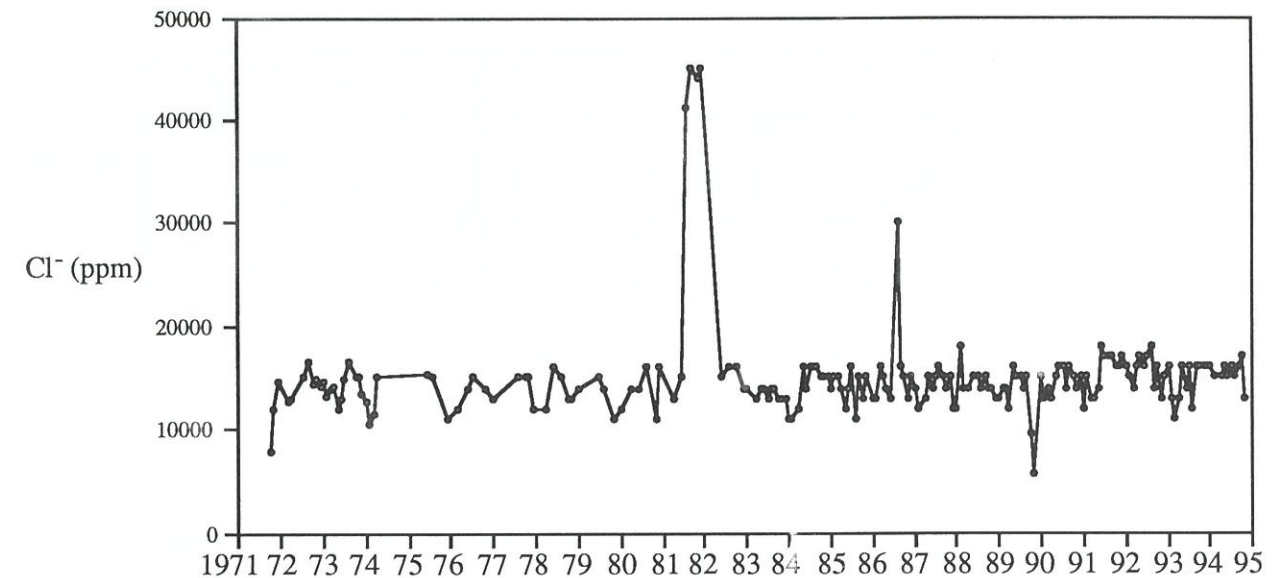


図4. 1971-1994年の中海中央部下層水の塩分濃度の推移。
Fig. 4. Chlorinity changes during 1971-1994.

表1. 柱状試料の採取地点
Table 1. Locations of studied columnar sediments.

Core sample (Location)	Sampling date	Water depth (m)	Temperature (°C)	Salinity (‰)
ST-95-1	June 10, 1995	6.5	18.2	27.0
ST-95-2	June 10, 1995	6.0	17.9	27.0
ST-95-3	June 10, 1995	6.0	17.7	27.0
ST-95-4	July 2, 1995	5.5		
ST-95-5	July 2, 1995	5.0		

柱状試料の採取とその特徴

本研究では、50~60cmの堆積物を中海東部の5地点で1995年6月10日と7月2日に採取した(図1, 2)。各地点の水深や場所の詳細は表-2に示す通りである。ST-95-4とST-95-5の2地点を除き、各地点とも各2本の柱状試料を採取した。これらは、有孔虫分析用と含砂量分析用にそれぞれ供した。

採取試料は表層より各1cmの厚さに切断し、有孔虫用の試料は直接250メッシュの篩で洗浄した。含砂量の分析用試料は、同様に各1cmの厚さに切断後乾燥させ、含水量を測定し、1/2の試料を再度250メッシュの篩で水洗した。含砂量は残渣物を酸処理して、炭酸塩を除去した後求めた。以下に柱状試料中における堆積相と有孔虫群集について記述する。

ST-95-1(図5): 含砂量は1%程度で極めて少ないが、特徴的なピークが湖底下2cmと14cmにそれぞ

れ3.7%と9%認められた。湖底下14.5cmには貝殻の破片が散在している。この地点の有孔虫群集は、主に *Trochammina hadai*, *Ammonia beccarii*, *Triloculina oblonga* からなり、*Pelosina* sp. が少ないながらも認められる。1cc当りの個体数でみると、*T. hadai*は極めて大きな変動を示しているが、大局的には湖底下5-6cmにかけて増大し、さらに表層2cm以内で減少している。一方、*A. beccarii*と*T. oblonga*は層位的に似た分布を示しており、湖底下13cm程度までは比較的多く産出している。*Triloculina oblonga*は湖底下11cm以浅、*A. beccarii*は湖底下7cm以浅で極めて僅少となる。

含砂量のピークの認められた湖底下14cmは、有孔虫群集からみてもそれまでとは異なった環境におかれていることと符号している層準である。しかし、5-6cmでは*T. hadai*が急増しているにもかかわらず、含砂量に変化は認められない。

ST-95-2(図6): 湖底下5-20cmにかけては5%前後の

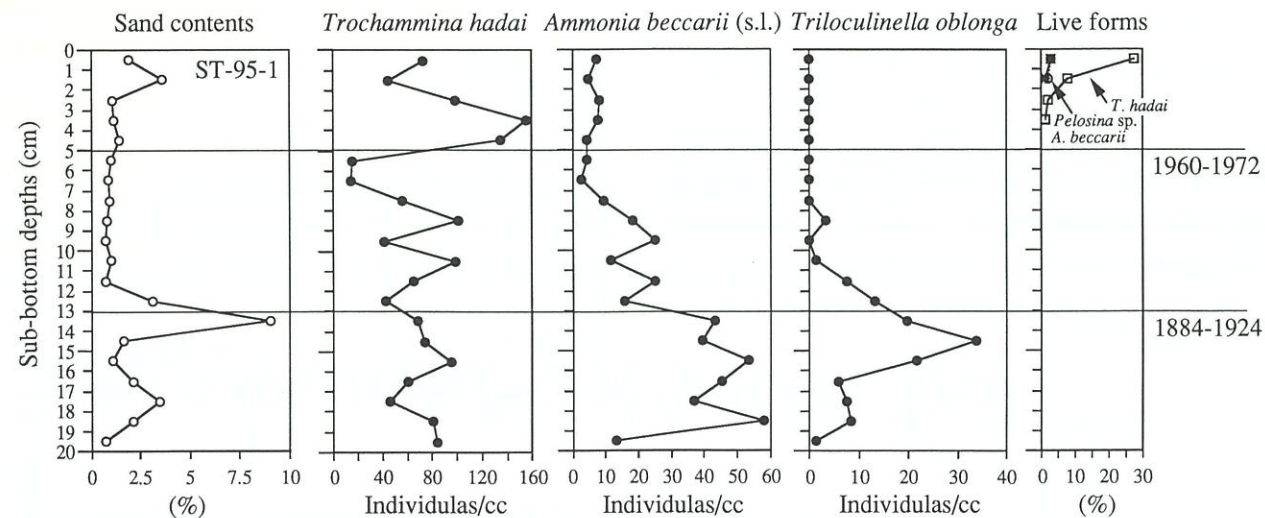


図5. ST-95-1地点における岩砂量と1cc当りの有孔虫数. 図中のレベルは議論のための堆積年代.

Fig. 5. Sand contents (%) and foraminiferal number per cc at ST-95-1. Noted years in right side are for discussion.

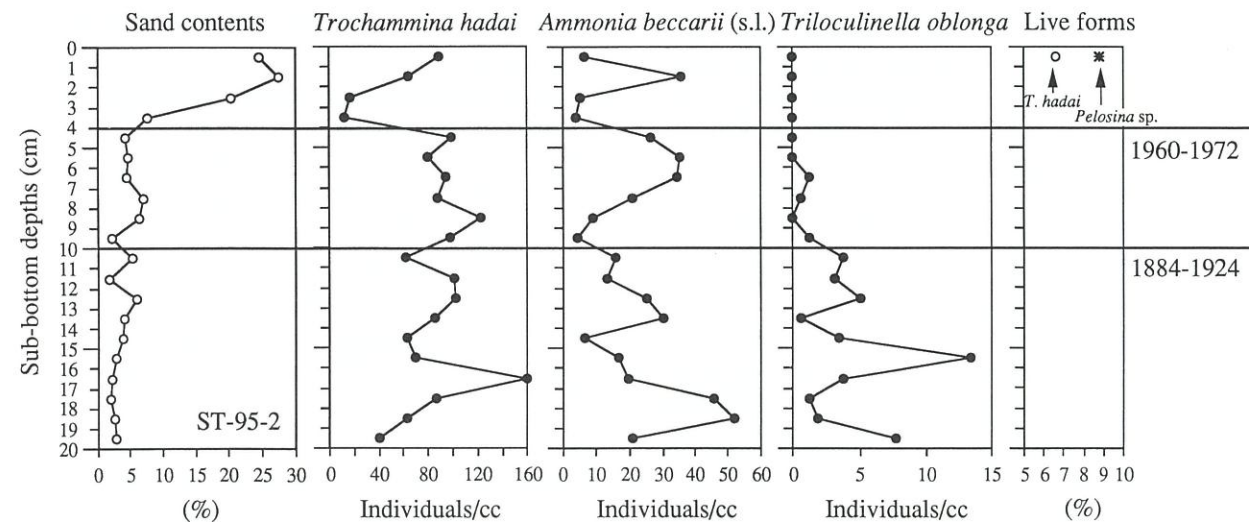


図6. ST-95-2地点における岩砂量と1cc当りの有孔虫数. 図中のレベルは議論のための堆積年代.

Fig. 6. Sand contents (%) and foraminiferal number per cc at ST-95-2. Noted years in right side are for discussion.

含砂率を示している一方で、顕著な増加(最大28%)が湖底下3cmから4cmにかけて認められる。この砂質堆積物中には石英の粒子が多量に含まれると共に沿岸性の *Elphidium* が認められ、明らかに再堆積によってもたらされたことが示される。基本的にST-95-1地点の群集と同じ組成を有している。しかし、*T. hadai* の1cc当りの産出個体数が湖底下17cmでピークをなしていることと、湖底下4-5cmにかけて急激な減少のあることが認められた。とくに湖底下4-5cmにおける減少は含砂量の増加と対応している。*Ammonia beccarii* の相対的産出はST-95-1地点でのそれに類似する。

ST-95-3(図7): 湖底下6cmを除き、表層から8cmまでは最大30%に達する含砂量が認められる。この間の堆積相は9-20cmまでの堆積相とは明らかに異なる。

っている。砂質堆積物中には多量の機械的に破壊されていたり、また表面が溶解してる貝殻片が認められる。1cc当りの有孔虫個体数は、今回の調査のなかでは最も多く、湖底下11cmでは *T. hadai* が500個体に達する。*Ammonia beccarii* の産出は、ほぼ一定しているが、湖底下4-5cmにやや個体数が増加する。この地点では表層(0-1cm)の堆積物中の有孔虫の個体数は減少しており、再堆積の起こった可能性もある。有孔虫の産出変化と含砂量との間には明瞭な対応が見られない。

ST-95-4(図8): 23%に達する粗粒の砂質堆積物が湖底下16-18cmにかけて認められる。砂質堆積物は発泡性の火山噴出物からなり、角閃石の結晶を伴っている。この火山性堆積物は、島根県東部に広く分布している三瓶火山の噴出物であるが、堤防の埋立

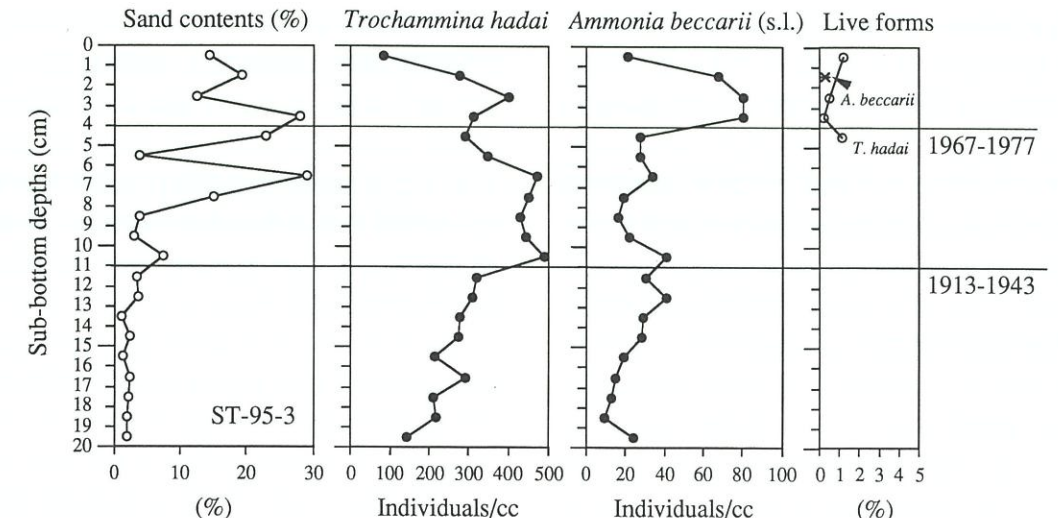


図7. ST-95-3地点における岩砂量と1cc当りの有孔虫数. 図中のレベルは議論のための堆積年代.

Fig. 7. Sand contents (%) and foraminiferal number per cc at ST-95-3. Noted years in right side are for discussion.

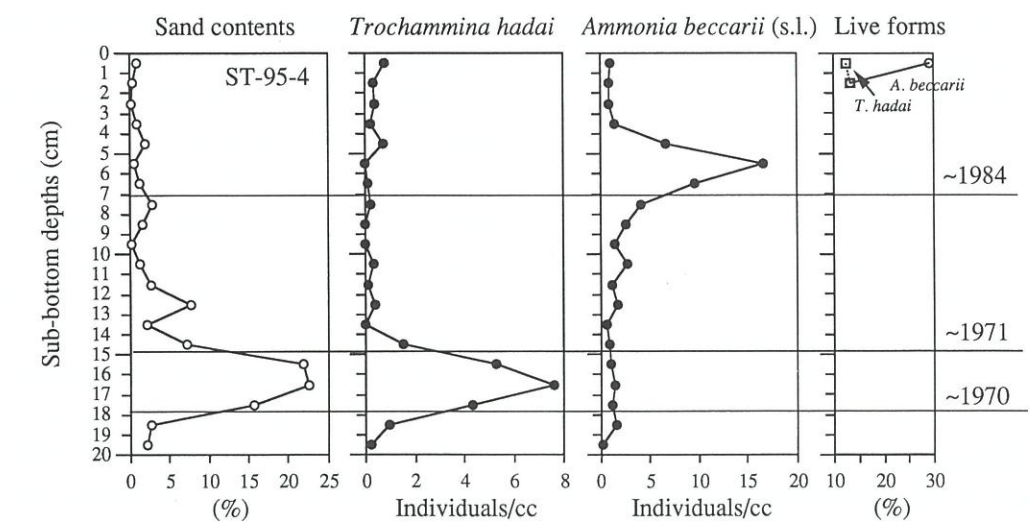


図8. ST-95-4地点における岩砂率と1cc当りの有孔虫数. 図中のレベルは議論のための堆積年代. 含砂率は表層0-1cmの砂質堆積物量を1としている。

Fig. 8. Sand ratios and foraminiferal number per cc at ST-95-4. Noted years in right side are for discussion. Sand ratio is based on the ratios for the sediment weight of 0-1cm interval.

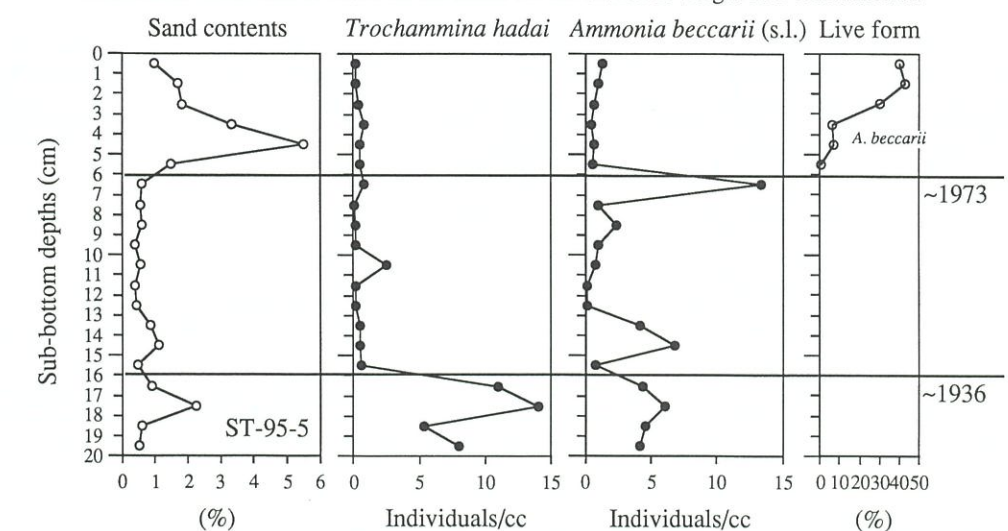


図9. ST-95-5地点における岩砂率と1cc当りの有孔虫数. 図中のレベルは議論のための堆積年代. 含砂率は表層0-1cmの砂質堆積物量を1としている。

Fig. 9. Sand ratios and foraminiferal number per cc at ST-95-5. Noted years in right side are for discussion. Sand ratio is based on the ratios for the sediment weight of 0-1cm interval.

用に搬入され利用されたものである。有孔虫群集は極めて貧弱であるが、湖底下17cmにおける *Trochammina hadai* と湖底下6cmにおける *Ammonia beccarii* の2つのピークが認められた。 *T. hadai* のピークは含砂率のピークと対応しており、砂質堆積物の搬入が *T. hadai* の生態になんらかの影響を与えたものと思われる。しかし、 *A. beccarii* のピークは含砂率の変動とは一致しておらず堆積物の組成以外の要因に影響された結果かもしれない。

ST-95-5(図9): この地点では、基本的に砂質堆積物は少ないが、湖底下5cmにピークが認められる。また、極めて小さいながら湖底下18cmにもピークが認められる。この地点の有孔虫群集はST-95-4と極めてよく似た産出状況を示しており、個体数は貧弱である。湖底下7cmに *A. beccarii* のピークと湖底下18cmに *T. hadai* のピークが認められる。 *Ammonia beccarii* のピークは含砂率のピークより2cm下で起こっている。 *T. hadai* のピークは、わずかな変動幅で認められる含砂率のピークとも一致している。

堆 積 年 代

以上述べてきたような1cc当りの有孔虫の産出頻度と組成の相対的割合、および含砂率の変動から堆積年代の推定を行う。この論拠の基本は、湖底堆積物に挟在する砂質堆積物が自然の堆積過程によってもたらされたとするより、人為的な過程によって砂質堆積物が採泥地点に近い場所に搬入され、その後の湖底の層流によってもたらされた結果であると考

えることにある。したがって、堤防建設に利用された砂質堆積物は堤防に近い場所ほど厚く、隔たるに従い薄くなる。また、浚渫によって湖底泥を攪乱した場合にも、その場所に近い所では堆積速度に変化のあったことが当然予測されることである。これまで、中海における堆積速度の算出は、中海・宍道湖自然史研究会ほか(1987)によって、210鉛(Pb)法や放射性核物質の137セシウム(Cs)の含有量に基づいて行なわれていた。210鉛(Pb)法では中海の中央部で0.044g/cm²/年から0.069g/cm²/年の年代幅をもった堆積速度のあることが報告されている。中間的な堆積速度として0.054g/cm²/年もある(図2)。本報告では、基本的に中海・宍道湖自然史研究会ほか(1987)のこのような3つの堆積速度から求めた堆積年代と上述のような年代決定による比較をすることによってより詳細な年代決定をする。

ST-95-1: 湖底下5cmから6cmで認められた *T. hadai* の増加と湖底下13cmから14cmで認められる *A. beccarii*、および *T. oblonga* のほぼ一致した減少傾向は、中海の湖底環境に大きな変化が起こったことを示している。含砂量にも変化が認められるが明瞭な対応関係は無い。堆積物の移動にかかる時間を考慮に入れると、中海の環境変化のタイミングは、有孔虫群集の方がより敏感であったと考えられる。 *Trochammina hadai* は中海でも還元性の維持されやすい湖底堆積物中に多いこと(Nomura and Seto, 1992)から、 *T. hadai* の増加は中海下層の塩分濃度が上昇し、塩分躍層をより安定させた環境変化であったと考えられる。また、 *A. beccarii* の減少もやはり

塩分濃度の変化によってもたらされた環境変化であると考えられる。野村・吉川(1995)による宍道湖での *A. beccarii* の産状は塩分濃度が2~10パーミルで多産しており、 *T. hadai* よりも塩分濃度の低い環境を好み、両者は生態的に分離傾向が認められる。したがって、中海では湖底下13~14cmで塩分濃度が増加した時期があったものと考えられる。

湖底下5cmは、中海・宍道湖自然史研究会ほかの0.044g/cm²/年から求めると36.5年前であり、0.069g/cm²/年では23.3年前となり、約13.2年の差がある。中海では0.054g/cm²/年の報告もあり、この堆積速度に基づく29.8年前となる。すなわち、1960年から1972年の間となり、中間的な堆積速度では1965年となる。また、湖底下13cmは同様な堆積速度で見積ると111年前から70.8年前となり、40.2年の差が両者には存在する。これらは、1884年から1924年の間に相当する。 *Trochammina hadai* の段階的增加と人為的要因との関係を基にすると前者は1970年ころ、後者は1924年ころとすべきであろう(図10, 11)。

ST-95-2: 湖底下3cmに含砂量の増加が見られ、その1cm下では *T. hadai* が急激に減少している。また湖底下10cmに見られる *A. beccarii* と *T. oblonga* の減少は、中海の環境変化と対応しているものと考えられる。前者の湖底下4cmは、中海・宍道湖自然史研究会ほか(1987)の堆積速度から求めると、30.5年前から19.5年前に相当し、中間的な堆積速度(0.054g/cm²/年)から求めると、24.9年前に相当する。すなわち、1965年から1976年の間で、1970年

にも相当する。次に、湖底下10cmは98.1年前から62.6年前にあたり、80.0年前にも相当する。これらは、1897年から1933年に相当し、中間的には1915年にも相当する。ST-95-1と同様の考えから1920~1930年代と見積もられる(図10, 11)。

この地点の群集変化はST-95-1と基本的に同じであるが、湖底下4cmから5cmにかけての *T. hadai* の減少は *A. beccarii* の減少と共に起こっており、有孔虫群集の総個体数も16~22/ccに減少している。生物擾乱も考えられるが、その他に再堆積のような物理的な擾乱作用が起こったことも推測される。

ST-95-3: 有孔虫群集の変化では、湖底下11cmから12cmにかけての *T. hadai* の増加と湖底下4cmと5cmにかけての *A. beccarii* の急増によって湖底環境に意義のある変化のあったことが示される。これらの変化は必ずしも含砂量の変化とは一致していないため、砂質堆積物の搬入に先行して湖底環境に変化が起こったものとみられる。湖底下11cmは、中海・宍道湖自然史研究会ほか(1987)による堆積速度では52.4年前から82.1年前にあたり、0.054g/cm²/年からは66.9年前の年代も導かれる。すなわち、1913年から1943年のことになり、中間的な堆積速度では1928年も含まれる。湖底下4cmは27.7年前から17.7年前のことになるが、中間的には22.6年前として導かれる。これらは、1967年から1977年の間で、1973年ころになる(図10, 11)。

ST-95-4とST-95-5では、堆積物の乾燥重量を測定していないため、中海・宍道湖自然史研究会ほかの堆積速度を利用することはできない。しかし、ST-

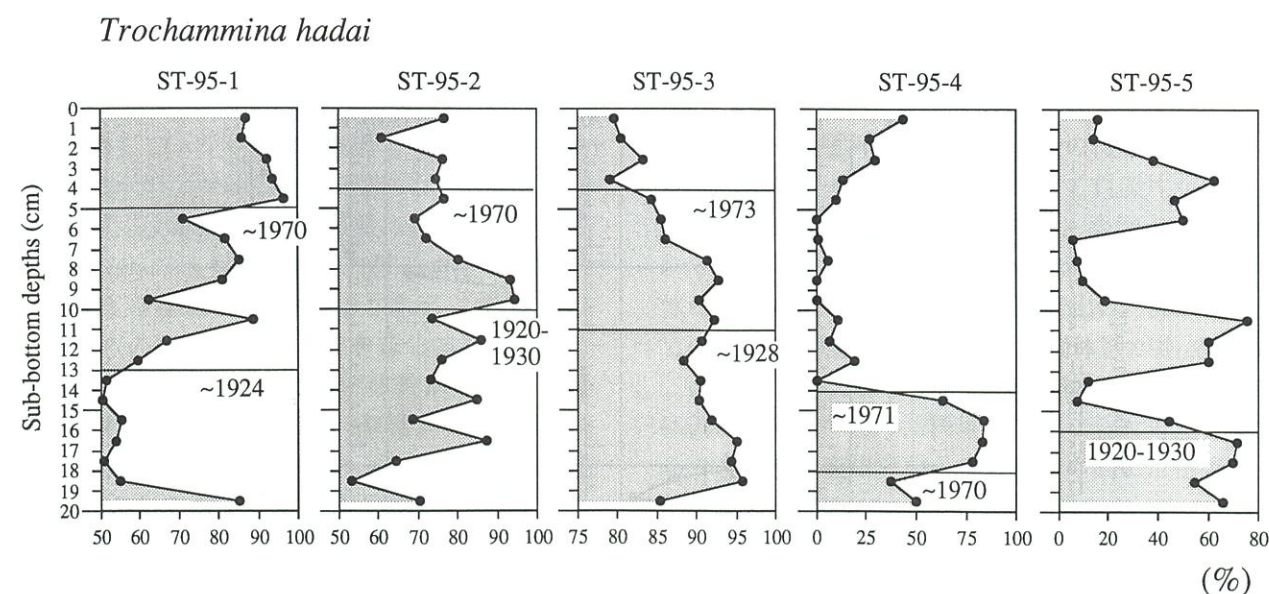


図10. 各地点間で比較した *Trochammina hadai* の相対頻度。図中のレベルはここで求めた堆積年代を示す。

Fig. 10. Relative frequencies of *Trochammina hadai* at each site. Years at each site are determined ages.

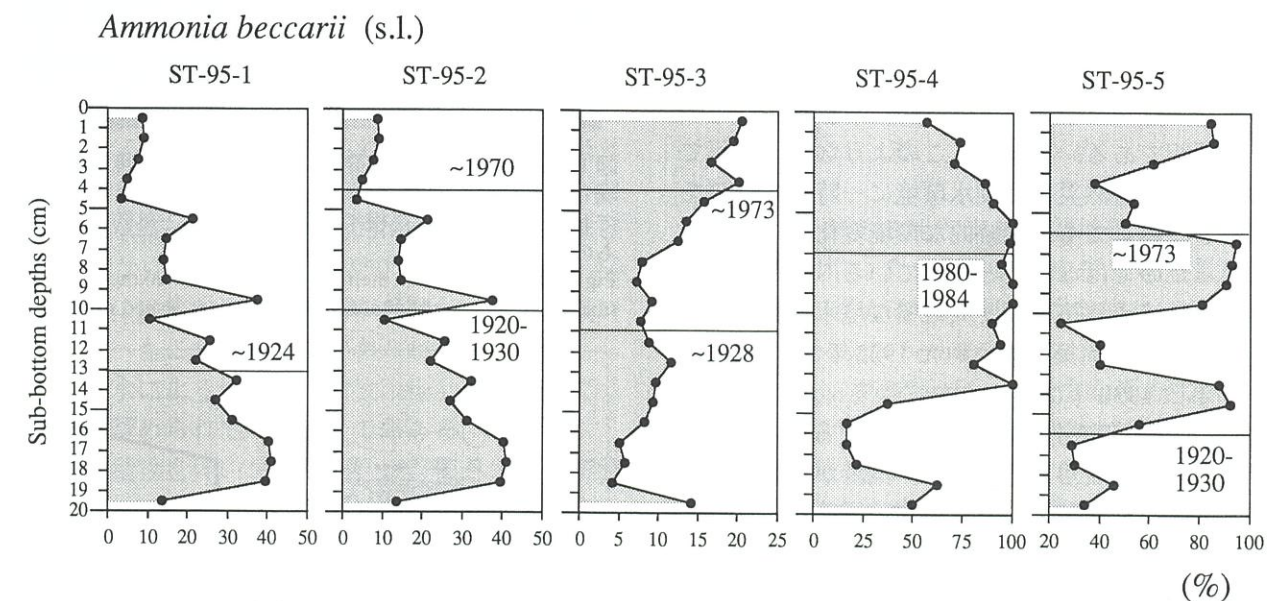


図11. 各地点間で比較した *Ammonia beccarii* (s.l.) の相対頻度。図中のレベルはここで求めた堆積年代を示す。

Fig. 11. Relative frequencies of *Ammonia beccarii* (s.l.) at each site. Years at each site are determined ages.

95-4で湖底下16-18cmにかけて見られる砂質層は、極めて特徴的で安来日立工場の埋立工事と直接関係したものであり、1970-71年とすることができる(図3, 10, 11)。*Trochammina hadai*の増加は、この工事に関係した環境変化を反映したものであろう。同様に、湖底下6cmには*A. beccarii*の増加が認められる。湖底下14cmより上位では一定した堆積速度を有していることより、この層準を工事の完了した1971年として1次関数で内挿すると、湖底下7cmは12年前すなわち1983年に相当する(図10, 11)。ST-95-5の*A. beccarii*のピークは堆積擾乱による影響も考えられるため、ここでは含砂量の増加が継続的に見られる湖底下6cmを彦名干拓の堤防建設時期、すなわち1973-74年ころとすべきであると考え。これをもとに1次関数で外挿すると、湖底下17cmは74.8年前、すなわち1920年ころとなる。

有孔虫群集の変化からみた ここ数十年の中海東部

今回検討した中海の有孔虫群集は、*T. hadai*や*A. beccarii* (s.l.)により占有されており、これらの種の産出変動を解析することによって上記の年代における環境変化の背景を探ってみたい。

湖底下20cmまでの堆積物および有孔虫群集で共通して検出される環境変化の時期は、1920-1930年ころと1970年前半のイベントである。松江市、米子市、境港市、八束町によって編さんされた各市町誌によると、1920年以前の中海およびその周辺では大規模な人為的改造はなされておらず、自然のままの環境が基本的に継続していたものと思われる。1800年代末から頻繁に洪水や干ばつの自然災害の記録がのこるが、中海全体でいかなる影響を与えたのかは不明である。我々は、このような数年間隔で起こっている自然災害は湖水環境に一時的な影響を与えたものとしても、永続的な環境変化には結びつかなかったのではないかと考えている。ここで注目したいのは境港修築工事と大規模な境水道の浚渫や境港外防波堤の構築がなされた1922年9月である。この工事は1930年に完工されている。境港湾修築誌(境港湾修築期成会, 1933)によると、境港地域へ海浜砂の移流が顕著になり、湾港が浅化するようになったため、外堤防を美保湾へ向けて2.918km突出させることによって湾港の閉鎖抑止や大型湾港としての利用がなされたようになったことが記録されている(境港市, 1986; 図12, 13)。また、松江市の記録によると、この頃宍道湖の湖水の塩分濃度が上昇し、しかも周辺の耕作地で塩害があったとされて

いる。1941年(昭和16年)発行の松江市誌(p. 1370-1371)には次のような記述がなされている。

「...塩度の増減は、古来記録に残されていないから知るに由なしである。明治16年10月に島根県で編成した“意字郡村誌”の馬潟村の大川(大橋川の最下流部)の條に“流緩ニ水濁レリ、有時中海ノ水逆流シテ塩シ”とあり、八幡村の大川の條には単に“清濁流勢馬潟村ニ同ジ”とある。其外同書各村の河流や“島根郡村誌”にはどこにも塩味云々と書きたる條が無いのは或は編纂の当時に、逆流塩水の弱勢なりしやも知れずである。

然るに大正以来、此逆流塩水の流勢旺盛となり、大橋川を遡りて宍道湖に入り、更に進んで湖の西岸

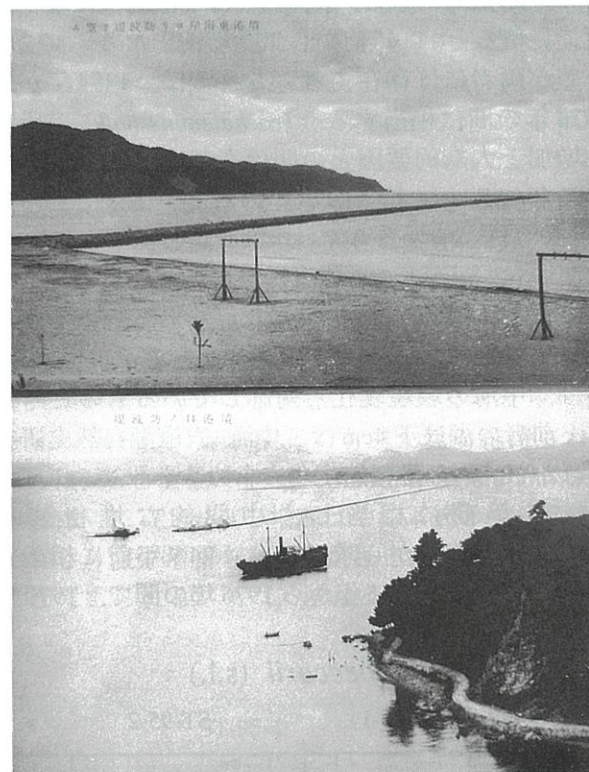


図12. 昭和5年(1930年)発行の絵はがきにみる境港の外防波堤(境港湾修築工事)の様子。上の写真は弓浜半島より眺めており、下の写真は島根半島側より境水道と外防波堤を見たものである。

Fig. 12. Old post cards memorialized the embankment construction in the mouth of Sakai Strait. Post cards issued in 1930.

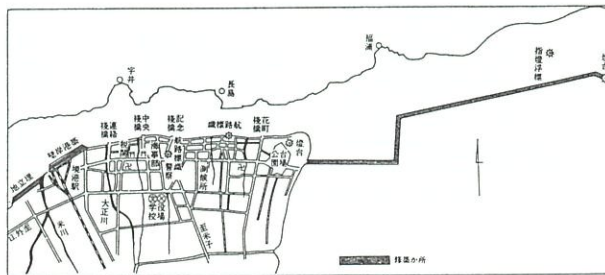


図13. 境港湾修築略史に掲げられている外防波堤の場所と境港の市街図(境港市, 1986より引用)。

Fig. 13. Geographic position of the embankment.

迄も浸入し、加之これ等沿水の稲田は灌漑用水を失い、塩害を蒙ること甚だしきを訴ふることと爲つた。之が対策としても松江市近傍にても数ヶ所に潮留工事を設置し、昭和14年には、宍道湖淡水化問題の議も起る位と爲つた....」

このような宍道湖における塩分濃度の上昇は、有孔虫群集の変化からも明瞭に捉えられ、それまで豊富に産していた*Haplophragmoides canaliensis*のような低塩分濃度嗜好の種が減少し、代わって中塩分濃度嗜好の*Ammonia beccarii*が産出するようになる(野村・吉川, 1995)。これと同様に中海でも湖水の塩分濃度が上昇する様子を1920-1930年の堆積物にみることができる。すなわち、ST-95-1では*A. beccarii*が減少し、ST-95-3では*T. hadai*の産出個体数が上昇し、ST-95-2でもその産出割合は上がっている(図11)。*Trochammina hadai*の増加は明らかに塩分濃度の上昇によってもたらされた結果であり、生態的反応としては塩分躍層がより安定化し、それによる泥底の還元環境の発達が要因になったものと考えられる。一方、中海周辺の浅い環境(ST-95-5)では産出個体数が減少するという反対の現象が見られる(図10)。これは、松江市誌(松江市誌編さん委員会, 1962)に記述されているように、大橋川の改修(1922年)による中海と宍道湖の水位の減少によるものと考えられる。両湖の水位が33cmから7cmへと小さくなることによって、塩分濃度の低い宍道湖水が中海へ流入したことは当然考えられよう。高塩分濃度の中海の下層水は宍道湖への流入が容易となり、宍道湖の表層水は中海への流出が促進されるという河口域の水循環システムが活発化したためである。したがって、相対的に増加する*A. beccarii*はこの現象を捉えたものである(図11)。

ST-95-5では1948年の相対的な*T. hadai*の増加や1958年ころの*A. beccarii*の相対的増加は、1cc当りの個体数は実質的に大きな変動を伴っていないため、その意義については積極的に歴史的事実と結び付けられないようである。1950年代後半および60年代前半には集中豪雨や豪雪が多発しており、浅い湖底環境へもこれらの影響があらわれたとも考えられる。洪水による浅海性堆積物の擾乱は沿岸域でもしばしば認められていることでもある。

砂質堆積物を伴いながら有孔虫群集へ大きな影響を与えているのは、1970年代前半にどの堆積物においても一致して認められる。これは、前述したように明らかに干拓および淡水化事業に伴った一連の工事によって引き起こされているものである。ST-95-3では例外的に*A. beccarii*の増加が認められるが、基本的に*T. hadai*の増加によって特徴づけられ、

中海下層水へ高塩分水の定常的供給とそれによる躍層の安定および湖底の還元化が重要な要因となっているものとみられる。島根県環境保全課の報告によると、水深6m付近で15,000~17,000ppm程度の塩素濃度が数カ月間続く傾向が1970年代後半以降見られる(図4)。これには一部データの欠如があるものの海水の安定した供給があったものとして捉えることができよう。すなわち、湖底および下層水には還元性の堆積物の付加が促進されたことが考えられる。

このように、中海の1970年代以降の湖底では、還元的な環境が1970年以前より維持されやすい状況におかれていることが*T. hadai*と*A. beccarii*の産出変化から見いだせる。しかしながら、中海周辺、とくに、彦名干拓地に近いST-95-3地点では反対に*T. hadai*が減少している。ST-95-3は水深6mであり、ST-95-1, -2とほぼ同じ水深を有することから、これらと同様の群集変化が考えられる。我々はこの点、埋立用に利用された干拓地周辺の浚渫跡が原因となっているものとする。三梨ほか(1987)によると、中海東部にはかなりの地域をもって水深10mにもおよぶ浚渫が行われている。この浚渫でもってより塩分濃度の高い周辺の下層水は凹地へトラップされたことが予想される。また、周辺の表層細粒堆積物の浚渫跡地への移動も考えられる。かかる要因が*T. hadai*の増加を抑制したものと思われ、地域的に中海の中央部とは異なった湖底環境が人為的に形成されたことになる。現時点では、これら浚渫地の正確な面積と深さのデータが無いため細粒堆積物の移動量を見積ることができない。したがって、周辺の底生生物へ与えた微視的生息環境の変化は今後の課題としたい。

ま と め

1. 中海東部の5地点より表層堆積物を柱状採泥し、堆積物中に含まれる有孔虫群集を定量分析した。ここで得た有孔虫種は基本的に*Tochammina hadai*と*Ammonia beccarii* (s.l.)よりなり、*Triloculinella oblonga*や*Pelosina* sp.を含む極めて単純な組成となっている。しかし、前2者の体積当りの個体数および相対量の層位的変化(*T. hadai*の段階的増加)は、人為的な自然改造工事による中海の環境変化の過程を歴史的に実証することができる。

2. 中海東部の湖底下20cmまでで得られる最も顕著な有孔虫種の量的変化は、1920-1930年と1970年前半に起こっていることが判明した。ここで求めた堆積年代の決定は、中海・宍道湖自然史研究会ほか

(1987)による210鉛(Pb)法を基にし、さらに堆積物中に含まれる細粒堆積物および有孔虫群集の層位的変化から求めたものである。210鉛(Pb)法による堆積速度では場所によってかなりの時間幅が生じるため、ここ数十年のイベントを復元するためには化石層位学的手法も重要である。

3. 1920-1930年の地中海の環境変化は、境水道の浚渫と境港湾建設に伴った工事によって引き起こされている。境水道を美保湾方向へ2.9kmにも及ぶ外堤防の建設は、美保湾内の海水を中海へ導入する役目を果たしており、*A. beccarii*に代わって*T. hadai*が増加する。この時期より、日本海の海水が安定的に供給されるようになり、塩分躍層がより安定化したため、湖底では還元環境がより著しくなったものとみられる。

4. 1970年前半の環境変化は、明らかに農水省の干拓・淡水化計画によって部分的に実施された中浦水門や堤防(森山堤防、大海崎堤防など)の建設による下層水の流入経路の変更によるものである。中海中央部は1970年以前より海水の流入がより直接的になり、塩分躍層の安定化を導いている。塩分濃度が比較的高く、還元的環境に適応した*T. hadai*は、このイベントでさらに個体数を増大させている。

5. 干拓のために浚渫された地域の湖底では、地域的に高塩分下層水のトラップや表層堆積物のより深部への移動が起こったものとみられ、同じような水深で見られる群集変化とは異なっている。地域的な表層堆積物の移動を考える場合、人為的な凹地の存在は周辺の底生生物へも影響を与えている。

謝 辞

1920-1930年代の有孔虫群集の変化をもたらした社会的背景を調査するにあたって、境港図書館の畑中弘館長および境港市史編さん室の早川時夫氏に貴重な資料の提示を受けた。ここに資料の一部を紹介

させて頂くとともに、記してお礼申し上げる。

引用文献

- 石飛裕ほか4名, 1995: 宍道湖, 中海の水質汚濁と今後の課題. 第9回衛生公害研究所研究発表会, 抄録集, 16-21, 島根県.
- 松江市, 1941: 松江市誌, 1-1750 (関連ページ: p.1365-1371).
- 松江市誌編さん委員会, 1962: 新修松江市誌, 1-1837 (関連ページ: p. 20-21, p. 1168-1171)
- 三梨 昂ほか9名, 1987: 中海の湖底地形と堆積相(続報). 山陰地域研究(自然環境), 3号, p. 167-174.
- 中海・宍道湖自然史研究会ほか3名, 1987: 中海・宍道湖の自然史研究—その6. 中海における1986年度柱状採泥と湖底表層堆積物中の有孔虫・珪藻群集(予報)—, 島根大学地質学研究報告, 6, p. 61-84.
- 野村律夫・猪口靖, 1995: 湖水環境の人為的改造と底生有孔虫の群集変化—その1 島根県中海本庄工区の場合. *Laguna*, 2, 1-9. 島根大学汽水域センター.
- Nomura, R. and Seto, K., 1992: Benthic foraminifera from brackish Lake Nakanoumi, San-in District, Southwestern Honshu, Japan. *Centenary of Japanese Micropaleontology*, p. 227-240, Terra Sci. Publ. Co., Tokyo.
- 野村律夫・吉川恵吾, 1995: 湖水環境の人為的改造と底生有孔虫の群集変化—その2 宍道湖の中央1測線の結果. 島根大学教育学部紀要29巻, 31-43.
- 境港市, 1986: 境港市史(上), 1-1008(関連ページ: p. 744-762).
- 境港湾修築期成会, 1941: 境港湾修築略史, 1-134.

LAGUNA (汽水域研究) 3, 25~31頁(1996年3月)
LAGUNA 3, p. 25-31 (1996)

湖水環境の人為的改造と底生有孔虫の群集変化： その4 有孔虫の群集変化に対応した 化学的酸素要求量(COD)と宍道湖水の変化

野村律夫¹⁾

Benthic foraminiferal changes in relation to human activities in brackish environment: Part 4 Chemical Oxygen Demands (COD) correlated with foraminiferal event and the changes of water characters in Lake Shinji

Ritsuo Nomura¹⁾

Abstract: A variation of chemical oxygen demands of bottom water in Lake Shinji was examined for 24 years of 1972-1995, based on the reports from Shimane Prefectural Government. A critical change of COD values in the time series occurred in 1980, which is exactly correlated with the benthic foraminiferal changes, as reported by Nomura and Yoshikawa (1995). An increase of *Ammonia beccarii* in sediment surface indicates an increase of organic matter in bottom water, which is reasonably interpreted from the view point of COD.

The increased values of COD during 1980-1982 indicate that the water characters of Lake Shinji change to nutrients rich water, with an input of organic matter. The cause of this change might have been due to a construction of several embankments or bottom sediments dredging to reclaim the northwestern part of Lake Nakaumi, which hindered the movement of bottom water. So far as COD values indicating constant variations after 1983, such water characters do not changed to the present. However, foraminiferal occurrence indicates a continuation of increased organic matter into bottom water.

Key words: Chemical Oxygen Demands(COD), COD event, foraminifera

はじめに

昨年、筆者は宍道湖における有孔虫群集の顕著な変化が1930年代と1980年代の初めに起こっていることを報告した(野村・吉川, 1995)。とくに、1981年の環境変化では、それ以前にはあまり顕著でなかった*Ammonia beccarii*という石灰質の殻を有す種が極めて著しく産することで特徴づけられている。現在でもその増加傾向は続いている。この種の有孔虫

は、堆積表面から深さ2-3cm程度までのところで主に生活する生態を有しているため、下層水の環境変化を的確に捉えている。野村・吉川(1995)は、この有孔虫種の産出増加の原因を1970年代に行われた干拓事業や淡水化事業のための一連の工事による結果と考えた。

その後、有孔虫が環境の指示者として、湖水環境の化学的データとどのような関係があるのかを検討してきたが、COD値の経年変化に有孔虫群集の変化と一致して不連続期のあったことを見いだした。小論ではその意義を述べ、有孔虫が環境指標として有効であることを指摘する。

¹⁾ 島根大学教育学部微化石研究室
Laboratory of Microfossils, Faculty of Education, Shimane University, Matsue, 690