

中海・宍道湖の自然史研究 —その12. 中海底質中の介形虫遺骸群集とその変遷—

高安 克己*・植田 和昭**・太田 久子***

Natural history of the Nakano-umi and Shinji Lakes — XII. Ostracode thanatocoenoses from the bottom deposits of Lake Nakano-umi and their historical distribution —

Katsumi TAKAYASU, Kazuaki UEDA, and Hisako OHTA

I. はじめに

これまで中海における介形虫の分布に関する研究は ISHIZAKI (1969) によって行われている。当時は、境水道から大根島西方を反時計周りに海水が進入していたことが、介形虫群集の分布からも明瞭に読み取ることができる。その後、干拓・淡水化計画の進行にともない、1981年までに北西水域（本庄工区）を取り囲む堰堤工事が完了したことにより、海水の進入経路や湖水の交換状況が大きく変化した。筆者らを含む中海・宍道湖自然史研究会では堰堤完成後の湖底環境を明らかにするために1986年に中海から境水道にかけて底層水と底質表層試料の採取をおこなった。その概要と有孔虫・珪藻および貝類についてはすでに報告されている（中海・宍道湖自然史研究会ほか、1987；高安ほか、1989）。ここでは介形虫群集の分布について報告し、堰堤完成以前の状況と比較を行う。また、中海南東部の米子湾で1989年に採取したコア・サンプルの介形虫分析をもとに過去1000年間の環境変化についても考察する。

本研究を進めるにあたり、介形虫の分析方法、同定などについては、静岡大学の池谷仙之教授と同研究室の皆様にご教示をいただいた。また、本研究は文部省科学研究費補助金・一般研究A『中海・宍道湖の環境変化に関する研究』（課題番号60400009, 代表者 三梨 昂）および一般研究A『中海・宍道湖の環境変遷—風土記時代と現在の比較からみた将来予測』（課題番号 01400003, 代表者 徳岡隆夫）の一環として

行ったもので、試料採取においては研究組織のメンバーや中海・宍道湖自然史研究会の方々に大変お世話になった。これらの方々に心から感謝する次第である。

II. 試料採取および処理

A. 表層試料

試料は中海・宍道湖自然史研究会によって、1986年7月17日~20日に、中海から27地点（N-01~N-27）、境水道から美保湾にかけて7地点（N-28~N-34）、の合計34地点（図-1）から採取されたものである。今回は有孔虫と貝類分析に用いられた試料の残りを使用した。試料の採取方法と処理方法については中海・宍道湖自然史研究会ほか（1987）に記されているので、それを参照されたい。

試料中に含まれている介形虫殻はほとんどが片殻であり、ごくまれに生物体が内在する合殻個体が認められた程度である。個体数の計数は片殻を1、合殻を2とし、各段階の脱皮殻や死殻・生殻の区別はしなかった。殻体が破損しているものについては、全体の2分の1以上が保存されているものについてのみ計数した。こうして計数しながら、二分法で分割した残渣から合計が400個体程度になるまで標本を摘出した。ただし、中海では1地点で採取した底質試料（湿試料で約200ml）の全てを使っても、400個体に達しなかった試料が少なくなかった。

B. 柱状試料

中海・宍道湖自然史研究会によって採取された NU89-01, NU89-02 および NU89-03 のコアを用いた。NU89-01（コアの直径5.5cm, 長さ1.32m）は1989年7月に米子湾奥部の水深4.2m地点で、押し込み式

* 島根大学理学部地質学教室

** 愛媛県上浦町立上浦中学校（1988年度島根大学卒業）

*** 日本基礎技術株式会社（1989年度島根大学卒業）

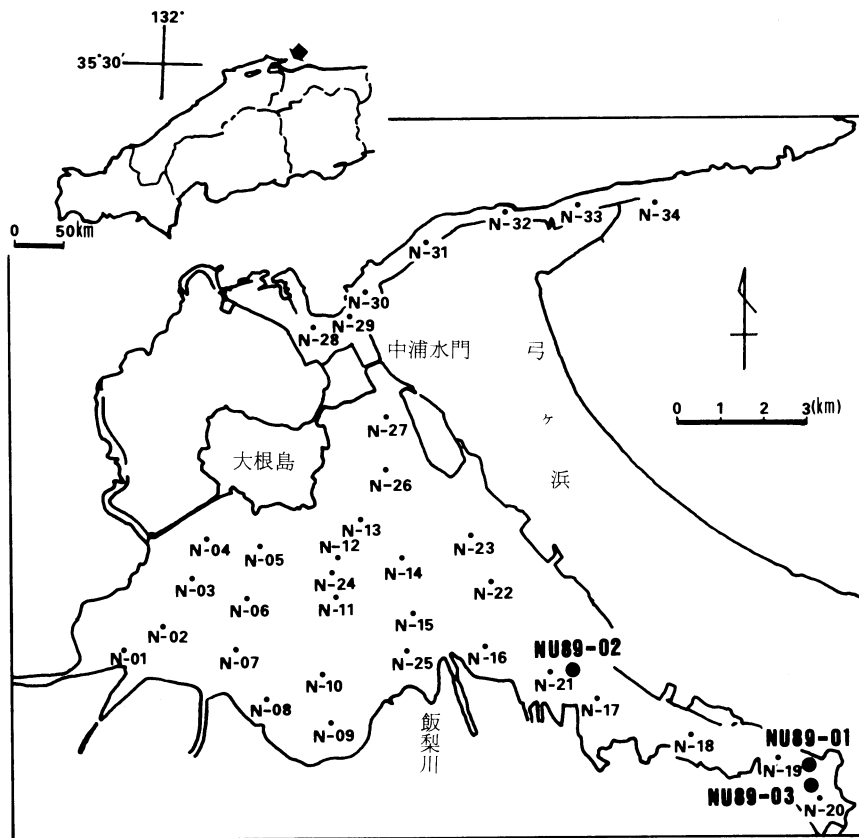


図-1 試料採取地点

採泥器によって採泥されたコアである。採泥時の条件が悪く、採泥器がわずかに斜めに底質中に押し込まれてしまったことと、採取時にコアが多少縮んだ可能性があること、などから同年9月にはほぼ同地点（水深3.9m）で重力式採泥器を用いてNU89-03（径5.5cm、長さ1.62m）のコアが取られた。NU89-02（径5.5cm、長さ1.52m）も同年9月に重力式採泥器によって採泥されたもので、伯太川河口の北東約1km、水深6.8mの地点である。採泥位置は六分儀によって地図上におとした（図-1）。

採取された柱状試料は2.5cm毎に分割され、さらにその半量（約30ml）を介形虫と有孔虫分析用に使い、残りの半量は花粉・珪藻分析用の試料とした。

中海底質の柱状試料から介形虫や有孔虫を抽出する試料を調製するには、湿った状態の試料を直接ふるいで水洗するのが最も効果的であることが、これまでの経験から解っている。しかし、含水率の異なる試料間の個体数の比較を行う場合には、一定量の乾燥試料中

の個体数として示した方が便利である。そこで、今回の試料については乾燥試料10gあたりの個体数を算出することを目的として、次のような処理を行った。

まず、コアから分割された介形虫・有孔虫用試料のうち20g程度をとり、その湿重量（WW）を計った後、200メッシュのふるいで水洗した。その残渣を70℃の定温乾燥器中で24時間乾燥させた後、乾燥重量（DW'）を計った。一方、残りの湿試料で乾燥前後の重さを計り含水率を求め、WW とから試料の乾燥重量（DW）を計算した。また、DW と DW' とから含砂率も求めた。ここで求めた含砂率は生物遺骸を砂粒の一部として扱っているので層準毎に変動が見られるが、含水率はほぼ60%で一定していた。コアの記載、含砂率などについては、本試料で有孔虫分析を行った瀬戸ほか（1990）の報告を参照されたい。

介形虫の抽出は乾燥した残渣試料で行われた。NU89-01 については2.5cm毎に分割された試料の全てについて、NU89-02 と NU89-03 についてはひとつお

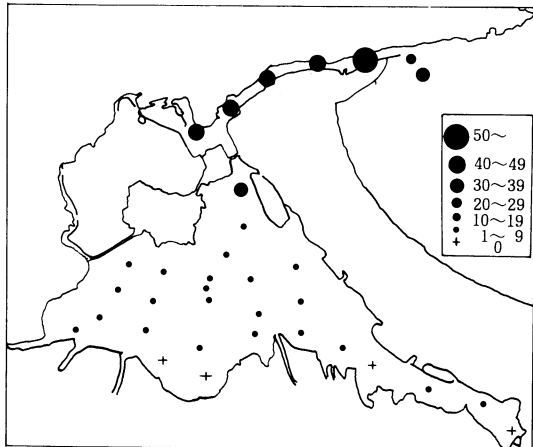
きの試料について摘出・計数した。計数の方法は前述した表層試料の場合と同じであるが、分割された試料が少量であったこともあり、1試料から200個体以上を摘出できたものは少なかった。こうして計数された結果からDWの値をもとに乾燥試料10g当りの個体数を算出した。

Ⅲ. 表層試料の介形虫群集とその分析

A. 種数と個体数

34地点の表層試料中、30地点から介形虫が産出し、東出雲町荒島沖のN-08、N-09、安来沖のN-17、および米子湾奥のN-20では産出しなかった。表-1には

a. 種 数



b. 個体数

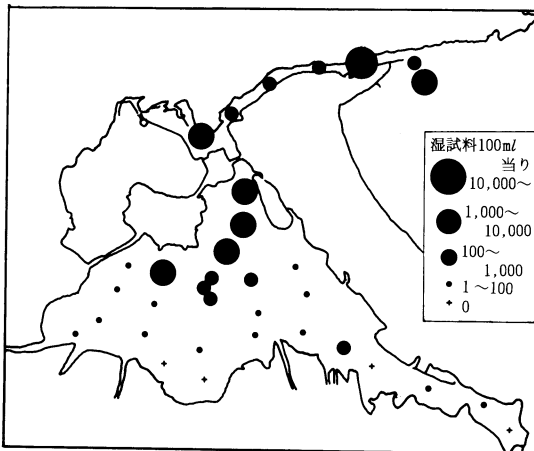


図-2 各表層試料に含まれる介形虫種数と総個体数
a: 種数 b: 湿試料100ml中の総個体数

各地点から産出した介形虫種と湿試料 100ml当りのそれぞれの個体数を示した。表層試料採取時に試料の含水率を求めていなかったため、このように示してある。また、図-2 a, 2 bには、それぞれ種数と各種の個体数の合計（総個体数）の分布を示した。

図からわかるように、大根島沿岸域を除く中海水域の大部分は種数も総個体数も極めて少ない群集が占める。大根島沿岸部では種数は少ないが総個体数は多くなる。また、中浦水門付近より境水道、美保湾にかけては種数も総個体数も多い群集が占めるようになる。そのうち、境水道のNa30~32ではやや総個体数が少なくなる傾向がみられた。

種数と総個体数の関係から群集構造のタイプ分けを行うために、縦軸に種の多様度を示す指数を、横軸に総個体数の対数をとって、各地点のデータをプロットしてみた（図-3）。多様度の指数としては Shannon-Weaver 関数の H' を用いた。図から解るように、各地点の群集は種多様度が高く総個体数も多い境水道・美保湾型と種多様度が低い中海型に分けられ、後者はさらに総個体数が少ない順に中海Ⅰ型、中海Ⅱ型、中海Ⅲ型に分けることができる。それぞれの群集型の分布を図-4に示す。

B. 主な種の分布

同定した種は74種であり、そのうち群集の主な構成要素となっている種について、その分布を図-5a~5iに示す。

Bicornucythere bisanensis (図-5 a) は最も多産した種で、中海ではほとんどこの種が独占している。とくに大根島沿岸部では個体数が非常に多くなる。境水道から美保湾にかけては個体数にばらつきがみられる。また、この水域では種数が多いため総個体数に対するこの種の占める割合は30%以下となる。*Cytheromorpha acupunctata* (図-5b) も中海の湾奥部を除いて比較的広域に分布する。ただし、前種に比べて産出する個体数は圧倒的に少ない。本種は境水道の美保湾よりで個体数がわずかに増加する。*Spinileberis quadriaculeata* (図-5c) は中海中央部ではあまり見られず、むしろ米子湾や中海の沿岸部に特徴的である。境水道から美保湾にかけても産出する。境水道から美保湾にかけては多くの種が産出するが、その中で *Loxoconcha aff. sinensis* (図-5d) は美保湾側に偏った分布を示す。*Aurila cymba* (図-5e), *Pistocythereis bradyi* (図-5f), *Pontocythere miurensis* (図-5g), *Pontocythere subjaponica* (図-5h), などは比

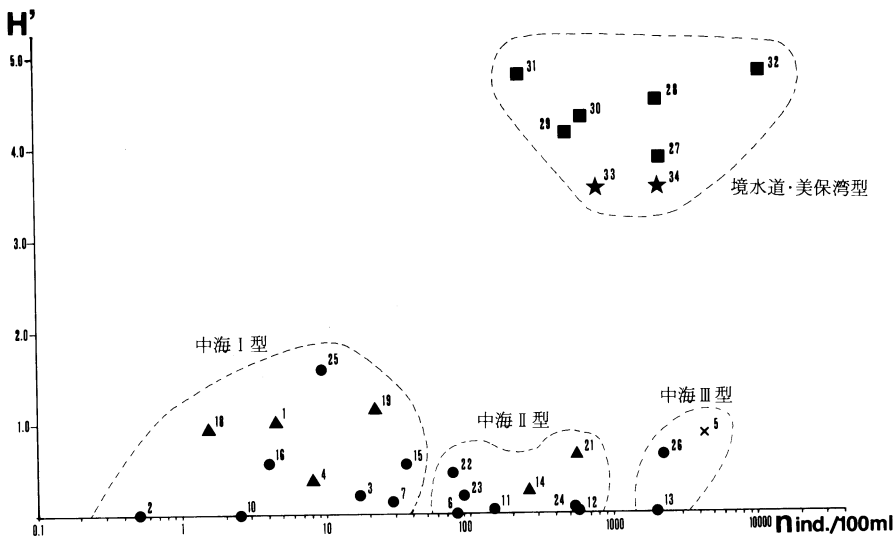


図-3 表層試料について種の多様度 (H') と総個体数からみた群集構造のタイプ分け
各地点の記号は介形虫群集の違いを示す (図-6 参照)

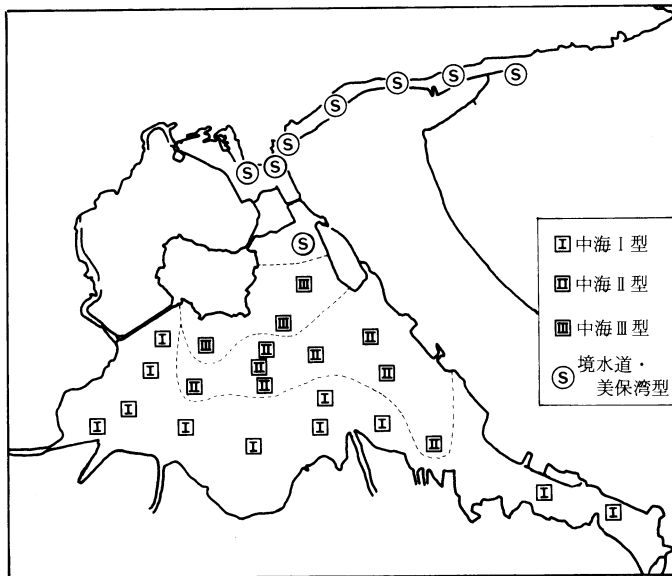


図-4 各群集型の分布

較的個体数が多く、境水道から美保湾の群集を特徴づけている。*Pontocypris attenuata* (図-5i) は境水道のみに分布している。

C. 種組成からみた群集区分とその分布

各地点における産出種と個体数のデータより、棄却水準を5%としたときの有意な産出とみなせる種を中

心に、各地点で1位から5位くらいまでの産出頻度をもつ種の組合せを検討した結果、次の5つの群集に分けることができた。それらの分布を図-6に示す。

(1) *Loxoconcha* aff. *sinensis* - *Bicornucythere bisanensis* 群集 (以後L-B群集と略記する) : 標記の種で総個体数の35%以上を占め、他に *Spinileberis quadriaculeata*, *Cytheromorpha acupunctata*, *Loxoconcha tosaensis*, *Pistocythereis bradyformis* などを多く含む。境水道出口から美保湾にかけてのN-33とN-34に分布する。

(2) *Bicornucythere bisanensis*-*Pontocythere subjaponica*-*Loxoconcha optima* 群集 (B-P-L群集) : 標記の3種のほか *Pontocythere miurensis*, *Cythere nishinipponica*, *Aurila cymba*, *Loxoconcha uranouchiensis*

などが個体数が多く、地点によりそれらの順位が入れ替わる。境水道中部から東部のN-31, N-32では標記3種を合わせた個体数が総個体数の28~29%であり、N-32ではL-B群集要素である *Spinileberis quadriaculeata* や *Loxoconcha* aff. *sinensis* など高い産出頻度を示す。境水道西部のN-29, N-30地

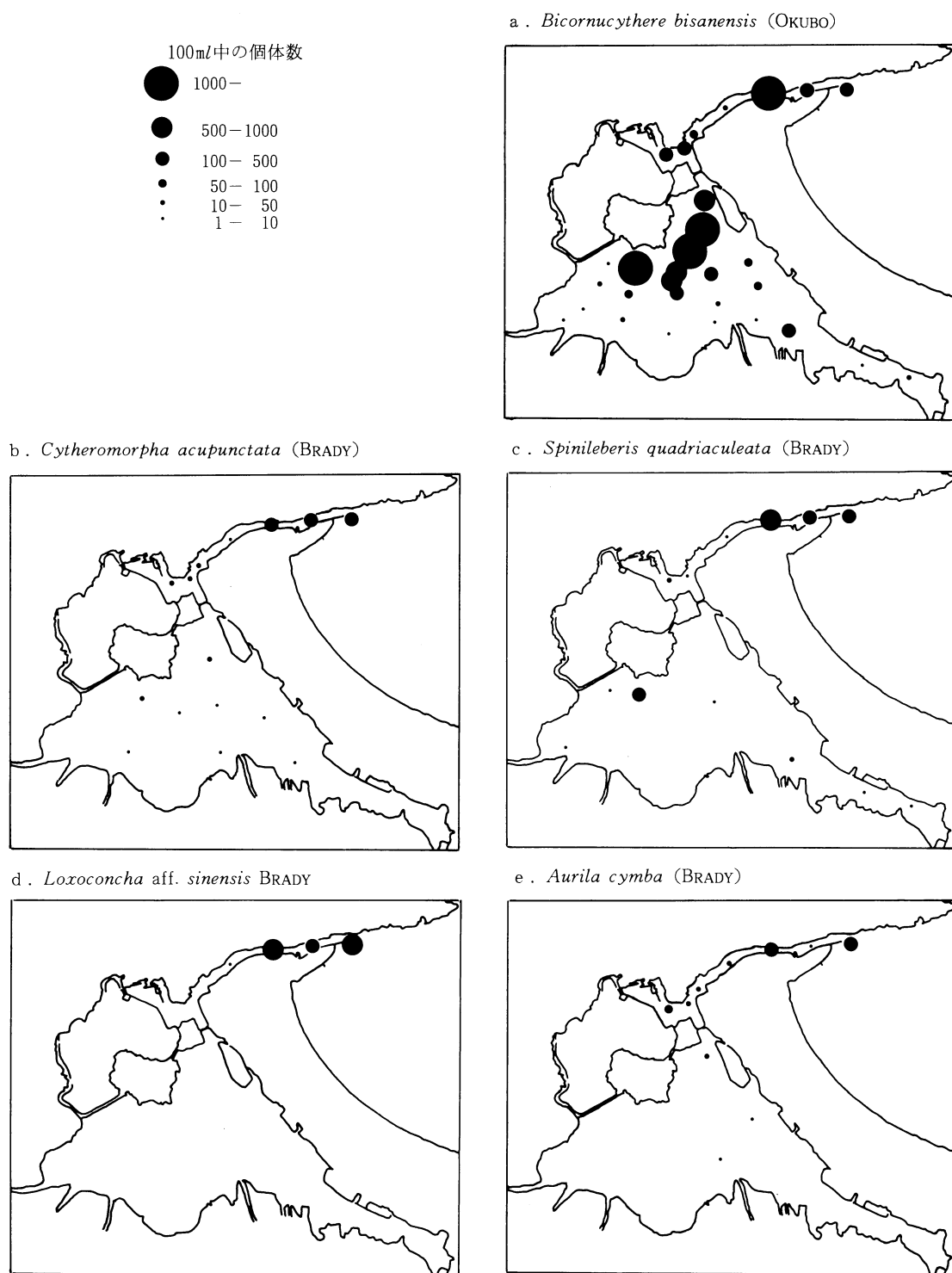


図-5 主な種の分布

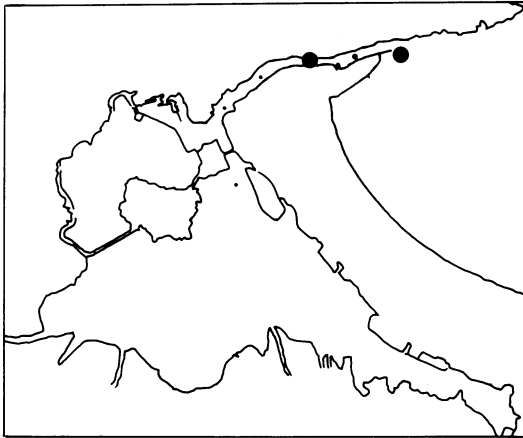
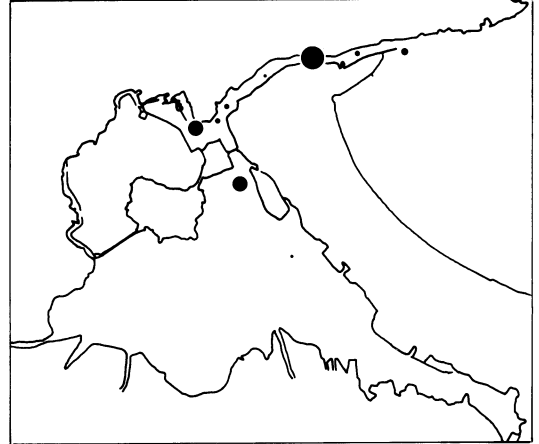
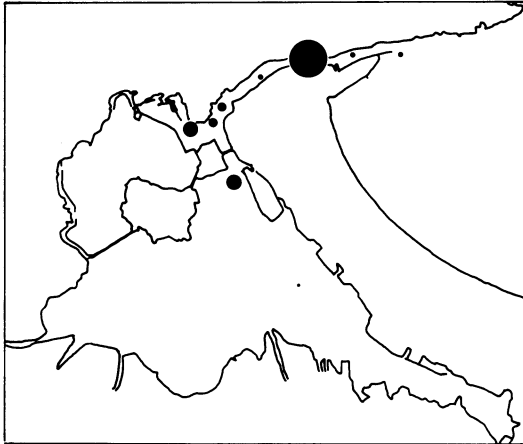
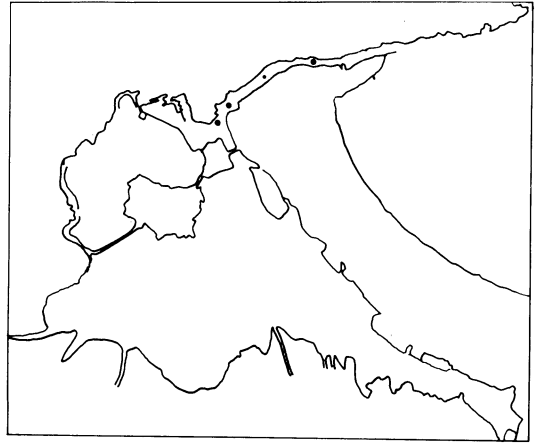
f. *Pistocythereis bradyi* (ISHIZAKI)g. *Pontocythere miurensis* (HANAI)h. *Pontocythere subjaponica* (HANAI)i. *Pontocypris attenuata* BRADY

図-5 主な種の分布(つづき)

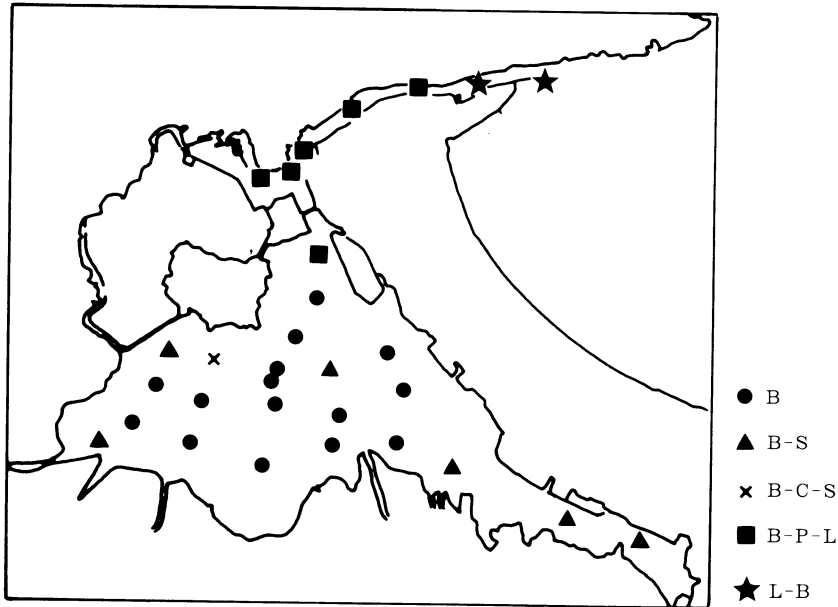


図-6 各群集の分布

B : *Bicornucythere bisanensis* 群集

B-S : *Bicornucythere bisanensis*-*Spinileberis quadriaculeata* 群集

B-C-S : *Bicornucythere bisanensis*-*Callistocythere alata*-*Spinileberis quadriaculeata* 群集

B-P-L : *Bicornucythere bisanensis*-*Pontocythere subjaponica*-*Loxoconcha optima* 群集

L-B : *Loxoconcha* aff. *sinensis*-*Bicornucythere bisanensis* 群集

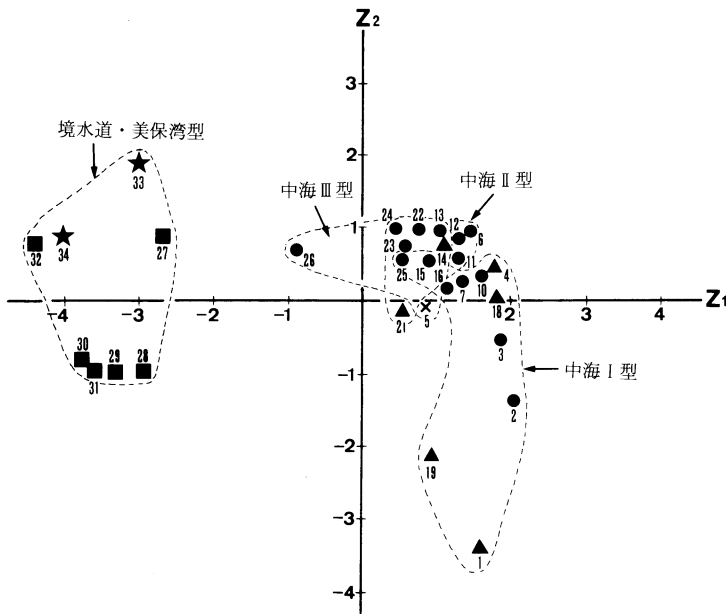


図7 湖底環境と介形虫群集との関係

湖底環境に関する7つの因子にもとづいて行った主成分分析結果(高安ほか, 1989)に介形虫群集と群集型を重ね合わせてその分布を見た. 詳しくは本文参照.

点では標記3種が総個体数の44%前後を占め, この群集の典型的種構成を示す. *Pontocypris attenuata* など, B-P-L群集に限って産出する種もこの付近で個体数が増加する傾向がある. 中浦水門をはさんで北側のN-28と南側のN-27もこの群集に含めたが, 境水道域の他の地点とは *Pontocythere miurensis* が *P. subjaponica* よりも個体数が上回っている点が異なる. 標記3種の占める割合はN-28で約27%, N-27で約42%である.

- (3) *Bicornucythere bisanensis*-*Callistocythere alata*-*Spinileberis quadriaculeata* 群集 (B-C-S群集)
: 中海水域のN-5地点のみに認められる. 標記3種のうち *Bicornucythere bisanensis*の産出頻度が87.8%と群を抜いて高く, ほかの2種がそれぞれ3.4%, 3.0%でこれに次

ぐ。このほか、*Cythere nishinipponica* や *Hemicythere? miii* などに伴う。

- (4) *Bicornucythere bisanensis*-*Spinileberis quadriaculeata* (B-S 群集)：2～6 種程度で構成され、その内で標記種の個体数の合計が総個体数の85%以上を占める群集で、中海水域の沿岸部に分布する。標記種のうち *Bicornucythere bisanensis* が個体数も多く圧倒的に優占する場合と全体に個体数が少ない場合とがある。*Spinileberis quadriaculeata* が有意な産出と認めるに至らず、次のB群集との中間型の様なもの (N-1, N-4) もあるが、ここでは標記両種の共産を強調してこれに含めた。

- (5) *Bicornucythere bisanensis* 群集 (B 群集)：標記種のみ産出するか、*Cytheromorpha acupunctata* などをわずかに伴う群集で、1～5 種程度で構成される。標記種が個体数も多く独占する場合と全体に個体数が少ない場合とがある。中海水域に広く分布する。

以上の群集は前述の多様度と総個体数による群集型区分では、図-4 に示すようにL-B 群集とB-P-L 群集が境水道・美保湾型、B-C-S 群集が中海Ⅲ型、B-S 群集とB群集が中海Ⅰ～Ⅲ型群集に対応する。

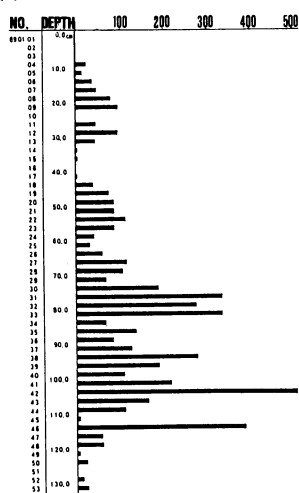
D. 湖底環境と介形虫群集との関係

表層試料については試料採取に際して、採取地点の

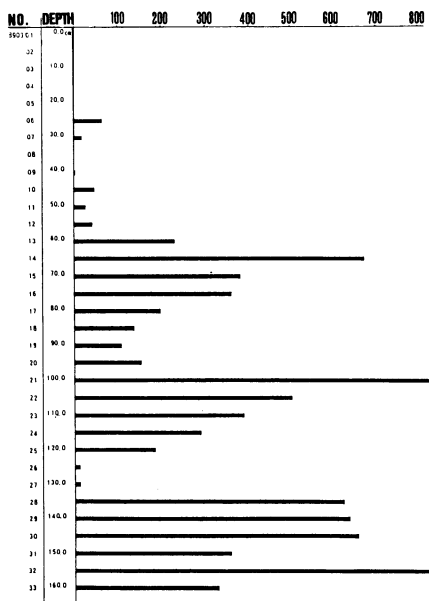
深さ、底質試料の含泥率、有機炭素量、C/N比、底層水の塩分濃度、溶存酸素量、および pH についてのデータがとられ (中海・宍道湖自然史研究会ほか、1987)、この7変量について主成分分析を行った結果が高安ほか (1989) によって示されている。それによれば、第1主成分は底層水の滞留状況を示している成分、第2主成分はおもに塩分濃度に関連する成分と解釈された。そこで、第1主成分軸 (Z_1 軸) と第2主成分軸 (Z_2 軸) で示される平面に各地点をプロットし、それに介形虫群集の区分を重ね合わせてみた (図-7)。

この図から解るように、 Z_1 軸に対して負の領域に (すなわち、底層水の交換が相対的に良い領域に) L-B 群集とB-P-L 群集からなる境水道・美保湾型の地点が集中し、底層水の交換が悪くなる方向に向かって中海Ⅲ型、中海Ⅱ型、中海Ⅰ型の地点が散布されている。すなわち、総個体数の多少は底層水の交換が良好か否かに依存している。また、中海Ⅰ型の群集のうちN-01やN-19のようにB-S 群集の一部は Z_2 軸に対して明瞭に負の領域に (すなわち、塩分濃度が相対的に低い環境に) プロットされている。ちなみに、N-01とN-19の塩分濃度はそれぞれ6.1、11.0パーミルである。また、第1主成分得点が0から2、第2主成分得点が0から1の間に集中しているB群集やB-S 群

a. NU89-01



b. NU89-03



c. NU89-02

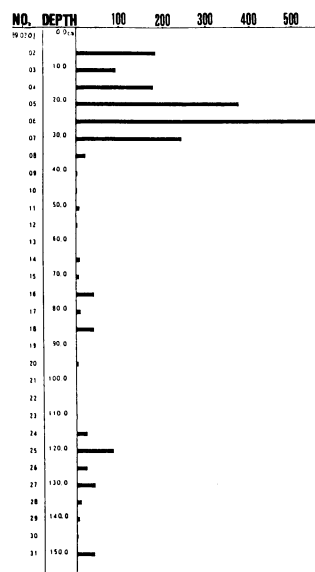


図-8 各コアにおける乾燥試料10g当りの介形虫総個体数の垂直変化

表-1 中海底質表層試料中の介形虫リスト

[illegible]

表-2 中海南東部底質柱状試料中の介形虫リスト

a. NU89-01

[illegible]

b. NU89-03

Species	No.	6	7	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	個体数
1 <i>Callistocythere alata</i> HANAI								9.8	26.6	3.5	18.2	5.8	2.9		1.6	15.9	6.1	23.2	1.8	10.3			29.4	60.9	54.7	69.9	38.0	9.3	387.9
2 <i>Cythere nishinipponica</i> OKUBO											3.6																		3.6
3 <i>Spinleberis furuyaensis</i> ISHIZAKI and KATO										2.7	1.9		2.9											5.8	3.3				23.2
4 <i>S. quadriculeata</i> (BRADY)	61.4	12.8	1.9	16.2	5.6	24.3	174.4	376.0	162.3	144.3	74.8	54.5	18.4	48.0	224.0	118.7	92.7	60.3	79.0	1.7	3.2	215.5	234.1	286.1	144.4	388.7	148.2	3171.5	
5 <i>Bicornucythere bisanensis</i> (OKUBO)			1.6	30.6	13.1	17.8	48.4	268.8	217.9	195.6	119.4	78.8	94.0	107.3	592.7	374.4	275.0	230.9	98.0	11.9	9.7	378.3	334.1	315.1	144.4	418.3	173.1	4549.2	
6 <i>Finmarchinella uranipponica</i> ISHIZAKI																							3.2					3.2	
7 <i>Hemicythere?</i> <i>mii</i> (ISHIZAKI)								2.7																				2.7	
8 <i>Semicytherura</i> sp.	3.7																											5.7	
9 <i>Isoxochoncha modesta</i> ISHIZAKI																		2.0										3.2	
10 <i>L. cfr. pulchra</i> ISHIZAKI						3.7																	3.2					3.7	
11 <i>L.</i> sp.						5.6																						5.6	
12 <i>Cytheromorpha acupunctata</i> (BRADY)																3.3	3.0						3.1					9.4	
13 <i>Cytherois</i> sp.																	3.0									3.3		1.7	8.0
総 個 体 数 (乾燥試料10g当り)	65.1	19.2	1.9	46.8	28.0	42.1	232.6	676.8	385.6	363.5	200.0	139.1	112.4	156.9	835.9	505.2	392.9	293.0	187.3	13.6	12.9	626.3	641.3	659.2	362.0	845.0	332.3		
種 数	2	3	1	2	4	2	3	5	4	5	3	4	2	3	4	5	4	3	3	3	2	4	6	4	4	3	4		

c. NU89-02

Species	No.	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	15	16	17	18	20	23	24	25	26	27	28	29	30	31	個体数
1 <i>Propontocyris</i> sp.			1.5																									1.5
2 <i>Callistocythere alata</i> HANAI																	3.8		1.6		6.4	12.6	7.8		1.6	1.7	6.0	41.5
3 <i>C. reticulata</i> HANAI																												4.5
4 <i>Cythere nishinipponica</i> OKUBO						2.3									2.3			4.5				1.6					6.0	12.2
5 <i>Spinileberis furuyaensis</i> ISHIZAKI and KATO	4.1				9.9	4.6																						18.6
6 <i>S. quadriaculeata</i> (BRADY)	69.3	16.7	39.3		90.0	95.0	28.9	2.3										2.3		8.1	3.2		3.1		3.2		1.5	362.9
7 <i>Bicornucythere bisanensis</i> (OKUBO)	107.0	74.7	134.0		276.4	469.9	212.2	20.6	4.2	2.1	8.1	37.0	9.9	7.0	40.8	11.3	38.0			17.8	76.5	11.0		32.9	11.2	3.2	1.7	1636.2
8 <i>Semicytherura</i> sp.			5.4																									5.4
9 <i>Cytheromorpha acupunctata</i> (BRADY)	4.1				1.5	4.6	4.2																					14.4
10 Gen. et sp. indet. D					1.5																							1.5
総 個 体 数 (乾燥試料10g当り)		184.5	92.9	178.7	379.3	576.4	245.3	22.9	4.2	2.1	8.1	37.0	9.9	7.0	43.1	11.3	41.8	6.8	1.6	25.9	86.1	25.2	43.8	11.2	8.0	3.4	42.2	
種 数		4	3	3	5	5	3	2	1	1	1	1	1	1	2	1	2	2	1	2	3	3	3	1	3	2	4	

- b
- △ b-c
- ▼ s-b
- ▲ b-s
- b-s-c

図-9 柱状試料について種の多様度 (H') と総個体数からみた群集のタイプ分け
各サンプルの記号は介形虫群集の違いを示す。

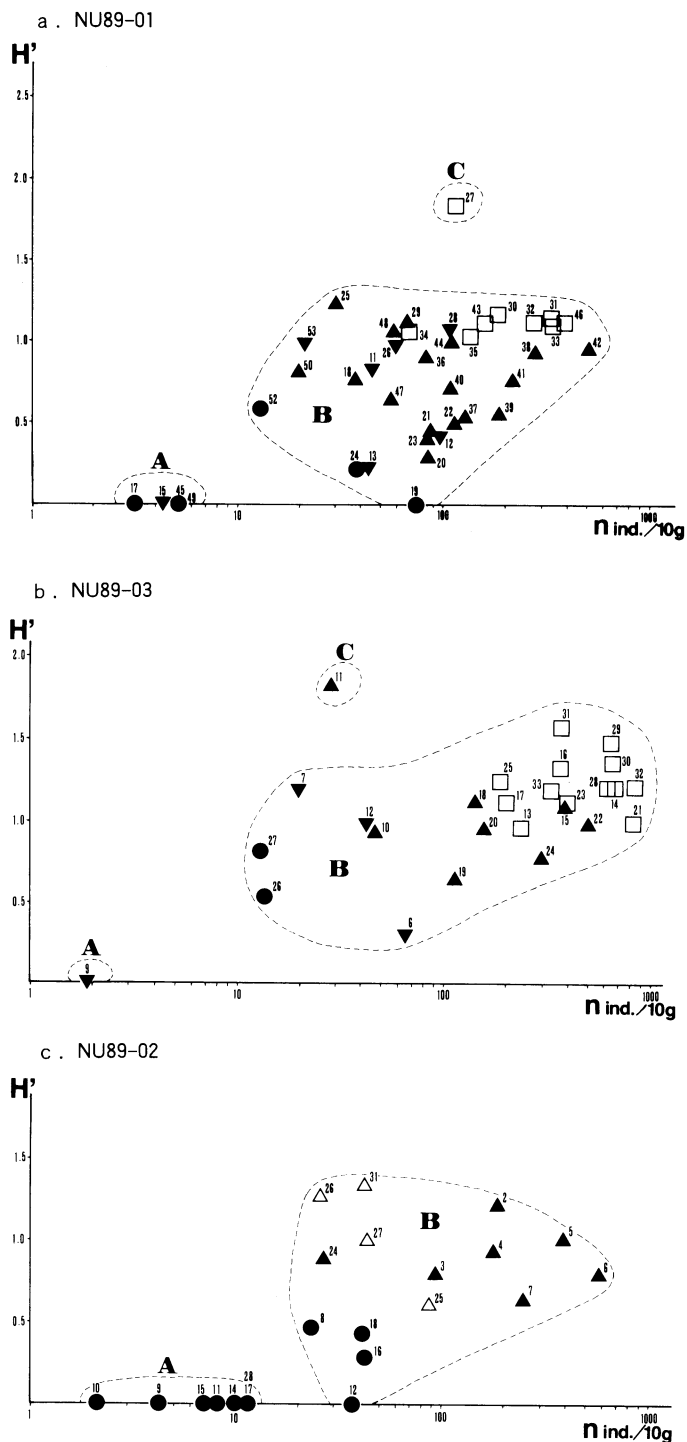
- b : *Bicornucythere bisanensis* 群集
- b-c : *Bicornucythere bisanensis*-*Callistocythere alata* 群集
- s-b : *Spinileberis quadriculeata*-*Bicornucythere bisanensis* 群集
- b-s : *Bicornucythere bisanensis*-*Spinileberis quadriculeata* 群集
- b-s-c : *Bicornucythere bisanensis*-*Spinileberis quadriculeata*-*Callistocythere alata* 群集

集の各地点は、塩分濃度が21~27パーミル、溶存酸素量が0.5~2.1ml/lである。B-C-S群集からなるN-5地点は塩分濃度や溶存酸素量ではこれらの地点と差異はないが、含泥率と有機炭素量がやや低い値を示す。境水道・美保湾型に含まれるB-P-L群集の各地点は、塩分濃度が21~27パーミル、溶存酸素量が4.2~7.1ml/l、L-B群集の場合は塩分濃度が29パーミル前後、溶存酸素量が8.1~8.2ml/lである。なお、介形虫を産出しなかった4地点のうち、N-20は塩分濃度が6.0パーミルで採取地点のうち最低値を示している。しかし、その他の3地点では周辺の地点と比べて各測定値にとくに顕著な差異は認められず、溶存酸素量に関してはN-08、N-09、N-20でむしろ周辺より高い値を示していた。これらの地点で介形虫が産出しない理由は、今回検討した測定項目以外の制約条件に因るものであろう。

Ⅳ. 柱状試料中の介形虫群集とその垂直分布

A. 種数と総個体数

表層試料に比べて全体に種数が少なく保存もわるい。未同定種も含めて NU89-01 では30種、NU89-02 では10種、NU89-03 では13種を識別した(表-2a~2c)。各コアにおけ



る乾燥試料10g当りの介形虫総個体数の垂直変化を図-8に示す。米子湾奥で採取した NU89-01 と NU89-03 は地点が近接していることから、ほぼ類似した傾向を示す。すなわち、深さ30cm前後に見られる小さなピーク、40~60cmの鈍いピーク、60~80cm、90~115cmの大きなピークがこれら2本のコアで対応している。NU89-03 ではさらに下位にもうひとつのピークが見られる。なお、NU89-01 では深さ20cmを頂点に上位に向かって総個体数が減衰する現象が見られるが、この部分は含砂率が高いことや、後述するように群集組成が異なることから、浚渫砂が混入しているものと思われる。伯太川北東沖の NU89-02 のコアは米子湾奥のコアとは異なり、深さ5~30cmで多産する他は全体に介形虫に乏しい。

図-9a~9cには表層試料と同様に、縦軸に種の多様度の指数として Shannon-Weaver 関数の H' 、横軸に乾燥試料10g当りの総個体数をとって、各層準のデータをプロットしてみた。表層試料の場合と同等の意味を持つものではないが、群集の構造を類推する助けとなろう。この図からわかるように、各層準の試料は概ね3つの群集型に分けることができる。A型は総個体数が少なく種多様度も低いもの、B型は総個体数は比較的多いが種多様度は低いもの、C型は総個体数が比較的多く種多様度もやや高いものである。大部分の試料はB型に属する。A型は表層試料の中海Ⅰ型に、B型は中海Ⅱ~Ⅲ型に比較できると考えられるが、B型は中海Ⅱ、Ⅲ型の場合より種多様度がわずかに高い方に偏っているようである。C型に比較できるタイプは表層試料では見あたらない。

B. 各柱状試料にみられる主な種の垂直分布

各コアに共通して産出する種は、*Bicornucythere bisanensis*、*Spinileberis quadriaculeata* および *Callistocythere alata* の3種であり、このうち前2種がほとんどの試料で卓越し、総個体数の変化もほぼこの2種の多少に支配されている。図-10a~10cに各コアにおける主要3種の乾燥試料10g当りの個体数の変化を示す。

NU89-01 のNa04~09(7.5~22.5cm)では例外的に種数が多く *Spinileberis quadriaculeata* と *Bicornucythere bisanensis* の他に、表層試料では境水道から美保湾にかけて特徴的に分布する *Pontocythere* spp.や *Loxoconcha* spp.を含んでいる。この層準の直下(Na10)には介形虫が産出せず、Na11~13(25.0~32.5cm)で *S. quadriaculeata* が優占する群集が認められ

ることから、Na04~09は明らかに異常である。これまでの資料でもこの層準で海生要素が増えることは認められていないことから、浚渫など人工的な影響によるとみてさしつかえないであろう。Na11~13の *S. quadriaculeata* が優占する層準は NU89-03 のNa06(25.0~27.5cm)付近に対比される。NU89-01 のNa17~24(40~60cm)では、逆に *B. bisanensis* が優占する。この層準に対比されると思われる NU89-03 のNa10~12(45.0から57.5cm)付近でも *S. quadriaculeata* より *B. bisanensis* の方が多くなるが、Na11(50.0~52.5cm)で *Loxoconcha* spp.を含んでいる点が異なる。深さ60~120cm付近まで(NU89-01 のNa25~48と NU89-03 のNa13~25)には *Callistocythere alata* が数%の割合でほとんどの試料に産出する。また、この深さには前述したように総個体数について2つの大きなピークを含んでいるが、そのうち上位のもの(60~80cm)では *S. quadriaculeata* が *B. bisanensis* よりも優占する傾向がある。しかしそれより下位ではほぼ一様に *B. bisanensis* が70~80%を占める層準が続く。NU89-03 のNa28以深(135cm以深)では *S. quadriaculeata* の割合が40%前後を占めるまで増加し、また、*C. alata* も4.5~19.3%に増加する。

NU89-02 のコアでは、Na02~08(5~37.5cm)では *B. bisanensis* が優占するが、*S. quadriaculeata* も10%以上を占め、上位に向かって少しずつ増加する傾向が見られる。Na09より(40.0cmより)下位では個体数が少なくNa17まで(82.5cmまで) *B. bisanensis* がほぼ独占する。Na18以深(85.0cm以深)では *C. alata* の占める割合が急増する。

C. 種組成による群集区分とその垂直分布

表層試料の場合と同様に、棄却水準を5%としたときの有意な産出とみなせる種を選び出し、それらの組合せを検討して次のように群集区分を行った。

- (1) *Bicornucythere bisanensis*-*Spinileberis quadriaculeata*-*Callistocythere alata* 群集(以後b-s-c群集と略記する): *Bicornucythere bisanensis* と *Spinileberis quadriaculeata* の2種で総個体数の80%以上を占め、さらに *Callistocythere alata* を含む群集である。NU89-01, NU89-03 の60~70cmより深い層準に見られるが、NU89-02 には存在しない。表層試料のB-C-S群集に近いものと考えられる。
- (2) *Bicornucythere bisanensis*-*Spinileberis quadriaculeata* 群集(b-s群集): 標記の2種で総個体

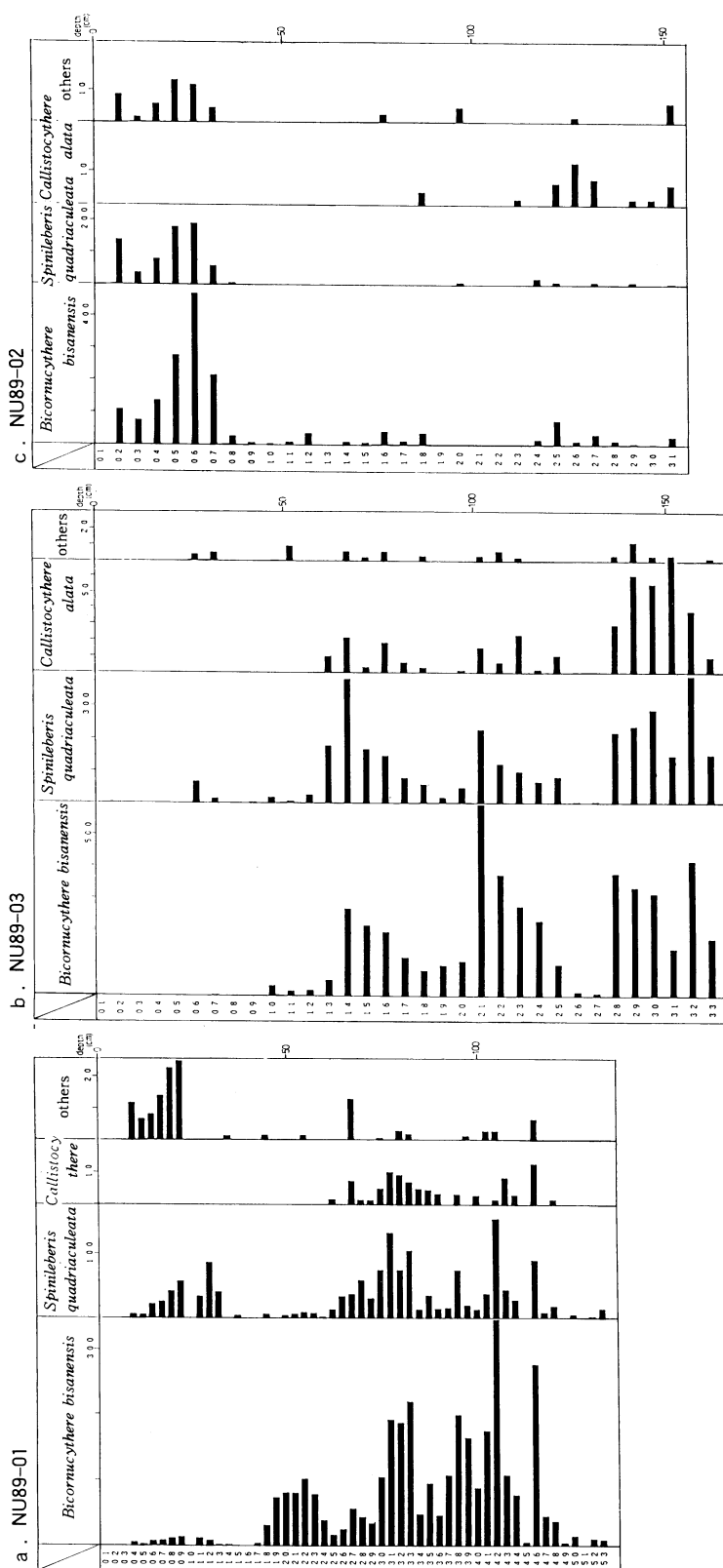


図-10 各コアにおける主要3種の垂直分布個体数は乾燥試料10g当り。

数の90%以上を占め、かつ、*B. bisanensis*が*S. quadriaculeata*よりも優勢な群集である。総個体数は少ないものから多いものまで変化に富む。NU89-01とNU89-03の45cmより深いところとNU89-02の40cm付近より上位に分布し、今回扱った柱状試料の半数近くがこの群集に含まれる。表層試料のB-S群集にほぼ対応すると考えられる。

(3) *Spinileberis quadriaculeata*-*Bicornucythere bisanensis* 群集 (s-b群集) : b-s群集と似ているが、*S. quadriaculeata*が*B. bisanensis*より優勢なものをこれに含めた。NU89-01, NU89-03の40cm付近より上位に分布し、NU89-02にはみられない。表層試料にはこれに対応する群集はない。

(4) *Bicornucythere bisanensis*-*Callistocythere alata* 群集 (b-c群集) : 標記の2種で総個体数の80%以上を占める群集で、*Spinileberis quadriaculeata*, *Cythere nishinipponica*などをわずかに含む。b-s-c群集に比べると総個体数が少なく、*C. alata*が*S. quadriaculeata*よりも産出頻度が高いのが特徴である。NU89-02の120cm以深にのみ分布する。表層試料にはこの群集に対応するものはみあたらない。

(5) *Bicornucythere bisanensis* 群集 (b群集) : 総個体数が少なく、*B. bisanensis*がほぼ独占する群集で、NU89-02の35~85cmとNU89-03の125cm付近に分布する。表層試料

- のB群集のうち総個体数の少ないものに対応する。
 (6) その他：NU89-02のコアでNa20とNa23に
Callistocythere 属が優占する群集がみられるが、個
 体数が少ないので、ここではその他の群集として
 扱った。

前述した群集構造の各タイプにこれらの群集を重ね合わせてみると(図-7), A型はおもにb群集からなり, B型ではNU89-01とNU89-03では総個体数と種多様度の低いものから高いものに向かって概ねb群集, s-b群集, b-s群集, b-s-c群集の順に分布し, NU89-02ではb群集, b-c群集, b-s群集の順で分布している。またC型はb-s-c群集またはb-s群集からなっていることがわかる。

図-11a~11cには各コアについて, 群集型の垂直変化と種組成による群集の垂直変化を示した。

V. 介形虫群集と底質環境の変遷

A. 堰堤完成以前と以後

ISHIZAKI (1969) は, 1963年8月と1968年7~8月に採取された40試料のうち20試料から抽出された介形虫群集について検討している。それによると, 種の組合せの類似度からA~Fの6つの biofacies に分けられ, また, 類似した群集を示す地点の類別ではI~Ⅲの biotope に分けられる。

Biotope Ⅲは最も境水道に近い江島の北側の水域で, biotope Ⅱは大根島の北側から西および南西側の水域を占めており, biotope Iは沿岸部や米子湾に分布している。Biotope Ⅲは外洋水域要素の種群を含むことで特徴づけられ, biofacies C, D, E, およびFで構成される。この中には *Callistocythere* spp.や *Loxoconcha uranouchiensis* など, 今回おこなった群集区分でB-P-L群集に共通する種群を多く含む。Biotope Ⅲは筆者らのN-28, N-29付近に相当し, この水域は堰堤完成以前と以後では大きな環境変化がなかったことを示している。

Biotope Ⅱは *Bicornucythere bisanensis**, *Spinileberis quadriaculeata*, *Callistocythere alata* など, biofacies Cを構成する種群で90%以上が占められることが特徴である。これは筆者らのB-C-S群集にほぼ相当し, N-05地点がこれに当たる。Biotope Ⅱに含まれる試料は総個体数が多いこともN-05の場合と共通している, ISHIZAKI (1969) のデータから Shannon-Weaver 関数のH'を計算してみると, 2.0前後の値を

示すものが大根島の北~西部に分布し, 0.5~1.0のものが大根島の南西部に分布している。N-05試料のH'は0.85であり, 堰堤完成以前の大根島南西部の試料の値に良く一致している。N-05は周辺より含泥率が15%程度低く, 有孔虫(中海・宍道湖自然史研究会ほか, 1987)や貝類(高安ほか, 1989)でもやや異質の群集を産出する。したがって, N-05では堰堤完成以前の堆積物を採取したか, またはかなりの部分混入している可能性がある。米子湾奥部にも biotope Ⅱに含めた地点があり, 堰堤完成以前にそこには *Spinileberis quadriaculeata* と *Bicornucythere bisanensis* が優占する群集がみられた。これは筆者らのB-S群集のうち総個体数の多い中海Ⅱ型の群集(N-14, N-21)に近いが, それらはむしろ米子湾口から湖心部に分布しており, *S. quadriaculeata* よりも *Bicornucythere bisanensis* が圧倒的に優勢である点が異なる。現在の湾奥部には総個体数が非常に少ないB-S群集が分布している。いずれにしても, 堰堤以前の biotope Ⅱを占めていた群集は, 堰堤完成後ほとんど消滅したといえることができる。

Biotope Iには *Pontocypris* ? sp.と *Cytherura miii**からなる biofacies Aが優占する総個体数が非常に少ない群集が分布する。*Cytherura miii* は堰堤完成後もN-16, N-25, N-03など沿岸部の中海Ⅰ型群集に含まれるが, それらの群集には *Pontocypris* 属は見られず, *Bicornucythere bisanensis* が共産している。また, 堰堤完成以前に biofacies AからなっていたN-08, N-09付近では, 堰堤完成後には介形虫が産出していない。一方, 以前は介形虫がほとんど産出しなかった中海東南水域では, 堰堤完成後には種多様度は低い総個体数が比較的多い中海Ⅱ型の群集が南に張り出すように分布しており, 底層水の交換を促す海水の進入が中浦水門に限定されたことを明瞭に示している。

以上をまとめると, 次のようになる。

堰堤完成以前は海水は境水道から大根島のまわりを反時計まわりに進入してきており, 塩分濃度の低下に対応して介形虫群集も多様性の高いものから低いものへ徐々に変化しながら中海南東部に閉鎖的な水域へと移行していた。堰堤完成後は中浦水門付近を境に種の

* *Bicornucythere bisanensis* と *Cytherura miii* は, それぞれ ISHIZAKI(1969) の *Legminocythereis hodgii* と *Tetracythere miii* と同義。

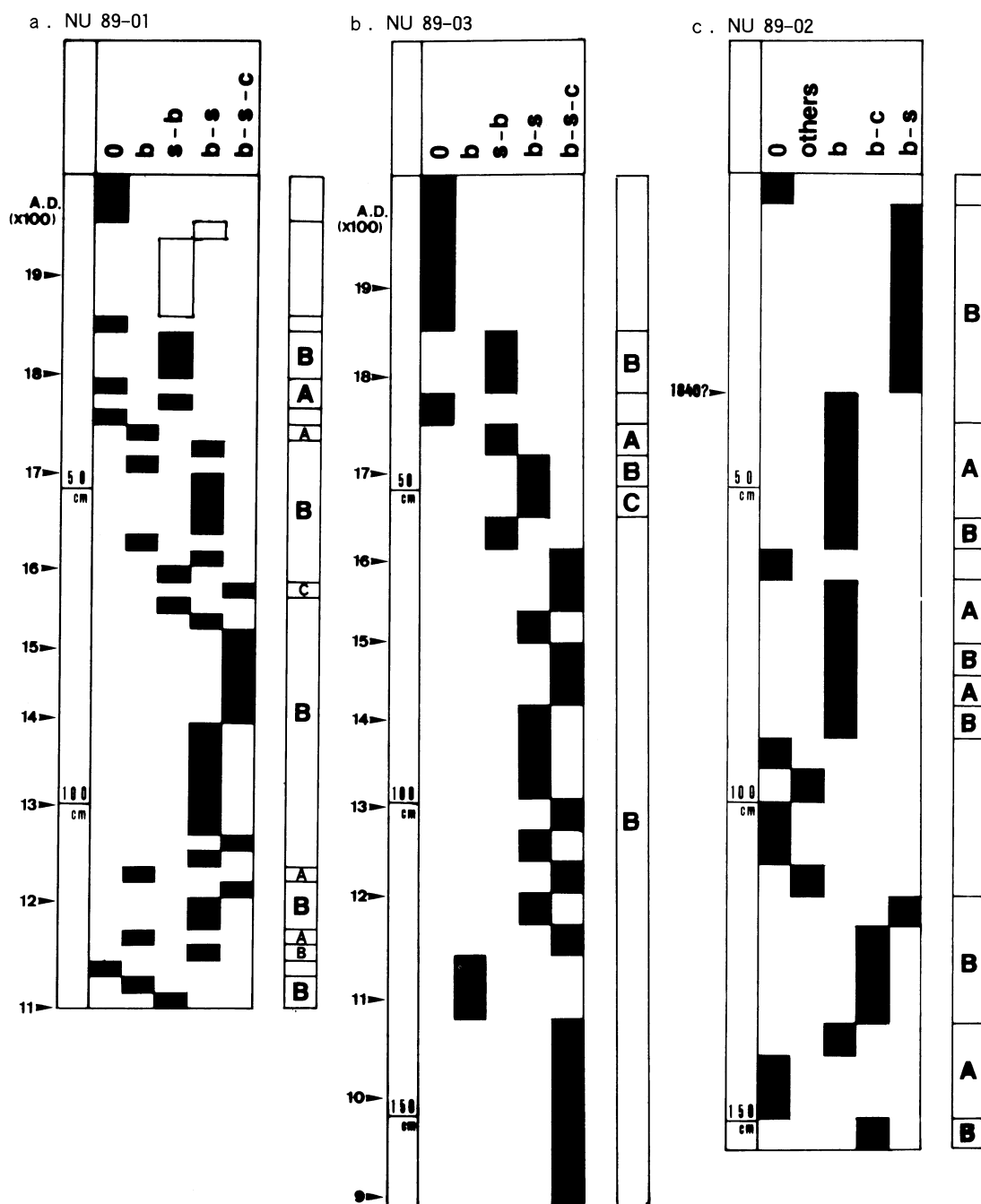


図-11 各コアにおける介形虫群集および群集型の垂直変化

多様性が急激に低下し、中浦水域は全体に閉鎖的な環境となり、単純な組成の介形虫群集が占めるようになった。そのうち大根島南岸と南東水域では中浦水門からの海水の進入経路となったために、以前よりは多少環境が回復した。

B. 過去1000年間の変化

米子湾奥では NU89-01, NU89-03 の東方約500mの地点で掘られた NU79 のコアで、MATSUMOTO (1981) により鉛-210法で平均堆積速度が $0.077 \pm 0.002 \text{ g/cm}^2/\text{y}$ と推定されている。堆積物粒子の平均比重を2.65と

し、それぞれの試料の含水率をもとに堆積速度を1年当りの堆積層の厚さに換算して NU89-01 と NU89-03 に年代の目盛りをつけた (図-12a, 12b). NU89-01 の基底は西暦1100年頃, NU89-03 の基底は西暦900年頃と見積られた. この結果にもとづいて、米子湾奥部の過去約1000年間の環境変遷を推定してみる.

西暦900頃から1000年代の終わり頃までは、NU89-03 最下部層準の b-s-c 群集で示されるように、米子湾奥の底質環境は現在よりもはるかに良好で、干拓堰堤が完成する以前の大根島西方～南西方水域の様な状態であったと考えられる. この層準に貝殻を多量に含むことも、このことを支持している. 弓が浜半島が「夜見島」であったとする風土記時代の古地理図 (徳岡ほか, 1986) では、半島の頸部が美保湾と連絡するもうひとつの水道として描かれているが、NU89-03 の最下部に見られる b-s-c 群集は、おそらくそのような状況が平安時代の後期まで続いていたことを示しているのではないだろうか.

1100年頃から1300年頃までは、湖底環境はかなり不安定で、時にはかなり閉鎖的な環境もあったようである. 1300年頃からは現在の中海の湖心～沿岸域を想定させる状況で環境は安定し、1400年頃までに、再び外洋水の影響もでてくるような環境まで徐々に復活する. しかし、1500年代のある時期から、また不安定な状況となり、1600年代の前半に、外洋水の影響がほとんどなく、貧弱な介形虫群集しか分布しないような環境まで一時的に落ち込む (NU89-01 の No.24, NU89-03 の No.12). これは斐伊川が1630年代に東流し、大量の淡水が宍道湖・中海へ流入した事件や、近世の小氷期の海面低下と対応しているかも知れない. 1600年代後半は現在の中海湖心部程度の状況でしばらく安定していたようだが、1700年代に入って閉鎖的環境が進行し、淡水の影響を受けやすくなった. その後はこのような閉鎖的環境が固定化し、1800年代後半からはほとんど介形虫の生活には適さない状況となったようである. 1600年以降については、高安ほか (1989) が貝類試料をもとに議論した内容とほぼ一致した環境変化が、介形虫によっても読み取れたことになる.

伯太川北東沖の NU89-02 については、年代推定の直接的な資料に乏しい. このコアでは、個体数に乏しい単純な b 群集からなる下位層準と、個体数が比較的多い b-s 群集からなる上位層準が、深さ30～35cmを境に明瞭に区別できることが最も目立つ特徴である. また、NU89-02 地点の西方約600mの地点で行った

NU88-01-02 のコアの貝類群集の検討 (高安ほか, 1989) でも、深さ30～35cmを境に、それより下位では貧弱であった群集が、上位では種数も個体数も急激に増加していることが指摘されている. 一方、伯太川の河口の北西方で、飯梨川河口の北方約1kmの地点で採取した NU88-04-02 のコアでは、NU89-02 や NU88-01-02 の場合とは逆に深さ30cm付近より上位で貝類がほとんど産出しなくなることも知られている (高安ほか, 1989). 飯梨川は中海南岸に流出する河川では最も大きく、河口にはデルタが形成され、河口付近の河道が自然および人工的に何度か移動したことが知られている (林・松浦, 1987). そのうち最も明瞭なものは、西暦1840年 (天保11年) にそれまで北東に向いていた河口が現在のように北方に流出するように改変されたことである. 上述した3本のコアの化石分析から総合的に判断して、深さ35cm付近の諸現象をこの河道改変に結び付けて考えると理解しやすい. 仮に深さ35cmを西暦1840年と仮定すると、NU89-02 のコアの堆積速度は0.07 g/cm³/y となり、沿岸域であることを考慮すれば中海でこれまでに求められている堆積速度と大きく矛盾するものではない. 堆積速度が一定であったとすると NU89-02 の基底は西暦950年頃になる. 基底付近の若干良好な底質環境を示す b-c 群集は NU89-03 でみられたのと同様に、弓が浜半島頸部が開いていた時期に対応するものかも知れない.

VI. ま と め

1986年に採取された中海底質の表層試料と、1989年に採取された中海南東部の柱状試料について介形虫群集を分析した結果、次のことが明らかになった.

- (1) 中海の群集は一般に種の多様性に乏しい単純な群集で、それは総個体数の少ない順に中海Ⅰ～Ⅲ型の群集型に分けられた. それらは中浦水門から海水が進入する経路に沿ってⅢ, Ⅱ, Ⅰと分布し、底層水の交換の程度に関係していることがわかった. 中浦水門から境水道、美保湾にかけては、種多様度が高く総個体数も多い群集が分布し、境水道・美保湾型と呼んだ.
- (2) 表層試料中最も多産する種は *Bicornucythere bisanensis* で、他の種との組合せで次のような介形虫群集が識別できた. *Loxoconcha* aff. *sinensis*-*Bicornucythere bisanensis* 群集 (L-B群集), *Bicornucythere bisanensis*-*Pontocythere subjaponica* *Loxoconcha optima* 群集 (B-P-L群集),

Bicornucythere bisanensis-*Callistocythere alata*
Spinileberis quadriaculeata 群集 (B-C-S 群集),
Bicornucythere bisanensis-*Spinileberis quadriaculeata* 群集 (B-S 群集), および *Bicornucythere bisanensis* 群集 (B 群集). このうち L-B 群集と B-P-L 群集は境水道・美保湾型であり, B-C-S 群集が中海Ⅲ型, B-S 群集と B 群集が中海Ⅱ～Ⅰ型に含まれることがわかった.

- (3) 干拓堰堤が完成する以前の介形虫群集と比較すると, 今回の結果は中浦水門を境に境水道・美保湾型と中海型の差異が顕著に現れており, 堰堤完成以前に見られた両者の中間的な群集はほぼ完全に消滅していた.
- (4) 柱状試料でも種多様度と総個体数に関して A～C の群集型にわけられたが, 種の多様度は現在の中海型より高いものが多かった.
- (5) 柱状試料中の介形虫群集は次のように分けられた. *Bicornucythere bisanensis*-*Spinileberis quadriaculeata*-*Callistocythere alata* 群集 (b-s-c 群集), *Bicornucythere bisanensis*-*Spinileberis quadriaculeata* 群集 (b-s 群集), *Spinileberis quadriaculeata*-*Bicornucythere bisanensis* 群集 (s-b 群集), *Bicornucythere bisanensis*-*Callistocythere alata* 群集 (b-c 群集), *Bicornucythere bisanensis* 群集 (b 群集), およびその他. このうち b-s-c 群集, b-s 群集, b 群集はそれぞれ表層試料の B-C-S 群集, B-S 群集, B 群集にほぼ対応する.
- (6) 米子湾奥で採取した 2 本のコアから, 西暦 900 年以後の底質環境変化について検討した. 「夜見島」の存在を暗示する介形虫群集は西暦 1000 年代の終わり頃まで確認され, その後, 何度か環境的に不安定な状況を経ながら, 次第に閉鎖的な環境へと移行していった. その過程で, 1600 年代前半の斐伊川東流, または近世の小氷期の海面低下に関連すると思

われる現象も記録されていた. 現在のように介形虫がほとんど棲めないような環境が固定されるのは 1800 年代の後半と推定された. 米子湾口で採取されたコアでは飯梨川河口部の河道改変に関連していると思われる現象が認められた. これら, 堆積物中に現れている諸現象が歴史上のどのような事件と対応しているのか, さらに詳細な検討をする必要がある.

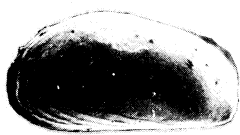
文 献

- 林 正久・松浦和之, 1987: 安来平野の地形とその形成過程. 社会科学研究, 12, 1-14.
- ISHIZAKI, K., 1969: Ostracodes from Shinjiko and Nakanoumi, Shimane Prefecture, Western Honshu, Japan. *Sci. Rep. Tohoku Univ., 2nd Ser. (Geol.)* 41, (2), 197-224, pls. 24-26.
- MATSUMOTO, E., 1981: Sedimentation rates in several lakes of Japan measured with ^{210}Pb method. *Verh. Int. Verein. Limnol.*, 21, 603-608.
- 中海・宍道湖自然史研究会, 松本英二・井内美郎・鹿島 薫 (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堆積物中の有孔虫・珪藻群集 (予報) —. 島根大地質学研報, (6), 61-84.
- 瀬戸浩二・松井宏樹・高安克己, 1990: 中海・宍道湖の自然史研究—その 13. 中海南東部の柱状試料中の有孔虫群集とその変遷—. 島根大地質学研報, (9), 145-158, pl. 1.
- 高安克己・小野俊彦・住田耕一, 1989: 中海・宍道湖の自然史研究—その 10. 中海底質中の貝類遺骸群集とその変遷—. 島根大地質学研報, (8), 33-50, pls. 1-3.
- 徳岡隆夫・大西郁夫・高安克己, 1986: 湖底をさぐる—宍道湖のおいたち. ふるさとブックレット 4, たたら書房, 米子.

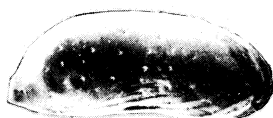
図 版 説 明

(標本はいずれも中海底質表層試料中のもの；スケール・バーは0.1mm)

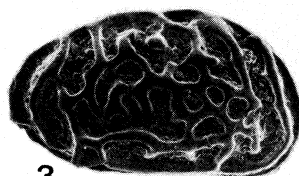
- Fig. 1 *Pontocythere miurensis* (Hanai)
- Fig. 2 *Pontocythere subjaponica* (Hanai)
- Fig. 3 *Callistocythere alata* Hanai
- Fig. 4 *Cythere nishinipponica* Okubo
- Fig. 5 *Spinileberis quadriaculeata* (Brady)
- Fig. 6 *Pistocythereis bradyformis* (Ishizaki)
- Fig. 7 *Pistocythereis bisanensis* (Ishizaki)
- Fig. 8 *Bicornucythere bisanensis* (Okubo)
- Fig. 9 *Aurila cymba* (Brady)
- Fig. 10 *Hemicythere? miii* Ishizaki
- Fig. 11 *Cytherura miii* (Ishizaki)
- Fig. 12 *Loxoconcha optima* Ishizaki
- Fig. 13 *Loxoconcha* aff. *sinensis* Brady
- Fig. 14 *Loxoconcha tosaensis* Ishizaki
- Fig. 15 *Loxoconcha uranouchiensis* Ishizaki
- Fig. 16 *Cytheromorpha acupunctata* (Brady)



1



2



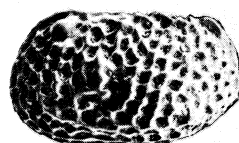
3



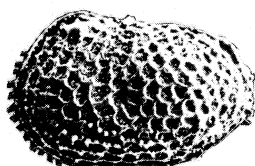
4



5



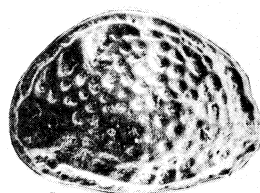
6



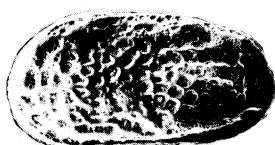
7



8



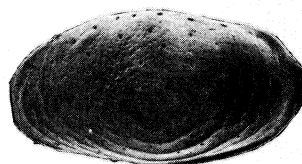
9



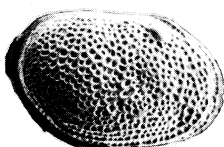
10



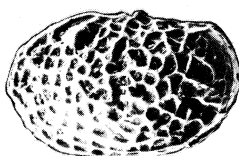
11



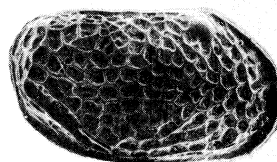
12



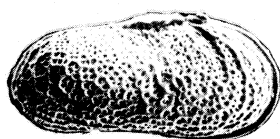
13



14



15



16