
Tome 15

Mai

1977

Numéro 2

う み

La mer

昭和 52 年 5 月

日 仏 海 洋 学 会

**La Société franco-japonaise
d'océanographie
Tokyo, Japon**

日 仏 海 洋 学 会

編 集 委 員 会

委員長 今村 豊 (東京水産大学)
委員 星野通平 (東海大学) 井上 実 (東京水産大学) 森田良美 (東京水産大学) 永田 正 (東京水産大学) 西村 実 (東海大学) 大柴五八郎 (昭和薬科大学) 杉浦吉雄 (気象研究所) 高木和徳 (東京水産大学) 高野健三 (理化学研究所) 冨永政英 (鹿児島大学) 宇野 寛 (東京水産大学) 渡辺精一 山路 勇 (東京水産大学)

投 稿 規 定

1. 報文の投稿者は本会会員に限る。
2. 原稿は簡潔にわかりやすく書き、図表を含めて印刷ページで12ページ以内を原則とする。原稿 (正1通, 副1通)は、(〒101)東京都千代田区神田駿河台2-3 日仏会館内 日仏海洋学会編集委員会宛に送ること。
3. 編集委員会は、事情により原稿の字句の加除訂正を行うことがある。
4. 論文(欧文, 和文とも)には必ず約200語の英文(または仏文)のAbstract (Résumé)をつけること。欧文論文には英文(又は仏文)のAbstract (Résumé)のほかにも必ず約500字の和文の要旨をつけること。
5. 図及び表は必要なもののみに限る。図はそのまま版下になるように縮尺を考慮して鮮明に黒インクで書き、論文の図及び表には必ず英文(又は仏文)の説明をつけること。
6. 初校は原則として著者が行う。
7. 報文には1編につき50部の別刷を無料で著者に進呈する。これ以上の部数に対しては、実費(送料を含む)を著者が負担する。

Rédacteur en chef Yutaka IMAMURA (Tokyo University of Fisheries)
Comité de rédaction Michihei HOSHINO (Tokai University) Makoto INOUE (Tokyo University of Fisheries) Yoshimi MORITA (Tokyo University of Fisheries) Tadashi NAGATA (Tokyo University of Fisheries) Minoru NISHIMURA (Tokai University) Gohachiro OSHIBA (Showa College of Pharmaceutical Sciences) Yoshio SUGIURA (Meteorological Research Institute) Kazunori TAKAGI (Tokyo University of Fisheries) Kenzo TAKANO (Institute of Physical and Chemical Research) Masahide TOMINAGA (Kagoshima University) Yutaka UNO (Tokyo University of Fisheries) Seiichi WATANABE Isamu YAMAZI (Tokyo University of Fisheries)

RECOMMANDATIONS A L'USAGE DES AUTEURS

1. Les auteurs doivent être des Membres de la Société franco-japonaise d'océanographie.
2. Les notes ne peuvent dépasser douze pages. Les manuscrits à deux exemplaires, dactylographiés sur papier fort, doivent être envoyés au Comité de rédaction de la Société franco-japonaise d'océanographie, c/o Maison franco-japonaise, 2-3 Kanda, Surugadai, Chiyoda-ku, Tokyo, 101 Japan.
3. Le Comité de rédaction se réserve le droit d'apporter, le cas échéant, des modifications mineuses aux manuscrits ainsi que de demander aux auteurs de les corriger.
4. Des résumés en langue japonaise ou langue française sont obligatoires.
5. Les figures au trait seront tracées à l'encre de Chine noire sur papier blanc ou sur calque. Les légendes des figures et des tableaux sont indispensables.
6. Les premières épreuves seront corrigées, en principe, par les auteurs.
7. Un tirage à part des articles en cinquante exemplaires est offert gratuitement aux auteurs. Ceux qui en désirent un plus grand nombre peuvent les faire établir à leurs frais.

水槽実験によるエビ籠の漁獲機構の研究-I*

— 走触性と空間占有行動 —

井上 実**, 有元貴文**, S. VADHANAKUL**

Study on the Catching Mechanism of Shrimp Trap in a Experimental Tank-I Thigmotaxis and Spacing Behaviour

Makoto INOUE, Takafumi ARIMOTO and Surapon VADHANAKUL

Abstract: It is obvious from the observation on the behaviour of *Palaemon paucidens* to a small trap setting in the tank that the trap is able to catch the animals even when there is no bait in it. From the fact, it is supposed that the catching mechanism of the shrimp trap is not only depending on the effect of the bait but also depending on the thigmotaxis of shrimp themselves. In this report, the thigmotaxis of the shrimps was tested from various kinds of experiments in view point of trap fishing.

Through the above observation, it was also found that the maximum catch of the small trap was relatively low, unexpectedly, and the following test was conducted on the relation between the maximum catch and the availability of the animals in the tank. From the test, it was revealed that the maximum catch was affected by the spacing or territorial behaviour of the animals.

甲殻類あるいは魚類をとる籠漁業は、一般にはこれらの動物の索餌行動を利用した漁法として知られている。しかしホックアカエビ籠を例にとると、入口はふつう直径 10 cm 以下の筒状の漏斗網で籠全体は網地で構成されている。従って、エビが狭い漏斗状の入口を通過して籠の内部に入り込むためには、餌の誘引性が強力であることは勿論であるが、同時にエビが籠の壁面の網地および漏斗口の網地への接触に拒否反応を示さないことが必要である。

淡水産エビの入籠の行動を水槽内の籠について観察すると、籠に餌がない場合でもエビは入籠することは明らかである。このことから、エビの入籠の機構は索餌行動だけに依存するものでないと推察されるが、その際の観察によるとエビは籠を構成する網地への接触に拒否ないし逃避反応を示

さず、むしろ積極的にその接触を求めるような行動を示す。このことはエビに正の走触性 thigmotaxis が存在することを示唆するものと推察される。

一方、水槽内の観察の過程でエビの入籠尾数には一定の限界があり、ある一定数に達すると、それ以上時間が経過してもエビは入籠しないという籠の飽和収容量の存在することも推察された。

本研究では淡水スジエビ *Palaemon paucidens* を用い、水槽のなかで小型の籠(模型籠)と大型の籠(実物籠)を使用して漁獲機構について実験を行ない、主として上述のエビの走触性、及び籠の飽和収容量について調べた。その他、エビの活動性と明・暗との関係、餌の誘引性についても簡単な実験を行った。

* 1977年3月3日受理。この研究の費用の一部は昭和51年度農林漁業試験研究費補助金によった。

** 東京水産大学漁法学講座、東京都港区港南 4-5-7
Laboratory of Fishing Methodology, Tokyo Univ.
Fish., Minato-ku, Tokyo 108

1. 実験方法・実験動物

本研究では次の3種類の実験を行った。

I. エビの走触性の実験

1) 有餌籠と無餌籠との入籠、触籠尾数、及び

入籠時間の比較

- 2) 接触面の材質の相違による入籠, 触籠尾数の比較
- 3) 時間経過に伴う入籠, 触籠尾数の変化

II. 籠の飽和収容量の実験

- 1) 無餌籠による飽和収容量
- 2) 有餌籠による飽和収容量
- 3) 籠の大小と飽和収容量

III. その他の実験

- 1) 水槽内の明・暗区域による入籠尾数の比較
- 2) 有餌籠・無餌籠に対するエビの移動分布

これらの実験は東京水産大学 館山実習場において行った。用いたスジエビは海釣り用の餌として市販されているものであり, 以下, エビというのはスジエビのことである。販売店では河川で竹や小枝を束ねた柴漬けで捕獲したエビを, 大きな露天のコンクリート水槽のなかで 給餌しながら飼育する。実験に際してはエビを実験室内のガラス水槽 (60×50×50 cm) 及び円形プラスチック水槽 (直径 100 cm, 高さ 80 cm) に送気汜過しながら飼育し, 実験のたびに実験水槽へ移す。エビは頭部から尾の先端までの体長で 35~50 mm, 頭胸甲長で 10~13 mm である。

実験水槽としてガラス水槽 (45×90×45 cm), コンクリート大型水槽 (215×150×100 cm) の 2

種類を使用した。実験に使用した籠は実物籠 (Fig. 1) と模型籠 (Fig. 2-a, b, c, d, e) である。実物籠は石川県でホッコクアカエビを採捕するために使用するもので, 網地はナイロン (210D 6本18節) である。模型籠は標準籠3種と大型籠2種あり, 標準籠には同容積の立方体 (Fig. 2-a, b), 円錐形 (Fig. 2-c) のものがあり, 立方体の籠には漏斗なし (Fig. 2-a) と漏斗付き (Fig. 2-b) とがある。模型大型籠 (Fig. 2-d) には底の広い WIDE 型 (W型) と背の高い TALL 型 (T型) とがある。更に標準籠の立方体漏斗なし籠には綿糸網, ナイロン網, サラン防虫網のものがある。

餌にはシジミ, アサリの剥身, アミ (甲殻類プランクトン) 乾燥品, カタクチイワシ, ソーダカツオ, サバを用いた。アサリ, アミはガーゼで包

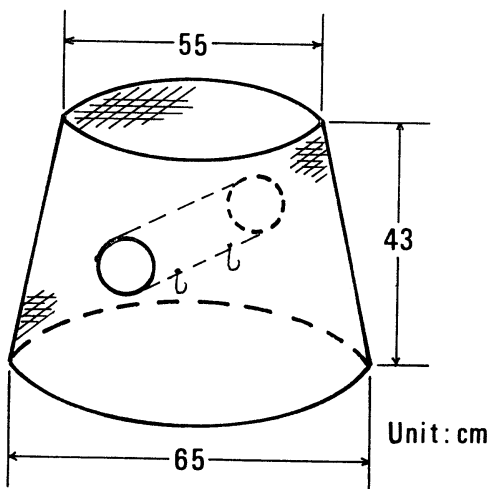


Fig. 1. Commercial fishing trap for pink shrimp, *Pandalus borealis*.

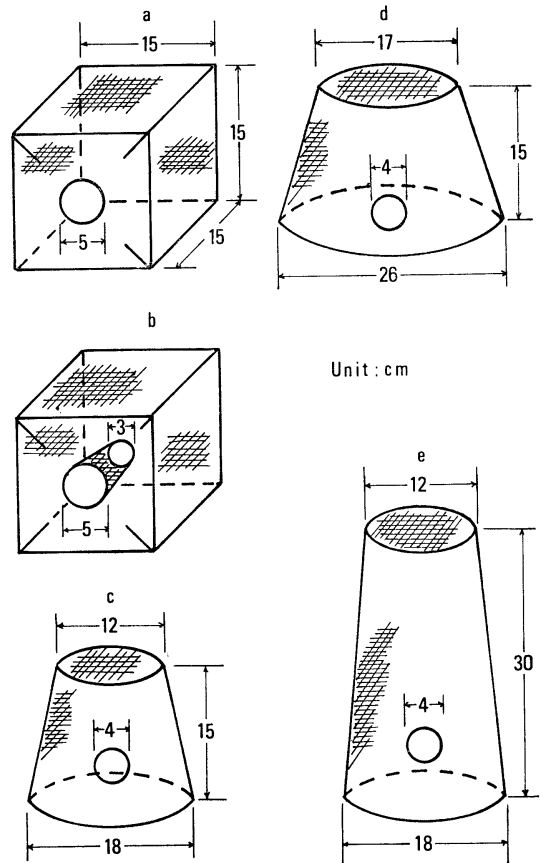


Fig. 2. Small traps (a-e) for shrimp, *Palaemon paucidens*.

み籠の中央に吊し、魚は丸のまま、あるいは切身にして中央に吊した。

実験は1976年9月16日から12月8日まで行ない、この期間、水温は21°Cから15°Cに低下したが、水温が17°C以下になると、実験、飼育水槽ともにヒーターを使用して20°Cに保った。また、エビの活動性には昼間と夜間で差があり、日

没前後から2~3時間は最も活発に、それ以後は最も沈静化することが実験の初期段階で判ったので、日没前後および夜間の実験は行っていない。

2. 実験結果

I. 走触性について

1) 有餌籠と無餌籠との入籠、触籠尾数及び入

Table 1. Number of entered and touched shrimps in or to a baited and non baited small traps (see, Fig 2-a). Number of shrimps in the experimental tank (45×90×45 cm) is 50. Bait is 10g of corbicula *Corbicula atrate*.

Date	Period	Number of shrimp			
		Entered		Touched	
		Baited	Non Baited	Baited	Non baited
Sept. 19	15:30~16:30	9	10	3	3
	16:30~17:30	13	12	4	3

Table 2. Number of entered and touched shrimps in or to a baited and non baited small traps. Bait is 10g of anchovy and dried mysis. Number of test shrimps in the tank is 50.

Date	Period	Tank	Number of shrimp					
			Entered			Touched		
			Non	Anchovy	Mysis	Non	Anchovy	Mysis
Nov. 10	10:00~11:30	A	2	31	12	19	27	16
		B	4	17	15	12	43	40
Nov. 11	10:00~11:30	A	3	14	24	13	35	43
		B	5	6	15	27	37	44
Nov. 12	10:00~11:30	A	4	9	12	15	24	43
		B	3	12	16	24	46	38
Mean			3.5	14.8	15.7	17.5	33.7	37.3

Table 3. Time required to enter the first shrimp in the trap. Number of test shrimps in the tank is 50.

Date	Period	Trap					
		Without return valve (Type-a, in Fig. 2)			Without a return valve (Type-b)		
		Bait			Bait		
Nov. 11	10:30~11:30	Non	Anchovy	Dried mysis	Non	Anchovy	Dried mysis
		3'50'' 1'30''	0'23'' 1'37''	0'15'' 5'32''	0'45'' 2'10''	8'11'' 2'20''	9'13'' 14'50''
Nov. 12	10:00~11:30	Non	Anchovy	Dried mysis	Non	Anchovy	Dried mysis
		2'15'' 1'20''	1'35'' 3'35''	0'10'' 0'20''	7'02'' —	1'39'' 6'58''	6'27'' 20'05''
Nov. 13	10:00~11:30	Non	Anchovy	Dried mysis	Non	Anchovy	Dried mysis
		0'30'' 6'33''	0'15'' 1'13''	0'45'' —	— 13'03''	10'12'' 10'33''	20'42'' 8'52''
Mean		2'40''	1'26''	1'24''	5'45''	6'39''	13'22''

Table 4. Difference of number of entered and touched shrimps by the bottom materials of the tank. Number of shrimps in the tank is 65.

Date	Period	Bait	Bottom Material					
			Glass			Coral Sand		
			Number of shrimp					
Entered	Touched	Total	Entered	Touched	Total			
Sept. 18	11:00~13:00	Corbicula	12	4	16	3	2	5
Sept. 18	13:45~14:45	Non	12	3	15	4	1	5
Sept. 19	15:30~17:30	Short-necked clam	14	3	17	7	0	7
Mean			12.7	3.3	16.0	4.7	1.7	6.3

籠時間の比較

模型籠に餌(シジミ)がある場合とない場合で、エビの入籠尾数、触籠尾数がどう変わるか (Table 1, 2), また Table 2 の実験において入籠第1番目のエビが籠に入るまでに要する時間が餌の有無でどう変わるかを観測した (Table 3)。触籠というのはエビが籠外側の上面及び側面に接している状態で、これらのエビが最も入籠の可能性の高いものといえる。

Table 1 によれば、有餌籠と無餌籠とでは入籠、触籠尾数に全く差はみられなかった。Table 2 の実験では触籠尾数は餌の種類に関係せず有餌籠は無餌籠の約5倍であった。また、Table 3 によれば、漏斗なし籠では最初のエビが籠に入るまでに要する時間は有餌籠の方が約2倍早いといえる。しかし、漏斗付き籠では餌の有無にかかわらず漏斗なし籠より入籠時間は延長し、漏斗の入籠阻害及び逸脱防止の効果が明らかにされている。更にイワシ生餌の方が乾燥アミより誘引効果は高いことが考えられる。

以上の実験から、餌の誘引効果は実験によって異なるが、かなり高いと判断される。餌の誘引効果に関する Table 1 と Table 2 の結果の相違は、両実験に用いた餌の種類の違いによるかもしれない。しかし、Table 2 の実験では触籠尾数が Table 1 の実験よりかなり多いことから、Table 2 の実験期間はエビの活動性が活発であったことが考えられ、エビが活発に運動する条件下では餌の効果も高くなるように推察される。同時に餌がなくともエビは籠に入ることが認められる。

2) 接触面の材質の相違による入籠、触籠尾数の比較

無餌籠にエビが入るのはエビの接触感覚に基づく走触性 (thigmotaxis)* によるかどうか、あるいは籠に対する探究行動も含まれるかどうかを調べるため次の実験を行った。

この場合、エビの接触感覚の存在する触鬚、肢などを切断して調べるとことはできないので、水槽底面の材質、籠を構成する網地の材質の違いによって籠に入り、あるいは物体に接触する尾数に相違が生ずるかどうかを調べ、物体に対する選択性の有無から間接的に走触性について調べることにした。

まず、水槽の底面がガラス面の場合と、そのガラス面が凹凸のある小石のようなもので蔽われている場合とで、エビの触籠尾数、入籠尾数に相違が生じるかどうかを調べた (Table 4)。ガラス面に敷く凹凸のある物体としてサンゴ砂を選んだ。

Table 4 からエビは水槽底面がサンゴ砂の場合よりガラス面の場合の方が入籠、触籠尾数が多い

* 走触性は元来、動物の固体への直線的定位行動をいい、水中を遊泳している魚類が魚礁のような物体に接触する場合は走触性にあてはまる。水槽中のエビの多くは水槽底面に接しており、底面から籠へ移るのは固体から固体への移行であり、純粋な意味での走触性とはいえない。しかし、本研究では走触性を広く解釈して、エビが水槽底面から籠へ移行する場合も走触性ということにする。走性 taxis とは刺激に対して直線的行動をとる場合をいい、そうでないでたらしめな行動を運動性 kinesis と呼ぶのが一般的であるが、ここでは固体に対する運動性とみられる行動も走触性と呼ぶことにする。

Table 5. Difference of number of entered and touched shrimps by netting materials of the trap. Number of test shrimps in the tank is 65. Bait is 10g of short-necked clam.

Date	Period	Netting material					
		Cotton 20's 12/12		Nylon 150 D 15/16 Shrimp		Saran insect control net	
		Entered	Touched	Entered	Touched	Entered	Touched
Sept. 22	12:30~14:00	15	3	13	4	4	3

Table 6. Number of touched shrimps to three kinds of materials. Number of test shrimps in the tank is 50. The figures in the table show the sum total of the number of touched shrimps for five minutes during one hour.

Date	Period	Number of touched shrimp	
Dec. 5	14:00~15:00	Cotton net	Saran insect control net
		157	183
Dec. 6	14:00~15:00	Cotton net 140	Acryli plate 54

のは明らかである。この違いは、ガラス面にいたエビが綿糸網の籠へ移行する場合の接触感覚とサンゴ砂にいたエビが籠へ移行する場合の接触感覚の違いによるものと推定されるが、もしそそうであれば、エビは砂とガラス面との材質差を接触感覚として感ずる可能性があると考えられることができる。

このことを更に確かめるために、材質の異なる綿糸網、サラン防虫網、ナイロン網を用いて入籠尾数と比較した (Table 5)。ヒトの受ける手ざわりとしては綿糸網は毛羽立っていて柔かく、サラン防虫網は滑めらかであるが固く、ナイロン網は柔軟さでは両者の中間である。Table 5によれば、入籠尾数は綿糸網、ナイロン網、サラン防虫網の順序で多いが、綿糸網、ナイロン網の差は顕著とはいえない。

さらにエビの接触感覚による材質の選択性の有無を調べるため次の実験を行った。ガラス水槽の底面を2区画に等分し、1区画に綿糸網 (30×45 cm) を平面に敷きこれを対照とし、他の1区画にサラン防虫網あるいはアクリル板を綿糸網と並べて敷き、単位時間内の延接触尾数について比較した (Table 6)。この表からエビは綿糸網に最もよく集り、次いでサラン防虫網で、アクリル板には

Table 7. Number of shrimps entrapped in the fishing trap with the day elapsed. Number of test shrimp in the tank is 100. There is no bait in the trap.

Date	Period	Entered shrimp	Touched shrimp
Nov. 16		26	23
Nov. 17	10:00~15:00	16	22
Nov. 18		12	6

最も少ないことが分った。この順序はヒトが感じる材質の滑らかさと反対であり、前記の籠の構成材質の場合と同様である。

以上、接触感覚に関する種類の実験から、エビが固体に接触する場合、接触物体が同形の場合はより強く接触刺激を与える物体を選ぶことが考えられる。その考えが正しいとすれば、籠に餌がない場合、エビが水槽底面を離れて籠の側面に接触し、側面を這い登るのは底より一層強い接触刺激を求めためと解釈できる。そして、籠の網面に静止せず網面に接して這い回るのは、運動している場合は静止状態より一層強い接触刺激を求めためと解釈できる。しかし、接触刺激とは別にエビが籠に対し探究行動* をとることも見逃すことはできない。

3) 時間経過に伴う入籠、触籠尾数の変化

エビが籠に対して探究行動をとるかどうかを実験的に証明することは困難であるが、Table 7に示されたように大型水槽で3日間にわたり行った実物籠による入籠尾数の観測で入籠尾数が次第に減少してゆくのは籠への慣れに伴う探究行動の減

* 探究行動とは内外の環境に働きかけ、受容器に刺激を触れさせる本能的行動をいい、心理学でいう試行錯誤もこれに属する。特に、目新しい物体に対する動物の生理的、心理的働きかけを指すことが多い。

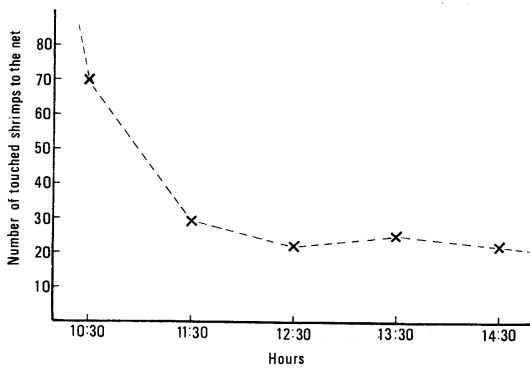


Fig. 3. Decreasing of number of shrimp touched to the trap with time elapsed.

退と考えることができよう。この実験では籠は1日のうち午前10時より午後3時まで水中に入れ、毎日午後3時に測定し、入籠したエビは測定の後に再び水槽に戻した。

しかし、探究行動の概念のほか、時間経過に伴うエビの疲労度あるいは条件反射の機構（入籠したエビをとり出し、再び群れに加えることによって、籠に対する拒否反応の生じる可能性）も考えられる。

上記の問題を詳細に検討するために、ガラス水槽内に平面の綿糸網(45×30 cm)を立て、時間経過に伴うエビの接触尾数の変化を測定した (Fig. 3)。その結果は Fig. 3 のように時間経過とともに網地に接触する尾数は明らかに減少している。この短時間においてはエビが条件反射を獲得すること、あるいはエビの疲労は考えなくてよいであろう。そして、10:30~14:30におけるエビの活動性が一定であるとすれば、Fig. 3における接触尾数の変化は主として探究行動の減退によるものと見なされよう。

2. 飽和収容量について

1の走触性の実験において、模型籠の入籠尾数は Table 1 の2例 (31尾, 24尾) を除いて15尾以下であった。一方、模型籠、実験水槽、あるいは飼育水槽のなかにエビが相当数混み入って収容されている場合は、エビは各個体ごとに攻撃的になり、なわばり争いをしているように見え、事実、

Table 8. Relation between number of test shrimp in the tank and number of entered shrimp in the trap. No bait in the trap.

Date	Period	Test shrimp	Entered shrimp	Escaped shrimp	Remained shrimp
Nov. 11	9:00~10:00	20	5	2	3
Nov. 11	10:30~11:00	50	6	1	5
Nov. 11	12:00~13:00	80	5	1	4
Nov. 11	13:00~14:00	110	5	0	5

Table 9. Relation between number of test shrimp in the tank and number of entered shrimp in the trap where ten shrimps already occupied the space. No bait in the trap.

Date	Period	Test shrimp	Entered shrimp	Escaped shrimp	Remained shrimp
Nov. 11	7:30~8:30	20	2	1	11
Nov. 11	14:30~15:00	110	0	2	8

その場合、籠内のエビは籠の口から脱出することがしばしば観察された。これらのことから、模型籠の飽和収容量は物理的収容量よりかなり低値であり、それを超えた場合、エビは入籠しにくくなり、また入ったエビは逃げやすくなることが仮説として考えられる。

1) 無餌籠による飽和収容量

ガラス水槽のエビの存在量を25, 50, 80, 110尾とし、水槽中央に無餌の立方標準籠 (Fig. 2-a) を置き、入籠する尾数を観測した (Table 8)。Table 8によれば、水槽のエビの存在量が多くても少くとも、籠に入る尾数は5~6尾で殆ど変化はなかった。

次に、水槽のエビの存在量を20, 110尾とし、籠にはあらかじめ10尾入れておき、籠のなかの尾数の変化を観察した。その結果は Table 9 のように水槽のエビの存在量が多くとも少なくとも、入籠尾数、脱出尾数には殆ど変化はなかった (Table 9)。Table 8によれば、無餌籠でも平均5尾入ることが判明したが、Table 9によれば既に10尾入っている籠には入籠尾数が0か2尾であることは、標準籠の飽和収容量が10尾ないし10数尾であることを推定せしめる。

Table 10. The estimated maximum catch in the baited traps through four tests.

Test	Date	Period	Trap (Fig. 1)	Availability of shrimp in the tank	Number of entered shrimp	Note
1	Nov. 12	10:30~11:30	A	30	13	Bait is 10 g of short-necked clam.
2	Nov. 12	11:30~12:00	A B	17	0 4	Traps A and B are the same shape and size. In trap A, 13 shrimps already occupied. Trap B has the same bait as Trap A.
3	Nov. 12	12:00~13:00	A B	43	15 10	30 shrimps are added in the tank. Continued to Test 2.
4	Nov. 12	13:00~14:00	B	35	9	25 shrimp occupied in Traps A and B are taken out from the test.

2) 有餌籠による飽和収容量

上記の実験から有餌籠では飽和収容量は10ないし10数尾であることが推定された。次に餌を入れた場合はどうなるかを調べるため、水槽にはエビを30尾入れ、立方籠 (Fig. 2-a) に新鮮なソーダカツオ一片 (5×3 cm) を餌として入れた。籠を水槽に入れると同時に3~4尾入り、続いて10分間に11尾まで入籠した。1時間の観察時間に最高17尾となったが、途中脱出するものもあり、最終的には13尾となった。入籠したエビは餌に定着する個体は少なく、多いときで4~5尾であった。入籠尾数が増すにつれ、籠のなかでエビの餌に定着する個体は少なく、多いときで2~3尾であった。入籠尾数が増すにつれ、籠のなかでエビ同志が攻撃的行動をとり、その結果入口から脱出する個体が見られた。

このことから模型籠に飽和収容量があるとした場合、有餌籠でも無餌籠でも大差がなく10ないし10数尾のように思われる。一方、水槽内の30個体のエビのうち入籠しなかった17尾は餌に対して索餌反応をしないことも考えられる。これを確かめるため、上記の実験が終了した時点で中央に設置した籠 (以下、A籠と呼ぶ) を水槽の右端に移動し、水槽左端に同型同寸法の標準籠 (B籠) に同じ餌を入れ、残り17尾がどう反応するかを30分間観察した。その結果、A籠には全く入らずB籠には4尾入り、前記の実験で籠に入らなかったエビも餌に反応することが判った (Table 10)。

更に飽和収容量について検討するために、新た

に水槽に30尾入れ、入籠した17尾を除き水槽のエビの存在量を43尾として、A籠13尾、B籠4尾の入籠状態から更にそれぞれの籠に何尾入るかを1時間にわたり観察した。その結果A籠には2尾、B籠には6尾入り、A籠に入る尾数は極めて少なかった。

次にA・B両籠に入った25尾を水槽外に出し、B籠だけを設置し、水槽内のエビの存在量を35尾とし観察時間30分におけるエビの反応をみた。その結果9尾入籠し、Test 3で籠に入らなかったエビも籠の収容量に余裕があればなお入籠する可能性が見出された (Table 10)。

以上の結果は15 cm立方の模型籠の最大収容量は10~15尾と推定された。この実験を通して籠に10尾近く入ると、エビは底面だけではなく、側面にも天井にも這い登り、相互に攻撃を避ける状態が観察された。

3) 籠の大小と飽和収容量

15 cm立方籠と同高同容積の円錐形の籠を作り、それを円錐標準籠 (Fig. 2-c) と呼び、その容積の倍の籠を2個作った。一つは標準籠と同じ高さで上底、下底の広いWIDE型 (W型, Fig. 2-d)、一つは標準籠と上底、下底が同じで背の高いTALL型 (T型, Fig. 2-e) と呼ぶ。3種の円錐籠は立方籠と異なり対称の位置に入口を2個設けた。

これらの籠にエビを人為的に10, 20, 30, 40尾を入れた場合、また、全く入っていない場合の入籠、出籠尾数を調べた。実験に用いたエビ数は籠内のエビの尾数と、籠外の尾数の和がどの実験に

ついても70尾となるようにした。実験水槽は2個を同時に使用し、餌は用いなかった。観測時間は最大2時間である。

実験結果を簡単に纏めると次のようである。

- i) あらかじめ籠にエビが入っていない場合、入籠尾数は標準籠では6尾、W型、T型では10ないし14尾で、容積の大きい方が入籠尾数は多い。
- ii) あらかじめ籠に10尾入っている場合は、入籠、出籠ともに少なく、全体的に変化は小さい。しかし、標準籠では脱出し、W型、T型では入籠する傾向がみられる。
- iii) あらかじめ籠に20尾入っている場合は、標準籠では入籠は90分以内には起らず、最終的には半数近く脱出する。W型、T型では30分以内に脱出が生じるが、最終的には15尾ぐらいとなる。
- iv) あらかじめ籠に30尾入っている場合は、W型はT型よりわずかに脱出するものが多く、何れも入籠は少なく、最終的には半数近く脱出する。
- v) あらかじめ籠に40尾入っている場合は、入籠尾数は殆どなく、標準籠では1時間以内に半数は入り、W型、T型では漸次減少し最終的には20尾以下となる。
- vi) 籠に入ったエビは底面に分布するだけではなく、天井、側面にも分布し、T型では底面より天井に分布するものの方が多くみられた。

以上の結果を総合的に判断すると、標準籠の飽和収容量は15尾ぐらいと推定できる。一方、W型やT型はその1.5倍ぐらいで20~22尾と推定されるが、籠の容積が2倍になっても収容量は2倍にならないようである。また、あらかじめ10尾入っていたW型やT型籠にはなお10尾ぐらい入る余裕があるにも関わらず、殆んど入籠していないこと、また、あらかじめ20尾入っているW型やT型籠は増減なく趣移してよはずであるが、かなりの数が減少していることは籠外のエビは籠内にエビがいることを認め入籠を避けていること、及びエビ籠に時間経過と共に入ってゆく場合と、一時に多量に入ってしまった場合の出籠のしくみに相違のあることを意味しているものであろう。

更に、この実験を通して籠の収容能力を決定する因子が籠全体の容積であるのか、籠の天井面、

底面、側面がエビの占有面として等価ではなく、これらの面積の広狭によるものであるのかという問題点も生じた。

3. その他の実験

- 1) 水槽内の明・暗区域による入籠尾数の比較
エビを大型コンクリート水槽に移すと、水槽の隅の暗がりに集まる。エビの入籠行動が明・暗にどの程度影響されるかを調べるため、コンクリート水槽のなかに自然光線によって生ずる明区域と暗区域を利用し、明区域に置かれた籠と暗区域に置かれた籠との入籠尾数を比較した。籠はナイロン網製実物籠 (Fig. 1) を2個使用した。

コンクリート水槽の16時30分(晴天)の照度分布は Fig. 4 の通りである。実験結果は Table 11 に示されるが、暗区域の籠に入籠尾数の多いのは明らかである。これは暗区域にエビが多く分布するためか、あるいは暗区域でエビが活発に運動するためか何れかであろう。

次に窓を暗幕で遮蔽し、実験室全体を暗くし、コンクリート水槽内に明・暗両区域の差をなくした場合、2つの籠の入籠尾数は Table 12 の通り

Table 11. Comparison between the number of entered shrimp into the large traps with bait setting in light area and dark area. Number of test shrimp in the large tank is 100 and bait is 20 g of short-necked clam.

Date	Period	Number of entered shrimps	
		Dark area	Light area
Oct. 16	10:30~12:30	27	9
	13:30~16:30	21	10

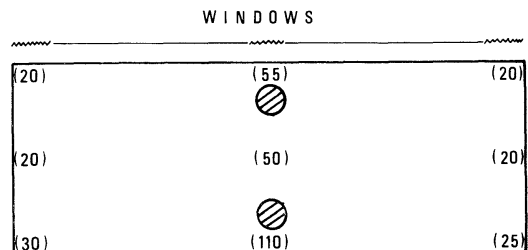


Fig. 4. Intensity of illumination in the large tank in Lux. Circles in the center show traps in Fig. 1.

Table 12. Comparison between the number of entered shrimps into two traps setting in the same intensity of illumination areas.

Date	Period	Number of entered shrimps		Note
		Area-A	Area-B	
Oct. 17	09:30 }	9	11	No bait
	12:30			
	13:30 }	15	13	Baited with short-necked clam
	15:30			

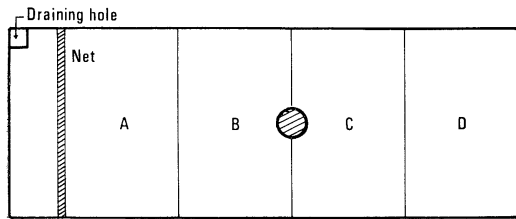


Fig. 5. The large tank divided into four parts by twines at the top.

で両者の差はみられない。従って、Table 11 の結果は明らかに明・暗の影響とみて差支えなさそうである。

2) 有餌籠，無餌籠に対するエビの移動行動

餌に対するエビの動きを観察するために、コンクリート水槽にエビ 150 尾を入れ、実物籠に餌(サバ)を入れた場合と、餌を入れない場合とのエビの移動状態について比較した。

無餌籠は 9:00~11:00, 有餌籠は 11:00~13:00 の観察である。水槽の右端の片隅には排水のため大きな凹みがあり、その暗がりにエビが集中して分布する傾向がみられたので、5 m の水槽のうち右端 1 m は網で仕切り、エビが近づかないようにした。そして、Fig. 5 のように水槽上端を糸で 1 m ごとに区画し、4 区画にいるエビの数を調べた。その結果は Table 13 の通りで、無餌籠と有餌籠とで一定時間内の分布の変化に著しい違いがみられた。すなわち、有餌籠では設置してから 30 分以内でははっきりした変化はみられたが、無餌籠では観察を通じて殆ど目立った動きは見られなかった。また、A 区画でエビの分布の多いのは水槽の左端に当り、他の区画より暗いためでありエビは

Table 13. Comparison of the change in the distribution of shrimp in four sections (see, Fig. 5) between the non-baited and baited traps with elapsed time.

Trap	Period	Section of tank			
		A	B	C	D
Non baited	9:00	90	30	15	15
	9:30	90	30	15	15
	10:30	100	25	20	5
Baited with frozen mackerel (20 g)	11:30	100	30	15	5
	11:30	60	40	30	20
	13:00	50	35	35	30

側面近くに集中していた。

また、有餌籠には 6 尾、無餌籠には 2 尾入ったが、餌の誘引効果は、それ程速効的であるとはいえない。これは冷凍の餌を使った影響もあると思われるし、エビの活動性の鈍化も考えられる。個々のエビの動きは籠を設置直後、籠の近くの極くわずかのエビが籠を目指して割合速い速度で進んでくるが、籠から離れている大半のエビは籠を設置した直後には活発な動きはなく、20~30 分後にゆっくりと進んでくる。しかし、その速度は遅いがエビはジグザグコースをとることなく、ほぼ直線的に前進してきた。このことは、エビがにおい分子の分布の勾配を割合ははっきり感じとることを示唆しているのであろう。

考 察

エビの入籠機構として餌の誘引性の効果が大きいことが明らかであるが、餌がなくともエビは籠に入ることから、エビのもつ走触性あるいは探究行動の果す役割も無視できないことが分る。入籠機構におけるエビの走触性と探究行動との分離は困難であり、この二つは常にからみ合って作用しているものと考えられる。海洋におけるエビ籠漁法でもエビの走触性ないし探究行動がどのように作用しているかは今後の研究課題であるが、籠の網地材料や籠の構造の違いによってエビの入籠率に差が生じているとすれば、それは主として走触性や探究行動に起因するものと考えられる。

また、本研究から得られた模型籠の飽和収容量

は籠の大きさ、すなわち、籠の物理的収容量からみると意外に低値のようである。この飽和収容量はエビのなわばり行動、あるいはなわばり行動という明瞭な行動ではなくとも個体間の空間占有行動(spacing)¹⁾に起因することは明らかである。ホッコアカエビその他海洋のエビを対象とする実物籠の飽和収容量、あるいは spacing については今後の研究に俟たなければ明らかでないが、本研究の結果は参考になるものと思われる。

久保²⁾は淡水産エビ(テナガエビ、スジエビ)の昼夜別の漁獲量を調べ、夜間の漁獲が有意的に良好であることから、日周行動に対する制約要因は光であろうと述べている。本実験の結果もそれを指摘している。このことは、淡水産エビの行動を観察するには、照度に十分注意すべきことを意味する。

要 約

淡水産スジエビを使用し、水槽のなかで籠の漁獲機構について実験を行ない、次の結果を得た。

1) 有餌籠と無餌籠とについてエビの入籠、触籠尾数、及び入籠時間の比較を行なったが、有餌籠は無餌籠の2~5倍の入籠尾数があるようである。同時に無餌籠にも入籠することからエビの走

触性による入籠機構を推定した。

2) 接触面の材質の相違による入籠、触籠尾数の比較から、走触性の存在を確かめた。

3) 時間経過に伴う入籠、触籠尾数の減少からエビの探究行動の存在を推定したが、探究行動は走触性と同時に働くものであるから、両者の入籠機構としての分離は困難である。

4) 無餌籠、有餌籠の入籠尾数から、籠には飽和収容量があり、それは籠の大きさ、すなわち物理的収容量からみて比較的低値であることを観測し、また、エビの spacing に起因するものと考えた。

5) 水槽内の明・暗区域による入籠尾数の比較から、エビの活動量は水槽の明るさに影響されることを調べた。

6) 有餌籠・無餌籠に対するエビの移動行動を大型の水槽のなかで観察し、エビの餌に対する反応は比較的緩慢であることをみた。

参 考 文 献

- 1) エドワード・ホール(日高・佐藤訳): かくれた次元, 13-24, みすず書房(東京), 1973.
- 2) 久保伊津男: 淡水産エビ類の増産に関する研究—3. 活動性, 体長と体重との関係, 肥満度. 水産研究誌 第3号, 103~109, 1951.

Eunicid Polychaetous Annelids from Japan—II*

Tomoyuki MIURA**

Résumé: L'auteur décrit dans cet article sept espèces des quatre genres (*Eunice*, *Palola*, *Marphysa* et *Lysidice*) de la famille Eunicidae.

Les échantillons sont collectés dans les eaux peu profondes de la presqu'île d'Oga, de Kominato sur la presqu'île de Boso, de la Baie de Suruga et de l'île Ishigaki, ainsi qu'à des profondeurs de 20-200 m de la Baie de Kagoshima.

Deux espèces sont premièrement ajoutées ici à la faune japonaise; *E. (Nacidion) cariboea* et *M. disjuncta*. Et on y met aussi l'une, *E. spinea* qui est nouvelle pour la science. Elle se caractérise par des antennes longues, des branchies à 1-3 filaments et des soies composées à long article cultriform localisées sur une courte partie antérieure du corps.

1. Introduction

In this paper, seven species in four genera, *Eunice*, *Palola*, *Marphysa* and *Lysidice* are presented. Two species, *Eunice (Nacidion) cariboea* and *Marphysa disjuncta*, are newly added to the Japanese fauna. One species, *Eunice spinea*, is described as new to science.

The author is deeply indebted to Dr. Kristian FAUCHALD of the University of Southern California, Los Angeles, California for critically reading the manuscript. The author wishes to express his thanks to Dr. Minoru IMAJIMA of National Science Museum, Tokyo and Prof. Dr. Tatsuyoshi MASUDA of the Tokyo University of Fisheries, Tokyo for their very valuable advice. Thanks are due to Director Takashi TAKEUCHI of the Akitaken-Oga Aquarium and the members of Tokai University and Seikai

Regional Fisheries Research Laboratory, who donated many of the specimens examined in this study.

The type specimens and most of the remaining collections are deposited in the National Science Museum, Tokyo.

2. Material and method

Each specimen examined is presented here under the heading "Collection" description of each species. The detail of this section is given by the preceding report (MIURA, 1977), except of a column K for *Eunice*, which is defined as follows.

K: First occurrence of compound falcigers, counted from the anterior end as the number of the setiger, on which the first compound falciger occurred.

3. Description

Family Eunicidae SAVIGNY, 1818

Genus *Eunice* CUVIER, 1817

Eunice vittata (DELLE CHIAJE, 1828)

(Fig. 1, a-o)

Eunice vittata: MCINTOSH, 1885, pp. 275-276, fig. 36, pls. 39, fig. 18 and 21A, figs. 10-11; FAUVEL, 1923, pp. 404-405, fig. 158, h-n; HARTMAN, 1944, p. 118; HARTMAN, 1948, pp. 77-78; IMAJIMA and HARTMAN, 1964, p. 258; DAY, 1967, p. 385, fig. 17, 3, a-e; FAUCHALD, 1970, pp. 48-49, pl. 3, figs. 1-m. ?*Eunice medicina* MOORE, 1903, pp. 441-444, pl. 25, figs. 49-51; IZUKA, 1912, pp. 125-126, pl. 14, fig. 8; IMAJIMA and HARTMAN, 1964, p. 257.

* Received March 5, 1977

** Laboratory of Aquatic Zoology, Tokyo University of Fisheries, Minato-ku, Tokyo, 108 Japan

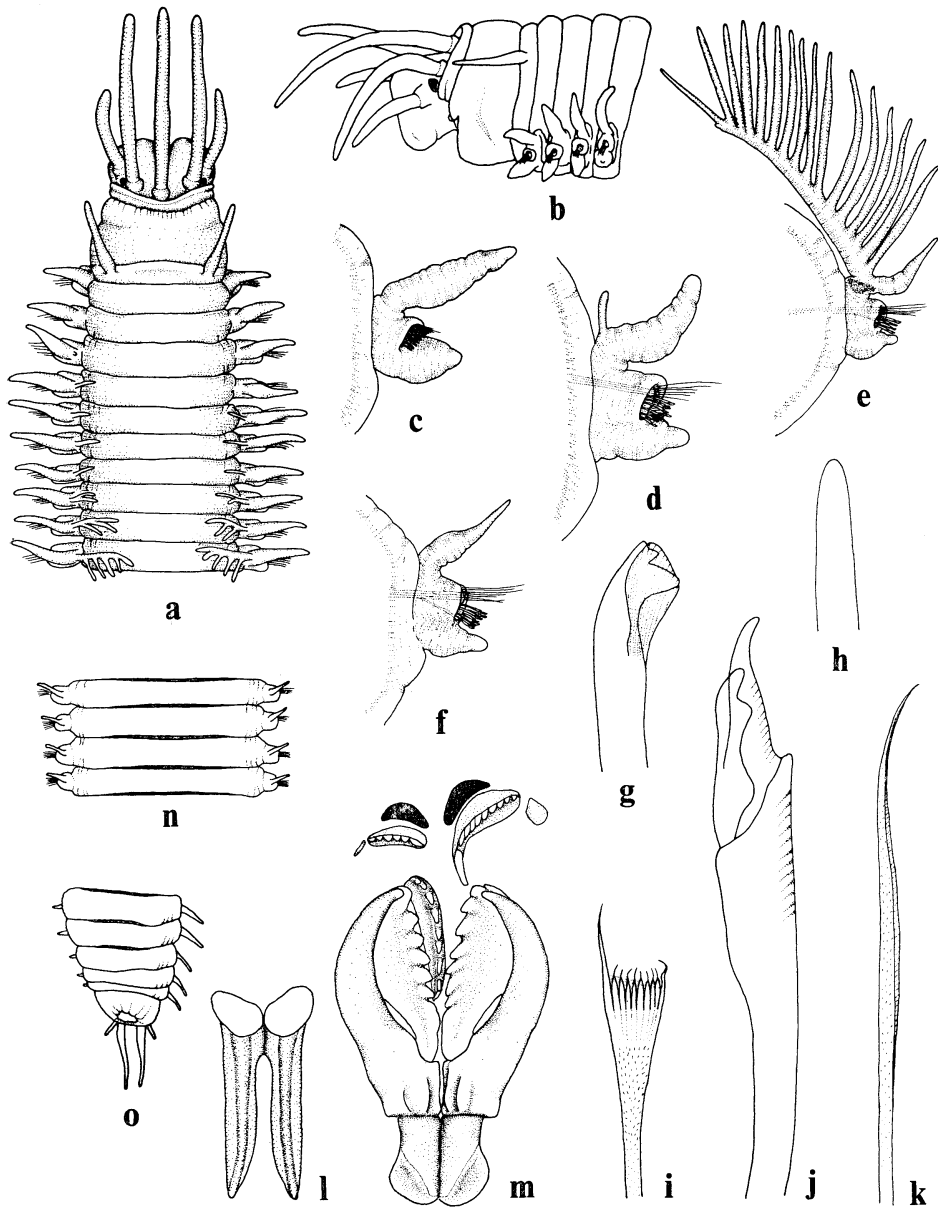


Fig. 1. *Eunice vittata* (DELLE CHIAJE, 1828). a, Anterior end, in dorsal view, $\times 15$. b, The same, in lateral view, $\times 15$. c, First parapodium, in anterior view, $\times 40$. d, Parapodium 3, in anterior view, $\times 40$. e, Parapodium 40, in anterior view, $\times 25$. f, Parapodium 60, in anterior view, $\times 40$. g, Subacicular hook, $\times 400$. h, Aciculum, $\times 400$. i, Comb seta, $\times 800$. j, Compound seta, $\times 800$. k, Capillary seta, $\times 400$. l, Mandibles, in ventral view, $\times 25$. m, Maxillae, in dorsal view, $\times 40$. n, Posterior segments, in dorsal view, $\times 10$. o, Caudal region, in dorsal view, $\times 25$.

		Collection								
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
E 50	Oct. 7, 1975 Kominato	7.2	3-1	49-1	38-1	200	17	4.5	C S	
E 51	„	6.8	4-1	48-1	35-1	49	17	4.5	A F	
E 52	Nov. 19, 1975 Kominato	5.9	3-1	47-1	35-1		15	4.5	C S	
E 134	Sep. 1, 1972 Suruga Bay	4.0	3-1	44-1	29-1	99	9	2.8	A F	
E 139	Feb. 18, 1976 Kominato	7.7	6-1	51-1	38-1	192	17	4.3	C S	
E 140	„	7.8	6-1	49-1	40-1	84	20	4.2	A F	
E 141	„	5.1	3-1	44-3	27-1	99	8	2.4	A F	
E 142	„	8.1	3-1	49-6	38-1	110	16	3.7	A F	
E 143	„	-	-	-	-	-	-	-	P F	
E 144	„								Only tube	

Description: A complete specimen (E 50) measures 100 mm long by 4.5 mm wide including parapodia with about 200 setigers. In life, the same specimen was 150 mm long and 3.5 mm wide.

The color of dorsum is reddish brown and anterior setigers are darker than posterior. The prostomium is colorless. The two peristomial rings are also colorless or light yellow. The first two setigers show distinct brown bands. In the branchial and postbranchial regions, the basal part of each dorsal cirrus is marked by a reddish brown patch. Furthermore, posterior furrows are dark brown (Fig. 1, n).

The prostomium is relatively small and bilobed in front. The five occipital antennae are smooth with basal swellings; the longest and central one is three times as long as the prostomium, the inner lateral pair are almost the same length as the central, and the outer pair are half the length of the others. Two eyes are situated outside the bases of the inner lateral antennae. The anterior part of first peristomial ring overlaps the posterior part of the prostomium. The peristomium is wider posteriorly than anteriorly in proportion 3:2. The second peristomial ring has a pair of cirri as long as the two peristomial rings combined (Fig. 1, a-b).

Parapodia are uniramous. The dorsal cirri are digitiform, anteriorly with a rounded tip (Fig. 1, c) but posteriorly with a tapered end (Fig. 1, f). They are irregularly wrinkled. The ventral cirri are conical with a swollen proximal part. Branchiae start from parapodium 3 as a single filament (Fig. 1, d). At parapodium 10, each branchia has five filaments; the branchial

stem becomes increasingly stout and has 13 filaments at parapodium 15. From parapodium 20 to parapodium 45, branchiae have more than 15 filaments (Fig. 1, e). The maximal number is 20. Thereafter the number of filaments decreases gradually to about parapodium 50 where the branchiae are absent abruptly. The last branchiae have six to seven filaments.

Yellow subacicular hooks appear from about setiger 35 and usually occur singly. The tip is tridentate and hooded (Fig. 1, g). Acicula are also yellow with a blunt tip and number two in each parapodium (Fig. 1, h). Comb seta has eight to ten inner spines and asymmetrical extensions (Fig. 1, i). Each bidentate compound falciger is hooded. The hood is long and tapered with a blunt end (Fig. 1, j). Limbate setae are situated in the supracicular fascicles (Fig. 1, k).

The mandibles are well-developed with anterior calcifications at the cutting edges (Fig. 1, l). The maxillary carriers are broad with rounded distal end. The maxillary formula is Mx. I=1+1, Mx. II=(6-7)+(7-8), Mx. III=(6-8)+0, Mx. IV=(5-7)+(9-11), Mx. V=1+1 (Fig. 1, m).

The pygidium has four smooth anal cirri; the dorsal pair are three times as long as the ventral (Fig. 1, o).

Distribution: Mediterranean Sea; Atlantic, Pacific and Indian oceans, in warm waters; Japan.

Discussion: *Eunice vittata* is very similar to *E. indica*. in having yellow tridentate subacicular hooks, elongate hoods on the compound setae, the first occurrence of the branchiae (setiger 3), anteriorly restricted distribution of

branchiae and the rather small prostomium. The two species can be distinctly separated on one character, i. e. the number of subacicular hooks per parapodium. *E. indica* has more than three subacicular hooks in a parapodium. On the other hand, *E. vittata* has a single or rarely two subacicular hooks in a parapodium. The numbers of subacicular hooks quoted in *E. vittata* and *E. indica* previously are shown below.

Eunice vittata

1: MCINTOSH, 1885; IMAJIMA and HARTMAN, 1964.

1, 2: HARTMAN, 1948.

2, 3: IZUKA, 1912, pp. 120-121, pl. 12, figs. 7-9.

Eunice indica

4: OKUDA, 1938, p. 95; DAY, 1967, p. 386, fig. 17, 3, f-j.

1 (bidentate): IZUKA, 1912, pp. 114-116, pl. 13, figs. 7-9.

The *E. vittata* of IZUKA, 1912, had been referred

to *E. indica* by FAUVEL (1936). However, the *E. indica* of IZUKA, 1912, has bidentate subacicular hooks and thus differed from *E. indica* KINBERG and was referred to *E. kubiensis* MCINTOSH, 1885. *E. medicina* MOORE, 1903, has also yellow tridentate subacicular hooks, long pointed hoods on the compound setae and branchiae starting from setiger 3 (somite V of MOORE). The specimens described by MOORE are very small, i. e. 2.0 mm wide as maximum, and have seven filaments in the fully developed branchia and subacicular hooks starting from setiger 19 (somite XXI of MOORE). They also have brown spots at dorsal base of each parapodium and asymmetrical comb setae with 12 short spines. These characters fit the specimens examined here, especially the smaller ones. *E. medicina* MOORE, 1903, is here tentatively referred to *E. vittata*. The former may be considered as young forms of the latter.

Eunice spinea sp. nov.

(Fig. 2, a-p)

Collection

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
NSMT-Pol. H-138	Aug., 1975 Kagoshima Bay (200 m)	5.5	9-1		29-1	53	3	4.5	A F	30
NSMT-Pol. P-139	Jan. 8, 1974 Kagoshima Bay (20 m)	4.5	10-1		26-1	30	1	2.8	A F	25
	" (60 m)	3.5	8-1		23-1	30	2	2.6	A F	26
	" (100 m)	4.5	11-1		28-1	190	2	3.0	S C	23
	" (,)	2.6	10-1		23-1	76	1	2.4	A F	23
	" (,)	4.0	10-1		33-1	35	1	3.7	A F	?
	" (,)	5.3	10-1		27-1	86	2	3.5	A F	35
	" (110 m)	2.8	8-1		25-1	30	1	2.5	A F	25
	" (,)	2.3	12-1		22-1	41	1	1.9	A F	25
	" (,)	2.4	10-1		21-1	28	1	1.9	A F	20
	" (,)	3.5	12-1		?	18	1	2.9	A F	?
	" (,)	1.9	8-1		15-1	25	1	1.6	A F	14
	" (,)	3.3	8-1		?	11	1	1.9	A F	?
	" (,)	4.0	?		?	20	?	2.1	A F	?
	" (,)	2.8	12-1		20-1	31	1	1.5	A F	28
	" (,)	2.6	9-1		23-1	24	1	2.5	A F	24
	" (,)	3.0	12-1		20-1	23	1	2.0	A F	19
	" (,)	2.3	9-1		19-1	54	1	1.5	A F	19
	" (,)	3.2	8-1		24-1	30	1	2.6	A F	25
	" (,)	3.0	9-1		?	16	1	2.0	A F	?
	" (,)	4.2	10-1		25-1	32	1	3.0	A F	25
	" (,)	3.3	11-1		25-1	36	1	2.4	A F	23
	" (,)	3.5	9-1		25-1	62	1	3.0	A F	28

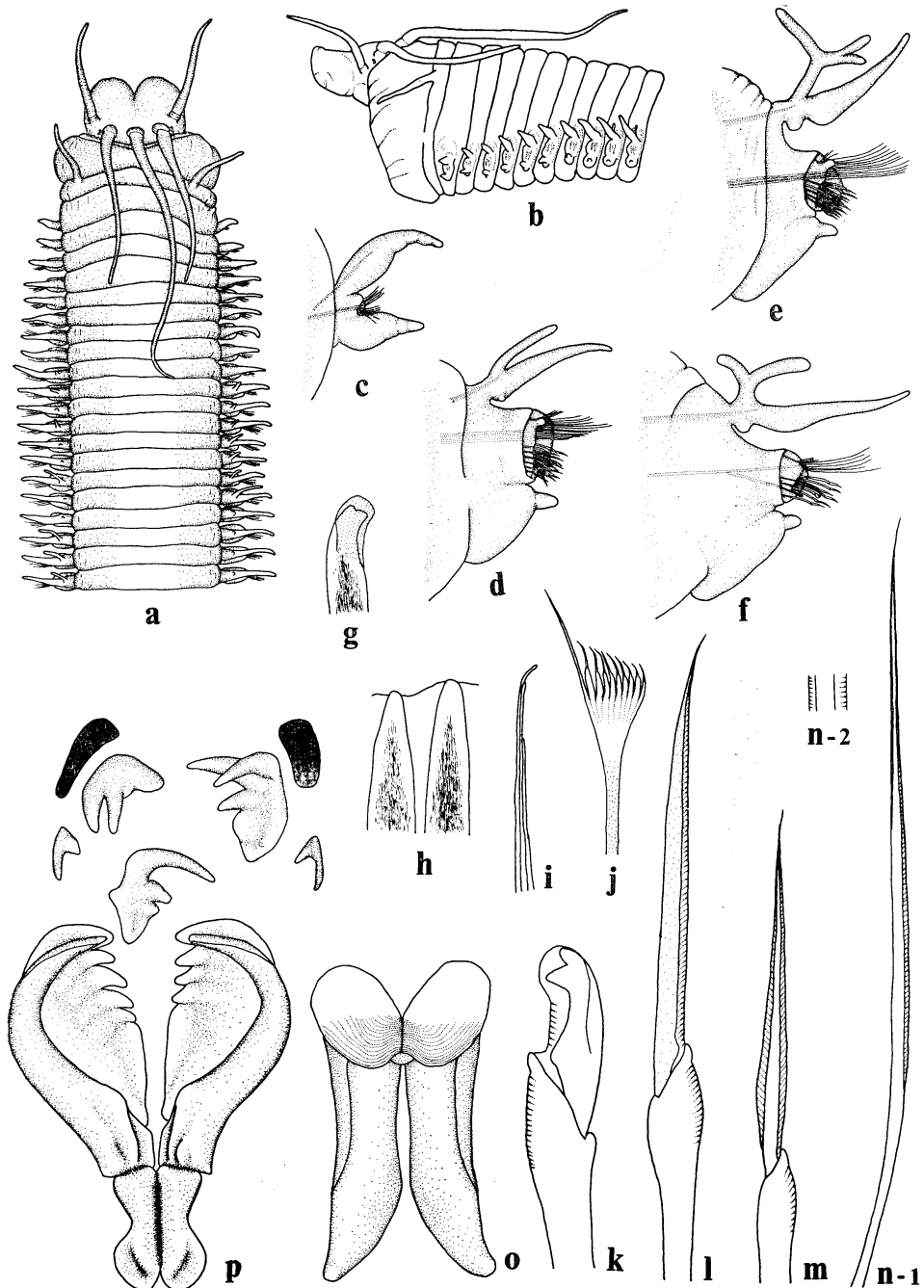


Fig. 2. *Eunice spinea* sp. nov. a, Anterior end, in dorsal view, $\times 15$. b, The same, in lateral view, $\times 15$. c, First parapodium, in anterior view, $\times 40$. d, Parapodium 15, in anterior view, $\times 40$. e, Parapodium 22, in anterior view, $\times 40$. f, Parapodium 38, in anterior view, $\times 40$. g, Subacicular hook, $\times 400$. h, Acicula, $\times 400$. i, Notoacicular setae, $\times 200$. j, Comb seta, $\times 800$. k, Compound falcigerous seta, $\times 800$. l, Unilimbate compound spinigerous seta, $\times 800$. m, Bilimbate compound spinigerous seta, $\times 800$. n-1, Capillary seta, $\times 400$. n-2, The same, enlarged of part, $\times 2000$. o, Mandibles, in ventral view, $\times 40$. p, Maxillae, in dorsal view, $\times 40$.

Description: Many specimens were collected from Kagoshima Bay in 20–200 m depth. The holotypus has lost a considerable number of posterior segments and measures 23 mm long by 4.5 mm wide including parapodia for 53 setigers.

The prostomium is deeply notched in front and two reniform eyes are situated at the bases of the inner lateral occipital antennae (Fig. 2, a). The body has cylindrical peristomial rings and becomes flattened immediately posterior to this (Fig. 2, b). The segment height is 2.8 mm at the first peristomial ring, 2.2 mm at setiger 10 and 1.8 mm at setiger 40. Five occipital antennae are smooth and slender. Each is mounted on a low basal projection. The central and largest one reaches to the posterior end of setiger 11. The inner lateral pair reaches to setiger 4. The outer pair reaches to setiger 2. The first peristomial ring is narrower dorsally than laterally, the second one is short with a pair of peristomial cirri which reach to setiger 3.

The parapodia (Fig. 2, c–f) have characteristically shaped setal lobes. They have a supracular, digitiform protuberance in the anterior branchial parapodia (Fig. 2, d–e) and become almost triangular on the posterior setigers of the fragment. The postsetal lobe always extends beyond the setal lobe and has a rounded end. The dorsal cirri, supported by a bundle of notopodial embedded acicular setae, are short and conical in the first few segments (Fig. 2, c). They become longer and each one has a ventral knob in the branchial region. The ventral cirri are simple and conical in anterior setigers, but have a basal pad in posterior setigers. The basal pad becomes transversely elongated and lower near the posterior end of the fragment. Branchiae start on setiger 9 on the left and on setiger 10 on the right, as a simple papilla. They continue to the posterior end of the fragment. Branchiae, generally, have a single filament, but become bifurcate in the posterior end of the holotypus and occasionally have three filaments, such as on setigers 22 and 42 (Fig. 2, e).

Subacicular hooks are black and have bidentate hooded tips (Fig. 2, g). The apical tooth is smaller than the other. They are first present on setiger 30 on the left and on setiger 29 on

the right, and continue the posterior end of the specimen. They always occur singly in a parapodium. Black acicula are almost completely embedded in the setal lobe and number three on each of the anterior parapodia (Fig. 2, h). The number decreases to one at the posterior end of the fragment. The yellow notoacicular setae are very slender and make up a bundle in the dorsal cirri (Fig. 2, j). They occur three to six in a bundle. The comb seta has 8–9 inner teeth and asymmetrical lateral extensions (Fig. 2, j). The larger extension is twice as long as the shorter one. Bilimbate setae are present (Fig. 2, n). In subacicular position, there are two kinds of compound setae. The compound spinigers are restricted anteriorly and the falcigers are present only from setiger 30 in the holotypus. In the paratypes, they start from about the setiger which has the first subacicular hook. Each compound falciger is bidentate and hooded (Fig. 2, k). The spinigers mostly have unilimbate blades (Fig. 2, l), but sometimes bilimbate ones (Fig. 2, m).

The mandibles have short and broad shafts. The cutting edge are well calcified and sculptured by 18–19 dark lines (Fig. 2, o). The maxillae are well developed. The dentition is distinct and each plate has long stout teeth (Fig. 2, p). The maxillary formula is Mx. I=1+1, Mx. II=5+4, Mx. III=3+0, Mx. IV=2+3, Mx. V=1+1. There are broad black bodies lateral to the maxillae IV. The maxillary carriers are long, slender and basally rounded.

In one of paratypes, the pygidium has two pairs of anal cirri. The dorsal one is slender and four times as long as the ventral.

Type locality: Kagoshima Bay.

Type-series: Holotypus, NSMT-Pol. H-138.

Paratypes, NSMT-Pol. P-139.

Discussion: *Eunice tubifex* GROSSLAND, 1904 (pp. 303–310, figs. 52–55, pl. 21, figs. 1–8) is known to have compound spinigers. *E. spinea* is clearly distinguished from *E. tubifex* in that it has very long antennae, reniform eyes and subacicular hooks singly in each parapodium instead of short articulated antennae, rounded eyes and two to three subacicular hooks in a parapodium. In other respects, *E. spinea* and *E. tubifex* resemble each other closely, for ex-

ample, in the short stout mandibular shafts, in the well-developed proximal pads on the ventral

cirri, and in the poorly developed branchiae in the anterior part of the body.

Eunice (Nigidion) cariboea GRUBE, 1865

(Fig. 3, a-n)

Eunice (Nigidion) cariboea: HARTMAN, 1944, pp. 123-124, pls. 7, figs. 157-163 and 8, fig. 178; FAUCHALD, 1970, pp. 38-39; NONATO and LUNA, 1970, p. 83.

Eunice (Nigidion) kinbergi: HARTMAN, 1944, p. 124; NONATO and LUNA, 1970, p. 84.

Nigidion kinbergii: TREADWELL, 1921, pp. 91-93, figs. 324-332, pl. 6, figs. 5-8.

?*Marphysa posterobranchia*: DAY, 1962, p. 645, fig. 4, a-e.

Collection

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
E 136	Feb. 14, 1976	Kominato	3.0	100-1	133-1	31-1	133	1	1.5	C S
E 137	,,	,,	2.7	88-1	120-1	26-1	120	1	1.2	C S
E 138	,,	,,	3.2	-	-	27-1	95	-	1.5	A F

Description: Two complete specimens (E 136, 137) and one anterior fragment (E 148) were collected from an intertidal rocky shore on the Boso Peninsula. The habitat was covered with seaweeds, such as *Colpomenia sinuosa*, *Sargassum thunbergii*, *Hizikia fusiforme*, *Padina arborescens* and *Corallina pilulifera*, with much sand captured in the holdfasts of these algae.

One complete specimen (E 136) measures 34 mm long by 1.5 mm wide including parapodia for 133 setigers. The body is somewhat flattened anteriorly and cylindrical in the last third of the specimen. The segment length increases posteriorly to become one third of the width.

The color of anterior dorsum is reddish brown with many white spots; they are grouped posterior to setiger 4 looking like islands on a map. The lateral sides of the prostomium, the five occipital antennae and their basal parts, the peristomial cirri and the dorso-posterior part of the peristomium are white; sometimes also setigers 5 and 6 have a white band. The middle of the body is greenish and transparent with the red dorsal blood vessel clearly visible. About the last 20 segments have dark brown septa and the last several caudal segments become dark.

The prostomium is bilobed in front and nearly equal in length to the two peristomial segments combined. There are five club-shaped occipital antennae; they are narrow proximally and subequal in length; they are sometimes irregularly annulated (Fig. 3, a). Two eyes

situated outside the inner lateral antennae are oblong and slightly concave along their ventral margins (Fig. 3, b). The first peristomial ring is twice as long as the second one which carries a pair of short, smooth peristomial cirri.

Parapodia are uniramous and both dorsal and ventral cirri are present. The dorsal cirri are smooth and cylindrical, and become slightly prolonged in the middle part of the body. The conical ventral cirri are simple in the anterior-most parapodia (Fig. 3, c), but are provided with a proximal pad from about parapodium 10 (Fig. 3, d); the pads and also the ventral cirri themselves become lower posteriorly (Fig. 3, e). The setal lobes are high and distally rounded in parapodia anterior to the first subacicular hooks; the rounded end is replaced with by a triangular one posteriorly. Branchiae start from setiger 100 on the right and 105 on the left, and are irregularly absent such as on 102 and 108 on the right and 112, 113 and 115 on the left (E 136). Each branchia is larger than the corresponding dorsal cirrus; it emerges from the dorsum and is simple crumpled (Fig. 3, f), whereas the dorsal cirri are smooth.

Subacicular hooks are black, bidentate and hooded (Fig. 3, g), and are first present on parapodia 26-31. Dark acicula are bluntly tapered and occur one on each parapodium (Fig. 3, h). Comb setae start before parapodium 10 and have 9-12 inner teeth and almost symmetrical lateral extensions (Fig. 3, i). The bidentate hooded compound falcigers are curved distally (Fig. 3, j);

they number seven to eight at about parapodium 10, five at p. 19, four at p. 36, two at p. 109. After parapodium 121, compound setae are absent. Simple unilimbate setae have short spines (Fig. 3, k).

The mandibles have seven to eight lines on the cutting distal part and lack a calcified edge. The shaft is very long (Fig. 3, m). The maxillary formula is Mx. I=1+1, Mx. II=(4-5)+(5-7), Mx. III=5+0, Mx. IV=5+7, Mx. V=

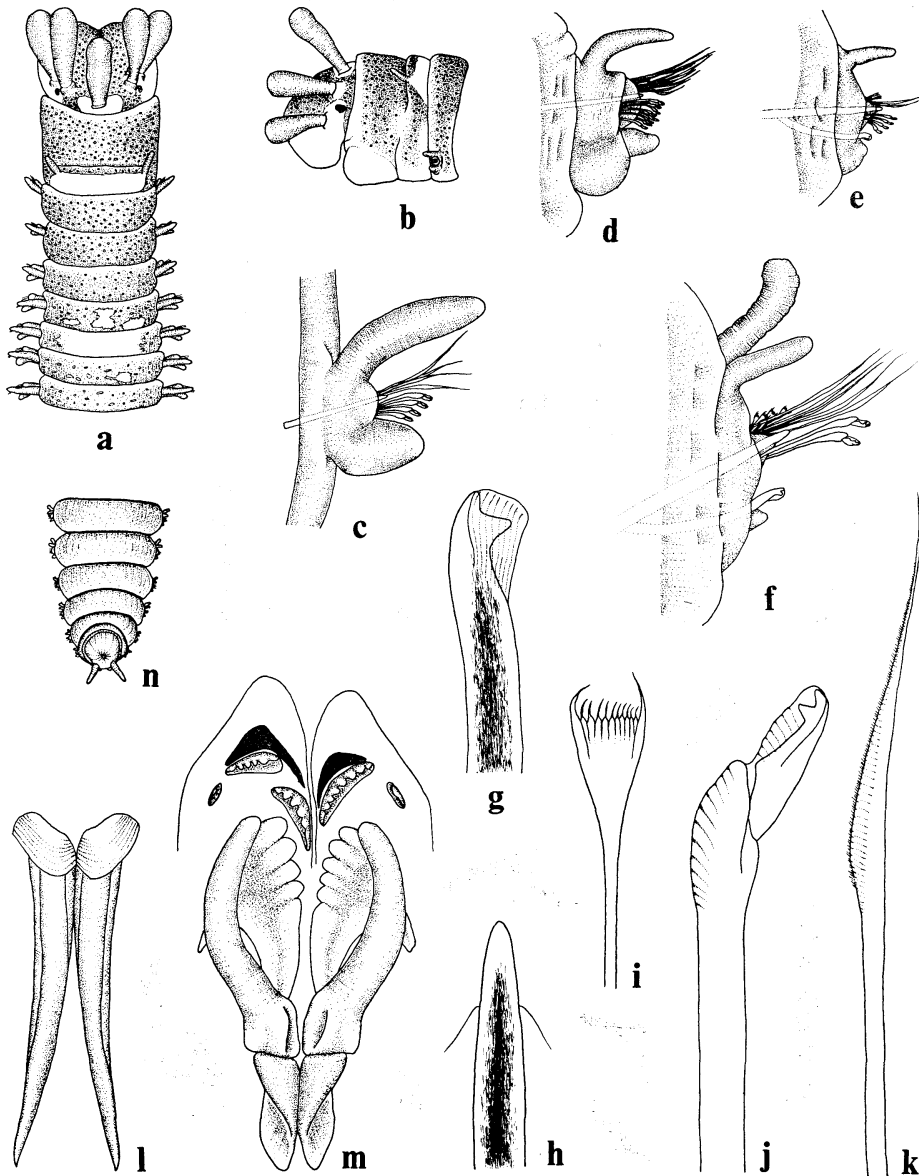


Fig. 3. *Eunice (Nacidion) cariboea* GRUBE, 1865. a, Anterior end, in dorsal view, $\times 40$. b, The same, in anterior view, $\times 40$. c, First parapodium, in anterior view, $\times 200$. d, Parapodium 10, in anterior view, $\times 100$. e, Parapodium 36, in anterior view, $\times 100$. f, Parapodium 109, in anterior view, $\times 100$. g, Subacicular hook, $\times 800$. h, Aciculum, $\times 800$. i, Comb seta, $\times 800$. j, Compound seta, $\times 1600$. k, Capillary seta, $\times 800$. l, Mandibles, in ventral view, $\times 100$. m, Maxillae, in dorsal view, $\times 100$. n, Caudal region, in dorsal view, $\times 40$.

1+1. The maxillary carriers are long and slender (Fig. 3, l).

The pygidium has two smooth dorsal and two very short ventral cirri (Fig. 3, n).

This species is described here as new to Japan.

Distribution: West Indies, Bermuda, Gulf of California, eastern Pacific ocean; Japan.

Discussion: One specimen (E 137) described above lacks peristomial cirri, and the shape of head resembles the condition in the genus *Marphysa*. The specimen was collected with two other specimens from the same habitat at the same time, and there are no significant difference between the three (E 136-138), except for the absence of the peristomial cirri. Thus this specimen (E 137) was referred to *E. (Nacidion) cariboea*.

Marphysa posterobranchia DAY, 1962, was originally described from only one specimen; it differs from the members of the genus *Paramarphysa* which lacks branchia entirely, in that the former has branchiae restricted to the posterior end. Excluding the one character, *i.e.* the presence or absence of peristomial cirri,

M. posterobranchia DAY, 1962, resembles *E. (Nacidion) cariboea* in the many respects: 1. Black, bidentate subacicular hooks appear from about setiger 30, and occur singly in a parapodium. 2. The bidentate compound falcigerous setae have the distal end of the stem to the opposite side of cutting margin occurred. 3. The body is small (about 30 mm long for about 130 setigers) and rounded in cross-section. 4. The first branchia appears from about setiger 90. 5. Capillary setae are winged and comb setae have about 12 teeth. *M. posterobranchia* is here considered a possible synonym of *E. (Nacidion) cariboea*.

The prostomial antennae appear to vary widely in shape, e.g. 'antenas comprimidas, triangulares, pouco mais longas que o prostômio' in NONATO and LUNA [1970, as *E. (Nacidion) kinbergi*], 'cylindrical and irregularly annulated' from the illustration by TREADWELL (1912, as *Nacidion kinbergii*) and 'club-shaped', here. The shape of the prostomial antennae may have little significance as HARTMAN (1944) has suggested.

Genus *Palola* GRAY, 1847

Palola siciliensis (GRUBE, 1840)

(Fig. 4, a-j)

Palola siciliensis: HARTMAN, 1944, p. 131; IMAJIMA and HARTMAN, 1964, p. 261; FAUCHALD, 1970, pp. 68-69; NONATO and LUNA, 1970, pp. 86-87; WU *et al.*, 1975, pp. 83-84.

Eunice siciliensis: OKUDA, 1937, pp. 279-280, figs. 22-23; OKUDA, 1938, p. 95.

Eunice (Palola) siciliensis: DAY, 1967, p. 382, fig. 17, 2, a-f.

Palola viridis: GRAY, 1847, pp. 15-17.

Leodice cariboea: TREADWELL, 1921, pp. 47-49, figs. 136-147, pl. 4, figs. 1-4.

Collection

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
E 56	May 31, 1975 Kominato	2.4	-	-	-	30	-	1.2	A F
E 57	Jun. 1, 1975 Kominato	4.1	-	-	-	118	-	1.5	A F
E 58	Oct. 5, 1975 Kominato	2.7	-	-	-	296	-	1.7	A F
E 151	Feb. 14, 1976 Kominato	3.2	-	-	-	202	-	2.2	S C
E 152	Feb. 19, 1976 Kominato	2.7	57-1	213-1	-	239	1	2.5	S C
E 153	"	2.4	-	-	-	44	-	2.3	A F
E 154	"	2.6	-	-	-	136	-	2.5	C S
E 155	"	2.7	-	-	-	84	-	2.4	A F
E 157	"	5.7	-	-	-	55	-	4.0	A F
E 166	Apr. 16, 1976 Ishigaki	1.8	-	-	-	-	-	1.3	C S
E 167	"	2.0	56-1	-	-	136	1	0.9	C S
E 171	Apr. 17, 1976 Ishigaki	6.8	123-1	-	-	747	1	5.1	S C
E 182	"	5.3	119-1	-	-	511	1	5.0	C S
E 189	Apr. 21, 1976 Ishigaki	4.7	66-1	-	-	285	1	3.0	C S

E 190	Apr. 21, 1976	Ishigaki	5.9	-	-	-	116	-	4.5	A F
E 191	"	"	6.2	-	-	-	26	-	4.2	A F
E 192	Apr. 16, 1976	Ishigaki	1.9	37-1	-	-	147	1	1.8	C S
E 194	Apr. 18, 1976	Ishigaki	7.8	122-1	-	-	732	1	5.9	C S

Description: Many specimens were collected. They were found at the bases of seaweeds, such as *Ecklonia cava* and *Eisenia bicyclis*, in crevices of rocks at Kominato on the Pacific coast of the Boso Peninsula and within corals at Kabira of Ishigaki Island.

The largest one (E 171) autotomised into two pieces measures 210 mm long by 5.1 mm wide including parapodia and has 747 setigers.

The color of the anterior dorsum is greenish brown in large specimens or beige in small ones. Other parts of the body is colorless or

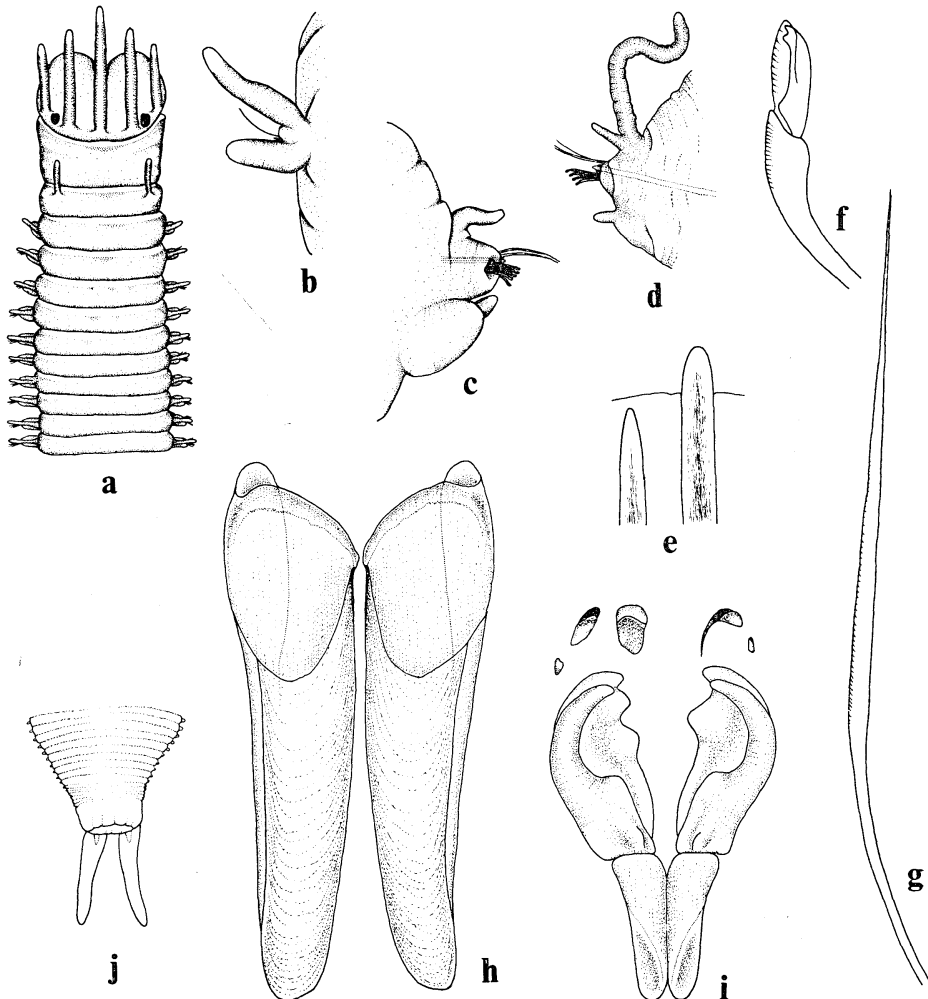


Fig. 4. *Palola siciliensis* (GRUBE, 1840). a, Anterior end, in dorsal view, $\times 25$ (E 57). b, First parapodium, in anterior view, $\times 80$. c, Parapodium 50, in anterior view, $\times 80$. d, Parapodium 158, in anterior view, $\times 25$ (E 182). e, Acicula, $\times 800$ (E 57). f, Compound seta, $\times 800$. g, Capillary seta, $\times 800$. h, Mandibles, in ventral view, $\times 40$ (E 157). i, Maxillae, in dorsal view, $\times 40$. j, Posterior end, in dorsal view, $\times 25$ (E 194).

beige. In epitokous females, the light green eggs can be seen within the posterior body. The male posterior body is pink. Each posterior parapodium is marked by a black pigment spot.

The prostomium is bilobed in front. There are five occipital antennae. All of them are smooth and extend beyond the anterior margin of the prostomium. The central and longest antenna reaches the anterior margin of setiger 7. The inner lateral ones reach setiger 4. The outer ones reach the first setiger. They are irregularly annulated; in a small specimen (E 167) only the median three antennae were present. Two large, ovoid eyes are situated outside the inner lateral antennae (Fig. 4, a). The first peristomial ring is prolonged forwards on the lateral sides; the second ring has a pair of smooth cirri which reach setiger 3.

The first parapodium has a cylindrical ventral cirrus and a filiform dorsal cirrus which is more than twice as long as the other dorsal cirri (Fig. 4b). The dorsal cirri diminish in size posteriorly and the ventral cirri become provided with proximal pads (Fig. 4c). Branchiae are present on posterior parapodia (Fig. 4, d), but the exact distribution could not be determined. The occurrence of branchiae ranges according to the body size of each specimen.

The black acicula are bluntly tapered and number one or two in a parapodium (Fig. 4, e). The compound falcigerous setae in subacicular positions are bidentate and hooded. The stems are characteristically curved (Fig. 4, f). In supracicular positions, there are only capillary setae serrated on one margin (Fig. 4, g).

The pharyngeal apparatus consists of well-developed mandibles and relatively small maxillae. The mandibles have the cutting edges strongly calcified and the shafts are transparent yellow and triangular in the cross-section (Fig. 4, h). They are scoop-shaped. The maxillary supports are long and wide compared to the small maxillary plates. The maxillary formula is Mx. I=1+1, Mx. II=3+2, Mx. III=1+0, Mx. IV=1+1, Mx. V=1+1 (Fig. 4, i).

The pygidium has long dorsal cirri and short ventral cirri (Fig. 4, j).

Distribution: Mediterranean Sea; Atlantic, Indian and Pacific Oceans, in warm waters; Japan.

Discussion: HAUENSCHILD *et al.* (1969) have studied the problems of the lunar-periodic reproduction in *P. siciliensis* (as *Eunice viridis* GRAY, 1847). Recently HOFMAN (1974) dealt with maturation, epitoky and regeneration in this species. These studies have brought us a great deal of knowledge of physiology and ecology of this species.

HARTMAN (1944) named four species of this genus. They are very closely related and the differentiation may be impossible morphologically. Only two species can be separated morphologically in this genus, *i.e.* *P. siciliensis* and *P. paloloides*: HARTMAN, 1944, pp. 131-132. The two species are separated in the dentation of right maxillary plate II, in that the former has two teeth and the latter has three. All specimens examined has two teeth on the right maxillary plate II and thus agree with *P. siciliensis*.

Genus *Marphysa* QUATREFAGES, 1865

Marphysa disjuncta HARTMAN, 1961

(Fig. 5, a-o)

Marphysa disjuncta: HARTMAN, 1961, pp. 81-83, pl. 10, figs. 1-3; FAUCHALD, 1970, pp. 60-61.

Collection

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
E 60	Aug., 1975 Kagoshima Bay	4.4	12-9	25-11	28-1	57	16	2.7	A F
E 61	„	4.6	14-1	25-7	32-1	48	16	2.9	A F
E 62	„	5.3	13-12	27-4	30-1	58	20	3.0	A F

Description: All three specimens collected from the inner part of Kagoshima Bay are anterior fragments. The largest individual (E

62) measures 34.0 mm long and 3.0 mm wide including parapodia, with 86 setigers.

The coloration could not be defined in alcohol

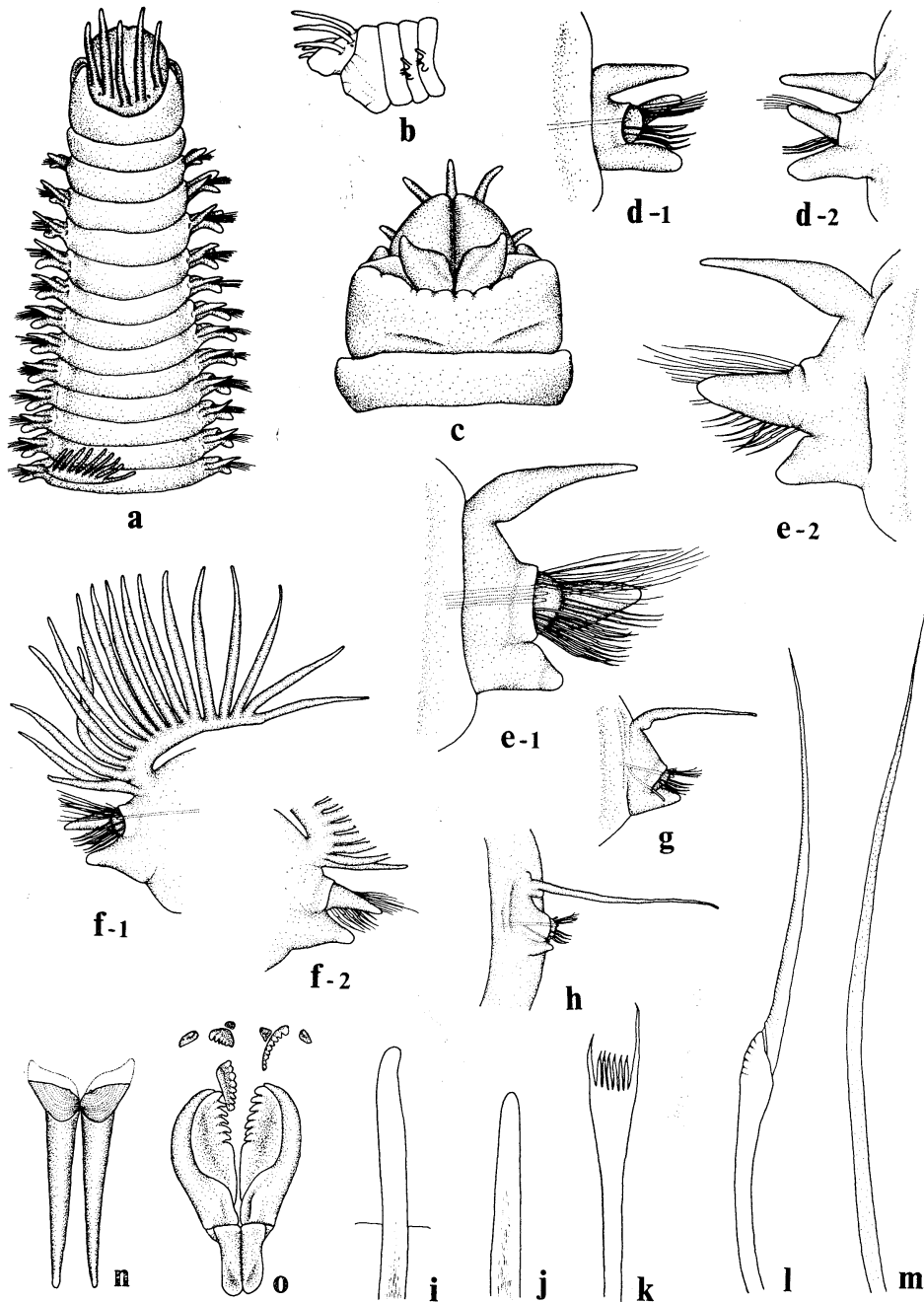


Fig. 5. *Marphysa disjuncta* HARTMAN, 1961. a, Anterior end, in dorsal view, $\times 25$ (E 60). b, The same, in lateral view, $\times 15$. c, Buccal region, in ventral view, $\times 40$. d-1, First parapodium, in anterior view, $\times 80$. d-2, The same, in posterior view, $\times 80$. e-1, Parapodium 8, in anterior view, $\times 80$. e-2, The same, in posterior view, $\times 80$. f-1, Parapodium 21, in anterior view, $\times 40$. f-2, The same, in posterior view, $\times 40$. g, Parapodium 46, in anterior view, $\times 40$. h, Parapodium 77, in posterior view, $\times 40$ (E 61). i, Subacicular hook, $\times 400$ (E 60). j, Aciculum, $\times 400$. k, Comb seta, $\times 800$. l, Compound seta, $\times 800$. m, Capillary seta, $\times 800$. n, Mandibles, in ventral view, $\times 40$. o, Maxillae, in dorsal view, $\times 40$.

preserved specimens.

The five occipital antennae are almost equal in length or the outer pair somewhat shorter. All of them are smooth, slender and get beyond the anterior margin of prostomium (Fig. 5, a). Two small, oval eyes are situated at the outer bases of the inner lateral antennae. The two peristomial rings are equally long dorsally, but the first one is projected forward on both lateral sides (Fig. 5, b). The prostomium is very slightly incised in front and the incision connects to a ventral groove extending to the posterior part of the prostomium (Fig. 5, c). The calcified points of the mandibles are projected from the mouth.

Parapodia are uniramous; the postsetal lobes are remarkable. The first parapodium has a long cone-shaped dorsal cirrus and a cylindrical ventral one. The setal lobe with distally rounded end is supported by one aciculum (Fig. 5, d-1). The digitiform postsetal lobe projects from the parapodium; it is about as high as the dorsal or ventral cirrus (Fig. 5, d-2). Later prebranchial parapodia are larger than the first parapodia and have shorter ventral cirri; each setal lobe has three embedded acicula and the postsetal lobe is tapered (Fig. 5, e). Each branchial parapodium has a conical ventral cirrus, a long dorsal cirrus similar in shape to a branchial filament, a conical postsetal lobe and a rounded setal lobe with one aciculum embedded (Fig. 5, f). The postbranchial parapodium decreases in size, having a long thread-like dorsal cirrus, a conical ventral cirrus and a subacicular hook. The postsetal lobe is lower than the setal lobe in the postbranchial region. Dorsal cirri have knob-like papillae on their ventral bases (Fig. 5, g) and become longer and slenderer with well-developed papillae in more posterior parapodia (Fig. 5, h). Branchiae which extend over the dorsum of each branchial segment start on setigers 12-14; the first branchia has seven to 12 filaments. The number of branchial filaments increases to about 20 at the middle of the branchial region, then decreases to four to ten at the last branchia. The last branchia is on about setiger 25.

Dark subacicular hooks are first present from setigers 27-32, which are the second or third

segment after the last branchial one. They occur singly in each parapodium. Their tips are slightly curved without dentition (Fig. 5, i). Acicula are dark with bluntly tapered ends; their number varies with the body region as described above. The tip projects from the setal lobe in the postbranchial region (Fig. 5, j). Comb setae with asymmetrical lateral extensions and about six inner teeth (Fig. 5, k) occur from near setiger 8 to the posterior ends of fragments. The number is less than five in a fascicles. Compound spinigerous setae have indistinctly serrated blades (Fig. 5, l) and number maximally 30 in a parapodium in the prebranchial region; they become more sparse posteriorly, e.g. six to seven at setiger 45. Simple setae are long and slender with short spines (Fig. 5, m), number six or seven on the first parapodium, increase to more than 20 in a branchial parapodium and decrease to five to seven in a postbranchial parapodium.

The mandibles are anteriorly well calcified on the cutting edges which are sculptured by 15-16 lines. The shafts are slender (Fig. 5, n). The maxillary supports are almost rectangular. The maxillary formula is Mx. I=1+1, Mx. II=(6-7)+(7-9), Mx. III=8+0, Mx. IV=(4-5)+7, Mx. V=1+1 (Fig. 5, o).

This species is described here as new to Japan.

Distribution: Southern California; Kagoshima Bay, Japan.

Discussion: *Marphysa disjuncta* was originally described with about 15 pairs of branchia by HARTMAN (1961). The specimens collected from Kagoshima Bay has 13-14 pairs of branchiae. FAUCHALD (1970) remarked that *M. disjuncta* is distinguished from *M. kinbergi* with 20 pairs of branchiae. *M. bellii* has also about 15 pairs of branchiae; however, *M. bellii* differs from *M. disjuncta* in that the former has both compound falcigers and spinigers but the latter has only compound spinigers. The specimens described here are only anterior fragments with 48-85 setigers, so it is not clear if these specimens had compound falcigers in the posterior lost part of the body. The three specimens are here considered as *M. disjuncta* in that they have subacicular hooks from about setiger 30 in stead of from setiger 39 as in *M. bellii*.

Marphysa sanguinea (MONTAGU, 1815)

(Fig. 6, a-q)

Marphysa sanguinea: FAUVEL, 1923, pp. 408-410, fig. 161, a-h; FAUVEL, 1936, pp. 69-70; OKUDA, 1937, pp. 286-287, fig. 31, a-e; OKUDA, 1938, p. 96; HARTMAN, 1944, pp. 127-128, pl. 8, figs. 179-183; OKUDA and YAMADA, 1954, p. 188; HARTMAN, 1961, p. 84; PETTIBONE, 1963, pp. 236-238, fig. 62, a-k; IMAJIMA and HARTMAN, 1964, pp. 259-260; IMAJIMA, 1967, p. 432; DAY, 1967, p. 396, fig. 17, 5, u-y; IMAJIMA, 1968, p. 32, fig. g; FAUCHALD, 1970, pp. 64-66.

Marphysa iwamushi: IZUKA, 1912, pp. 141-143, pls. 1, fig. 8 and 14, figs. 11-16.

Collection

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
E 67	May 6, 1973 Kominato	11.5	32-1		93-1	265		10.9	C S
E 68	"	11.5	28-1		64-1	271		10.3	C S
E 69	"	12.5	26-1		97-1	251		11.1	C S
E 70	"	10.5	25-1		47-1	189		8.5	C S
E 71	"	11.0	27-2		46-1			10.0	C S
E 72	"	9.8	24-1		56-1			9.9	A F
E 73	"	12.0	30-2		-			11.0	A F
E 74	"	12.0	27-1		-			12.0	C S
E 75	"	15.0	25-1		-			11.5	A F
E 76	"				-	626			C S
E 77	May 4, 1973 Kominato	28.5	47-1		-			16.0	A F
E 78	"	13.0	46-1		43-1			10.0	C S
E 79	"	16.5	50-1		-			14.0	A F
E 80	"	13.0	35-1		-			11.0	A F
E 81	"	13.5	31-1		-			13.0	A F
E 82	"	13.5	31-1		-			11.0	A F
E 83	"	-	-	-	-	-	-	-	P F
E 84	Nov. 5, 1975 Kominato	16.0	29-1		-			10.0	C S
E 85	Nov. 19, 1975 Kominato	13.5	32-1		-			15.0	C S
E 86	"	13.5	31-1		-			11.0	C S
E 87	"	13.0	36-1		-			12.0	C S
E 88	"	13.0	31-1		-			13.0	C S
E 89	"	14.0	34-1		-			12.0	C S
E 90	"	-	-	-	-	-	-	-	P F
E 91	"	19.5	47-1		-	872	8	18.0	C S

Description: Many specimens were collected from rocky areas in the intertidal zone. The largest specimen (E 91) measures 805 mm long by 18.0 mm wide including parapodia (at about setiger 50) and has 872 setigers. The cross-section of each segment is nearly circular in the anterior several segments, and becomes gradually flattened and wider in the remaining part of the body.

The color of the dorsum is reddish brown with metallic iridescence.

The prostomium is bilobed in front. There are five occipital antennae; the median and longest one is twice as long as the prostomium. The first peristomial ring is broad and more

than twice as long as the second one (Fig. 6, a).

Anterior parapodia have well-developed postsetal lobes with almost conical dorsal and ventral cirri. The ventral cirri are provided with proximal pads in branchial parapodia, where the postsetal lobes become low and the setal lobes high. In the first parapodia (Fig. 6, b-c), the postsetal lobes are elongated and cylindrical. The postsetal lobe is higher than the setal lobe in parapodium 5 (Fig. 6, d). Branchiae start from parapodia 30-50 as a single filament or as rudimentary knobs (Fig. 6, e). The first occurrence of the branchiae varies with the size of the specimen. The number of branchial filaments gradually increases to the middle part

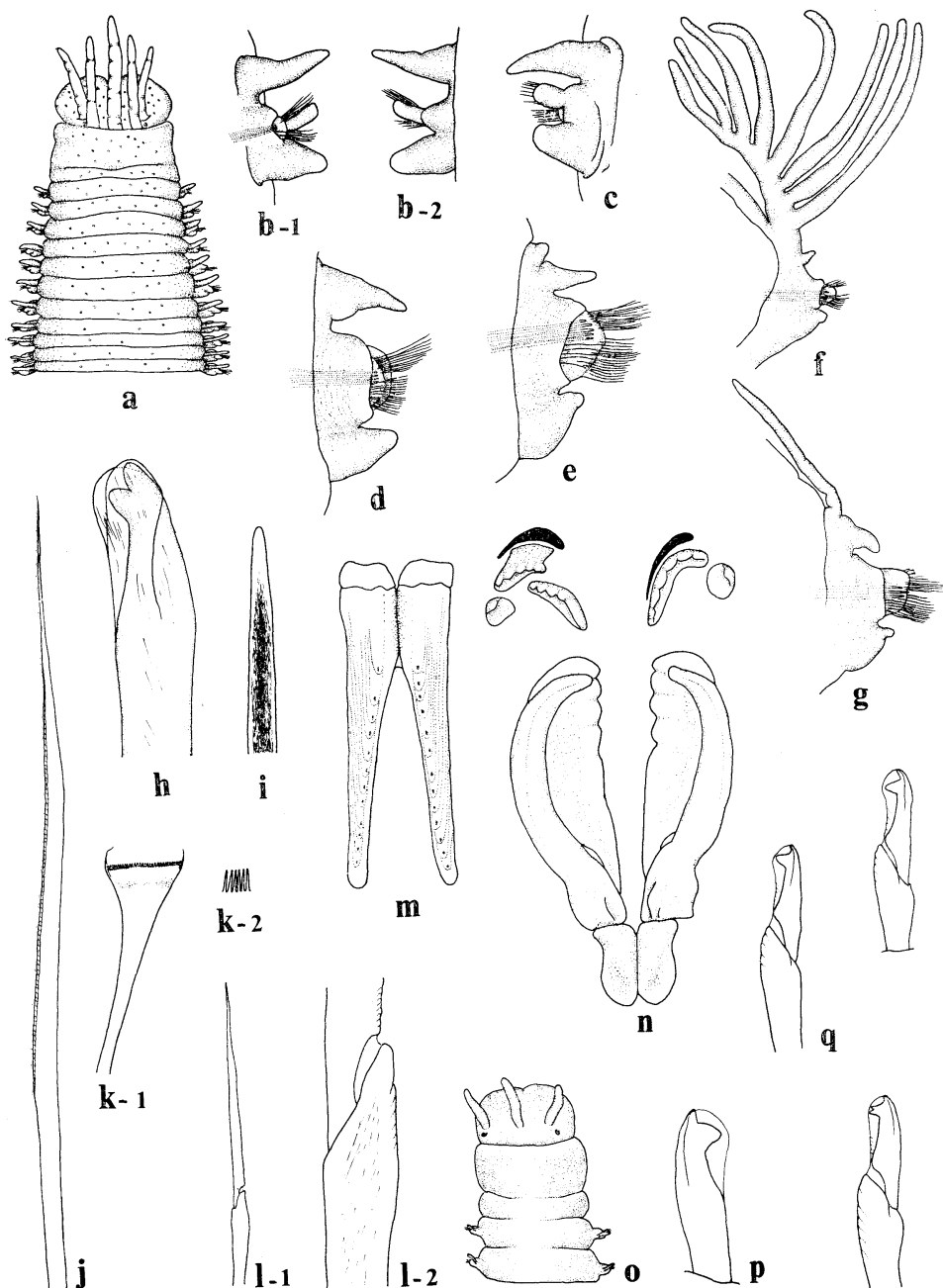


Fig. 6. *Marphysa sanguinea* (MONTAGU, 1815). a, Anterior end, in dorsal view, $\times 6$. b-1, First parapodium, in anterior view, $\times 15$ (E 76). b-2, The same, in posterior view, $\times 15$. c, First parapodium, in posterior view, $\times 15$ (E 91). d, Parapodium 5, in anterior view, $\times 15$. e, Parapodium 47, in anterior view, $\times 15$. f, Parapodium 210, in anterior view, $\times 10$. g, Parapodium 800, in anterior view, $\times 10$. h, Subacicular hook, $\times 400$. i, Aciculum, $\times 100$. j, Capillary seta, $\times 200$. k-1, Comb seta, $\times 100$. k-2, The same, enlarged of part, $\times 1200$. l-1, Compound spiniger, $\times 100$. l-2, The same, enlarged of part, $\times 400$. m, Mandibles, in dorsal view, $\times 15$. n, Maxillae, in dorsal view, $\times 15$. o, Anterior end of young worm, in dorsal view, $\times 30$. p, Subacicular hook of young worm, $\times 400$. q, Compound falcigers of young worm, $\times 400$.

of the body, then it decreases slowly to the posterior end. For example, in specimen E 91, the branchial filaments occur one on parapodium 47, two on p. 51, five on p. 70, seven on p. 90, six on p. 110, eight on p. 170, seven on p. 190, six on p. 350, five on p. 450, four on p. 550, three on p. 700, one on p. 800, and is absent on p. 850. Thus the maximal number of filaments is eight (Fig. 6, f).

Subacicular hooks are bidentate and hooded (Fig. 6, h). In fully grown specimens (of more than 13 mm of head length), they are completely absent and in specimens with 10 mm head length, they start after parapodium 45, but the occurrence is scattered. The smallest specimen, measured 9.8 mm in head length, has subacicular hooks from parapodium 56 to the posterior end of the fragment. The color of the hook is yellow or amber basally and always transparent near the tip. The hook is slender and lighter in color than the aciculum. The apical tooth is swollen compared to the second one. The aciculum is black and stout with bluntly tapered end (Fig. 6, i). They number two to eight in a parapodium. The number is three in the first parapodium, increases to eight in parapodium 90 and decreases to two in far posterior parapodia (on specimen E 91). The number of acicula is lower in small specimens. The simple setae are long, slender and limbate (Fig. 6, j). Each comb seta has more than 30 inner teeth and asymmetrical extensions on the cutting edge (Fig. 6, k-1). The inner teeth are pointed (Fig. 6, k-2). In subacicular positions, there are many compound spinigers. Their blades are serrated on one side (Fig. 6, l).

The mandibles are black and have calcified anterior cutting edges (Fig. 6, m). The maxillary carriers are almost rectangular with rounded, concave end pieces. The maxillary formula is Mx. I=1+1, Mx. II=(3-4)+(3-4), Mx. III=(4-6)+0, Mx. IV=(3-4)+(3-7), Mx. V=1+1 (Fig. 6, n).

The pygidium has two long dorsal and two very short ventral cirri.

Young specimens

In addition to the specimens collected, about 50 young specimens donated by Akita-ken Oga Aquarium were examined. These specimens had been reared in containers.

They range from 10-30 mm in length and 1.0-3.0 mm in width. The number of setigers are 39-91. Four individuals with three prostomial antennae measure 11.5-21.0 mm long by 1.1-1.6 mm wide for 32-62 setigers (Fig. 6, o). Subacicular hooks always present in young worms are bidentate and hooded (Fig. 6, p). The two teeth are somewhat sharper than in adult worms. The hooks start from setigers 15-20, depending on the development of branchiae. Branchiae are present as single or bifurcate filaments and are restricted to the middle body. They start from setigers 13-15. A few caudal parapodia have compound falcigerous setae. These are hooded, bidentate or sometimes tridentate (Fig. 6, q).

Distribution: Mediterranean Sea; Atlantic, Indian and Pacific oceans, cosmopolitan in warm waters; Japan.

Discussion: It has been suggested by FAUCHALD (1970) that the distribution of branchiae and the appearance of subacicular hooks are variable in this species. PETTIBONE (1963) reviewed what the biology of *Marphysa sanguinea* is. She also mentioned that the young worms may have compound falcigers and less than five antennae. The adult worms are frequently used as bait in Japan and known under the name of 'Iwa-mushi' or 'Iwa-isome'. These names mean rocky eunicid worms. These terms are considered to indicate the biological habitat of this species. In winter night, at ebb tide, the worms can be observed extending their anterior bodies from the tubes and feeding on seaweeds or little animals.

Genus *Lysidice* SAVIGNY, 1818

Lysidice ninetta AUDOIN and MILNE EDWARDS, 1833

(Fig. 7, a-n)

Lysidice ninetta: FAUVEL, 1923, pp. 411-412, fig. 162, a-g; MONRO, 1933, pp. 70-71; HARTMAN, 1944, p. 125; HARTMAN, 1948, p. 83; DAY, 1967, p. 403, fig. 17, 8, g-i; FAUCHALD, 1970, pp. 52-53;

NONATO and LUNA, 1970, pp. 84-85.

Lysidice ninetta collaris: WU *et al.*, 1975, p. 84.

Lysidice collaris: CROSSLAND, 1904, pp. 143-144; IZUKA, 1912, pp. 133-135, pl. 14, figs. 9-10; MONRO, 1933, pp. 69-70; MONRO, 1937, p. 290; OKUDA, 1937, pp. 288-289, fig. 34, a-e; OKUDA, 1938, p. 96; HARTMAN, 1948, pp. 83-84; DAY, 1967, pp. 402-403, fig. 17, 8, a-f; IMAJIMA, 1967, p. 432; IMAJIMA, 1968, p. 31.

		Collection									
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J		
E 92	May 4, 1973 Kominato	6.0	-	-	26-1	86	-	5.5	AF		
E 93	"	6.5	-	-	20-1		-	5.7	AF		
E 94	"	6.5	-	-	27-1		-	5.5	AF		
E 95	May 31, 1975 Kominato	2.1	-	-			-	1.3	AF		
E 96	"	3.8	-	-	21-1		-	3.1	AF		
E 97	Jun. 12, 1975 Oga	5.3	-	-	21-1	75	-	3.0	CS		
E 98	"	5.3	-	-	22-1		-	3.2	AF		
E 99	"	4.3	-	-	20-1		-	3.4	CS		
E 100	"	5.1	-	-	22-1		-	4.0	AF		
E 101	"	2.1	-	-	18-1		-	1.8	AF		
E 102	Jun. 13, 1975 Oga	3.2	-	-	21-1		-	2.2	CS		
E 103	Oct. 4, 1975 Kominato	5.0	-	-	19-1		-	2.8	AF		
E 104	"	4.4	-	-	21-1		-	4.0	AF		
E 105	"	3.5	-	-	21-1		-	1.8	AF		
E 106	"	3.7	-	-	26-1		-	1.7	AF		
E 107	Oct. 5, 1975 Kominato	3.0	-	-	22-1		-	1.7	CS		
E 108	"	1.0	-	-			-	0.8	AF		
E 109	"	1.3	-	-			-	0.8	CS		
E 110	"	1.1	-	-			-	0.8	CS		
E 111	"	1.1	-	-			-	0.8	CS		
E 112	"	2.2	-	-	22-1	40	-	2.0	AF		
E 113	"	3.0	-	-	23-1	51	-	2.5	AF		
E 146	Feb. 19, 1976 Kominato	6.5	-	-	21-1		-	6.0	AF		
E 147	"	4.0	-	-	20-1		-	3.8	CS		
E 148	"	5.5	-	-	20-1		-	5.5	CS		
E 149	Feb. 14, 1976 Kominato	3.1	-	-	18-1		-	1.7	CS		
E 150	Feb. 17, 1976 Kominato	3.0	-	-	18-1		-	3.5	CS		
E 160	Apr. 16, 1976 Ishigaki	4.5	-	-	19-1		-	4.0	AF		
E 161	"	3.3	-	-	17-1		-	3.2	AF		
E 162	"	4.6	-	-	17-1		-	3.8	AF		
E 163	"	3.9	-	-	16-1		-	3.0	CS		
E 164	"	2.9	-	-	19-1		-	2.5	AF		
E 165	"	3.4	-	-	17-1		-	3.1	AF		
E 168	"	-	-	-	-	-	-	-	PF		
E 183	Apr. 17, 1976 Ishigaki	3.5	-	-	18-1		-	3.5	AF		
E 184	"	3.7	-	-	19-1		-	3.3	AF		
E 185	"	6.5	-	-	18-1		-	4.2	AF		
E 186	"	2.1	-	-	20-1		-	3.0	CS		
E 187	"	3.5	-	-	19-1		-	3.6	CS		
E 188	"	3.0	-	-	20-1		-	3.0	CS		

Description: Many specimens were collected from intertidal or subtidal rocky areas. These specimens include a wide range of sizes; the

smallest young worm measures 1.0 mm in head length and 0.8 mm in width. On the other hand, the largest one measures 6.5 mm in head

length and 5.7 mm in body width. Most of the specimens examined were incomplete. Even when complete, the specimens usually divided into some pieces due to the fragile nature of the body of this species.

The color of dorsum is reddish brown with numerous white dots. Colorless transverse bands appear only on setiger 2 or both setigers 2 and 3.

The prostomium is bilobed in front and twice as long as the first setiger (Fig. 7, a). There are three occipital antennae, subequal in length and projecting slightly from the anterior margin

of the prostomium. Two eyes situated outside the paired tentacles are usually reniform but sometimes oval (Fig. 7, b). The first peristomial ring is broader than the second.

Parapodia are uniramous and lack branchiae. The dorsal cirri are long and cylindrical in the first few parapodia (Fig. 7, c) or short and conical in posterior parapodia (Fig. 7, d). The ventral cirri are also long in anterior parapodia and short with proximal pad in posterior ones. The postsetal lobe is higher than the presetal or setal lobe.

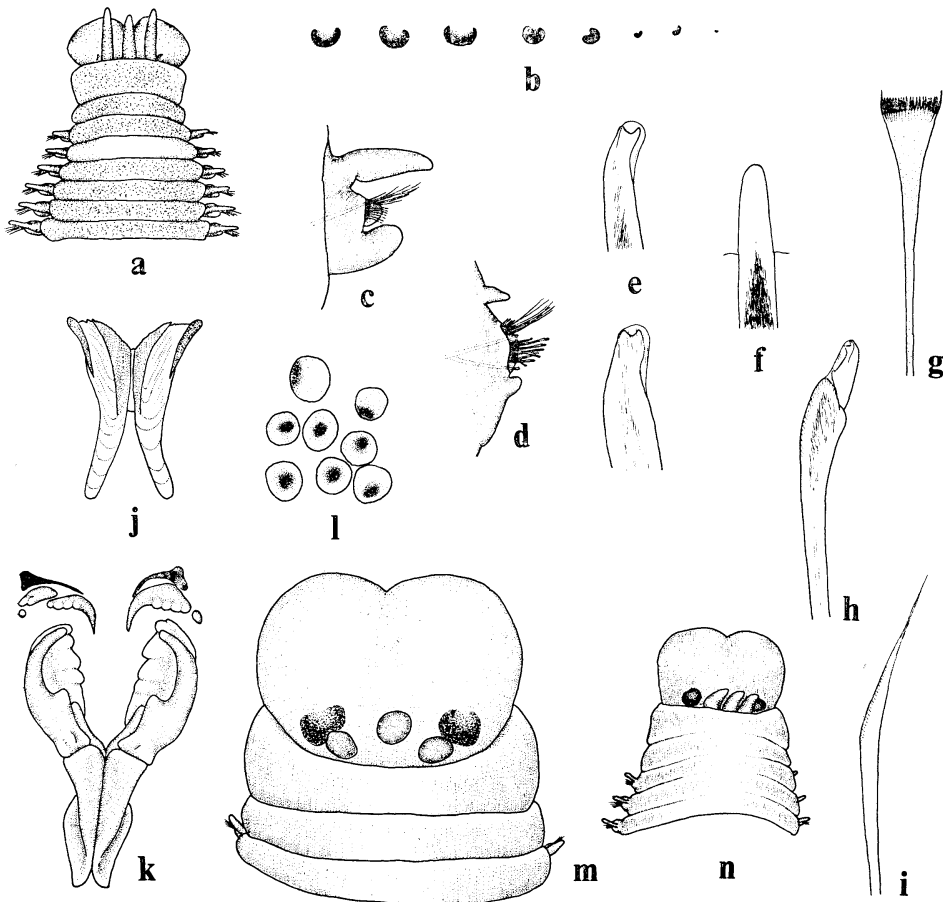


Fig. 7. *Lysidice ninetta* AUDOIN and MILNE EDWARDS, 1833. a, Anterior end, in dorsal view, $\times 10$ (E 93). b, The left eyes of several specimens, $\times 50$ (from left to right, E 92, 93, 94, 97, 104, 107, 110). c, First parapodium, in anterior view, $\times 60$ (E 92). d, Parapodium 45, in anterior view, $\times 50$. e, Subacicular hooks, $\times 400$ (E 188, 92). f, Aciculum, $\times 250$. g, Comb seta, $\times 500$. h, Compound seta, $\times 400$. i, Capillary seta, $\times 400$. j, Mandibles, in dorsal view, $\times 15$. k, Maxillae, in dorsal view, $\times 25$. l, Eggs, $\times 80$. m, Anterior end of epitokous female, in dorsal view, $\times 80$ (E 133). n, Anterior end of epitokous male, in dorsal view, $\times 50$ (E 112).

Dark subacicular hooks are bidentate and hooded. Both teeth are directed upward along the stem. In the large specimen, the hooks lack hood and their teeth become dull (Fig. 7, e). Subacicular hooks start from setigers 16-25 in these specimens. Acicula are darker and stouter than the subacicular hooks; they appear singly in a parapodium and have bluntly tapered tips (Fig. 7, f). Each comb seta has nearly symmetrical lateral extensions and more than ten inner spines (Fig. 7, g). Compound setae, situated in subacicular positions, are bidentate and hooded (Fig. 7, h). The cutting edge of the hood and the distal part of the stem are serrated. Both teeth of the blade are directed laterally. Simple setae are broad and serrated on the middle portion (Fig. 7, i).

The mandibles are H-shaped with two black horny plates on their outside. They sometimes are calcified on the cutting edge (Fig. 7, j). The maxillary carriers are long and relatively narrow. The maxillary formula is Mx. I=1+1, Mx. II=(3-4)+(3-4), Mx. III=(3-4)+0, Mx. IV=(1-3)+(2-4), Mx. V=1+1 (Fig. 7, k).

The pygidium has two long dorsal and two short ventral cirri.

Epitokous specimen

Two epitokous specimens were collected from the bases of seaweed at Kominato. Specimen E 133 is a female with purplish eggs within the body. When the worm was captured, it released the eggs from the dorsal part of the parapodia. The eggs have large yolk granules and purple pigments at their vegetal pole (Fig. 7, l). Thus the adult females are colored purplish posterior to setiger 25. The anterior body is beige colored in epitokous females, without the distinct bands of the atokous stage. The prostomial antennae are very short and conical. Outside the paired antennae, there are two enlarged oval eyes (Fig. 7, m).

In the male specimen (E 112), the anterior body is beige without bands and the posterior body is pink by the mixture of red blood and white male products. The eyes are also rounded and enlarged (Fig. 7, n).

Distribution: Red Sea; Mediterranean Sea; Atlantic, Indian and Pacific Oceans; Japan.

Discussion: *Lysidice collaris* was considered

synonymous with *L. ninetta* by FAUCHALD (1970), who did not consider the character used to differentiate the two species, *i. e.* the shape of eye as significant. FAUCHALD (1970) mentioned that the shape of eye is related to the start of the subacicular hooks and that the latter depends on the size of the specimen. The specimens examined here did not present a clear relationship between the two diagnostic characters and the size of the specimen; however, these two characters may be related to the physiological condition of this species. In the epitokous stage the eyes become enlarged and the outline becomes obscured. The dilatation of the eyes causes the shape to become oval or circular. The anterior or central part of eye, however, remains somewhat lighter in color.

The three antennae are considerably shorter in epitokous stage than in atokous stage. This was mentioned of *L. ninetta* by MONRO (1933, p. 71). *L. collaris* may be considered as an atokous stage of *L. ninetta*. The present author considers that the two named species are synonymous.

4. Literature cited

- CROSSLAND, C., 1904: The Polychaeta of the Maldivic Archipelago from the collections made by J. Stanley GARDINER in 1899. Proc. Zool. Soc. London, 1904: 270-286, 2 pls., 5 figs.
- DAY, J. H., 1962: Polychaeta from several localities in the Western Indian Ocean. Proc. Zool. Soc. London, 139: 624-656, 5 figs.
- DAY, J. H., 1967: A monograph of the Polychaeta of Southern Africa. Part 1. Errantia. British Mus. (Nat. Hist.), London. xxxix+458 pp., 17 pls., 1 map.
- FAUCHALD, K., 1969: A revision of six species of the *Flavus-Bidentatus* group of *Eunice* (Eunicidae: Polychaeta). Smithsonian. Contrib. Zool., 6: 1-15, 6 figs.
- FAUCHALD, K., 1970: Polychaetous annelids of the families Eunicidae, Lumbrineridae, Iphitimidae, Arabellidae, and Dorvilleidae from Western Mexico. Allan Hancock Monogr. Mar. Biol., 5: 1-335, 27 pls.
- FAUVEL, P., 1923: Polychètes errantes. Faune de France, 5: 1-448, 181 figs.
- FAUVEL, P., 1936: Annélides polychètes du Japon. Mem. Coll. Sci., Kyoto Univ., ser. B, 12: 41-92, 1 fig.

- GRAY, J. E., 1847: An account of *Palola*, a sea worm caten in the Navigator Islands. Proc. Zool. Soc. London, **15**: 17-18.
- HARTMAN, O., 1944: Polychaetous annelids. Part 5, Eunicea. Allan Hancock Pac. Exped., **10**: 1-181, 18 pls.
- HARTMAN, O., 1948: The marine annelids erected by KINBERG, with notes on some other types in the Swedish State Museum. Ark. Zool., Stockholm, **42a**: 1-137, 18 pls.
- HARTMAN, O., 1961: Polychaetous annelids from California. Allan Hancock Found. Pac. Exped., **25**: 1-226, 34 pls.
- HAUENSCHILD, C., A. FISCHER and D.K. HOFMANN, 1969: Untersuchungen am pazifischen Pololowurm *Eunice viridis* (Polychaeta) in Samoa. Helgol. wiss. Meeresunters., **18**: 254-295.
- HOFMANN, D.K., 1974: Maturation, epitoky and regeneration in the polychaete *Eunice siciliensis* under field and laboratory conditions. Mar. Biol., **25**: 149-161.
- IMAJIMA, M., 1967: Errant polychaetous annelids from Tsukumo Bay and vicinity of Noto Peninsula, Japan. Bull. Nat. Sci. Mus., Tokyo, **10**: 403-441, 12 figs.
- IMAJIMA, M., 1968: Polychaetous annelids from Hayama, Miura Peninsula. Sci. Rep. Yokosuka City Mus., **14**: 20-41, 6 pls. (In Japanese).
- IMAJIMA, M., and O. HARTMAN, 1964: The polychaetous annelids of Japan. Part 2. Allan Hancock Found. Publ. Occas. Pap., **26**: 239-452, 3 pls.
- IZUKA, A., 1912: The errantiate Polychaeta of Japan. J. Coll. Sci., Tokyo Univ., **30**: 1-262, 24 pls.
- MCINTOSH, W.C., 1885: Report on the Annelida Polychaeta collected by H.M.S. Challenger during the years 1873-76. Rep. Sci. Res. Challenger (Zool.), **12**: 1-554, 94 pls.
- MIURA, T., 1977: Euniceid polychaetous annelids from Japan—I. La mer, **15**: 1-20, 9 figs.
- MONRO, C., 1933: The Polychaeta Sedentaria collected by Dr. C. CROSSLAND at Colon, in the Panama region, and the Galapagos Islands during the expedition of the S. Y. St. George. Proc. Zool. Soc. London, 1933: 1039-1092, 31 figs.
- MONRO, C., 1937: Polychaeta. The John Murray Expedition, 1933-1934, Sci. Rep., **4**: 243-321, 28 figs.
- MOORE, J.P., 1903: Polychaeta from the coastal slope of Japan and from Kamchatka and Bering Sea. Proc. Acad. Nat. Sci. Phila., **55**: 401-490, 5 pls.
- NONATO, E.F. and J.A.C. LUNA, 1970: Annelídeos poliquetas do nordeste do Brasil. I-Poliquetas bentônicos da Costa de Alagoas e Sergipe. Bolm Inst. oceanogr. S Paulo, **19**: 57-130.
- OKUDA, S., 1937: Polychaetous annelids from the Palau Islands and adjacent waters, the South Sea Islands. Bull. Biogeogr. Soc. Japan, **7**: 257-315, 59 figs.
- OKUDA, S., 1938: Polychaetous annelids from the vicinity of the Mitsui Institute of Marine Biology. Jap. J. Zool., **8**: 75-105, 15 figs.
- OKUDA, S., and M. YAMADA, 1954: Polychaetous annelids from Matsushima Bay. J. Fac. Sci., Hokkaido Univ., ser. 4, **12**: 175-199, 10 figs.
- PETTIBONE, M.H., 1963: Marine polychaete worms of the New England region. 1. Aphroditidae through Trochochaetidae. Bull. U.S. Nat. Mus., **227**: 1-356, 83 figs.
- TREADWELL, A.L., 1921: Leodicidae of the West Indian Region. Pap. Tortugas Lab., Carnegie Inst., **15**: 1-131, 9 pls.
- WU, B., S. SHEN and M. CHEN, 1975: Preliminary report of Polychaetous annelids from Xisha Islands, Guangdong Province, China. Stud. Mar. Sin., **10**: 65-104, 10 figs. (In Chinese with English abstract).

日本産イソメ科多毛環虫類—II

三 浦 知 之

要旨：第1報 (MIURA, 1977) に続き，日本各地から採集されたイソメ科多毛環虫類について分類学的研究の結果を報告する。

本報ではイソメ科の4属 *Eunice*, *Palola*, *Marphysa*, *Lysidice* に属する7種が扱かれ，日本未記録の2種 *E. (Nigidion) cariboea*, *M. disjuncta* と1新種 *E. spinea* sp. nov. が記載された。

E. vittata は浅海底に比較的普通に見られ，3歯黄色の足刺状剛毛と体前部にだけ発達した鰓を持っている。*E. spinea* は鹿児島湾の20~200 m の海底から採集されたもので，長複剛毛を持つ数少ない *Eunice* 属の1種である。足刺状剛毛は2歯黒色で，最高3分枝する鰓が第9節に始まる。*E. (Nigidion) cariboea* は汎世界種で2歯黒色の足刺状剛毛と体後部にだけ鰓がみられる。*Palola* 属は足刺状剛毛と櫛状剛毛を欠く点で *Eunice* 属とは区別され，*P. siciliensis* は中でもよく知られた種で，体後部にだけ鰓がある。*Marphysa* 属は囀口部に感触鬚がなく，前感触手が5本ある。*M. disjuncta* は従来南カリフォルニア沖から知られていたが，鹿児島湾にも生息することが確認された。長複剛毛と体前部に対する鰓がある。*M. sanguinea* は世界的に分布する普通種で，長複剛毛と体前部から後端近くまで分布する鰓がある。*Lysidice* 属は前感触手が3本で鰓がない。*L. ninetta* は以前は *L. collaris* として知られていた種で，わが国沿岸に極めて普通である。

Beam Attenuation and Particle-size Distribution in the Kuroshio Area*

Kanau MATSUIKE** and Tsutomu MORINAGA***

Abstract: The authors had an opportunity to participate in KH75-5 Navigation of the Hakuho-maru of Tokyo University. The title of this study was "Study of Stream and Fine Structure of Kuroshio Area." During the navigation, which traversed the Kuroshio in two different locations, beam attenuation was measured at many positions to determine from the viewpoint of attenuation measurements the structure of the Kuroshio area as well as its interface with the coastal water. Particle sizes were also measured to determine their distribution from the surface to 3,500 m at some strategic locations. These measurements were made simultaneously with other measurements of temperatures, salinities, and current velocity. The results of the survey are summarized as follows,

1. A turbid water layer having a thickness of about 20 meters was observed at depths of 50 to 60 meters in the Kuroshio. This turbid water mass joins with turbid coastal water when the Kuroshio approaches near to the coast of Japan. It was found that these two water masses; coastal and Kuroshio waters had equal in-situ density. This feature is considered to offer a valuable suggestion regarding the motion of water at the interface between these different water masses.
2. The optical attenuation in the Kuroshio remains approximately constant regardless of time and position, exhibiting a constant value of 0.11 m^{-1} to 0.12 m^{-1} (486 nm). This provides a useful criterion for comparing the extent of attenuation in other water masses.
3. In a specific water mass of the Kuroshio in which turbidity retains a very stable value, the concentration of suspended particles is 0.18 ppm and their average diameter is 1.27μ . In every water area covered by this survey, the particle volume in layers deeper than 50 meters decreased with depth. The particle concentration was 0.01 ppm at the depth of 500 meters and then, it scarcely changed up to the depth of 3,500 meters.

1. Introduction

It is well known that turbidity in water is closely related to the quantities and characteristics of tiny suspended matter and organic dissolved substances. Studies on the turbidity of water were started earlier than those on other optical characteristics in sea water and are classified roughly into two categories—one is the distribution of turbidities themselves and the other is the relationship between turbidities and the quantities of various substances in suspension. The studies of JOSEPH (1955), NISHIZAWA and INOUE (1958), BALL and LAFOND (1964)

and DRAKE (1971) belong to the former category. They have introduced the measurements in turbidities of the Norwegian coastal water, East China Sea, coastal water off Mission Beach of California, and water of the Santa Barbara Channel, respectively and suggested the relationship between the distribution of turbidities and the thermoclines. The studies of JONES and WILLS (1956), NISHIZAWA and INOUE (1964), and TAKEMATSU *et al.* (1971) pertain to the latter category. They have investigated the relationship between turbidities and mud of the River Thames, living plankton, and suspended matters, respectively. TYLER *et al.* (1974) have reviewed the theoretical basis for measurement of beam transmittance of water, and errors in the measurement of beam transmittance have also been reviewed by MOREL (1974) and JER-

* Received March 23, 1977

** Tokyo University of Fisheries, 4-5-7, Konan, Minato-ku, Tokyo, 108 Japan

*** Faculty of Agriculture, Kinki University, 3-4-1, Kowakae, Higashiosaka-shi, Osaka, 577 Japan

LOV (1968). Besides, the relationship between sizes of suspended particles and turbidities has been theoretically and experimentally studied by BURT (1957), TUCKER *et al.* (1969) and OWEN (1974).

It can be said, however, that each of the studies belonging to the former category is based on a limited number of measurements obtained from coastal or inlet water and does not deal with the turbidity of oceanic water. Furthermore, the data from those studies are not coherent or systematic enough because such data are obtained by means of the diverse instruments made by the scientists themselves. The studies belonging to the latter category do not answer the question; "how and to what extent does each of the suspended substances affect the turbidity of the water."

Recently, R. C. SMITH and J. E. TYLER of Scripps Institution of Oceanography have demonstrated the value of precision of measurement of the beam attenuation coefficients found in the literature (1976) and AUSTIN (1973) has measured the beam attenuation coefficient of water of the Sargasso Sea (Data Report of SCOR Discover Expedition).

There are still many problems to be cleared up in this field of study, firstly, how to obtain accurate data for the attenuation coefficient in different sea areas, secondly, how to determine to what extent each of the suspended particles or dissolved organic substances affect the turbidity of water, and thirdly how to apply the measurements to the studies of physical oceanography and to what extent marine life is directly or indirectly influenced by the turbidity of coastal water.

2. Instrument and observation method

The submarine instrument for the measurement of beam transmittance is the XMS in-situ transmissometer manufactured by MARTEK Co., Ltd. The design of this instrument was based on the instrument introduced by PETZOLD and AUSTIN (1967). The instrument is provided with a path length of 1 meter and uses a wratten filter (No. 45), in order to measure blue light transmittance at the peak wave length of 493 nm; (the medium wave length is 486 nm,

and the bandpass (50 % points) is 53 nm, respectively).

The XMS in-situ transmissometer together with an EPR-3T high sensitive self-registering recorder manufactured by TOA DENPA Co., Ltd. was used for measurements of beam transmittance and pertaining depths both of which were automatically recorded during the survey. These observations were conducted from the surface water to the depth of 160 meters. A Coulter Counter, manufactured by COULTER ELECTRONICS Inc., was used to measure suspended particles having their sizes not less than 1μ . These measurements were made in the different waters sampled from each layer at each observation station.

3. Observation stations

The Navigation No. KH75-5 of Hakuho-maru was made from September 12 to October 27 in the year of 1975. Fig. 1 shows the distribution of observation stations. The stations were spaced at 6 mile intervals and the time assigned to the measurement at each station was about 10 minutes, unless otherwise specified. The accurate position of the ship at each station could be secured by use of a bow-thruster in spite of strong winds or currents.

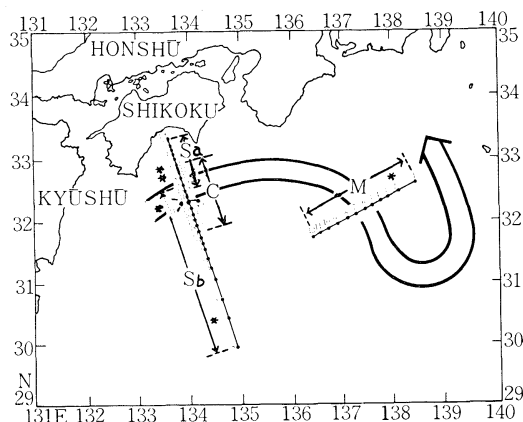


Fig. 1. Distribution of observation stations. Remarks: C, Sa, M and Sb stand for cutting plane lines across the Kuroshio, respectively. Symbol* shows the station where sizes of suspended particles are measured. Schematic belt is the Kuroshio stream path with a speed of 1.5 knots or more.

The symbol "C" (in all Figures) stands for the track between St. C₁ and St. C₁₂ traversing the Kuroshio from the south to the north. The survey at these stations was conducted from 18:00 on September 20 to 04:00 on September 21, 1975 (Japanese Local Time). According to the GEK measurements at these stations, it was indicated that the direction of flow of Kuroshio was towards the east, centering at St. C₈₋₉ (between C₈ and C₉) with a velocity of 2.7 knots and the range of stream flow with a speed more than 1.5 knots was extended from St. C₉₋₁₀ to St. C₇.

The symbol "Sa" (in all Figures) a cross section between St. S₁ and St. S₁₀ distributed from the north to the south. The survey at these stations was carried out two days after the survey at line "C," from 13:00 on September 22 to 09:00 on September 23, 1975. St. S₉ and St. C₉ were at the same Latitude and Longitude. The Kuroshio was slightly shifted towards the north in those days and its velocity had changed to 3.0 knots centering at St. S₈₋₉ and the range of stream flow with a speed more than 1.5 knots was extended from St. S₇₋₈ to St. S₁₀.

The symbol "M" (in all Figures) indicates a cross section between St. M₁ and St. M₁₂ traversing from the east to the west across a mass of cold water, the Kuroshio and the water southward of Kuroshio. The survey at these stations was conducted from 05:00 on September 28 to 02:00 on September 30, 1975. The distance between St. M₁ and St. M₂ in this survey was exceptionally long (12 miles). During this period a mass of cold water stagnated off the Kumano-nada and the direction of Kuroshio started to change at the proximity of the line "M" making a winding path as shown in Fig. 1. The stations M₁ to M₅ were located in the cold-water mass, St. M₅ to M₇ in the Kuroshio, and St. M₇ to M₁₂ in the water southward of Kuroshio. The strong stream of Kuroshio, with a speed of 2.0 knots, was flowing in the SSE direction centering at St. M₆ and the range of stream flow with a speed no less than 1.5 knots was extended from St. M₅ to St. M₇.

The symbol "Sb" (in all Figures) stands for a cross section between St. S₉ and St. S₂₈. The majority of these stations were located in the

water southward of Kuroshio. The survey at these stations was conducted from 02:00 on October 1 to 18:00 on October 4, 1975. During this period the stream of Kuroshio was flowing from the west to the east and a little northward at St. S₁₃. The distance between St. S₂₅ & S₂₆ and S₂₆ & S₂₇ was 12 miles and the distance between St. S₂₇ and St. S₂₈ was 18 miles. The symbol* (asterisk) stands for an observation station where sizes of suspended particles were measured by Coulter Counter.

4. Distribution of turbidities

Each of four cross-sectional views, C, Sa, M, and Sb, shown in Fig. 1 is presented in Fig. 2, 3, 4, and 5, respectively (Each of these views shall be simply referred to as "Section C," "Section Sa," "Section M," and "Section Sb," respectively, hereinafter). In these views, every Arabic numeral exhibited on iso-lines stands

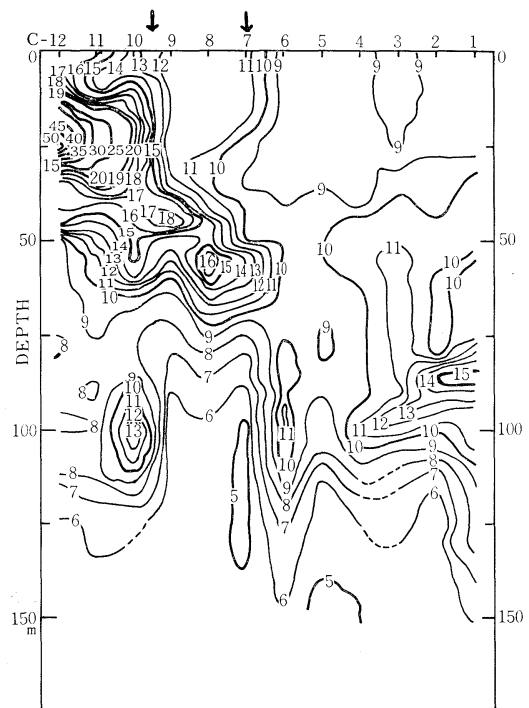


Fig. 2. Vertical profile of beam attenuation coefficient, α , from St. C₁ to St. C₁₂.

Remarks: Figures on iso-lines denote values of $\alpha \times 10^2 \text{m}^{-1}$. Arrows show the northern and the southern boundary of the Kuroshio area with a current speed of 1.5 knots or more.

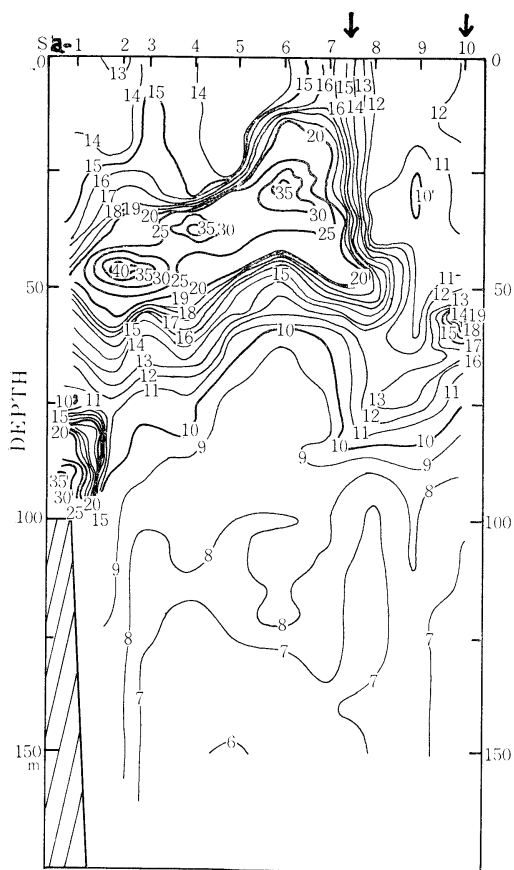


Fig. 3. Vertical profile of beam attenuation coefficient, α , from St. S₁ to St. S₁₀.

Remarks: Figures on iso-lines denote values of $\alpha \times 10^2 \text{m}^{-1}$. Arrows show the northern and the southern boundary of the Kuroshio area with a current speed of 1.5 knots or more.

for the value of beam attenuation coefficient multiplied by 10^2 and, therefore, the numerals increase in proportion to the degrees in turbidity of water. It can be easily understood from these graphs that there is a distinct boundary between the coastal water mass and the Kuroshio stream as shown by the distribution of turbidities.

The most interesting aspects seen in these four vertical profiles can be pointed out as follows,

1. In the area of the Kuroshio stream, there is a layer of turbid water having a thickness of about 20 meters at depths of 50 to 60 meters. It is exhibited in Section C that this turbid

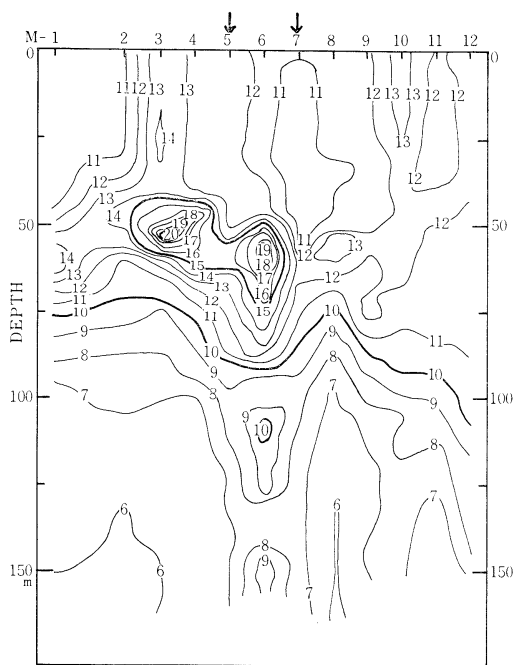


Fig. 4. Vertical profile of beam attenuation coefficient, α , from St. M₁ to St. M₁₂.

Remarks: Figures on iso-lines denote values of $\alpha \times 10^2 \text{m}^{-1}$. Arrows show the eastern and the western boundary of the Kuroshio area with a current speed of 1.5 knots or more.

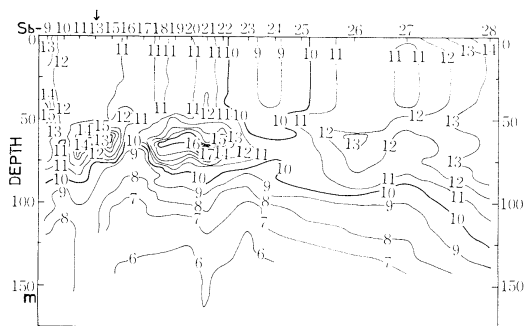


Fig. 5. Vertical profile of beam attenuation coefficient, α , from St. S₉ to St. S₂₅.

Remarks: Figures on iso-lines denote values of $\alpha \times 10^2 \text{m}^{-1}$. An arrow shows the southern boundary of the Kuroshio area with a current speed of 1.5 knots or more.

layer of the Kuroshio joins and mixes with a turbid coastal water mass near the coast of Shikoku. This feature is also seen in Section Sa which is based on data obtained in the survey

conducted two days later than the survey for Section C. The profiles of the Kuroshio and coastal turbid water masses around the area of mixing at Section C and Sa have much in common notwithstanding the lapse of two days time. A similar turbid water layer is also seen at depths of 50 to 60 meters in the Kuroshio shown in Section M for which a diagram is provided in Fig. 4. This Figure is based on the survey conducted 5 days later than that for Section C and is roughly 180 miles away from Section C towards the east. Section M and Section C show similar values of turbidities notwithstanding the fact that both the survey dates and positions are different from each other. Furthermore, a turbid water layer similar to the three turbid water masses mentioned above is also exhibited in Section Sb, Fig. 5, based on the survey conducted 14 days later than that for Section C. Making a summary of these facts, it could be assumed that the turbid water layer in the Kuroshio did not originate from the Kuroshio

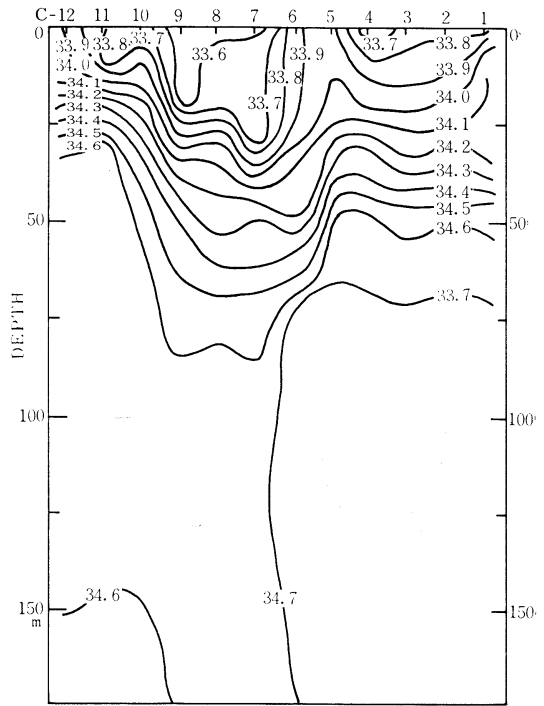


Fig. 6-(2). Vertical profile of salinity (‰) from St. C₁ to St. C₁₂.

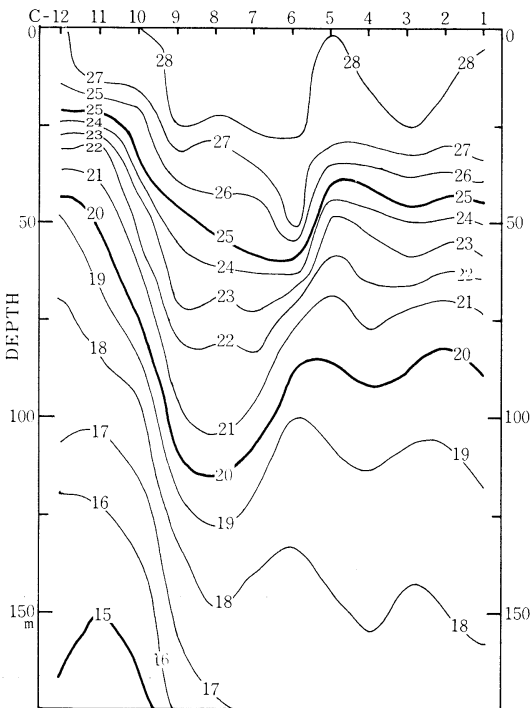


Fig. 6-(1). Vertical profile of temperature (°C) from St. C₁ to St. C₁₂.

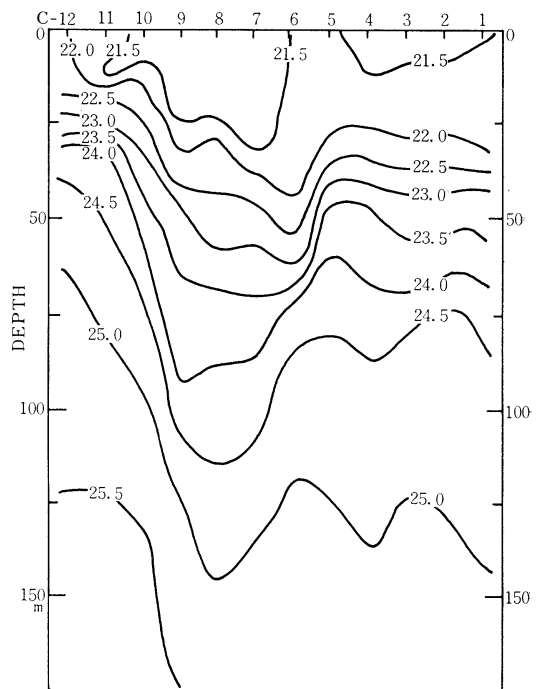


Fig. 6-(3). Vertical profile of density (σ_t) from St. C₁ to St. C₁₂.

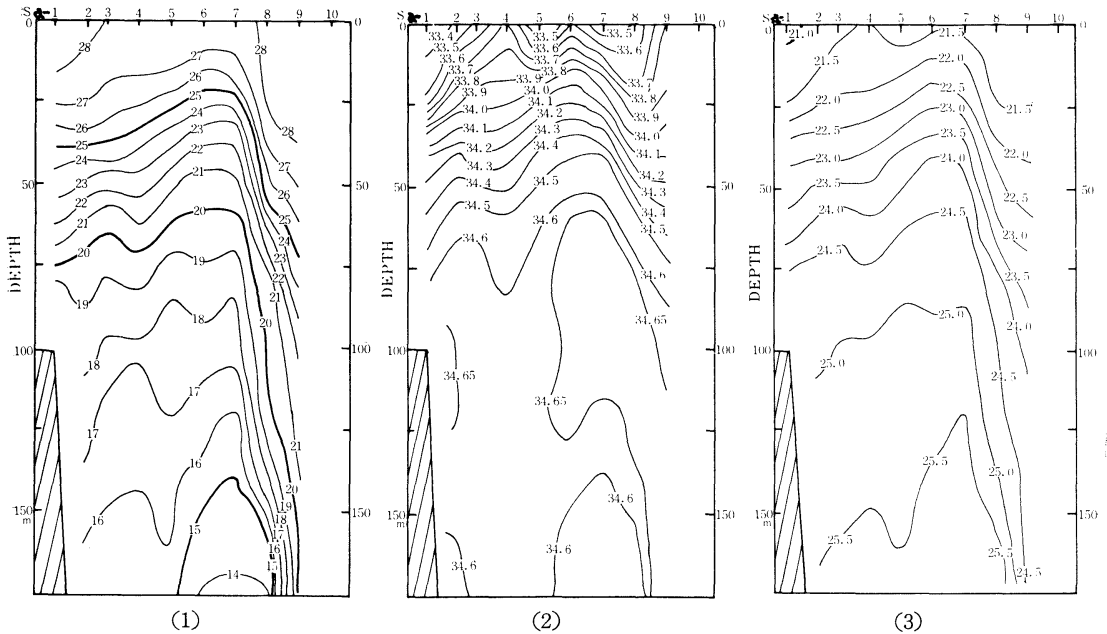
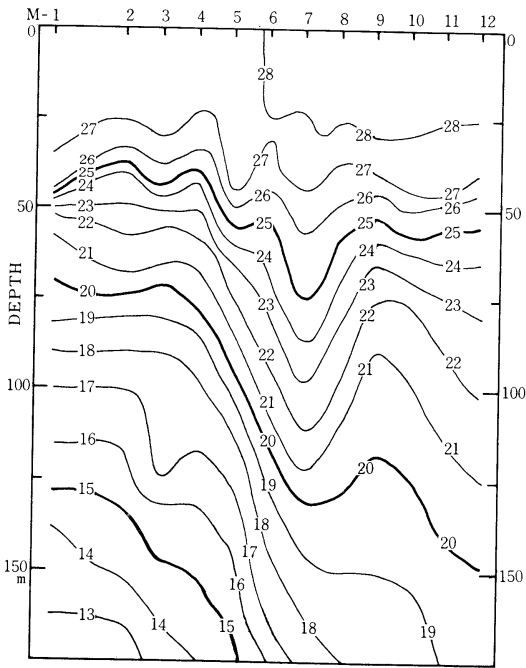


Fig. 7-(1), (2) & (3). Vertical profile of temperature ($^{\circ}\text{C}$), salinity (‰) and density (σ_t) from St. S₁ to St. S₉.

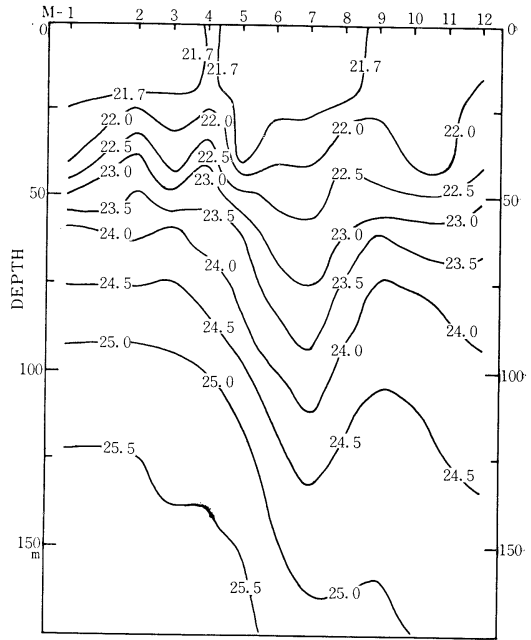
itself but the layer must have had its origin in the coastal water and was mixed into the Kuroshio. In order to make sure whether such an assumption can be justified or not, the distributions of water temperatures, salinities, and densities (σ_t) are obtained simultaneously with those of turbidities for each cross section. Figs. 6-(1), (2), & (3) show a vertical profile for each of the temperature, salinity, and density distributions for Section C. Thus Figs. 7-(1), (2), & (3), Figs. 8-(1), (2), & (3) and Figs. 9-(1), (2), & (3) are for each of Sections Sa, M, and Sb, respectively. The temperature, salinity, and density data used in the above Figs. were obtained during the research work of the KH75-5 Navigation by Hakuho-maru. When the profile of turbidity distribution shown in Fig. 2 is superimposed on that of density distribution shown in Fig. 6-(3), the turbid coastal water of Fig. 2 corresponds to the water having a density (σ_t) between 22.5 and 23.5 in Fig. 6-(3). This water mass is near the surface and shows a temperature between 23°C and 27°C and a salinity between 34.0‰ and 34.3‰ . In the Kuroshio, however, the water mass having the

same density as that of the coastal water mass is located at depths of 50 to 60 meters, and the distribution profile of turbid water corresponds almost perfectly with the iso-lines of densities. A similar situation is also seen in Section Sa, shown in Fig. 7-(3). That is to say—the turbid water mass on the land side shown in Fig. 3 has a density between 22.5 and 23.5 and its iso-lines are joined with those at depths of 50 to 60 meters in the Kuroshio main stream, and the distribution profile of these iso-lines corresponds well with that of turbid water. Both Section M and Sb exhibit nearly the same situation with respect to the density of the turbid water mass. Under the circumstances, the aforementioned assumption, that the turbid water layer of the Kuroshio stream is originated from the coastal water mass, seems to be confirmed.

In the study of coastal water along the Japanese Islands, it is one of the common subjects for oceanographers in this field to know where coastal water is moving, and the assumption that a part of the coastal water is taken and carried with Kuroshio stream has

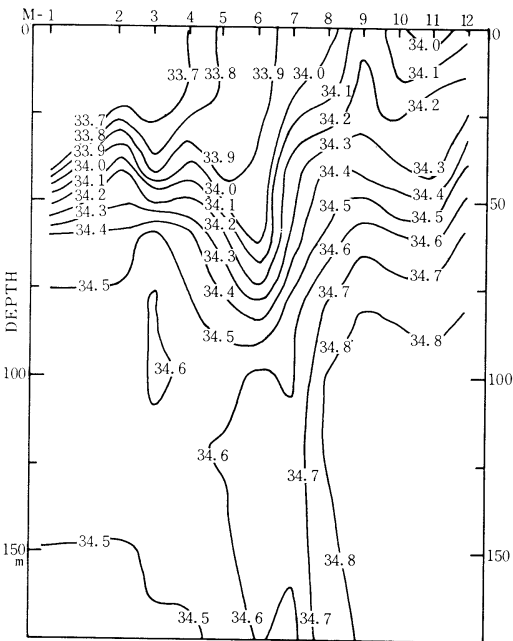


(1)



(3)

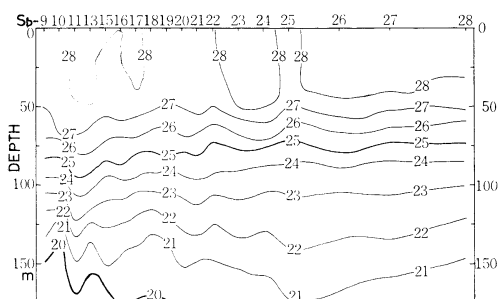
Fig. 8-(1), (2) & (3). Vertical profile of temperature (°C), salinity (‰) and density (σ_t) from St. M₁ to St. M₁₂.



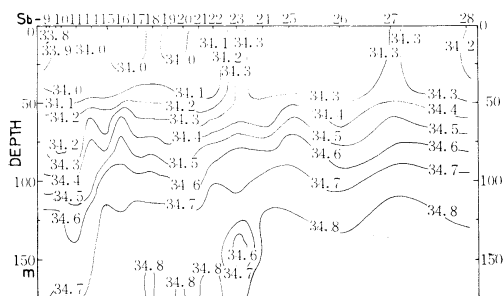
(2)

been concluded from their studies of physical and biological oceanography. KURODA (1969) has discovered a phenomenon that some water

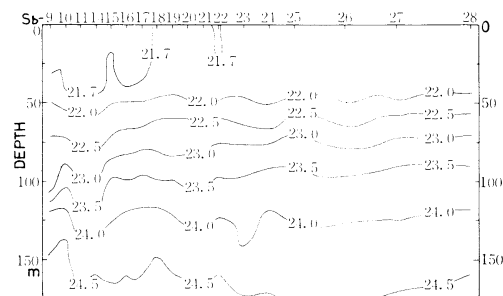
masses, having the characteristics of coastal water, are in some places scattered over the surface water of the Kuroshio stream, and MARUMO *et al.* (1961) have disclosed that, under such circumstances the Kuroshio stream is jugged out along the south coast of the Japanese Islands, a specific kind of diatom which is limited to the coastal waters sometimes appears in the surface water of the south-eastward area (around Long. 160°E) off the Japanese Islands. In consideration of these findings by KURODA and MARUMO *et al.*, as well as the relationship between the Kuroshio and the coastal turbid water discussed above, it can be said that observations of beam transmittance as well as studies of water temperature, salinity, and density (as obtained by the KH75-5 Navigation) have been important to the study of the motion and movement of different water masses at their interface. Of course, more intensive and longer-term observations are needed to discuss, in detail, such subjects as the origin of turbid water, its motion and movement, and how long



(1)



(2)



(3)

Fig. 9-(1), (2) & (3). Vertical profile of temperature ($^{\circ}\text{C}$), salinity (‰) and density (σ_t) from St. S_9 to St. S_{28} .

a turbid water mass can stably exist and remain in a certain current. The data obtained during the KH75-5 Navigation were limited to the four trips discussed. Accordingly, these data are not sufficient to discuss the movement of turbid water in more detail. However, it can be concluded that:

- (1) A turbid water mass exists in the Kuroshio and it moves with the Kuroshio stream.
- (2) When the Kuroshio stream approaches turbid coastal water, a portion of the coastal water joins the Kuroshio stream.

(3) The turbid water masses, both in the coastal area and at depths of 50 to 60 meters in the Kuroshio, were found to have the same value of density.

2. The Kuroshio retains a very similar value of beam transmission indicating the value of 0.11 to 0.12 m^{-1} notwithstanding differences in observation dates and positions. The temperature of water at the interface between the Kuroshio and the coastal water mass shows a sharp change. This is also true with the beam transmission measure. Both of these measurements manifest a sudden change along their interface. This is also indicated by the iso-lines which suddenly change direction at the interface. The turbidities, in the Kuroshio stream, where a velocity of 1.5 knots or more was found, had values of 0.11 m^{-1} to 0.12 m^{-1} in every sectional view shown in the Figures. The beam transmission in the central stream of Kuroshio is very stable every where. According to the data obtained in the Sargasso Sea by SCOR (1973), the beam attenuation coefficient at 490 nm wave length, which has also been employed for our study, is approximately 0.073 m^{-1} and for the Gulf Stream is about 0.11 m^{-1} (SCOR St. 18). It can be said, therefore, that the Kuroshio rather bears a resemblance to the Gulf Stream so far as the beam transmission of water is concerned. In addition, the quantity of chlorophyll plus phaeopigments in the Sargasso Sea is 0.027 mg/m^3 and in the Gulf Stream is 0.053 mg/m^3 (SCOR DATA, 1973) while the corresponding value in the Kuroshio is 0.07 to 0.1 mg/m^3 (ICHIMURA, 1965).

For the further study of beam transmission in the Kuroshio, it will be important to investigate the variation with different wave lengths and to study how and to what extent the suspended and dissolved substances in water will affect the beam transmission.

5. Particle-size distribution

In addition to measurements of the beam transmission, particle-size distribution was measured at several important stations.

Each of Figs. 10, 11-(a) & (b) and 12-(a) &

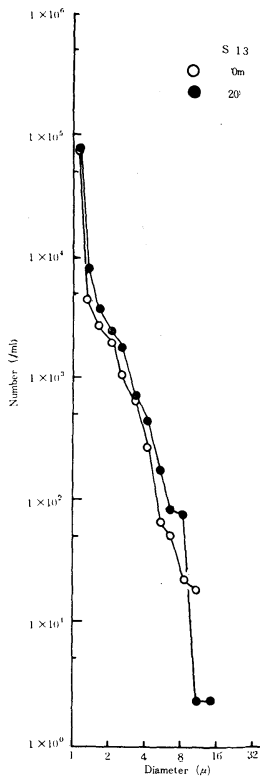


Fig. 10. Particle-size distribution in the surface water and the layer of 20 m deep at St. S₁₃.

(b) shows the vertical profile of particle-size distribution in the Kuroshio stream (for example St. S₁₃), in the adjacent coastal water (St. S₇), and in the water southward of the Kuroshio (St. S₂₇). In these graphs, the ordinate represents the number of particles contained in 1 ml and the abscissa shows their diameter. Both lines are graduated on a log scale and each of such symbols as ○, ●, □ . . . shows the depth of the layer from which sampling water was obtained.

As seen in these graphs, the configuration of the distribution is almost the same in each graph. In the equation $N = aX^{-m}$ (where, "N" stands for the number of particles, "X" for diameter of particles, "a" and "m" for constant, respectively), the slope "m" is 2.6 to 4.5. The value of "m" varies widely in upper layers of water and becomes stable in deeper layers enabling to represent it with constant value (*i.e.* 3.1 in average). BRUN-COTTAN and

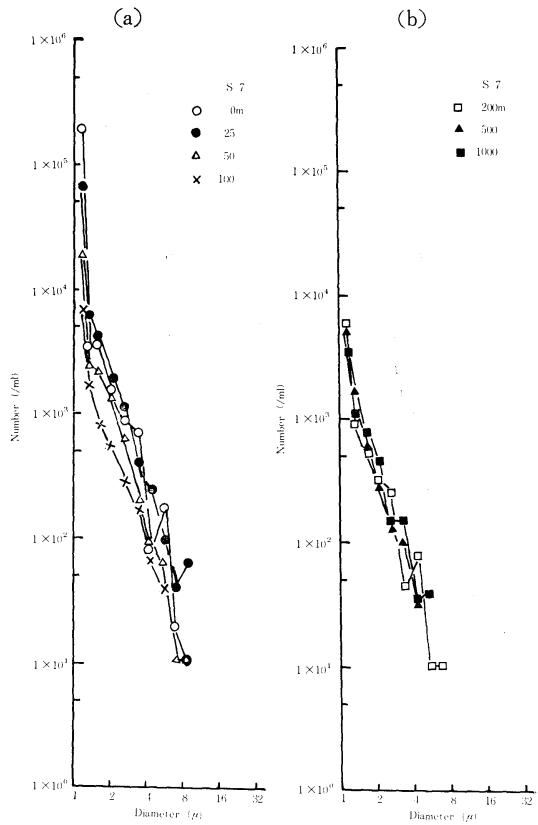


Fig. 11-(a) & (b). Particle-size distribution in the surface, 25 m, 50 m, 100 m, 200 m, 500 m and 1,000 m deep at St. S₇.

IVANOFF (1970) investigated the particle-size distribution in the Mediterranean Sea and introduced the value of "m" as 2.1 to 2.7 for the particle size between 1 μ and 4 μ and 2.7 to 4.3 for the size between 4 μ and 20 μ in water less than 400 meters deep. On the other hand, MATSUMOTO (1975) reported an "m" value of 3 for the sizes between 4.1 μ and 53 μ in the Osaka Bay. It can be concluded, therefore, that the Kuroshio has a similar "m" value to those of the Mediterranean Sea and Osaka Bay.

Table 1 shows the total volume, total cross-sectional area, and average diameter of particles calculated by means of the particle-size distribution. By means of the table, it can be confirmed that, firstly, the subsurface layer (0 to 20 m deep) of the Kuroshio, in which attenuation is very constant, has a particle volume of 0.15 to 0.21 ppm, a particle cross-sectional area

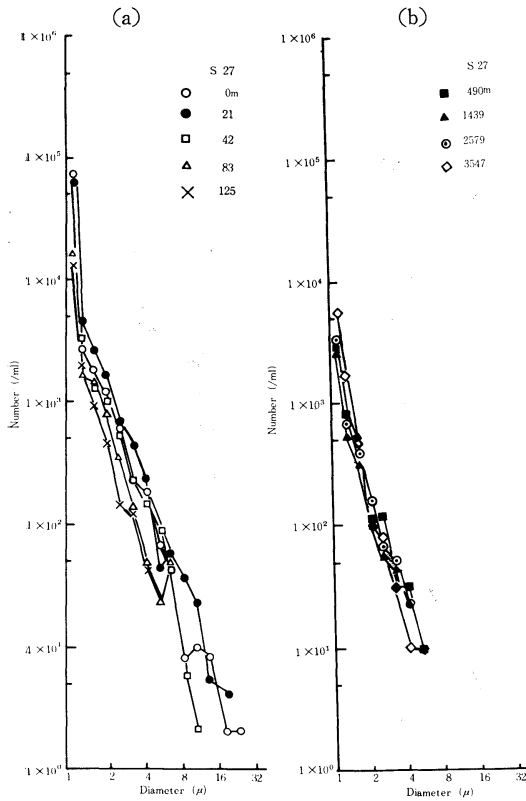


Fig. 12-(a) & (b). Particle-size distribution in the surface, 21 m, 42 m, 83 m, 125 m, 490 m, 1,439 m, 2,579 m and 3,547 m deep at St. S₂₇.

of 1.2 to $1.4 \times 10^5 \mu^2/\text{ml}$, and an average size of 1.25 to 1.29μ ; that secondly, so far as the areas surveyed by this Navigation is concerned, the attenuation in the layer below 100 meters deep decrease with depth of water at any positions, while the particle volumes in these water masses are 0.03 ppm at the depth of 100 meters and 0.02 ppm at the depth of 200 meters, and the ppm changes slowly, converging to 0.01 ppm at 500 meters and below. Available data for the particle-size distribution for oceanic water are very limited. There is an article published by SHELDON *et al.* (1972) for pelagic water of the North Atlantic and the South Pacific Oceans, reporting the total particle volume at the depth of 200 meters as 0.10 ppm and that at the depth of 4,200 meters as 0.02 ppm. These data are useful as a reference, but it is not sufficient to use them for com-

Table 1. The values of total particle volume, cross-sectional area and average diameter in each water area.

Kuroshio (St. S ₁₃)			
Depth (m)	P.V. (ppm)	P.C.A. (μ^2/ml)	A.D. (μ)
0	1.5×10^{-1}	1.2×10^5	1.25
20	2.1×10^{-1}	1.4×10^5	1.29
Coastal water (St. S ₇)			
Depth (m)	P.V. (ppm)	P.C.A. (μ^2/ml)	A.D. (μ)
0	2.2×10^{-1}	2.2×10^5	1.18
25	1.6×10^{-1}	1.1×10^5	1.26
50	6.0×10^{-2}	4.2×10^4	1.39
100	2.8×10^{-2}	1.9×10^4	1.42
200	1.9×10^{-2}	1.3×10^4	1.39
500	1.5×10^{-2}	1.2×10^4	1.36
1000	2.0×10^{-2}	1.3×10^4	1.49
Water southward of Kuroshio (St. S ₂₇)			
Depth (m)	P.V. (ppm)	P.C.A. (μ^2/ml)	A.D. (μ)
0	1.5×10^{-1}	1.0×10^5	1.21
21	1.7×10^{-1}	1.1×10^5	1.24
42	1.0×10^{-1}	9.5×10^4	1.21
83	4.4×10^{-2}	3.1×10^4	1.33
125	2.4×10^{-2}	2.2×10^4	1.28
490	1.0×10^{-2}	7.7×10^3	1.39
1439	6.0×10^{-3}	5.7×10^3	1.33
2579	8.0×10^{-3}	7.0×10^3	1.35
3547	1.2×10^{-2}	1.1×10^4	1.27

Remarks P.V.: particle volume, P.C.A.: particle cross-sectional area, A.D.: average diameter

parison with those in this study. In order to discuss, in more detail, the particle-size distribution of the Kuroshio in comparison with that of other pelagic waters, the accumulation of more data is essential.

Finally, the relationship between the attenuation and the particle cross-sectional area is brought to light in Fig. 13. In this graph, although the plotted dispersion due to different light attenuation in accordance with the kinds of particles affects the plot even if the cross-sectional area of the particles is identical, it can be said that there is a fairly stable relationship between attenuation and particle size in most waters except specific water layers such as the surface layer and the layers having very high attenuation.

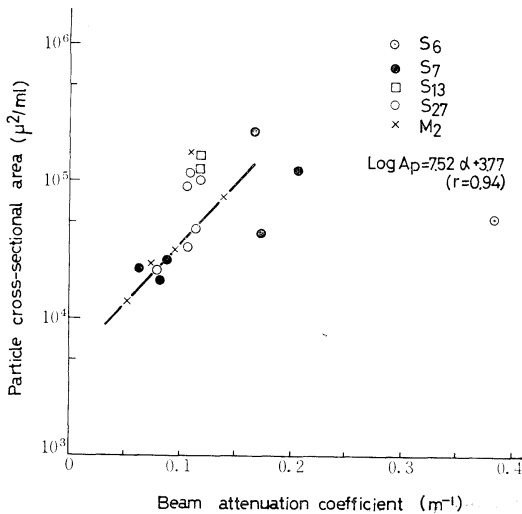


Fig. 13. Relationship between the particle cross-sectional area, "Ap," and beam attenuation coefficient, "α," at St. S₆, St. S₇, St. S₁₃, St. S₂₇, and St. M₂.

In any future study in this field, the identification of the kinds of particles, as well as how and to what extent suspended particles affects attenuation should be cleared up.

Acknowledgements

The authors wish to express their hearty thanks to Prof. John E. TYLER of the Scripps Institution of Oceanography, the University of California, and Mr. Shiro IMAWAKI of Kyoto University for their valuable discussions.

Reference

- AUSTIN, R.W. (1973): Measurement on the beam attenuation coefficient of water of the Sargasso Sea. Univ. of Calif. Scripps Inst. of Oceanogr. SIO Ref. 73-16.
- BALL, T.F. and E.C. LAFOND (1964): Turbidity of water off Mission Beach. *In*: Physical aspects of light in the sea. Univ. Hawaii Press, Honolulu.
- BRUN-COTTAN, J.C., and A. IVANOFF (1970): Particles' size distribution in sea water (abstract), presented at 'The Ocean World': Joint Oceanographic Assembly, IAPSO, IABO, CMG, SCOR, Tokyo, Japan, Sep., 1970.
- BURT, Wayne V. (1957): On the attenuation of light in the sea. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, **36**, 223-226.
- DRAKE, David E. (1971): Suspended sediment and thermal stratification in Santa Barbara Channel, California. *Deep-Sea Res.*, **18**, 763-769.
- ICHIMURA, S. (1965): A short review on primary production in the Kuroshio. *Inform. Bull. Planktology Japan*, **12**, 1-6.
- JERLOV, N.G. (1968): *Optical Oceanography*. Elsevier Oceanography Series, 5. Elsevier Publishing Co., Amsterdam, 47-49.
- JONES, D. and M.S., WILLS (1956): The attenuation of light in sea and estuarine waters in relation to the concentration of suspended solid matter. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, **35**, 431-444.
- JOSEPH, J. (1955): Extinction measurements to indicate distribution and transport of watermasses. *Proc. U.N.E.S.C.O. Symp. Phys. Oceanogr.*, Tokyo, 1955, 59-75.
- KURODA, K. (1969): Short-term variation of the surface diatoms in the Kuroshio. *Oceanog. Mag.*, **21**, 97-111.
- MARUMO, R., O. ASAOKA and K. TOGYU (1961): Relationship of the distribution of *Eucampia zoodiacus* Ehrenberg to sea condition. *Jour. Oceanogr. Soc. Jap.*, **17**, 45-47. (In Japanese)
- MATSUMOTO, E. (1975): Particle size distribution in Osaka Bay. *Kagaku*, **45**, 177-181. (In Japanese)
- MOREL, A. (1974): Optical properties of pure water and pure sea water. *In*: *Optical Aspects of Oceanography* (N. G. Jerlov and E. Steemann Nielsen, ed.) Chap. 1, 1-24, Academic, London.
- NISHIZAWA, S. and N. INOUE (1958): Turbidity distribution and its relation to some oceanographical factors in the eastern China Sea in the late summer of 1956. *Records Oceanogr. Works Japan*, Spec. 2, 101-115.
- NISHIZAWA, S. and N. INOUE (1964): Vertical turbidity variation in shallow oceanic water column. *In*: *Studies in Oceanography*. Pergamon, New York, N.Y., 279-287.
- OWEN, R.W. Jr. (1974): Optically effective area of particle ensembles in the sea. *Limnol. Oceanogr.*, **19**, 584-590.
- PETZOLD, T.J. and R.W., AUSTIN (1968): An underwater transmissometer for ocean survey work, Univ. of Calif., San. Diego. Scripps Inst. of Oceanogr. Visi. Labo. SIO Ref. 68-9.
- SCOR (1973): Data Report of SCOR Discoverer Expedition. Univ. of Calif. Scripps Inst. of Oceanogr. SIO Ref. 73-16.
- SHELDON, R.W., A. PRAKASH and W.H. SUTCLIFFE, Jr. (1972): The size distribution of particles in the ocean. *Limnol. Oceanogr.*, **17**, 327-340.
- SMITH, R.C. and J.E. TYLER (1976): Transmission of Solar Radiation into Natural Waters. Photo-

- chemical and photobiological reviews, Vol. 1, 117-155.
- TAKEMATSU, N., N. OKAMI, M. KISHINO, M. FUKUDA and T. SASAKI (1971): The distribution of suspended matter in sea water off the coast of Tokai-mura. *La mer*, **9**, 252-259.
- TUCKER, S.P., R.D. WAER and L.A. YESKE (1969): The correlation of oceanic parameters with light transmissivity in Monterey Bay, California. (Abstr.) *Opt. Soc. Am.*, 1969 Spring Meeting Program, 9.
- TYLER, J.E., R.W. AUSTIN and T.J. PETZOLD (1974): Beam transmissometer for oceanographic measurements, *In: Suspended Solids in Water* (R.J. Gibbs, ed.) 51-59, Plenum, New York.

黒潮海域における濁度と粒径分布

松 生 洽, 森 永 勤

要旨: 東京大学白鳳丸 KH75-5 次航海 (黒潮海域における流れの場及び微細構造の研究) に参加して、黒潮を横切る断面において、水温、塩分及び流れの測定と並行して多くの濁度の測定を行なった。これより黒潮内や黒潮と沿岸水との接触部における濁度の面からの機構や変化を観察した。又、この研究との関連において、主要点で表層から深層までの粒径分布を測定した。

結果は次のように要約される。

1. 黒潮の 50~60 m 深に約 20 m の厚さで濁った水が存在する。その濁った水は沿岸に接近した一断面では、沿岸の濁った水と連続している。更に、その沿岸の濁った水と黒潮の 50~60 m 深の濁った水とは現場密度が等しい。このことは水塊の接触部における水の動きについての示唆を得たものとして意義あることと考える。
2. 黒潮内においては、日時の経過や場所の相違にかかわらず濁度は非常に似た値を保つ。その値は $0.11 \sim 0.12 \text{ m}^{-1}$ (486 nm) である。このことは海の濁りの基準を考える場合に大切である。
3. 黒潮内における濁度の非常に安定な水塊の粒子濃度は 0.18 ppm, 平均粒径は 1.27μ である。又、冷水域、黒潮及びその南方海域の 50 m 以深では、粒子濃度は深さと共に減少し、500 m 深で 0.01 ppm それ以深は 3,500 m 深に到るまでほとんど変化しない。

海流エネルギーの利用が大循環に及ぼす影響*

高野 健 三**

Effet de l'utilisation de la puissance du courant marin sur le milieu marin*

Kenzo TAKANO**

Résumé: Un modèle mathématique simple de la circulation générale dans un océan permet d'estimer ce que produit l'utilisation de la puissance du courant marin le long de la frontière ouest dans le milieu marin. La circulation générale est quelque peu affaiblie. Il suit de là un faible décroissement du transport méridien de la chaleur, ce qui à son tour augmente un peu la différence de la température de l'eau de surface entre la région équatoriale et la région polaire. Alors que l'effet à grande échelle est généralement petit, il arrive un changement remarquable dans la température et le mouvement de l'eau tout près du lieu de l'utilisation de la puissance.

1. ま え が き

海流からエネルギーを取出すことがアメリカ合衆国や日本などで検討されている。エネルギーを取出すと海流のいきおいは殺がれるから、そのまわりでは海水の流れ方や水温分布が変わるだろうし、海流が低緯度から高緯度に運ぶ熱量にも変化がおきるだろうから、広い範囲で大循環に影響が及ぶかも知れない。

ここでは、エネルギーを取出した場合に海におきるであろう変化を、ただ一つの例について、運動量の方程式、状態方程式、連続の方程式、熱の方程式を使って見積ってみる。この見積りがむずかしいのは、

- (1) 海流そのものの実態がまだよくわからない。数値シミュレーションはその実態かじゅうぶん表現できる段階ではない、
- (2) ふつうの数値解法では運動量の方程式を解いているのであって、エネルギーの方程式を解いているわけではない。エネルギーの流れをじかに扱っているわけではないから、“エネルギー

を取出す”ということ運動量の方程式を解く際に表現しにくい、からである。この小文ではごく単純な数値模型を使っていちおうの計算を試みる。

2. 方 法

手順としては、エネルギーを取出さない、いわば自然の状態の解をまず求めておき、つぎにエネルギーを取出した場合の解を求めて両者をくらべる。前者をC、後者をEと呼ぼう。

Cとしては以前に計算済みのものを利用する。それはつぎのようになっている。

(1) 海は2つの緯線と2つの子午線で囲まれている。南の境界は赤道であり、北の境界は70°Nである。経度方向のひろがり48°である。

(2) 海の深さは一定(4,000 m)である。

(3) 海水を駆動するのは海面を出入する熱量である。その熱量 Q は $Q=k \times (T_A - T_S)$ によって計算される。 T_A は“基準気温”とも呼ぶ量で、緯度だけの函数である。時間については変わらない。 T_S は表面水温である。 T_S は計算によって予報される量だから時間とともに変わる。 k は比例定数で、50 ly/day/°C とする。 T_A の分布は図1

* 1977年3月23日受理

** 理化学研究所, 埼玉県和光市広沢 2-1
Rikagaku Kenkyusho, Wako-shi, Saitama-ken
351 Japan

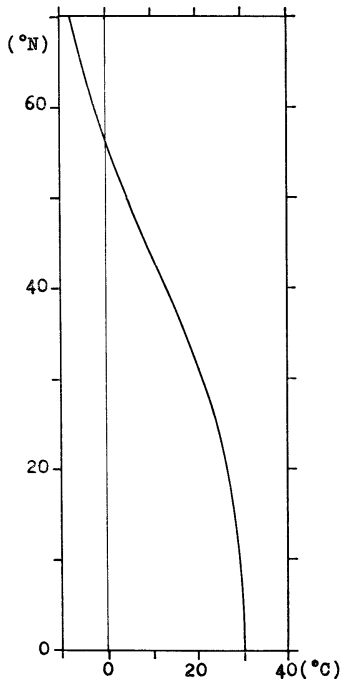


Fig. 1. Distribution de la température T_4 .

に示される。

(4) 赤道を除く境界では流速の水平成分を0とする。赤道では流速の東西成分が南北方向には変わらない(摩擦がない)。つまり、赤道を挟んで南半球にも対称な現象があると仮定しているのと同じである。

(5) 海底には摩擦がない。

(6) 海水の密度は水温だけの函数であり、しかもその熱膨張率は一定($2 \times 10^{-4}/^{\circ}\text{C}$)である。

(7) 粗い格子(緯度、経度とも 2°)を使うので渦動拡散係数を大きくとる。運動量に対しては $10^8 \text{cm}^2/\text{sec}$ 、熱に対しては $2.5 \times 10^7 \text{cm}^2/\text{sec}$ である。

(8) この結果、運動量の移流は小さくなるので無視する。つまり、運動量の方程式は線型である。

(9) 鉛直方向には5層を設ける。流速の鉛直成分は、70m, 380m, 960m, 2,020mの深さで、流速の水平成分と水温は、20m, 120m, 640m, 1,280m, 2,760mの深さで計算する。

(10) 鉛直方向の拡散係数は、運動量についても

$1.5 \text{cm}^2/\text{sec}$ とする。

(1) 差分式の作り方、格子点の設け方、時間積分の仕方などは TAKANO (1974) とほぼ同じである。

上の(3)によれば、放射、潜熱・顕熱輸送など Q にかかわるすべての過程が、基準気温と表面水温の差であらわされていることになる。これはもちろん粗い近似であるが、細かいところまでを論じようとしているのではないからまず差支えないだろう。

海面に働く風の応力は無視されている。この結果、大循環は弱くなる傾向が生ずるだけではなく、(6)の仮定とともに、高緯度の流れのようすが非現実的になることがわかっている。高緯度に反時計まわりの循環が生じないのである。西側境界に沿って低緯度から北上する境界流がほぼ北の境界(70°N)にまで達してしまう。

(7) および(8)によって中規模渦は無視されている。

しかし、これらの点は、現在の目的——エネルギーを取出すことによって生ずる影響を大ざっぱに見積ること——にとってはさほど大きな障害にならないだろう。

初期条件としては、水温を緯度と深さの函数として与える。この初期条件から出発して104年あまりにわたって時間積分を行った。時間間隔は8時間である。完全な定常状態に達しないが、ほぼ定常状態には達する。

つぎは E である。

30°N と 32°N まで西側境界から緯度中 2° の海域の表層を考える。上の(9)で述べたように上から数えて第一層の厚さは70mだから、この表層の厚さも70mであると仮定する。この空間を以後 P と呼ぼう。P に含まれる運動エネルギーを全部取上げる。運動エネルギーを全部取上げるのだから、海水は静止する道理である。そこで、P(計算の上では 31°N 、西側境界から経度 1° だけ東にある点)では流速の水平成分を0とおく。P に厚さ70mのプラットフォームを浮かべておくのと違う点は、もしプラットフォームであれば、

(1) 側壁や底面で摩擦が働くが、P では働かな

い。

(2) 側壁や底面を通しての熱流量について何らかの条件を与えなければならないが、P では何も与えない。

このようにして、C の最終状態 (ただし、P では速度の水平成分を0とする) を初期条件として、さらに100年間にわたって時間積分を続ける。その際、西側境界の上 (経度0°) およびその東側 (経度2°) の表層から底層までの格子点では水温の計算にあたって熱の南北方向の移流に対して上流方式を使った。上流側の重みが100%、下流側の重みが0%という完全な上流方式である。西側境界に沿って強い流れが北上しており、この強い流れがPにいわば激突するため、上流方式を使うか、あるいは熱についての水平渦動拡散係数を大きくとるかどちらかにしなければ、高温部と低温部が交互に南北方向に並んでしまうからである。

今の場合前者をえらんだのであるが、そうするとCとの比較に問題が生ずる。Cでは上流方式を使っていなかったからである。そこで、Cに対しても同じ上流方式を使い、さらに100年間積分

した。すなわち、Cは全部で204年の積分となった。前半は中央方式、後半は上流方式による。

CもEも最後の3,000ステップ (1,000日) の平均をとり、これをCとEの最終状態とした。

3. 計算結果

図2~5は、深さ20mおよび120mでの流速分布と水温分布を示す。

CにくらべてEでは、Pの南縁で水温は高まり、強い沈降が見られる。Pの北縁では水温は低くなり、強い湧昇が見られる。西側境界上、30°Nの表層でCでは23.07°CがEでは28.41°Cに高まり、32°Nの表層でCでは22.47°CであったのがEでは18.95°Cと低くなる。Pの南側での水温上昇の理由はずぎのようになる。Cでは西側境界に沿ってどこでも弱い湧昇がおきている。この湧昇は表面水温を下げようとしている。しかし、EではPの南側で強い沈降が生ずるため、冷水の湧昇による冷却作用は消失している。これに関連して熱の水平 (南北) 移流も変わっている。Pには南から熱が送られてくるが、EではPから北

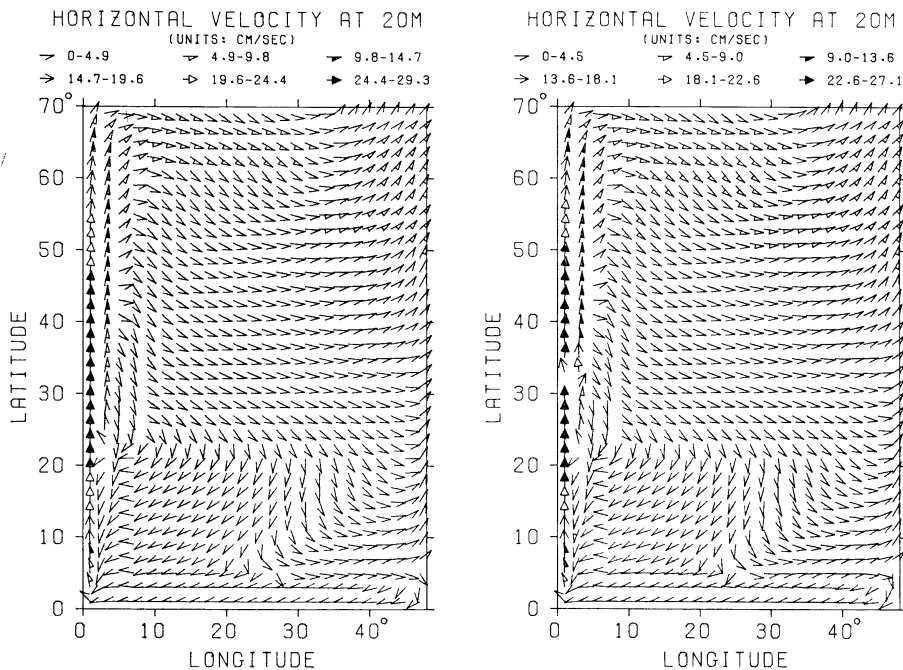


Fig. 2. Vitesse horizontale à 20 m. C à gauche et E à droite.

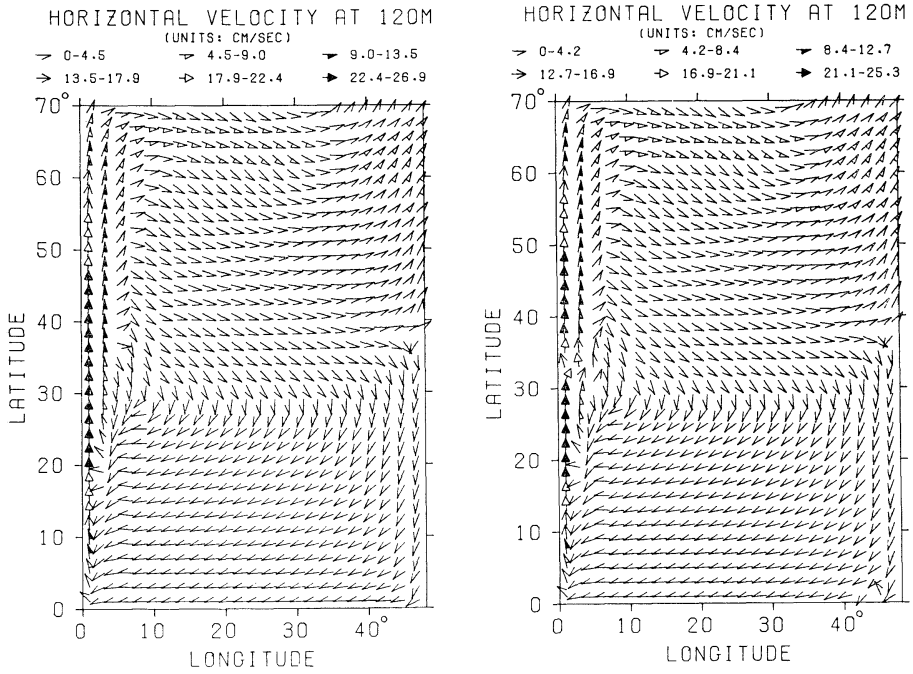


Fig. 3. Vitesse horizontale à 120 m. C à gauche et E à droite.

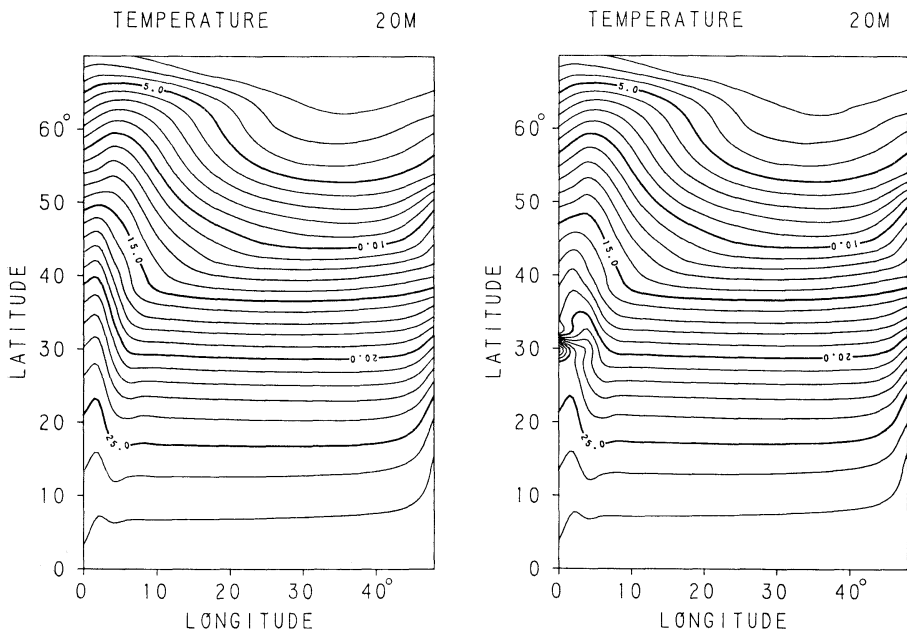


Fig. 4. Température à 20 m. C à gauche et E à droite.

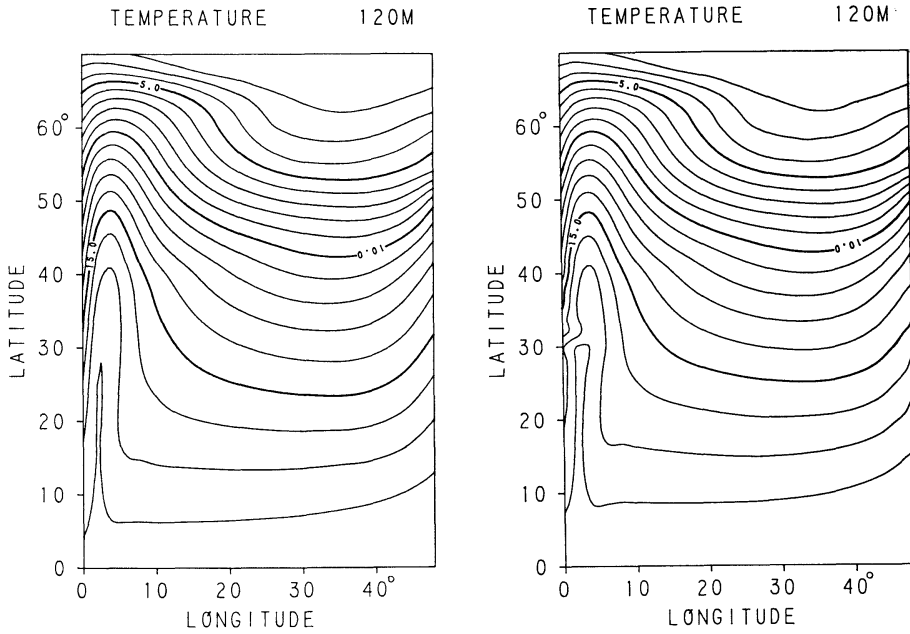


Fig. 5. Température à 120 m. C à gauche et E à droite.

へ送り出される熱はすくない。つまり、Pの南縁には熱がたまる傾向が生まれる。

32°Nでの水温低下は、30°Nでの水温上昇とちょうど逆の理由、すなわち、下層の冷水の湧昇と南から移流によって運びこまれる熱量の減少による。

図6は、深さ20mおよび120mでの北向き、東向きの流量と、深さ70mでの上向きの流量を示す。単位は 10^{10} g/secである。たとえば、左上の18.8という数字は、33°N、経度0°から1°まで、深さ70m(第一層すなわち表層の厚み)までの鉛直断面を北へ流れる量が 18.8×10^{10} g/secであることを示している。その右隣の23.3は、東西の中2°(経度1°から3°まで)、深さ70mの鉛直断面を北へ流れる量をあらわしている。点線はPの縁で、○印の脇のカッコづきの数字は上向きの流量を示す。たとえば23.3の下の(-0.3)は、32°N、経度2°の点を中心とし、一辺の長さが2°の矩形水平断面(深さは70m)を通して第一層から第二層へ 0.3×10^{10} g/secの水が沈降してゆくことをあらわしている。第二層の厚みは310mである。

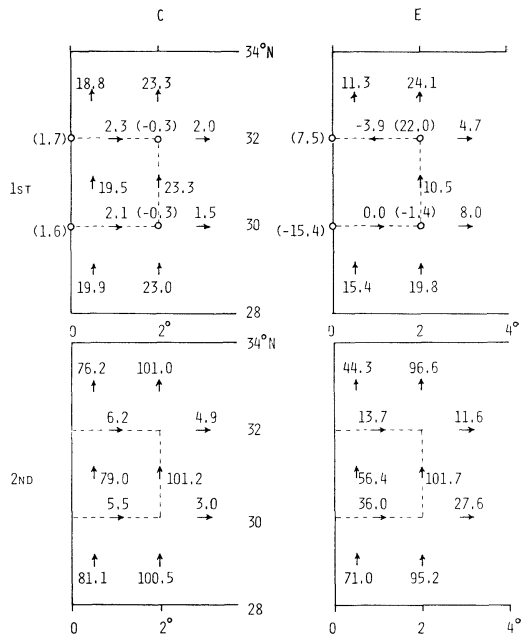


Fig. 6. Transport horizontal à de diverses sections dans les première et seconde couches et le transport vertical à la frontière entre les deux couches (unités : 10^{10} g/sec). C à gauche et E à droite.

図からわかるように、Pの南縁で、Cでは1.3 (=1.6-0.3)の湧昇があるが、Eでは16.8 (=15.4+1.4)の沈降となる。Pの北縁でCでは1.4 (=1.7-0.3)の湧昇であるが、Eでは29.5 (=7.5+22.0)であり、ずっと強い湧昇となる。

水平方向の流量については、大ざっぱにいてEでは南からPに突きあたる流量35.2 (=15.4+19.8)の約半分16.8がPの南縁で沈降し、残りの半分がPの東側を迂回する。しかし、沈降した水の全部がそのままPの下(第二層)を北に向かうわけではない。Pの下を北に向かう流量をCとEとでくらべるとEのほうがすくない。29°Nでの北向きの流量は第一層も第二層もともにEのほうがすくないから、第二層でPの下を北に向かう流量がEのほうがすなくなるのは当然だろうが、それだけではCとEの差を説明しきれない。第一、二層ともPの東南端をまわった水のかなりの部分が北へ向かわず、東に流れ去ってしまうのである。

緯線を横ぎって南から北へ熱が運ばれてゆく。運ばれ方には三通りある。一つは熱伝導である。これによって高温部(低緯度)から低温部(高緯度)に熱が流れてゆく。二番目は水平大循環である。海の西側境界に沿って暖水が北に向かい、中央部および東部では冷水が南に向かう。したがって熱はさしひき北に運ばれる。三番目は子午面鉛直大循環である。経度方向に平均した状態を考えると、高緯度では冷たい重い水が沈んで深層を南に向かい、表層では暖かい軽い水が南から北に向かって流れている。したがって熱は結局北に流れてゆく。これら三つの和が、南から北に向かう熱量である。それが図7に示されている。33°NではわずかにEのほうが大きい、ほかの緯度ではEのほうがどこでも小さい。とくに31°Nでは小さくなる。

図7にはまた各層での水温の経度平均の差(Cの平均値からEの平均値を差引いたもの)も示した。EはCにくらべて、

(1) 水温は、20mと120mの深さでは低緯度では高くなり、高緯度では低くなる。差の最大値は20mでは0.2°C、120mでは0.3°Cである。

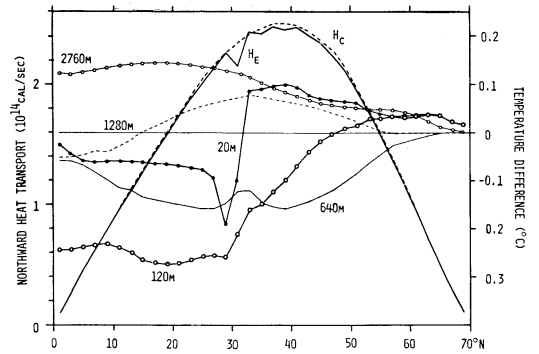


Fig. 7. Transport méridien de la chaleur et la différence de la température moyenne (C-E) dans les cinq couches. H_E désigne le transport par E et H_C le transport par C.

(2) 水温は、2,760 mの深さではどこでも低くなり、640mの深さではどこでも高くなる。1,280 mの深さでは熱帯海域を除けば低くなる。

深層の水温が低くなるのは、高緯度の表面水温が低くなり、したがって深層に沈降する水が冷たいということである程度は説明できるだろうが、はじめに述べたように100年~200年の時間積分では深層は定常状態に達していないので、細かいところまでは論じられない。

鉛直大循環もEは弱い。すなわち高緯度で沈降する水の量(子午面鉛直大循環の強さ)はCでは35.8×10¹²g/secであるが、Eでは35.0×10¹²g/secである。図7からわかるように、表面水温(表面密度)の南北方向の勾配(あるいは低緯度と高緯度での表面密度差)はCよりもEのほうが大きい。したがってEのほうが対流が強くなり、鉛直大循環が強くなるようにも想像できるが、事実はそうではなく、逆である。すなわち、Pでエネルギーを取出したため鉛直大循環が弱くなり、その結果、高緯度に送られる熱量が減少し、高緯度の水温は低くなり、低緯度の水温は高くなったという因果関係である。

表1は各層での平均水温、および海全体の平均水温を示す。C₀は、熱の南北方向の移流の計算に上流方式を使わなかった場合の値(初期条件から出発して104年目)である。参考までに並記した。EとCの差は小さく、海全体が完全な定常

Tableau 1. Température moyenne (°C)

深さ(m)	20	120	640	1280	2760	海全体
C	18.41	13.50	3.32	1.57	1.29	2.90
E	18.41	13.66	3.43	1.55	1.18	2.87
Ce	18.48	13.63	3.66	2.10	1.84	3.38

状態に達していないことを考えれば、この小さな差が何を意味しているのかよくわからない。

Pの位置での運動エネルギーの流れの鉛直分布をCについて調べると、第一層(厚さ70m)に全体(海面から海底までのエネルギー量)の20%、第二層(厚さ310m)に68.5%、第三層(厚さ580m)に4.3%、第四層(厚さ1,060m)に0.1%、第五層(厚さ1,980m)に7.1%が分布して

いる。第一層の20%というのは約 1.7×10^8 wattsである。Pで運動エネルギーをことごとく捉えると仮定したのであるが、“捉える”ことの影響がまわりの海流を弱めるため、Pの南前面(29°N, 東西巾2°, 厚さ70mの表層)を北に向かう運動エネルギーの流れは、C, すなわちPでエネルギーを取出さない場合の47%に減っている。

文 献

- TAKANO, K. (1974): A general circulation model for the world ocean. Tech. Rept. No. 8, Num. Simul. Weather and Climate, Dept. Meteorology, UCLA, Los Angeles, 46 pp.

資 料

JOC/SCOR の研究集会 “General circulation models of
the ocean and their relation to climate”*

高 野 健 三**

気候の研究が成功するには、海洋力学とくに海洋大循環の力学がじゅうぶんにわかっていなければならない。1974年に Stockholm で開かれた研究集会 “Physical basis of climate and climate modelling” の報告 (GARP Pub. Ser. No. 16, 265 pp) に応えて、JOC (Joint Organizing Committee, joint は ICSU と WMO の joint の意) は、海洋・大気結合模型について将来の研究の方向を検討するため特別作業部会を設けた。この部会は、1975年7月に Hamburg で会合を開き(日本からは SCOR の一つの作業部会のメンバーである東大の宮田が出席)、同じ年の10月、東京で開かれた JOC 会議に報告を提出した。その内容の一つに、海の渦の力学、および海洋模型に渦の働きを正しく含めるための渦のパラメタリゼーションを論ずるために研究集会を開くことが望ましいというのがあった。この提案は、SCOR によって取上げられた。

いっぽう、JOC 側は WGNE (Working Group on Numerical Experimentation) の下で、SCOR 作業部会 WG 34 (海洋の内部力学) と WG 49 (海洋過程の数学模型、日本からは東大の杉ノ原が参加している。なお、私はどの WG とも関係がない。) と協力して、世界じゅうの海洋大循環模型の研究を始めることをきめた。WGNE は、海洋・大気結合模型について SCOR の WG 34 と WG 49 との共同研究集会を1976年の終りころ開くよう提案した。

そこで、SCOR と JOC から別々に提案のあった研究集会を一つにまとめて、標題の集会在 Helsinki で開かれることになった。

これまで、海洋研究者は、気候に対して気象研究者ほどには積極的な姿勢をとっていなかった。上で述べたよ

うに、世界じゅうの海洋大循環模型の研究を提案したのが JOC であることからそれはうかがえる。1974年の Stockholm の集会上に約10名の海洋研究者が参加したが、海洋側から気候研究への接近の第一歩であったといわれている。

しかし、この2、3年来、ようすがやや変わってきて、海洋学の世界でも気候がしばしば話題になるようになった。IDOE (International Decade of Ocean Exploration) は終りに近づき、すでにアメリカでは POST-IDOE が検討されているが、POST-IDOE の中心は気候研究になるだろうと見られている。ただし、こういう傾向は国外のものであって、日本の海洋力学界はこの10~20年来、世界の大勢とは別に独自の道を歩んできたようであり、気候にはほとんど目もくれていないように見える。

もっとも、外国の海洋学界も気候研究に積極的であるとはいいがたい。基調は「時期尚早」である。現在実施中のいろいろな海洋研究——渦や湧昇や表層過程など——が気候研究の基礎として必要なのだという。とくに中規模渦についてはまだわからないことがたくさんあるので、その研究が進んでからでなければ気候の研究、たとえば海洋・大気結合模型の研究を始めることはできない、と考える。すでにその方向に進んでいる気象学者に対しては、「渦の研究がいちおう終るまで待ちなさい。もし待てないのなら、気象の研究をしばらく中止して、海の渦を研究したらよいでしょう」ということになる。つまり、今、大がかりな海洋・大気結合模型を作るのはドン・キホーテふうである。これに対して、気象側からは、「海洋研究者は sensitivity study と variability study と predictability study の違いがわかっていない」という批判がある。そういうわけだから、今回の Helsinki 集会上でも、標題に「... and their relation to climate」

* 1977年3月23日受理

** 理化学研究所、埼玉県和光市広沢2-1

とあるにもかかわらず、気候についての議論は盛んではなかった。気候どころか、海洋大循環ですら議論の中心ではなかった。

参加予定者が出席できなくなったりして、プログラムは何度も変更されたが、結局実施されたのはつぎのようになる。

- The physical problem of climate and the role of atmosphere-ocean interactions (R. STEWART)
- The effect of the ocean on the atmospheric general circulation (W.L. GATES)
- The general circulation of the ocean and its modeling (W. HOLLAND)
- Mesoscale eddies (A. ROBINSON, P. RHINES)
- Boundary currents (P. NIILER, D. MOORE)
- Surface boundary layer (S.A. KITAIGORODSKY, P. NIILER)
- Mixing in the oceanic interior (C. GARRETT, P. MÜLLER)
- Tropical and equatorial processes (G. PHILANDER, K. WYRTKI)
- Coastal upwelling (J. O'BRIEN, J. PEDLOSKY)
- Sea ice dynamics (J. DORONIN, A. SEMTNER)
- Deep circulation processes (P. WELANDER, P.D. KILLWORTH)
- Intercomparison of primitive equation and quasi-geostrophic ocean models (A. SEMTNER, D. HAIDVOGEL)
- High-latitude processes — modelling and observations (D.J. BAKER, Jr., G. NEEDLER)
- Global models of the oceanic general circulation (OGCM's) (K. BRYAN, K. TAKANO)
- Discussion of process parameterization and the structure of OGCM's (J.S.A. GREEN, R.L. HANEY)
- Generation of abyssal circulation (P. RHINES, P. WELANDER)
- Deterministic analysis of large-scale ocean-atmosphere interaction — observational evidence and empirical studies (R. DAVIS, J. NAMIAS)
- Model simulation and sensitivity experiments with GCM's —
- Oceanic responses (OGCM's) (G. VERONIS, D. ANDERSON)

Atmospheric responses (AGCM's) (P. ROWNTREE, S. MANABE)

Responses in coupled GCM's (S. MANABE, M. SCHLESINGER)

Statistical models of climate variability —

Low resolution grid models (J. ADEM, G.W. PALTRIDGE)

Low resolution spectral models (M.C. HENDERSHOTT, G. VERONIS)

Time dependent SDM's (I. HELD, E. KRAUS)

Stochastic forcing models (C. FRANKIGNOUL, A. GILL)

Entropy concepts (G. PALTRIDGE, J.S.A. GREEN)

Linear statistical predictors (K. HASSELMANN, R. DAVIS)

Panel: K. BRYAN, L. GATES, A. GILL, J. GREEN, K. HASSELMANN, A. ROBINSON, R. STEWART, K. TAKANO

カッコ内のはじめの名は講演者で、2番目の名は討論者である。はじめの3つの講演はいわば特別講演であって、討論者はいない。講演者は研究の現状を総観し、問題点を指摘し、それらの問題点を解決するための方策を示唆する。討論者はそれを批判する。講演者も討論者も持ち時間の長さは同じである。つづいて全員討論に入るといのがきめられていた手順である。すべてがそのようなに進行したわけではないが、このような会が連日続くのは気骨の折れることである。ある気象学者は、「気象研究者だけではこのように激しい会にはならない。海洋研究者には思っていることをずけずけという卒直な人が多い」とつぶやいていた。

この集会の内容はいずれ印刷されるだろうが、目立ったのは HASSELMANN グループの活躍である。その研究の一部はすでに公表されており、かんたんにいえば短い時間規模の、不規則な大気変動が、長い時間規模の海洋変動をひきおこすという理論である。この考えは、G. I. TAYLOR の論文に出ているそうであるが、海洋変動のしくみを理解するための有力な手段になりそうであり、海洋研究の一つの中心になるだろうと思われる。ある参加者はいった。「今や HASSELMANN 帝国が築かれようとしている」

(高野健三)

学 会 記 事

1. 昭和52年3月14日、東京水産大学において編集委員会が開かれ、第14巻4号の編集が行われた。

2. 下記の諸氏が入会された。

氏 名	所 属	紹介者
児玉 理彦	日本テトラポット㈱	岡部 史郎
松本 勝	"	"
永延 幹男	建設省、建設大学校	石野 誠
堀 真之	東水大	"
安田富士郎	東水大、増殖学科教授	高木 和徳
森 幹樹	東理大、阿部研究室	阿部友三郎
小林 貴	"	"
斉藤 誠一	北大、水産学部	辻田 時美
蓮沼 啓一	東大、海洋研	平野 敏行
田中 克	西海区水産研究所	井上 尚文

3. 死 亡

常任幹事 大柴五八郎氏は、昭和52年4月5日逝去された。謹んで御冥福を祈る。

4. 退 会

牧野伊作、広瀬秀男、石山礼蔵

5. 会員の住所、所属の変更

氏 名	新住所または新所属
黒田 一紀	中央区勝どき 5-5-1 東海区水研
小黒 美樹	小松島市中田町字東山 44-18
増沢謙太郎	千代田区大手町 1-3-4 気象庁
佐藤 任弘	中央区築地5-3-1 海上保安庁水路部
阿部 宗明	千代田区紀尾井町3-4 (剛堂会館ビル) 海洋水産資源開発センター
奈須 敬二	神奈川県三浦郡葉山町長柄 705-32
三好 宇史	中央区日本橋兜町 2-5-6 (オリエンタルビル) ムサシ工業
森谷 誠生	渋谷区神宮前 4-1-18

6. 交換及び寄贈図書

- 1) 日本プランクトン学会報, 23(2).
- 2) 研究実用化報告, 26(1, 2, 3).
- 3) 季刊海洋時報, 第4号.
- 4) 英国産業ニュース, 3, 4, 5月号.
- 5) 国立国会図書館 逐次刊行物目録, 昭和49年度版.
- 6) 鯨研通信, 第302, 303号.
- 7) 1976年 環太平洋海洋シンポジウム報告書.

8) 外国海洋法制の研究.

9) 海洋産業研究資料, 18(3, 4).

10) 航海, 第51号.

11) 港湾技術研究所案内, 1977年度.

12) 神戸海洋気象台彙報, No. 194.

13) 函館海洋気象台, 海上気象報告, 第33号.

14) 東北区水産研究所研究報告, 第36号.

15) 広島県水産試験場研究報告, 第8号.

16) 広島県水産試験場事業報告, 昭和50年度.

17) 日本海スルメイカ共同調査報告集, 日本海区水研.

18) 日本海区水産研究所研究報告, 第28号.

19) なつしま, 第28号.

20) Bulletin of the Ocean Research Institute University of Tokyo, No. 8.

21) Bulltein d'Information, N° 95-98.

22) CSK Newsletter, No. 50.

23) Bulletin de l'Institut de Geologie de Geologie de Bassin d'Aquitaine, N° 20.

24) Science et Pêche, N° 260-263.

25) Bulletin of the National Science Museum, Ser. A (Zoology), 3(1).

24) Revue des Travaux de l'Institut des Pêches Maritimes, Tome XXXIX Fasc. 4.

日仏海洋学会役員

顧 問 ユベール・ブロッシェ ジャン・デルサルト
ジャック・ロベール アレクシス・ドランデール
ベルナル・フランク

名誉会長 ミシェル・ルサージェ

会 長 佐々木忠義

常任幹事 永田 正,

幹 事 阿部友三郎, 有賀祐勝, 石野 誠, 井上 実,
今村 豊, 岩下光男, 宇野 寛, 川原田 裕,
神田献二, 菊地真一, 草下孝也, 斎藤泰一,
佐々木幸康, 杉浦吉雄, 高木和徳, 高野健三,
辻田時美, 奈須敬二, 根本敬久, 半沢正男,
松生 治, 丸茂隆三, 森田良美, 山中鷹之助
(五十音順)

監 事 久保田 穰, 岩崎秀人

評 議 員 赤松秀雄, 秋山 勉, 阿部宗明, 阿部友三郎,
新崎盛敏, 有賀祐勝, 石野 誠, 石渡直典,

市村俊英, 井上直一, 井上 実, 今村 豊,
 入江春彦, 岩崎秀人, 岩下光男, 岩田憲幸,
 宇田道隆, 宇野 寛, 大内正夫, 大村秀雄,
 岡部史郎, 梶浦欣二郎, 金谷太郎, 川合英夫,
 川上太左英, 川村輝良, 川原田 裕, 神田献二,
 菊地真一, 草下孝也, 楠 宏, 國司秀明,
 久保田 穰, 黒木敏郎, 小泉政美, 小林 博,
 小牧勇蔵, 西条八束, 斎藤泰一, 斎藤行正,
 佐伯和昭, 坂本市太郎, 佐々木忠義, 佐々木
 幸康, 猿橋勝子, 椎野秀雄, 柴田恵司, 下村敏正
 庄司大太郎, 杉浦吉雄, 関 文威, 多賀信夫,
 高木和徳, 高野健三, 高橋淳雄, 高橋 正,
 田畑忠司, 田村 保, 千葉卓夫, 辻田時美,
 寺本俊彦, 冨永政英, 鳥居鉄也, 中井甚二郎,

中野猿人, 永田 正, 永田 豊, 奈須敬二,
 奈須紀幸, 新田忠雄, 根本敬久, 野村 正,
 半沢正男, 半谷高久, 菱田耕造, 日比谷 京,
 平野敏行, 深沢文雄, 福島久雄, 淵 秀隆,
 星野通平, 増沢譲太郎, 増田辰良, 松井 魁,
 松生 治, 松崎卓一, 松平康男, 丸茂隆三,
 三浦昭雄, 三宅泰雄, 宮崎千博, 宮崎正衛,
 元田 茂, 森川吉郎, 森田良美, 森安茂雄,
 安井 正, 柳川三郎, 矢部 博, 山路 勇,
 山中鷹之助, 山中一郎, 山中 一, 吉田耕造,
 依田啓二, 渡辺貫太郎, 渡辺精一

(五十音順)

マルセル・ジュグラリス, ジャン・アンクテ
 イル, ロジェ・ペリカ

お 知 ら せ

著 者 抄 録 の 用 語 に つ い て

本誌では論文に約200語の英文(または仏文)の著者抄録(Abstract/Résumé)を添えることが投稿規定(第4項)で義務づけられていることはすでにご承知のとおりです。そして近年は英文抄録をつける論文がいちじるしく増えているのが実状です。

しかし本学会の設立趣旨からいえば, 少なくとも著者抄録だけは仏文であることが望ましいと思われまます。うみ12巻までに掲載された論文の仏文要約集刊行の実績のあることから, 何れ将来その続篇刊行の準備もいまから考えておかなければなりません。

このような事情を配慮し, 作業条件の許される範囲内

で, 論文にはなるべく仏文抄録を添えることが最近の編集委員会で申合されました。

この申合せにより, 今後論文原稿にはなるべく仏文の抄録を付けて下さるようお願いいたします。抄録原稿が英文の場合は, 著者のご了解の上で, 編集委員会が(表題とも)仏訳原稿に直します。仏訳は著者実費負担の有料になります(単価は市価を下回る見込み), 上記趣旨をご理解の上, 積極的なご賛同を得たく, よろしくお願ひ致します。

(編集委員会)

賛 助 会 員

- 旭化成工業株式会社
株式会社内田老鶴園新社 内田悟
大金久展
株式会社 オーシャン・エージ社
株式会社 大林組
小樽船用電機株式会社
株式会社 オルガノ
海上電機株式会社
株式会社 海洋開発センター
協同低温工業株式会社
協和商工株式会社
小松川化工機株式会社
小山康三
三信船舶電具株式会社
三洋水路測量株式会社
シュナイダー財団極東駐在事務所
昭和電装株式会社
新日本気象海洋株式会社
大洋電機株式会社
株式会社 高瀬鉄工所
株式会社 鶴見精機
東亜建設工業株式会社
東京工材株式会社
株式会社 東京久栄
東京製網織維ロープ株式会社
株式会社 東邦電探
中川防蝕工業株式会社
株式会社 ナック
日本アクアラング株式会社
日本海洋産業株式会社
日本テトラポッド株式会社
社団法人 日本能率協会
日本プレスコンクリート株式会社
ヒエン電工株式会社
深田多満男
藤田潔
藤田 峯雄
芙蓉海洋開発株式会社
フランス物産株式会社
古野電気株式会社
丸文株式会社
三井海洋開発株式会社
吉野計器製作所
株式会社 離合社
株式会社 渡部計器製作所
- 東京都千代田区有楽町 1-1-2 三井ビル
東京都千代田区九段北 1-2-1 蜂谷ビル
東京都港区新橋 3-1-10 丸藤ビル 社団法人 海洋産業研究会
東京都千代田区神田美土代町 11-2 第1東英ビル
東京都千代田区神田司町 2-3
小樽市色内町 3-4-3
東京都文京区本郷 5-5-16
東京都千代田区神田錦町 1-19
東京都港区赤坂 1-9-1
東京都千代田区神田佐久間町 1-21 山伝ビル
東京都豊島区目白 4-24-1
東京都江戸川区松島 1-342
東京都文京区本駒込 6-15-10 英和印刷社
東京都千代田区神田 1-16-8
東京都港区新橋 5-23-7 三栄ビル
東京都港区南青山 2-2-8 DFビル
高松市寺井町 1079
東京都渋谷区東 1-19-3 青山ビル
東京都千代田区神田錦町 3-16
東京都江戸川区松江 1-11-5
横浜市鶴見区鶴見町 1506
東京都千代田区四番町 5
東京都中央区築地 4-7-1 築三ビル
東京都中央区日本橋 3-1-15 久栄ビル
東京都中央区日本橋室町 2-6 江戸ビル
東京都杉並区宮前 1-8-9
東京都千代田区神田鍛冶町 2-2-2 東京建物ビル
東京都港区西麻布 1-2-7 第17興和ビル
東京都杉並区方南町 2-4-7 第2細野ビル
東京都新宿区西新宿 2-6-1 新宿住友ビル
東京都港区新橋 2-1-13 新橋富士ビル9階
東京都港区芝公園 3-1-22 協立ビル
東京都中央区日本橋本石町 1-4
堺市松屋町 1-3
東京都港区芝虎ノ門 8 虎ノ門実業会館 深田サルベージ株式会社
東京都新宿区四谷 3-9 光明堂ビル 株式会社ビデオプロモーション
東京都江東区南砂 1-3-25 株式会社 中村鉄工所
東京都千代田区大手町 2-3-6 タイムライフビル
東京都千代田区神田小川町 3-20-2 増淵ビル
東京都中央区八重洲 4-5 藤和ビル
東京都中央区日本橋大伝馬町 2-1-1
東京都千代田区霞ヶ関 3-2-5 霞ヶ関ビル 3002号室
東京都北区西ヶ原 1-14
東京都千代田区神田鍛冶町 1-10-4
東京都文京区向丘 1-7-17

Exploiting the Ocean by...

T.S.K.

OCEANOGRAPHIC INSTRUMENTS

REPRESENTATIVE GROUPS OF INSTRUMENTS AND SYSTEMS

T.S-マイコン BT (特許出願中)

当社の長年にわたるメカニカル BT 及び XBT で開発蓄積された技術を基礎としてさらに最新のマイクロコンピュータ技術を駆使し完成した数字で直に測定結果を見る事の出来るものであります。海洋の水温、深度を水中で測定し、A/D 変換後、内蔵 IC メモリに記憶します。

○ 特 長

● マイクロコンピュータ技術によるものです。

最小水深 10cm 毎の水温変動のデジタルデータリスト作成します。XYアナログ記録計により水温の鉛直分布図を作成します。

● 操作が簡単です。

従来の BT ウィンチにより水中に吊り下げ、回収後読取器と接触させることのみでデータリストを作成します。

● 光・電磁結合方式 (特許出願中)

測定器は密閉したままで、データの取出し、深度選択指令、充電及びチェックの全てが行えます。従って漏水事故の皆無

● 各種データ処理及びストックが可能です。

デジタルプリント、XY記録、カセットテープ録音、さん孔テープ作成、MT オープンリール録音、ご希望に応じどれでも可能です。

○ T.S-マイコン B.T システム

Cat No. 400

400-A-1 水中測定記録器 1,000 m 用

400-A-2 水中測定記録器 6,000 m 用

400-B 指令読取器デジタルプリンタ付

400-C アナログ XY 記録計

400-D 紙テープパンチャー

400-E カセットデータレコーダ

400-F MT オープンリール

○ 型状、寸法、重量

Cat. No. 400-A-1

水中測定記録器 120φ×450 L

空中重量約 20 kg, 水中重量約 10 kg

○ T.S-マイコン B.T 性能仕様

	水 温 °C	深 度 m
測定録囲	-2 ~ 40	0 ~ 1,000 0 ~ 6,000
分 解 能	0.001	0.1 % FS
精 度	±0.02	±0.2 % FS
印字桁数	4 桁	4 桁

株式会社 鶴 見 精 機

1506 Tsurumi-cho Tsurumi-ku, Yokohama, Japan 〒230

CABLE ADDRESS

TELEPHONE

TSK. USA.

TSURUMISEIKI Yokohama

Yokohama 521-5252~5

3540 AERO COURT

テレックス 3823750 TSKJPN J

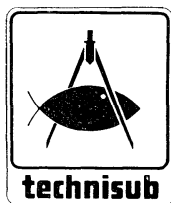
SAN DIEGO, CA, 92123

IWAMIYA INSTRUMENTATION LABORATORY

最高の品質 信頼のブランド aqua-lung®



France.



Italy.



Australia.



U.S.A.



日本アクアラング株式会社

本社・東京支社：東京都杉並区方南町2-4-7 (第2細野ビル) 〒168 TEL.(03)313-8441

本社・神戸支社：神戸市兵庫区浜中町2丁目18-6 〒652 TEL.(078)681-3201代

九州支社：福岡市中央区港3丁目7-5 〒810 TEL.(092)741-8907・751-0715

横浜営業所：横浜市中区野毛町3-129 〒232 TEL.(045)231-3021

名古屋営業所：名古屋市東区富士塚町3-14 〒461 TEL.(052)951-5016代

大阪営業所：大阪市西区九条通1丁目5-3 〒550 TEL.(06)582-5604代

四国出張所：高松市福岡町4丁目36-9(高松帝酸内) 〒760 TEL.(0878)51-8853

アクアラングは日本においては当社が専用使用権を有している国際的商標です。
商標登録「aqua-lung」登録番号 第494877号 商標登録「アクアラング」登録番号 第494878号

メルタック

熱溶融型接着剤ですから、溶剤や水を含まないで乾燥の必要がなく、瞬間的に接着します。

ポリエチレン、アルミ箔等にも良く接着します。

ポリロック

含浸、注型、充填用として使用される接着性と作業性の良好なシーリング材です。

ポリワックス

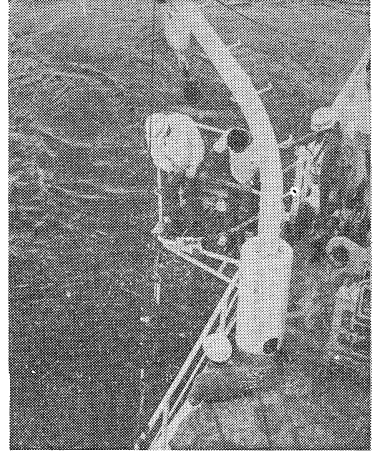
ワックスを主成分とし、各種ポリマーをブレンドした防湿、密封用のシーリングワックスです。

東京工材株式会社

東京都中央区築地 4-7-1 TEL (542) 3361 (代)

海洋環境調査 海底地形地質調査

- 水質調査・プランクトン底棲生物調査・潮汐・海潮流・水温・拡散・波浪等の調査(解析・予報)
- 環境アセスメント・シミュレーション
- 海底地形・地質・地層・構造の調査・水深調査・海図補正測量



外洋における海洋調査



三洋水路測量株式会社

本社 東京都港区新橋5-23-7(三栄ビル) ☎03(432)2971-5
 大阪支店 大阪市都島区中野町3-6-2(谷長ビル) ☎06(353)0858・7020
 門司出張所 北九州市門司区港町3-32(大分銀行ビル) ☎093(321)8824
 仙台出張所 仙台市一番町2-8-15(太陽生命仙台ビル) ☎0222(27)9355
 札幌出張所 札幌市中央区大通東2-8-5(プレゼント札幌) ☎011(251)3747

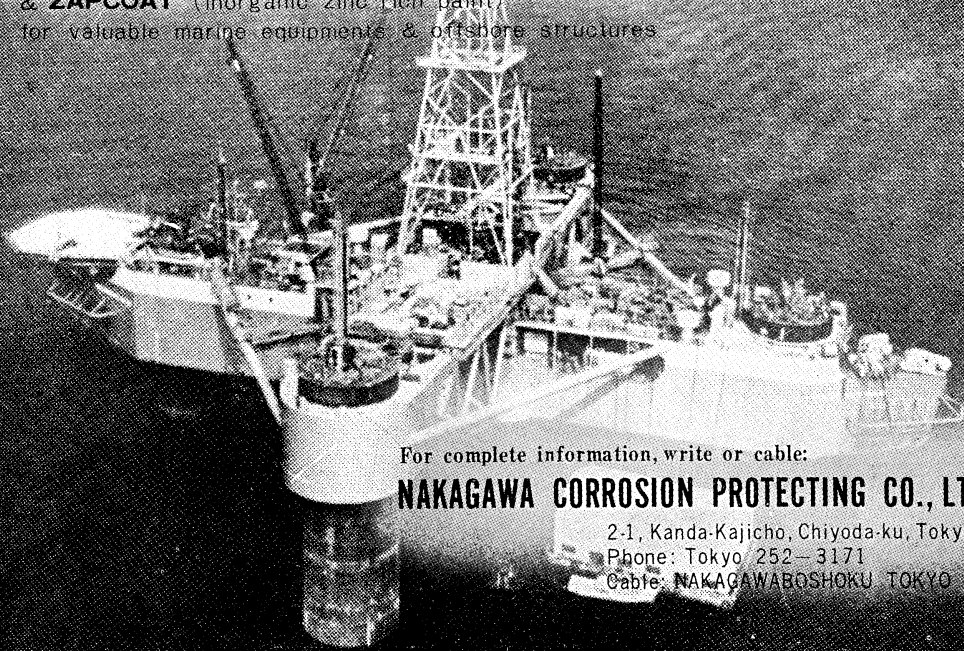
総代理店



三井物産株式会社

SAVE YOUR MONEY

thru **NAKAGAWA's** Cathodic Protection
 & **ZAPCOAT** (inorganic zinc rich paint)
 for valuable marine equipments & offshore structures



For complete information, write or cable:

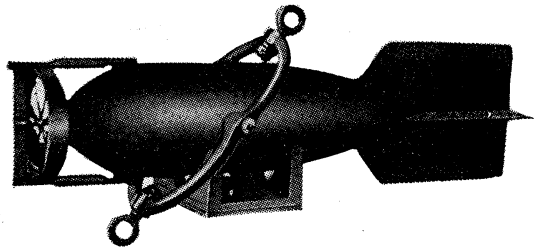
NAKAGAWA CORROSION PROTECTING CO., LTD.

2-1, Kanda-Kajicho, Chiyoda-ku, Tokyo
 Phone: Tokyo 252-3171
 Cable: NAKAGAWABOSHOKU TOKYO

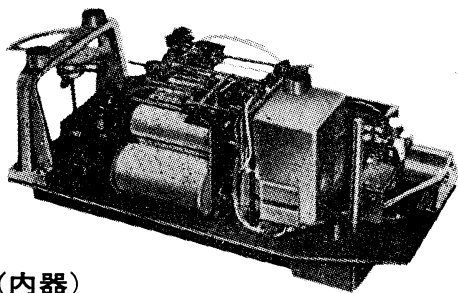
長期捲自記流速計

(NC-II)

本流速計は海中に設置し、内蔵した記録器に流速流向を同時に記録するプロペラ型の流速計で約20日間の記録を取る事が出来ます。但し流速は20分毎に3分間の平均流速を又流向は20分毎に一回、共に棒グラフ状に記録しますから読取が非常に簡単なのが特徴となっております。



(外器)



(内器)

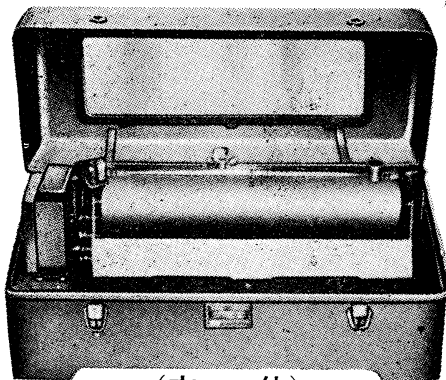
プロペラはA, B, C三枚一組になって居り

A(弱流用).....1m/sec	} 迄で一枚毎に検定 してあります。
B(中流用).....2m/sec	
C(強流用).....3m/sec	

弱流ペラーに依る最低速度は約4cm/secです。

フース型長期捲自記検潮器

(LFT-III)



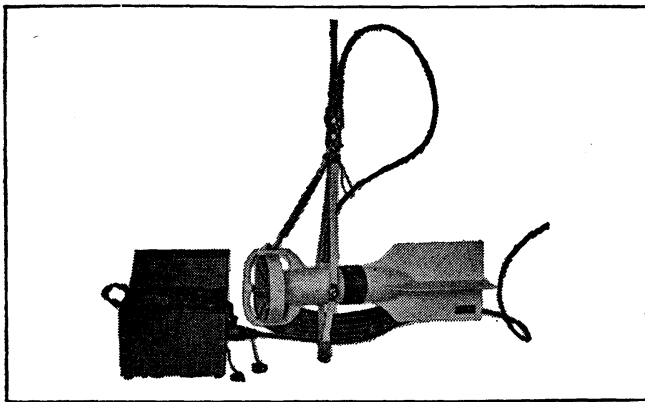
(本 体)

営業品目

階段抵抗式波高計
ケーブル式波高計
フース型検潮器
小野式自記流速計
自記水位計
港施型土圧計
理研式水中カメラ
その他海洋観測諸計器

協和商工株式会社

東京都豊島区目白4丁目24番地1号
TEL (952) 1376代表 〒171



Direct-Reading Current &
Direction Meter

Model

CM-2

Catalogues are to be sent immediately upon receipt of your order products

Products

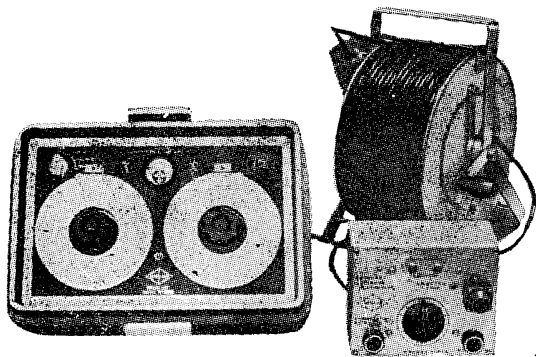
- KM-2: Direct Reading Knot-Meter for Trawl-Boats to Control Adequate Speed
- EI-5: Electric Meter of Water Temperature
- ECT-5: Electric Conduction and Temperature Meter for Chlorine

TOHO DENTAN CO., LTD.

Office: 1-8-9, Miyamae, Suginami-Ku, Tokyo. Tel. Tokyo (03) 334-3451~3

AUTO-LAB PORTABLE S-T BRIDGE

Model 602



オート・ラブ誘導起電式精密塩分計に引続いて、開発された温度と塩分の現場測定用の可搬型海洋測器です。温度、塩分ともダイヤルで直読出来、簡便で堅牢しかも高精度なソリッドステートのユニット結合構造の最新鋭計器です。

- 温度: 0~35°C 1/2 精度 ±0.1°C
- 塩分: Scale 1. 0~32‰S 精度 ±0.1‰S
Scale 2. 32~42‰S 精度 ±0.03‰S
- 電源: 電池 9V, 200時間使用可能

追加附属品

- ステンレス製ケーブルリール
- 半自動式電極ブラチナイザー

製造品目

転倒温度計 各種
電気式水温計 各種
採水器・海洋観測機器
気象用・理化学用温度計
サーモレンジャー 温度調節器
ミグスター

日本およびアジア総代理店



株式会社 渡部計器製作所

東京都文京区向丘1の7の17
TEL (811) 0044 (代表) ☎ 113

(カタログ御希望の方は誌名御記入の上御請求下さい)

Murayama

計 濁 度 中 水
計 照 度 中 水
計 導 度 電



株式会社 村山電機製作所

本社 東京都目黒区五本木 2-13-1
出張所 名古屋・大阪・北九州

7IL は無限の可能性に挑戦する

- ◆漁撈電子機器
- ◆航海計器
- ◆海洋開発機器
- ◆航空機用電子機器
- ◆各種制御機器
- ◆コンピュータ端末機器
- ◆各種情報システム



本社 / 西宮市菅原町9-52 ☎0798 (65) 2111 (大代) 支社 / 東京都中央区八重洲4-5 藤和ビル ☎03 (272) 8491 (代) ほか37ヶ所

昭和 52 年 2 月 25 日 印刷
昭和 52 年 5 月 31 日 発行

う み

第 15 卷
第 2 号

定価 ¥ 950

編集者 今 村 豊
発行者 佐 ☆ 木 忠 義
発行所 日 仏 海 洋 学 会

財団法人 日仏会館内
東京都千代田区神田駿河台2-3
郵便番号: 101
電話: 03(291)1141
振替番号: 東京 96503

印刷者 小 山 康 三
印刷所 英 和 印 刷 社

東京都文京区本駒込 6-15-10
郵便番号: 113
電話: 03(941)6500

第 15 卷 第 2 号

目 次

原 著

- 水槽実験によるエビ籠の漁獲機構の研究—I
— 走触性と空間占有行動 —……………井上 実, 有元貴文, S. VADHANAKUL 51
- 日本産イソメ科多毛環虫類—II (英文)……………三浦 知之 61
- 黒潮海域における濁度と粒径分布 (英文)……………松生 洽, 森永 勤 82
- 海流エネルギーの利用が大循環に及ぼす影響……………高野 健三 94

資 料

- JOC/SCOR の研究集会 “General circulation models of the ocean and
their relation to climate”……………高野 健三 101
- 学会記事…………… 103

Tome 15 N° 2

SOMMAIRE

Notes originales

- Study on the Catching Mechanism of Shrimp Trap in a Experimental Tank - I
— Thigmotaxis and Spacing Behaviour — (in Japanese)
…………… Makoto INOUE, Takafumi ARIMOTO and Surapon VADHANAKUL 51
- Eunicid Polychaetous Annelids from Japan - II……………Tomoyuki MIURA 61
- Beam Attenuation and Particle-size Distribution in the Kuroshio Area
…………… Kanau MATSUIKE and Tsutomu MORINAGA 82
- Effet de l'utilisation de la puissance de courant marin sur
le milieu marin (en japonais)……………Kenzo TAKANO 94

Documentation

- JOC/SCOR Study Conference on the General Circulation Models of the
Ocean and Their Relation to Climate (in Japanese)……………Kenzo TAKANO 101

- Procès-Vervaux…………… 103