

# 日本沿岸海域の海水と浮遊懸濁物の 水銀レベル<sup>※1</sup>

武田 道夫 · 鶴田 新生<sup>※2</sup>  
片岡 昭吉<sup>※3</sup> · 武田 靖昭<sup>※3</sup>

Mercury Level of Seawater and Suspended Matter of the Region  
around Japan

Michio TAKEDA, Arao TSURUTA, Akiyoshi KATAOKA  
and Yasuaki TAKEDA

Mercury of seawater and suspended matter sampled from the region around Japan was determined by flameless atomic absorption spectrophotometry in August, 1983. Before being determined, mercury of seawater sampled was concentrated with activated carbon. The mean mercury level of seawater was  $2.2 \text{ ng l}^{-1}$  for 25 stations. The mean dry weight of suspended matter was  $1.9 \text{ mg l}^{-1}$  and mean mercury content of suspended matter was  $0.73 \mu\text{g g}^{-1}$ . Average seawater burden of mercury (the sum of the mercury content of seawater and suspended matter) was about  $3 \text{ ng l}^{-1}$  in agreement with the level of the Indian Ocean and the China Sea in the preceding paper.

## 1. 緒 言

海水の水銀負荷量は海洋生物中に蓄積される水銀のバックグラウンドとして関心が持たれ、調査研究の対象になっている。しかし、海水中の水銀レベルは $10^{-12}$ の超微量であるために、まだデータの集積が必要と考えられている<sup>1)</sup>。先に著者らはインド洋、シナ海およびマラッカ海峡の海水と浮遊懸濁物の水銀量に関する調査結果を報告した<sup>2)</sup>。今回は1983年8月、水産大学校練習船耕洋丸の日本一周航海中に、沿岸海域の海水と浮遊懸濁物の水銀量について調査し、前報<sup>2)</sup>と比較した結果を報告する。

---

※1 昭和59年5月26日、日本水産学会中国・四国支部5月例会（於高知大学農学部）にて発表

※2 水産大学校増殖学科

※3 水産大学校練習船耕洋丸

## 2. 実験方法

### 2・1 試料海水とその水銀分析法

1983年7月29日より9月5日の間に27か所で表面海水をプラスチック製バケツで採取した。その採水位置を寄航港と共にFig. 1に示した。

試料海水は直ちに船上でミリポアメンブレンフィルターHAで浮遊懸濁物（以下SSと略す）を除き、以下、前報の活性炭濃縮法<sup>2)</sup>により海水中の水銀を捕集した。その水銀量は日本インスツルメント(株)・水銀分析計（マーキュリーSP）により求めた。

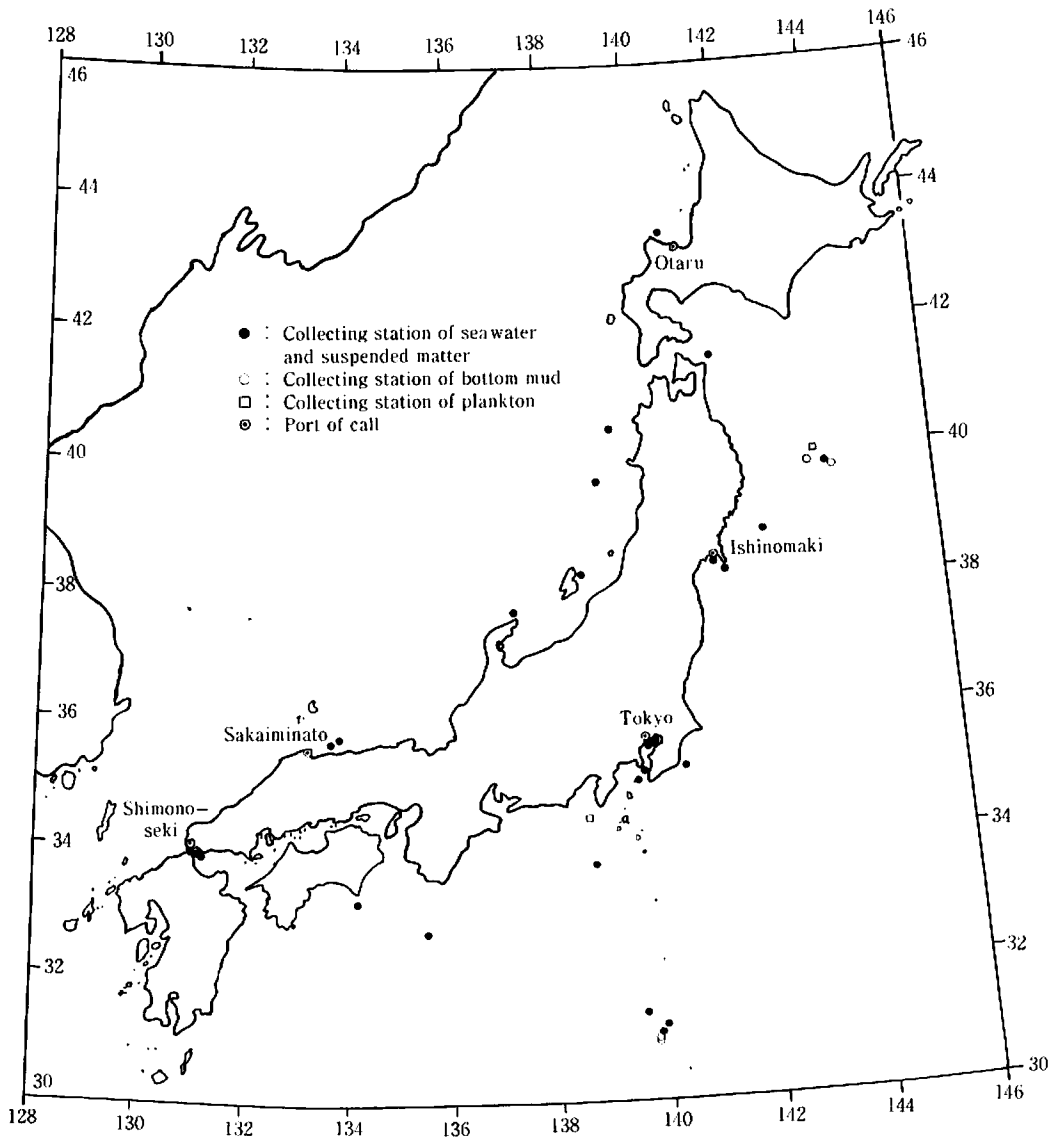


Fig. 1. Location of sampling for seawater, suspended matter, bottom mud, and plankton

## 2・2 SS量とその水銀量

重量既知のヌクレオメンブレンフィルター（孔径 $0.4\mu\text{m}$ 、直径 $47\text{mm}$ ）によりSSを捕集し、凍結保蔵した試料を帰校後、凍結乾燥してSS量を求めた。また、引き続きその水銀量を前報通り水銀分析計により求めた<sup>2)</sup>。

## 2・3 海水の塩分とpH

試料海水のpHは採水直後、東海電子機製pHメータTD-20LSにより、また塩分は船上に常設してあるPLESSERY自動分析計により求めた。

## 2・4 SSの構成生物種の検索

ミリポアメンブレンフィルターHAにより捕集したSSを、3%炭酸アンモニウム溶液で洗浄した後、5%ホルマリン溶液で固定した。試料SSはフィルターと共にプラスチック製ペトリ皿に収容し、冷蔵して持ち帰り、その生物種組成を検索した。

## 3. 結果と考察

### 3・1 海水の水銀量

試料海水の水温、pH、および塩分の測定結果はTable 1に示した。これらの測定値間の一次回帰式についての相関関係を検討したが、いずれも有意の関係は認められなかった。

Table 1. Averages of temperature, salinity, and pH of seawater sampled

	n	Range	Mean	SD	CV (%)
Temperature(°C)	27	20.1 - 31.2	26.5	3.03	11.4
Salinity(‰)	27	20.24 - 34.51	32.67	2.87	8.8
pH	27	7.82 - 8.49	8.28	0.19	2.2

n : Number of sample. SD : standard deviation. CV : coefficient of variation.

試料海水の水銀分析結果をTable 2に示した。日本沿岸海水19試料の平均水銀量は $1.9\text{ ng l}^{-1}$ であるのに対し、下関、石巻、および小樽の寄航港のそれは $3.2\text{ ng l}^{-1}$ で高い値を示した。なお、インド洋等に関する前報<sup>2)</sup>では、外洋の平均海水水銀量が1980年度2.4、1982年度 $2.1\text{ ng l}^{-1}$ であった。

Table 2. Mean mercury concentration( $\text{ng l}^{-1}$ ) of seawater

Region	n	Range	Mean	SD	CV (%)
Whole region	19	0.2-6.2	1.9	1.4	77.2
Port of call*	5	1.0-5.8	3.2	2.0	61.2

n : Number of sample. SD : standard deviation. CV : coefficient of variation.

\*: Shimonoseki, Ishinomaki, and Sakaiminato.

海水水銀量と海水のpH、塩分、水温、およびSS量（後記）との間の相関について検討しTable 3の結果を得た。いずれの因子も海水水銀量との相関は有意でない。

**Table 3.** Correlation of mercury concentration of seawater to pH, salinity, temperature, and weight of SS  
Regression equation :  $y = ax + b$

x	y	n	$r_s$
pH	mercury concentration of seawater	25	-0.1704
Salinity	〃	25	-0.1187
Temperature	〃	25	-0.0394
Weight of SS	〃	25	0.2166

$r_s$  : Correlation coefficient.

n : Number of sample.

### 3・2 SS量とその水銀量

SS量とその水銀分析結果は Table 4 に示すとおりである。これらの値を前報のインド洋等についての結果と比較すると、平均 SS量は今回の値が約 2 倍近く高く、平均水銀量は逆に約 1/5 近く低い。今回の調査期間中に長期かつ広域にわたる台風に遭遇し、河川水の流入が大きく、それらの影響があったのかも知れない。

**Table 4.** Mean weight and mean mercury content of SS

	n	Range	Mean	SD	CV(%)
Weight(mg l <sup>-1</sup> )*	25	0.34-11.68	1.95	2.68	137.0
Mercury(μg g <sup>-1</sup> )*	25	0.25- 1.96	0.73	0.37	50.8

n : Number of sample. SD : standard deviation. CV : coefficient of variation.

\*: Dry weight.

SS量と試料海水の pH、塩分、および水温との間の相関を検討した結果を Table 5 に示した。表より明らかなように、SS量と塩分との間に 1 %水準の高い負相関が認められているが、それ以外の因子との相関は有意でない。この結果は、前報のインド洋等に関する結果と同じである。

**Table 5.** Correlation of weight of SS to pH, salinity, and temperature of seawater  
Regression equation :  $y = ax + b$

x	y	n	$r_s$
pH	weight of SS	25	-0.3107
Salinity	〃	25	-0.8270**
Temperature	〃	25	-0.0308

$r_s$  : Correlation coefficient.

n : Number of sample.

\*\* : Significant,  $P = 0.01$ .

SS水銀量と pH、塩分、水温、SS量および海水水銀量との間の相関について Table 6 の結果を得た。すなわち、SS水銀量はSS量との間のみ 1 %水準の負相関が有意で、それ以外の因子との間の相関は有意でない。前報では海水とSSの水銀量に対して、海水の pH が有意の相関関係を持っていたが、今回の日本沿岸の調査結果では、いずれも有意でない。

**Table 6.** Correlation of mercury content of SS to pH, salinity, temperature, weight of SS, and mercury concentration of seawater  
Regression equation :  $y = ax + b$

x	y	n	$r_s$
pH	mercury content of SS	25	-0.0163
Salinity	〃	25	0.2180
Temperature	〃	25	0.0873
Weight of SS	(mercury content of SS) <sup>-1</sup>	25	0.4911**
Mercury concentration of seawater	mercury content of SS	25	0.2918

$r_s$  : Correlation coefficient.

n : Number of sample.

\*\* : Significant,  $P = 0.01$ .

いことが特徴と言える。

### 3・3 海水の水銀負荷量

SS量とその水銀量から海水 1 l 当たりのSSによる水銀負荷量（不透過性水銀負荷量）を計算し、その値と海水水銀量（透過性水銀負荷量）との和を海水の全水銀負荷量とした。これらの計算結果を Table 7 に示した。すなわち、海水の全水銀負荷量の平均値は  $3.3 \text{ ng l}^{-1}$  で、インド洋等に対する前報の値  $3.1 \text{ ng l}^{-1}$  とほぼ等しい。海域の諸条件により、海水中の各水銀形態間の相互関係は変化するであろうが、全水銀負荷量の海域差は無いと考えられる。

Table 7. Seawater burden of mercury and concentration factor for mercury of SS

	n	Range	Mean	SD	CV(%)
Permeable mercury( $\text{ng l}^{-1}$ )*1	23	0.2 - 6.2	2.1	1.61	76.6
Impermeable mercury( $\text{ng l}^{-1}$ )*2	23	0.2 - 4.5	1.2	1.20	99.5
Total mercury burden( $\text{ng l}^{-1}$ )*3	23	0.6 - 11.0	3.3	2.39	72.1
Concentration factor ( $\times 10^5$ )*4	23	0.2 - 19.6	1.6	3.9	239.9

\*1: Same as the mercury concentration of seawater.

\*2: Contribution by SS to total mercury burden of seawater.

\*3: Sum of permeable and impermeable mercury.

\*4: Concentration factor =  $\frac{\text{mercury content of SS(wet basis)}}{\text{mercury concentration of seawater}}$

and weight of SS on the wet basis was obtained on the assumption that the mean moisture content is 80%.

各水銀負荷量間の関係を検討した結果を Table 8 に示した。透過性水銀負荷量は前述したように、SSの水銀量とは有意の相関は認められなかったが、不透過性水銀量との間には 5% 水準で相関が有意であった。すなわち、透過性水銀負荷量の高い海域のSS水銀量は必ずしも高いとは言えないが、不透過性水銀量は高い傾向にあると言える。また、不透過性水銀負荷量はSS水銀量と相関が有意ではないが、SS量とは 1% 水準の高い相関が認められる。すなわち、海水中の不透過性水銀負荷量はSS量の多少に強い影響を受けるが、SSの水銀量の高低には余り左右されないことになる。当然ながら、海水の全水銀負荷量は透過性および不透過性のいずれの負荷量とも 1% 水準で相関が有意であった。

Table 8. Correlation of impermeable mercury burden to weight of SS, mercury content of SS, permeable mercury burden, and total mercury burden

Regression equation:  $y = ax + b$

x	y	n	$r_s$
Permeable mercury burden	impermeable mercury burden	23	0.4286*
Mercury content of SS	〃 〃 〃	25	-0.0258
Weight of SS	〃 〃 〃	25	0.8233**
Total mercury burden	〃 〃 〃	23	0.7930**
〃 〃 〃	permeable mercury burden	23	0.7860**

\*: Significant,  $P = 0.05$ .

\*\*: Significant,  $P = 0.01$ .

Table 9. Constituent species of SS and occurrence number

Group	Occurrence number of species	Species	
<b>I. Phytoplankton</b>			
Diatoms	23	<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>	
	19	<i>Nitzschia seriala</i>	
	14	<i>Rhizosolenia bergonii</i>	
	13	<i>Rhizosolenia styliformis</i>	
	12	<i>Chaetoceros affinis</i>	
	10	<i>Thalassionema nitzschioides</i>	
	9	<i>Coscinodiscus jonesianis</i> , <i>Navicula cancellata</i>	
	8	<i>Coscinodiscus excentricus</i> , <i>Chaetoceros didymus</i> , <i>Chaetoceros brevis</i> , <i>Achnanthes longipes</i>	
	7	<i>Chaetoceros denticulatus</i> , <i>Rhizosolenia alata</i>	
	6	<i>Skeletonema costatum</i> , <i>Asterionella japonica</i> , <i>Chaetoceros convolutus</i>	
	5	<i>Coscinodiscus radiatus</i> , <i>Bacteriastrum varians</i>	
	4	<i>Coscinodiscus asteromphalus</i> , <i>Rhizosolenia setigera</i> , <i>Chaetoceros curvisetus</i> , <i>Chaetoceros compressus</i>	
	3	<i>Biddulphia sinensis</i> , <i>Nitzschia longissima</i> , <i>Leptocylindrus danicus</i> , <i>Coscinodiscus nitidus</i> , <i>Bacteriastrum delicatulum</i>	
	2	<i>Chaetoceros pervianus</i> , <i>Chaetoceros danicus</i> , <i>Diploneis splendida</i> , <i>Asteromphalus heptactis</i> , <i>Coscinodiscus lineatus</i> , <i>Lauderia borealis</i> , <i>Chaetoceros decipiens</i> , <i>Chaetoceros densus</i>	
	1	<i>Chaetoceros castracanei</i> , <i>Nitzschia closterum</i> , <i>Thalassiosira rotula</i> , <i>Coscinosira oestrupii</i> , <i>Chaetoceros lorenzianus</i> , <i>Cerataulina bergoni</i> , <i>Stephanopyxis palmeriana</i> , <i>Dactyliosolen mediterraneus</i> , <i>Stigmorphora rostrata</i> , <i>Rhizosolenia acuminata</i> , <i>Bacteriastrum elongatum</i>	
	Dinoflagellata	15	<i>Prorocentrum micans</i>
		12	<i>Ceratium furca</i>
		8	<i>Dietyocha fibula</i> , <i>Ceratium tripos</i> , <i>Ceratium macroceros</i> , <i>Dinophysis ovum</i>
		7	<i>Ceratium kofoidii</i>
		6	<i>Ceratium fusus</i>
		3	<i>Peridinium oceanicum</i> , <i>Dinophysis homnuculus</i> , <i>Peridinium</i> sp.
		2	<i>Peridinium deperssum</i> , <i>Oxytoxum scolopax</i> , <i>Pyrophacus horologicum</i>
		1	<i>Peridinium nipponica</i> , <i>Ceratium massiliens</i> , <i>Ceratium trichoceros</i> , <i>Protogonyaulax polygramma</i> , <i>Ceratium contortum</i> , <i>Ceratium humile</i> , <i>Peridinium steinii</i> , <i>Distephanus speculatus</i> , <i>Ceratium inflexum</i> , <i>Ceratium lineatum</i> , <i>Phalacroma cuneus</i> , <i>Noctilura scintillans</i> , <i>Phalacroma mitra</i> , <i>Peridinium orbiculare</i> , <i>Oxytoxum diplocomus</i> , <i>Peridinium pentagonum</i> , <i>Ceratium candelabrum</i>
Cyanophyceae		8	<i>Trichodesmium erythraeum</i>
<b>II. Zooplankton</b>			
Tintinnopsis	2	<i>Helicostomella longa</i>	
	1	<i>Tintinnopsis aperta</i> , <i>Tintinnopsis radix</i> , <i>Tintinnopsis baltica</i> , <i>Codomoellopsis nipponica</i>	
Radiolaria	2	<i>Pleurospira costata</i> , <i>Sticholonche zanclea</i> , <i>Gazellata hexanema</i>	
	1	<i>Stauracantha quadrifurca</i>	
Copepoda	7	<i>Oithona similis</i>	
	3	<i>Acartia</i> sp.	
	1	<i>Eurytemora affinis</i>	
Plankton larvae	4	<i>Copepoda nauplius</i>	

### 3・4 SSの水銀濃縮係数

SSの水銀濃縮係数 (F) を次式により計算し、その平均値を Table 7 に示した。

$$F = \frac{\text{湿潤SS水銀量}}{\text{海水水銀量}}$$

なお、SSの湿潤重量は平均含水量80%として計算した。Fの平均値は $1.6 \times 10^5$ で、インド洋等に対する前報の値 $3.9 \times 10^5$ より小さいが、オーダーは一致している。

### 3・5 SSの生物種組成

SSの生物組成を検索し、同定した生物種名とその出現ステーション数を Table 9 に、また、各生物種数の計と、その種の出現海域の水温に関するデータを Table 10 に示した。すなわち、珪藻類と鞭毛藻類とは、ほとんど全海域にわたって分布しており、その種類も多く全生物種92のうち85%をこの2つの類で占めている。これに対し、藍藻類は平均水温28.1℃の高温海域に、橈脚類と幼生類は平均水温22.8℃と20.8℃の低温海域でのみ認められた。そこで、SSの構成生物種数と水温、塩分、pH、SS量、海水水銀量およびSS水銀量との間の相関の有意性について検討した。その結果、水温との間にのみ5%水準で負相関が有意で、他の因子との相関は有意でなかった。このことより、低温海域のSSの生物組成は高温海域のそれより、より複雑になっていると言える。

Table 10. Constituent group of plankton, number of species of each group, number of collecting station from which each group was found, and seawater temperature

Group	Number of species	Number of station *1	Seawater temperature(℃) *2	
			Range	Mean
Diatoms	47	26	20.5-29.9	25.3
Dinoflagellata	31	25	20.5-29.9	25.3
Cyanophyceae	1	8	26.7-29.9	28.1
Tintinnoinea	5	5	23.8-27.1	25.3
Radiolaria	4	2	25.0-25.9	25.5
Copepoda	3	9	20.5-26.7	22.8
Plankton larvae	1	4	20.5-21.1	20.8

\*1: The whole number of collecting station is 26.

\*2: Seawater temperature of collecting station.

相関の有意性について検討した。その結果、水温との間にのみ5%水準で負相関が有意で、他の因子との相関は有意でなかった。このことより、低温海域のSSの生物組成は高温海域のそれより、より複雑になっていると言える。

## 4. 要 約

1983年8月、日本沿岸海域の海水とSSの水銀レベルに関して調査し、次の結果を得た。

- 1) 海域19定点の海水の平均水銀量は $1.9 \pm 1.4 \text{ ng l}^{-1}$ 、寄航港5試料のそれは $3.2 \pm 2.0 \text{ ng l}^{-1}$ であった。
- 2) SS 25試料の平均重量は $1.95 \text{ mg l}^{-1}$ 、その平均水銀量は $0.73 \pm 0.37 \text{ } \mu\text{g g}^{-1}$ であった。SS量は塩分と1%水準の高い負相関が、また、SS水銀量との間に1%水準の相関が有意であった。
- 3) 海水の全水銀負荷量の平均値は $3.3 \text{ ng l}^{-1}$ で、インド洋等に対する前報の値 $3.1 \text{ ng l}^{-1}$ とほぼ同じであった。透過性水銀負荷量の高い海域のSS水銀量は必ずしも高いとは言えないが、不透過性水銀負荷量は高いと考えられる。また、不透過性水銀負荷量はSS量と強い相

関が認められた。

- 4) 26定点のSSの構成生物種は92種同定したが、そのうち珪藻類と鞭毛藻類に属するものが82%を占めた。藍藻類は高温海域に、橈脚類と幼生類は低温海域にのみ出現した。SSの構成物種数は海水温度と負相関関係にあり、低温海域の方が、高温海域より複雑な組成を示している。

本研究のため、ともに乗船し試料採取や分析に協力いただいた当時水産大学校製造学科学生伊藤貴之、畑添伸一両君に厚くお礼申しあげる。

#### 付 記

上記調査実施中にプランクトンおよび東京大学地震研究所調査員より深海底泥が入手できたので、これらについての水銀分析結果を付表に示した。なお、プランクトンおよび海底泥の採取位置はFig. 1に示してある。海底泥は凍結して持ち帰り、凍結乾燥の後、直接加熱して発生した水銀量を求めた。また、プランクトンも凍結保蔵、硫酸-硝酸による分解後、還元気化原子吸光法により、その水銀量を求めた。各試料共、5回の分析値の平均で示した。

Subjoined table Mercury content of sea-bottom mud and plankton

Date of sampling	Sample	Location of sampling	Depth of water (m)	Mercury content ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )
8/ 5	sea-bottom mud	30° 56.6' N 139° 46.2' E	2215	0.15 <sup>*1</sup>
8/23	sea-bottom mud	39° 43.3' N 143° 55.0' E	3000	0.12 <sup>*1</sup>
8/24	sea-bottom mud	39° 45.0' N 143° 25.0' E	2150	0.29 <sup>*1</sup>
8/ 6	plankton	33° 41.2' N 138° 44.2' E	0-5	0.02 <sup>*2</sup>
8/24	plankton	39° 47.0' N 143° 27.1' E	0-5	0.02 <sup>*2</sup>

\*1: Dry weight basis. Mercury in mud was determined directly by combustion, trapping on gold and electrothermal atomic absorption spectrophotometry (Nippon Instruments Co. Ltd. "Rigaku Mercury SP").

\*2: Wet weight basis. After the digestion by acid mixture of plankton, mercury was determined by flameless atomic absorption spectrophotometry.

#### [文献]

- 1) 例えば、M. NISHIMURA, S. KONISHI, K. MATSUNAGA, K. HATA, and T. KOSUGA :  
日海洋会誌, 39, 295-300 (1983)
- 2) 武田道夫・鶴田新生・片岡昭吉・長友洪太・富田輝雄: 水産大研報, 32, 57-65 (1984)