
Tome 17

Août 1979

Numéro 3

う み

La mer

昭和 54 年 8 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 冨永政英 (鹿児島大学)
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) 杉浦吉雄 (鹿児島大学) 高木和徳 (東京水産大学) 高野健三 (理化学研究所) 宇野 寛 (東京水産大学) 山路 勇 (東京水産大学) 今村 豊 (東京水産大学) 神田献二 (東京水産大学) 半沢正男 (舞鶴海洋气象台) 増田辰良 (東京水産大学) 柳川三郎 (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語の欧文 (原則として仏語) の要旨をつけること。欧文論文には欧文の要旨のほかに必ず約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だけに限る。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 Masahide TOMINAGA (Kagoshima University)
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) Yoshio SUGIURA (Kagoshima University) Kazunori TAKAGI (Tokyo University of Fisheries) Kenzo TAKANO (Institute of Physical and Chemical Research) Yutaka UNO (Tokyo University of Fisheries) Isamu YAMAZI (Tokyo University of Fisheries) Yutaka IMAMURA (Tokyo University of Fisheries) Kenji KANDA (Tokyo University of Fisheries) Masao HANZAWA (Maizuru Marine Observatory) Tatsuyoshi MASUDA (Tokyo University of Fisheries) Saburo YANAGAWA (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 Japon.
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.

海産繊毛虫類の細菌捕食特性*

久 米 恒 雄**

Feeding Patterns of Marine Ciliates Fed on the Heterotrophic Bacteria*

Tsuneo KUME**

Abstract: The feeding patterns of marine ciliates, *Uronema* spp., fed on 42 strains (five genera) of marine heterotrophic bacteria isolated from sea water samples in coastal areas of Japan and in the North Pacific Ocean were studied to elucidate the difference between various types of food bacteria in influencing the feeding rate and growth of the ciliates and to clarify the feeding selectivity of the ciliates on bacterial strains. A ciliate *Uronema* sp. (U36) fed on the bacterial strains of *Pseudomonas* and *Vibrio* as favorable food sources. Feeding on the latter resulted in higher growth rate and growth constant, shorter generation time and lower feeding rate of the ciliate compared with feeding on the former. The strains of *Vibrio* were proved to be more effective food for the ciliate than the strains of *Pseudomonas*. The feeding selectivity of each clone of *Uronema* was recognized on several types of mixed bacterial foods of the *Pseudomonas* and *Vibrio* strains. The growth rate and feeding rate of the *Uronema* species were different by the combination of strains in the mixed bacterial foods.

1. 緒 言

海洋環境において種々の生物は相互に拮抗的、相助的あるいは捕食・被食の関係を保ちつつ生きている。従って、微生物群相互間の生態的関係を解明することは、海洋における微生物群の量的・質的変動を解析する上で重要な課題である (ZOBELL, 1946)¹⁾。

現場海水中の細菌群の増殖抑制要因に関しては、これまで植物プランクトンや海藻による抗菌性物質の生産 (SIEBURTH, 1968)²⁾、海洋細菌による抗菌性物質の生産 (BUCK *et al.*, 1962)³⁾ および海洋細菌相互の生態的拮抗関係 (SIEBURTH,

1968)²⁾ 等が断片的に報告されている。一方、動物プランクトンによる捕食 (BAYLOR and SUTCLIFFE, 1963⁴⁾; SEKI *et al.*, 1968⁵⁾; OGAWA, 1977⁶⁾) および汚過食者による捕食 (PARSONS and SEKI, 1970⁷⁾; LENZ, 1977⁸⁾) による細菌群の減少変動も認められている。

自然水域における細菌群の量的分布および細菌相の変動に対しては、その現場に棲息する細菌捕食生物の捕食選択性が強く関係すると考えられている。しかし、海洋における繊毛虫類の捕食選択性によって、その餌料源である細菌群が質的・量的変動を生ずる現象は、生態学上極めて重要な問題であるにもかかわらず、従来その実験的な解析結果の報告がほとんどなされていない。

本研究では、沿岸や外洋水域の現場海水から分離した数属の細菌株を餌料源とし、沿岸水域より分離した繊毛虫を用いて、その捕食選択性を実験的に解析した結果について報告する。

* 1979年2月28日受理

Received February 28, 1979

** 東京大学医科学研究所生物製剤試験製造施設,
〒108 東京都港区白金台 4-6-1

Laboratory of Biological Products, Institute of
Medical Science, University of Tokyo, 4-6-1,
Shiroganedai, Minato-ku, Tokyo, 108 Japan

2. 材料と方法

供試微生物: 絨毛虫類は前報(久米, 1979)⁹⁾に記した方法によって分離したのち, 重層培地中にクローン培養した保存株を用いた。餌料細菌は, 東京湾, 相模湾, 駿河湾および北部太平洋の現場海水から単離した保存菌株を用いた (Fig. 1, Table 1~4)。供試菌株は使用前に数回 0.5% Bacto—Peptone (Difco) を含む高層寒天培地中に継代培養したものを用いた。

菌体重量の測定: 供試菌株を 300 ml の 2216E 液体培地 (CARLUCCI and PRAMER, 1957)¹⁰⁾ 中に接種し, 20°C, 24時間振盪培養したのち遠心分離操作 (10分間, 10,000 rpm, 4°C) によって菌体を回収した。その一部を用いて 2216E 寒天平板上に塗布し, 出現したコロニーを計数した。シャーレ上の回収菌体は, 2時間, 70°Cにて乾燥し, デシケーター中にて冷却したのち乾燥重量を求めた。

絨毛虫の増殖率と細菌捕食率: 前報(久米, 1979)⁹⁾に記した方法によって細菌懸濁海水を調整し, Monod L字型試験管に移し, 絨毛虫クローン *Uronema* sp. (U36) の前培養液を接種したのち, 20°Cにて振盪培養 (1回/秒) を行なった。

絨毛虫の細菌捕食率は次式により求めた。すな

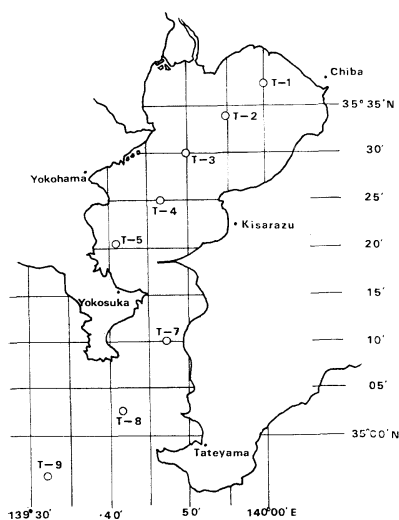


Fig. 1. Sampling locations in Tokyo Bay and the vicinity.

Table 1. Sampling areas for bacterial strains.

Area	Station No.	Latitude	Longitude
Sagami Bay	A - 1	35°04'N	139°19'E
Suruga Bay	U - 1	34°55'N	138°38'E
	U - 2	34°40'N	138°35'E
North Pacific Ocean	NP-3	39°59'N	155°00'W
	NP-24	20°30'N	125°00'E
	NP-28	24°00'N	125°00'E
	NP-29	30°21'N	127°11'E

Table 2. Sampling stations for the isolation of *Pseudomonas* spp.

Strain No.	Sampling station	Depth (m)	Sampling date
P01	T - 9	0	June 3, 1974
P02	T - 8	50	June 2, 1974
P03	A - 1	50	June 4, 1974
P04	A - 1	50	July 6, 1975
P05	A - 1	50	July 6, 1975
P06	U - 1	0	June 6, 1974
P07	NP-29	0	Jan. 28, 1975
P08	NP-24	0	Jan. 25, 1975
P09	NP-28	0	Jan. 26, 1975
P10	NP-3	0	Aug. 30, 1969
P11	NP-3	0	Aug. 30, 1969
P12	NP-3	0	Aug. 30, 1969
P13	NP-3	0	Aug. 30, 1969

Table 3. Sampling stations for the isolation of *Vibrio* spp.

Strain No.	Sampling station	Depth (m)	Sampling date
V21	T - 8	0	June 2, 1974
V22	T - 8	50	June 2, 1974
V23	T - 8	0	July 4, 1975
V24	A - 1	0	July 6, 1975
V25	A - 1	0	July 6, 1975
V26	A - 1	20	July 6, 1975
V27	U - 2	50	June 6, 1974
V28	U - 2	100	July 6, 1974
V29	U - 2	Zp*	July 6, 1974
V30	NP-29	0	Jan. 28, 1975
V31	NP-24	0	Jan. 25, 1975
V32	NP-28	0	Jan. 26, 1975
V33	NP-3	50	Aug. 30, 1969
V34	NP-3	50	Aug. 30, 1969
V35	NP-3	100	Aug. 30, 1969
V36	NP-3	100	Aug. 30, 1969

* Zp: Bacteria attached to zooplankton samples.

Table 4. Sampling stations for the isolation of *Flavobacterium* spp. (F), *Caulobacter* spp. (C) and *Spirillum* spp. (S).

Strain No.	Sampling station	Depth (m)	Sampling date
F 41	T - 9	0	June 3, 1974
F 42	T - 3	mud	June 1, 1974
F 43	T - 1	5	June 1, 1974
F 44	T - 8	0	July 4, 1975
F 45	A - 1	20	July 6, 1975
F 46	U - 1	Pp*	June 6, 1974
F 47	NP-29	0	Jan. 28, 1975
F 48	NP-28	800	Jan. 26, 1975
C 51	T - 3	0	June 1, 1974
C 52	T - 1	5	June 1, 1974
C 53	A - 1	0	July 6, 1975
C 54	A - 1	20	July 6, 1975
S 61	T - 8	0	July 4, 1975
S 62	A - 1	0	July 6, 1975
S 63	A - 1	100	July 6, 1975

* Pp: Bacteria attached on phytoplankton samples.

わち、対数増殖期の t_i 時およびそれから一定時間経過後の t_f 時における繊毛虫細胞数をそれぞれ C_i, C_f とし、細菌数をそれぞれ B_i, B_f とすると、単位時間当たりの単位繊毛虫細胞の細菌捕食率 F_r は、

$$F_r = \frac{B_i - B_f}{C_f - C_i} \times \frac{1}{t_f - t_i}$$

となる。餌料細菌重量に換算すると次式のようになる。

$$F_{rw} = F_r \times B_w$$

ただし、 F_{rw} は重量捕食率、 B_w は単位細菌細胞の乾燥重量を示す。

3. 結 果

1. 餌料細菌の違いによる繊毛虫類の増殖

繊毛虫類膜口目 *Uronema* 属の異なるクローンをを用いて、異なる餌料細菌と組み合わせて培養実験を行なった結果、*Uronema* 属の各クローンの増殖には著しい相違が認められた。しかし、培養期間中の pH は、いずれの場合も繊毛虫類の増殖に伴ない 0.5~1.0 上昇する傾向が認められた。

餌料細菌 *Pseudomonas* sp. (P04) を用いて

Uronema sp. (U61) を培養した場合 (Fig. 2), *Vibrio* sp. (V21) を用いて *Uronema* sp. (U36) を培養した場合 (Fig. 3) および *Pseudomonas* sp. (P04) を用いて *Uronema* sp. (U36) を培養した場合 (Fig. 4) では、増殖の定常期以後の増殖パターンに多少の差異があるが、いずれの場合も *Uronema* の良好な増殖が認められた。しかし、*Pseudomonas* sp. (P04) を餌料とした場合、*Uronema* sp. (U56) の増殖は対数増殖期直後に阻害が認められた (Fig. 5)。また、*Vibrio* sp. (V24) を餌料とした場合の *Uronema* sp. (U28) の増殖では、比較的長い誘導期の後に対数増殖期が観察された (Fig. 6)。

2. 餌料細菌の違いによる繊毛虫の増殖率と捕食率の変化

東京湾、相模湾、駿河湾および北部太平洋の現場海水試料から単離された種々の細菌株を餌料として培養した繊毛虫類膜口目 *Uronema* sp. (U36) の増殖係数、世代交代時間、増殖速度、細菌数捕食率は Table 5, 6 および 7 に一括して示されるごとくであった。一方、*Pseudomonas* 属 13 株と *Vibrio* 属 16 株を餌料とした場合 *Uronema* の増殖率と細菌捕食率の頻度分布は Fig. 7 に、それらの平均値と標準誤差は Table 8 に示されたごとくであった。上記の結果から明らかなように、増殖率の上で両属の餌料効果を比較すると、*Vibrio* 属を摂食した場合に *Pseudomonas* 属の場合より供試繊毛虫の増殖係数 (K_g) や増殖速度 (μ) が高くなり、他方、世代交代時間 (T_g) は短くなる傾向が認められた。さらに被食率を比較すると、*Vibrio* 属より *Pseudomonas* 属の細菌数被食率は高いが重量被食率は同程度であった。

3. 混合細菌餌料による繊毛虫類の増殖

Pseudomonas 属と *Vibrio* 属の細菌株を組み合わせた混合細菌餌料を用いて *Uronema* 属の異なるクローンを培養したところ、細菌株の組み合わせが同じであり、同一属の繊毛虫であるにもかかわらず増殖が著しく異なる場合もあった。*Uronema* sp. (U36) の増殖は、餌料細菌株の組み合わせを替えたいずれの場合も同様であったが、それぞれの

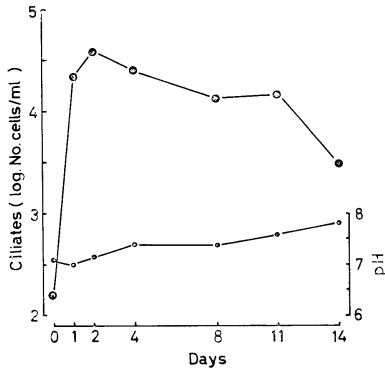


Fig. 2. Growth of a ciliate *Uronema* sp. (U61) fed on a bacterium *Pseudomonas* sp. (P04).

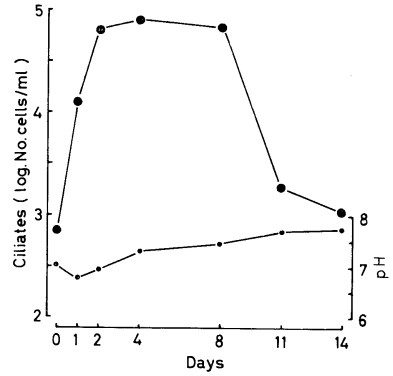


Fig. 5. Growth of a ciliate *Uronema* sp. (U56) fed on a bacterium *Pseudomonas* sp. (P04)

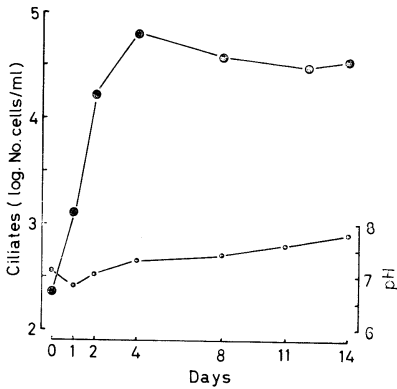


Fig. 3. Growth of a ciliate *Uronema* sp. (U36) fed on a bacterium *Pseudomonas* sp. (P04).

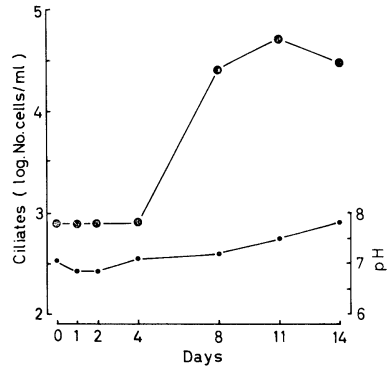


Fig. 6. Growth of a ciliate *Uronema* sp. (U28) fed on a bacterium *Vibrio* sp. (V24).

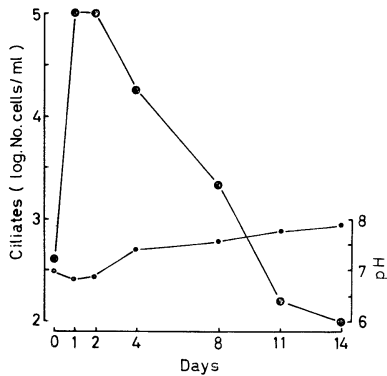


Fig. 4. Growth of a ciliate *Uronema* sp. (U36) fed on a bacterium *Vibrio* sp. (V21).

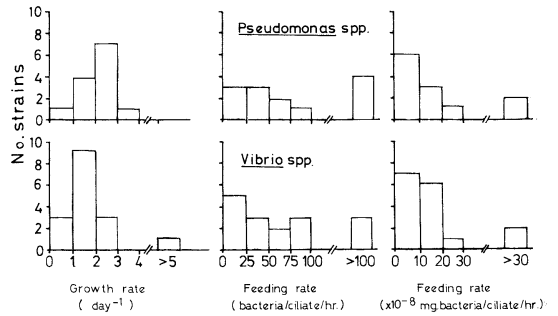


Fig. 7. Frequency distribution in various growth parameters of a ciliate *Uronema* sp. (U36) fed on various bacterial strains of *Pseudomonas* spp. and *Vibrio* spp.

Table 5. Growth constant and generation time of a ciliate *Uronema* sp. (U36) fed on five genera of bacterial strains.

Growth constant (K_g)		
Bacteria	Range	Average
<i>Pseudomonas</i> spp.	0.010-0.060	0.0379
<i>Vibrio</i> spp.	0.028-0.058	0.0449
<i>Flavobacterium</i> spp.	0.027-0.054	0.0383
<i>Caulobacter</i> spp.	0.032-0.041	0.0353
<i>Spirillum</i> spp.	0.034-0.047	0.0427

Generation time (T_h , hours)		
Bacteria	Range	Average
<i>Pseudomonas</i> spp.	5.02-30.1	9.768
<i>Vibrio</i> spp.	5.16-10.7	6.971
<i>Flavobacterium</i> spp.	5.58-11.3	8.345
<i>Caulobacter</i> spp.	7.33-9.54	8.615
<i>Spirillum</i> spp.	6.43-8.88	7.253

Table 6. Feeding rate of a ciliate *Uronema* sp. (U36) fed on five genera of bacterial strains. Feeding rate (cells of bacteria/ciliate/hour)

Bacteria	Range	Average
<i>Pseudomonas</i> spp.	10.3 -812	128.1
<i>Vibrio</i> spp.	3.40-200	66.35
<i>Flavobacterium</i> spp.	11.2 - 73.7	27.05
<i>Caulobacter</i> spp.	25.6 - 73.8	41.20
<i>Spirillum</i> spp.	40.5 -128	81.00

Feeding rate (10^{-8} mg dry wt of bacteria/ciliate/hr)		
Bacteria	Range	Average
<i>Pseudomonas</i> spp.	1.39-69.0	17.57
<i>Vibrio</i> spp.	1.23-83.3	16.94
<i>Flavobacterium</i> spp.	1.23-31.6	8.50
<i>Caulobacter</i> spp.	13.9 -39.6	23.25
<i>Spirillum</i> spp.	29.7 -36.4	31.93

Table 8. Growth parameters of a ciliate *Uronema* sp. (U36) fed on various bacterial strains of *Pseudomonas* spp. and *Vibrio* spp.

Growth parameters	Food bacterial		Ratio of B/A
	(A) <i>Pseudomonas</i> spp.	(B) <i>Vibrio</i> spp.	
Growth constant, K_g	0.038±0.004	0.045±0.002	1.185
Generation time, T_h (hours)	9.768±1.814	6.971±0.396	0.714
Maximum growth rate, μ (day^{-1})	2.095±0.207	2.674±0.196	1.276
Feeding rate (bacteria/ciliate/hr)	128.1±59.86	66.35±13.16	0.518
Feeding rate ($\times 10^{-8}$ mg bacteria/ciliate/hr)	17.57±5.770	16.94±0.501	0.964

Table 7. Maximum growth rate of a ciliate *Uronema* sp. (U36) fed on five genera of bacterial strains.

Maximum growth rate (μ , day^{-1})		
Bacteria	Range	Average
<i>Pseudomonas</i> spp.	0.55-3.31	2.095
<i>Vibrio</i> spp.	1.56-3.22	2.674
<i>Flavobacter</i> spp.	1.46-2.98	2.100
<i>Caulobacter</i> spp.	1.75-2.28	1.951
<i>Spirillum</i> spp.	1.87-2.57	2.345

被食率には差異が認められた (Fig. 8)。一方, *Uronema* sp. (U61) の増殖は, 細菌餌料の組み合わせの違いにより相違するばかりなく, それぞれの細菌株に対するその捕食率も *Uronema* sp. (U36) の場合とは相違が認められた (Fig. 9)。さらに, 餌料細菌株の組み合わせは同じであっても, *Uronema* sp. クローンが異なる場合には, それぞれの繊毛虫の増殖に対する餌料効果が全く異なり, 一方のクローンには効果があっても他方のクローンには全く効果のない事例も見られた (Fig. 10)。

4. 考 察

淡水産繊毛虫類の餌料細菌に対する捕食選択性に関する研究では, 供試繊毛虫類の増殖の観察結果から, KIDDER and STUART (1939)¹¹⁾ によって, *Aerobacter* sp. は繊毛虫 *Colopoda steini* の餌料に有効であったが, *Rhodococcus* sp., *Serratia macrescens*, *Chromobacterium violaceum* 等の色素産生菌群は増殖阻害を示すことが報告されている。COLER and GUNNER (1969)¹²⁾ も, *Escherichia coli* や *Aerobacter* sp. は *Colopoda* sp.

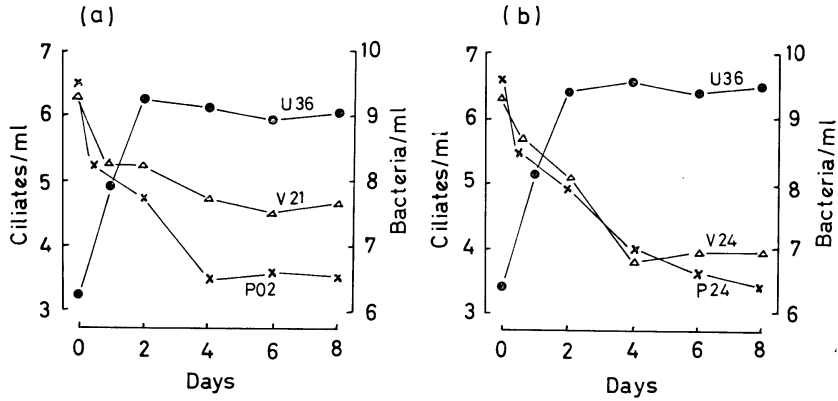


Fig. 8. (a) Growth of a ciliate *Uronema* sp. (U36) fed on the mixed bacterial food of *Pseudomonas* sp. (P02) and *Vibrio* sp. (V21).
(b) Growth of a ciliate *Uronema* sp. (U36) fed on the mixed bacterial food of *Pseudomonas* sp. (P04) and *Vibrio* sp. (V24).

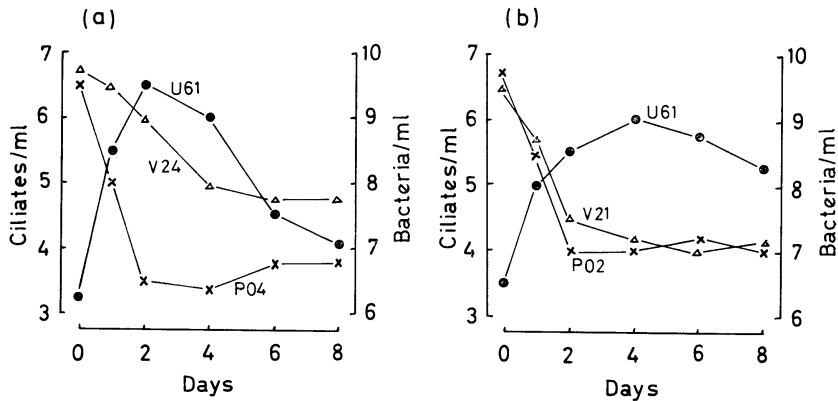


Fig. 9. (a) Growth of a ciliate *Uronema* sp. (U61) fed on the mixed bacterial food of *Pseudomonas* sp. (P04) and *Vibrio* sp. (V21).
(b) Growth of a ciliate *Uronema* sp. (U61) fed on the mixed bacterial food of *Pseudomonas* sp. (P02) and *Vibrio* sp. (V21).

の良好な餌料となるが, *Arthrobacter* sp. は増殖阻害を示すことを観察している。他方, SUDO and AIBA (1971)¹³⁾ は淡水産付着繊毛虫 *Vorticellida* sp. の明瞭な捕食選択性を認めると共に, 単一菌株を餌料とするよりも異なる菌株の混合餌料を投与することによって, 繊毛虫の増殖が顕著に促進されることを報告している。さらに TEZUKA (1974)¹⁴⁾ は淡水産繊毛虫 *Paramecium* sp. の増殖は *Rhodospseudomonas* sp. の投与によって促進されるが, *E. coli* や *Bacillus* sp., *Pseudomonas*

sp. および *Staphylococcus* sp. の投与では阻害されることを観察している。一方, *E. coli* は沿岸水域において海産繊毛虫類の捕食によって, 速やかに消失する実験報告もある (ENZINGER and COOPER, 1976)¹⁵⁾。

本研究の実験結果では, 種々の *Pseudomonas* 属菌株に比べて *Vibrio* 属菌株を餌料とした場合の方が, 概して繊毛虫 *Uronema* sp. (U36) の増殖係数や増殖速度が高くなり, 世代交代時間が短くなることから, 前者に比べ後者の細菌株の餌料

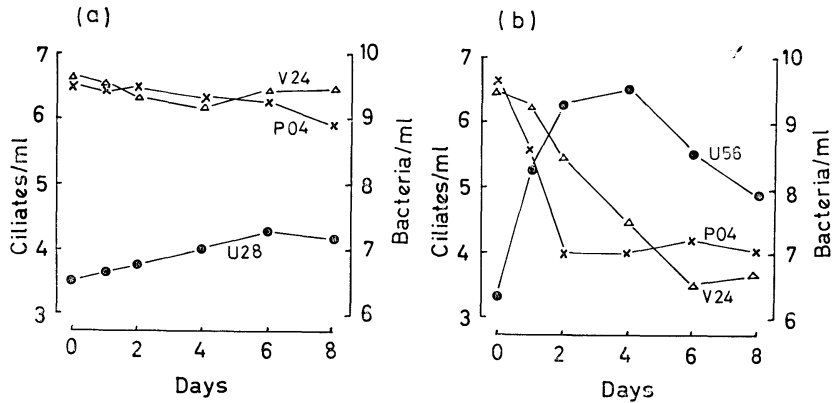


Fig. 10. (a) Growth of a ciliate *Uronema* sp. (U28) fed on the mixed bacterial food of *Pseudomonas* sp. (P04) and *Vibrio* sp. (V24).

(b) Growth of a ciliate *Uronema* sp. (U56) fed on the mixed bacterial food of *Pseudomonas* sp. (P04) and *Vibrio* sp. (V24).

価値がより高いことが示唆された。一方、捕食率においても細菌重量換算では両者とも、同程度であったにもかかわらず、細菌数換算では *Pseudomonas* 属が *Vibrio* 属の約2倍の被食率であったことから、概して前者の方が後者よりも繊毛虫の捕食による消失が速やかであることが示唆された。

さらに、本研究において混合細菌餌料を用いた異なる繊毛虫クローンの増殖を観察した結果から、同一属の繊毛虫であっても異なる細菌餌料に対して、それぞれの繊毛虫が異なる捕食強度をもつことが推察される。このことは、それぞれの細菌に固有な栄養価値の問題だけでなく、餌料細菌に対する個々の繊毛虫の捕食選択性にも依存する繊毛虫と細菌との相互作用の結果として現われた現象であることを示唆している。

繊毛虫類の捕食率から推察すると、現場海水中における細菌の量的および質的変動は、生物的要因のうち抗菌物質の生産や細菌自体の増殖率に依存するのみならず、細菌捕食性生物の捕食強度にも依存することが示唆される。

謝 辞

本研究を遂行するにあたり、海洋細菌保存株の一部を提供して下さった東京大学海洋研究所清水潮助教授に謝意を表する。

文 献

- 1) ZOBELL, C. E. (1946): Marine Microbiology. Chronica Botanica, Mass. 240 pp.
- 2) SIEBURTH, J. M. (1968): The influence of algal antibiotics on the ecology of marine microorganisms. Adv. Microbiol. Sea, p. 64-94.
- 3) BUCK, J. D., S. P. MEYERS and K. M. KAMP (1962): Marine bacteria with anti-yeast activity. Science, **138**: 1339-1340.
- 4) BAYLOR, E. R. and W. H. SUTCLIFFE (1963): Dissolved organic matter in seawater as a source of particulate food. Limnol. Oceanogr., **8**: 369-371.
- 5) SEKI, H., J. SKELDING and T. R. PARSONS (1968): Observation on the decomposition of a marine sediments. Limnol. Oceanogr., **13**: 440-447.
- 6) OGAWA, K. (1977): The role of bacterial flocs as food for zooplankton in the sea. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., **43**: 395-407.
- 7) PARSONS, T. R. and H. SEKI (1970): Importance and general implications of organic matters in aquatic environments. In, D. W. HOOD (ed.), Symposium on Organic Matter in Natural Waters. Inst. Mar. Sci. Occasion. Publ., No. 1, p. 1-27.
- 8) LENZ, J. (1977): On detritus as a food source for pelagic filter-feeders. Mar. Biol., **41**: 39-48.
- 9) 久米恒雄 (1979): 海産繊毛虫類の分離および保存培養に関する検討. うみ, **17**: 62-64.
- 10) CARLUCCI, A. F. and D. PRAMER (1957): Factors influencing the plate method for determining abundance of bacteria in sea water. Proc. Soc. Exp. Biol. Med., **96**: 392-394.

- 11) KIDDER, G. W. and C. A. STUART (1939): The role of chromogenic bacteria in ciliates growth. Biol. Bull., **75**: 336.
- 12) COLER, R. A. and H. B. GUNNER (1969): Microbial populations as determinants in protozoan succession. Water Res., **3**: 149-156.
- 13) SUDO, R. and S. AIBA (1971): Food habitat of Vorticellidae isolated from activated sludge. Jap. J. Ecol., **21**: 140-146.
- 14) TEZUKA, Y. (1974): An experimental study on the food chain among bacteria, *Paramecium* and *Daphnia*. Int. Rev. ges. Hydrobiol., **59**: 31-37.
- 15) ENZINGER, R. M. and R. C. COOPER (1976): Role of bacteria and protozoan in the removal of *Escherichia coli* from estuarine waters. Appl. Environ. Microbiol., **31**: 758-763.

海水中の濁度構成物質の光学的特性と そのモデル化の研究 (I)*

竹松 伸**, 岸野元彰**, 岡見 登**

Optical Properties and Modeling of Turbidity Components in Sea Water (I)*

Noburu TAKEMATSU**, Motoaki KISHINO** and Noboru OKAMI**

Abstract: Optical properties of turbidity components in sea water are examined, and a method of measuring the concentration of each component is described.

Phytoplankton's absorption coefficient shows strong wavelength dependence because of absorption by plant pigments, whereas the wavelength dependence of the attenuation coefficient is comparatively weak. As for inorganic particulate matter such as silicate minerals and biogenous remains, the wavelength dependency of their attenuation coefficients is relatively weak for particle sizes larger than $2\mu\text{m}$. In contrast, the attenuation coefficients of dissolved and particulate organic matter decrease exponentially with wavelength.

On the basis of these results, a method of measuring the concentration of each turbidity component in sea water is suggested. The phytoplankton's contribution to turbidity in sea water is estimated from the concentration of chlorophyll *a*, which is measured by an *in situ* fluorometer. The attenuation coefficient resulting from dissolved and particulate organic matter is estimated from the difference between the attenuation coefficient at 450 nm and that at 600 nm. The contribution of inorganic particulate matter is obtained by subtracting the above-estimated attenuation coefficients due to plankton and organic matter at 600 nm from the total attenuation coefficient of sea water observed at 600 nm. The attenuation coefficient resulting from inorganic particulate matter is also estimated from the concentrations of particulate aluminum, iron and silicon in sea water collected at some observation stations, and compared with that estimated above.

1. はじめに

港湾の浚渫・埋立に伴う土砂の流出は光環境を悪化させ、光合成を阻害する。基礎生産は食物連鎖の出発点であるから、生物に与える影響は甚大である。その影響は、微細粒子はなかなか沈積しないから、工事地点近傍に留まらずかなり広範囲に及ぶであろう。西村(1972)^{1)***}によれば、瀬

戸内海の透明度の低下のかなりの部分は浚渫・埋立工事の影響であるという。

ところで、海水中には、汚染の少ない海域においても、プランクトン、その分解残査である有機懸濁物、ケイ酸塩鉱物などが既に存在している。そこで、流出土砂の影響範囲を調査するためには、既存の濁りと新たに投入された濁りとを区別して測定することが必要となる。

従来、海洋観測では、海水の濁りの指標である透明度、濁度計で測定される消散係数および濁りの総重量である SS 濃度などが測定されている。流出土砂の拡がり測定の際のバックグラウンドとしての既存の濁りは、場所と季節が同じであっ

* 1979年3月8日受理

Received March 8, 1979

** 理化学研究所, 〒351 埼玉県和光市広沢 2-1

The Institute of Physical and Chemical Research,
Hirosawa, Wako-shi, Saitama, 351 Japan

*** この論文では、照度の消散係数と濁度(平行光束)の消散係数が混同されている。

ても一定ではなく、特にプランクトンの発生状況により変動するものである。したがって、上記の方法だけでは、工事地点近傍は別として、海水中へ流出した土砂の拡がり測定することは困難である。

本研究では、海水中の濁りを構成する物質の消散係数およびその波長特性を調べ、モデル化し、各成分を別々に測定する方法を考察する。

2. 海水中の濁度を構成する物質

濁度を構成する物質を Fig. 1 に示す。無機懸濁物の主要成分は、河川あるいは大気から運び込まれるケイ酸塩鉱物および動・植物プランクトンの遺骸である。有機性懸濁物は、生きているプランクトンと非生体の有機懸濁物に大別される。有機懸濁物は、生物の分解細片であるデトリタス (detritus) と溶存有機物から生成する有機凝集体 (organic aggregate) から構成されている。なお、これらの懸濁物は、海水中において別々に存在するわけではなく、集合して存在するものと考えられる。溶存有機物は動・植物プランクトンの排泄物およびその分解の際に放出される有機物で、それらの腐植化されたものは黄色物質 (yellow substance, Gelbstoff) として知られている (JERLOV,

1976)²⁾。

以下にこれらの物質の吸収係数 (a) と消散係数 (c) の波長特性を示す。なお、吸収係数、散乱係数 (b) および消散係数の間には $a+b=c$ の関係がある。測定には島津製作所のマルチパーパス自記分光光度計 MPS-5000 形を使用し、吸収係数の測定には広面積セルとエンドオン型光電子増倍管を、消散係数の測定には濁度・光沢度測定付属装置をそれぞれ用いた。

3. 有機性物質の吸収係数および消散係数の波長特性

a. プランクトン

培養プランクトンの吸収および消散係数の波長特性を Fig. 2 に示す。プランクトンの吸収は、そのプランクトンの持っている植物色素群の組成により異なるが、*Tertiolecta* sp. を除き他の 3 種は類似している。消散係数は、吸収係数の極大の前後で極小と極大を示すが、吸収係数に比べると波長による変動が少ない。

b. 有機懸濁物

海水から有機懸濁物だけを分離することは困難である。仮に有機懸濁物を海水から分離できたとしても、この物質は海水中でバクテリアなどの作

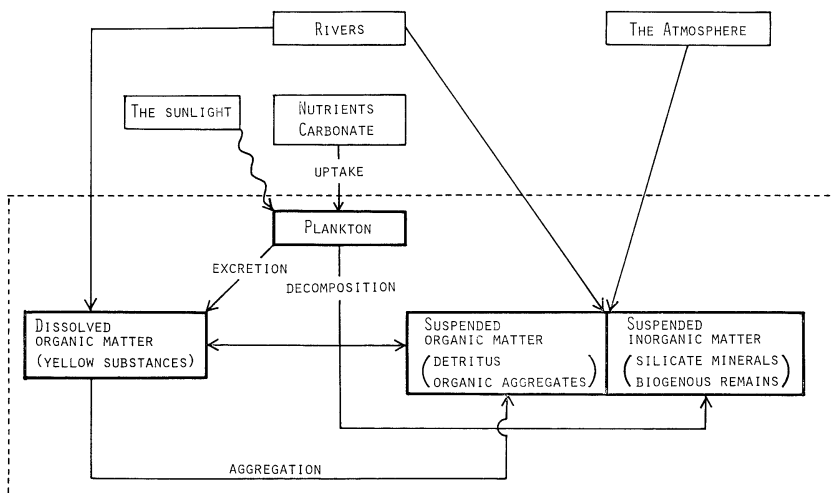


Fig. 1. Schematic representation of the generation and interrelationships between turbidity components in sea water.

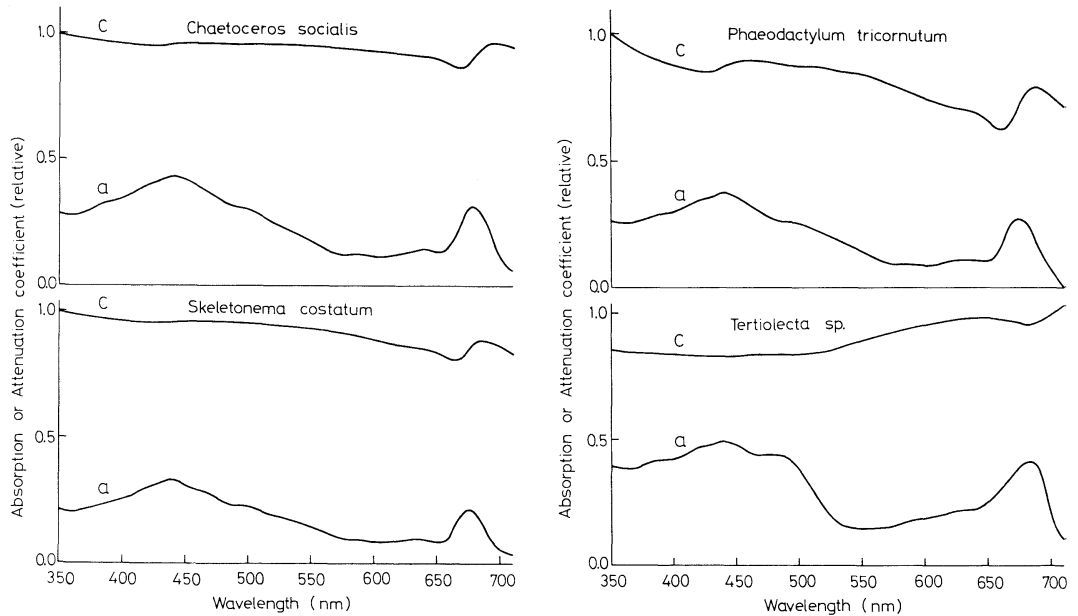


Fig. 2. Absorption and attenuation coefficients of cultured phytoplankton.

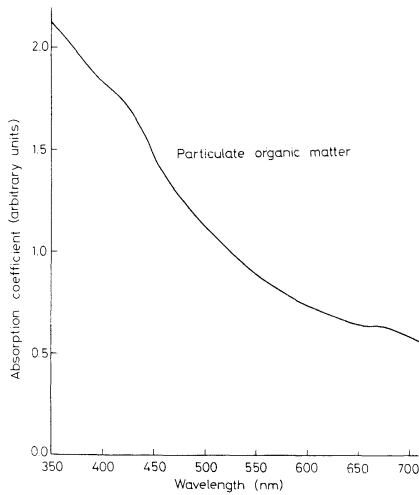


Fig. 3. Absorption coefficient of particulate organic matter obtained by decomposing phytoplankton in sea water for about one year.

用により分解されて常に変質しているから、その光学的性質は過渡的なある状態に対するものであろう。しかし、有機懸濁物はプランクトンの分解細片であるデトライタスと溶存有機物から生成する有機凝集体と考えられるから、採水後ある期間放置した海水の有機懸濁物は、定量的にはともかく、

定性的には現場の海水中のそれと類似しているであろう。Fig. 3 は 1977 年 9 月に東京湾で採取したプランクトンを多量に含む海水を約 1 年間放置したものの懸濁物の吸収の波長特性である。この懸濁物は吸収が短波長で大きく波長と共に減少するいわゆる腐植物質の波長特性を示す。しかし、すでに述べたように、これは分解過程のある状態に対する吸収の波長特性である。したがって、有機懸濁物の最終的状态における光学的性質を調べる必要がある。Fig. 4 に海底堆積物から抽出したフミン酸* の吸収および消散係数を示す。フミン酸は pH 2 で完全に粒子化するが、フミン酸は pH が小さくなるにつれて退色する。そこで、最初に、

* 腐植物質 (humic substances) は堆積物および天然水中に存在する希アルカリ溶液に可溶性有機物で、炭水化物、たんぱく質、アミノ酸、脂肪などと異なりその化学的性質を留めていない有機物の総称である。普通、堆積物から 0.3~0.5 N NaOH で抽出され、この溶液を塩酸で pH 2 にしたとき沈殿する部分がフミン酸 (humic acid)、溶解している部分がフルボ酸 (fulvic acid) である。両者はカルボキシル基とフェノール基をもっており、化学的構造は類似しているが、分子量が異なるとされている。この分類に従えば、黄色物質 (yellow substance) の大部分はフルボ酸に相当すると考えられる。

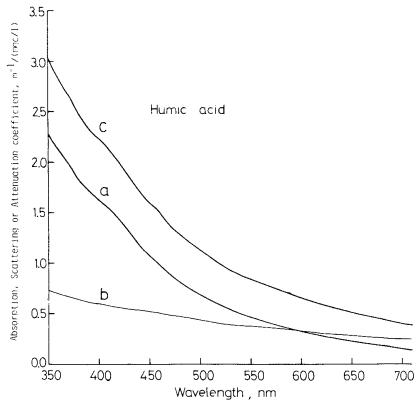


Fig. 4. Absorption and attenuation coefficients of humic acids isolated from marine sediment.

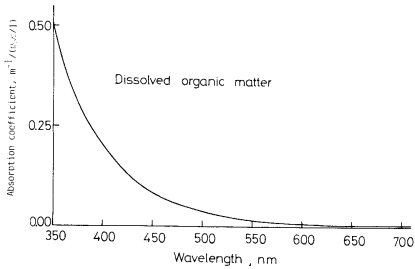


Fig. 5. Absorption coefficient of dissolved organic matter in sea water.

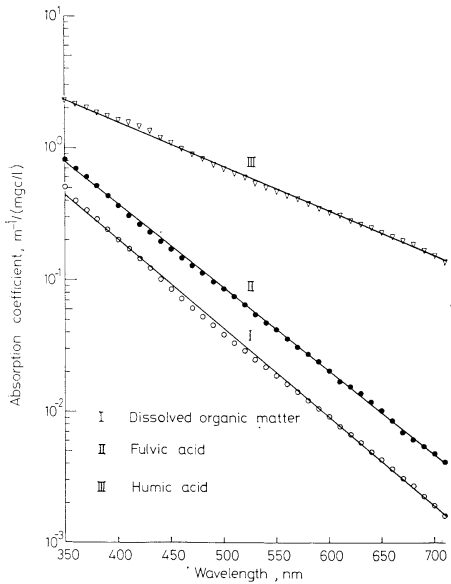


Fig. 6. Semilogarithmic plots of absorption coefficients of dissolved organic matter in sea water, and fulvic and humic acids isolated from marine sediment.

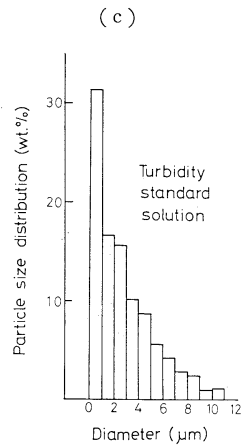
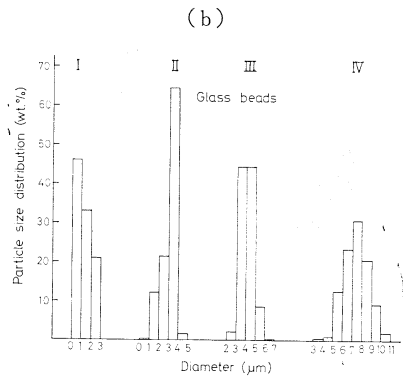
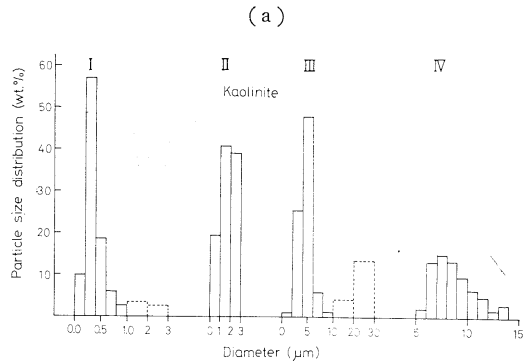


Fig. 7. Four particle size distributions (wt. %) of (a) kaolinite and (b) glass beads, sorted by settling speed, and (c) particle size distribution of the turbidity standard solution.

pH 2 でフミン酸の吸収係数と消散係数を測定し、両者の差から散乱係数を求めた。次に、pH 8 でフミン酸の吸収係数を測定し、散乱係数は吸収係数によらず一定として、両者の和から消散係数を求めた。フミン酸の吸収係数の波長依存性は大きい、散乱係数のそれは小さい。600 nm における散乱係数の値は $0.35 \text{ m}^{-1}(\text{mgC}/\text{l})^{-1}$ 程度である。

c. 溶存有機物

溶存有機物の吸収係数の波長特性を Fig. 5 に示す。これは黄色物質 (yellow substance) の典型的な吸収波長特性である。吸収係数と波長との関係を片対数で表示すると直線に載る。この関係を堆積物から抽出したフルボ酸およびフミン酸のそれと一緒に Fig. 6 に示す。溶存有機物の吸収係数の波長依存性は大きい、その絶対値は小さい。フルボ酸の波長依存性は溶存有機物のそれに近いが、吸収係数の絶対値は約 2 倍である。フミン酸の吸収係数の波長依存性は減少するが、その絶対値は増大する。すなわち、溶存有機物からフルボ

酸、フミン酸にゆくに従って、吸収係数の波長依存性は減少するが、その絶対値は増大する。なお、フルボ酸は XAD-2 樹脂を用いて精製した。

4. 無機懸濁物の吸収係数と消散係数の波長特性

海水中の主要な無機懸濁物はケイ酸塩鉱物であるから、カオリナイトとガラスビーズを選び、それらの消散係数の波長特性を調べた。粒状物質の消散係数は粒径により異なることが理論的に分っているから (MIE, 1908)³⁾、これらを水鏡により分級したものの消散係数を測定した。Fig. 7 と Fig. 8 に分級したカオリナイトとガラスビーズおよび濁度標準液 (和光純薬工業) の粒径分布と消散係数を、それぞれ示す。なお、粒径分布はセイシン企業の光透過式粒度分布測定器を用いて測定した。カオリナイトとガラスビーズの波長特性は類似している。約 $2 \mu\text{m}$ より大きい粒径では、消散係数は短波長より長波長で大きい。1~ $2 \mu\text{m}$ を境にしてこの関係が逆転する。すなわち、消散係数

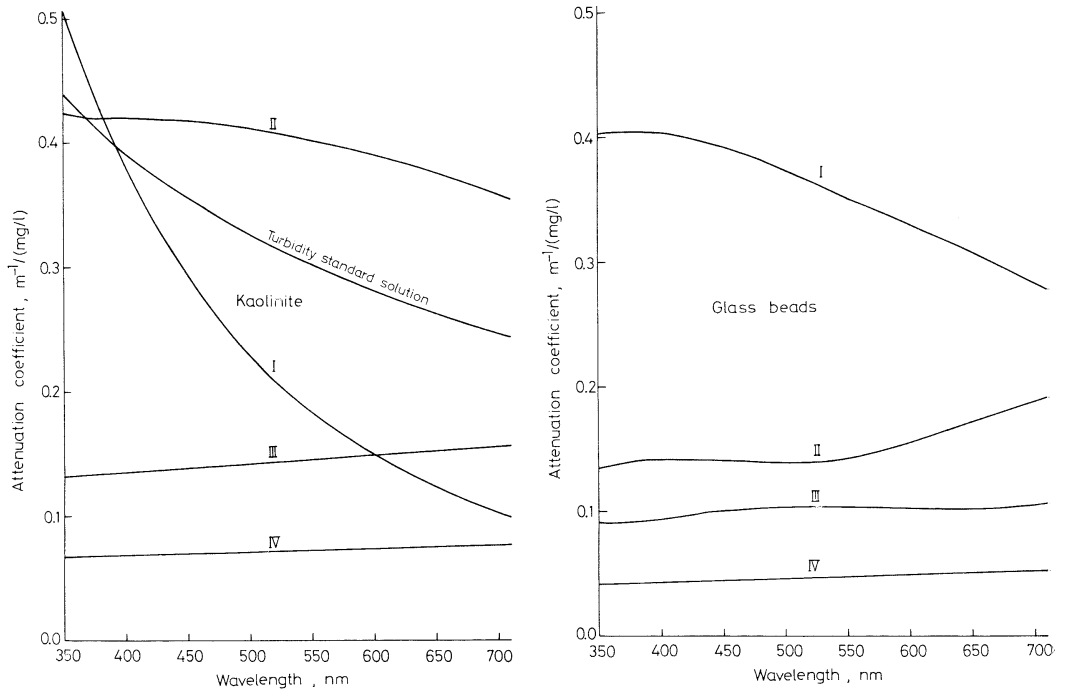


Fig. 8. Attenuation coefficients of samples of kaolinite and glass beads, with particle size distributions shown in Fig. 7, compared to that of the turbidity standard solution.

は長波長より短波長で大きい値を示す。消散係数の絶対値は、波長にもよるが、粒径が小さくなるに従って増大し、1~2 μm の粒径で極大を示した後減少する。

5. 海水中の濁りの構成物質のモデル化と各成分の測定法

海水中における濁りの構成物質の波長特性を

Fig. 9 に示す。プランクトンの消散係数の波長依存性は種類にもよるが比較的小さい。これに対して、粒状および溶存状有機物の消散係数の波長依存性は顕著である。無機懸濁物の消散係数の波長特性をモデル化することは大変難しい。これはすべての粒状物質に共通な現象であるが、粒径により波長特性が異なるからである。しかし、海水中の無機懸濁物の平均粒径が 2 μm 以上であるなら

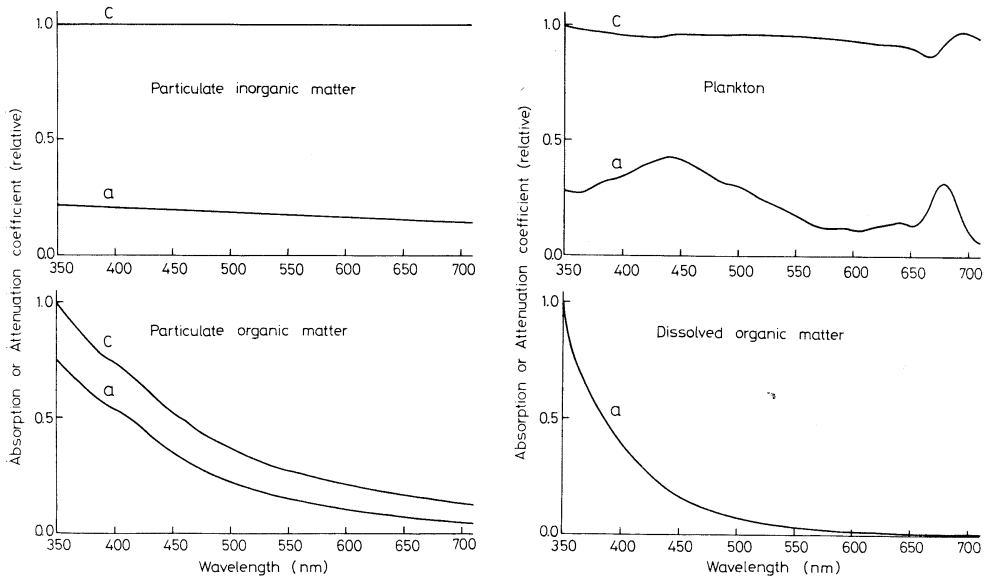


Fig. 9. Summary of optical properties of turbidity components in sea water.

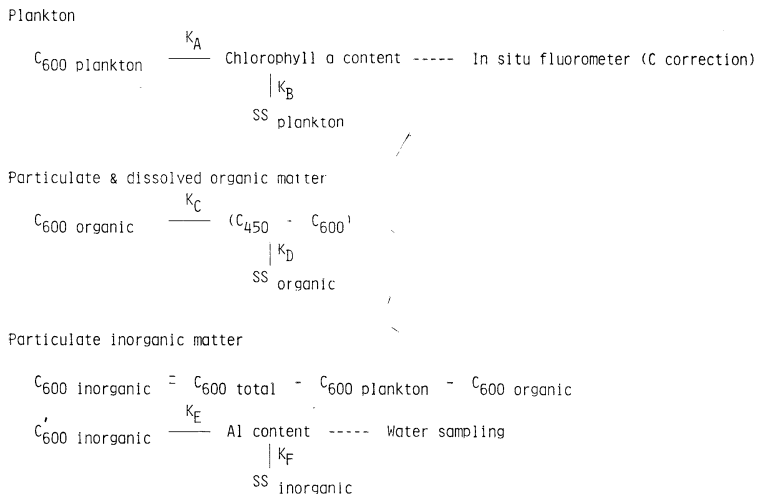


Fig. 10. The scheme for measuring each turbidity component in sea water.

ば、第一次近似として、Fig. 9 に示すようにその消散係数の波長依存性はないとしてもよいであろう。

次に、海洋観測で要求される迅速、簡便さを考慮して、光学的加成性を前提として、濁りの各成分の測定方法を考察する。測定法の概要を Fig. 10 に示す。

プランクトンの消散係数の波長依存性は小さいから、消散係数を2波長あるいは多波長で測定しても海水中の濁りに対するプランクトンの寄与を推定することはできない。そこで、現場用蛍光光度計によりクロロフィル *a* 濃度を測定し、これよりプランクトンに起因する600 nmにおける消散係数 ($C_{600 \text{ plankton}}$) を求める。実際には $C_{600 \text{ plankton}}$ は、種々の培養プランクトンを用いてクロロフィル *a* 濃度と消散係数 ($C_{300 \text{ plankton}}$) および乾燥重量濃度 (SS_{plankton}) との関係測定し、平均的な比例定数 K_A および K_B を、それぞれ求めておき、これより計算する。正確を期する場合には、測定現場のプランクトンを採集し、これらの関係を求める。なお、現場用蛍光光度計より測定されるクロロフィル *a* 濃度は濁度の影響を受けるから、濃度補正を行う。

懸濁および溶存有機物の消散係数の波長依存性は大きいから、2波長濁度計によって450 および600 nm で消散係数を測定し、その差 ($C_{450} - C_{600}$) から海水中の濁りに対するこれらの物質の寄与 ($C_{600 \text{ organic}}$) を求める。しかし、 $2 \mu\text{m}$ 以下の粒状物質は粒径に起因する波長依存性を示すから、このような粒子が多い場合には、上記のような操作は誤差の原因となる。比例定数 K_C および K_D は調査海域および季節により変動するであろうが、海底堆積物中のフルボ酸の消散係数の波長特性から得られる値を、それぞれ、試験的に使うことにする。

無機懸濁物または無機懸濁物の指標を光学的に測定する方法は今のところ見当らない。そこでプランクトンおよび有機懸濁物に起因する計算した消散係数の和 ($C_{600 \text{ plankton}} + C_{600 \text{ organic}}$) と測定した全体の消散係数 ($C_{600 \text{ total}}$) の差から、無機懸濁

物に起因する消散係数 ($C_{600 \text{ inorganic}}$) を求める。しかし、この方法では、 $C_{600 \text{ plankton}}$ と $C_{600 \text{ organic}}$ の誤差がすべて $C_{600 \text{ inorganic}}$ に皺寄せされる。そこで、海水を所々で採取し、現場の海水の粒状物質のアルミニウム、鉄およびケイ素濃度を測定し、まずケイ酸塩鉱物濃度を求め、次にケイ酸塩鉱物に起因する消散係数 ($C'_{600 \text{ inorganic}}$) を計算する。実際には、現場の海底堆積物中のアルミニウム、鉄およびケイ素濃度を測定し、 $K_{F, Al}$ 、 $K_{F, Fe}$ および $K_{F, Si}$ を求める。次に、既知濃度の海底堆積物の懸濁液の消散係数を測定し、 K_F を介入して K_E を求める。これらの係数と測定した海水中の粒状物質の元素濃度から、アルミニウム濃度を主とし、鉄およびケイ素濃度を従として、ケイ酸塩鉱物濃度を求め、 $C'_{600 \text{ inorganic}}$ を計算する。このようにして求めた $C'_{600 \text{ inorganic}}$ で先に求めた $C_{600 \text{ inorganic}}$ を検証する。

6. 海水中の懸濁物の光学特性とモデルの検討

Fig. 11 は東京湾の2地点 (Stn. A: $35^{\circ}20.3'N$, $139^{\circ}40.5'E$; Stn. B: $35^{\circ}15.3'N$, $139^{\circ}48.3'E$) における1977年9月の海水中の濁りの波長特性である。 a および c は生の海水の吸収係数と消散係数で、蒸留水を基準にして島津製作所のマルチパーパス自記分光光度計 MPS-5000 形を用いて測定した。 a_D はろ過海水の吸収係数で、 a および c と a_D との差が、それぞれ懸濁物の吸収係数 (a_P) および消散係数 (c_P) である。

Stn. A の c は Stn. B のその約3倍であったが、Stn. A のクロロフィル濃度 (63 mg/m^3) は Stn. B のその (15 mg/m^3) の約4倍であった。この結果は、海水中の濁りに対するプランクトンの寄与が Stn. B より Stn. A において大きいことを意味している。このことを確かめるために、同時に採集したプランクトンの吸収係数 (a_{plankton}) および消散係数 (c_{plankton}) を海水中の懸濁物のそれら (a_P および c_P) に重ねてプロットすると Fig. 12 となる。ただし、各係数は、濃度を合わせるために、クロロフィル *a* の吸収に相当する675 nm における吸収係数を基準にして作図してある。Stn.

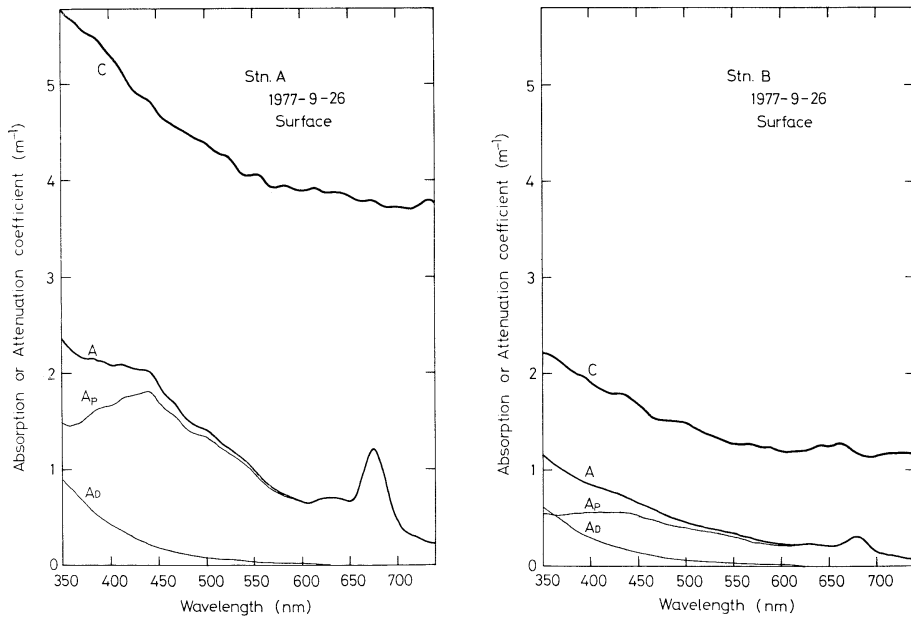


Fig. 11. Absorption and attenuation coefficients of dissolved and particulate matter in sea water observed in Tokyo Bay on September 26, 1977.

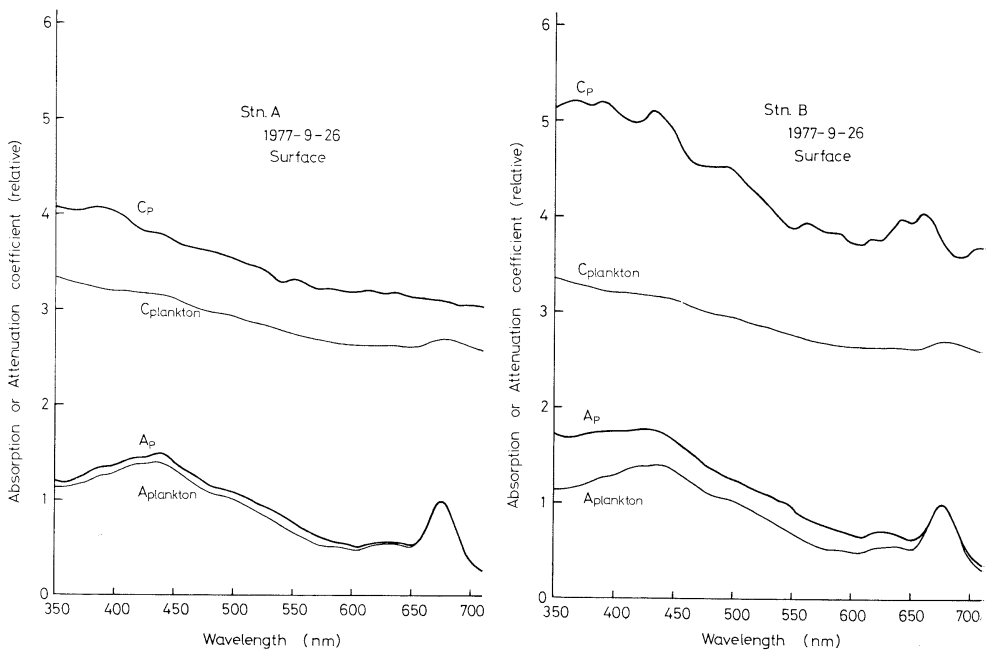


Fig. 12. Absorption and attenuation coefficients of particulate matter in sea water and plankton relative to the absorption coefficient at 675 nm.

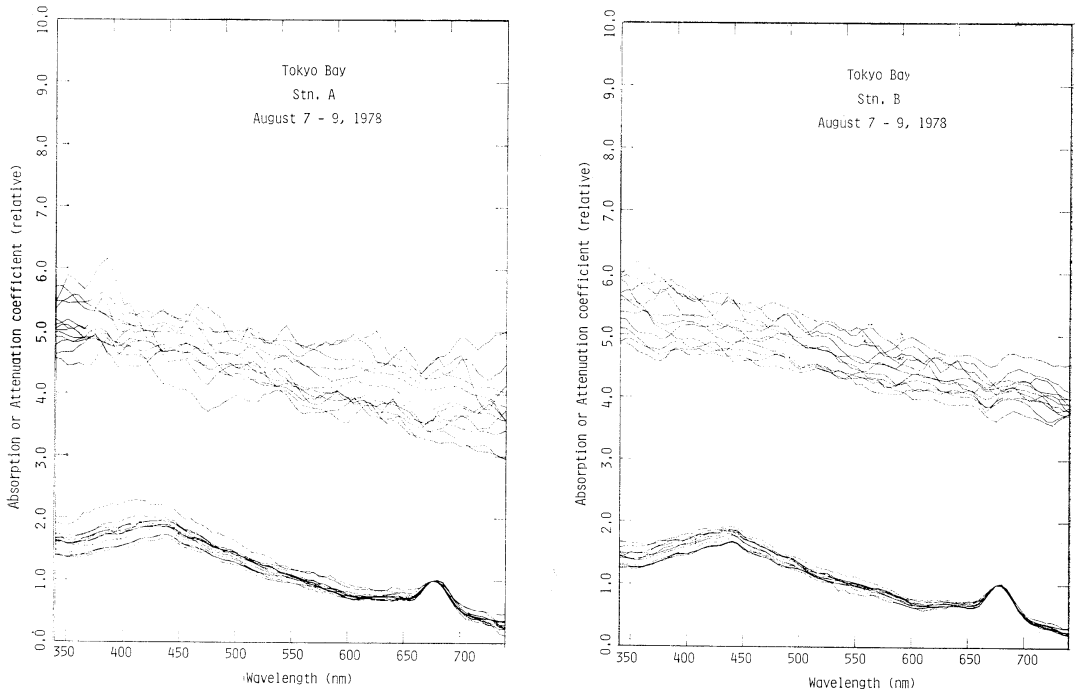


Fig. 13. Absorption and attenuation coefficients of particulate matter in sea water relative to the absorption coefficient at 675 nm, observed in Tokyo Bay on August 7-9, 1978.

A においては、海水中の粒状物質の吸収係数はプランクトンのそれに一致するが、消散係数はプランクトンのそれより大きく、その差は約 15% である。この差はプランクトン以外の有機および無機懸濁物の寄与によるものであろう。Stn. B においては、海水中の粒状物質の吸収係数はプランクトンのそれより大きく、その差から吸収が短波長で大きく、波長と共に減少する物質の存在が示唆される。また、海水中の粒状物質とプランクトンの消散係数の差は約 30% で、濁りに対するプランクトン以外の物質の寄与が Stn. A より Stn. B において大きいことが明らかである。ただし、675 nm の吸収係数を基準にする操作では、675 nm における粒状物質の吸収はすべてプランクトンのそれであると仮定しているが、実際にはプランクトン以外の有機および無機懸濁物の吸収が含まれているから、これらの物質の濁りに対する寄与は上記の割合より大きいであろう。

Fig. 13 に、1978 年 8 月 7 日から 9 日までの 3

日間の Stn. A および Stn. B の各層における海水中の懸濁物の吸収係数と消散係数を示す。プランクトンの優先種は前年度と同じで *Thalassiosira* sp. であったがクロロフィル *a* 濃度が Stn. A および B 共に 15 mg/m³ 程度であったため、1977 年 9 月の Stn. B のそれに類似している。なお、クロロフィル *a* 濃度 (mg/m³) とプランクトンの消散係数 ($C_{600 \text{ plankton}}, \text{m}^{-1}$) の比例定数 K_A は 0.07 程度の値となる。

以上の観測結果は、クロロフィル *a* を測定することにより、プランクトンの海水中の濁りに対する寄与を推定できることを示し、少なくともプランクトンに関するモデルの有意性を示すものと考えられる。

Fig. 10 に示したモデルの各係数およびモデルの海洋への適用については続報において述べる。

謝 辞

本研究に際し、有機物の炭素濃度を測定して下

さった海洋科学技術センターの豊田孝義氏に深く感謝いたします。培養プランクトンの種は東京大学海洋研究所の藤田善彦教授および東海区水産研究所の高野秀昭博士から頂きました。英文はYork大学の J. R. MILLER 博士に見て頂きました。ここに深く感謝いたします。

文 献

- 1) 西村 肇 (1972): 瀬戸内海の汚染 III—海水の濁り—。科学, **42**, 622-629.
- 2) JERLOV, N. G. (1976): Marine Optic. Elsevier, Amsterdam. 231 pp.
- 3) MIE, G. (1908): Beiträge zur Optik trüber Medien, Speziell kolloidalen Metall-lösungen. Ann. Phys., **25**, 377-445.

やむしの寄生生物*

永沢祥子**, 丸茂隆三**

Parasites of Chaetognaths in Suruga Bay, Japan*

Sachiko NAGASAWA** and Ryuzo MARUMO**

Abstract: Chaetognaths obtained from Suruga Bay were frequently infected with gregarines, ciliates, larval trematodes (=metacercariae) and cestodes. This paper describes ecological characteristics of these parasite organisms based on the observations of living and preserved samples of parasitized chaetognaths. Micrographs of parasites show what various parasites look like in the parasitized specimens.

(1) Large numbers of gregarines were found in the gut of seven epipelagic species. Gregarine-parasitized chaetognaths such as *Sagitta nagae*, *S. enflata*, *S. pacifica* and *S. ferox* inhabit only the shallow waters. In contrast, *Sagitta regularis*, *S. neglecta* and *Krohnitta pacifica* were infected with gregarines in waters above 100 m. Most of gregarines were *Lankesteria leuckarti* (MINGAZZINI). (2) Large numbers of ciliates, *Metaphrya sagittae* IKEDA, were found in the body cavity of *Sagitta enflata*, *S. nagae* and *S. pacifica*. (3) The above-mentioned gregarines and ciliates are gregarious parasites, while larval trematodes are usually solitary parasites. Most of these metacercariae belong to the family Didymozoidae *Monilicaecum*-group. Except *Monilicaecum*-group metacercariae chaetognaths were infected with metacercariae of the family Didymozoidae *Torticaecum*-group, and of the family Acca-coeliidae *Tetrochetus* sp. and *Guschanskiana* sp. (4) Infection by larval cestodes was found in the chaetognaths inhabiting waters 150 m deep. Metacestode-parasitized chaetognaths were *Eukrohnia hamata* and *Pterosagitta draco*. These larval cestodes belong to the order Tetraphyllida, but it was impossible to identify them to the family level. (5) Except these endoparasites a micrograph of ectoparasites is also shown, although their taxonomic position is unknown.

1. 緒言

やむしの寄生生物に関する文献は古くから多数あり、宿主と寄生生物の種類とそれらの形態的特徴は HYMAN (1959)¹⁾, DOLLFUS (1960)²⁾ および ALVARIÑO (1965)³⁾ に総説されている。

駿河湾から採集したやむしの寄生生物として、晩生孢子虫類、繊毛虫類、吸虫類の metacercaria、条虫類をしばしば発見した。寄生生物に感染した

やむしのホルマリン固定標本および生きた標本の観察に基づいて、これらの各種の寄生生物についてその生態的な特性を明らかにする。また、寄生生物の属あるいは種の同定を行なう。

2. 材料と方法

東京大学海洋研究所淡青丸の各航海において、1969年5月から1977年2月に駿河湾から採集した試料について、やむしの寄生生物を調べた (Table 1)。調査したやむしは *Sagitta nagae*, *S. enflata*, *S. minima*, *S. pacifica*, *S. ferox*, *S. regularis*, *S. neglecta*, *Krohnitta pacifica*, *Pterosagitta draco* および *Eukrohnia hamata* であった。1975年9月26-28日に湾内12点 (Fig. 1) で傾斜

* 1979年3月13日受理

Received March 13, 1979

** 東京大学海洋研究所

〒164 東京都中野区南台 1-15-1

Ocean Research Institute, University of Tokyo,
Minamidai 1-15-1, Nakano-ku, Tokyo, 164 Japan

Table 1. Parasite organisms of chaetognaths in Suruga Bay.

Host species	Date	Depth (m)	Parasites			
			Gregarines	Ciliates	Metacercariae	Cestodes
<i>Sagitta nageae</i>	19-21 Sept. 1974	0	○			
	25-26 Sept. 1975	0	○			
	27 Feb. 1976	0		○		
	12-13 June 1976	0			○	
	7 Aug. 1976	0	○		○	
	12-13 June 1976	10	○	○		
	13 June 1974	50			○	
	12-13 June 1976	50			○	
	9 May 1969	100			○	
<i>Sagitta enflata</i>	1-2 Nov. 1972	0		○		
	25-26 Sept. 1975	0	○		○	
	2 Nov. 1972	10, 20		○	○	
	25-26 Sept. 1975	25	○		○	
	1-2 Nov. 1972	30, 40		○		○
	1 Nov. 1972	60		○		○
<i>Sagitta minima</i>	1-2 No. 1972	40			○	
<i>Sagitta pacifica</i>	21 Sept. 1974	0	○			
	1 Nov. 1972	10		○		
	26 Sept. 1975	25			○	
	12 June 1976	25				○
<i>Sagitta ferox</i>	20 Sept. 1974	0	○			
	12 June 1976	0			○	
	7 Aug. 1976	0	○			
<i>Sagitta regularis</i>	13 June 1974	0	○			
	19-21 Sept. 1974	0	○			
	23 June 1977	0	○			
	26 Sept. 1975	0	○		○	
	26 Sept. 1975	10, 25	○		○	
	27 Sept. 1975	50	○			
	26-28 Sept. 1975	100	○		○	
<i>Sagitta neglecta</i>	19-21 Sept. 1974	0	○			
	26 Sept. 1975	0	○			
	23 June 1977	0	○			
	26 Sept. 1975	25	○		○	
	26-28 Sept. 1975	100	○		○	
<i>Krohnia pacifica</i>	26-27 Sept. 1975	0	○			
	26-27 Sept. 1975	10, 25	○			
	26-27 Sept. 1975	50	○			
	26-28 Sept. 1975	100	○			
<i>Pterosagitta draco</i>	19 Feb. 1977	150				○
<i>Eukrohnia hamata</i>	13 June 1974	150				○

○: present

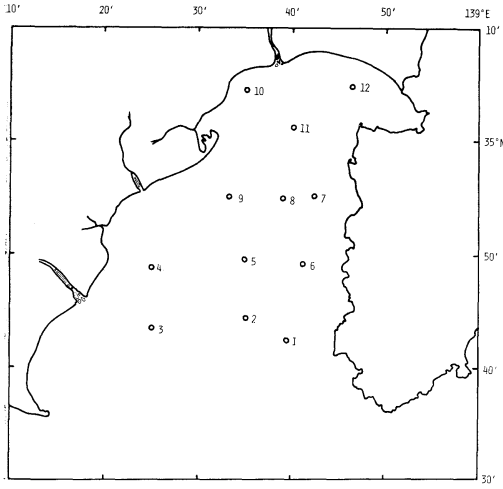


Fig. 1. Sampling stations of chaetognaths infected with gregarines between 26 and 28 September 1975 in Suruga Bay.

曳で採集した試料については、*Sagitta regularis*, *S. neglecta* および *Krohnitta pacifica* の gregarine 感染率を調べた。また、1974年6月以降、船上で夜間に表面曳で得たやむしについて、やむし体内における寄生生物の行動を観察した。東京大学理学部付属三崎臨海実験所においても、城ヶ島沖で採集した生きた標本を用いてやむしの寄生生物を調べた。

寄生生物の同定は、晩生孢子虫類および繊毛虫類については嶋津(私信)に、吸虫類の metacercaria および条虫類については SHIMAZU (1978)⁴⁾ に基づいた。

3. 結 果

各種のやむしの体内に寄生していた生物は (1) 原生動物、晩生孢子虫類の gregarine, (2) 原生動物、繊毛虫類, (3) 扁形動物、吸虫類の metacercaria, (4) 扁形動物、条虫類であった。これら内部寄生のほか (5) 外部寄生生物もみられた。

(1) 晩生孢子虫類, gregarine

やむしの消化管内に多数寄生する(多寄生)。消化管の上部に塊をなしていたり、消化管全体に散在している(Fig. 2)。gregarine は表層性やむし7種に寄生していた(Table 1)。7種のうち、*Sagitta*

Table 2. Infestation (%) of *Sagitta regularis*, *Sagitta neglecta* and *Krohnitta pacifica* by gregarines. Figures in parentheses show number of specimens examined.

Station	<i>Sagitta regularis</i>	<i>Sagitta neglecta</i>	<i>Krohnitta pacifica</i>
1	7 (68)	0 (82)	9 (70)
2	15 (27)	0 (93)	0 (24)
3	17 (36)	8 (101)	20 (44)
4	27 (103)	10 (62)	12 (41)
5	35 (26)	5 (20)	38 (13)
6	35 (46)	18 (39)	50 (16)
7	39 (114)	18 (57)	20 (30)
8	53 (102)	19 (77)	46 (54)
9	50 (111)	23 (121)	34 (47)
10	46 (52)	4 (84)	30 (44)
11	56 (41)	14 (42)	18 (40)
12	52 (83)	9 (92)	31 (32)

nagae, *S. enflata*, *S. pacifica* および *S. ferox* は浅い層、主に 0 m では gregarine に感染していたが、深い層から採集された個体は gregarine に感染していなかった (Table 1)。これに対し、*Sagitta regularis*, *S. neglecta* および *Krohnitta pacifica* は 0~100 m の深さで gregarine に感染していた (Table 1)。湾内12点 (Fig. 1) におけるこれら3種のやむしの gregarine 感染率 (Table 2) のなかで、*Sagitta regularis* は最も高く、7~56%、*Sagitta neglecta* は最も低く、0~23%、*Krohnitta pacifica* は 0~50% の感染率であった。*Sagitta regularis* は湾奥部の各点で50%前後の高い感染率を示したが、他の2種の感染率は湾奥部で必ずしも高くなかった。

やむしがどのように gregarine に感染するかはまったくわかっていない。これら3種のやむしは黒潮で運ばれて駿河湾に出現し、個体数は9月に最大になる。駿河湾土着の *Sagitta nagae* よりはるかに高い感染率を示すこと、またこれらの消化管には gregarine が *Sagitta nagae* におけるより一層充満していることは、これら3種のやむしは駿河湾に到達する以前に gregarine に感染しているように思われる。

駿河湾のやむしに寄生する gregarine の大部分は *Lankesteria leuckarti* (MINGAZZINI) であっ

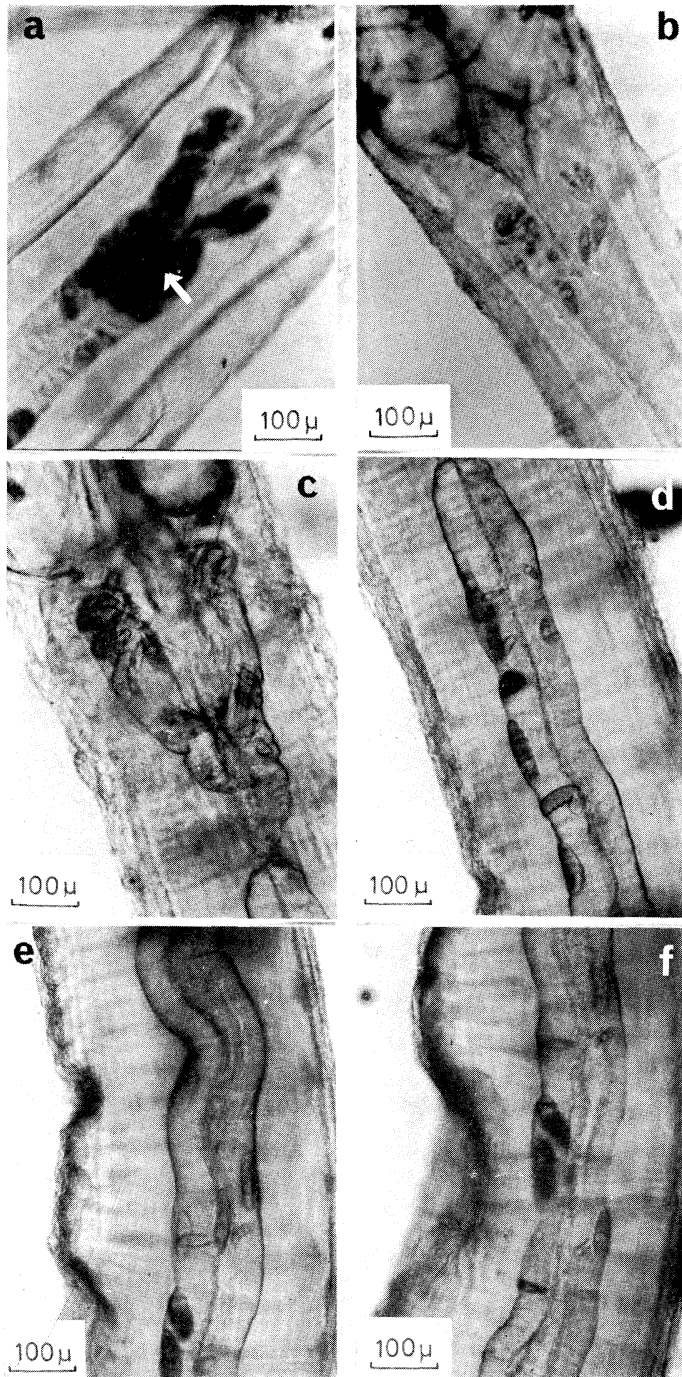


Fig. 2. Gregarines *Lankesteria leuckarti* found in the gut of chaetognaths in Suruga Bay. Living specimens were photographed. (a) A large number of gregarines (arrow) are found at the upper part of gut of *Sagitta regularis*. Mass of gregarines looks black. (b) Gregarines at the upper part of gut of *Sagitta neglecta*. (c), (d), (e) and (f) Gregarines are found in some parts of gut of *Sagitta neglecta*.

た(嶋津, 私信)。1976年8月7日に採集した *Sagitta nagaе*, *S. ferox* にはきわめて小さい, 発育途上の gregarine が消化管の上皮細胞内にみられた。*Krohnitta pacifica* に寄生する gregarine

には *Lankesteria leucharti* とは異なるが, 同定できない種類がごく少数あった。駿河湾のやむしに寄生する gregarine と同じ種類は Algiers 湾の *Sagitta enflata* (RAMULT and ROSE, 1945)⁵⁾ か

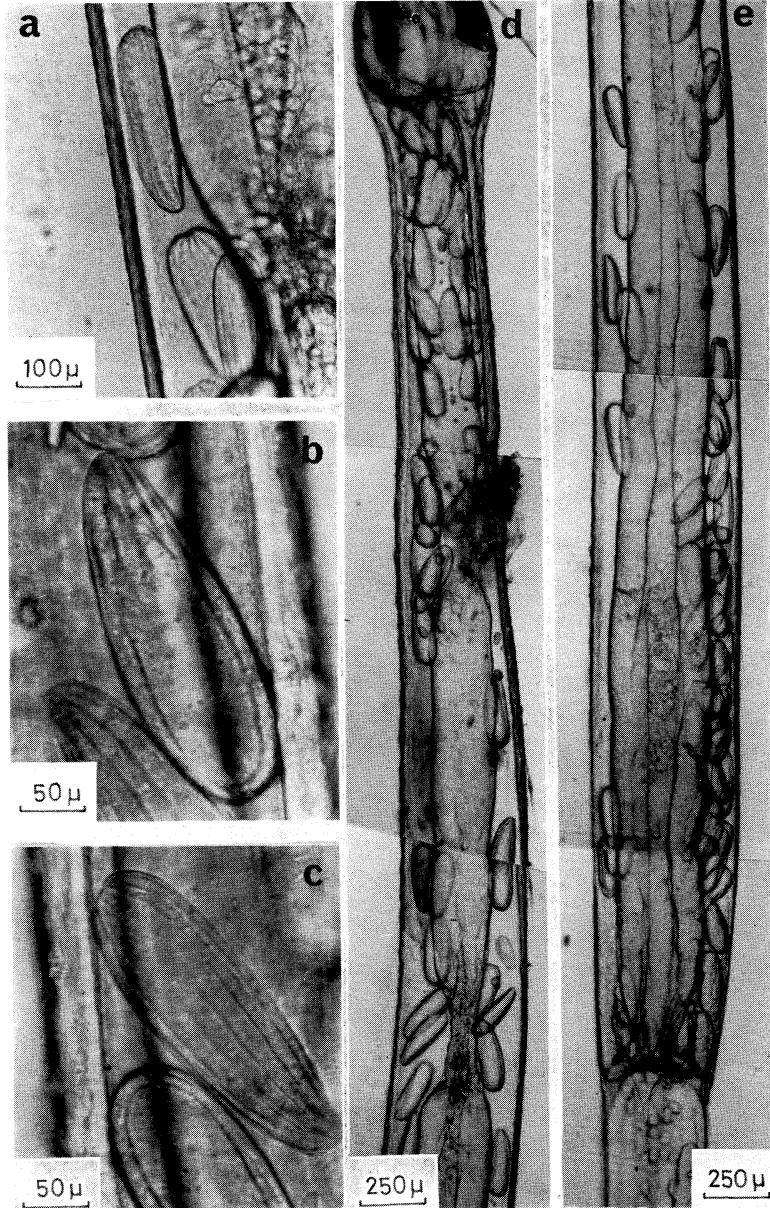


Fig. 3. Ciliates *Metaphrya sagittae* found in the body cavity of *Sagitta nagaе*. Living specimens were photographed. These ciliates were moving in the trunk coelom. (a), (b) and (c) Enlarged views of *Metaphrya sagittae*. (d) Anterior part of *Sagitta nagaе* infected with *Metaphrya sagittae*. (e) Posterior part of *Sagitta nagaе* infected with *Metaphrya sagittae*.

ら, Nhatrang 湾の *S. enflata* (HAMON, (1956)⁶⁾ から報告されている。FURNESTIN (1957)⁷⁾ は *Sagitta friderici* と *S. bipunctata* に寄生する原生動物は gregarine, *Lankesteria leuckarti* であると推定している。

(2) 繊毛虫類

やむしの体腔内に多数寄生する。この繊毛虫は洋梨形をし (Fig. 3), 縦に繊毛の列が並び, かなり大型 (縦 0.27 mm, 横 0.1 mm) なので, 目につきやすい。多数の繊毛虫は列をなして生きたや

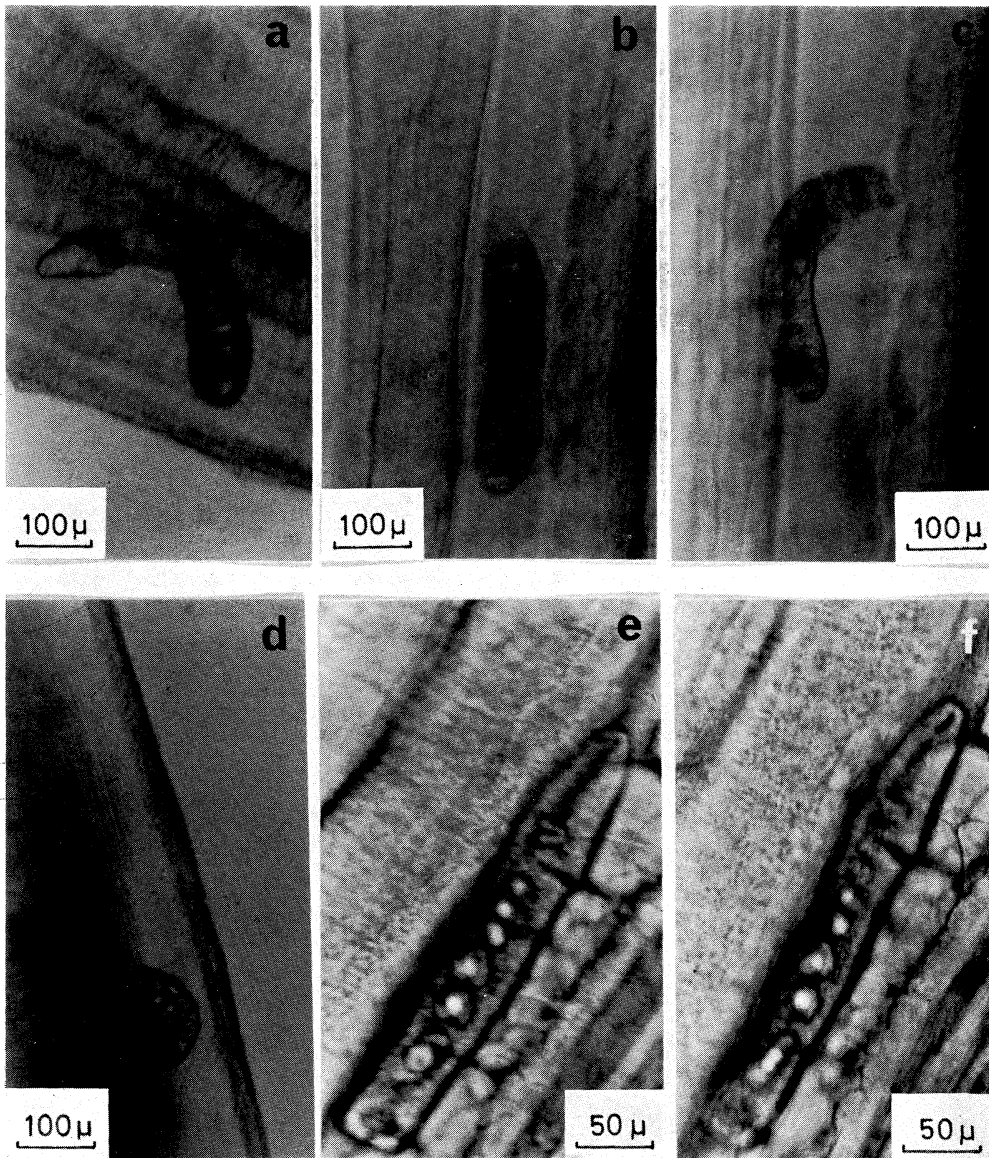


Fig. 4. *Monilicaecum*-group metacercariae found in chaetognaths in Suruga Bay. Alive specimens were photographed. (a) Metacercaria passing through the gut of *Sagitta nagaе*. (b) and (c) Metacercaria moving about in the trunk coelom of *Sagitta nagaе*. (d) Metacercaria contracting in the trunk coelom of *Sagitta ferox*. (e) and (f) Metacercaria extending in the trunk coelom of *Sagitta ferox*.

むしの体腔中を動き回っていた (Fig. 3d, e)。

駿河湾ではこの寄生虫は *Sagitta enflata*, *S. nagae*, および *S. pacifica* に寄生し, その寄生率は *S. enflata* で高かった。繊毛虫は 0~60 m に生息する *S. enflata* に寄生していたが, *S. nagae* および *S. pacifica* では 0, 10 m の浅い層に生息する個体だけに寄生していた (Table 1)。この繊毛虫は IKEDA (1917)⁸⁾ が三崎で採集したやむしに発見した *Metaphrya sagittae* であった。*Metaphrya sagittae* は *S. enflata* (RAMULT and ROSE, 1945⁹⁾; FURNESTIN, 1957⁷⁾), *S. minima* (GHIRARDELLI, 1950⁹⁾; 1952¹⁰⁾; FURNESTIN, 1957⁷⁾), *S. bipunctata* (MASSUTI, 1954)¹¹⁾, *Eukrohnia hamata* (STADEL, 1958)¹²⁾ などに寄生する。

(3) 吸虫類, metacercaria

やむしの体腔内に寄生する。regarine の *Lankesteria leuckarti*, 繊毛虫の *Metaphrya sagittae* は 1 個体のやむしに多数寄生するのに対し, metacercaria は 1 個体のやむしに 1 個体寄生する。metacercaria は 0~100 m に生息する *S. nagae* および *S. regularis* に寄生していたが, *S. enflata* では 25 m 以浅に生息する個体のみ寄生していた (Table 1)。やむしの体腔内を自由に移動できる metacercaria は, やむしのホルマリン固定標本では頭部, 体腔の各部分, 卵巣内など体のいろいろな部分に観察された。metacercaria が生きた *S. nagae* の消化管を容易に貫通して,

再び体腔にでてくることもあった (Fig. 4a)。Fig. 4 には metacercaria が伸縮しながら *S. nagae* および *S. ferox* の生きた標本の体内を動く状態を示した。

駿河湾のやむしに寄生する metacercaria の大部は Didymozoidae 科, *Monilicaecum* 型に属した。*Monilicaecum* とは Didymozoidae 科に所属すべき一群の metacercaria をさす集合群名である (YAMAGUTI, 1970)¹³⁾。*Sagitta* 属の 5 種類のやむしがこの型の metacercaria に感染していた (Table 3)。また, *Monilicaecum* 型の metacercaria は 1977 年 6 月 23 日に城ヶ島沖で採集したプランクトン中に単独で見出された。この単独の metacercaria は宿主であるかいあし類かやむしからでてきたものと思われる。

アフリカ北西部の大西洋から採集したプランクトンのうち, かいあし類, 多毛類, 腔腸動物, やむし (*Sagitta bipunctata*, *S. enflata*, *S. friderici*, *S. minima*, *S. serratodentata*, *S. hexaptera*, *Pterosagitta draco*, *Spadella* sp.) は Didymozoidae 科の metacercaria を宿していた (REIMER et al., 1975)¹⁴⁾。これらは *Monilicaecum* 型の metacercaria のようである (SHIMAZU, 1978)⁴⁾。

Monilicaecum 型 metacercaria のほかに *Torticaecum* 型の metacercaria が *Sagitta minima* と *S. pacifica* から見出された (Table 3)。この型の metacercaria は *Monilicaecum* 型とよく似るが,

Table 3. Larval trematodes found in the infected chaetognaths in Suruga Bay.

Parasites	Date	Hosts	No. of hosts examined
Accacoeliidae			
1) <i>Tetrochetus</i> sp. metacercaria	1 Nov. 1972	<i>Sagitta enflata</i>	1
2) <i>Guschanskiana</i> sp. metacercaria	2 Nov. 1972	<i>Sagitta enflata</i>	1
Didymozoidae			
1) <i>Monilicaecum</i> -group metacercariae	1-2 Nov. 1972	<i>Sagitta enflata</i>	3
	12 June 1976	<i>Sagitta ferox</i>	1
	9 May 1969	<i>Sagitta nagae</i>	
	12-13 June 1976		11
	7 Aug. 1976		
	26-28 Sept. 1975	<i>Sagitta neglecta</i>	10
	26-28 Sept. 1975	<i>Sagitta regularis</i>	2
2) <i>Torticaecum</i> -group metacercariae	1-2 Nov. 1972	<i>Sagitta minima</i>	2
	26 Sept. 1975	<i>Sagitta pacifica</i>	1

胃を欠くことで後者から区別できる (YAMAGUTI, 1942)¹⁵⁾。

Accoeliidae 科の *Tetrochetus* sp. および *Guschanskiana* sp. の metacercaria を *Sagitta enflata* の異なる個体から見出した (Table 3)。REIMER *et al.* (1975)¹⁴⁾ は未同定であるが *Tetrochetus* に似た metacercaria を *Sagitta bipunctata*,

S. enflata, *S. friderici*, *S. minima*, *S. serratodentata*, *S. decipiens* から発見した。*Guschanskiana alveolata* の成虫はまんぼう *Orthagoriscus mola* から知られている (ROBINSON, 1934)¹⁶⁾ が, その metacercaria の報告はない。駿河湾の *S. enflata* に寄生するこの属の metacercaria の内部形態は *Guschanskiana alveolata* の成虫の記載

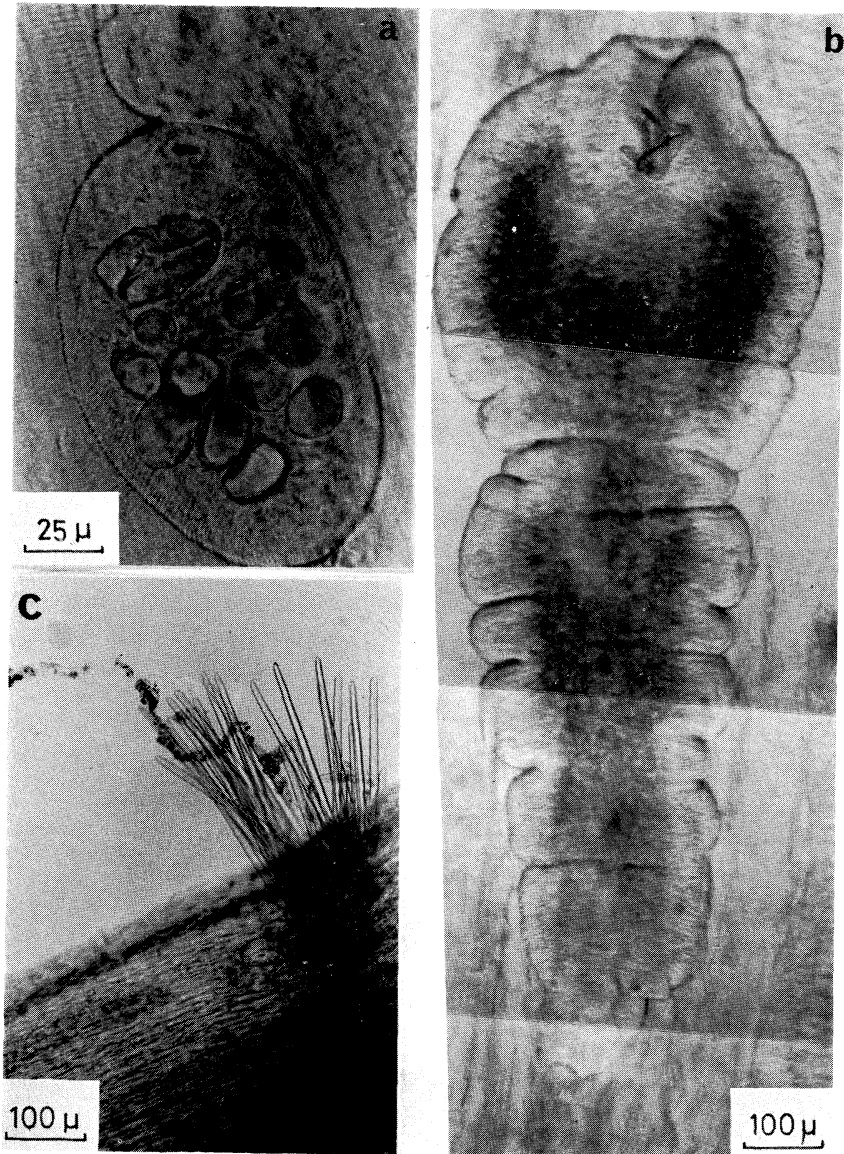


Fig. 5. Micrographs of fixed specimens of parasites. (a) *Monilicaecum*-group metacercaria from *Sagitta regularis*. (b) Cestode Tetrphyllidea fam. gen. sp. plerocercoids from *Eukrohnia hamata*. (c) Unidentified external parasites of *Sagitta nagae*.

(ROBINSON, 1934)¹⁶⁾と一致しない点がある。従って、駿河湾の *Guschanckiana* は *G. alveolata* の metacercaria であるか、この属の未記載の種の metacercaria であるか不明である (SHIMAZU, 1978)⁴⁾。

やむしは metacercaria の第二中間宿主であるかいあし類を捕食することによって、metacercaria を宿すのであろう (延長中間宿主)。地中海では、かいあし類 *Paracalanus* を好んで捕食するやむし *Sagitta minima*, *S. friderici* および *S. enflata* は、このかいあし類を介して metacercaria に感染する (PEARRE, 1976)¹⁷⁾。やむしはさらに高次の栄養段階の生物、たとえば魚に捕食されるので、metacercaria は魚に移行していく、このことは寄生虫の調査が食物連鎖の解明に役立つことを意味する。

(4) 条虫類

gregarine, 繊毛虫類, metacercaria は生きたやむしの観察中にしばしば見出されたが、条虫類はホルマリン固定標本でのみ観察された。条虫類は比較的深い層に生息する個体に寄生する傾向があった (Table 1)。Tetraphyllidea 目に属する metacestode が *Eukrohnia hamata* (Fig. 5), *Pterosagitta draco* に寄生していた (Table 1) が、科のレベルまでは同定できなかった。同じ目に属する *Scolex pleuronectis* (= *S. polymorphus*) は St. Lawrence 湾の *Sagitta elegans* から見出された (WEINSTEIN, 1972)¹⁸⁾。未同定の条虫類が駿河湾の *Sagitta enflata*, *S. pacifica* および *Pterosagitta draco* のそれぞれ 3, 1, 1 個体に寄生していた (Table 1)。

(5) 外部寄生生物

やむしの体表面に寄生する生物がしばしば見出された (Fig. 5) が、同定できなかった。

4. 考 察

近年、寄生生物がやむし群集の死亡や生殖に及ぼす影響、寄生生物の生活史の中で宿主としてのやむしが果す役割などについて研究が進められてきた。WEINSTEIN (1972)¹⁸⁾ は寄生生物はある生物の地理的な起源や生態系における食物網の捕食

一被捕食の関係を明らかにする際に、生物指標として利用できること、また、ある生物の生産力を知るには、死亡率は捕食と病害を含む自然死亡の合計であるから、寄生生物が宿主の死亡率や生殖に及ぼす影響について検討する必要があることを考え、やむし *Sagitta elegans* とその寄生生物の関係について研究を行なった。PEARRE (1976)¹⁷⁾ は寄生虫に感染したやむしには「寄生去勢」がみられ、産卵数の減少、一世代の長さの延長をもたらすと報告している。PEARRE (1979)¹⁹⁾ はさらに吸虫類の幼虫 (metacercaria) に感染したやむし (以後「感染やむし」とする) の生態的な特性、および感染やむしは正常なやむしより死亡率が高いことを明らかにし、感染やむしのさまざまな変化——色彩、大きさ、形態、行動、生息層——と高い死亡率の関係を検討している。その要約は次のとおりである。

感染やむしは同じ成熟度の正常なやむしに比べて、より表層近くで、光の明るい層に生息し (行動の変化、生息層の変化)、体がより大きい (サイズの変化)。このような変化およびやむしの透明さと対照的な metacercaria の不透明な白っぽい色 (色彩の変化) により、感染やむしはよく目立つので、視覚的な摂餌をする捕食者 (魚) の餌の対象になりやすい。このようにして、metacercaria の終宿主である魚は感染やむしを選択的に捕食する。metacercaria は、延長中間宿主であるやむしを直接殺すようなことはないが、潜在的に宿主の生殖機能を低下させる。また、魚による感染やむしの選択的な捕食は、野外における感染やむしの高い死亡率をもたらす。

駿河湾ではおきあみ類と寄生生物の関係について KOMAKI (1970)²⁰⁾ により研究が行なわれた。卓越種 *Euphausia similis* G.O. SARS の寄生生物 (吸虫類の metacercaria) が明らかにされた。この寄生虫はおきあみに対し、致命的ではないが、生殖に重大な影響を与えるようである。また、metacercaria に感染した *E. similis* はほぼ湾奥部に限られることから、沖合群とは独立したおきあみ群がある期間湾奥部に滞留するらしいこと、metacercaria を生物指標としておきあみ群集の行

動範囲の推測が可能であることが指摘されている。

駿河湾におけるやむしの寄生生物については、WEINSTEIN (1972)¹⁸⁾, PEARRE (1976¹⁷⁾, 1979¹⁹⁾) やおきあみの寄生生物について KOMAKI (1970)²⁰⁾ が行なった方向をめざす研究は今後に残された課題である。本研究で明らかになった寄生生物の同定に基づき、今後、かいあし類の寄生生物の調査、寄生虫と宿主に関する多くのデータを蓄積するならば、寄生率、感染経路、寄生虫が宿主に及ぼす影響、寄生虫の生物指標としての利用方法、やむしをめぐる食物網などが解明できるであろう。

文 献

- 1) HYMAN, L. H. (1959): The enterocoelous coelomates—Phylum Chaetognatha, p. 1-71. In E. J. BOELL (ed.), The invertebrates: smaller coelomate groups, V. McGraw-Hill, New York.
- 2) DOLLFUS, R. PH. (1960): Distomes des chaetognathes. Bull. Inst. Pêch. marit. Maroc, **4**, 19-45.
- 3) ALVARIÑO, A. (1965): Chaetognaths. Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev., **3**, 115-194.
- 4) SHIMAZU, T. (1978): Some helminth parasites of the Chaetognatha from Suruga Bay, Central Japan. Bull. natn. Sci. Mus., Tokyo, Ser. A (Zool.), **4**, 105-116.
- 5) RAMULT, M. and M. ROSE (1945): Recherches sur les Chétognathes de la baie d'Alger. Bull. Soc. Hist. nat. Afr. Nord, **36**, 45-71.
- 6) HAMON, M. (1956): Chétognathes recuëllis dans la Baie de Nhatrang. Bull. Mus. Hist. nat., Paris, Ser. 2, **28**, 466-473.
- 7) FURNESTIN, M. L. (1957): Chaetognathes et zooplankton du secteur Atlantique Marocain. Revue Trav. Inst. Pêch. marit., **21**, 1-356.
- 8) IKEDA, I. (1917): A new astomatous ciliate, *Metaphrya sagittae*, gen. et sp. nov., found in the coelom of *Sagitta*. Annotnes zool. jap., **9**, 317-324.
- 9) GHIRARDELLI, E. (1950): Morfologia dell'apparechio digerente in *Sagitta minima* GRASSI. Boll. Zool. Univ. Bologna, **17**, 555-567.
- 10) GHIRARDELLI, E. (1952): Osservazioni biologiche e sistematiche sui Chetognati del Golfo di Napoli. Pubbl. Staz. Zool. Napoli, **23**, 296-312.
- 11) MASSUTI, O. M. (1954): Sobre la biologia de las *Sagitta* del plancton del Levante español. Publnes Inst. Biol. apl., Barcelona, **16**, 137-148.
- 12) STADEL, O. (1958): Die Chaetognathen-Ausbeute. Deutsch. Antark. Exped., 1938-1939, **2**, 208-244.
- 13) YAMAGUTI, S. (1970): Digenetic trematodes of Hawaiian fishes. Keigaku Publishing, Tokyo. 436 p.
- 14) REIMER, L. W., S. HNATIUK and J. ROCHNER (1975): Metacercarien in Planktontieren des mittleren Atlantik. Wiss. Z. pädag. Hochsch. Güstrow, **2**, 239-258.
- 15) YAMAGUTI, S. (1942): Studies on the helminth fauna of Japan. Part 38. Larval trematodes of fishes. Jap. J. med. Sci. Trans. Abstr. VI. Bacteriol. Parasitol., **2**, 131-160.
- 16) ROBINSON, V. C. (1934): A new species of accacoeliid trematode (*Accacladocoelium alveolatum* n. sp.) from the intestine of a sun-fish (*Orthogoriscus mola* BLOCH). Parasitology, **26**, 346-351.
- 17) PEARRE, S. JR. (1976): Gigantism and partial parasitic castration of Chaetognatha infected with larval trematodes. J. mar. biol. Ass. U. K., **56**, 503-513.
- 18) WEINSTEIN, M. (1972): Studies on the relationship between *Sagitta elegans* VERRILL and its endoparasites in the southwestern Gulf of St. Lawrence. Ph. D. thesis, McGill Univ., 202 p.
- 19) PEARRE, S. JR. (1979): Niche modification in Chaetognatha infected with larval trematodes (Digenea). Int. Revue ges. Hydrobiol., **64**, 193-206.
- 20) KOMAKI, Y. (1970): On the parasitic organisms in a krill *Euphausia similis*, from Suruga Bay. J. oceanogr. Soc. Japan, **26**, 283-295.

Environmental Properties and the Distribution of Phytoplankton Biomass and Photosynthesis in a Small Eutrophic Estuary of Shimoda Bay*

Takuji TERADA** and Shun-ei ICHIMURA***

Abstract: The relationships between the environmental properties and the distribution of biomass and photosynthesis rate of phytoplankton were investigated in a small eutrophic estuary. A sharp gradient of salinity and nutrient was formed seawards. Abundance and photosynthesis rate of phytoplankton were relatively low in the enriched upper region and high in the saline lower region of the estuary. Within the estuary, photosynthesis rate was correlated linearly with the salinity and inversely with nutrients. It can be surmised that an essential factor for governing the distribution of phytoplankton in highly eutrophic estuary is salinity.

1. Introduction

In a previous paper (MAEDA *et al.* 1973), photosynthetic responses to salinity changes were examined of phytoplankton growing in the estuary of Shimoda Bay and the authors postulated that photosynthesis of estuarine phytoplankton is not so much affected by salinity variation. Such photosynthetic property is thought to be favorable for phytoplankton to survive in estuarine environment being exposed to varying salinity. However, the situation of the estuary is considerably complex and the photosynthesis of phytoplankton is not a function of salinity alone. For understanding the phytoplankton dynamics in the estuary, we need more precise information on the locational variation of environmental factors and its relation to metabolic activity of phytoplankton there.

The purpose of this paper is to describe more details of the physico-chemical properties and

distribution of phytoplankton in the estuary of Shimoda Bay and the effect of salinity variations on phytoplankton photosynthesis is discussed.

2. Materials and methods

Field survey was performed in a small estuary of the Inohzawa River and its adjacent Shimoda

* Received March 19, 1979

Contributions No. 344 from the Shimoda Marine Research Center, The University of Tsukuba.

** Department of Botany, Faculty of Science, Tokyo Kyoiku University

Present address: Kinomoto Senior High Schools, Kumano, Mie, 519-43 Japan

*** Department of Botany, Faculty of Science, Tokyo Kyoiku University

Present address: Institute of Biological Sciences, The University of Tsukuba, Sakura-mura, Ibaraki, 300-31 Japan

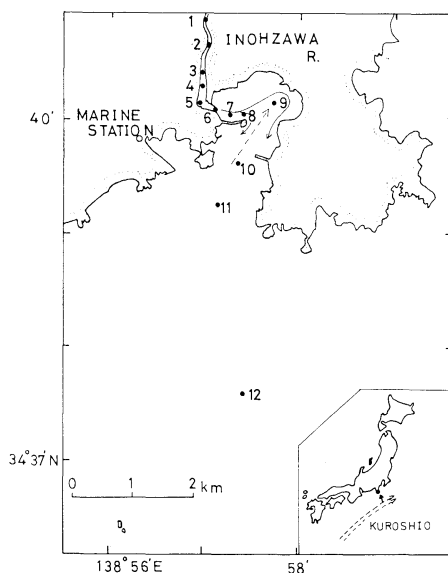


Fig. 1. Location of the sampling stations in Shimoda Bay and its adjacent area. Solid and broken lines indicate the direction of mainflow of river and ocean waters, respectively.

Bay (Fig. 1) during October 1975 to November 1976. The Inohzawa River runs into the bay and forms a small estuary. The Kuroshio counter current flows just outside of the bay (SEKI *et al.* 1975), thus the aquatic environment changes sharply from the freshwater to the seawater, and physical and chemical gradients are well developed.

Water samples for various analyses were collected from the surface by a PVC bucket and from a depth of 1 m by a PVC tubing sucked by a hand pump. After filtration through a Whatman GF/C glass fiber filter, salinity and nutrients (ammonium, nitrite, nitrate, reactive phosphate and silicate) were measured by the procedures described in STRICKLAND and PAR-

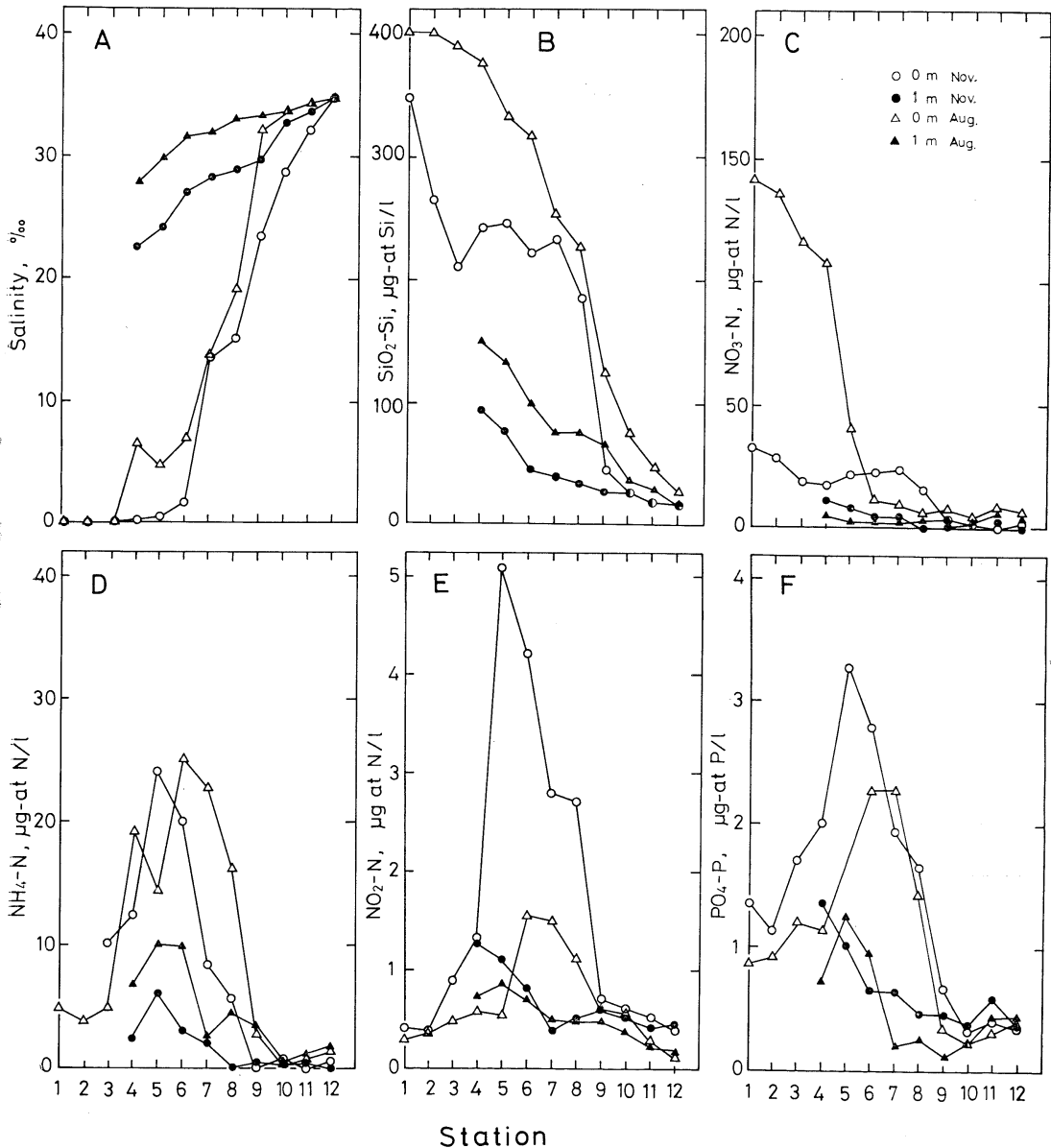


Fig. 2. Locational variation of physico-chemical properties of water at the surface and a depth of 1 m in November 1975 and August 1976.

SONS (1972). Concentrations of total inorganic carbon and chlorophyll *a* were determined by an infrared gas analyzer (UNOR-2) and by the method of SCOR-UNESCO (1966). Photosynthetic activity of phytoplankton was measured by the ^{14}C technique at *in situ* temperature at a light intensity of 30 Klux provided from an incandescent lamp (3200°K).

3. Results

Salinity and nutrients

The results of survey are indicated only for November 1975 and August 1976. As shown in Fig. 2-A, the surface salinity increased rapidly beyond St. 3 and reached the normal seawater level of 34‰ at St. 11. On the other hand, salinity at a depth of 1 m was always higher than that of the surface, and its spatial change was not as drastic as that of the surface. The study site can be divided arbitrarily into three types of water on the basis of the surface salinity, although the boundary of each water moves with changes in the state of river water discharged; river water (from St. 1 to St. 4, with salinity lower than 1‰), estuarine water (from St. 4 to St. 10, with a salinity range of 1 to 33‰), coastal water (near St. 12, with salinity higher than 34‰). It is evident that the outflowing river water introduced into the estuary is overlaying sharply on the seawater and forms a salt wedge estuary. Silicate and nitrate showed an opposite distribution pattern (Fig. 2-B and C). The highest values were found in the river and dispersed rapidly over the estuary regions. Ammonium, nitrite and reactive phosphate showed a little different distribution pattern (Fig. 2-D, E and F). These nutrients were rather low in the river, highest in the upper region of the estuary and then fell off rapidly seawards. The concentration of nutrients, especially silicate, decreased linearly with increase of salinity. This inverse relationship indicates that silicate is mostly supplied by the inflowing river system and the scattering of inorganic nitrogen at lower salinities is conceivably due to sewage effluent from Shimoda City rather than to the river. The pH and total inorganic carbon ranged from 7.5 to 8.4 and 5.7 to 25.3 mg C/l, respectively, and overall

patterns were the same as salinity.

The data available for seasonal fluctuations of physico-chemical parameters were those obtained at each station in three water masses. As seen in Fig. 3, seasonal changes were not obvious but rather sporadic fluctuations were observed at every individual stations. Especially, the great variability was found in ammonium at the estuary regions (St. 5 and St. 7) during the summer season with values ranging between 0.23 and 25 $\mu\text{g-at. N/l}$. Nitrate also fluctuated largely in the river and the upper region of the estuary during the summer. The differences between the maximum and minimum were 40 $\mu\text{g-at. N/l}$ in the former and 23 $\mu\text{g-at. N/l}$ in the latter. Reactive phosphate showed little or no seasonal changes at all of the stations with

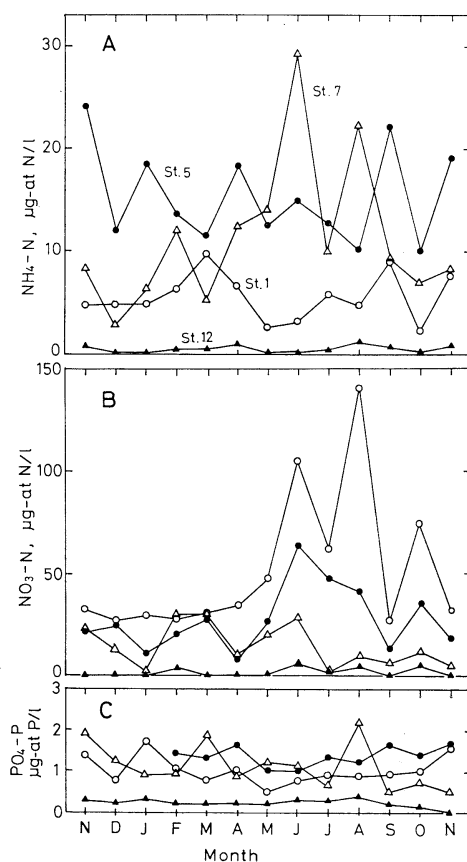


Fig. 3. Seasonal variation of ammonium, nitrate and reactive phosphate in the surface water at Sts. 1, 5, 7 and 12 during October 1975 to November 1976.

a range between 0.5 and 2 µg-at. P/l in the upper region of the estuary and between 0.19 and 0.4 µg-at. P/l in the coastal water.

Chlorophyll a and photosynthesis rate

Phytoplankton populations in the estuary were comprised of the following genera; in the coastal water, *Skeletonema*, *Navicula* and flagellates were dominant in May, *Skeletonema* in August, and *Navicula* and *Chaetoceros* in November. *Navicula* was dominant in the river water throughout the year and associated with periphytic freshwater diatoms including many dead cells. Phytoplankton population in the estuary consisted of both freshwater and neritic phytoplankton as described above.

Fig. 4 shows locational variations of phytoplankton biomass as measured by chlorophyll *a*. Significant difference between stations could not be seen in November but pigment values in August were very variable and drastic changes were observed in the estuarine water. Chlorophyll *a* concentrations for representative 5 stations are presented in Table 1. Chlorophyll *a* showed a typical seasonal variation with two peaks in spring and summer, and the minimum in winter. A most prominent change was found in the estuary with the highest value of 10.66 mg/m³ in summer at St. 7. A similar pattern,

but less significant, was observed in the coastal water with the maximum of 0.63 mg/m³ and the minimum of 0.17 mg/m³.

As shown in Fig. 5, photosynthesis rate for

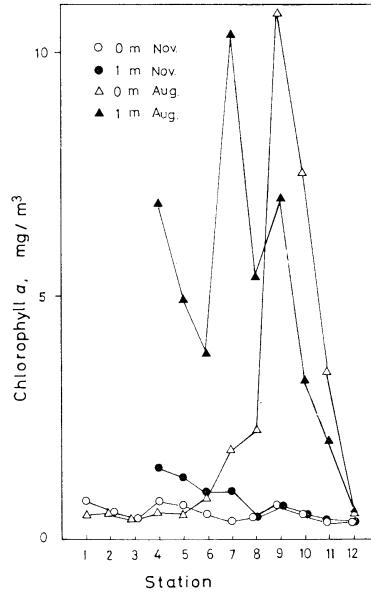


Fig. 4. Variation of chlorophyll *a* content in water taken from the surface and a depth of 1 m at different stations in November 1975 and August 1976.

Table 1. Seasonal changes of chlorophyll *a* content (mg/m³) at stations 1, 2, 7, 11 and 12 during the period from October 1975 to November 1976.

Station	1	5		7		11		12	
Depth (m)	0	0	1	0	1	0	1	0	1
Date									
1975									
Oct. 21	0.55	0.47	0.95	0.71	0.86			0.48	
Nov. 22	0.83	0.73	1.37	0.46	1.08	0.37	0.44	0.36	0.32
Dec. 17	0.18	0.14	1.58	0.52	1.40	0.49	0.71	0.37	
1976									
Jan. 13	0.68	0.68	1.39	0.82	1.02	0.40	0.43	0.33	
Feb. 17	2.83	0.86	1.03	0.79	1.35	0.99	0.51		
Mar. 18	0.63	0.36	1.63	0.51	1.32	0.52	0.29	0.55	0.50
Apr. 28	1.02	1.01	2.14	2.11	4.34	1.60	1.85	0.45	
May 27	1.06	0.95	1.52	1.47	0.93	0.50	0.82	0.32	0.35
June 28	0.40	0.26	0.37	0.32	0.68	0.38	0.34	0.17	
July 6	0.95	0.73	1.37	0.79	1.42	0.63	0.75	0.45	
Aug. 11	0.54	0.58	4.95	1.86	10.66	3.47	2.09	0.61	0.63
Sep. 24	1.12	2.08	3.43	2.80	3.17	0.70	0.75	0.63	0.45
Nov. 8	0.45	0.49	1.10	0.59	0.83	0.49	0.51	0.39	0.43

the surface samples was fairly low in the river and dropped further in the upper region of the estuary (St. 4) but increased rapidly in the estuary reaching a maximum at St. 10, subsequently decreased towards the open sea. The activities for 1 m samples were always higher than those for the surface samples and mostly identical over the estuary region; but difference between the surface and 1 m samples became insignificant near the boundary of estuary and open sea.

Seasonal variations of photosynthesis rate occurred at each station (Table 2). Most obvious pattern was observed in the estuarine water, where photosynthesis rates were 0.25–3.19 mgC/mg Chl. *a*/hr in winter and showed the highest value of 9.71 mgC/mg Chl. *a*/hr in May, then gradually fell in the following seasons. Considerably lower values were measured in the river water showing the highest value of 2.62 mg C/mg Chl. *a*/hr in August. Photosynthesis rates of coastal phytoplankton were roughly the same as those measured at St. 7 in the estuary but the range of variation was not as much as that in the estuary.

4. Discussion

Numerous papers dealt with the effect of

salinity on the growth and photosynthesis of phytoplankton but the problem of whether the salinity is essential for phytoplankton dynamics in the estuary still remains to be examined. NAKANISHI and MONSI (1965) examined the photosynthetic responses of phytoplankton to

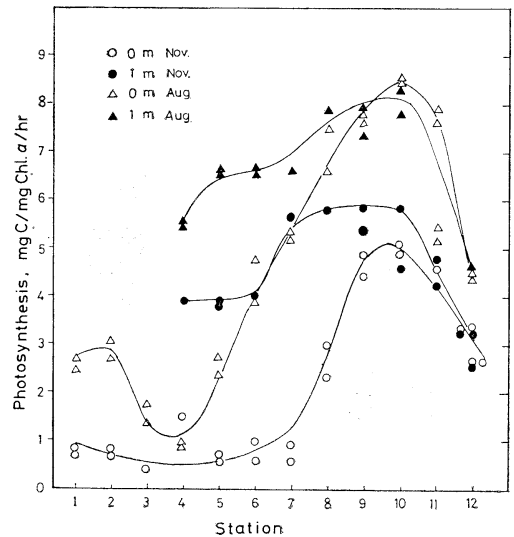


Fig. 5. Locational variation of photosynthesis rate for the samples taken from the surface and a depth of 1 m in November 1975 and August 1976.

Table 2. Seasonal changes of photosynthetic activity (mg C/mg Chl. *a*/h) at stations 1, 5, 7, 11 and 12 during the period from October 1975 to November 1976.

Station	2	5		7		11		12	
Depth (m)	0	0	1	0	1	0	1	0	1
Date									
1975									
Oct. 21	3.50	8.10	11.58	10.40	9.67			5.06	
Nov. 22	0.80	0.65	3.35	0.77	4.88	4.17	4.27	3.33	3.17
Dec. 17	0.80	0.75	5.95	3.60	4.15	6.10	3.66	3.40	2.95
1976									
Jan. 13	0.50	1.60	2.00	3.00	2.55	2.30	2.01	1.30	
Feb. 17	0.33	0.25	2.57	1.33	1.52	0.54	0.88		
Mar. 18	0.19	0.40	3.13	0.70	3.19	1.50	0.74	0.52	0.51
Apr. 28	0.72	1.68	2.99	3.61	4.35	3.33	3.18	4.31	
May 27	0.68	0.53	4.05	6.24	9.71	13.35	11.78	9.47	9.83
June 28	1.63	1.39		8.71	8.18	9.76	6.24	7.88	
July 6	1.32	4.13	5.21	9.52	8.89	5.97	6.58	4.36	
Aug. 11	2.62	2.53	6.58	5.28	6.48	7.51	5.24	4.42	4.44
Sep. 24	0.98	3.60	2.82	4.56	5.18	4.29	4.25	4.08	4.97
Nov. 8	0.72	2.11	2.91	3.16	1.71	1.60	1.24	2.17	2.01

salinity variations and realized that photosynthesis rate of estuarine phytoplankton is maximum in seawater with salinity above 20‰ and that of freshwater phytoplankton decreases with increase of salinity. In contrast, QASIM *et al.* (1972) confirmed that in a tropical estuarine environment, where changes in salinity are very large, maximum abundance and photosynthesis rates of phytoplankton occur at exceptionally low salinities. They also suggested that the increase of photosynthesis rate in low salinity corresponds to the condition associated with the enrichment of water brought about by the monsoon. ADMIRAAL (1977) found that the photosynthesis of benthic estuarine diatoms is only slightly affected by changing salinity and this contradicts the results of WERFF (1960), who indicated that salinity is the main factor governing the distribution of benthic diatoms within an estuary. Such being the case, it seems rather to be reasonable to consider that one parameter such as nutrient, light and temperature affects the rate of photosynthesis at any one time (TAKAHASHI *et al.* 1973).

Data from the present survey indicate that the estuary of Shimoda Bay is highly eutrophic and a sharp gradient of salinity as well as nutrients is formed in the surface layer. Under these conditions, photosynthesis rate is lower in the upper region than in the lower region of

the estuary even if the concentration of nutrients is highest in the former region. Similar result has been reported by CARPERON *et al.* (1971) in the Kaneohe Bay estuary, Hawaii. They inferred that the lower photosynthesis rate in the upper region of the estuary having rich nutrients is due to the depletion of a nutrient species that is relatively abundant in the surrounding open ocean waters.

The concentration of nutrients in the Shimoda Bay estuary was very high and did not appear to be a limiting factor governing phytoplankton photosynthesis as well as biomass. For illustrating the photosynthetic responses of phytoplankton to varying salinity and nutrient concentration in the estuary, a simplified scheme is given in Fig. 6. If the nutrient is abundant and nonlimiting, the change of photosynthesis may be represented by the curve (a) for marine phytoplankton and (b) for freshwater phytoplankton as a function of salinity. Under salinity nonlimiting situation, photosynthesis rate is controlled by the nutrient concentration as indicated by the curve (c), and by the curve (d) when the river is meso- or oligotrophic and the estuary is enriched with sewage from surrounding city. The curve (e) obtained by combining the curve (a) with the curves (b), (c) and (d) may depict an appearance of changing photosynthesis rate in the highly eutrophic estuary. The relationship between photosynthesis rate and salinity or nutrient concentration in the

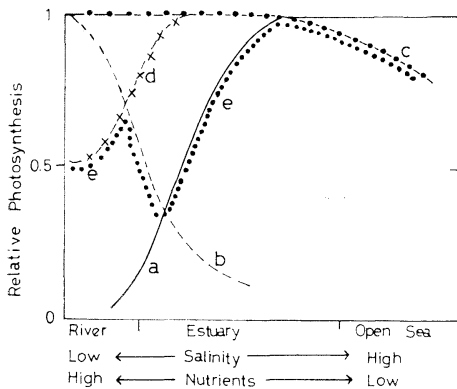


Fig. 6. A scheme for photosynthetic response of phytoplankton to salinity and nutrient gradient in the estuary of Shimoda Bay and its adjacent area. Curves a and b, under salinity limiting condition; curves c and d, under nutrient limiting condition; curve e, combining curve.

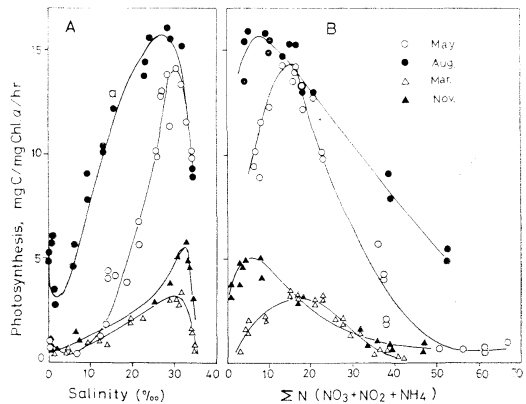


Fig. 7. Relationship between photosynthesis rate and salinity or nutrient concentration in the estuary of Shimoda Bay and its adjacent area.

estuary of Shimoda Bay are presented in Fig. 7. Photosynthesis rate was measured at each corresponding stations. Within the estuary, photosynthesis rate is correlative linearly with salinity and inversely with nutrient concentration. The present result coincides fairly well with the scheme described above (Fig. 6) but is inconsistent with the previous result (MAEDA *et al.* 1973) that photosynthesis rate of estuarine phytoplankton is only slightly affected by a wide range of salinities. The cause of this disagreement is probably attributed to the difference of sampling method. The water samples used for the previous study were taken from a depth of 1 m by a Van Dorn sampler (length 50 cm), thereby the sample was a mixed water from the near-surface and a depth of 1 m. It is likely to be said that photosynthesis of phytoplankton in the surface layer of highly eutrophic salt wedge estuary is governed primarily by salinity.

Depression of photosynthesis rate occurred in the estuary of Shimoda Bay is presumably due to the salinity stress for freshwater phytoplankton in the upper region of estuary and to the nutrient depletion for marine phytoplankton in the adjacent area. WHITE (1968) reported that the optimum salinity for growth of *Gonyaulax excavata*, a marine dinoflagellate, is 30‰ and it grows well over a range of 20–40‰. The growth-salinity curve in his paper coincides very well with the photosynthesis-salinity curve in Fig. 7. The photosynthesis-salinity curve for *Skeletonema costatum* obtained by SHIMURA *et al.* (1979) also shows a plateau at about 30‰ S and this very similar to our result. The characteristic photosynthesis response of this species of diatom to salinity may be responsible for the photosynthetic maximum at 30‰ in Fig. 7. At this point, further study is needed for photosynthetic adaptation of phytoplankton to varying salinity.

Acknowledgements

We are grateful for the courtesies extended by Professor H. WATANABE, Director of the

Shimoda Marine Research Center, and for the able assistance of H. UEDA, Captain of the research boat AKANE.

References

- ADMIRAAL, W. (1977): Salinity tolerance of benthic estuarine diatoms as tested with a rapid polarographic measurement of photosynthesis. *Mar. Biol.*, **39**, 11–18.
- CARPERON, J., S.C. ALLEN and G. KRASNICK (1971): Phytoplankton kinetics in a subtropical estuary: Eutrophication. *Limnol. Oceanogr.*, **16**, 599–607.
- MAEDA, O., M. ZAMMA and S. ICHIMURA (1973): Photosynthetic response of estuarine phytoplankton to salinity variations in their habitat. *La mer*, **11**, 137–140.
- NAKANISHI, M. and M. MONSI (1965): Effect of variation in salinity on photosynthesis of phytoplankton growing in estuaries. *J. Fac. Sic. Univ. Tokyo, Sect. III*, **9**, 19–42.
- QASIM, S.Z., P.M.A. BHATTATHIRI and V.P. DETVASSY (1972): The influence of salinity on the rate of photosynthesis and abundance of some tropical phytoplankton. *Mar. Biol.*, **12**, 200–206.
- SEKI, H., Y. YAMAGUCHI and S. ICHIMURA (1975): Turnover rate of dissolved organic materials in a coastal region of Japan at summer stagnation period of 1974. *Arch. Hydrobiol.*, **75**, 297–305.
- SHIMURA, S., H. SHIBUYA and S. ICHIMURA (1979): Growth and photosynthesis properties of some planktonic marine diatoms at various salinity regimes. *La mer*, **17**, 149–155.
- STRICKLAND, J.D.H. and T.R. PARSONS (1972): A practical handbook of seawater analysis. *Bull. Fish. Res. Bd. Can.*, **167** (2nd ed.), 310 pp.
- SCOR-UNESCO Working group-17 (1966): Determination of photosynthetic pigments in sea water. UNESCO Publication Center, Paris, 69 pp.
- TAKAHASHI, M., FUJII and T.R. PARSONS (1973): Simulation study of phytoplankton photosynthesis and growth in the Fraser River estuary. *Mar. Biol.*, **19**, 102–116.
- WERFF, A. van der (1960): Die Diatomeen des Dollart-Emsgebietes. *Verh. K. ned. geol.-mijnb. Genoot. (Geol. Ser.)* **19**, 153–201.
- WHITE, A.W. (1978): Salinity effect on growth and toxin content of *Gonyaulax excavata*, a marine dinoflagellate, causing paralytic shellfish poisoning. *J. Phycol.*, **14**, 475–479.

富栄養河口域の環境特性と植物プランクトンの 現存量と光合成の分布

寺田 卓二, 市村 俊英

要旨: 富栄養化の進んでいる下田湾河口域で、環境傾度と植物プランクトンの現存量および光合成との関係を調べた。外洋に向い塩分および栄養塩の顕著な傾度がみられた。著るしく富栄養化された栄養塩の多い河口域上流では現存量と光合成はむしろ相対的に低く、河口域下流と外洋との隣接域で高い値が得られた。河口域内では光合成は塩分と正の、また栄養塩とは負の相関を示した。富栄養の河口域では植物プランクトンの分布を、決定する主な要因は塩分であることが明らかにされた。

釣漁における食いの低下と魚群の 食欲との関係について*

石 渡 直 典**

On the Relation between Decline of Biting in Angling and Appetite of Fish School*

Naonori ISHIWATA**

Abstract: Fishing experiments with sweetlip, *Parapristipoma trilineatum*, were carried out with rod and line in reserve tanks (240cm long, 180cm wide and 40cm deep) of the Aquarium affiliated to the Misaki Marine Biological Station. In schools composed of 7, 15, 30 and 60 fish the time required for the fish to take a baited hook (t sec.) and the schooling behavior were recorded during each fishing experiment.

When the fish are caught from a school composed of hungry fish, at the beginning of the experiment the fish actively compete for food and take the hook. However, as the fish are caught, the fish gradually do not take food and the time t becomes longer. Finally, the fish show a tendency to form a school, swimming speedily around the tank, reacting sharply to stimuli and taking no food. Several fish cannot be caught and remain in the tank (Table 1). The relationship between the number of fish at the beginning of the experiments (N) and the number of fish caught (F) can be expressed by the equation, $F = aN - b$, where a and b are constants. When $F = 0$, $N \doteq 6$. In small schools the ratio (F/N) is smaller than that in larger schools (Fig. 1). Further, in small schools the time t is longer from the beginning of the experiments than that in larger schools (Fig. 2). In short, when fish are in small schools it is very difficult to catch them.

アジやサバのような魚を釣るとき、初めは食いが良くどんどん釣れたのが、次第に食いが悪くなり、最後には釣れなくなるということがある。これにはいろいろな原因があるだろうが、ここでは連続的に釣り上げることが魚群の食欲にどのような影響を与えるかについて実験を行ない、多少得るところがあったので、その結果について報告する。

1. 実験方法

イサキ (平均体長 11.2 cm) を実験材料として、三崎臨海実験所付属水族館の予備槽 (240×128cm、

水深 40 cm) に放養し、流水下で、餌としてマサバ肉の切片を与えてよく飼い慣らしてから、同形同大の別の水槽に移し、3日間絶食させて、実験を開始した。なお、イサキは飽食後1日を経ると、胃は空になる。

魚群の構成尾数 7, 15, 30 および 60 尾の各々の場合について実験を行ない、餌 (マサバ肉の切片) をかけた鉤 (9号そで型, 2号てぐす付き) を水面に下ろしてから、魚が鉤にかかるまでに要する時間 (t sec.) および鉤を下ろしたときの魚群行動を記録した。なお、鉤を下ろしてから1時間たっても食いのないときには実験を打ち切った。

2. 結 果

実験 1 上記の方法で実験した結果の一例

* 1979年4月11日受理

Received April 11, 1979

** 東京水産大学, 〒108 東京都港区港南 4-5-7

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

Table 1. Record of the time required for sweetlip to take a baited hook and schooling behavior in a school composed of 30 fish.

Frequency of trial	Time t		Schooling behavior
	min.	sec.	
1		2	Actively compete for food
2		2	"
3		2	"
4		1	"
5		6	"
6		3	"
7		2	"
8		3	"
9		4	" (Fail to catch a fish)
10		8	"
11	20	18	Gradually do not take food
12	16	36	"
13	3	45	"
14	1	24	"
15	5	13	"
16	1	44	"
17	17	40	" (Fail to catch a fish)
18	8	55	"
19	1	47	"
20	5	44	"
21	3	31	"
22	25	39	Begin to form a school, reacting to stimuli and taking no food
23		36	"
24	5	5	" (Fail to catch a fish)
25	55	8	Form a school, swimming speedily, reacting sharply to stimuli and taking no food
26	24	4	"
27			(An hour passed without catching any fish)

Number of fish caught, 23; number of fish remaining, 7. Water temp., 23.3°C.

(1960年9月1日, 水温 23.3°C, 魚群の構成尾数 30尾の場合) を示すと, Table 1 のようになる。実験の初めには鉤を下ろすと, 魚群は分散して, 活発に競って餌に付き, 鉤にかかるが, 釣り上げ尾数がふえるにつれて, 餌付きが悪くなり, したがって, 時間 t が大となり, 最後には鉤を下ろしても群れをくずさず, また, 餌にふりむかず, 数尾が釣り残される。

魚群の構成尾数の異なる場合について実験した結果, 最初の構成尾数 (N) と釣り上げ尾数 (F) との関係および毎回の釣り上げについて時間 (t) の変化を取りまとめると, Fig. 1 および 2 に示すようになる。Fig. 1 から N と F との関係に一次式

($F = aN - b$) を当てはめて, 最小自乗法で回帰直線を求めると,

$$F = 0.977N - 6.117 \quad (1)$$

となる。(1) 式から $F = 0$ のときの N を求めると, $N \approx 6$ となる。(1) 式を書き換えると,

$$F/N = 0.977 - 6.117(1/N) \quad (2)$$

となる。この場合 N が増加すると, F/N は一定の極限值に近づくように漸増する。直接実験の結果から F/N を求めると, $N = 7$ のとき 0.429, $N = 15$ のとき 0.400, $N = 30$ のとき 0.767, $N = 60$ のとき 0.883 と漸増する。また, Fig. 2 が示すように N が小さいときには, 時間 t が釣り初めから

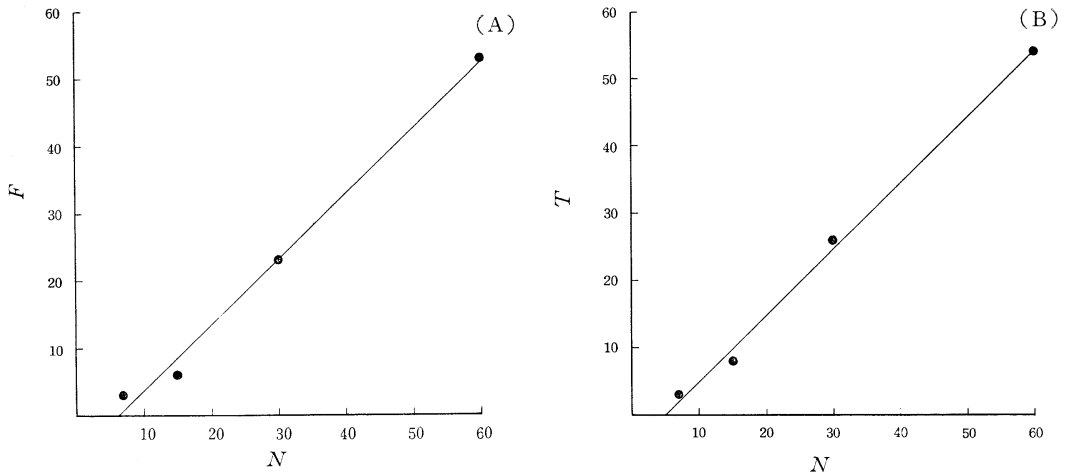


Fig. 1. (A) Relationship between number of fish at the beginning of the experiments (N) and number of fish caught (F).

$$F = 0.977 N - 6.117.$$

(B) Relationship between number of fish (N) and frequency of trial (T).

$$T = 0.985 N - 4.822.$$

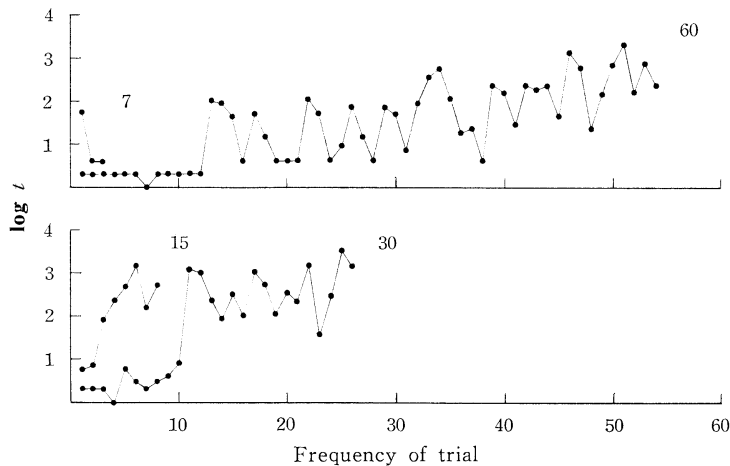


Fig. 2. Change of $\log t$ with frequency of trial in schools composed of 7, 15, 30 and 60 fish.

比較的大である。

なお、釣り残り魚について胃内容物を調べたが、全く空であったから、残餌をとって満腹したために釣れなくなったのではないことは明らかである。

実験 2 次に30尾群を使い、実験1と同様に釣り上げを行ない、今度はその釣り残り魚を翌日再び釣り上げる実験を行なった(1960年9月4日、水温 24.2°C)。

始めに釣り残り魚7尾ができるまでの状態は、

実験1と全く変わりがなかった。翌日釣り残り魚について行なった実験結果は、次のようになった。釣り残り魚7尾の内4尾が再び釣り上げられずに残った(この4尾はその翌日の実験で3尾が釣り上げられ、更に1尾が残った)。

第2回目の実験では魚群の空腹状態がひどくなっていること、および前回の釣り上げ実験の影響が残っていることなどがその結果に影響しているであろうから、第1回目の実験結果と比較はできない。しかし、魚群の構成尾数が数尾であると、

釣り上げることが非常に難しくなる。

3. 考 察

この実験の結果から、一群の魚を釣るとき、たとえその魚群が空腹で餌付きが良くても、連続して釣り上げると、すなわち魚群の構成尾数を間引いてゆくと、次第に餌付きが悪くなり、全部の魚を釣り上げることはできないことがわかる。このことは水槽に飼った魚群についての実験結果であるが、天然の状態でもこうした点が食いのとまる一つの原因となる場合があることを予想してよいと考えられる。

一般に(1)魚群が空腹であるとき、餌を与えると、魚群は分散してよく餌に付く。(2)また、たとえ魚群が空腹であっても、食欲が低下してある点に達すると、群れをくずさず、餌にふりむかなくなる(勿論、満腹しても同じ状態になる)。仮に成群力(群れを構成する魚の働き合いの程度)を a 、食欲の強さを r とすると、(1)の場合には $a < r$ 、釣り上げの影響が働いて1尾ずつ釣り上げられるたびに食欲がおちてゆくと、 $(a-r)$ は次第に a に近付き、(2)の場合には $r=0$ になって、 $(a-r)=a$ になるといった具合である。

BREDER (1954)¹⁾によると、 a と魚群の構成尾数 N との間には次の関係

$$a = kN^n$$

(ただし、 k, n は定数)が求められ、 N が小さいと、 a も小さいといわれている。著者の実験では N が小さい場合には、釣り上げ尾数 F の N に対する割合が小であり、鉤にかかるまでに要する時間 t が釣り始めから比較的大である。つまり、 N が小さいと、釣りにくいということができ、 N が極端に小さく、数尾であると、釣り上げることが非常に難しくなる。 N が小さいと、餌付きが悪いということは、上述の a が小さいということと関係があるわけであるが、生理・心理的にどのように解釈できるものかを考えてみる必要があると思われる。

終わりに本研究に対してご指導をいただいた東京大学大島泰雄名誉教授に厚く謝意を表する。

文 献

- 1) BREDER, C. M. (1954): Equations descriptive of fish schools and other animal aggregations. *Ecology*, **35** (3), 361-370.

Growth and Photosynthesis Properties of Some Planktonic Marine Diatoms at Various Salinity Regimes*

Sooji SHIMURA**, Harue SHIBUYA*** and Shun-ei ICHIMURA**

Abstract: Effects of salinity on the growth and photosynthesis of four species of marine diatoms, *Skeletonema costatum*, *Chaetoceros* sp., *Phaeodactylum tricornutum* and *Cylindrotheca closterium*, were investigated by the cultures in various salinity regimes. All diatoms examined are euryhaline with a wide range of salinity tolerance. Although the range of tolerance was distinctive to each species, their tolerance patterns changed depending on their preculture condition to some extent. This adaptability of the diatoms seems to contribute to their large habitat in estuary.

1. Introduction

A noticeable salinity gradient is one of the characteristic features of estuarine environments, and it is reasonable to assume that salinity variations are strong enough to control the biological processes in the estuary. For understanding phytoplankton dynamics in the estuary, therefore, it is necessary to realize the photosynthetic response, consequently, the mode of growth of phytoplankton in various salinity regimes. From the point of view, considerable studies have been made and the results are well reviewed by GESSNER and SCHRAMM(1971).

Besides the subjects, photosynthetic adaptive response to changing salinity should also be considered in the attempt to elucidate the estuarine phytoplankton dynamics. It is thus essential to test whether phytoplankton could shift adaptively their salinity optimum for photosynthesis when they are placed under different salinity regimes. If they have adaptability, to what extent they can withstand lower or higher salinity environments. On this subject, however, we are aware of little information except for NAKANISHI and MONSI (1965), QASIM *et al.* (1972), MAEDA *et al.* (1973), LIU

and HELLEBUST (1976) and HELLEBUST (1976).

In the present paper, we intend to describe the growth and photosynthetic responses of planktonic marine diatoms in various salinity media for giving information to explain the natural phenomena of estuarine phytoplankton dynamics.

2. Materials and Methods

The diatoms used were marine species; *Skeletonema costatum*, *Chaetoceros* sp., *Phaeodactylum tricornutum* and *Cylindrotheca closterium*. These diatoms were precultured for many days in test tubes with enriched sea water medium (34.6‰ S) at 20°C under the continuous illumination of $81 \mu\text{E}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sec}^{-1}$ (400–700nm, ca. 3 Klux) provided by an ordinary incandescent lamp. The concentration of nutrients except NaNO_3 was essentially the same to that of the modified ASP-2 medium described previously (SHIMURA and FUJITA, 1973). Sodium nitrate was added at two times higher concentration than the modified ASP-2 medium.

To examine the effect of salinity changes on the growth of diatoms, algal cells were harvested by centrifugation at the middle of exponential growth phase and washed once or twice with fresh medium, and inoculated into new media with salinities from zero to a maximum of 103.8‰. The low salinities were made by diluting sea water with distilled water and the high salinities were obtained by adding NaCl , MgSO_4 and KCl to sea water. In the latter

* Received March 19, 1979

** Institute of Biological Science, The University of Tsukuba, Sakura-mura, Ibaraki, 300-31 Japan

*** Department of Botany, Faculty of Science, Tokyo Kyoiku University.

Present address: Ohsaki High School, Yutakacho, Shinagawa-ku, Tokyo, 142 Japan

case, the ionic ratio in the medium was maintained roughly at the same level as that of natural sea water. The nutrients added were maintained at the same level regardless of salinity differences. The inoculated tubes were incubated in the same manner as the preculture. Growth of diatoms in each tube was followed by counting the cells with a haemocytometer. Specific growth rate (k) was calculated for exponential growth phase by the following formula;

$$k(\text{doublings/day}) = \frac{3.32}{t_2 - t_1} (\log_{10} n_2 - \log_{10} n_1),$$

where n_1 and n_2 are cell numbers at the time t_1 and t_2 , respectively.

Photosynthesis and respiration were measured with a Clark type oxygen electrode assembly described by EBATA and FUJITA (1971). Light source was a 650 W iodine-tungsten lamp and actinic light was obtained through both an in-

frared cutting filter and a water layer of 5 cm thickness placed between the light source and a reaction vessel. Photosynthesis measurement was performed for 10 minutes at 20°C for each light regime. Various light intensities were adjusted by inserting neutral filters. Light intensity, in terms of $\mu\text{E}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sec}^{-1}$, was measured with a quanta spectrometer (Tectum Instrument, QSM-2500).

3. Results

Growth of cultures at various salinity regimes

Growth curves for each treatment are shown in Fig. 1. The diatom *S. costatum* grew in each medium of 8.7, 17.3, 25.0, 34.5 and 40‰ S, and cell density reached a maximum level of 10^7 cells/ml on the fourth day. On the contrary, the cells inoculated into the medium with salinity of 4.4 or 69.2‰ gradually became greenish and did not show any detectable growth during the experimental period. The growth

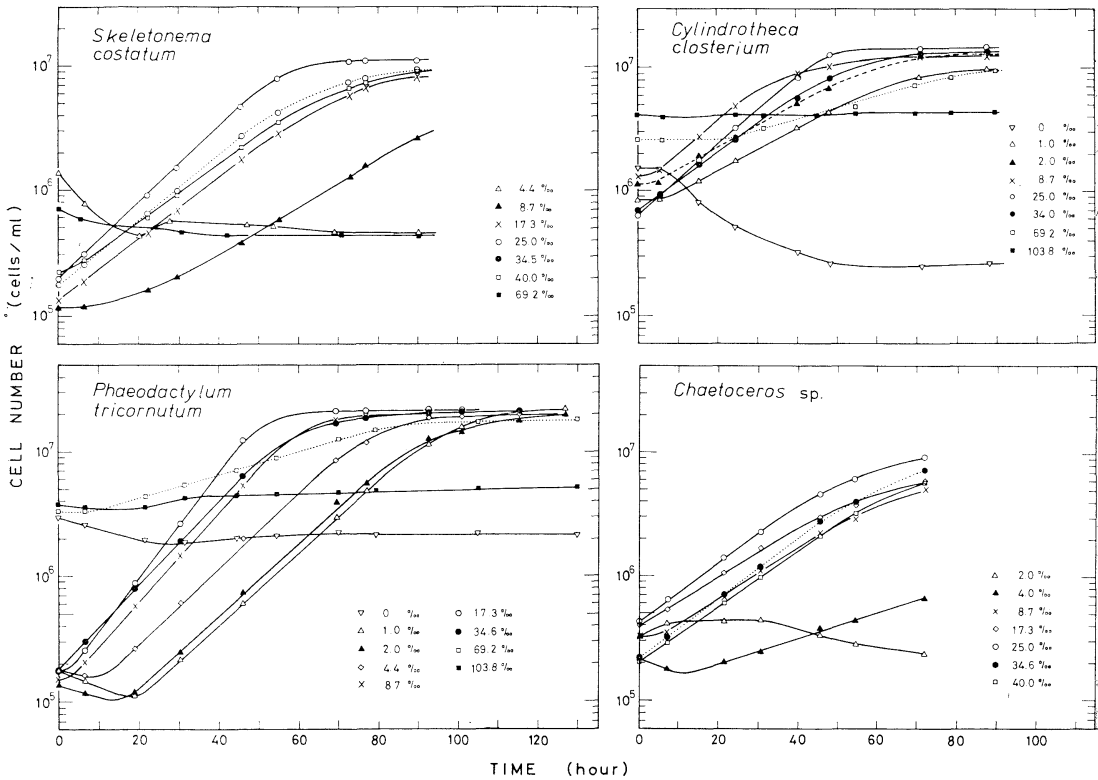


Fig. 1. Growth curves of four species of diatoms, precultured at 34.6‰, after transfer to new media of different salinities at the middle of their exponential growth phase.

pattern of the other three diatoms was identical with that of *S. costatum* but the range of salinity tolerance differed slightly between species. *P. tricorutum* and *C. closterium* were able to grow in a wide range from 1.0 to 69.2 ‰ S and either no growth occurred or cell number decreased in the media with 0 and 103 ‰ S. *Chaetoceros* sp. was grown in the salinity higher than 4.0‰ but no detectable growth was observed in the medium with 2.0‰. There was a lag phase in each treatment and the induction was noticed in the initial growth period when cells were transferred into new media from parent cultures. As shown in Fig. 2, the length of the lag was closely related with the salinity of new media and it prolonged progressively in media with salinities lower or higher than that of parent culture.

The curves of specific growth rates as a

function of salinity are shown in Fig. 2. A noticeable difference was observed among species. The specific growth rate of *S. costatum* and *Chaetoceros* sp. was nearly the same in the salinity range between 10 and 40.0‰, and sharply dropped with further increase or decrease of salinity. *P. tricorutum* and *C. closterium* maintained high growth rates over a wide range of salinity between 1.0 and 40.0‰. The optimum salinity for the specific growth rate was around 25‰ for *S. costatum* and *Chaetoceros* sp., and 17.3‰ for *P. tricorutum* and *C. closterium*. The maximum specific growth rate was about 2 doublings per day for three diatoms, *S. costatum*, *Chaetoceros* sp. and *C. closterium*, and the value of 3.1 doublings per day for *P. tricorutum* was the highest.

The growth response to salinity changes was further examined with *S. costatum* and *P. tri*

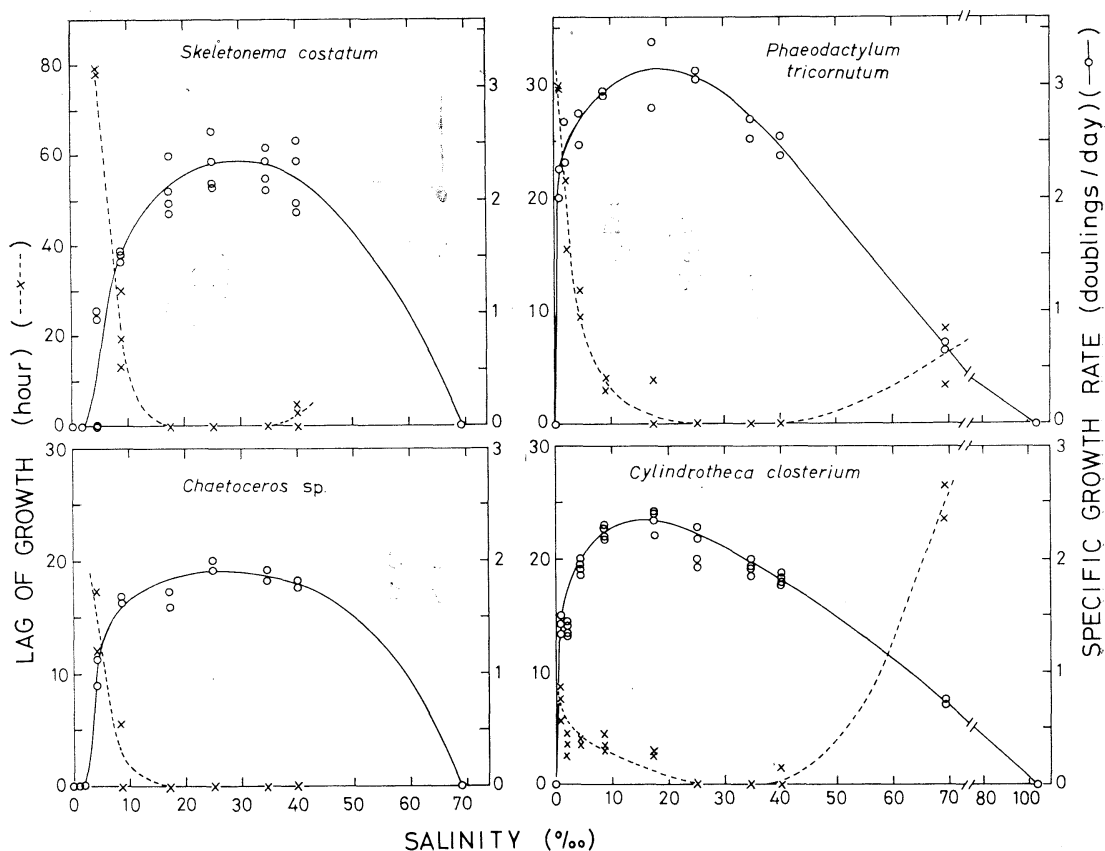


Fig. 2. The effect of salinity on the lag period and the specific growth rate in exponential phase of four species of diatoms after transfer of the cells precultured at 34.6‰.

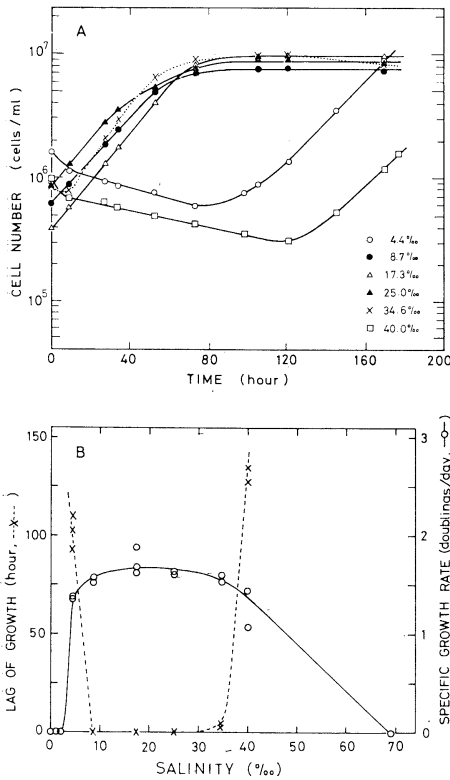


Fig. 3. (A) Growth curves of *S. costatum* at various salinities, and (B) the lag of growth phase and the specific growth rate in the exponential phase after transfer of the cells precultured at 8.7‰ to fresh medium.

cornutum precultured at low salinity of 8.7‰ for the former and 1.0‰ for the latter. As shown in Fig. 3, *S. costatum* did not show any lag phase in medium with 8.7‰ and also in those with 17.3 and 25.0‰, but it began to grow slowly after very long lag phase more than 4 days in media with 4.4 and 40‰. In *P. tricorutum*, cells could grow well over a range of 1.0 to 17.3‰ S with no detectable lag phase, but they showed relatively long lag in the salinities higher than 25.0‰ (Fig. 4). The specific growth rate of *S. costatum* and *P. tricorutum* was nearly constant over a broad range of 8.7 to 40‰ S for the former and 4.4 to 40.0‰ S for the latter, varying from 1.4 to 1.7 and from 1.8 to 2.2 doublings per day, respectively.

From these experiments, it can be expected

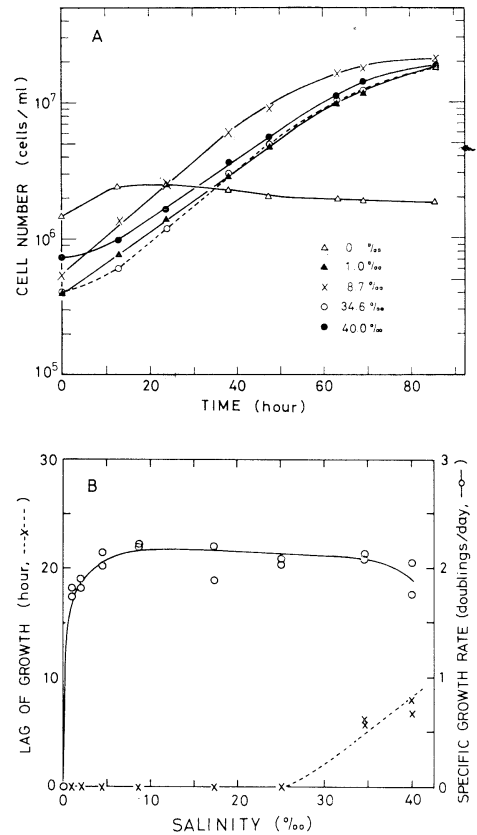


Fig. 4. (A) Growth curves of *P. tricorutum* at various salinities, and (B) the lag of growth in the initial growth phase and the specific growth rate in exponential phase after transfer of the cells precultured at 1.0‰ to fresh medium.

that the optimal salinity for growth of the marine phytoplankters cultured in the low salinity medium was lower than that of the same phytoplankters cultured in high salinity medium. Some marine phytoplankters could probably shift their optimal salinity for growth depending on the salinity in their habitat.

Phytoplankton photosynthesis at various salinities

The effects of salinity changes on the photosynthesis were investigated with *S. costatum* grown at 34.6 and 8.7‰ S. The photosynthetic rate was measured at a low light intensity of 90 $\mu\text{E}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sec}^{-1}$ (5.1 Klux) and a high light intensity of 692 $\mu\text{E}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sec}^{-1}$ (39.3 Klux), immediately after the cells transferred into the

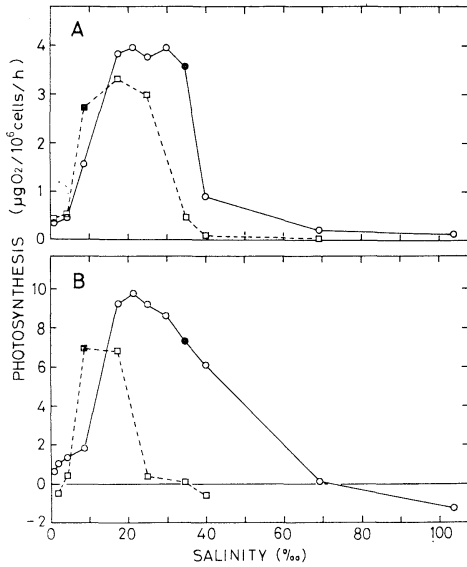


Fig. 5. Photosynthesis-salinity curves for *S. costatum* grown at 34.6‰ S (—○—) and at 8.7‰ S (---□---). Photosynthesis was measured under a weak light of $90 \mu\text{E}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sec}^{-1}$ (A) and a strong light of $692 \mu\text{E}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sec}^{-1}$ (B). Closed symbols indicate the salinity at which the cells were grown.

new media with various salinities. Photosynthetic rates as a function of salinity are shown in Fig. 5. Under weak light, photosynthetic activity of the cells grown at 8.7‰ S was high at salinities lower than 8.7‰ S, and low at salinities higher than 17.3‰ as compared with that of the cells grown at 34.6‰ S. Shapes of the salinity-photosynthesis curves obtained at high light intensity were nearly identical to those obtained at weak light intensity but photosynthetic activity of the cells grown at 8.7‰ S dropped rapidly at 25‰ S. The trend of the depression of photosynthesis corresponded roughly to the length of the lag (Fig. 2). This indicates that the lag of growth in *S. costatum* is probably due to the suppression of photosynthesis induced by salinity stress.

Relative photosynthesis- and relative growth-salinity curves for *S. costatum* obtained under weak light conditions are presented in Fig. 6. The shape of curves somewhat differed each other both in the cells precultured at 34.6 and 8.7‰ S. Comparing the curves of photosynthesis

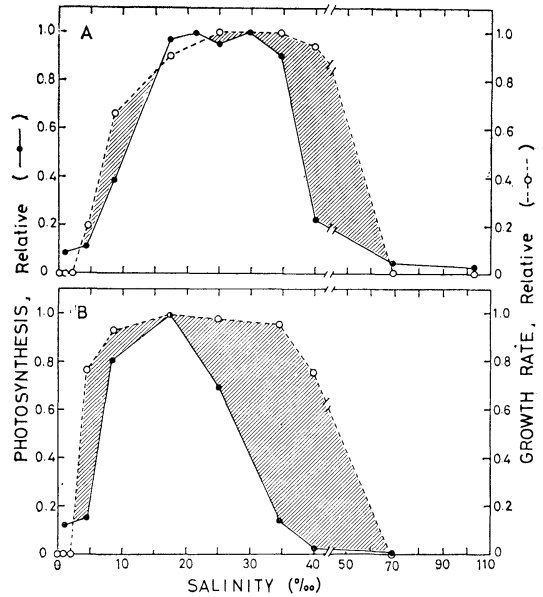


Fig. 6. Relative photosynthesis (—●—) and growth rate (---○---) curves for *S. costatum* as a function of salinity. Cells were precultured at 34.6‰ S (A) and at 8.7‰ S (B).

and growth rate, the former had narrower range of salinity optimum than the latter. Photosynthesis was appreciably positive at extremely high and low salinities even though the growth rates were zero.

4. Discussion

Table 1 summarizes the data reported by several investigators on the range of salinity tolerance and the optimum salinity for growth of marine diatoms. Our results coincide fairly well with figures in the table. The diatoms used in the present study are euryhaline because of a broad range of their salinity tolerance. In this respect, it is of interest to note that the diatoms in question have extended their habitat into waters with lower salinity. They seem to be one of the marine phytoplankters which have adapted most predominantly to lower salinity. The diatoms examined had a range of salinity tolerance somewhat different with species, and they also showed some capability of physiological adjustment to new salinity

Table 1. Salinity tolerance and optimum salinity for growth of marine diatoms.

Diatoms	Salinity of parent cultures (‰) or habitat	Salinity tolerance (‰)	Optimum salinity for maximum specific growth rate (‰)	Authors
<i>Skeletonema costatum</i>	34.6	4.4-40.0	25.0	Present paper
<i>Skeletonema costatum</i>	8.7	4.4-40.0	17.3	"
<i>Chaetoceros</i> sp.	34.6	4.4-40.0	25.0	"
<i>Phaeodactylum tricornerutum</i>	34.6	1.0-69.2	17.3	"
<i>Phaeodactylum tricornerutum</i>	1.0	1.0-69.2	8.7	"
<i>Cylindrotheca closterium</i>	34.6	1.0-69.2	17.3	"
<i>Skeletonema costatum</i>		3 -	20.0	TAKANO (1963)
<i>Skeletonema costatum</i>		12.5-49.5		MATSUE (1954)
<i>Cerataulina pelagica</i>		6 -45		TAKANO (1963)
<i>Chaetoceros radians</i>		4 -48	15.0	"
<i>Leptocylindrus danicus</i>		6 -45		"
<i>Thalassiosira decipiens</i>		5 -45		"
<i>Thalassiosira decipiens</i>		15 -		McLACHLAN (1961)
<i>Cyclotella</i> sp.		2.5-35.0		"
<i>Cyclotella cryptica</i>	11.2	3.4-51.0	11.2	LIU and HELLEBUST (1976)
<i>Cyclotella nana</i> (3H)	Estuary	0.5-32 ^a	16.0	GUILLARD and RYTHER (1962)
<i>Cyclotella nana</i> (5A)	Estuary	0.5-32 ^a	4-24	"
<i>Cyclotella nana</i> (e.p.)	Estuary	0.5-32 ^a	8-24	"
<i>Cyclotella nana</i> (7-15)	Open sea	0.5-32 ^a	16-24	"
<i>Cyclotella nana</i> (13-1)	Open sea	17.0-35 ^a	23-35	"
<i>Detonula confervacea</i>	Open sea	8.0-32 ^a	24-32	"

a: Not examined beyond the indicated salinity.

condition.

Photosynthesis was consistently depressed at low and high salinities. Furthermore, the range of optimal salinity for photosynthesis is narrower than that for specific growth rate (Fig. 6). Since the organic matter production of the diatoms is determined principally by photosynthetic activity, the photosynthetic rates measured immediately after (starting within 10 minutes) the transfer of diatom cells into a new medium may indicate an immediate growth response of the inoculated cells to salinity change. On the other hand, specific growth rate, which was measured within a few days, may indicate the growth after the cells adjusted to each new salinity condition. Discrepancies between the photosynthesis-salinity curve and the growth-salinity one indicate some possible changes in growth-salinity properties with time due to adjustment or deterioration of the algal cells in a given salinity condition. The hatched area in Fig. 6 may show such a long term adjustment (performed in the period of hours to days

in this case) of algal cells to salinity.

References

- EBATA, T. and Y. FUJITA (1971): Changes in photosynthetic activity of the diatom *Phaeodactylum tricornerutum* in a culture of limited volume. *Plant & Cell Physiol.*, **12**, 533-541.
- GESSNER, F. and W. SCHRAMM (1971): Salinity—Plants. In O. KINNE (ed.), *Marine Ecology* vol. I, Part 2, 705-820, Wiley—Interscience, London.
- GUILLARD, R. R. L. and J. H. RYTHER (1962): Studies of marine planktonic diatoms. I. *Cyclotella nana* Hustedt and *Detonula confervacea* (Cleve) Gran. *Can. J. Microbiol.*, **8**, 229-239.
- HELLEBUST, J. A. (1976): Effect of salinity on photosynthesis and mannitol synthesis in the green flagellate *Platymonas suecica*. *Can. J. Bot.*, **54**, 1735-1741.
- LIU, M. S. and J. A. HELLEBUST (1976): Effects of salinity changes on growth and metabolism of the marine centric diatom *Cyclotella cryptica*. *Can. J. Bot.*, **54**, 930-937.
- MAEDA, O., M. ZAMMA and S. ICHIMURA (1973): Photosynthetic response of estuarine phyto-

- plankton to salinity variations. *La mer* **11**, 137-140.
- MATSUE, Y. (1954): On the culture of the marine plankton diatom, *Skeletonema costatum* (Grev.) Cleve. *In* Review of Fisheries Science in Japan. Jap. Soc. Adv. Sci., Tokyo, 41 pp. (in Japanese).
- McLACHLAN, J. (1961): The effect of salinity on growth and chlorophyll content in representative classes of unicellular marine algae. *Can. J. Microbiol.*, **7**, 399-406.
- NAKANISHI, M. and M. MONSI (1965): Effect of variation in salinity on photosynthesis of phytoplankton growing in estuaries. *J. Fac. Sci. Univ. Tokyo Sec. III*, **9**, 19-42.
- QASIM, S. Z., P. M. A. BHATTATHIRI and V. P. DEVASSY (1972): The influence of salinity on the rate of photosynthesis and abundance of some tropical phytoplankton. *Mar. Biol.*, **12**, 200-206.
- SHIMURA, S. and Y. FUJITA (1973): Some properties of the chlorophyll fluorescence of the diatom *Phaeodactylum tricorutum*. *Plant & Cell Physiol.*, **14**, 341-352.
- TAKANO, H. (1963): Diatom culture in artificial sea water-I. Experiments on five pelagic species. *Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab.*, **37**, 17-25.

海産浮遊珪藻の種々の塩分条件下における増殖と光合成特性

志村宗司, 渋谷春江, 市村俊英

要旨: 4種の海産珪藻, *Skeletonema costatum*, *Chaetoceros* sp., *Phaeodactylum tricorutum* 及び *Cylindrotheca closterium*, を種々の塩分条件下で培養し, 増殖と光合成に対する塩分の影響を調べた。

今回調べた珪藻はいずれも広い塩分範囲で増殖可能な広塩性種であった。最終的に増殖可能な塩分範囲はむしろ各々の珪藻に固有であったが, その枠内で各珪藻とも環境の塩分変化に順応的に塩分増殖特性を変え得ることが明らかになった。このことは珪藻が河口域において広い生息域を得る上に役立っていると思われる。

日仏海洋学会賞受賞記念講演 魚類の行動と漁法に関する一連の研究*

井 上 実**

Une Série des Recherches sur les Comportements de Poissons et la Méthodologie de Pêches*

Makoto INOUE**

昭和54年5月25日、標題の研究に関して日仏海洋学会賞を受賞する光栄を得た。この受賞は学会長佐々木忠義先生はじめ会員諸氏のご支援の賜と厚く感謝申し上げますと共に、これを契機にますます研究に精進する覚悟を披歴したい。

私の研究は魚類の行動に関する知見をいかに漁法に導入するかということである。漁法とは水産生物を漁獲する方法であり、それは対象生物の生態・行動の研究と、漁具の構造・操作などの研究が中心となるのはいう迄もない。したがって、従来から行われて来た漁法学の研究の半分は水産生物の生態・行動に関するものであった。ただ、それは飽く迄漁獲を目的とした対象生物の生態・行動の研究で、例えば網とか光とか人為的的刺激に反応する魚の行動をどう漁法と対応させるかということに主眼が置かれていた。私はこの研究方法に最近台頭して来た動物行動学の研究手法を取り入れ、魚類の行動をまず生物学の範囲内で把握、そのなかから漁法に利用できる行動を見出し、新しい漁法の追究、あるいは従来漁法の行動学的解析を試みたのである。もちろん、この課題は極めて広範囲で、個人の力で完成されるものではないが、少くともその一端に触れようとしたのである。しかし、魚類行動学と漁法学との連がりを求

めることは容易でなく、私の行ったいくつかの実験的研究でも「魚類の行動」だけが表面に浮き出されて、漁法との関連性は稀薄にならざるを得なかった。

ここでは多少とも漁法と関連をもついくつかの実験結果を、次の項目に纏めて述べて私の研究の紹介の一助としたい。

- 1) 魚類の視覚運動反応と漁法
- 2) 魚類の群れ形成と漁法
- 3) 魚類の遊泳行動と漁法
- 4) エビ類の行動と籠漁法

1) 魚類の視覚運動反応と漁法: 魚の視覚運動反応とは、魚が視認した移動映像をいつ迄も網膜上に保有しようとする行動で、実験的には白黒縞模様の移動に対する魚の追従行動で確認される。この反応は魚種によって強弱があり、視覚の優れた魚や走流性の発達した魚類はよく追従する。

この視覚運動反応を漁法に導入したのは、ソビエトの PAVLOV らであり、彼等は野外実験で8~10 mm の網目を有する網地(200×27 cm)を視覚刺激用のスクリーンとして、これをロープにより手動で回転した。彼等は河川と海洋で数回の実験を行い、スクリーン周辺に魚群を集めることに成功したと述べている。しかし、彼等の実験装置ではスクリーンの長さが短かく、魚群は集まっても、そのスクリーンの末端に到達してしまうと魚群はその地点で分散する可能性を含んでいる。したが

* 1979年5月25日、日仏会館(東京)にて講演
Résumé de la conférence faite le 25 Mai 1979
après la remise du Prix de la société franco-japonaise d'océanographie

** 東京水産大学 Université des Pêches de Tokyo

って、私の実験では円柱状のスクリーンを水槽に設置し手動および電動で回転し、その円柱スクリーンの周辺あるいはその内部に魚群を集め、魚群の行動をエンドレスにすることを考えた。対象魚としては淡水魚のウグイ、アブラハヤ、海水魚のカタクチイワシ、マイワシ、マサバ、イシダイ、カワハギ、ウマズラハギなどであった。その結果は、スクリーンに対し水槽が著しく大きい場合は上層性回遊魚のイワシ類やサバではスクリーンの効果はみられなかった。しかし、スクリーンと水槽の大きさが接近している場合は、カタクチイワシに対して円運動を起こさせることができた。このことは漁法上の応用としては、例えばカツオ釣漁業などで漁獲した餌魚に対して直ちに円運動を起こさせる必要がある場合に利用されよう。

底層性の魚類に対しては水槽がスクリーンに対して十分に広い場合にも、スクリーン周辺及びその内部に集めることができた。さらに、この方法と集魚燈とを組合せて魚群を集めることも試みた。スクリーン周辺及びその内部での魚群の動きは、昼間の魚群の動きに比べ鈍かったものの集魚については効果的であった。ただ、この装置を集魚装置として海中で使用する場合には、構造的に検討の余地がある。

2) 魚類の群れ形成と漁法：魚が群れを形成する性質をもっておればこそ漁業は成立するのである。海洋で一匹一匹とっていたのではとうてい漁業は採算に合わない。散在している魚に人為的に群れを作らせるためには、集魚燈や撒餌が使用される。しかし、私の群れ形成に関する研究は、そのような漁法自体の研究ではなく、群れ形成に関する視覚の役割を調べることにより、新しい漁法の開発を求めたのである。移動する群れが整然とした隊形をとるのは視覚運動反応の作用であるというのはアメリカのSHAWの理論である。私はこのSHAW理論の実験的確認を試みたのであるが、その過程で、魚が移動する物標に追従するためには両眼の視野を等しくする場合、あるいは両眼に受けとめる刺激を等しくする場合が最も効果的であることを認めた。この結果はそれ自体、魚群形

成機構の分析に役立つものであるが、一方、この漁法的応用として曳縄の擬餌に同形の物体を二つ並列することを考案した。水槽内での実験では、1個の擬餌の移動に対しては魚の反応は微弱であったが、2個の並列擬餌の移動に対しては追従効果は優れていた。このことは海洋ではまだ実験がなされていないが、興味のある課題である。

群れ形成に関しては、この他多くの基礎的研究を行ったが、両眼魚に比べ片眼魚の群れ形成が極端に悪いのは上記の理論に基づくものと確信している。

3) 魚類の遊泳行動と漁法：魚の遊泳行動に関しては文献は極めて多く、世界各国の論文を集めると300に及ぶようである。そのうち、漁法との直接の関連性に論じたものは極めて少ない。それは、漁具の運動に対応する魚の行動は極めて複雑で、単に魚の *cruising speed* や *maximum swimming speed* を実験的に求めただけの研究では漁法に適用される範囲は狭いからである。私も回流水槽でイワシ類の遊泳速度の測定を行ったが、それは魚類の遊泳速度の測定結果を増したというだけで漁法上の貢献は高いとはいえなかった。むしろ、本学会誌に最初に掲載された論文で、まき網に遭遇したカタクチイワシ群のその後にとる行動を推定して、それによりまき網の投網方向を決定する方法に関する研究の方が漁法上有意義であろう。この論文の骨子は魚が船や網に威嚇された直後にとる行動は、等深線の勾配から決定される海底の深みと関係があるというものであった。沖合を回遊する大型のカタクチイワシに対して等深線の勾配方向に網口を開くように投網した結果、80%の漁獲の成功率を収めた。但し、操業上、風向や潮流を考慮に入れる必要のない海象条件についてである。沿岸に来遊する小型のカタクチイワシは日出、日没時には太陽方向に向かって遊泳するので、投網方向は水深と無関係に決定された。

4) エビ類の行動と籠漁法：籠漁法は現在、重要な漁法となりつつある。甲殻類あるいは魚類をとる籠漁法は、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、ホッコクアカエビ籠を例にとると、入口はふつう直径 10 cm 以下の漏斗網で、籠全体は網地で構成されている。したがって、エビが狭い漏斗網の入口を通して籠の内部に入り込むためには餌の誘引性は強力であることは勿論であるが、同時にエビ籠の壁面の網地及び漏斗口の網地への接触に拒否反応を示さなければならないことが必要である。ホッコクアカエビ、スジエビ、クルマエビなどの入籠の行動を水槽内で観察すると、籠に餌がない場合でもエビが入籠することは明らかであった。このことから、エビ類の入籠のしくみは索餌行動だけに依存するものでないことが推察され、実験的な観察によると、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した。このことはエビに正の走触性が存在することを示唆するものであろう。

一方、水槽内の観察の過程で、エビ類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、それ以上は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見出した。そして、これはエビ類の spacing 行動に依存するものと推察した。また、籠に入ったエビ類が籠から脱出する行動は、現象的には網目及び入口の大きさに基づく漁具の選択性によるものであるが、脱籠行動を引き起す潜在的要因として、上記の狭い空間におけるエビ相互の干渉行動 (spacing 行動) が存在することを知った。

学 会 記 事

1. 昭和54年5月28日，東京水産大学において，編集委員会が開かれた。
2. 昭和54年5月23日，東京水産大学において，評議員会が開かれた。
 - 1) 会務報告，編集報告が行われた。
 - 2) 昭和53年度の収支決算および昭和54年度の予算案が審議された。
 - 3) 学会賞受賞候補者として，井上実氏が推薦され，受賞者として決定した経過が報告された。
 - 4) 昭和54年度学会賞候補者推薦委員15名を下記のとおり選出した。
阿部友三郎，有賀祐勝，石野 誠，今村 豊，井上実，宇野 寛，草下孝也，斎藤泰一，星野通平，多賀信夫，高野健三，根本敬久，松生 治，丸茂隆三，森田良美
3. 昭和54年5月25日，日仏会館会議室において，第20回総会が開かれ，次の報告並びに審議が行われた。
 - 1) 昭和53年度の会務並びに会計報告が行われた。なお，別表の53年度収支決算が承認された。
 - 2) 編集委員長から，学会誌第16巻の編集経過報告が行われた。第16巻は総ページ数222ページで，その内訳は原著論文17編（和文7，英文10）資料2編，記念講演1編，寄稿3編，その他学会記事などである。
 - 3) 学会賞受賞者として，井上実氏が決定に至る経過が報告された。
 - 4) 昭和54年度の予算案について審議の結果，別表のとおり承認された。

昭和53年度収支決算

収 入		
事 項	収入額(円)	備 考
前年度繰越金	15,880	
会 費	1,091,500	
賛 助 会 費	445,000	
学 会 誌 売 上	144,300	
広 告 料	240,000	
計	1,936,680	

支 出

事 項	支出額(円)	備 考
学会誌等印刷費	1,707,800	
送 料 通 信 費	162,290	
編 集 費	3,600	
事 務 費	8,600	
交 通 費	12,800	
会 議 費	25,600	
次年度繰越金	15,990	

計 1,936,680

昭和54年度予算

収 入

事 項	収入額(円)	備 考
前年度繰越金	15,990	
会 費	1,200,000	
賛 助 会 費	500,000	
学 会 誌 売 上	150,000	
広 告 料	250,000	
計	2,115,990	

支 出

事 項	支出額(円)	備 考
学会誌等印刷費	1,850,000	
送 料 通 信 費	170,000	
編 集 費	5,000	
事 務 費	10,000	
交 通 費	20,000	
会 議 費	35,000	
予 備 費	25,990	
計	2,115,990	

- 5) 昭和54年度学会賞候補者推薦委員の選出について報告があった。
- 6) 常任幹事を増員する件につき提案があり，松生治，有賀祐勝両氏の追加が承認された。

- 4. 総会終了後、引続き学会賞の授与が行われた。
昭和54年度学会賞受賞者：井上実氏（東京水産大学），
受賞課題：魚類の行動と漁法に関する一連の研究（別
項「推薦理由書」参照）。会長から井上博士に賞状，
メダルおよび賞金が授与され，続いて受賞記念講演が
行われた。
- 5. 講演終了後懇親会が開かれ盛会であった。
- 6. 昭和54年5月25日，26日の両日，日仏会館会議室に
おいて，昭和54年度「日仏海洋学会学術研究発表会」
が次のとおり開かれた。

プログラム

5月25日(金)

午前の部

- 1. 現場における海水の粘性の測定……阿部友三郎，
°福地直樹，田中秀文，武田 豊（東理大・理）
- 2. 海水中における気泡の挙動……野々山 智，
阿部友三郎（東理大・理）
- 3. 打ち上げ波の挙動……°山本秀行，
阿部友三郎（東理大・理）
- 4. 表面膜による表面張力波への影響 ……°高山晴光，
阿部友三郎（東理大・理）
- 5. 人工衛星ならびに航空機リモートセンシングデー
タによる海洋環境調査…落合弘明(鳥羽商船高専)
- 6. 地中海におけるマダコ類の生物学的研究
……Pasquale Arena (イタリア・シシリア島産業開
発局メッシーナ海洋生物研究所長)

午後の部

- 7. クサフグ幼仔魚の摂餌生態について…°飯沢正人，
宇野 寛（東水大）
- 8. 飼育下におけるナンキョクオキアミの成長，脱皮，
形態変化……°村野正昭，瀬川 進，
加藤光雄（東水大）
- 9. 伊勢湾の臭気大赤潮実態とその原因種の生態
……安達六郎（三重大・水産）
- 10. 海洋水塊の富栄養化と溶存態有機物廻転速度の定
常振動特性……°関 文威，寺田卓二，
市村俊英（筑波大・生物系）
- 11. 鹿児島湾口鞍部上の海況 ……°富永政英，
桜井仁人（鹿児島大・工）
- 12. 電磁流速計のフィールドテスト
……鈴木重教（鶴見精機）

第20回総会

学会賞授賞

学会賞受賞記念講演

魚類の行動と漁法に関する一連の研究

……井上 実（東水大）

5月26日(土)

午前の部

- 13. 魚の群れ構造の光学的測定とその解析
……°長谷川英一，井上 実（東水大）
- 14. 偏光下における魚類の行動生態について
…高橋 正，°市川正和，°松生 洽（東水大）
- 15. ノリの色彩型の遺伝について…三浦昭雄（東水大）
- 16. 四国沖の暖水塊について……°小長俊二，
西山勝暢，石崎 広（気象研）
- 17. 九州西方海域のサイドスキャンソナー記録にみ
られるサンドウェーブの研究
…°久保重明(三洋水路)，加賀美英雄(東大海洋研)
北村泰介（国際電電）
- 18. 石花海を中核とする駿河湾の海底地形とその漁場
価値の検討……°小網汪代（海洋圏研究所），
千田義久（焼津魚業協同組合）

午後の部

- 19. 風によって誘起される静振とSet-up—牛込濠およ
び風洞水槽における実験結果の解析
……阿部友三郎（東理大・理），
°森谷誠生（日本気象協会）
- 20. 風波の成長機構—スペクトルの微細構造—
……°小林 貴，阿部友三郎（東理大・理）
- 21. 飛砂に関する研究—埋め立て地におけ浮遊砂濃度
について（3）……°中島光雄，阿部友三郎，
寺山 隆，新井正一（東理大・理）
- 22. 予測問題に対するGMDH法の適用について
—温排水拡散を例として— ……加納 敬（東水大）
- 23. 音響馴致の忘れに関する基礎研究
……高橋 正，°阿部保之，松生 洽（東水大）

特別講演

海洋微小生物群の分布機構と諸問題

……辻田時美（東海大・海洋，三洋水路）

7. 新入会員（正会員）

氏名	所	属	紹介者
久米恒雄	東京大学医科学研究所		
	生物製剤試験製造施設		宇野 寛
多紀保彦	東水大 水産資源研究施設		佐々木忠義
中村善彦	東水大		柳川 三郎
（賛助会員）			

株式会社オセアノート
 代表取締役社長 小堀 清
 退会者
 正会員 中嶋真固, 村木義男
 賛助会員 ㈱ナック

8. 会員の住所所属の変更

氏 名	新住所又は新所属
江口一平	千代田区大手町 1-3-4, 気象庁海洋課
小牧勇蔵	清水市折戸1,000, 遠洋水産研究所
御前 洋	和歌山県西牟婁郡串本町有田1157, 串本海中公園センター
結城了伍	釧路市浜町 2-6, 北海道立釧路水産試験場
森山剛一	小金井市桜町 2-5-12

9. 交換及び寄贈図書

1) 鯨研通信	第324, 325, 326号
2) 東北区水産研究所研究報告	第 40 号
3) 国立科学博物館研究報告	5(1, 2)
4) 研究実用化報告	28(3, 4, 5)
5) 台湾省水産試験所東港分所 研究報告業書	1 (3)
6) 季刊 海洋時報	第13, 14号
7) 農業土木試験場報告	第 18 号
8) 農業土木試験場技報(D)	第 21 号
9) 英国産業ニュース	5, 6, 7月号
10) 海洋産業研究資料	10(3)
1) 滋賀大学教育学部 湖沼実習施設論文集	No. 18
12) 日本の海洋政策(外務省)	第 2 号
13) 広島日仏協会報	N° 73
14) 水産試験研究機関 海洋観測資料	昭和49年度 5月号
15) なつしま	昭和52年度 第 60 号
16) 広島県水産試験場事業報告	No. 12, 13
17) 航 海	1
18) クルーズ・レポート	1979
19) 海洋地質図	
20) 海洋地質図 目録図	
21) Bulletin of the Ocean Research Institute, University of Tokyo	No. 10, 11
22) Bulletin d'Information	N° 123, 124, 125

日仏海洋学会賞受賞候補者推薦理由書

氏名: 井上 実(東京水産大学)

題名: 魚類の行動と漁法に関する一連の研究

推薦理由: 井上実氏の日仏海洋学会誌に掲載された論文は9篇であるが, 最初の論文は別表リストのように1966年4巻3号で, それはまき網の対象とするイワシの逃避方向と投網方向との関係を調べたものであった。その時すでに, 同氏は「まき網漁業の漁獲性能に関する研究」を完成させ, 農学博士の学位を授与されていたが, この論文を契機に研究目標を魚類の行動と漁法との関連を明確にすることに方向転換していった。

漁法とは水産生物を漁獲する方法であるが, その研究には物理工学的的手法と, 対象生物の生態・行動の研究を中心とする生物学的手法とがある。同氏の研究は後者によるものであるが, その特徴は魚類の行動の解明を前面におき, その結果から魚の行動と漁獲方法とがどう結びつくかを調べるものである。例えば, 日仏海洋学会誌5(4), 6(4), 8(2)の円形水路による魚の遊泳速度の測定は魚類学の研究範囲に留まるものではなく, まき網, 引網漁法の究明に役立つものであった。また同誌11(1)のカタクチイワシの灯下における群れ形成の論文は, 魚の走光性とともに関係の誘引の重要性を論じた集魚灯の漁業生物学的研究であり, 同誌12(2)の魚類の図形弁別の学習実験は魚類の魚形図形の向き弁別の可能性を追究したもので, それは釣・引縄の擬餌に対する魚類の反応を解析する上で役立つものであった。

その頃, 同氏は魚類の視覚運動反応の研究に精力的に取り組んだ。その論文は東京水産大学研究報告, 日本水産学会誌に多数掲載され, その集成は日仏海洋学会誌13(2)の総述にみられる。従来, 魚類の視覚運動反応は生理, 生態学的研究の範囲であったが, 漁法への応用の可能性を考究したことは, 同氏の研究方向を如実に示したものである。更に近年は日本海の主要生物であるホッコクアカエビの行動に取り組み, その漁獲法である籠にエビが入るしくみを行動学的に調べ, 日仏海洋学会誌15(2), 16(2)に興味のある結果を発表している。

このような魚類の行動と漁法に関する一連の研究を中心に, 同氏は昨年10月「魚の行動と漁法」という著書を出版した。この著書は従来漁業研究に不足していた魚の行動と漁獲方法との関連を, 生理学・行動学の知識を導入して埋めた力作である。

以上述べたように, 井上実氏の近年の研究は漁法学の究明に, 新しい科学である行動学を積極的に取り入れたもので, その業績は水産学にとり極めて顕著であり, 本委員会はこれに対して同氏を本賞の受賞者として推薦する次第である。

学会賞受賞候補者推薦委員会
委員長 石野 誠

主要論文・著書

1. 日仏海洋学会誌

- 1966: Direction of setting the purse seine in consideration of the behaviour of anchovy schools, **4**(3); 14-23.
- 1967: Observation on the swimming speed of fish in an annular trough-I. Effect of visual screen on goldfish, **5**(4); 237-243.
- 1968: Observation on the swimming speed of fish in an annular trough-II. Swimming performance of anchovy by its rounding, **6**(4); 232-242.
- 1970: 円形水路による魚の遊泳速度の測定-III. 光によるカタクチイワシの遊泳行動, **8**(2); 70-77.
- 1973: カタクチイワシの灯下における群れ形成について, **11**(1); 45-54.
- 1974: 魚の魚類図形に対する反応-I. キンギョによる図形の向き弁別実験, **12**(2); 39-46.
- 1975: 総述一視覚運動反応と魚類の行動, **13**(2); 27-38.
- 1977: 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, **15**(2); 1-10.
- 1978: 水槽実験によるエビ籠の漁獲機構の研究-II. スジエビ・ホッコクアカエビの脱籠行動, **16**(2); 13-21.

2. その他

・東京水産大学研究報告

- 1968: A preliminary test on the response of carp and goldfish to gradient of an alley, **55**(1); 89-96.
- 1972: 魚の視覚運動反応と漁法-I. 視覚模様と魚の反応, **58**(1-2); 9-16.
- 1973: 移動する魚形図形に対するアブラハヤ, カタクチイワシの形態視覚, **59**(2); 55-67.
- 1975: 魚の視覚運動反応と漁法-II. 水槽中の魚群に円運動を起こさせる試み, **61**(1-2); 1-10.
- 1976: 魚の群れ形成における視覚運動反応の役割, **62**(2); 67-81.
- 1976: On the optomotor reaction of fish relevant to fishing method-III. Experiment for fishing purpose, **63**(1); 9-16.

1977: 片眼魚と正常魚の群れ形成, **64**(1); 21-29.

・日本水産学会誌

1972: 魚類の対光行動, **38**(8); 907-912.

1977: 魚の視覚運動反応における相称刺激の効果, **41**(2); 1219-1227.

3. 著書

1978: 魚の行動と漁法, 恒星社厚生閣 (東京)

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
ベルナル・フランク

名誉会長 ミシエル・ルサージュ

会長 佐々木忠義

副会長 黒木敏郎, 國司秀明

常任幹事 阿部友三郎, 有賀祐勝, 宇野 寛, 永田 正, 松生 治

庶務幹事 三浦昭雄

編集幹事 有賀祐勝

幹事 石野 誠, 井上 実, 今村 豊, 岩下光男, 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 青山恒雄, 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 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, 小倉通男, 大村秀雄, 岡部史郎, 岡見 登, 梶浦欣二郎, 加藤重一, 加納 敬, 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, 国司秀明, 久保田 穰, 黒木敏郎, 小泉政美, 小林 博, 小牧勇蔵, 西条八東, 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, 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, 谷口 旭, 田畑忠司, 田村 保, 千葉卓夫, 辻田時美, 寺本俊彦, 鳥羽良明, 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, 西沢 敏, 新田忠雄, 根本敬久, 野村 正, 半沢正男, 半谷高久, 樋口明生, 菱田耕造, 日比谷 京, 平野敏行, 深沢文雄, 深瀬 茂, 福島久雄, 淵 秀隆, 星野通平, 増沢穰太郎, 増田辰良, 松生 治, 松崎卓一, 丸茂隆三, 三浦昭雄, 三宅泰雄, 宮崎千博, 宮崎正衛, 村野正昭, 元田 茂, 森川吉郎, 森田良美, 森安茂雄, 安井 正, 柳川三郎, 山路 勇, 山中鷹之助, 山中一郎,

山中 一, 吉田多摩夫, 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

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
株式会社 オーシャン・エージ社
株式会社 大林組
株式会社 オセアノート
小樽船用電機株式会社
株式会社 オルガノ
株式会社 海洋開発センター
社団法人 海洋産業研究会
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
株式会社 鶴見精機
東亜建設工業株式会社
株式会社 東京久栄
東京製綱繊維ロープ株式会社
株式会社 東邦電探
中川防蝕工業株式会社
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
深田サルページ株式会社
藤 田 潔
藤 田 峯 雄
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
宮 本 悟
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
東京都千代田区平河町 1-4-3 伏見ビル
小樽市色内町 3-4-3
東京都文京区本郷 5-5-16
東京都港区赤坂 1-9-1
東京都港区新橋 3-1-10 丸藤ビル
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
東京都世田谷区玉川 3-14-5
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
神奈川県厚木市温水 2229-4
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
東京都千代田区神田錦町 1-9-1 天理教ビル8階
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
東京都千代田区神田小川町 3-20-2 増淵ビル
東京都中央区八重洲 4-5 藤加ビル
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
東京都中央区かちどき 3-3-5 かちどきビル (株) 本地郷
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

ディスクトップコンピュータを組込んだ

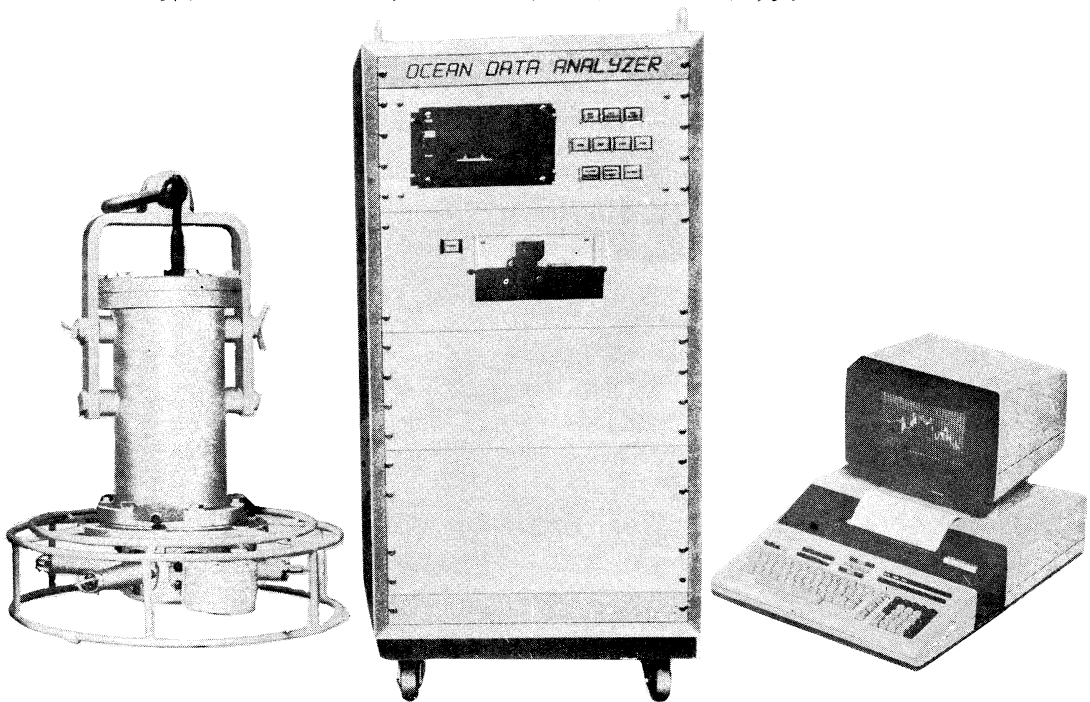
新しいケーブル式 STD システム

機能 ●リアルタイムに出来ること

- ・生データのCRTによるデジタル表示
- ・生データのCRTによるグラフィック表示
- ・CRTの表示をプリンターによりコピーをとる
- ・カセットテープに生データを記録する

●カセットテープの処理により出来ること

- ・生データより δT , Dosat, 音速等の算出
- ・生データをプロッターに出力する
- ・算出データをCRT, プロッタ, プリンターに出力する



株式会社 鶴 見 精 機

1506 Tsurumi-cho, Tsurumi-ku, Yokohama, Japan 〒230 TEL; 045-521-5252

CABLE ADDRESS; TSURUMISEIKI Yokohama, TELEX; 3823750 TSKJPN J

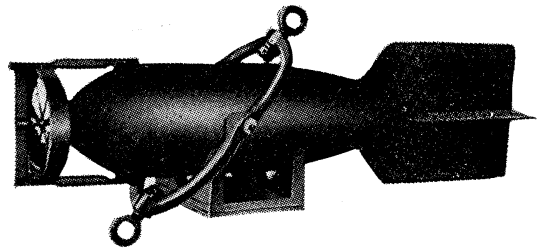
OVERSEAS FACTORY; Seoul KOREA

IWAMIYA INSTRUMENTATION LABORATORY

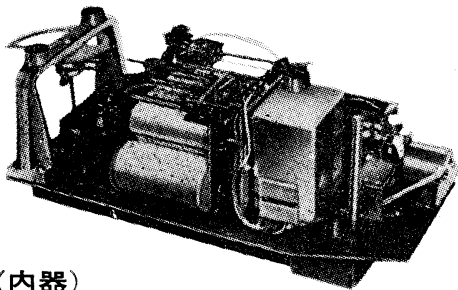
長期捲自記流速計

(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)

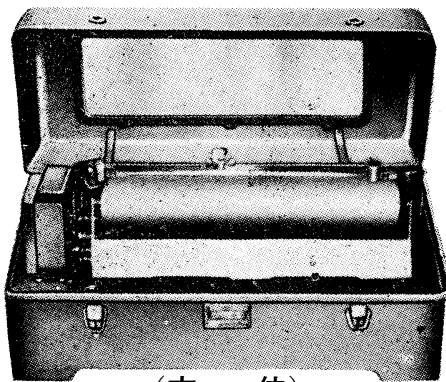
プロペラはA, B, C三枚一組になって居り

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)

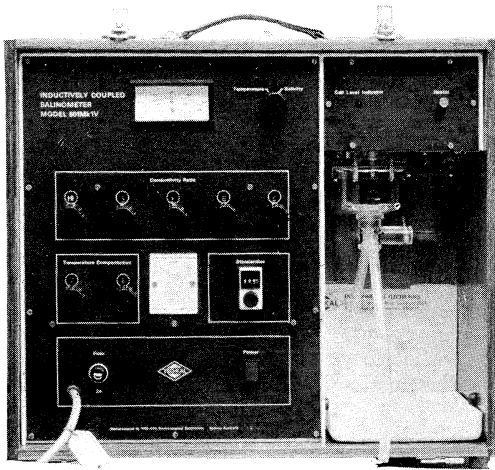
営業品目

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

INDUCTIVE SALINOMER MODEL 601 MK IV



海水の塩分測定の標準器として、既に定評のあるオート・ラブ 601 MK III の改良型で、小型・軽量・能率化した高精度塩分計です。試料水を吸上げる際に、レベル検出器により吸引ポンプと攪拌モーターとが自動的に切換えられます。温度はメーター指針により直示されます。

測定範囲	0~51 ‰ S
感 度	0.0004 ‰ S
確 度	±0.003 ‰ S
所要水量	約 55 cc
電 源	AC 100 V 50~60 Hz
消費電力	最大 25 W
寸 法	52(幅)×43.5(高)×21(奥行)cm

営 業 品 目

転倒温度計・水温計・湿度計・
 採水器・採泥器・塩分計・
 水中照度計・濁度計・S-T計・
 海洋観測機器・水質公害監視機器



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 (81) 0044 (代表) ☎ 113

Murayama

水 中 濁 度 計
 水 中 照 度 計
 電 導 度 計



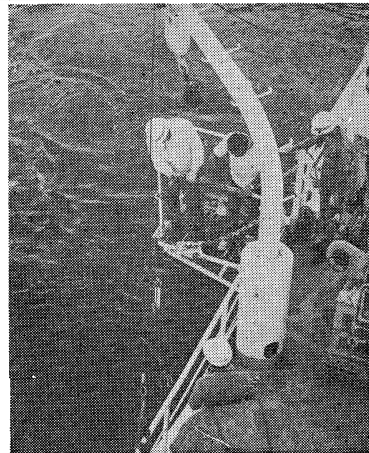
株式会社 **村山電機製作所**

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

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(プレジデント札幌) ☎011(251)3747

総代理店  三井物産株式会社

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



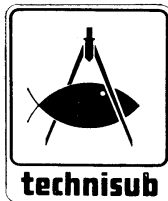
本社 / 西宮市芦原町9-52 ☎0798(65)2111(大代) 支社 / 東京都中央区八重洲4-5 藤和ビル ☎03(272)8491(代) ほか37ヶ所

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

東京支社住所変更 「関東支社：〒243 神奈川県厚木市温水 2229-4 TEL 0462-47-3222」

昭和 54 年 8 月 25 日 印刷
昭和 54 年 8 月 31 日 発行

う み 第 17 卷
第 3 号

定価 ¥ 950

編集者 富 永 政 英
発行者 佐 々 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 17 卷 第 3 号

目 次

原 著

海産繊毛虫類の細菌捕食特性	久米恒雄	109
海水中の濁度構成物質の光学的特性とそのモデル化の研究 (I)	竹松伸, 岸野元彰, 岡見登	117
やむしの寄生生物	永沢祥子, 丸茂隆三	127
富栄養河口域の環境特性と植物プランクトンの現存量と光合成の分布 (英文)	寺田卓二, 市村俊英	137
釣漁における食いの低下と魚群の食欲との関係について	石渡直典	145
海産浮遊珪藻の種々の塩分条件下における増殖と光合成特性 (英文)	志村宗司, 渋谷春江, 市村俊英	149
日仏海洋学会賞受賞記念講演		
魚類の行動と漁法に関する一連の研究	井上実	156
学会記事		159

Tome 17 N° 3

SOMMAIRE

Notes originales

Feeding Patterns of Marine Ciliates Fed on the Heterotrophic Bacteria (in Japanese)	Tsuneo KUME	109
Optical Properties and Modeling of Turbidity Components in Sea Water (I) (in Japanese)	Noburu TAKEMATSU, Motoaki KISHINO and Noboru OKAMI	117
Parasites of Chaetognaths in Suruga Bay, Japan (in Japanese)	Sachiko NAGASAWA and Ryuzo MAMUMO	127
Environmental Properties and the Distribution of Phytoplankton Biomass and Photosynthesis in a Small Eutrophic Estuary of Shimada Bay	Takuji TERADA and Shun-ei ICHIMURA	137
On the Relation between Decline of Biting in Angling and Appetite of Fish School (in Japanese)	Naonori ISHIWATA	145
Growth and Photosynthesis Properties of Some Planktonic Marine Diatoms at Various Salinity Regimes	Soji SHIMURA, Harue SHIBUYA and Shun-ei ICHIMURA	149

Conférence commémorative

Une Série des Recherches sur les Comportements de Poissons et la Méthodologie de Pêches (en japonais)	Makoto INOUE	156
Procès-Verbaux		159