

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)—

中海・宍道湖自然史研究会*・松本英二**・井内美郎**・鹿島 薫***

Natural history of the Nakano-umi and Shinji Lakes
—VI. Core sampling in 1986 and preliminary report on foraminiferal and
diatom assemblages in the bottom sediments of the Lake Nakano-umi—

NAKANO-UMI AND SHINJI-KO RESEARCH GROUP,
Eiji MATSUMOTO, Yoshio INOUCHI and Kaoru KASHIMA

I. ま え が き

中海・宍道湖自然史研究会(略称N.S.R.)を中心とした一連の研究(1982, 1983, 1984, 1985, 1986)により、宍道湖については年代学的・古環境論の基礎資料が蓄積されてきたが、中海については予察的検討が行なわれたのみ(N.S.R., 1982)で、ほとんど手が着けられていなかった。そこで、1986年度は主に中海において調査を行ない、宍道湖では地質試料に関しては補足的な採取のみにとどめた。

湖上調査は次の3回行なわれた。

5月27～28日：宍道湖の柱状採泥

7月17～20日：中海から美保湾にかけての湖底表層堆積物の採取および中海における柱状採泥

11月6～11日：中海における音響探査および柱状採泥このうち5月に採取した試料については現在、分析中であり、また、11月の音響探査結果の一部については三梨ほか(1987)で公表されている。そこで今回は、7月および11月に採取した柱状試料による年代学的検討と、7月に採取した湖底表層試料の有孔虫と珪藻の分析結果について報告する。

これまで本研究会の報告でもしばしば述べてきたように、中海は宍道湖とともに斐伊川の流路変遷や砂州の発達にもなって、様々な環境変化を経てきた水域である。また、周知のように中海では干拓・淡水化事

業が進行中であり、1981年までに大海崎堤、馬渡堤、森山堤など北西水域を取り囲む堤防工事が完了している。これによって、現在では、境水道を経て侵入してくる海水とは江島と弓ヶ浜の間に構築された中浦水門によってのみ交換が可能な状態となっている。また、大橋川から流入する斐伊川水系の水も、この水門を経て流出している。干拓工事が着工される1968年以前は、日本海水も斐伊川水系の水も、大根島の北西水域を経由していた。すなわち、中海は大規模な人工的自然改変によって、過去10数年の間に環境が大きく変貌した潟湖である。

我われは、湖底の堆積物にこのような大きな環境変化が記録されている(あるいは、記録されつつある)と考えて、これまで研究を行ってきた。今回報告する堆積物の年代資料や表層堆積物中の有孔虫や珪藻に関する資料も、今後、堆積物から環境変遷史を編んでいく上で、重要な基礎資料となるものと思われる。

本研究のうち、年代測定については1986年度の卒業研究として、後藤が地質調査所において松本の指導のもとで協同研究をおこなったものである。また、表層堆積物中の有孔虫群集についても、1986年度の卒業研究として野村の指導のもとで瀬戸がおこなったものである。さらに珪藻群集については7月の調査の際に採取された試料を鹿島が東京大学理学部地理学教室において分析したものである。

本研究をすすめるにあたって、地質調査所海洋地質部には、採泥および測定機器の使用において、多大の便宜をうけた。採泥には理学部化学教室の奥村稔・岡本謙児・濃野広幸・福井義弘・福田敬志・酒井禎之の

* 高安克己・徳岡隆夫・大西郁夫・三梨 昂・渡辺正巳・後藤慎二・瀬戸浩二(以上島根大学理学部地質学教室)・野村律夫(島根大学教育学部地学教室)
** 工業技術院地質調査所
*** 東京大学理学部地理学教室

各氏、農学部環境保全学教室の山本廣基・田中秀幸の各氏と協力しておこなった。理学部生物学教室にはpHメータおよびS-C-Tメータを貸与していただいた。また、理学部地質学科学生の中里志・角館正勝・日下智博・熊井克己・湊浩一郎・高松雅俊・横山茂樹・金川朋史・鈴木充・梶田秀児・小野俊彦・福島宏昌・滝川卓の各氏には調査に協力していただいた。なお、本研究の大部分に文部省科学研究費補助金「中海・宍道湖の環境変化に関する研究」(一般A, 課題番号60400009, 代表者 三梨昂)を使用した。これらの各氏および諸機関にお礼申し上げます。

II. 柱状採泥と年代学的検討

A. 採泥方法

採泥は1986年7月19日と11月11日の2度、美保関町民主造船所所有の八束丸(船長・井川喜代志氏)を用いて行われた。採泥地点の位置は六分儀により決定した。また、深度はおもりをつけたロープを沈めて測定した。同一地点で数回採泥し、年代測定、軟X線写真撮影、花粉・珪藻等の化石分析やその他の分析用に分割した。第1図に柱状採泥地点を、また、第2図に肉眼による概略的な観察結果と試料の分割についてまとめて示す。

今回の採泥においては、宍道湖での採泥と同様に、底泥を乱さず、かつ短縮や流出することなしに採取するために、地質調査所所有の松本・青木式不攪乱柱状採泥器(内径11cmのL型、および内径5.5cmのM型)を用いた。NU86-6はM型で、長さ2m、それ以外のコアはL型で長さ1mの採泥を行なった。この場合、貫入しすぎてオーバーフローしないように、1枚15kg

のおもりを底質に応じて3~5枚装着し、湖底上50cmより落下させて採泥した。

B. 軟X線による観察

25cm毎に切断したコアを縦に2つに分割し、その片方から長さ25cm、幅5cm(M型)または10cm(L形)、厚さ1cmの試料を切り取り、プラスチックケースに封入した。こうして得られた試料をソフテックス株式会社製SOFTEX EBMで40KV, 3mA, 照射時間30秒(小焦点撮影, Ixフィルム使用)の条件のもとで撮影した。

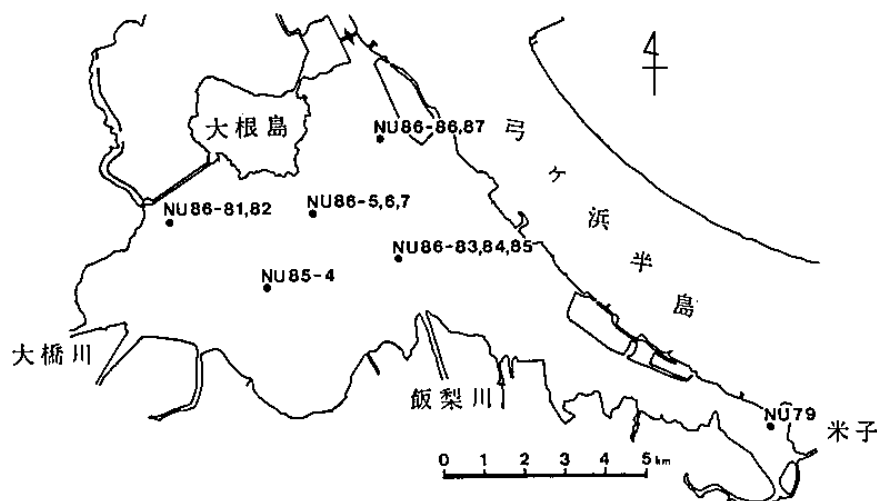
いずれのコアにも貝殻片が多数含まれており、微小貝が密集する層準がいくつかある。また、比較的貝殻片が希薄な層準もみられる。ただし、それらの層準がどのコアにも共通した位置にみられるとは限らない。砂層や火山灰層など、とくに目立つ地層もはさまれていない。図版I~IIにNU86-6のコアの例を示す。

C. ^{210}Pb , ^{137}Cs および ^{14}C による年代学的検討

それぞれのコアについて、深度25cmまで2.5cmずつに分割された試料を ^{210}Pb 法と ^{137}Cs 法に用いた。1986年度に採取されたコアの他に、1985年8月に採取されたNU85-4についても同様に分割し、測定した。

^{210}Pb は半減期が22.3年で、100数十年前までの放射年代を知るのに有効である。測定原理や方法等については松本(1986)やMATSUMOTO(1987)に述べられているとおりで、非破壊 γ 線法によるものである。測定は1986年10月~1987年1月にかけて、地質調査所海洋地質部において行われた。

測定結果を第3図に示すが、これにはMATSUMOTO(1981)による米子湾内におけるコアNU79の結果も比較のために示してある。それぞれのグラフは、縦軸に



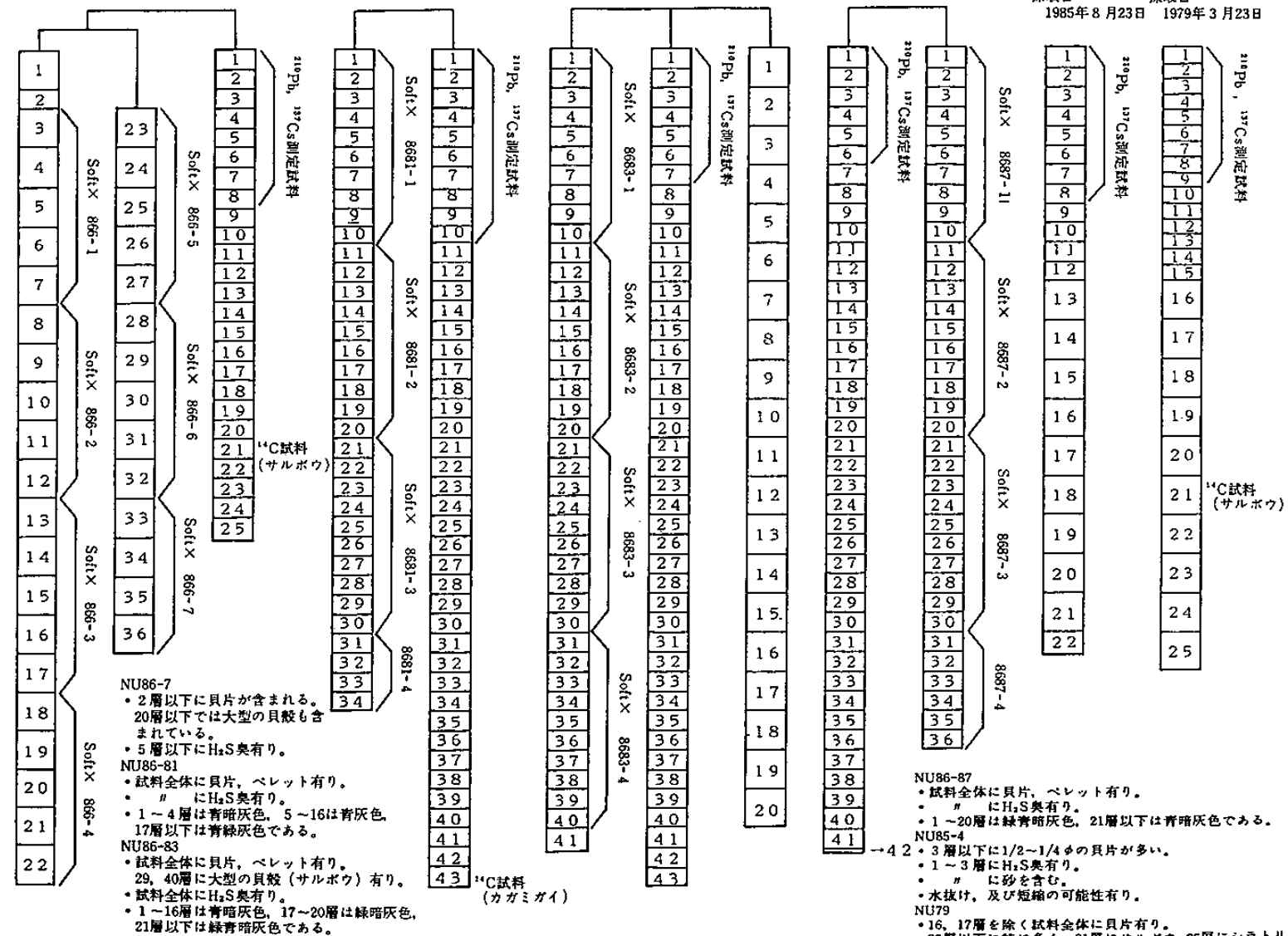
第1図 柱状試料採取位置図

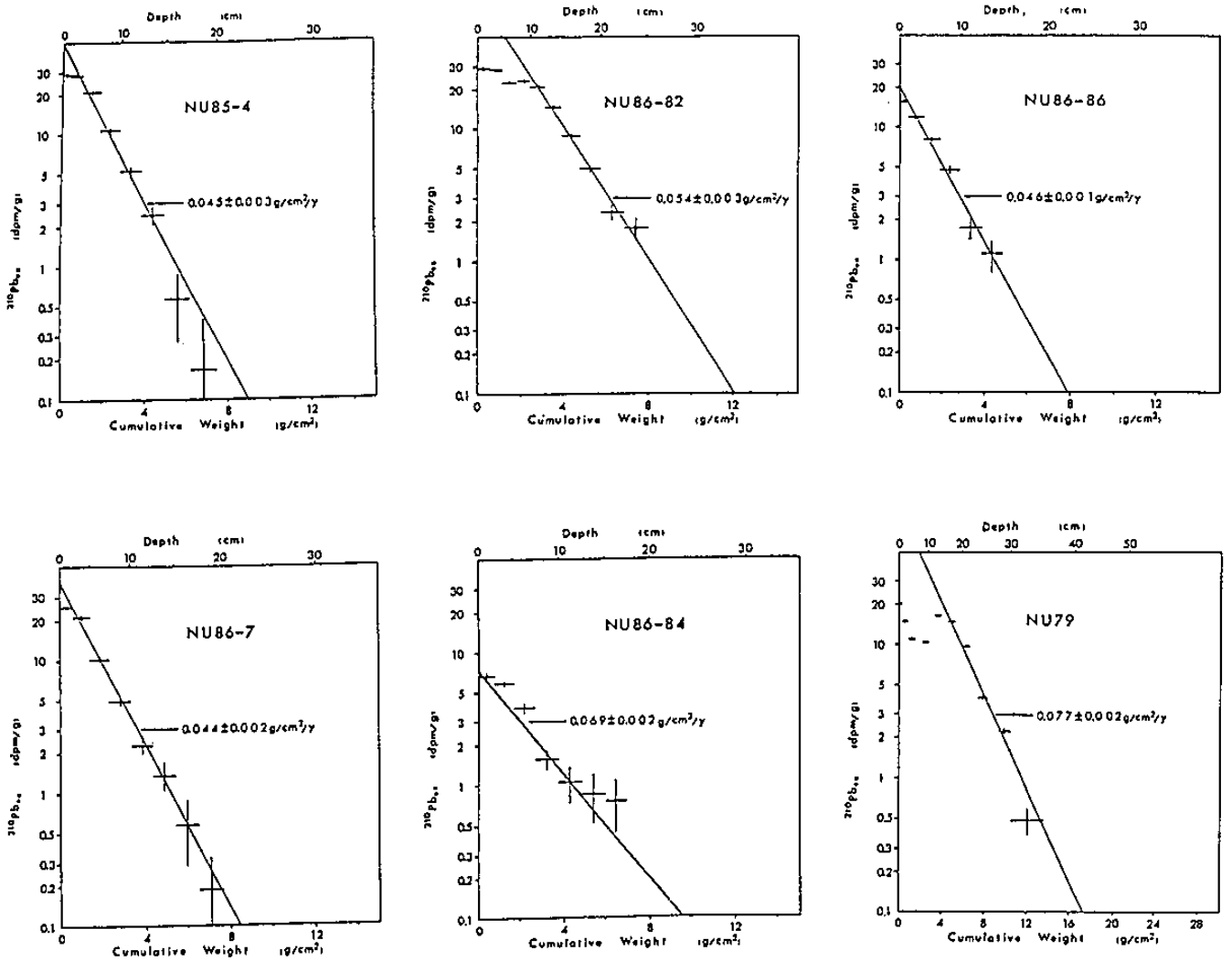
NU86-6 試料 177.5cm 珪藻, 花粉etc. 採取地点 大根島南東沖 約1000m 水深 7.4m 採取日 1986年7月19日	86-7 63.0cm 年代測定用	NU86-81, 86-82 試料 90.0cm 107.5cm 珪藻, 花粉etc. 年代測定用 採取地点 大海崎鼻沖 約700m 水深 5.7m 採取日 1986年11月11日	NU86-83, 86-84, 85 試料 103.0cm 107.5cm 100cm 珪藻, 花粉etc. 年代測定用 採取地点 飯梨川河口沖 約1000m 水深 7.6m 採取日 1986年11月11日	NU86-86, 86-87 試料 102.8cm 107.5cm 年代測定用 珪藻, 花粉etc. 採取地点 米子空港西沖 約1000m 水深 7.5m 採取日 1986年11月11日	NU85-4 試料 73.0cm 年代測定用 採取地点 下意東北東沖 約2500m 水深 6.0m 採取日 1985年8月23日	NU79 試料 80.0cm 年代測定用 採取地点 米子港内 水深 7.4m 採取日 1979年3月23日
---	--------------------------------	---	--	--	--	--

Depth (cm)

0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110

第2図 柱状試料の肉眼的観察, 分割状況, など





第3図 ^{210}Pb 法による堆積速度

^{210}Pb の濃度(dpm/g)を、横軸に積算乾燥重量(g/cm^2)とそれに対応した湖底下深度(cm)をとっている。また、各測定値を中心点とした十字は、 ^{210}Pb の測定誤差を縦幅で、各試料の乾燥重量を横幅で示したものである。堆積速度は各点の最小二乗法による回帰直線の傾斜として示され、この場合、傾斜が緩かなものほど堆積速度が速いことを意味する。

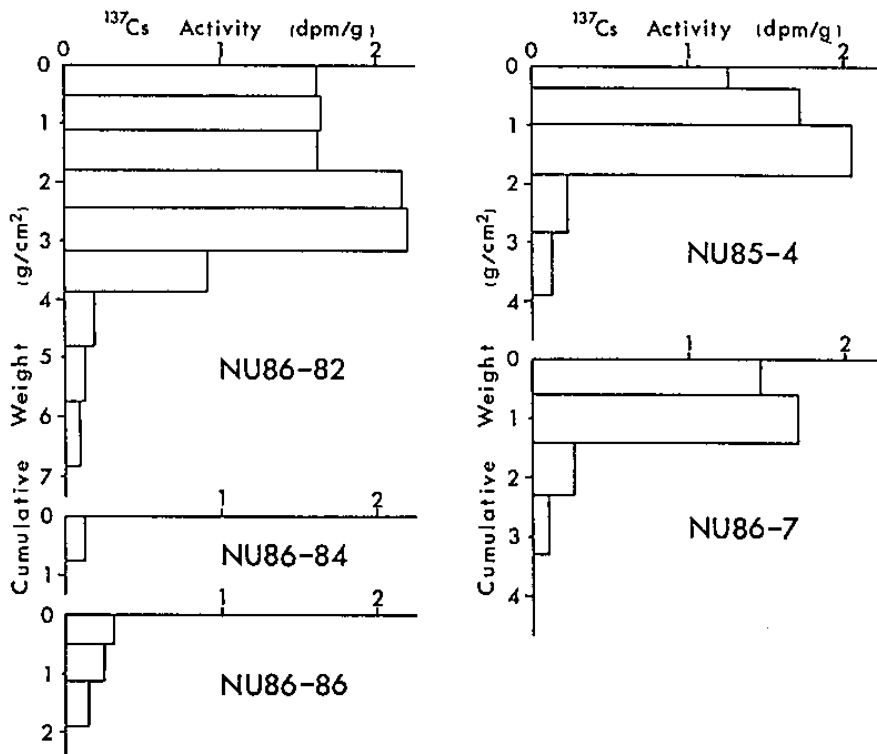
第1表に各コアで算定された堆積速度が示されている。これによれば、中海湖心部で $0.055 \text{ g}/\text{cm}^2/\text{y}$ 前後の小さい値を示しているのに対し、大橋川や飯梨川の川口に近いところではこれよりやや大きく、また、米子湾奥では $0.077 \text{ g}/\text{cm}^2/\text{y}$ と最も大きな値を示すことがわかる。

次に各試料中の ^{137}Cs の測定量を第4図に示す。それぞれのグラフは、試料の積算乾燥重量(g/cm^2)を縦軸に、 ^{137}Cs の濃度(bpm/p)を横軸にとっている。 ^{137}Cs

第1表 ^{210}Pb , ^{137}Cs による堆積速度

	^{210}Pb による堆積速度 ($\text{g}/\text{cm}^2/\text{y}$)	^{137}Cs による堆積速度 ($\text{g}/\text{cm}^2/\text{y}$)
NU 85-4	0.045 ± 0.003	0.065 ± 0.020
NU 86-7	0.044 ± 0.002	0.044 ± 0.018
NU 86-82	0.054 ± 0.002	—————
NU 86-84	0.069 ± 0.002	—————
NU 86-86	0.046 ± 0.001	—————
NU 79	0.077 ± 0.002	—————

は大気圏原水爆実験により放出される人工的放射性核種で、半減期は30.2年である。1956年にはじまった水爆実験により放出された ^{137}Cs の降下量はいくつかの地域で知られていて、日本では1963年にそのピークがあることがわかっている。そこで、それぞれのコアで ^{137}Cs 濃度のピークを含む層を1963年とし、この層の



第4図 ^{137}Cs の垂直変化

中心までの積算乾燥重量を1963年から試料採取年までの年数で割れば、その間の堆積速度が求まる。また、1963年が含まれるとした層の上下端の積算乾燥重量を用いて求めた値からそれぞれの誤差の範囲を算出することができる。

今回の試料で ^{137}Cs 濃度の錐直分布に明瞭なピークが認められ、それから求めた堆積速度が前述の ^{210}Pb 法による結果と大きく矛盾しないものは、NU 85-4とNU 86-7のみであった(第1表)。他のコアでは ^{137}Cs 濃度がわずかで、明瞭なピークが現われなかったり(NU 86-84とNU 86-86)、 ^{210}Pb 法の測定結果のグラフ(第3図)からもわかるように、問題となる層準がコア採取以前に何らかの原因によって攪乱された可能性があり(NU 86-82)、 ^{137}Cs 法での堆積速度の算定には適していない。

このように、すべてのコアについて、 ^{210}Pb 法によっ

て得られた堆積速度を ^{137}Cs 法によってチェックできたわけではないが、一応、 ^{210}Pb 法による堆積速度の値が妥当であり、かつその値に変化がなかったと仮定すると、各コアに時間の目盛を打つことが可能になる。このことを更に確認するために、NU 86-7、NU 86-82、およびNU 79の各コアから採取した二枚貝を用いて ^{14}C 法による年代測定を行なった。その結果を第2表に示す。資料の数は少ないが、二枚貝試料から得られた ^{14}C 年代は、 ^{210}Pb 法による堆積速度から求めた貝を含む層準の年代と比較的よく一致していることが、この表からわかる。すなわち、今回得られた資料で見限り、 ^{210}Pb 法による堆積速度は中海における過去1000余年の堆積状況をよく反映している。とみなすことができる。

なお、今回中海で求められた ^{210}Pb による堆積速度は宍道湖の場合(玉井, 1985; NSRほか, 1986; MATSUMOTO,

第2表 ^{14}C による堆積年代

測定試料	測定結果 (西暦年)	^{210}Pb による 堆積年代
NU 86-7-21 <i>Scapharca subcrenata</i> LISHKE	571±83 yBP (1296~1462)	1444~1508
NU 86-82-43 <i>Phacosoma japonica</i> (REEVE)	1226±126 yBP (598~850)	984~1101
NU 79 -21 <i>Scapharca subcrenata</i> LISHKE	187±107 yBP (1656~1870)	1626~1674

1987)と比較すると、全体に $1/2 \sim 1/3$ と小さな値を示している。これは、斐伊川水系より流入してくる碎屑物のうち、多くが上流側の宍道湖でトラップされてしまい、中海まで流下し堆積するものが少ないことを意味していると考えられる。

III. 中海の水質・底質環境

A. 試料の採取と測定法

試料採取は1986年7月17~20日までの4日間、八束丸を用いて行ない、中海において27地点(N-01~N-27)、境水道において5地点(N-28~N-32)、さらに美保湾において2地点(N-33~N-34)の合計34地点から底質を採取し、あわせて水質の簡易測定を行なった(第5図)。各地点の位置は六分儀により求めた。

底質の採取はエクマン・バージ式サンプラー(N-01~N-29)、あるいはスミス・マッキンタイヤ式サンプラー(N-30~N-34)を用いて行ない、なるべく表層のみをすくい取って各種分析用試料とした。この底質表層試料は実験室に持ち帰った後、一部は後述する微化石分析用とし、残りは含泥率、有機炭素量、C/N比の測定に用いられた。有機炭素量、C/N比の測定に際しては、

柳本製作所製のCHNコーダー(MT-3型)を使用し、酸処理燃焼法によって測定した。

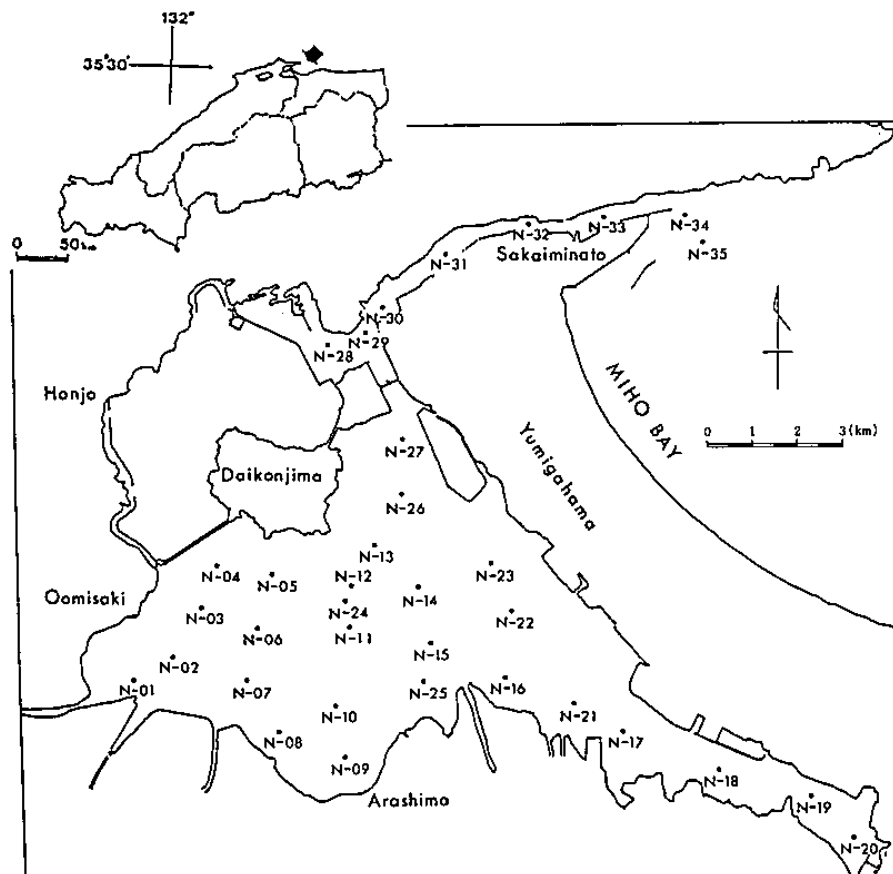
水質に関する資料として、各地点で水温、塩分濃度、溶存酸素量、pHなどを測定した。水温と溶存酸素量はセントラル科学株式会社のUC-12型DOメーターを、塩分濃度は米国Yellow Spring Instrument社のS-C-Tメーターを使用して1m間隔で測定し、pHは数m間隔でバンドーン式採水器によって採水し、堀場製作所製H-7型のpHメーターで測定した。

中海の環境、とくに水質環境は季節によって大きく異なり、また、天候、潮の干満などによっても影響されることが知られている。したがって、ここで得られた測定結果は試料採取時、すなわち7月17~20日の間の環境を概略的にとらえたものと理解される。

B. 中海の水質環境

中海の水塊は塩分躍層によって上層と下層にわかれ、上層は低い塩分濃度と高い溶存酸素量、下層は高い塩分濃度と低い溶存酸素量によって特徴づけられることが知られている(Ohtake *et al.*, 1982など)。今回の調査でも、このような現象が明瞭に認められた。

それぞれの地点における測定日時、気象条件、測定



第5図 湖底表層試料の採取と水質調査を行なった地点

第3表— a. 底質・底層水の採取・測定時における日時・波高・風力

OBSERVATION DATA			
		H(m)	W
N-01	Aug. 17	10:01	0.4 2
N-02		10:56	0.4 2
N-03		11:32	0.6 2
N-04		11:59	0.6 1
N-05		13:13	0.6 1
N-06		13:45	0.4 1
N-07		14:24	0.4 2
N-08		14:52	0.2 1
N-09		15:25	0.2 1
N-10		15:48	0.2 1
N-11		16:18	0.2 1
N-12		16:41	0.2 1
N-13	Aug. 18	9:52	0.2 2
N-14		10:25	0.2 2
N-15		10:56	0.6 2
N-16		11:25	0.4 2
N-17		12:00	0.6 2
N-18		13:15	0.8 2
N-19		13:48	0.6 2
N-20		14:17	0.6 2
N-21		15:30	0.8 3
N-22		16:09	0.6 2
N-23		16:45	0.6 2
N-24	Aug. 19	9:52	0.2 1
N-25		15:28	0.6 2
N-26		16:12	0.6 2
N-27		16:47	0.4 2
N-28	Aug. 20	9:29	0.4 2
N-29		10:10	0.2 1
N-30		10:47	0.2 1
N-31		11:20	0.2 2
N-32		12:00	0.4 3
N-33		12:55	0.6 3
N-34		13:20	0.8 3

H:Height
W:Wind velocity

第3表— b. 各地点の水深と表層堆積物の含泥率、有機炭素量、C/N比の測定値

OBSERVATION DATA				
	D[m]	G(%)	C(%)	C/N
N-01	3.3	66.09	1.70	8.50
N-02	5.1	98.81	2.69	7.69
N-03	5.8	99.53	2.99	8.31
N-04	7.0	98.74	3.20	7.44
N-05	7.0	83.81	2.28	8.14
N-06	7.3	97.20	3.31	7.70
N-07	6.5	97.52	2.70	8.18
N-08	5.0	95.65	2.98	8.05
N-09	5.9	98.57	2.94	7.95
N-10	6.5	98.98	3.01	7.72
N-11	7.2	99.36	2.76	7.64
N-12	7.2	97.77	3.12	7.80
N-13	7.6	97.21	3.17	8.13
N-14	7.5	98.42	3.27	7.98
N-15	7.5	97.86	2.89	8.50
N-16	6.3	88.81	2.81	8.52
N-17	10.2	97.34	3.28	7.45
N-18	5.7	96.80	3.25	7.88
N-19	5.0	74.85	2.08	8.67
N-20	4.0	34.00	1.48	8.22
N-21	7.0	92.63	1.46	8.11
N-22	8.0	85.10	2.88	8.00
N-23	8.5	82.23	3.07	8.30
N-24	7.4	99.11	2.98	8.05
N-25	6.9	97.64	2.78	8.69
N-26	7.7	91.66	2.78	7.94
N-27	11.7	59.42	1.55	9.69
N-28	10.3	24.77	0.56	9.33
N-29	10.8	16.99	0.45	9.00
N-30	9.9	43.09	1.33	12.09
N-31	10.0	12.63	0.49	9.80
N-32	14.5	34.55	0.68	9.71
N-33	14.0	96.52	1.11	8.54
N-34	12.0	73.46	0.87	10.88

D:Depth
G:Grain-size (% finer than 63μ
C:Organic Carbon
C/N:C/N Ratio

結果等を第3～4表に示す。水質環境をより具体的に示すために、主測線(N-01～N-12～N-34)と副測線(N-20～N-12)において水温、塩分濃度、溶存酸素量、pHについて断面図を第6図に示した。これからわかるように、塩分躍層は中海においては水深3～4m付近に認められ、境水道では東に向かって上層が徐々に薄くなり、美保湾では上層が消滅する。すなわち、中海において上層の塩分濃度は5～10%、下層のそれは20～25%で上下層間で大きな差が認められる。上層は境水道においても10%前後を示し、上層が消滅するまで上下層間の塩分濃度の差は明瞭である。

水温についても、中海においては上層で24～26℃、下層で21～23℃であり、上下層間で数℃の差がある。この差は境水道から美保湾に向かって徐々に小さく

っていく。溶存酸素量は、中海において上層では8～10ml/lであるのに対し、下層では0.5～2ml/lしかない。しかし、下層の溶存酸素量は中浦水門付近から徐々に高くなり、境水道ではほとんど上下層間の差がなくなってしまう。pHは上下層間でそれほど明瞭な差は認められないが、全体として中浦水門から境水道に向かって高い値を示す傾向がみられる。

次に、表層水と底層水について、水温(第7図)、塩分濃度(第8図)、溶存酸素量(第9図)、およびpH(第10図)の水平的分布をみることにする。

表層水の水温は、中海～境水道において25～27℃でほとんど一定である。しかし、美保湾に入るとそれよりやや低くなる。塩分濃度は、中海では4～5%と一定で、米子湾あるいは大橋川河口に向かうにつれて低

第4表. 各地点の水深による水温, 塩分濃度, 溶存酸素量, pHの測定値

	TEMPERATURE (°C)														
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14 [m]
N-01	24.8	24.4	24.2	23.3	24.0 (3.3)										
N-02	25.1	24.9	24.6	23.8	22.4	25.9 (5.1)									
N-03	24.6	24.6	24.6	24.2	23.1	23.0	23.2 (5.8)								
N-04	24.8	24.8	24.7	24.7	23.3	23.2	23.1	23.5 (7.0)							
N-05	25.0	25.0	24.9	24.7	22.9	22.9	22.0	23.3 (7.0)							
N-06	24.8	24.8	24.8	24.6	22.6	22.1	21.4	21.8 (7.3)							
N-07	25.1	25.1	24.9	23.1	22.4	22.7	22.1	22.3 (6.5)							
N-08	25.7	25.4	23.9	22.9	22.6	23.7 (5.0)									
N-09	26.0	26.0	25.7	23.7	22.7	23.6	23.6 (5.9)								
N-10	25.4	25.2	25.3	23.5	22.6	22.1	22.4 (6.5)								
N-11	25.2	25.1	24.8	24.4	23.0	22.5	22.2	22.6 (7.2)							
N-12	25.0	24.8	24.8	24.4	22.9	22.4	22.2	21.3 (7.2)							
N-13	25.5	25.3	25.1	24.6	22.8	22.0	21.2	21.1	21.6 (7.6)						
N-14	25.3	25.3	25.5	25.1	22.7	21.9	21.4	21.0	21.3 (7.5)						
N-15	25.1	25.0	25.0	25.0	22.7	22.4	21.8	21.3	22.3 (7.5)						
N-16	25.4	25.3	25.3	25.3	24.0	22.7	22.2 (6.3)								
N-17	25.5	25.5	25.5	25.4	24.7	21.3	21.2	21.0	22.0	22.4 (10.2)					
N-18	25.8	25.8	25.8	25.7	25.5	22.6	23.8 (5.7)								
N-19	26.4	26.4	26.4	26.3	25.6	25.2 (5.0)									
N-20	26.9	26.8	26.8	26.7	26.2 (4.0)										
N-21	25.8	25.8	25.7	25.8	25.7	24.1	21.7	22.0 (7.0)							
N-22	28.8	25.8	25.8	25.7	25.5	22.9	21.6	20.8	21.3 (8.0)						
N-23	25.6	25.6	25.7	25.6	24.9	22.5	21.0	20.6	21.4	21.1 (8.5)					
N-24	25.9	25.8	25.4	25.4	23.1	21.9	21.7	21.8	22.7 (7.4)						
N-25	26.7	26.4	26.0	26.0	24.1	22.2	22.2	23.1 (6.9)							
N-26	26.7	26.3	26.4	25.1	22.7	22.2	23.5	23.8	23.5 (7.7)						
N-27	26.7	26.7	26.5	25.5	22.7	23.2	22.9	22.6	22.9	22.4	23.0 (11.7)				
N-28	26.2	26.0	25.9	24.6	24.1	23.1	22.8	23.0	23.0	23.1	23.2 (10.3)				
N-29	26.3	26.2	25.9	25.2	23.9	23.7	24.3	24.3	24.4	24.4 (10.8)					
N-30	26.2	26.2	26.1	24.7	23.1	23.6	23.4	23.5	24.2 (9.9)						
N-31	26.0	26.0	25.5	23.8	23.3	23.7	23.7	23.5	23.5 (10.0)						
N-32	25.8	25.7	24.0	23.6	23.4	23.7	23.7	23.7	23.7	23.7	24.5 (14.5)				
N-33	25.6	25.1	23.7	23.5	23.2	23.6	23.6	23.3	23.3	23.3	23.6 (14.0)				
N-34	23.6	23.6	23.5	23.4	23.3	23.5	23.5	23.3	23.3	23.2 (12.0)					

()=DEPTH [m]

	SALINITY (‰)															
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14 [m]	
N-01	2.4	2.6	3.3	6.6	6.1 (3.3)											
N-02	3.5	3.5	4.0	7.0	12.3	11.6 (5.1)										
N-03	3.8	4.1	4.1	5.4	11.5	15.6	16.3 (5.8)									
N-04	4.3	4.3	4.3	4.5	11.4	15.8	21.5	19.8 (7.0)								
N-05	3.9	4.0	4.1	4.4	11.4	20.8	22.8	21.0 (7.0)								
N-06	4.5	4.5	4.6	5.1	13.5	20.5	20.1	24.3 (7.3)								
N-07	3.5	4.0	4.7	10.4	14.8	18.4	21.4	21.9 (6.5)								
N-08	4.3	4.4	7.0	9.4	11.9	14.6 (5.0)										
N-09	3.8	3.7	4.0	8.7	11.5	15.9	19.7 (5.9)									
N-10	3.7	3.9	3.9	8.5	12.3	17.5	21.7	21.6 (6.5)								
N-11	4.2	4.3	4.7	5.6	10.3	17.9	24.4	22.3 (7.2)								
N-12	5.0	5.1	5.1	5.6	12.0	15.5	22.0	24.1 (7.2)								
N-13	4.3	4.3	4.4	5.4	13.6	17.3	24.8	26.6	24.2 (7.6)							
N-14	4.5	4.5	4.5	4.8	13.5	17.1	25.5	26.8	22.6 (7.5)							
N-15	4.3	4.6	4.8	4.8	13.3	18.0	23.6	24.9	22.3 (7.5)							
N-16	4.1	4.1	4.3	4.3	8.3	16.5	22.1 (6.3)									
N-17	3.7	4.9	4.0	4.0	5.0	21.3	23.6	24.4	25.1	23.2 (10.2)						
N-18	3.7	3.8	3.8	3.8	4.0	16.3	19.5 (5.7)									
N-19	3.9	3.9	3.9	3.9	4.1	11.0 (5.0)										
N-20	3.6	3.6	3.8	3.8	6.0 (4.0)											
N-21	4.4	4.5	4.5	4.5	4.5	6.0	24.1	21.0 (7.0)								
N-22	5.0	5.0	5.0	5.1	5.3	14.8	24.0	25.8	25.9 (8.0)							
N-23	5.0	5.0	5.0	5.1	6.5	21.0	24.5	25.8	27.0	23.3 (8.5)						
N-24	4.3	4.4	4.9	6.4	12.4	22.0	26.1	26.6	24.7 (7.4)							
N-25	4.9	5.0	5.0	6.6	11.1	24.1	25.5	23.9 (6.9)								
N-26	5.0	5.1	5.1	6.0	16.3	22.5	27.0	28.1	23.5 (7.7)							
N-27	4.9	4.8	4.9	5.5	14.9	20.0	25.6	26.9	28.5	28.3	28.1	28.5	26.8 (11.7)			
N-28	5.7	5.9	6.3	9.0	14.4	19.1	20.3	20.5	20.7	21.0	20.7 (10.3)					
N-29	4.9	5.5	7.0	11.2	18.3	21.5	22.0	22.0	22.5	21.5	22.0	21.0 (10.8)				
N-30	5.7	5.7	6.0	15.1	21.3	21.1	22.2	22.2	22.2	22.1	20.8 (9.9)					
N-31	6.3	6.4	9.5	19.0	22.5	23.0	21.0	22.8	22.5	22.2	22.8 (10.0)					
N-32	8.6	9.5	18.5	19.7	21.2	21.5	21.9	22.3	22.6	22.6	22.7	23.9	22.0	22.5	28.5	28.3
N-33	11.9	18.5	25.2	25.9	26.5	26.5	26.6	25.5	26.6	26.6	27.0	27.0	27.1	27.3	29.3 (14.0)	
N-34	27.1	27.1	27.1	27.8	27.8	28.0	27.9	27.9	28.3	28.5	28.4	28.8 (12.0)				

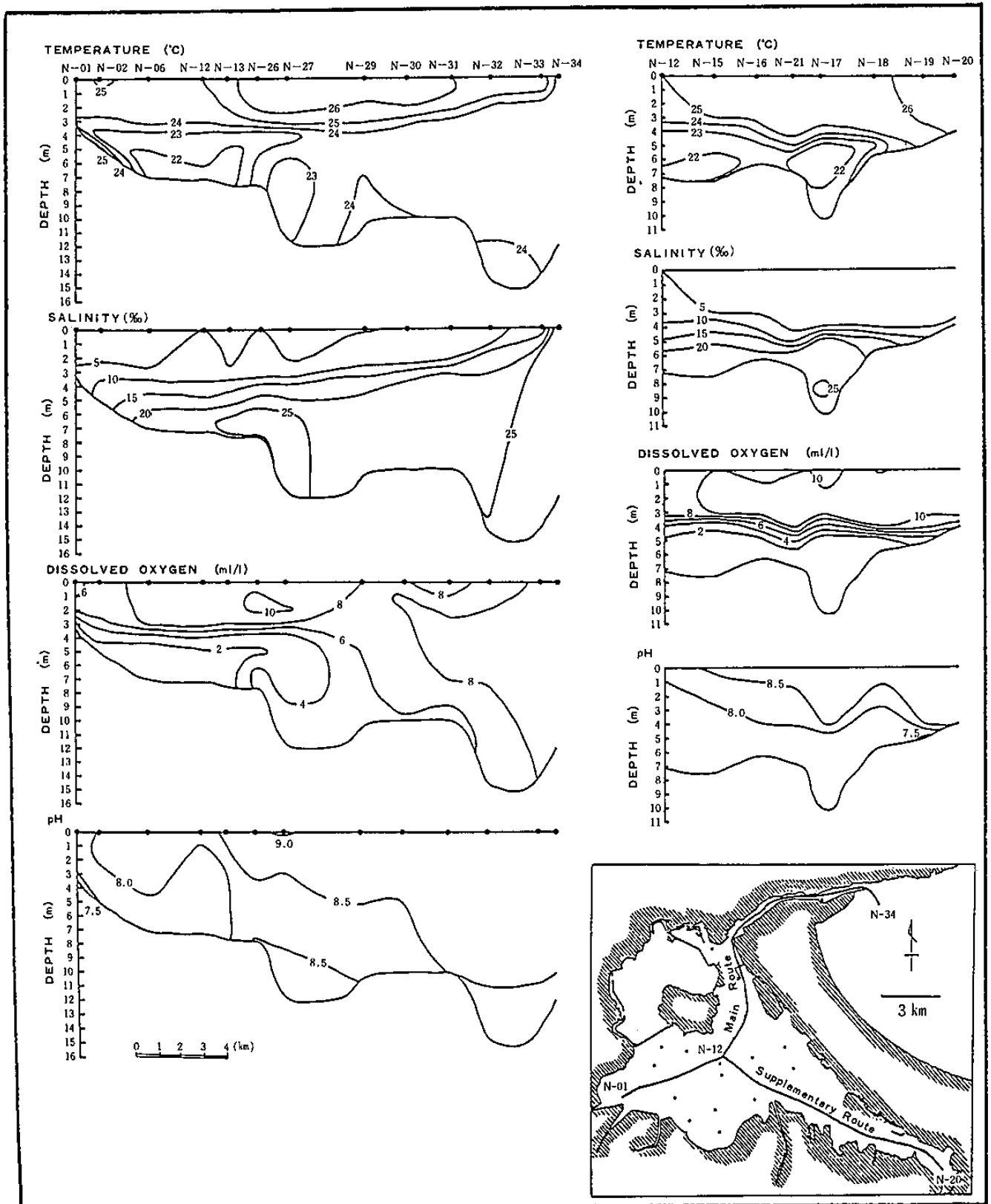
()=DEPTH [m]

DISSOLVED OXYGEN (ml/l)																
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	[m]
N-01	5.7	5.9	6.5	1.1	0.7 (3.3)											
N-02	6.5	7.0	7.3	5.3	2.2	1.6 (5.1)										
N-03	8.9	9.1	9.2	7.9	3.7	1.6	0.7 (5.8)									
N-04	9.6	9.5	9.9	10.2	3.3	2.8	1.1	1.0 (7.0)								
N-05	10.2	10.7	11.1	10.6	2.9	1.1	1.6	0.6 (7.0)								
N-06	9.2	9.1	8.9	8.7	2.2	1.4	0.9	0.7 (7.3)								
N-07	10.6	10.6	9.9	4.1	2.3	1.8	0.9	0.5 (6.5)								
N-08	10.2	10.3	7.3	4.7	3.8	2.6 (5.0)										
N-09	11.5	11.5	10.5	5.2	3.5	2.7	1.5 (5.9)									
N-10	11.2	11.7	11.6	5.5	3.1	1.2	0.7 (6.5)									
N-11	10.1	10.1	10.1	9.3	4.8	1.5	1.0	0.8 (7.2)								
N-12	9.0	9.2	9.6	9.4	3.8	1.7	1.2	0.7 (7.2)								
N-13	8.3	8.7	9.0	8.1	3.3	1.7	0.9	0.8	0.8 (7.6)							
N-14	10.9	9.8	9.6	9.3	2.2	1.6	0.6	0.4	0.7 (7.5)							
N-15	10.1	10.8	10.9	10.6	2.4	1.4	0.7	0.6	0.7 (7.5)							
N-16	9.4	10.1	10.7	10.5	5.7	1.3	0.5 (6.3)									
N-17	8.8	9.8	10.5	10.6	5.4	0.6	0.5	0.5	0.6	0.5 (10.2)						
N-18	12.2	11.4	11.5	11.7	10.1	0.6	0.4 (5.7)									
N-19	10.0	10.4	10.8	10.8	8.3	3.1 (5.0)										
N-20	10.9	10.6	10.8	11.2	6.7 (4.0)											
N-21	10.0	10.0	10.2	10.4	10.7	4.6	0.5	0.4 (7.0)								
N-22	9.2	9.3	9.5	9.7	9.9	2.0	0.6	0.4	0.5 (8.0)							
N-23	10.1	9.9	9.7	9.7	8.2	1.6	0.5	0.4	1.0	0.8 (8.5)						
N-24	10.4	9.6	8.6	7.7	2.1	1.6	2.2	2.7	2.1 (7.4)							
N-25	8.6	10.8	11.5	9.9	3.9	1.0	0.4	0.7 (6.9)								
N-26	8.6	10.4	10.5	8.4	2.5	1.8	3.9	4.5	4.2 (7.7)							
N-27	9.1	9.4	10.2	7.7	2.7	2.4	2.4	3.1	4.2		4.4	4.2 (11.7)				
N-28	7.6	7.9	7.2	4.9	5.4	3.3	3.3	3.6	3.6	3.3	3.9 (10.3)					
N-29	8.0	7.7	7.1	7.2	7.6		4.6		4.6		5.0 (10.8)					
N-30	7.9	8.0	8.0	7.4	7.8	7.9		7.9		7.9	5.5 (9.9)					
N-31	8.6	7.9	7.8	8.2	9.0			8.0			4.7 (10.0)					
N-32	7.6	7.9	8.0	8.6	9.2	8.3					7.7				7.1 (14.5)	
N-33	8.1	8.9	8.7	9.3	9.6	8.4					8.1				8.2 (14.0)	
N-34	8.2	8.6	8.7	9.4	9.6		8.2				8.1			8.1 (12.0)		

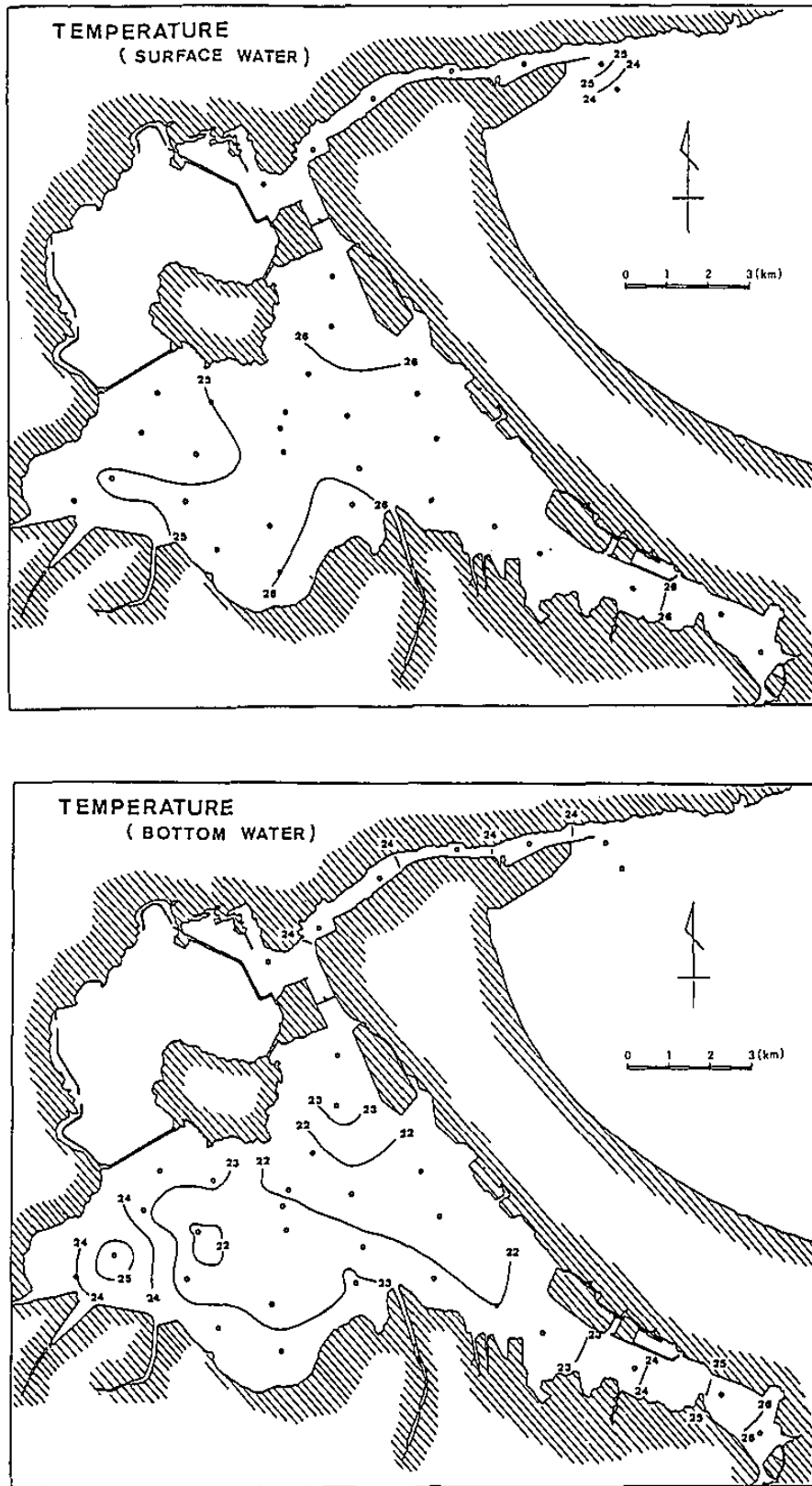
() =DEPTH [m]

pH																
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	[m]
N-01	7.48				7.33 (3.3)											
N-02	8.10		8.05			7.51 (5.1)										
N-03	8.10		7.98				7.61 (5.8)									
N-04	8.38		8.38					7.66 (7.0)								
N-05	8.03		8.21					7.72 (7.0)								
N-06	8.24		8.28					7.74 (7.3)								
N-07	8.74				7.59			7.64 (6.5)								
N-08	8.10			7.96		7.58 (5.0)										
N-09	8.92			7.96		7.53	7.54 (5.9)									
N-10	8.85				7.62		7.69 (6.5)									
N-11	8.64				7.63			7.77 (7.2)								
N-12	8.12				7.61			7.80 (7.2)								
N-13	8.71				7.68				7.87 (7.6)							
N-14	8.71				7.61				7.91 (7.5)							
N-15	8.65				7.64				7.84 (7.5)							
N-16	8.68				7.98		7.67 (6.3)									
N-17	8.64				8.50	7.74				7.83 (10.2)						
N-18	8.87				7.67		7.75 (5.7)									
N-19	8.79				8.63	7.38 (5.0)										
N-20	8.92	8.82			8.73 (4.0)											
N-21	8.79					7.86		7.80 (7.0)								
N-22	8.73				8.64	7.72			7.85 (8.0)							
N-23	8.69				8.34	7.61		7.85		7.92 (8.5)						
N-24	8.72		8.58		7.84	7.96			8.20 (7.4)							
N-25	8.98				7.89	7.91		8.09 (6.9)								
N-26	8.99		8.82		8.12	8.03			8.54 (7.7)							
N-27	9.04					8.08		8.38		8.55			8.50 (11.7)			
N-28	8.68	8.68			8.45		8.36				8.35 (10.3)					
N-29	8.65			8.53			8.49					8.50 (10.8)				
N-30	8.63			8.55		8.50					8.48 (9.9)					
N-31	8.60				8.53			8.51			8.50 (10.0)					
N-32	8.63					8.54					8.51				8.47 (14.5)	
N-33	8.63		8.54			8.53					8.51				8.46 (14.0)	
N-34	8.54						8.53		8.54			8.42 (12.0)				

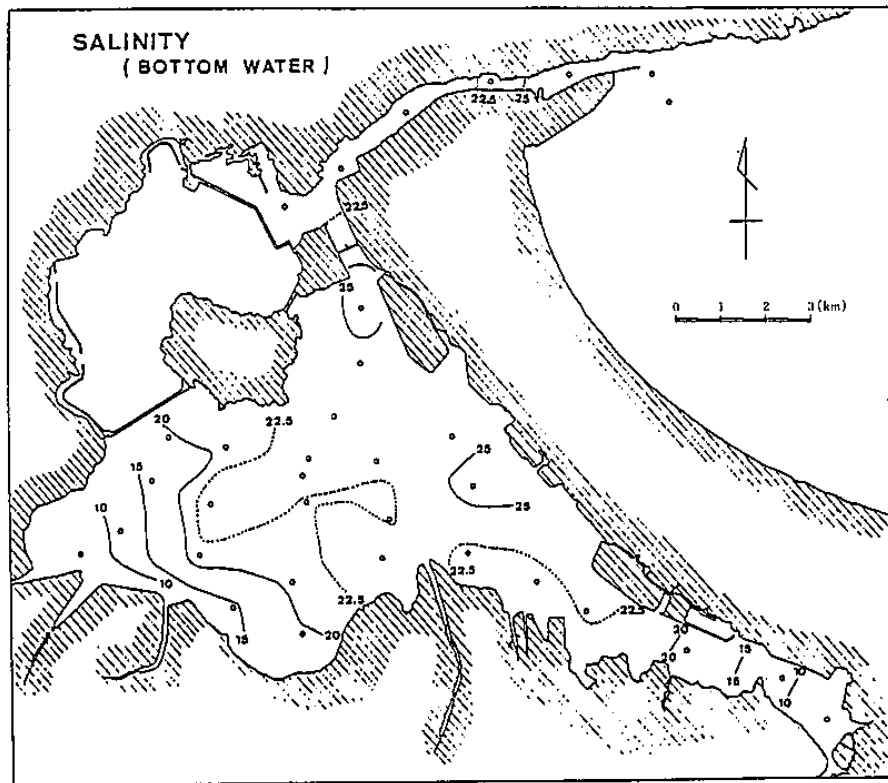
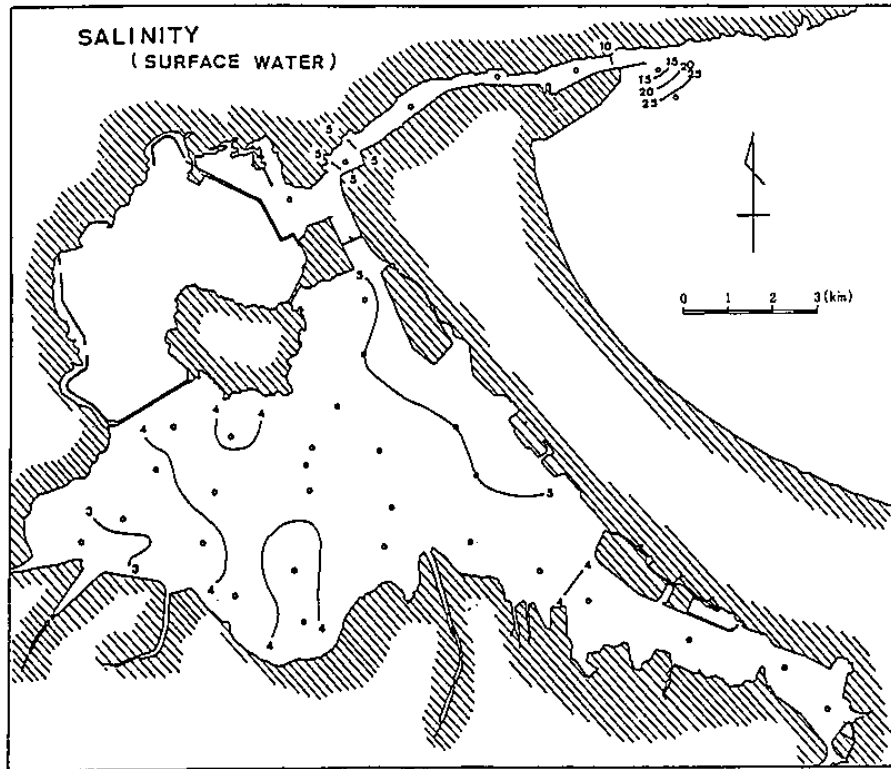
() =DEPTH [m]



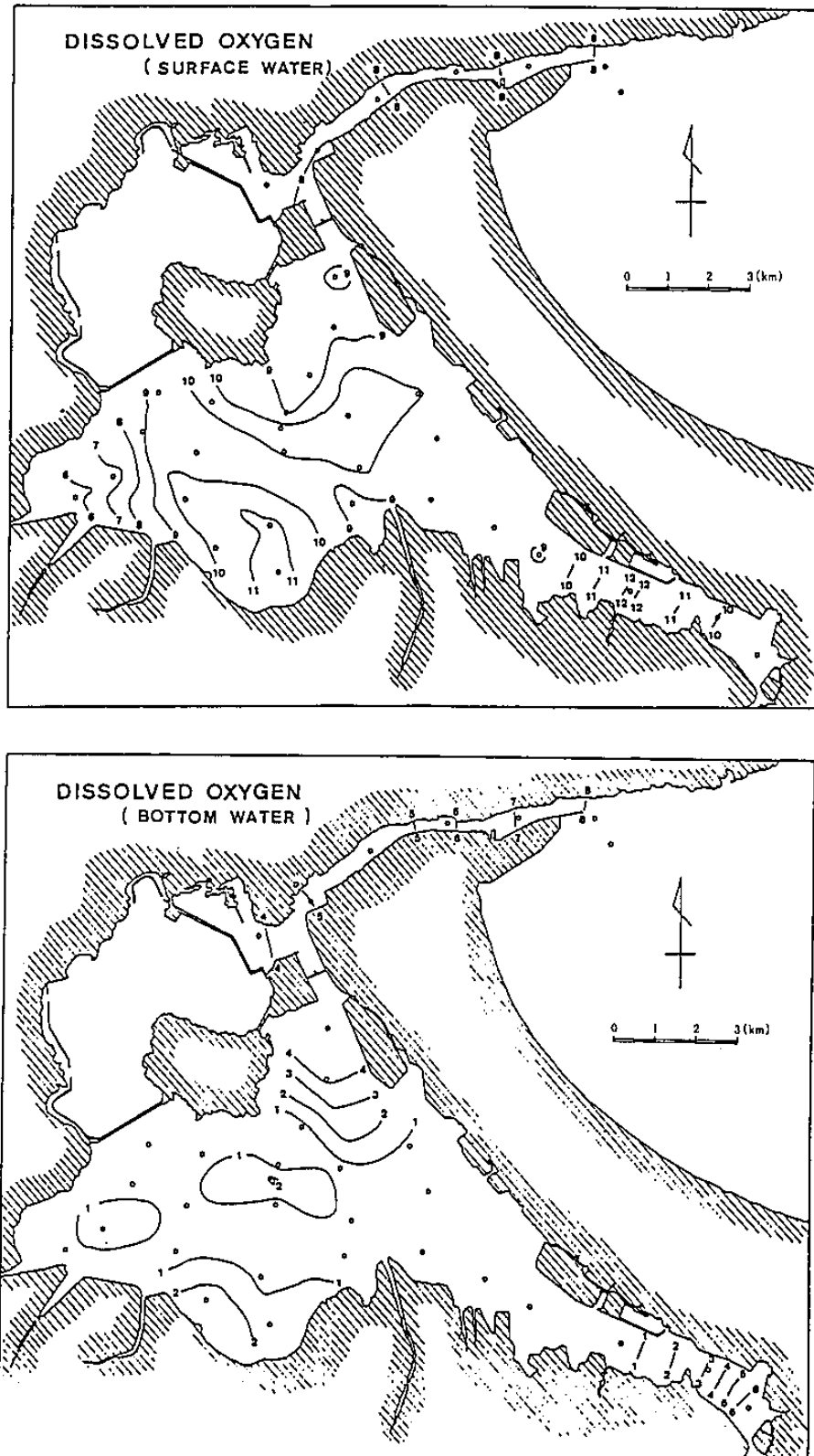
第6図 主測線および副測線における水温，塩分濃度，溶存酸素量およびpHの変化を示す断面図



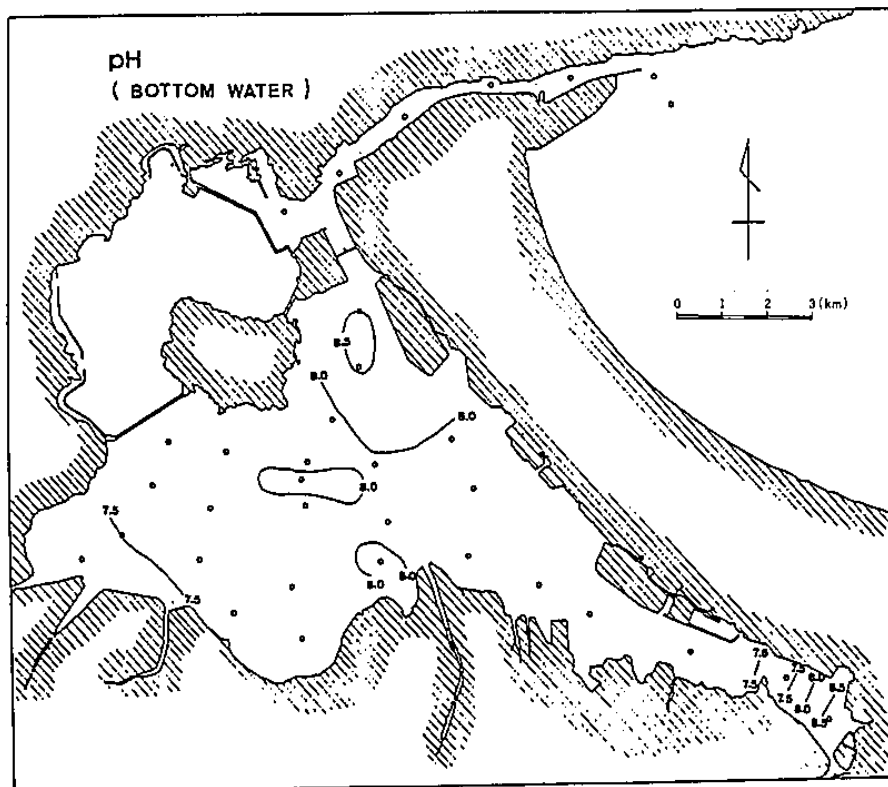
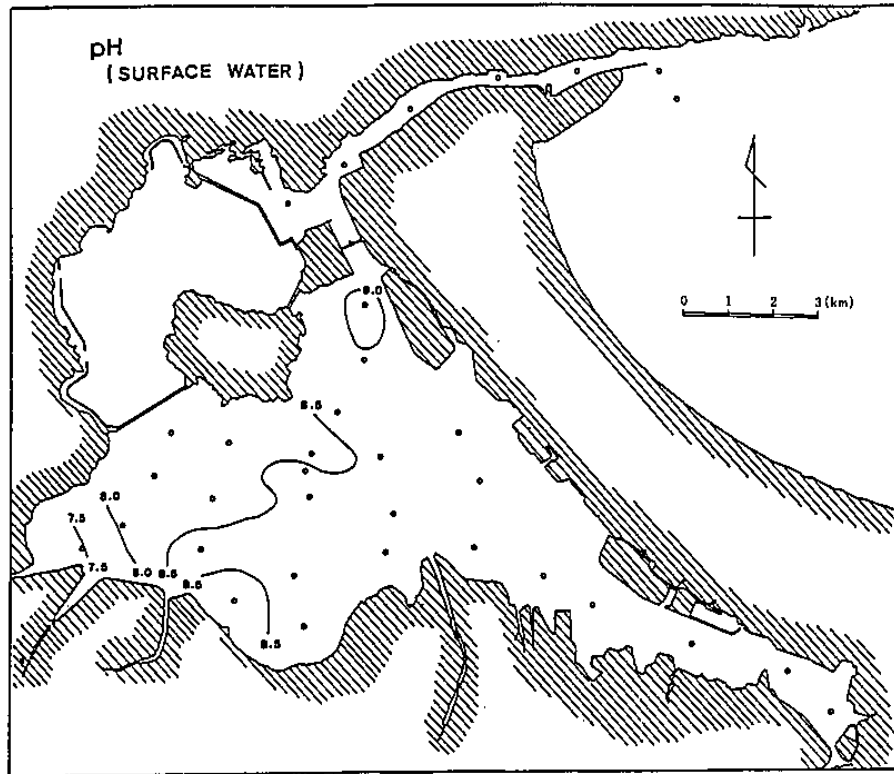
第7図 表層水および底層水における水温の水平的分布



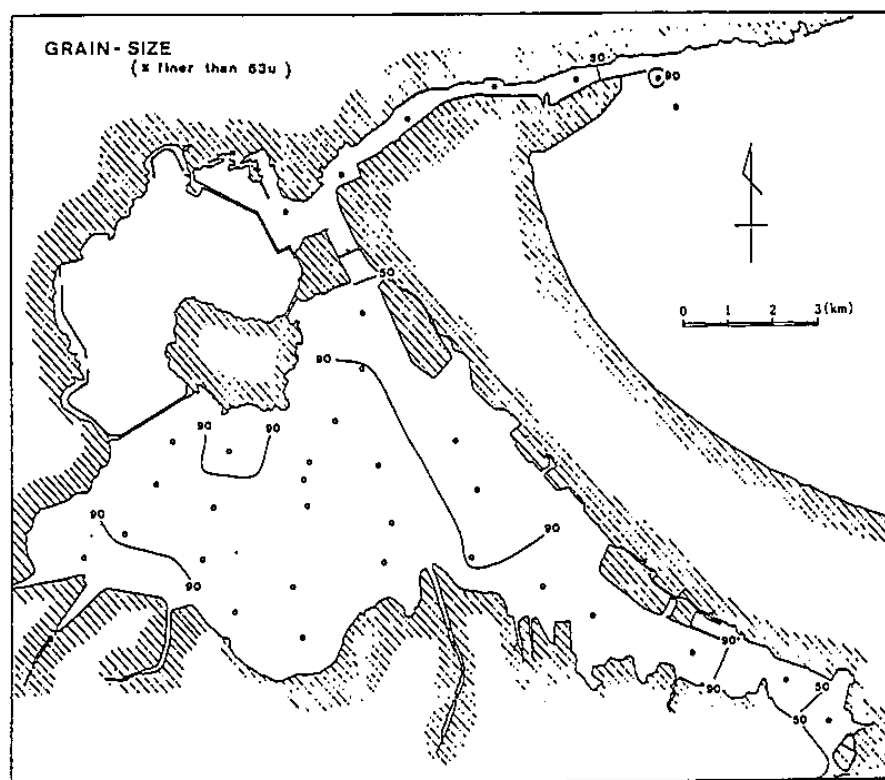
第8図 表層水および底層水における塩分濃度の水平的分布



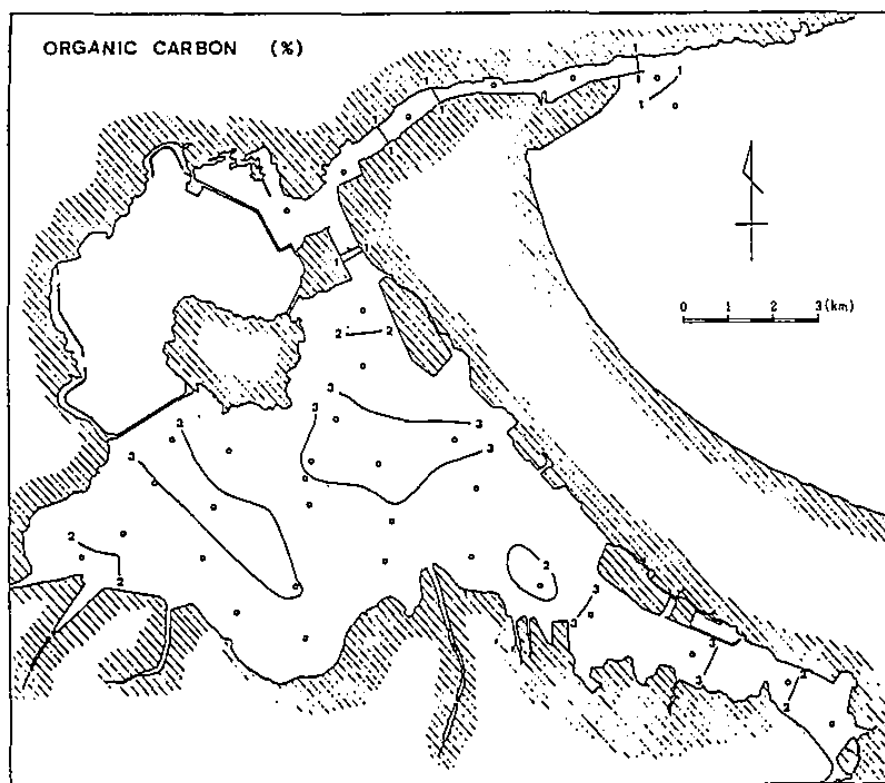
第9図 表層水および底層水における溶存酸素量の水平的分布



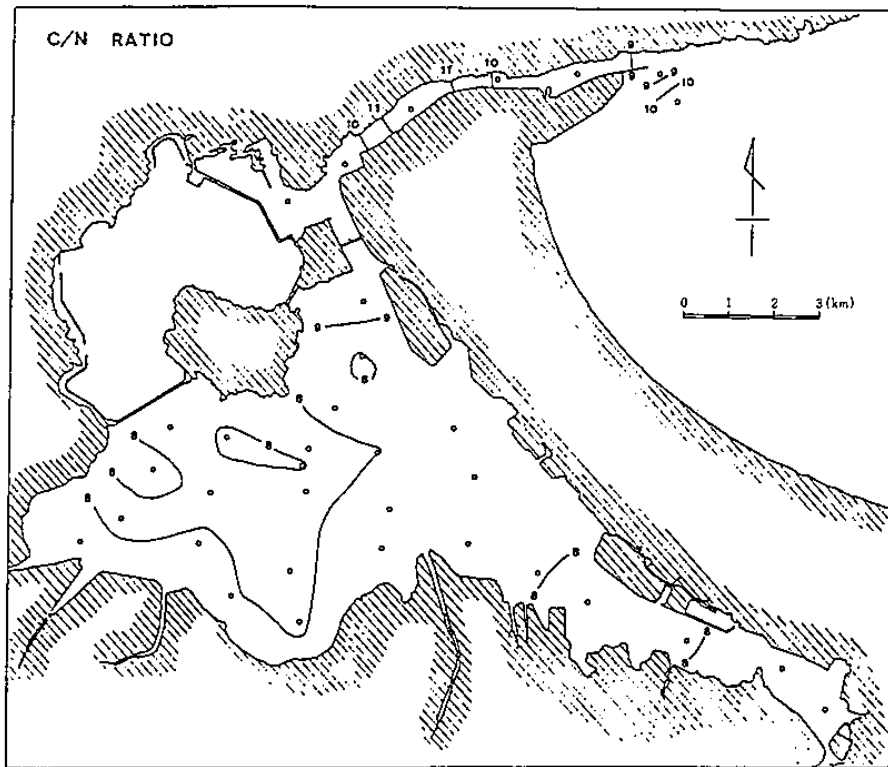
第10図 表層水および底層水における pH の水平的分布



第11図 湖底表層堆積物の含泥率の分布



第12図 湖底表層堆積物の有機炭素量の分布



第13図 湖底表層堆積物の C/N 比の分布

くなり、逆に美保湾に向かうにつれて徐々に高くなっている。溶存酸素量は 6~11 ml/l と変動幅が大きく、特に目立った傾向は認められない。pH は中海中部から境水道、美保湾まで 8.5 前後と一定で、大橋川に向かうにつれて徐々に低くなっている。

底層水の水温は 21~27°C と幅が大きく、中海中心部で 21~23°C と低い。そして、米子湾あるいは境水道に向かうにつれて徐々に高くなっている。塩水濃度は中海では 20~25‰ の範囲にあるが米子湾あるいは大橋川に向かうにつれて低くなり、美保湾に向かうにつれて徐々に高くなる。溶存酸素量は中海ではほとんど 1 ml/l 以下と低く、米子湾、あるいは境水道に向かうにつれて徐々に高くなっている。pH は中海中部において 7.5~8.0 と一定であるが、大橋川付近でやや低く、米子湾付近ではやや高い。そして境水道から美保湾では 8.0~8.5 ではほぼ一定している。

C. 中海の底質環境

それぞれの地点における測定結果を付表 1 および第 11~13 図に示す。

中海の底質 (第 11 図) は一般に泥で、周辺部では砂質泥のところもあり、米子湾では泥質砂である。中海の泥の多くは含泥率 98% 以上のもので、砂礫をほとんど含まない。砂質泥のところでは多少の礫を含むこと

があるが最大でも 3% (重量比) 以下である。礫は多くが円礫である。境水道の底質は含泥率 17~43% の泥質砂であり、多少の礫を含む。礫は円~亜円礫である。美保湾の底質は泥~泥質砂で、雲母片を多く含む。

有機炭素量 (第 12 図) は中海では 3% 前後で、米子湾付近あるいは大橋川河口付近では 2% 以下と低い。境水道と美保湾では 1% 前後で一定している。C/N 比 (第 13 図) は中海では 7.5~8.5 の間に集中し、境水道から美保湾では 9~12 と高くなっている。

IV. 湖底表層堆積物の有孔虫群集

A. 試料と分析方法

前章で述べた方法で採取した湖底表層試料約 200 cc に、重炭酸ソーダで pH 8 程度にしたホルマリン溶液 (水:ホルマリン=95:5) を少量加え、実験室に持ち帰った。それを 200 メッシュのふるいで水洗し、残渣にローズベンガル溶液 (0.5 g/l) を 100 ml 程度加えて 24 時間放置した。その後、200 メッシュのふるいで水洗し、温水を加えて放置するという行程を、温水にローズベンガルがにじみ出なくなるまで行なった。最後に残渣を定温乾燥器で 70°C、24 時間放置して乾燥させ、二分法で個体数が 200~300 個体になるように分割し、そこから全有孔虫を摘出して組成を求めた。

今回とりあつかった試料では、有孔虫殻の多くはローズベンガルで染色されていない遺骸であり、生体は多いところでも3%に満たない。そのため、ここでは遺骸と生体を合わせた総個体数で組成を検討したが、それは遺骸群集としてのとりあつかいとほぼ同じ意味をもつとみてさしつかえない。

B. 有孔虫の分布

各地点における有孔虫の種別産出頻度を第5表に示す。

1) 浮遊性有孔虫

中海から浮遊性有孔虫はほとんど産出せず、まれに産出することがあっても個体数で2%を超えることはない。境水道では多くの地点で産出するが、これも2%を超えない。美保湾ではやや多くなり、2%前後の産出をみる。

産出した浮遊性種は *Globigerina bulloides*, *Globigerina* spp. (2種), *Globigerinoides* sp. であるが、*Globigerinoides* sp. は N-29 と N-26 の2地点からしか産出していない。

2) 底生有孔虫

今回確認した底生有孔虫は173タクサ(このうち同定種85種)で、その多くは境水道から美保湾で産出したものである。中海から産出した有孔虫はその中のわずか40種で、しかも、*Ammonia beccarii* forma 1, *Trochammina hadai*, *Cribrostomoides canariensis* および Foram. X としたものの4種が、優占して分布

するのが特徴である。これら4種は、次に示すようにそれぞれ固有の分布域をもっている。

Ammonia beccarii forma 1 は中海の東部、南部の周辺域あるいは米子港付近で大きな割合を占め、ところによっては90%を超える。そして、中海中心部あるいは東部に向かうにつれて減少する(第14図)。

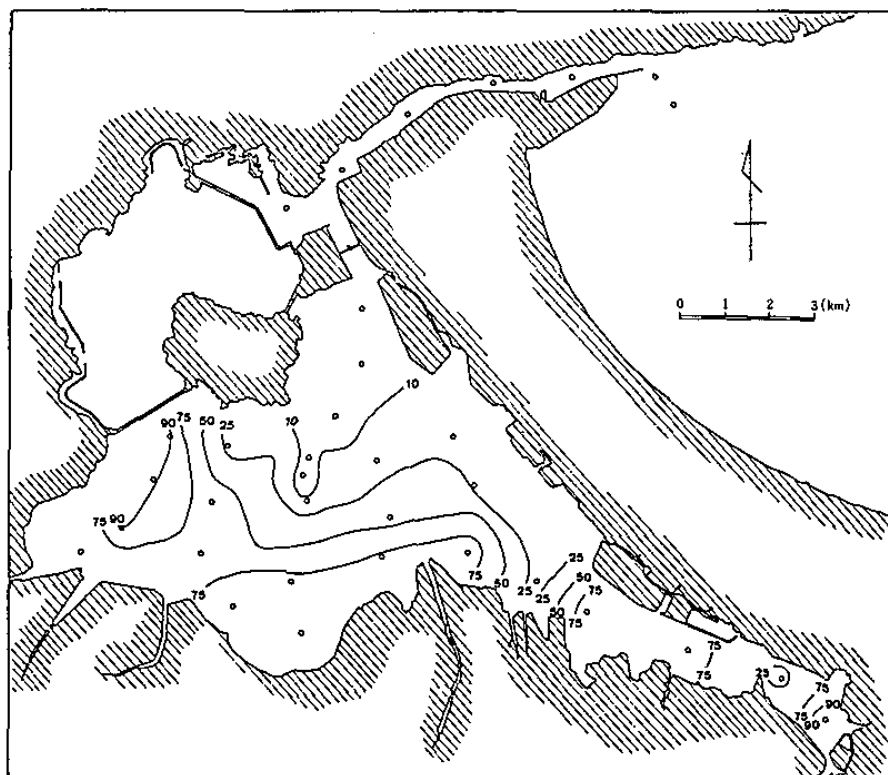
Trochammina hadai はこれとは逆に、中海中心部あるいは東部で大きな割合を占め、西部から南部、あるいは米子港に向かって減少する(第15図)。

Cribrostomoides canariensis は大橋川河口あるいは米子湾付近しか産出しないが、とくに大橋川河口付近では30%を超え、比較的大きな割合を占めるのが特徴である。(第16図)。

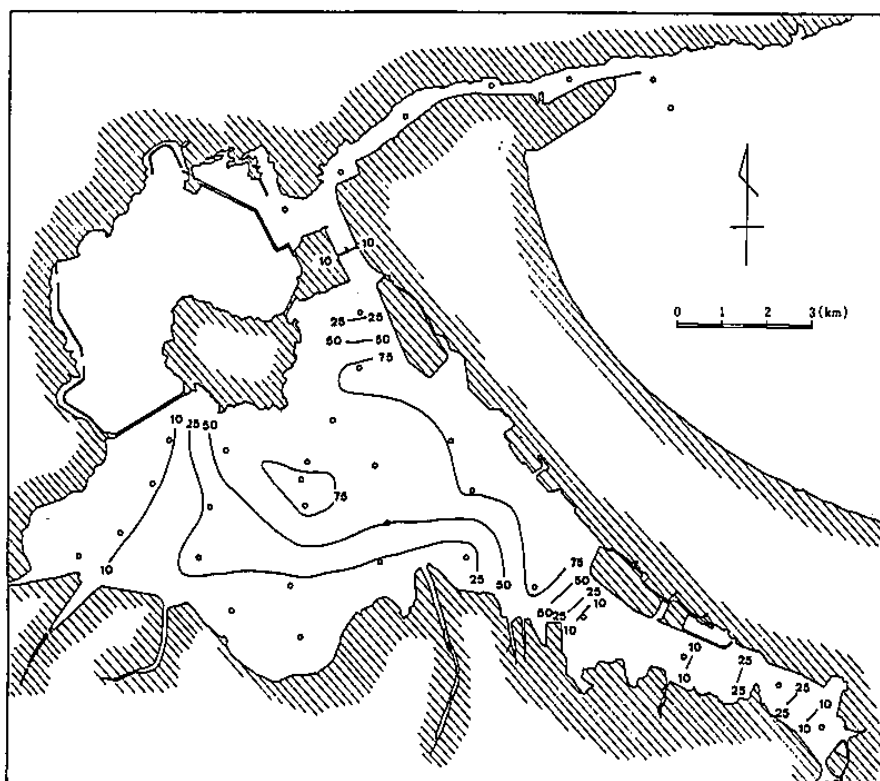
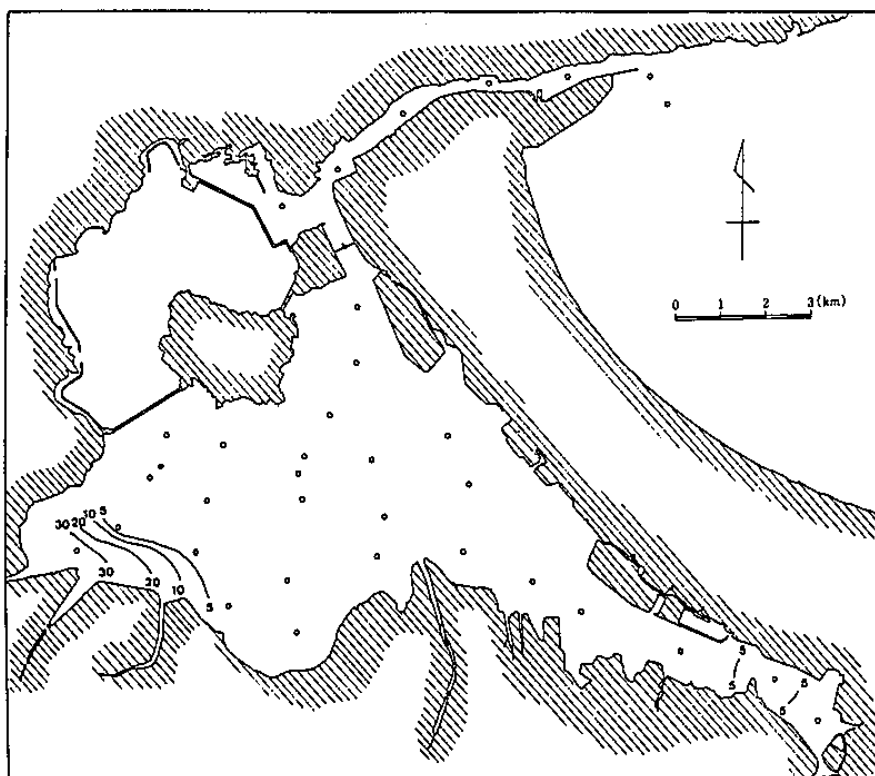
Foram. X としたものはラグビーボール状をした所属不明の殻体であるが、これは大根島南方(N-12)を中心に分布し、中海周辺部に向かって徐々に減少する(第17図)。

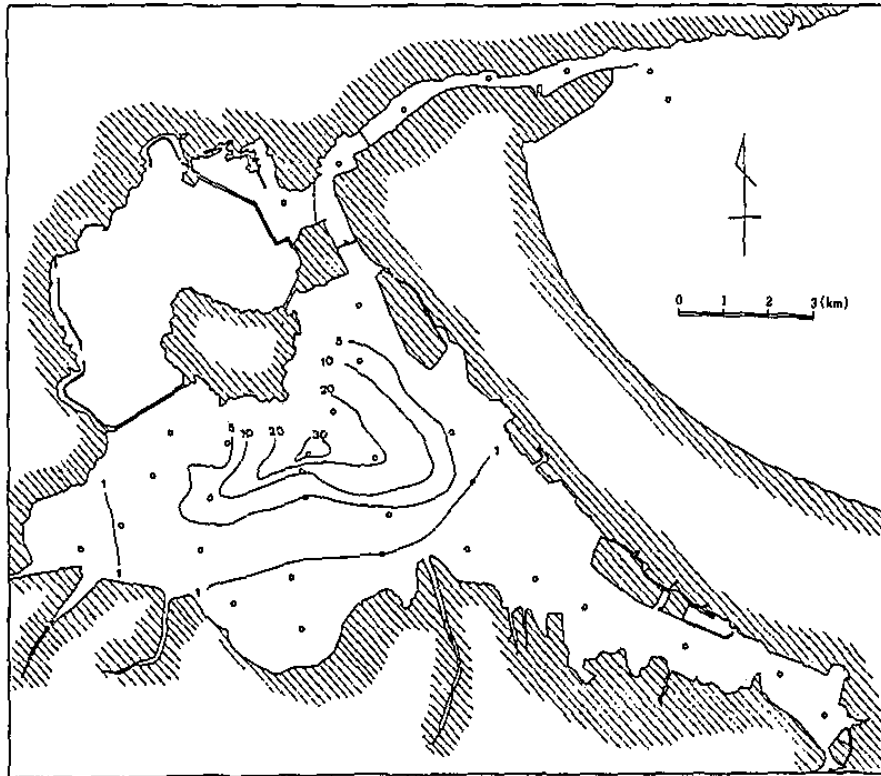
これら4種の他に、とくに中海北部では *Buccella frigida*, *Elphidium* cf. *subarcticum* などが階判するが、最大でも5%前後である。

境水道で産出した種は100種を超え、多様性に富む。しかし、どの地点にも共通して多数産出する種は少なく、*Quinqueloculina seminula*, *Ammonia beccarii* forma 3, *Ammonia tepida*, *Elphidium crispum*, *Pararotalia nipponica*, *Pseudonion japonicum* など

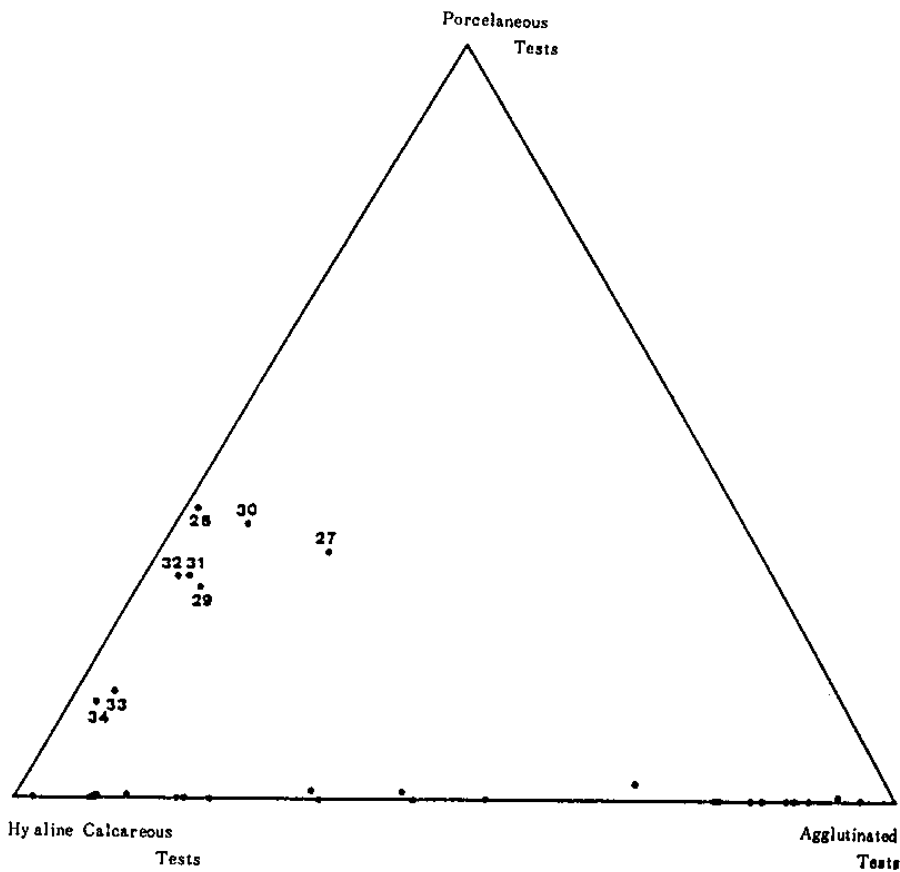


第14図 *Ammonia beccarii* forma 1 の分布

第15図 *Trochammina hadai* の分布第16図 *Cribrostomoides canariensis* の分布



第17図 Foram. X の分布



第18図 膠着質殻, 磁器質殻, ガラス状石灰質殻を端成分とした殻質比率を示す三角ダイヤグラム

である。この中で *Pararotalia ripponica* は 10~22% を占めるが、他は 3~6% 程度である。この他に地点によって比較的大きな割合を占めるものに *Quinqueloculina vulgaris* (N-28, 30), *Quinqueloculina* sp. 3 (N-30), *Spiroloculina acescata* (N-29, 32), *Elphidium kuriroense* (N-28), *Elphidium matsukawauraense* (N-30) などがある。

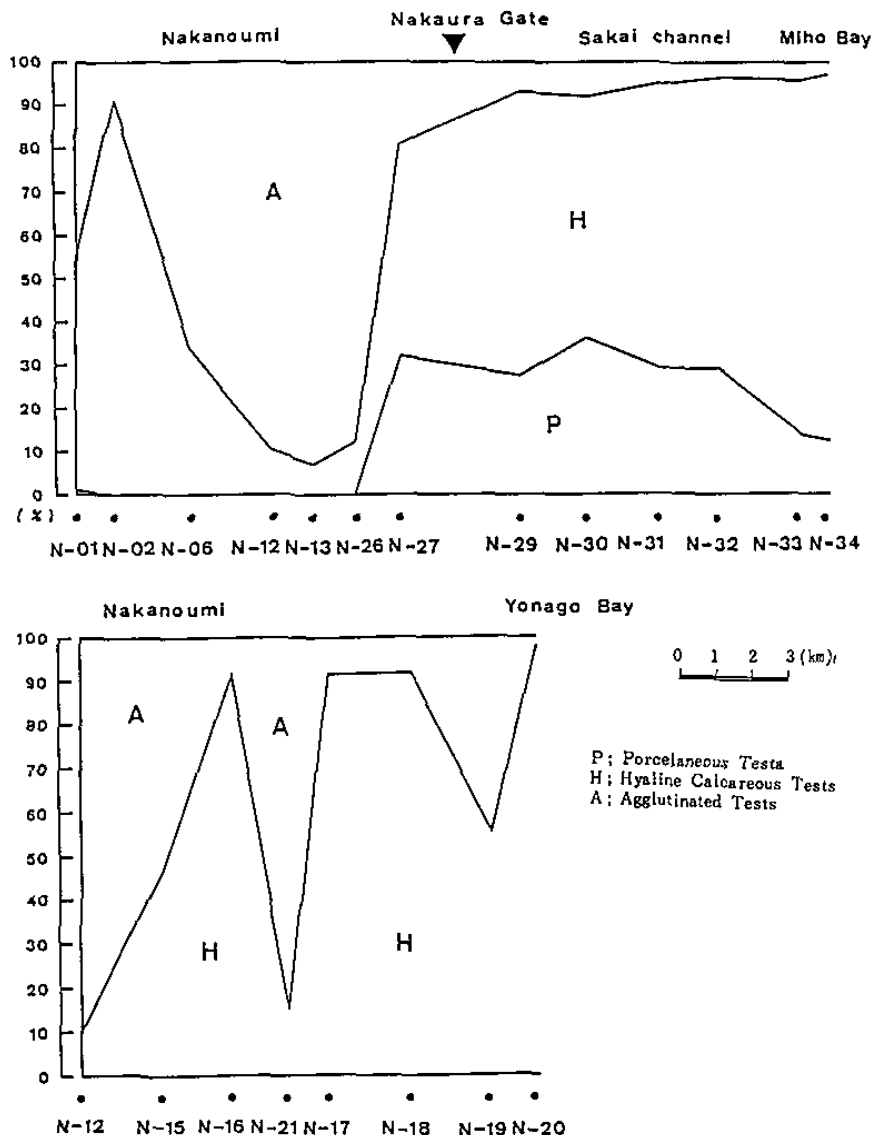
美保湾では *Elphidium excavatum lidoensis*, *Elphidium somaense*, *Nonionellina labradorica* の 3 種が大きな割合を占め、合わせて全体の 40% 以上となる。他に比較的大きな割合で随伴するものに *Ammonia* cf. *japonica*, *Ammonia tepida*, *Pseudononion japonicum* などがある。

3) 底生有孔虫の殻質比率の分布

底生有孔虫は殻構造の違いにより、膠着質殻、磁器質殻、ガラス状石灰質殻に分けられている。各地点で

産出した有孔虫種をこの 3 つのグループに分け、それらの産出頻度をもとに三角ダイアグラムにプロットしてみた (第 18 図)。これから明らかなように、ガラス状石灰質殻種で占められる場合と膠着質殻種で占められる場合が多い。そして、磁器質殻種を多く含む所では膠着質殻種をほとんど含まない。

それらの殻質の割合の変化を前章で述べた主測線と副測線 (第 6 図を参照) について追跡してみた (第 19 図)。大橋川河口付近と米子湾付近で優勢なガラス状石灰質殻種は境水道に向かうにつれて減少し、膠着質殻種が優勢となる。境水道に入ると膠着質殻種は激減し、磁器質殻種が出現してそれが比較的高い割合を占める。そして再びガラス状石灰質殻種が優勢となる。美保湾に入ると磁器質殻種もやや減少し、ガラス状石灰質殻種が大きな割合を占めるようになる。



第19図 主測線・副測線 (第 6 図参照) に沿う有孔虫の殻質の違いによる分布状況

V. 湖底表層堆積物中の珪藻群集

A. 試料と分析方法

有孔虫の場合と同様に、III章で述べた方法で採取した湖底表層試料を用いて、珪藻群集の解析を行なった。まだ作業の途中であるが、主要珪藻種の分布などについて一応の結果が得られたので予報的に述べることにする。

試料は計量の後、過酸化水素水を加えて煮沸し、粒子の分散と有機物の分解を行なった。さらに、沈降法によってシルト分のみを分離し適当に希釈してから、

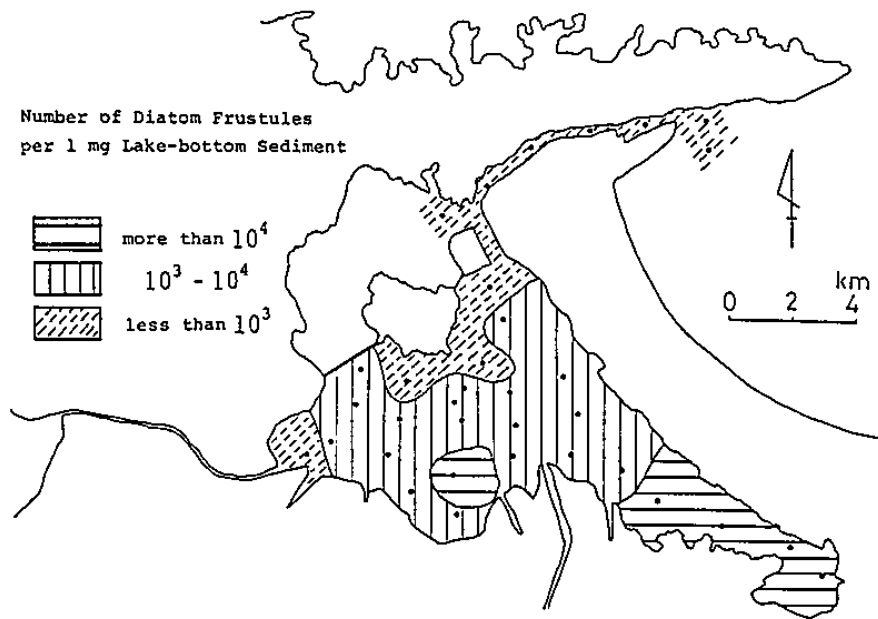
封入剤「マウントメディア」を用いてスライドグラスに封入した。

検鏡は光学顕微鏡（1000倍）を用いた。今回は予察的な結果を得るのが目的であったため、各試料ごとに100個の珪藻殻の同定を行なった。

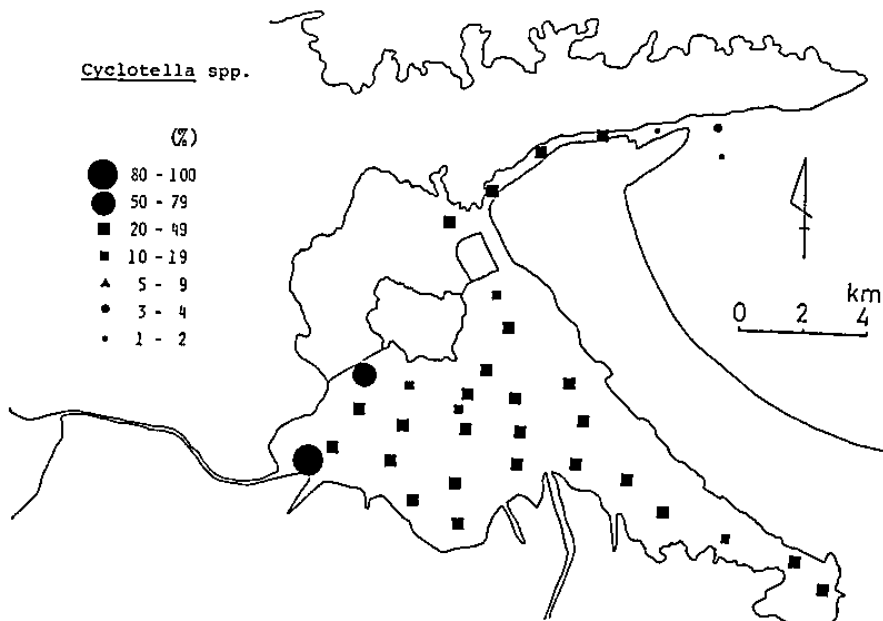
B. 湖底表層堆積物中に含まれる珪藻殻数

各試料ごとの重量とその希釈率、検鏡した珪藻殻数、および検鏡面積にもとづき、試料1mg（乾重量）に含まれる珪藻殻数を概算した（第20図）。

全体的に見て、中海では底質表層堆積物中に多くの珪藻殻が含まれている。なかでも米子湾では特に多く、



第20図 湖底表層堆積物中の珪藻殻数の分布



第21図 *Cyclotella* spp. の分布

試料1mg(乾重量)あたり 10^4 個を越している。これは、米子湾の富栄養化による植物プランクトンの増加と関連した現象かも知れない。一方、西端部の大橋川河口付近および北部の大根島周辺から境水道にかけての地域では、珪藻殻数が減少している。これは、湖底が砂質になり、珪藻殻が堆積し難くなったためと推定される。

C. 主要珪藻種の分布

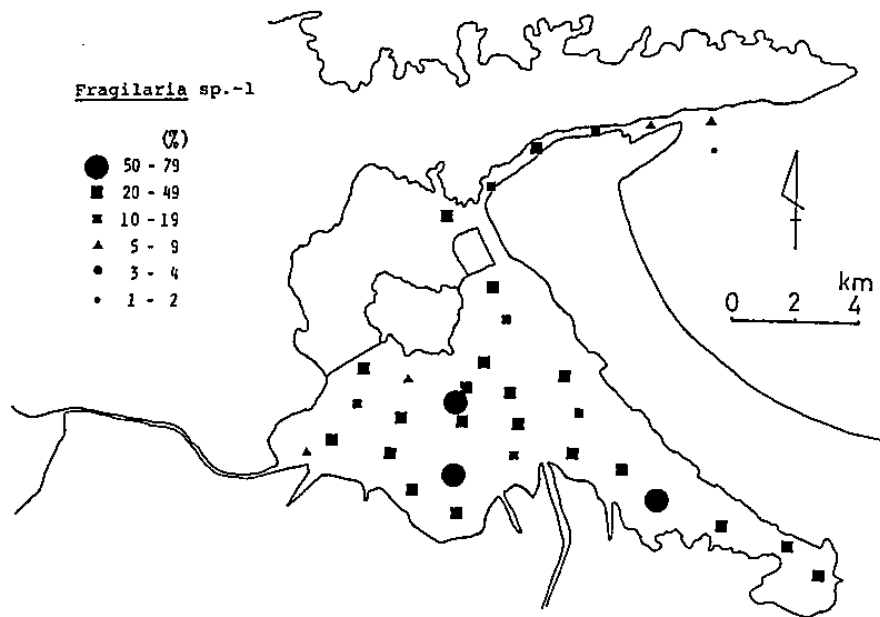
Cyclotella spp. (第21図): 宍道湖の湖底表層試料においては*Cyclotella*属の珪藻(ほとんどが*Cyclotella caspia*に同定される)が優占的に出現し、ほとんどの地点で珪藻殻総数の50%以上を占めた(鹿島, 1985),

中海においても、この*Cyclotella*属が出現したが50%を占めたのは西部の2地点のみであり、他の地点では10~40%を占めるにすぎなかった。

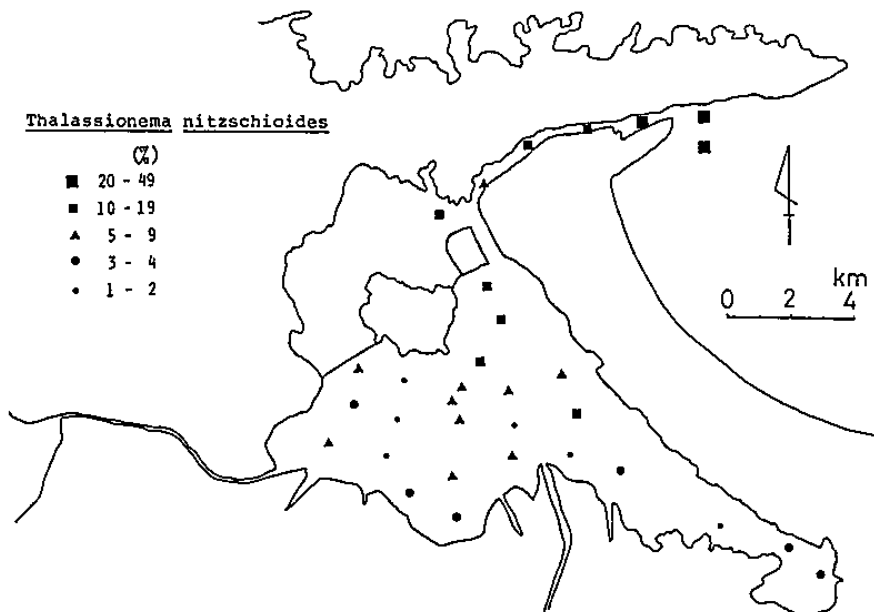
Fragilaria sp. 1 (第22図): 中海全体で多く出現し、とくに湖中央部付近では50%以上を占める地点もみられた。この種は宍道湖の試料からは全く観察されていなかった。種名については現在検討中である。

Thalassionema nitzschioides (第23図): 中海全域に分布するが、とくに境水道東部で多く出現した。

Paralia sulcata (第24図): 境水道から美保湾にかけてわずかに出現し、他の地点ではほとんど出現しな



第22図 *Fragilaria* sp. 1の分布



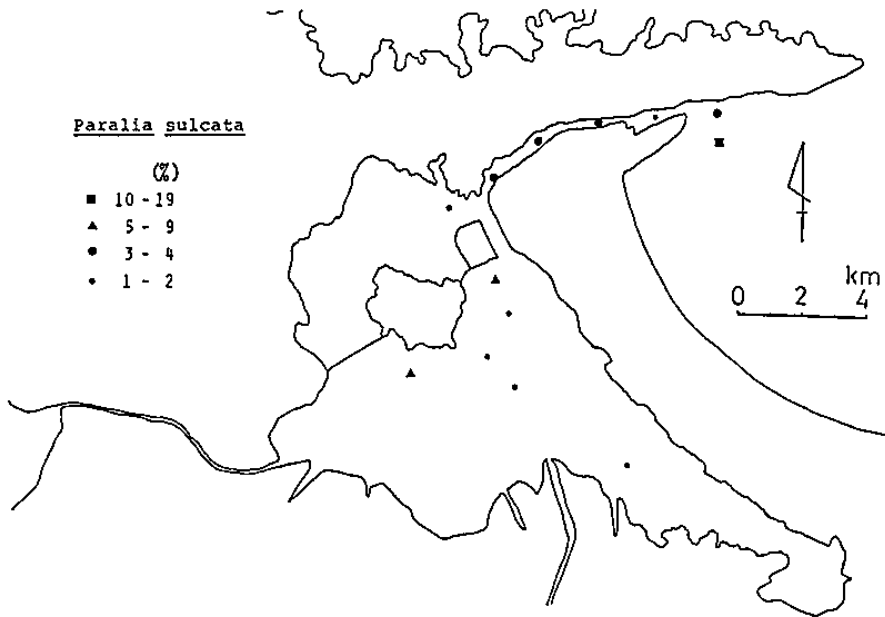
第23図 *Thalassionema nitzschioides*の分布

った。この *P. sulcata* と前述の *T. nitzschioides* は共に沖積層から化石として多く観察され、これまでは内湾環境を指標する珪藻種とされる場合が多かった（鹿島 1986）。この2種が中海においてあまり多く出現しない点については、今後検討を加えていく必要がある。

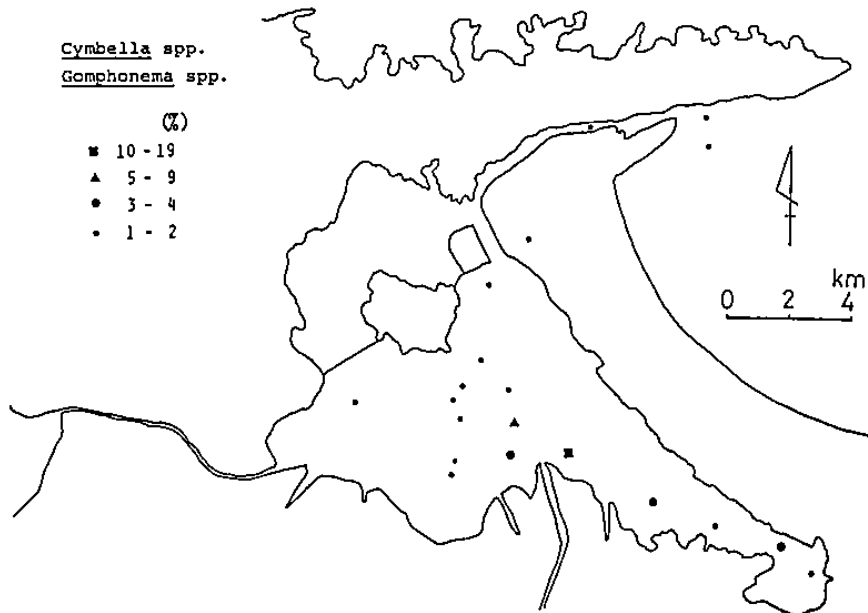
Cymbella spp., *Gomphonema* spp. (第25図): 飯梨川河口付近と米子湾奥部を中心に出現した。これらは淡水域にのみ生息する珪藻種であり、河口などから流されてきた珪藻殻の堆積過程を考える際に指標とすることができる。

VI. ま と め

1. 1986年7月および11月に採取した中海の柱状試料について、 ^{210}Pb 法、 ^{137}Cs 法および ^{14}C 法による年代的検討を行なった。 ^{210}Pb 法によって求めた湖心部における堆積速度は $0.045\text{ g/cm}^2/\text{y}$ 前後で、大橋川や飯梨川の河口付近ではこれよりやや大きく、米子湾奥で $0.077\text{ g/cm}^2/\text{y}$ と最も大きな値を示した。宍道湖の場合と比較すると、中海の堆積速度は、その $1/2\sim 1/3$ と見積られた。これらの値は ^{137}Cs 法および ^{14}C 法によってもチェックされた。その結果、過去1000年余りの間、



第24図 *Paralia sulcata* の分布



第25図 *Cymbella* spp., *Gomphonema* spp. の分布

堆積速度にあまり大きな変化はなかった、と結論された。これにより、中海の湖底堆積物にも直接年代の目盛りを打つことが可能となり、今後、環境変遷史を編む上で重要な資料が提供された。

2. 1986年7月17~20日に行なった中海から境水道を経て美保湾に至る34地点の水質、および底質の環境調査結果について報告した。測定項目は、水質については水温、塩分濃度、溶存酸素量、pHであり、各地点でそれぞれ層別に測定し、その分布を立体的にとらえた。汽水の潟湖の水質環境は日々刻々と変化することが知られているが、今回の結果は中海の夏期の環境特性を概ね表現しているものと考えられる。底質については含泥率、有機炭素量、C/N比について調べた。これらの結果は、干拓・淡水化事業が進行する以前の資料と比較して、その間の環境変化を検討したり、生物群集の分布特性を検討したりする際の基礎資料となりうるだろう。

3. 上記34地点で採取した湖底表層堆積物中の有孔虫群集を検討し、主要な種の分布をみた。中海では産出種数が少ないが、*Ammonia beccarii* forma 1, *Trochammina hadai*, *Cribrostomoides canariensis* および Foram. Xとしたものの4種が、それぞれ固有の分布域をもって優占する。境水道と美保湾では種数が急増し、多様性が大となる。殻質に注目すると、ガラス状石灰質殻種は中海では大橋川河口付近と米子湾付近で優占し、美保湾でも優占する。膠着質殻種は上記以外で中海で優占し、境水道で激減する。磁器質殻種は境水道で比較的高い割合を占める。

4. 珪藻についても、同じ試料を用いて分析し、主要な種の分布を予察的に検討した。中海では *Cyclotella* spp. と *Fragilaria* sp. 1が優占的に分布し、淡水の流入の影響が強いと考えられる地点では *Cymbella* spp. や *Gomphonema* spp. が出現した。 *Thalassionema nitzschioides* は境水道東部で多く出現し、 *Paralia sulcata* は境水道から美保湾にかけて分布が見られた。

有孔虫や珪藻等についても、干拓・淡水化事業が進行する以前の資料が、未公開のものも含めるとかなり蓄積されている。それらを整理し、今回の結果と比較、検討していくことが、今後の課題となろう。

文 献

- 鹿島 薫 (1985) 宍道湖底質中の珪藻群集と古環境解析への応用 (演旨). 地形, 6, 169-170.
- (1986) 沖積層中の珪藻遺骸群集の推移と完新世の古環境変遷. 地理学評論, 59 (Ser. A), 383-403.
- MATSUMOTO, E. (1981) Sedimentation rates in several lakes of Japan measured with ^{210}Pb method. *Verh. Int. Verein. Limnol.*, 21, 603-608.
- (1987) Pb-210 geochronology of sediments. *Studies of the San'in Region (Natural Environment)*, 3, 187-194.
- 三梨 昂・後藤慎二・大西郁夫・瀬戸浩二・高安克己・徳岡隆夫・安間 恵・松岡弘和・中原昌樹・井内美郎 (1987) 中海湖底地形と堆積層 (続報). 山陰地域研究 (自然環境), 3, 167-174.
- 中海・宍道湖自然史研究会 (1982) 中海・宍道湖の自然史研究——その1. 予察の柱状採泥について. 島根大地質学研報, 1, 29-46.
- (1983) 中海・宍道湖の自然史研究——その2. 宍道湖の底質・底層水および底生生物. 島根大地質学研報, 2, 79-89.
- ・木下泰正・井内美郎 (1984) 中海・宍道湖の自然史研究——その3. サイドスキャンソナーとアトラスデソ 20 による宍道湖底の音波探査. 島根大地質学研報, 3, 167-170.
- (1985) 中海・宍道湖の自然史研究——その4. アトラスデソ 20 による宍道湖底の音波探査. 付宍道湖底状況図の作成. 島根大地質学研報, 4, 127-132.
- ・松本英二・井内美郎・水野篤行 (1986) 中海・宍道湖の自然史研究——その5. 宍道湖における1985年度柱状採泥. 島根大地質学研報, 5, 11-18.
- OHTAKE, H., SEIKE, Y., TAKEDA, A., KONDO, K. and DATE, Y. (1982) A quantitative analysis of phosphorus cycle in the shallow brackish lake Nakanoumi, Japan. *Arch. Hydrobiol.*, 94, 286-301.
- 玉井英典 (1985 MS) 宍道湖底堆積層の年代測定. 島根大学理学部地質学教室卒業論文, 第315号.

NU86-6

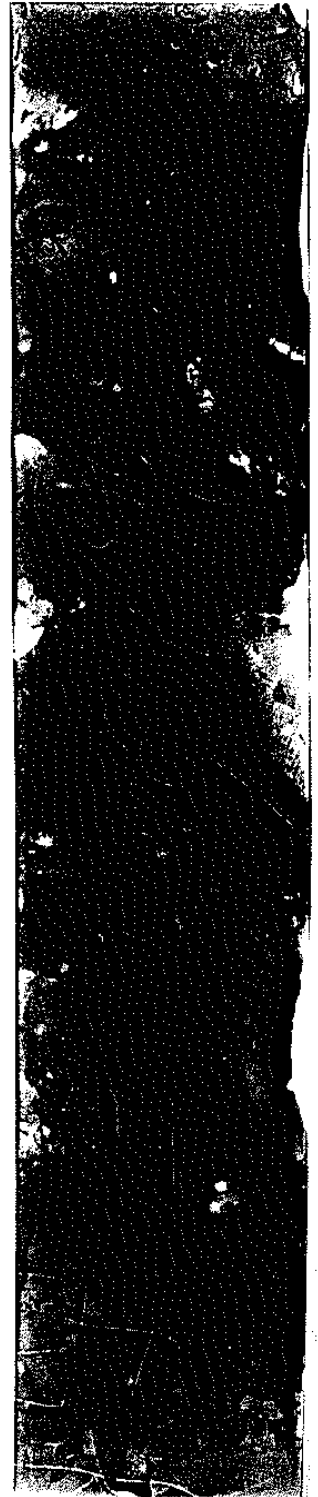
(cm)

0-25

25-50

50-75

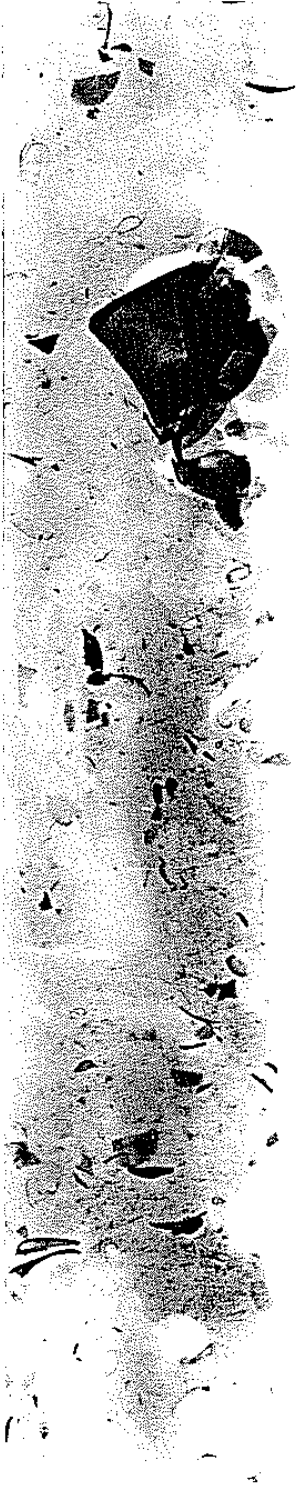
75-100



NU86-6

(cm)

100-125



125-150



150-177.5

