

湖水環境の人為的改造と底生有孔虫の群集変化：その7 珪藻 *Cyclotella* の産出による堆積年代の推定とその意義

野村律夫¹

Benthic foraminiferal changes in relation to human activities: Part 7 Age estimation of sediment by using diatom *Cyclotella* and its significance

Ritsuo Nomura¹

Abstract: Recent occurrences of diatom *Cyclotella* spp. are significant in brackish Lake Nakaumi. Based on the surface sediment, Kashima and Noguchi (1983) suggested that these diatom taxa became developed during the time of 1960's to 1980's. If the *Cyclotella* occurrence can be traced in the sediment core, an age estimation may be possible with some hypotheses.

In order to elucidate this *Cyclotella* occurrence, I examined the sediment core from the central part of Lake Nakaumi, and found a significant change of the relative abundance at 2.5-3.0 cm sub-bottom depths. Since *Cyclotella* taxa are basically adapted to fresh water or lower saline brackish water, the dominant occurrence of *Cyclotella* in Lake Nakaumi may be mostly due to the transportation from Lake Shinjiko, Yonago Embayment, and other fresh water areas. A total area of Lake Nakaumi was reduced to about 77 % of the original by a land reclamation project of the Honjyo area, and thereby the transported diatom accumulated in more high abundance in main Lake Nakaumi than before. The Ohmisaki embankment completed in 1978 and then controlled the dispersion of *Cyclotella* occurrence. If this age applies to the sediment core, sedimentation rate can be estimated to 0.0416~0.0526 g/cm²/year. This sedimentation rate is conformable to the previously reported values.

Key words: age estimation, *Cyclotella*, diatom, Lake Nakaumi, reclamation project

はじめに

中海の79%は塩分躍層より深く、その湖底泥には有孔虫の生体・遺骸が多量に含まれている。過去の環境を復元するにあたって、この有孔虫の遺骸を層位的な観点から検討すると極めて有効な解析手段となる。これは有孔虫群集が湖水環境の複雑な変化に敏感に反応して生活しているためである。したがって、堆積物中に年代の刻みが正確になされれば、精度のよい環境復元が可能となる。そのため、同位体によ

る年代測定法がこれまで最も基本的な解析手段として、中海・宍道湖の多数の地点で測定されてきた(たとえば、三梨・徳岡編「中海・宍道湖, 地形・底質・自然史アトラス, 1988」)。しかし、環境変化の著しい湖水環境においては地域的な堆積速度の差が存在するため、既報の堆積速度を用いた年代の推定には、不確定部分の存在が一般的である。そのため、年代推定については多角的な検証を必要とする。検証の1例として、工事に伴って散布した砂粒堆積物は、工期の確認ができれば良好な年代推定の証拠として利用でき

¹ 島根大学教育学部地学研究室

ることは指摘してきたところである（野村・猪口，1995）。しかし，この手法は工事周辺域に限られ，宍道湖や中海の湖心部における同様の年代検証は不可能である。そのため，他の手法によらなければならない。

筆者は，中海の有孔虫群集を上層水の変動と関連させ考察を進めている過程で，湖心部において浮遊性珪藻の *Cyclotella* spp. の層位的な変化が湖底下 2.5-3.0 cm で起こっていることを認めた。この変化は極めて顕著な変化であり，*Cyclotella* spp. の相対量が 40% 前後から 50% を越す出現を示している。この変化について，年代推定の手段となりうることを紹介する。

結果と考察

今回検討した試料は，1996年10月に湖心部の西方 1km 付近で柱状採泥を実施し，0.5cm の間隔で切断した試料の一部について珪藻の解析のため乾燥し，保存していたものである。珪藻の処理にあたっては，通常の塩酸処理，ピロリン酸処理，および遠心分離による洗浄を施した。珪藻殻の相対量は，上澄み液を 1cm² のカバーガラスに包埋したのち，その全面積について検出した数を相対化したものである。その *Cyclotella* の産状は図 1 に示す通りである。

図 1 の結果より，湖底下 2.5 ~ 3.0 cm にかけて産出に不連続が認められることは明らかである。湖底下 1cm では 80% にも達する産出を示し，*Cyclotella* spp. が近年，中海のなかで特徴的な産出をするようになったことが伺える。鹿島・野口（1988）は *Cyclotella* の産出について，1960年代と 1980年代の比較をし，80年代に *Cyclotella* が多産するようになったことを報告している。もし，今回の柱状堆積物中に認められる *Cyclotella* の層位的に不連続な産出が鹿島・野口（1988）の指摘する現象と関連しているとしたら，堆積物の年代推定にとって貴重な情報となろう。

Cyclotella 属は，基本的に淡水性に適応した中心目のグループである。しかし，塩分の存在する環境（低塩分域）でも生息することができるため，宍道湖・中海水系では塩分の低い宍道湖でその主要な分布を有している。これまで，この *Cyclotella* は宍道湖の珪藻群集の優占種の 1 つとして注目され，中海の水質・プランクトン調査のなかでその量的な変動が伊達（1975-1983）および水質・プランクトン小委員会（1990）によって記録されてきた。図 2 は，伊達（1975-1983）および水質・プランクトン小委員会（1990）によって報告されてきた地点のセル数を比較したもの

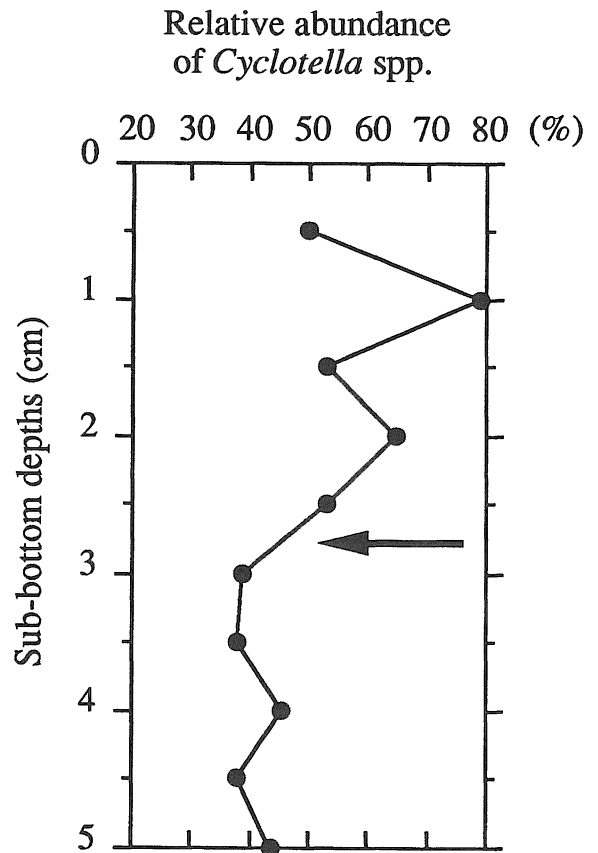


図 1. 珪藻 *Cyclotella* spp. の湖底下 5 cm までの相対量の変化。量的な変化が矢印で示す 2.5-3.0 cm の間に認めらる。

Fig. 1. Stratigraphic distribution of diatom *Cyclotella* spp. in sediment core. Arrow indicating the significant change of *Cyclotella* occurrence at sub-bottom depths 2.5-3.0 cm.

であるが，宍道湖で多く，中海で少ない。宍道湖や矢田で多産する月には連動して中海でも産出するが，量的には少なくなっており，25% 以下になることもある。また，境水道ではさらに少なくなっている（伊達，同上）。このような特徴的な産出をする *Cyclotella* は，宍道湖・中海とつながった水系のなかでは，上流・下流の関係にあり，中海や境水道の *Cyclotella* は宍道湖で生産されたものが中海に運搬された結果とみなすことができる。この指摘は，すでに伊達（1979）によって述べられており，中海での産出はこの水域での *Cyclotella* の適応繁殖を必ずしも意味しているものではない。ただし，伊達（1975-1988）が報告した *Cyclotella* 属には，複数の種が含まれている（たとえば *Cyclotella nana* など）ため，中海に適応しているものもあるかもしれない。今回は，詳細な分類学的な検討の余地を残すものの，この属に生態的な特異性が報告されていないことから，淡水～低塩分に適応した珪藻と一括して議論することにする。また，1974-

1976年の中海・宍道湖での産出結果と塩分、水温、そして全リン濃度との関係では *Cyclotella* は水温に最も影響され、水温の低下した冬期に発生しやすいことが指摘されている（大竹ほか，1979）。

柱状堆積物中 2.5-3.0 cm で確認した *Cyclotella* の急激な産出は、淡水～低塩分域から中海に流れ込む量が増えたか、または中海の中で分散されることがなくなったことの2通りの基本的な意味を持つように考えられる。最初の考え方、すなわち宍道湖から中海へ流入する量が増えたとする説は、1970年代後半以降に宍道湖・矢田での量的な変化を直接受けるようになったことによる。たとえば、1975年と1976年の大量発生時の各月の対応は弱い、1977-1978年以降になると各月での産出パターンがよく似ている（図2）。1982年と1983年には宍道湖・中海とも産出しないが、1985-1987年では出現回数（出現する月）が急に増加し、各月の産出パターンが共によく一致した関係がみられる。

後者の場合は、流れ込んだ珪藻の分散面積が減少したために濃縮効果をはたらいたことを意味する。すなわち、中海の水域面積が減少するようなことと関係している。1970年代の中海を取り巻く自然環境の人為的な改造は極めて大きいものであったことは周知の事実である。中浦水門の建設が1969年3月から開始され、また大海崎堤防の建設が1968年12月に始まっている。中浦水門の場合、1974年12月に終了し、大海崎堤防は1978年3月に完成している。とくに大海崎堤防の完成は中海の水域としての面積を大きく変えたことは容易に理解されよう。干拓のために計画された本庄工区はとくに大きく、中海の中で約17%におよび、かつ境水道を通した海水交換では重要な場所に相当している。そのため、宍道湖中海淡水化計画のなかで湖流がどのように変化するか、実測とともにモデル実験がなされてきた（農業土木学会、宍道湖中海淡水湖化に伴う水管理及び生態変化に関する研究委員会、1983）。それによると、大橋川から流出した宍道湖表層水は大きく2つの方向へ流れている。1つは中海の湖心部に向かい（大きく右回り旋回する場合もある）、他の河川から流出した水と一緒に、やがて大根島・江島間（今の馬渡堤防）や江島・弓浜半島の間（今の中浦水門）を通過して境水道に流出する。もう1つは、大橋川を出て、大根島の西を時計回りに流れ、複雑な動きをしながらやがて境水道へ流出する流れである。モデル実験ではこちらの流れが前者（大根島の南側の流れ）より主になっている。しかし、後者の流れは、大海崎堤防の完成で完

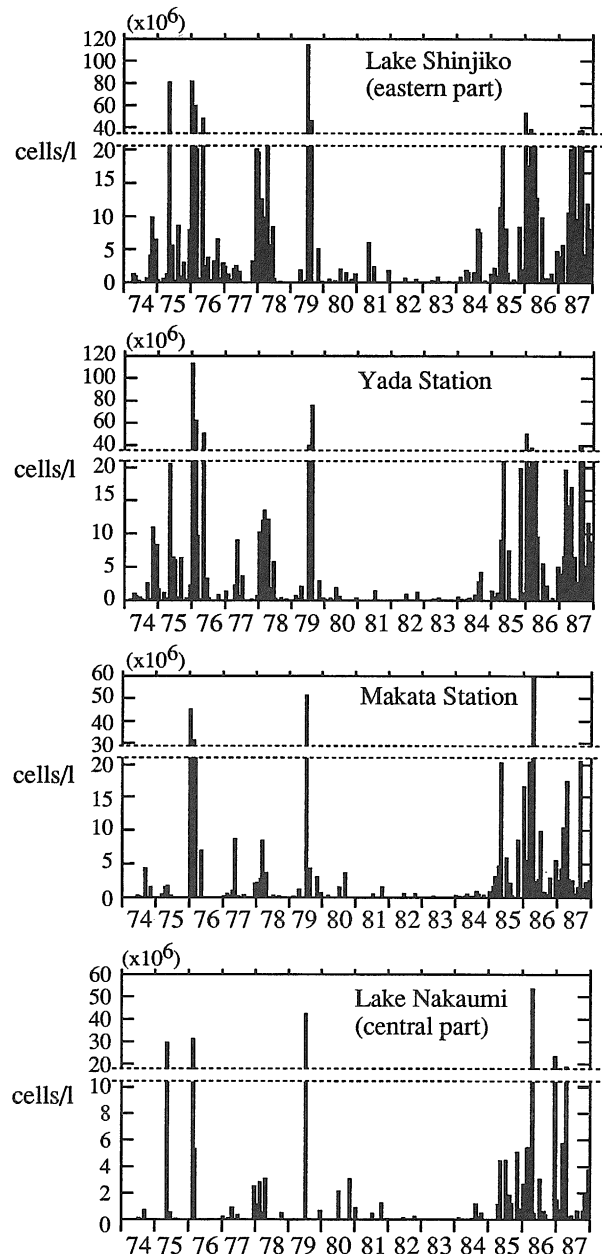


図2. *Cyclotella* spp. (*C. nana*を含む)のセル数の1974年から1987年までの月変化。伊達（1975-1983）および水質・プランクトン小委員会（1990）によって検出された地点のなかで、宍道湖、矢田（大橋川）、馬淵港沖、および中海中央の各地点のみを图示した。中海中央での *Cyclotella* は1978年以降宍道湖・矢田地点との月ごとの産出パターンが似ている。

Fig. 2. Monthly distribution of *Cyclotella* spp. in brackish water at each station of Shinjiko, Yada, Makata, and Nakaumi. Original data from Date (1975-1983) and Subordinate Committee for Water Characters and Plantkons (1990). Note the similar occurrence between Lake Nakaumi and Lake Shinjiko and Yada Station after 1978.

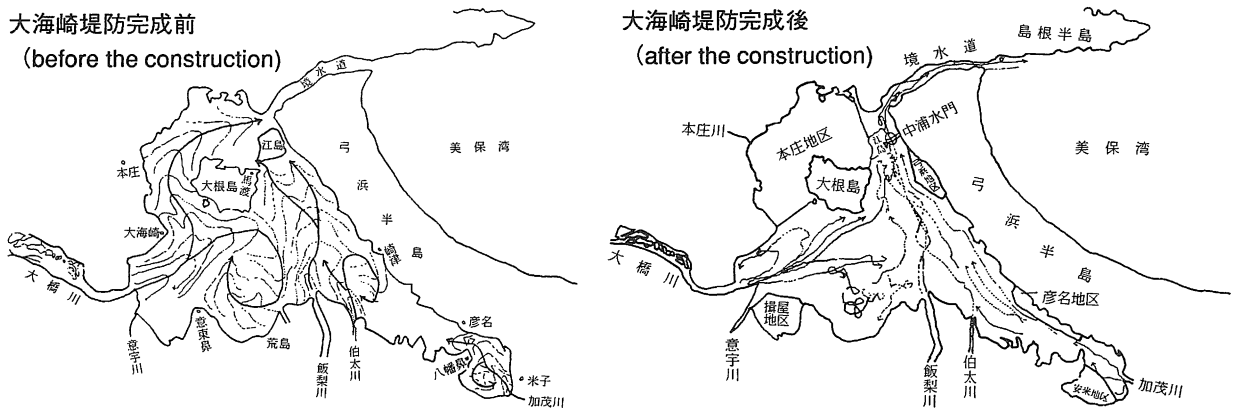


図3. 大橋川から流出した表層水の流れモデルの一例. 農業土木学会, 宍道湖中海淡水湖化に伴う水管理及び生態変化に関する研究委員会 (1983) による.

Fig. 3. Simulated flow model of surface water from the Ohashigawa River.

表1. 堆積年代の見積もり. 1978年3月を (a) 2.0-2.5cmにした場合と (b) 2.5-3.0cmにした場合.

Table 1. Age estimation of sediment core. (a) 2.0-2.5 cm assigned to 1978 (b) 2.5-3.0 cm assigned to 1978.

湖底面からの 深さ (cm)	乾燥重量 (g/cm ²)	(a)			(b)		
		堆積年数	累積年数	西暦年	堆積年数	累積年数	西暦年
0.0-0.5	0.10	2.29	2.29	1994.54	1.82	1.82	1995.01
0.5-1.0	0.16	3.95	6.25	1990.58	3.13	4.95	1991.88
1.0-1.5	0.17	4.19	10.44	1986.39	3.31	8.26	1988.57
1.5-2.0	0.17	4.16	14.60	1982.23	3.29	11.55	1985.28
2.0-2.5	0.17	3.98	18.58	1978.25	3.15	14.71	1982.12
2.5-3.0	0.20	4.90	23.48	1973.35	3.87	18.58	1978.25
3.0-3.5	0.18	4.24	27.72	1969.11	3.36	21.94	1974.89
3.5-4.0	0.21	5.06	32.77	1964.06	4.00	25.94	1970.89
4.0-4.5	0.24	5.70	38.47	1958.36	4.51	30.45	1966.38
4.5-5.0	0.25	5.97	44.45	1952.38	4.73	35.18	1961.65

全に遮断されてしまった (図3).

このようにみると, 大海崎堤防は前述してきたような大橋川から流出する *Cyclotella* の殻を中海から中浦水門方向へ向けて搬出させるための堤防になっているといえる. すなわち, *Cyclotella* が中海湖心部域で多産するようになる現象は大海崎堤防が完成したと結びついて起こった可能性が強い. したがって, その現象が顕著になるのは堤防が完成した1978年以降と考えられる. 前述のように, 1977-1978年以降に宍道湖・矢田地区の *Cyclotella* の産出パターンが類似するようになったことと堤防完成の時期が一致していることとは注目に値する.

ここで, この現象を適用すれば, これまでの年代測定結果を生層序学的な証拠に基づいて検証できるものと考えられる. 今回検討した場所は湖底下2.5 cmまでが0.7730g/cm²であり, 3.0 cmまでが0.9767g/cm²であるから, 試料採取時と干拓完成年 (1978年3月) と

の隔年数 (18.6) でそれぞれを計算すると, 堆積速度が0.0416~0.0526 g/cm²/yearを得ることができる (表1). この結果は, 三梨・徳岡編 (前出) に挙げられている中海湖心部での堆積速度0.044 g/cm²/yearに極めて近い値となっている.

ま と め

淡水性ないし弱汽水性の珪藻 *Cyclotella* の中海・境水道での産出は, 宍道湖, 大橋川, 米子湾, およびその他の河川域で生産されたものが流入したものである. この珪藻の中海への流入は, 大海崎堤防の完成前に分散的であったのが, 完成後中海へ集中するようになった. この現象を層位学的に利用すれば, 堆積年代を検証することが可能となる. 中海湖心部に近い場所での柱状採泥の結果, 湖底下2.5-3cmに顕著な産出増加を認めた. したがって, この年代は大海崎

堤防が完成した年、1978年3月に相当する。この仮説に基づいた堆積速度は、 $0.0416 \sim 0.0526 \text{ g/cm}^2/\text{year}$ であった。

謝 辞

Cyclotella の宍道湖・中海での分布とその解釈に快く応じて頂いた島根大学伊達善夫名誉教授に感謝する。教育学部大学院遠藤公使君には珪藻の検鏡をお願いした。

引 用 文 献

- 伊達善夫 (1975) 中海・宍道湖の水質保全に関する調査報告書 (第1報), 1-30, 島根県環境保健部。
- 伊達善夫 (1976) 中海・宍道湖の水質保全に関する調査報告書 (第2報), 1-22, 島根県環境保健部。
- 伊達善夫 (1977) 中海における水質汚濁機構の解析と水質の将来予測 (II), 1-24, 島根県環境保健部。
- 伊達善夫 (1978) 中海における水質汚濁機構の解析と水質の将来予測 (III), 1-23, 島根県環境保健部。
- 伊達善夫 (1979) 中海における水質汚濁機構の解析と水質の将来予測 (IV), 1-25, 島根県環境保健部。
- 伊達善夫 (1981) 中海・宍道湖の水質保全に関する調査報告書 (第6報), 1-26, 島根県環境保健部。
- 伊達善夫 (1982) 中海・宍道湖の水質保全に関する調査報告書 (第7報), 1-22, 島根県環境保健部。
- 伊達善夫 (1983) 中海・宍道湖の水質保全に関する調査報告書 (第8報), 1-27, 島根県環境保健部。
- 鹿島 薫・野口寧世 (1988) 中海の底質表層中の珪藻分布の変遷. 64 p., 三梨 昂・徳岡隆夫編「中海・宍道湖, 地形・底質・自然史アトラス, 1988」, 1-115, 島根大学山陰地域研究総合センター。
- 農業土木学会, 宍道湖中海淡水湖化に伴う水管理及び生態変化に関する研究委員会 (1983) 宍道湖中海淡水湖化に関連する水理水質及び生態の挙動について. 1-642.
- 野村律夫・猪口 靖 (1995) 湖水環境の人為的改造と有孔虫の群集変化. その1 島根県中海本庄工区の場合. LAGUNA (汽水域研究), 2:1-9.
- 大竹久夫・伊達善夫・小田 潔・近藤邦夫 (1979) 汽水湖中海の植物プランクトンの出現様式. 中海の干拓・淡水化が水圏環境に及ぼす影響に関する基礎的研究, 2号, 45-60, 「環境科学」研究報告書. 宍道湖・中海淡水湖化に伴う水管理及び生態変化に関する研究委員会 (水質・プランクトン小委員会) (1990) 中海・宍道湖における植物プランクトン出現の概要, 193-249, 伊達善夫編「中海・宍道湖の水質およびプランクトンに関する研究」.