

---

Tome 12

*Août*

1974

Numéro 3

---

う み

La mer

昭和 49 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 今村 豊 (東京水産大学)  
委員 星野通平 (東海大学) 井上 実 (東京水産大学) 森田良美 (東京水産大学) 永田 正 (東京水産大学) 西村 実 (東海大学) 大柴五八郎 (昭和薬科大学) 杉浦吉雄 (気象研究所) 高木和徳 (東京水産大学) 高野健三 (理化学研究所) 富永政英 (鹿児島大学) 宇野寛 (東京水産大学) 渡辺精一 山路 勇 (東京水産大学)

## 投 稿 規 定

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

---

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

## RECOMMANDATIONS A L'USAGE DES AUTEURS

1. Les auteurs doivent être des Membres de la Société franco-japonaise d'océanographie.
2. Les notes ne peuvent dépasser douze pages. Les manuscrits à deux exemplaires, dactylographiés sur papier fort, doivent être envoyés au Comité de rédaction de la Société franco-japonaise d'océanographie, c/o Maison franco-japonaise, 2-3 Kanda, Surugadai, Chiyoda-ku, Tokyo, 101 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.

## 異形棒鋼製人工魚礁の追跡調査\*

飯高勇之助\*\* 津田良平\*\* 森永 勤\*\*  
瀬良 茂\*\*\* 高野幸三\*\*\* 小池 章\*\*\*

### Field Test of Iron-Made Fish Reefs

Yunosuke IITAKA, Ryohei TSUDA, Tsutomu MORINAGA,  
Shigeru SERA, Kozo TAKANO and Akira KOIKE

**Abstract:** With the purpose to make a man-made aquatic life environment in waters off the coast, a series of field tests on iron-made fish reefs has been carried on off Kochi, Japan, where a maximum current of 1-2 knots is sometimes found. The experimental reef was of 1.5 cubic meters, constructing by the concrete reinforcing deformed bars of 19 and 25 mm diameters in all. Five or six reefs were connected together to make a lump of 3 m in height. Such six lumps were set on the bottom of sand and of 30 m depth off 4.0 km from the coast, at the end of June, 1972. The reef was designed theoretically not to move at the current of 3.5 knots.

After then, the state of reefs, the appearance of adhesions of aquatic lives such as sea lettuce, sea squirt, acorn shell, etc., and the species, amount of fish schools gathering around or in the reefs were checked by means of human eyes and cameras using an aqualung, at a certain intervals. The observation by fish sounder and the angling test by fishermen were also made.

The results obtained until now are fairly good. Aquatic organisms adhered or gathered to or around the reefs immediately after dropped in the bottom. The schools of yellow-spot grunts, filefishes and groupers were all observed each time. The schools of Japanese parrot fishes, beard grunts, horse mackerels, goatfishes, leather fishes, batfishes, stripeys and three-line grunts were often found. Five jigging tests conducted from the 24th of September to the 10th of October, 1973 caught 80.4 kg in total weight of groupers, threeline grunts, mackerels, horse mackerels, bigeyes and goldstriped amberjacks, by 1-4 fishermen. The erosion of the material of reef did not seem to make any progress until now. All experimental reefs were almost not depressed and not moved from the set place.

#### I. 緒言

沿岸水域に人工魚礁を広く敷設して、新しい生物再生産環境を作り出すという目的の一環として、著者らは、異形棒鋼による人工魚礁を作り実

験中である。人工魚礁の歴史は古く、従って、その組材にも古船、割石、土管、古鉄、コンクリート、古タイヤ、人工海藻、古プラスチック等が使われ、それらの研究、報告も多い（例えば、TURNER *et al.*<sup>1)</sup>）。鋼製魚礁についても、1962年以來エキスパンド、鋼板、鋼管などによる種々の形の魚礁が考案され試験された。その系統的研究は、東海区水産研究所を中心として行われている（例えば、小川ら、ほか<sup>2)-8)</sup>）。ところで、著者らが異形棒鋼によって人工魚礁を作り、その実験を試みた理由は、主として次の3点による。

\* 1974年7月1日受理

\*\* 近畿大学農学部 東大阪市小若江 321 Faculty of Agriculture, University of Kinki, Kowakae, Higashiosaka-shi, Osaka, 577 Japan

\*\*\* 中山鋼業株式会社 東京都千代田区丸の内 1-8-2 (鉄鋼ビル) Nakayama Steel Product Co. Ltd., 1-8-2, Marunouchi, Chiyoda-ku, Tokyo, 100 Japan

- 1) 漁師間に依然として、「鉄には魚がつく」という意見が聞かれること。
- 2) 然しながら、一方、「鉄は腐る」とも言われるので、表面積が最小の棒鋼を用いた。また、鉄の高比重性により、魚礁の沈降力、固定力に好都合であること。
- 3) 将来、魚礁を海中、又は海底で構築する場合、結接合に鋼材は便利なこと。

## 2. 魚礁の設置場所とその周辺

実験魚礁は、高知県安芸郡田野町の奈半利川河口の沖約4 km、水深約30 mのところ設置した。この付近海域は、日本でも有数な台風来襲路で潮流は表層で、県水試の観測では、最高1~2ノット<sup>9)</sup>、漁師間の意見では3.5ノットと言われ、底質は硬い細砂である。主な漁業は、一本釣と小型バッチ網、桁底曳網で、メジカ、カツオ、アジ、サバ、ブリ、エソ、ホウボウ、カレイ、イサキ、

磯魚が目的である。小型バッチ網、桁底曳網漁業は、1~3月を禁漁期、魚礁敷設区域を操業禁止区域としている。

なお、実験魚礁敷設の近くには、当初人工海藻が2連設置されていたが、直ちに流失消滅し、現在は天然礁も、他の人工礁もない。Fig. 1は実験魚礁の敷設位置とその配列を示す。

## 3. 魚礁の構造と設置

魚礁の基本体は、稜長1.5 mの立方形で、従って、容積は3.4 m<sup>3</sup>である。これは直径が、19又は25 mmの異形棒鋼を格子状に溶接したユニットを結・接合して組立てられている。ユニットには、I, IIの二つの型を考えた。Fig. 2は、I, IIのユニットからそれぞれ組立てられた魚礁の図である。一基本体の空気中重量はいずれも200 kgで、組立てにはボルト、ナットを用いた。

魚礁基本体の海底での固定力については次のように考えた。この場合の固定力は基本体と海底との間の静止摩擦力であるとして、いま、固定力を $G$ 、摩擦係数を $\mu$ 、基本体の水中での重さを $W$ 、流れから受ける抗力係数を $C_D$ 、投影面積を $A$ 、流速を $v$ 、海水密度を $\rho_w$ とすれば、

$$G = \mu W > \frac{1}{2} C_D \cdot \rho_w \cdot A \cdot v^2$$

が成り立つと考える。ところで、使った棒鋼の密度は7.0 g/cm<sup>3</sup>であるから、 $W = 200 \times 0.86 \times 10^6$  dyne、 $A$ は設計図から $5.8 \times 10^3$  cm<sup>2</sup>である。 $C_D$ は撚網についてのKAWAKAMI and TSUBOTA<sup>10)</sup>の実験値1.4、 $\mu$ については砂地に置いた土俵の三浦<sup>11)</sup>の固定力実験値から仮に0.8とすれば、 $\rho_w = 1.0$ として、

$$v < \sqrt{\frac{0.8 \times 200 \times 0.86 \times 10^6}{\frac{1}{2} \times 1.4 \times 1.0 \times 5.8 \times 10^3}}$$

$$\doteq 1.84 \text{ cm/sec } (\doteq 3.5 \text{ ノット})$$

すなわち、実験魚礁基本体は底層で、3.5ノットの流れに堪えると考えた。基本体には設置後の経過時間によって付着生物が付き、その結果、見掛上の $A$ の値が増大するが、その頃には基本体は

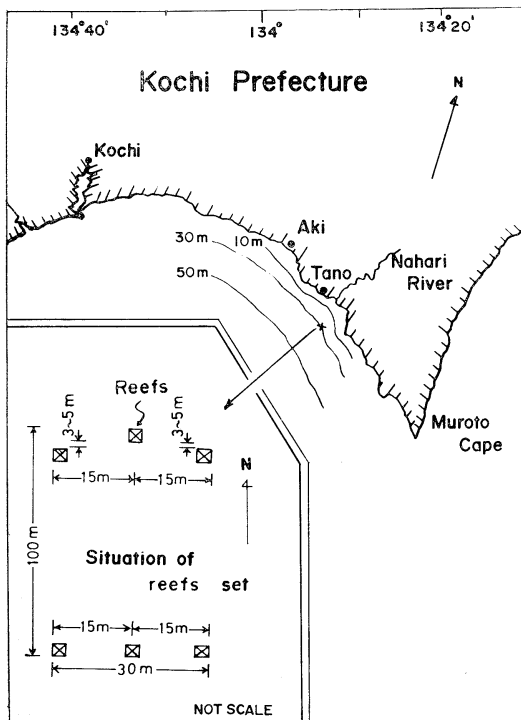


Fig. 1. Position and situation of the iron-made experimental reefs.

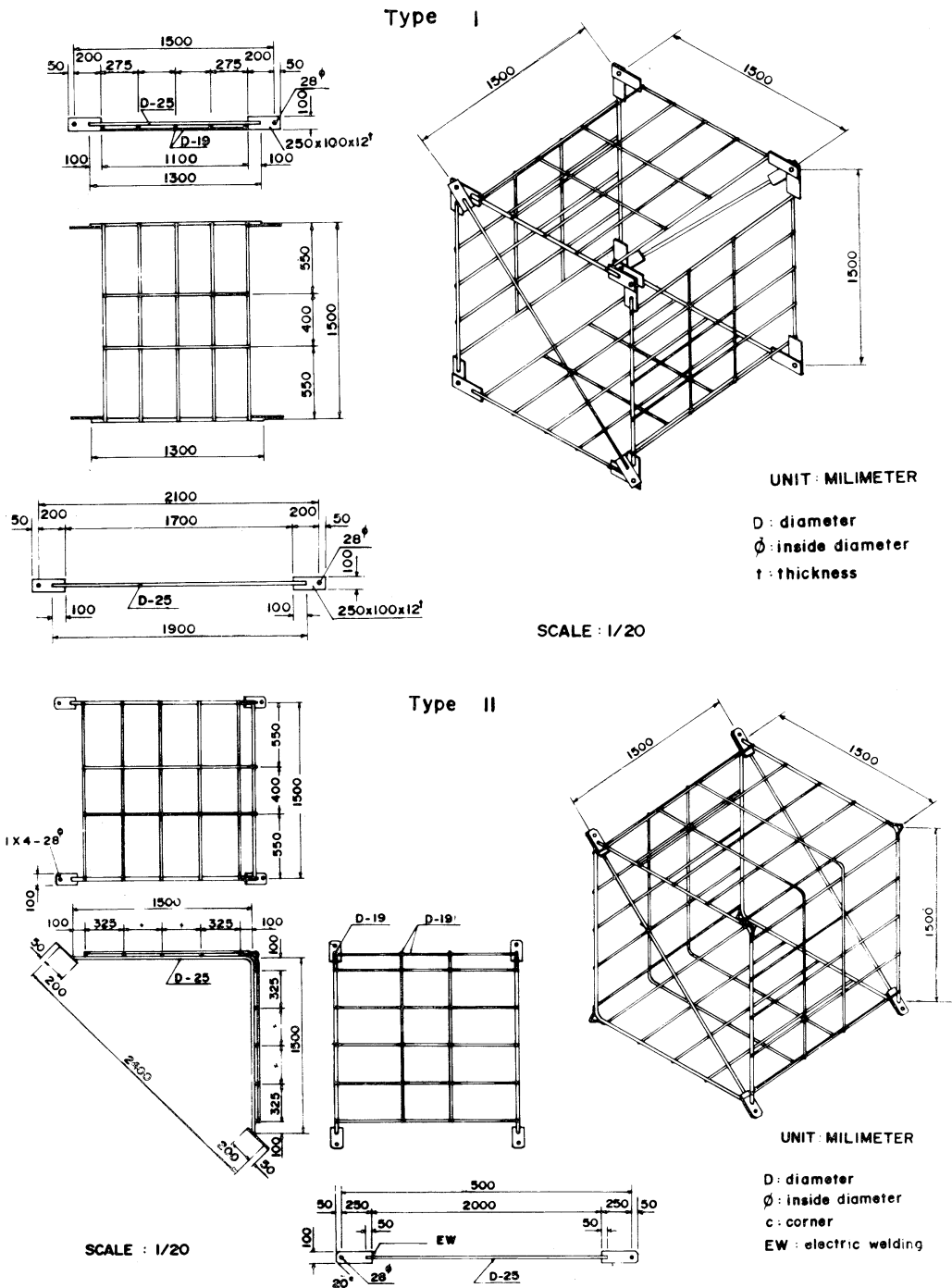


Fig. 2. Schematic diagrams and designations of two types of experimental reef used.

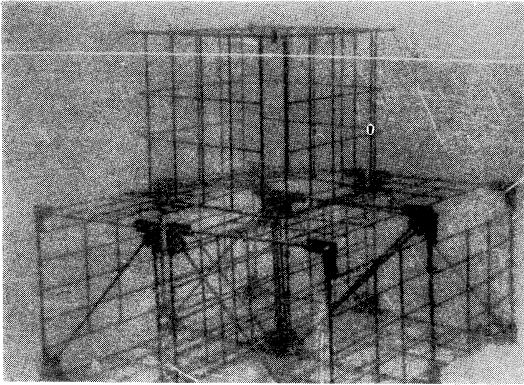


Fig. 3. A lump of reefs in the bottom at which it was just set.

多少砂地に埋まり固定力が静止摩擦力以上の碇の役目を果たさうから見掛上の $\mu$ の値も増え両者は相殺すると考えた。

魚礁設置に当っては、上記基本体を4個、方形に連結してその上中央に、1又は2個の基本体を積んで一魚礁体とした。そして、この魚礁体を6個設置した。なお、連結にはチェーンを用いた。設置配列は Fig. 1 に示したとおりで、3魚礁体ずつを100 m 隔てて向い合うように列とし、各列の魚礁体間隔は15 m とした。実際には北側両端の魚礁体が約5 m ずつ内側に投入されたが、6個の設置魚礁体の取囲む海底面積は約3,000 m<sup>2</sup>であった。また、一つの魚礁体の占有海底面積は約9.0 m<sup>2</sup>で、容積は1個の基本体の上積みのもので約17 m<sup>3</sup>、2個の上積みで約20 m<sup>3</sup>であった。後者の魚礁体は南側中央のもの一つだけであった。設置は1972年6月12日にクレーン船によって行った。Fig. 3は海底に設置された直後の一魚礁体の写真である。

#### 4. 調査項目と方法及び回数

調査は螺集する魚の種類、量、附着生物、魚礁体の移動、埋没、損傷、腐食状況について行われ、潜水者の目視、水中カメラ、魚群探知機、釣獲試験などの方法を用いた。潜水調査は設置後2, 6, 9, 11, 12, 13, 15, 19か月目にそれぞれ1回ずつ合計8回実施した。魚群探知機による調査は、同6, 11, 15か月目に1回ずつ、釣獲試験は15か月目の

2週間に合計5回行った。9か月後の潜水調査のときには、魚礁体の一部を船上に引上げて腐食状況を調べ、15か月目の潜水調査のときには海底測量を行い、魚礁体の埋没状況を調査した。

#### 5. 結果及び考察

##### 1. 螺集魚種と量

魚礁に螺集する魚は、設置2か月後の第1回調査から多く観測され、コショウダイ、ウマヅラハギ、ハタは常に見られ、インダイ、ヒゲダイ、マアジ、ヒメジ、カワハギ、ツバメウオ、カゴカキダイ、イサキはよく見られた。Fig. 4, 5は魚礁に螺集する魚の一例で、Fig. 4は設置後2か月目、Fig. 5は同15か月目の写真である。

各調査で見られた魚種の一覧表を Table 1 に示す。1回目の調査で13種、以下13, 17, 15, 16,

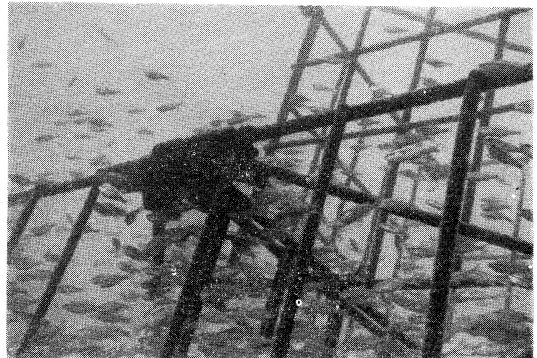


Fig. 4. Appearance of the species of fish congregated around or in the experimental reefs (2 months after setting).

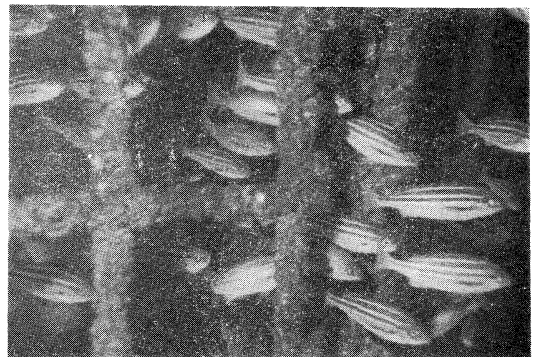


Fig. 5. Appearance of the species of fish congregated around or in the experimental reefs (15 months after setting).

Table 1. List of the species found around or in the experimental reefs at each observation time. Circle means the species found. Parenthesized shows a scientific name. Mark \* is an English name, named newly by SHIINO<sup>(2)</sup>.

Species of fish	Observation time							
	1972		1973				1974	
	Aug.	Dec.	Mar.	May	June	July	Sep.	Jan.
	2	6	9	11	12	13	15	19
1. Japanese parrot fish, "Ishidai" ( <i>Oplegnathus fasciatus</i> )	○	○	○			○	○	○
2. Beard grunt*, "Higedai" ( <i>Hapalogenys nigripinnis</i> )	○	○	○	○		○	○	
3. Yellow-spot grunt, "Koshyodai" ( <i>Plectorhynchus cictus</i> )	○	○	○	○	○	○	○	○
4. Barface cardinalfish*, "Nenbutsudai" ( <i>Apogon semilineatus</i> )	○						○	
5. File fish, "Umazurahagi" ( <i>Navodon modestus</i> )	○	○	○	○	○	○	○	○
6. Goldstriped amberjack*, "Hiramasu" ( <i>Seriola aureovittata</i> )	○						○	
7. Moray eel, "Utsubo" ( <i>Gymnothorax kidako</i> )	○				○	○		
8. Groupers, "Hata-ka" ( <i>Epinephelinae</i> spp.)	○	○	○	○	○	○	○	○
9. Horse mackerel, "Maaji" ( <i>Trachurus japonicus</i> )	○	○	○		○	○	○	
10. Scarbreast tuskfish*, "Ira" ( <i>Choerodon azurio</i> )	○			○	○	○		
11. Lion fish, "Minokasago" ( <i>Pterois lunulata</i> )	○				○	○		○
12. Pennant coralfish, "Hatatatedai" ( <i>Heniochus acuminatus</i> )	○						○	
13. Spotted parrot fish, "Ishigakidai" ( <i>Oplegnathus punctatus</i> )	○	○	○					
14. Bigeyes, "Kintokidai-ka" ( <i>Priacanthidae</i> spp.)			○			○	○	
15. Goatfishes, "Himeji-ka" ( <i>Mullidal</i> spp.)		○	○	○	○	○	○	○
16. Trevally, "Kaiwari-zoku" ( <i>Caranx</i> sp.)		○	○		○	○		
17. Leather fish, "Kawahagi" ( <i>Stephanolepis cirrhifer</i> )		○	○	○	○	○	○	○
18. Batfish, "Tubameuo" ( <i>Platax pinnatus</i> )		○	○		○	○	○	○
19. Stripey, "Kagokakidai" ( <i>Microcanthus strigatus</i> )		○	○	○	○	○	○	○
20. Painted sweetlips, "Korodai" ( <i>Plectorhynchus pictus</i> )			○			○	○	○
21. Yellow tail, "Buri" ( <i>Seriola quinqueradiata</i> )			○					○
22. Threeline grunt*, "Isaki" ( <i>Parapristipoma trilineatum</i> )			○	○	○	○	○	
23. Pinecone fish, "Mastukasauo" ( <i>Monocentris japonicus</i> )			○	○		○		○
24. Silver bream, "Hedai" ( <i>Sparus sarba</i> )			○					○

Table 1 (continued)

Species of fish	Observation time								
	1972		1973				1974		
	Aug.	Dec.	Mar.	May	June	July	Sep.	Jan.	
		Months after setting							
		2	6	9	11	12	13	15	19
25. Rosy grubfish, "Toragisu" ( <i>Ciliias pulchella</i> )					○				
26. Hawkfishes, "Gonbei-ka" ( <i>Cirrhitidae</i> sp.)					○	○	○		
27. Blackstriped snapper, "Yokosujihuedai" ( <i>Lutjanus vittata</i> )					○	○			○
28. Offshore ponyfish, "Okihiragi" ( <i>Leiognathus rivulatus</i> )					○				
29. Cornetfish, "Yagara-zoku" ( <i>Fistularia</i> sp.)						○	○		○
30. Olive flounder*, "Hirame" ( <i>Paralichthys olivaceus</i> )							○		
31. Striped catfish, "Gonzui" ( <i>Plotosus anguillaris</i> )							○		
32. Pipefishes, "Youjiuo-ka" ( <i>Syngnathidae</i> sp.)							○		
33. Purplish amberjack, "Kanpachi" ( <i>Seriola purpurascens</i> )								○	○
34. Chub mackerel, "Masaba" ( <i>Scomber japonicus</i> )								○	
35. Cuttlefish, "Kouika-ka" ( <i>Sepiidae</i> sp.)									○

Table 2. Results of the jigging tests.

Date	Species	Total weight	Remarks
73. 9.24	Groupers	5.8 kg	Morning, by one fisherman
9.30	Threeline grunt, Chub mackerel, Horse mackerel, Bigeyes	23.6 kg	Evening, by four fishermen
10. 3	Threeline grunt, Bigeyes	11.0 kg	Morning, by one fisherman
10. 5	Threeline grunt, Chub mackerel, Horse mackerel, Bigeyes	30.0 kg	Morning, by one amateur
10.10	Goldstriped amberjack	10.0 kg	Unknown

23, 18, 17 種がそれぞれ見られている。設置後の経過時間と共に見られる魚種が多くなっている。

Fig. 6 は 1972 年 12 月 21 日 (投入後 6 か月目), 1973 年 5 月 19 日 (11 か月目), 同 9 月 29 日 (15 か月目) の魚群探知機による記録の一部である。魚礁に螺集する魚群の像がよく見られる。Fig. 7 は 1973 年 9 月 29 日に魚礁の上層を遊泳していたヒラマサの群の写真である。

釣獲試験の結果を Table 2 に示す。用いた漁具はアンドンビシによるサビキ釣で、朝または夕「まずめ」の各 3 時間に 1~4 名 (4 回目は素人 1

名) の漁師によって行われた。

## 2. 付着生物

付着生物も螺集する魚と同様に設置後直ちに付着した。コケムシ、フジツボなどが多く、Fig. 8 は 13 か月経過した魚礁棒鋼の写真である。写真の左は付着生物をハンマーで落した部分で、右のそのままの部分と比較すれば付着生物の量を推測することができる。

## 3. 魚礁の移動、埋没及び損傷

魚礁の移動は設置後 13 か月間はほとんどなかったが、15 か月後の潜水調査のとき、6 魚礁体中の



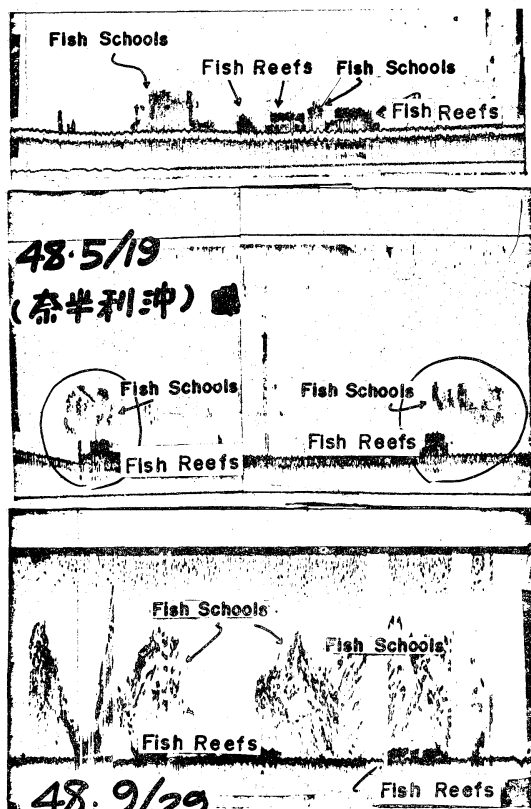


Fig. 6. Some records of the fish sounder used. Upper: taken on December 21, 1972, middle: taken on May 19, 1973, lower: taken on September 29, 1973.



Fig. 7. School of goldstriped amberjack, *Seriola aureovittata*, found at the top of the experimental reefs on September 29, 1973.

1 魚礁体の上段が横転、移動、3 魚礁体の各上段が転落しているのが発見された。Fig. 9 は上段が転落した魚礁体の写真で、前方に転落した上段が見られる。

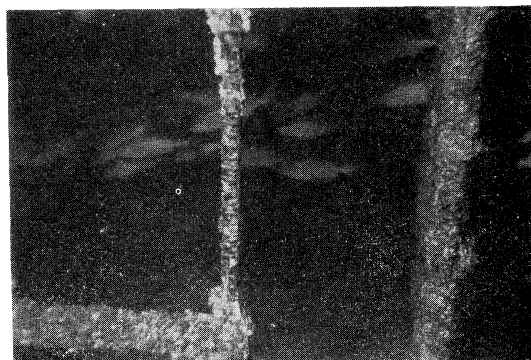


Fig. 8. Appearance in the thickness of organisms adhered to the experimental reef until July 29, 1973 (13 months after setting). Left is the bar from which the adhesive organisms were taken off.

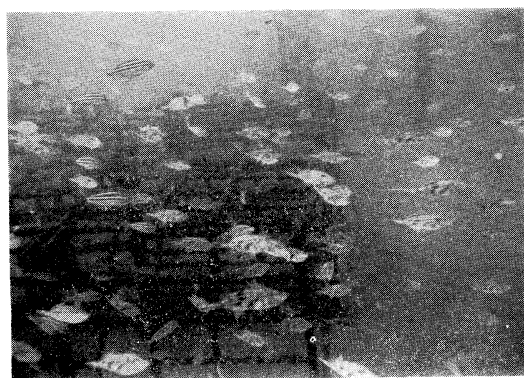


Fig. 9. Appearance of a lump of reefs from which the upper part was tumbled down, photoed on September 29, 1973.

これらの上段の横転、転落は禁漁を犯した小型バッチ網、桁底曳網の操業によるためであると言う漁師の意見も考えられるが、魚礁基本体をチェーンで連結したところにも問題があると思われる。というのは、次項で説明するように、棒鋼による魚礁基本体にはそれほど腐食が見られなかったが、チェーンの腐食は甚しかった。Fig. 10 は連結に使用したチェーンを15か月後に引上げたときの写真である。

こうしたウィークポイントは、基本体組立のときのボルト、ナットにもあると考えられるので、結・接合部には同質棒鋼のリングを用いることを検討中である。なお、潜水調査の結果、横転、転落した基本体には明瞭な損傷は見られなかった。

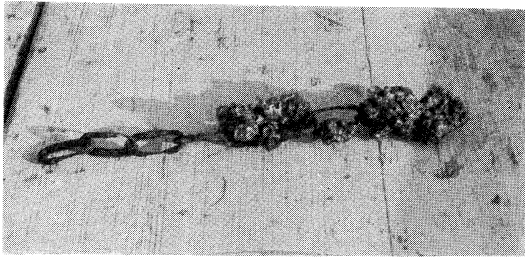


Fig. 10. Appearance of an iron chain taken from the bottom (15 months after setting).

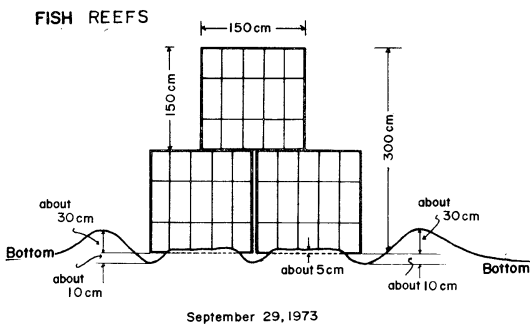


Fig. 11. Schematic diagram showing the appearance in depression of a lump of reefs, examined on September 29, 1973 (15 months after setting).

魚礁体の埋没状況は、1973年9月29日（設置後15か月目）の潜水のとき測量して調べ、その結果はFig. 11に示すとおりである。すなわち、一部約5 cmの埋没と魚礁体周辺に高さ約30 cmの砂の吹きだまり、深さ約10 cmの窪みがあったのにすぎず、埋没はほとんどなかった。

#### 4. 魚礁の腐食

設置後9か月目の潜水調査のとき、魚礁体の一部を船上に引上げ、付着生物、錆を除去した写真がFig. 12である。写真には引上げたままのものと付着生物、錆を除去した後のものとを比較のために示してある。これを見ると鋼材の腐食はほとんど進行していないようであった。そこで、量的に腐食の進行を調べるために、和歌山県東牟婁郡那智浦勝町浦神の玉の浦湾とその外海の3か所（水深3~9 m）の海底近くに同質棒鋼の試験片を9か月浸漬し、その後引上げ、付着生物、錆を除去した後秤量し、重量損失による腐食試験を行った。その結果は、重量が1.1%減少していた。

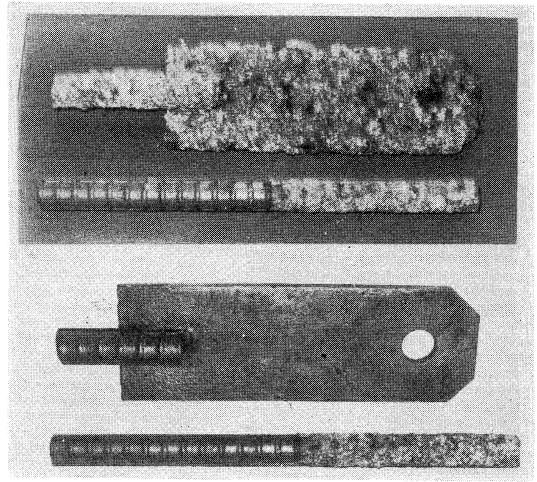


Fig. 12. Appearances of some parts of the experimental reef taken from bottom at March 23, 1973 (9 months after setting). One shows the state when it was brought to the surface and the other is the appearance after the adhesive organisms and rusts were all taken off.

仮に、この減量が浸漬時間に直線的に比例して進むと仮定して、棒鋼の直径の減少に換算すると、0.24 mm/年となった。従って、魚礁は直径19と25 mmの棒鋼から出来ているので、棒鋼部の耐久年数は優に20年を越すことになり、結・接合部にリングを使うなどの考慮を払えば、魚礁の腐食については余り心配はないと判断した。

#### 6. 結 言

魚礁の効果の判断は難しい問題であるが、本調査からは異形棒鋼製魚礁は魚の螺集、付着生物の「つき」の具合から新しい生物再生産環境構造物としては有望である。また、その高比重性から固定力があり、結・接合部への配慮によっては腐食量も多いとは考えられず、総じて満足な結果が得られた。

#### 謝 辞

この追跡調査に当っては高知県水産試験場、同指導所、田野漁業協同組合の御援助を得た。また、魚種査定に当っては、近畿大学浅野博利教授の御指導を得た。付言して謝意を表する次第である。

## 文 献

- 1) TUNER, C.H., E.E. EBERT and R.R. GIVEN (1969): Man-made reef ecology. Calif. Dept. Fish and Game, Fish Bulletin, No. 146, 1-221.
- 2) 小川良徳, 竹村嘉夫 (1966): 人工魚礁に対する魚群行動の実験的研究—I. 東海区水研報告, 第45号, 107-113.
- 3) 竹村嘉夫, 小川良徳 (1966): 人工魚礁に対する魚群行動の実験的研究—II. 同上, 第45号, 115~126.
- 4) 小川良徳, 竹村嘉夫 (1966): 人工魚礁に対する魚群行動の実験的研究—III. 同上, 第45号, 127~135.
- 5) 小川良徳 (1966): 人工魚礁に対する魚群行動の実験的研究—IV. 同上, 第45号, 137-145.
- 6) 小川良徳, 青山 宏 (1966): 人工魚礁に対する魚群行動の実験的研究—V. 同上, 第45号, 147~154.
- 7) 小川良徳, 小野田康夫 (1966): 人工魚礁に対する魚群行動の実験的研究—VI. 同上, 第45号, 155~160.
- 8) 三次信輔, 武富 一 (1972): 鋼製魚礁における魚群の出現状況. 同上, 第69号, 91~98.
- 9) 高知県水産試験場 (1972): 高知県水産試験場事業報告.
- 10) KAWAKAMI, T. and H. TSUBOTA (1953): On the configuration and distribution of tension of a rope in a uniform stream. Memoirs of the College of Agri. Kyoto Univ., No. 66, 1-10.
- 11) 田内森三郎 (1949): 水産物理学. 朝倉書店(東京).
- 12) 推野秀雄 (1972): 日本産魚類の英名のリストならびに新名の提案について. 志摩マリンランド研究報告, No. 1, 1-210.

## メバチに関する水産海洋学的研究—I\*

東部熱帯太平洋におけるマグロはえなわの漁獲深度

花 本 栄 二\*\*

## Fishery Oceanography of Bigeye Tuna—I

### Depth of Capture by Tuna Longline Gear in the Eastern Tropical Pacific Ocean

Eiji HANAMOTO

**Abstract:** The hook depths of tuna longline gear and the depths of capture of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) are discussed in this report. The hook depths were determined with a depth meter and the depths of capture were derived from data on catches made on various hooks on the longline gear. Five hooks are generally fished on each unit (basket) of longline gear and these are serially numbered 1 through 5. The mainline, due to its weight, hangs in a curve approaching a catenary, and the first and fifth hooks in each unit are the shallowest, the third is the deepest. The data for this study were obtained from tuna longline operations in the eastern tropical Pacific, and the results were as follows:

1. Hook depths varied among subareas in the eastern tropical Pacific Ocean. However, with the exception of the subarea between Lat. 3°N and 3°S, the depths of hook Nos. 1 and 5 ranged between 60 and 90 m, hook Nos. 2 and 4 between 90 and 140 m, and hook No. 3 between 100 and 160 m. In the subarea between Lat. 9°S and 13°S, the data indicated that the mainline formed a catenary.

2. In the subarea between Lat. 3°N and 3°S, hook No. 1 ranged in depth between 60 and 90 m but hook Nos. 2, 3, and 4 fished considerably shallower than in other areas. Hook No. 3 ranged in depth from 60 to 90 m and also between 100 and 150 m, and hook Nos. 2 and 4 ranged between 70 and 80 m, and also between 90 and 110 m. Furthermore, in 65% of the baskets on which a depth meter had been attached, it was found that the depths of hook Nos. 2, 3, and 4 were comparable to the depths of hook Nos. 1 and 5.

3. The highest proportion of the bigeye tuna catch was made on hook No. 3. The catches on hook No. 3 averaged around 30% in all subareas. Furthermore, the catches made on hook Nos. 2, 3, and 4 amounted to 80% of the total. In the subarea between Lat. 3°N and 3°S, Long. 130° and 90°W, hooks 2 and 3 took about the same proportion of the bigeye tuna, about 25% each.

4. The shallow hook depths in the subarea between Lat. 3°N and 3°S were believed to be due to the influence of the Equatorial Undercurrent.

5. Based on depth-meter readings and the proportion of catches made on various hooks, it was estimated that the depth of capture of bigeye tuna was as follows:

Subarea 3°-9°N:	90-140 m	Subarea 3°N-3°S:	50-150 m
Subarea 3°-9°S:	110-160 m	Subarea 9°-13°S:	120-160 m

\* 1974年7月10日受理  
神奈川県水産試験場業績

\*\* 神奈川県水産試験場 Kanagawa Prefectural  
Fisheries Experimental Station, Misaki, Miura-  
shi, Kanagawa-ken, 238-02 Japan

should be cautioned here that these depths should not be confused with the swimming layer of bigeye tuna since these values were based only on longline catch data.

6. Judging from data obtained from tuna longline, vertical tuna longline, and fish-finder records, it seems that the swimming layer of bigeye tuna is deeper than the depth of capture indicated by the tuna longline records.

## 1. はじめに

日本のマグロはえなわ漁業は、1955年に 130°W 以東の東部熱帯太平洋に進出し、メバチを対象とした操業を始めた。現在では肉質の良いメバチを追って、その漁場はペルー沖の 40°S に達している。1971 年の資料によると、130°W 以東の海域では、年間約 2 万回の操業（釣数約 4,000 万本）が行われ、約 27 万尾のメバチが漁獲されている（水産庁調査研究部、1973）<sup>1)</sup>。

本研究の目的は、この重要なメバチ漁場の海洋環境及び漁獲状態等の特性を明らかにし、操業上の参考にすることである。その一環として、メバチの水平分布とともに鉛直分布を知る必要がある。そこで、東部熱帯太平洋のメバチ漁場におけるはえなわの釣の深さ及び漁獲状態の資料を解析したので報告する。

本文に入るに先立ち、三重大学水産学部山口裕一郎博士に厚く御礼申し上げる。同博士が貸与された大勢丸の枝縄別漁獲尾数の資料は、それなしには本研究が成立たなかった基礎資料である。本報告を執筆する段階に入っては遠洋水産研究所の方々の御援助を頂いた。同所の林繁一博士、奈須敬二博士には終始懇切なる御指導、御助言を頂き、久田幸一技官には御討議を頂いた。また、上柳昭治博士、須田明博士、久米漸技官は原稿を校閲された。アメリカ南西漁業センター、ホノルル研究所、Mr. Howard O. YOSHIDA, Mr. Tamio OTSU からは英文要約を吟味して頂いた。これらの方々に感謝の意を表する次第である。

## 2. 資料及び方法

数多い操業において、各釣の到達深度を求めることは容易ではない。しかし、はえなわでは Fig. 1 に示すように枝縄が 5 本付の場合、中央にあたる第 3 番目の釣が最も深く、浮子に近い第 1, 5 番目の釣が最も浅くなることが知られているため、

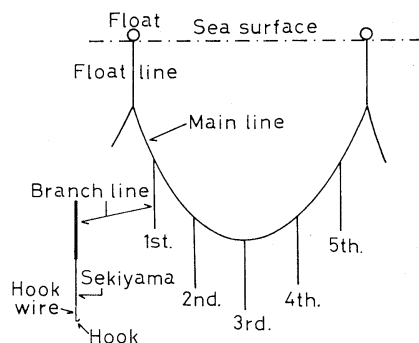


Fig. 1. Schematic diagram of tuna longline gear.

(1) 漁研型深さ計（以下本文では深さ計と呼ぶ）による第 1~5 番目の釣の実測深度。(2) 枝縄別の釣の漁獲状態を比較することにより、メバチの鉛直分布を間接的に推定した。なお、本文で使用した釣の番号は各鉢ごとに最初に揚げられた釣を 1 番、最後のそれを 5 番としたものである。

### 1. 釣の到達深度

吉原 (1951)<sup>2)</sup> は水中における幹縄の形状が懸垂曲線を描くものと仮定して、釣の深さを求める計算式を次のように示した。すなわち、釣の深さ  $D$  (m) は、

$$D = h_a + h_b + l \left\{ \sqrt{1 + \cot^2 \varphi_0} - \sqrt{\left(1 - 2\frac{j}{n}\right)^2 + \cot^2 \varphi_0} \right\}$$

ただし、 $h_a$  は枝縄の長さ、 $h_b$  は浮子縄の長さ、 $l$  は 1 鉢の幹縄の総長の 1/2 の長さ、 $n$  は 1 鉢における幹縄の長さの数（枝縄の本数+1）、 $j$  は  $j$  番目の枝縄、 $\varphi_0$  は幹縄の支点（浮子縄と幹縄の連結点）における切線が  $x$  軸となす角度である。しかし、 $\varphi_0$  は測定可能であるが海上での測定は困難が伴うため、はえなわの短縮率 ( $K$ : 幹縄の長さに対する浮子間の長さの比、すなわち、(船速)×(投縄所要時間)÷[(1 鉢の長さ)×(鉢数)] で求まる) を用い、次式により求められている。

Table 1. Construction details and calculated depths of hooks on the tuna longline gear used by *Taisei Maru* on cruises 13, 15, and 17-26.

Cruise No.	Length and No. used for one basket					Calculated depths of hooks		
	Float line	Main line	Branch line	Sekiyama	Hook wire	1st or 5th	2nd or 4th	3rd
13th, 15th	20m	50×6	11m×5	8m×5	2.5m×5	87.8m	128.8m	149.5m
17th, 18th	24	50×6	11×5	8×5	2.2×5	91.5	132.5	153.2
19th-23rd	24	50×6	12×5	8×5	2.2×5	92.5	133.5	154.2
24th-26th	22.5	50×6	11.5×5	8×5	2.1×5	90.4	131.4	152.1

$$K = \cot \varphi_0 \sinh^{-1} \tan \varphi_0$$

上記の計算に必要なパラメーターのうち、大勢丸(三重県水産試験場)の各航海におけるはえなわの漁具構成は航海により若干異なっている(Table 1)。一方、同じくこの計算に必要なパラメーターの一部であるはえなわの短縮率は、大勢丸の第19, 21~23次航海の場合平均 0.60 である(藤井ら, 1971)<sup>3)</sup>。また、漁船は一般に、400 鉢の投縄に 10 ノットの船速で 4 時間を要しており、この場合の短縮率は 0.62 となる。そこで、本報では短縮率を 0.6 とした。これらの数値を吉原の式に代入し、大勢丸各航海における枝縄別の鈎の計算深度を求めた(Table 1)。Table 1 によれば、鈎の深度は 1, 5 番で 90 m 前後, 2, 4 番で 130 m 前後, 3 番で 150 m 前後となり、各鈎番号における深さの変動は比較的小さく、航海ごとに変る漁具構成上の微少な変化の影響はほとんど受けていないものと考えられる。

しかし、葉室ら(1958)<sup>4)</sup>は、深さ計による鈎の実測深度が懸垂曲線による計算深度に比較して浅いことを報告している。藤井ら(1971)<sup>3)</sup>は東部太平洋において、大勢丸により得られた深さ計による鈎の実測深度の資料を発表している。この資料は 1964 年 6~9 月(第 19 次航海), 1965 年 12 月~1966 年 1 月(第 21 次航海), 1966 年 5~9 月(第 22 次航海), 及び 1967 年 1~4 月(第 23 次航海)に調査された結果である。なお、本調査における深さ計の取付け位置はセキヤマ(Fig. 1 参照)の下に結着したものであり、これらの航海で用いたはえなわの漁具構成は Table 1 に示した通りである。本報ではこの資料を用い、下記に示す海域別に、投縄後はえなわが安定した時点における鈎

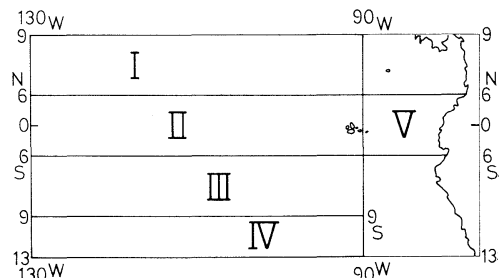


Fig. 2. The subareas selected for examination of hook depths of tuna longline gear in the eastern tropical Pacific Ocean.

の枝縄番号別深さを検討した。

予備調査によれば、鈎の深さは枝縄の番号のみでなく、海域による変化も認められるようである。そこで、資料の分布から便宜的に 130°W~90°W における海域をほぼ 6° 間隔で 9°N~3°N (Subarea I), 3°N~3°S (Subarea II), 3°S~9°S (Subarea III), 9°S~13°S (Subarea IV), また、90°W 以東で資料が得られた 3°N~3°S (Subarea V) の 5 海域を設定した(Fig. 2)。これら 5 海域のうち 3°N~3°S の海域は赤道潜流の卓越が海洋学的特徴となっている。

水温躍層と鈎の到達深度との関係を考察するため、海水が完全なる静止状態の場合に期待される深さ、つまり吉原(1951)<sup>2)</sup>による計算深度に対する実測深度の比、すなわち、[(実測深度)÷(計算深度)]×100% を沈降率(S)として検討した。なお、はえなわは S=100% の時、懸垂曲線と等しく、S<100% の時は懸垂曲線より浅くなる。

投縄時の船速は必ずしも一定ではなく、更に海象、気象等の影響にも起因して、鈎が正常に設置されない結果を招き、S>100% の場合も生じた。

逆に沈降率が極めて小さく、鉤が正常に投入されたと思えない程浅い層に留まった結果も得られた。これらの異常状態に関する要因究明には非常に困難が伴うため、本報ではその論議の対象から除外した。

## 2. 枝縄別にみた漁獲割合

大勢丸は東部太平洋における第13次航海(1961年7~10月), 第15次航海(1962年5~9月)及び第17~27次航海(1963年5月~1970年4月)において枝縄別の漁獲尾数を記録している。それらの値を前述した五つの海域別に集計し、枝縄別漁獲尾数の総数に対する割合(以下枝縄別漁獲割合と呼び、百分率で示す)を求めた。計算に当り、既に述べたように、各航海別のはえなわの漁具構成は若干異なるが、鉤の計算深度における差は非常に小さいため、各航海における各鉤の深さは一定であるものとした。

## 3. 結果

枝縄別による鉤の実測深度及びメバチの漁獲割合を海域別に集計すると次項の通りである。

### 1. 鉤の実測到達深度

5海域にわたる全資料を集計した枝縄別の鉤の

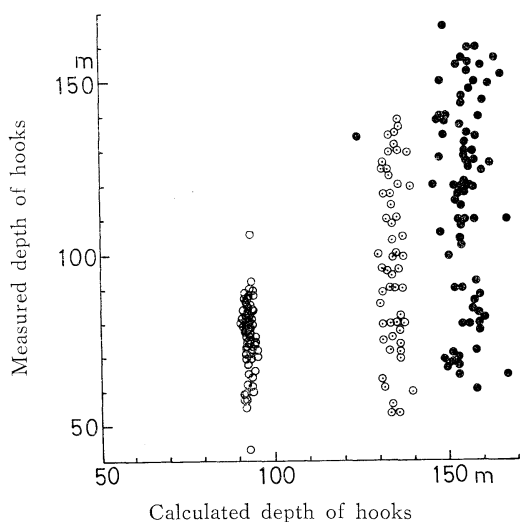


Fig. 3. Relationship between calculated and measured depths of hooks.

- : Hook Nos. 1 and 5,
- ◐: Hook Nos. 2 and 4,
- : Hook No. 3

実測到達深度(以下実測深度)と計算深度との対応関係を Fig. 3 に示した。同図によれば、計算深度の変動範囲は小さいが、実測深度のそれは大きい。すなわち、鉤の実測深度範囲は、1, 5番で 55~95 m, 2, 4番で 55~140 m, 3番で 60~170 m にわたっている。そこで、枝縄別の鉤の実測深度分布を海域別に Fig. 4 に示した。資料数は必ずしも充分ではないが、次のような傾向が得られた。

1) 1, 5番の鉤の実測深度は 60~90 m にあり、 $9^{\circ}\text{S} \sim 13^{\circ}\text{S}$ ,  $130^{\circ}\text{W} \sim 90^{\circ}\text{W}$  の海域 (Subarea IV) を除いては海域間の差は認められない。しかし、同一海域内における差は大きい。なお、Subarea IV における実測深度は 80~90 m, そして沈降率は 100% に近い値を示している。

2) 2, 4番の鉤も海域により実測深度の相違が認められる。 $3^{\circ}\text{S}$  以南における 2, 4番の鉤は、1, 5番の鉤に比較して深く、110~140 m を示し、比較的計算深度に近い。赤道を中心とした  $3^{\circ}\text{N} \sim 3^{\circ}\text{S}$ ,  $130^{\circ}\text{W} \sim 90^{\circ}\text{W}$  (Subarea II) の海域においては、実測深度範囲は大きく、50~130 m となっているが、この範囲内では二つのモードが 70~

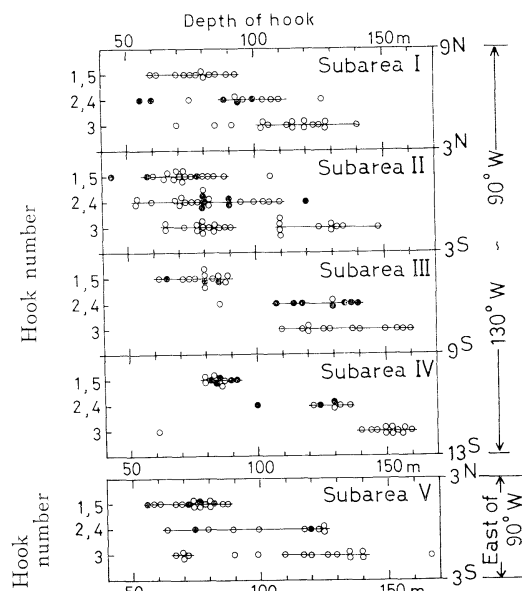


Fig. 4. Measured depths of hooks shown by area (based on FUJII *et al.*, 1971).

- : Hook Nos. 1 or 2

30 m, 及び 90~110 m にみられ, 他の海域に比較して浅く, 得られた実測深度の 50% 以上が 1, 5 番の鈎と同じ深さになっている。3°N~9°N (Subarea I) においては 60~130 m にあり, その大部分は Subarea II における深い方のモード, すなわち, 90~110 m の深さに達している。

3) 同様な海域による変化は 3 番の鈎においても認められる。すなわち, 3°N~3°S, 130°W~90°W (Subarea II) における 3 番の鈎の実測深度は 60~150 m の範囲に存在しており, これらの深度は 2, 4 番の鈎と同様, 二つのモードが 60~90 m, 及び 110~150 m に認められる。この深度範囲における浅い方のモードは計算深度に比較してかなり小さく, 2, 4 番の浅い方のモード, 及び 1, 5 番の鈎の深さとほぼ同様な値となっている。しかし, 同じ 3°N~3°S 間においても 90°W 以東の海域 (Subarea V) では 100 m 以深に達する例が多い。3°N~9°N (Subarea I) における実測深度は赤道海域同様 70~140 m にわたるが, 得られた値の多くは 100~140 m の範囲にある。3°S 以南では高緯度へ至るに従って深くなる傾向があり, 9°S~13°S (Subarea IV) の 1 例 (約 60 m)

を除くと, 鈎の実測深度の変動幅は小さく, 3°S~9°S (Subarea III) では 110~160 m, 9°S~13°S (Subarea IV) では 140~160 m を示し, 同一海域の 2, 4 番の鈎より深く入っている。

このように, 3°N~3°S の海域における鈎の深さの変動は大きく, 特に 2, 3, 4 番の鈎が浅く設置される傾向が認められる。その他の海域では鈎の深さの変動範囲は比較的小さい。特に, 9°S~13°S (Subarea IV) では実測深度と計算深度の差が小さく, 多くの場合, はえなわは懸垂曲線状を呈しているものと考えられる。これらの結果から, 海域別, 枝縄別の鈎の深さを Table 2 にまとめた。

## 2. 枝縄別漁獲割合

各海域における枝縄別漁獲割合を示した Table 3 によれば, メバチの枝縄別漁獲割合は海域により若干異なるが, いずれの海域においても 3 番の鈎で最も大きく, その割合は約 30~34% に達し, 以下 2, 4, 1, 5 番の順に低下している。そして, 2, 3, 4 番の鈎による漁獲が全漁獲の 75~85% を占めている。しかし, 3°N~3°S, 130°W~90°W (Subarea II) では 3 番の鈎の漁獲割合が小さく

Table 2. The measured depths of hooks on the tuna longline gear in five eastern tropical Pacific subareas.

Subarea	Serial number of branch lines			
	1st or 5th	2nd or 4th	3rd	
130°W-90°W	3°N-9°N (I)	60-90m	90-110m	100-140m
	3°N-3°S (II)	55-80	50-120	60-150
	3°S-9°S (III)	60-90	110-140	110-160
	9°S-13°S (IV)	80-90	120-140	140-160
East of 90°W	3°N-3°S (V)	50-90	60-130	70-140

Table 3. The proportion of bigeye tuna catches on the various hooks of the tuna longline gear in the various subareas of the eastern tropical Pacific.

Subarea	Serial number of branch line					No. of fish caught	No. of hooks	
	1st	2nd	3rd	4th	5th			
130°W-90°W	3°N-9°N (I)	14.1%	25.6%	29.3%	20.2%	10.8%	4,217	105,451
	3°N-3°S (II)	16.4	24.6	25.8	20.9	12.4	5,786	112,570
	3°S-9°S (III)	11.2	29.0	34.4	20.0	5.3	1,704	38,601
	9°S-13°S (IV)	10.7	25.3	33.8	23.6	6.5	475	32,153
East of 90°W	3°N-3°S (V)	12.0	26.2	31.9	22.5	7.3	1,349	36,431



(25.8%), 2番の鈎とほぼ同じ値(24.6%)を呈している。一方、同じ $3^{\circ}\text{N}\sim 3^{\circ}\text{S}$ においても、 $90^{\circ}\text{W}$  以東 (Subarea V) では3番の鈎の漁獲割合が最も大きい。2番と3番の鈎の漁獲尾数が等しいという帰無仮説に対する $\chi^2$ の値は $3^{\circ}\text{N}\sim 3^{\circ}\text{S}$ ,  $130^{\circ}\text{W}\sim 90^{\circ}\text{W}$  (Subarea II) では1.66 ( $\chi_a^2=3.841(1, 0.05)$ ), その他の海域では6.19~11.06 であって、二つの鈎の漁獲尾数間の差の海域による違いは統計的にも裏付けられる。

### 3. 沈降率と水温躍層

Fig. 5 に水温躍層上限の深さと3番枝縄の沈降率との関係を示した。同図によれば、水温躍層上限の深さが90m 以深のところでは沈降率が大きく、また、その変動幅も小さい。一方、水温躍層上限の深さが浅い場合には沈降率は概して小さい。しかし、その変動幅は大きくなっている。この場合、沈降率の小さい値(資料が得られた station)は主として $3^{\circ}\text{N}\sim 3^{\circ}\text{S}$ の海域でみられ、この海域以外では水温躍層上限の深さが浅い場合においても沈降率は大きく、通例70%以上の値を呈している。このように、沈降率の小さい現象、すなわち、鈎の浅くなる現象は主として $3^{\circ}\text{N}\sim 3^{\circ}\text{S}$ の海

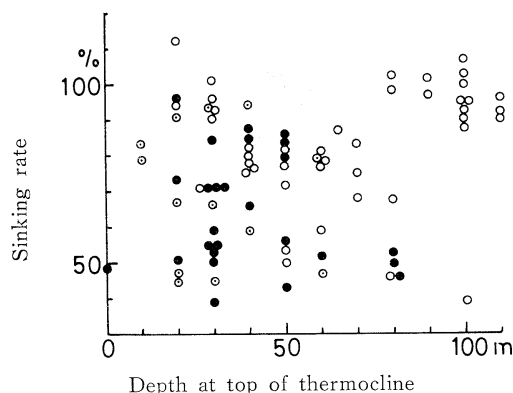


Fig. 5. Relation between depth at the top of the thermocline and sinking rate of hook No. 3. The hook depths were measured after the longline gear was stabilized after setting. The sinking rate is the ratio of observed depth to the calculated value based on Yoshihara's (1951) formula.

- :  $3^{\circ}\text{N}\sim 3^{\circ}\text{S}$ ,  $130^{\circ}\text{W}\sim 90^{\circ}\text{W}$
- ◎:  $3^{\circ}\text{N}\sim 3^{\circ}\text{S}$ , East of  $90^{\circ}\text{W}$
- :  $3^{\circ}\text{N}\sim 9^{\circ}\text{N}$ , }  $130^{\circ}\text{W}\sim 90^{\circ}\text{W}$
- :  $3^{\circ}\text{S}\sim 13^{\circ}\text{S}$ , }

域においてのみ認められ、水温躍層の深さとは特に関係ないようである。

### 4. 考 察

東部熱帯太平洋の $3^{\circ}\text{N}\sim 3^{\circ}\text{S}$ におけるはえなわの鈎の実測深度と計算深度の差は大きく、しかも沈降率の変動幅も大きい。この現象は、はえなわが水中で懸垂曲線を描くとは限らないという葉室ら(1958)<sup>4)</sup>の推論を実証している。しかし、 $3^{\circ}\text{N}\sim 3^{\circ}\text{S}$ を除く海域、特に $9^{\circ}\text{S}$ 以南においては実測深度と計算深度の差は小さく、更に、その差の変動幅も小さく、また安定し、SAITO (1973)<sup>5)</sup>がフィジー諸島西方海域で得た結果と一致している。

葉室ら(1958)<sup>4)</sup>は沈降率の変動要因として風波、海流等を想定しているが、東部熱帯太平洋の $3^{\circ}\text{N}\sim 3^{\circ}\text{S}$ の海域において沈降率が小さく、かつその変動が大きい現象も流動に起因していることが考えられる。

赤道付近を中心として東西へ延びる帯状の海域には表層下において南北 $2^{\circ}$ の範囲にわたり表層の流向とは逆に東行する赤道潜流が存在し、その最大流速の深さは $140^{\circ}\text{W}$ において得られた100m 深(流速100 cm/sec)から $96^{\circ}\text{W}$ 付近(50m, 80 cm/sec)まで東へ行くに従って浅くなっている。しかし、 $96^{\circ}\text{W}$ 付近から東におけるその深度は再び深くなり、同時に最大流速も減少している。そして、ガラパゴス諸島の東では200m 深に達しており、その最大流速は20 cm/sec程度に減少し、更に赤道潜流の位置は北へ移動している(KNAUSS, 1966)<sup>6)</sup>。

もし、このような潜流域へはえなわが投入されるならば、須田ら(1969)<sup>7)</sup>が述べている様に、その下方の部分は表層流とは逆の潜流の影響を直接受け、はえなわの鈎の深さは浅くなることが考えられる。

深さ計の実測によれば、赤道潜流が認められる赤道海域の $3^{\circ}\text{N}\sim 3^{\circ}\text{S}$ ,  $130^{\circ}\text{W}\sim 90^{\circ}\text{W}$  (Subarea II)の海域では、3番の鈎の沈降率が特に小さく、更に、2, 4番の鈎も浅くなっている。そして、これら枝縄の中央部分に相当する3本の鈎の深さ

は、深さ計により得られた実測資料のうち、その約 65% が、1, 5 番の鈎の深さに相当する 90 m 以浅となっている。また、この海域における 2 番と 3 番の鈎の漁獲割合は、他の海域と異なりほぼ同じ値が得られている。この現象を生じた要因として、(1) 須田ら (1969)<sup>7)</sup> が東部熱帯太平洋の 120°W~100°W の海域において赤道潜流の発達する時期に鈎獲率が高くなることから、水温躍層が形成される 50 m 深前後に魚群が存在することを示唆しているように、魚群が浅く、メバチの鉛直分布密度が 2 番と 3 番の鈎の深さで同じであるか、(2) 3 番の鈎の深度が他の海域に比較して浅く、2 番の鈎と同じ深さに設置されたという二通りの想定が成立する。深さ計の記録は 2 番と 3 番の鈎がほぼ同じ深さに設置されていることを示しており、(2) の場合が起こり得る可能性が充分考えられる。一方、同じ 3°N~3°S の海域においても、90°W 以東の海域では 90°W 以西に比較して、3 番の鈎が 100 m 以深に設置される割合が、100 m 以浅に設置される割合に比較して大きく、また、2 番の鈎に比較して 3 番の鈎の漁獲割合が大きい。90°W 以東では赤道潜流が 90°W 以西に比較して深く、最大流速の深さは 200 m 深となり、流速も小さくなっているため、鈎が赤道潜流内に設置される機会は少なく、例えそのような状態の場合においても赤道潜流に起因して浅くなる場合が少なくなったためと考えられる。

このように、赤道海域においても赤道潜流が卓越している 90°W 以西の赤道海域では、概して鈎の実測深度が浅く、2, 3 番の鈎の漁獲割合はほぼ同じ値を示し、そして、赤道潜流が深くなる 90°W 以東では鈎の深く入る割合が増大し、3 番の鈎の漁獲割合が大きくなっている。また、赤道潜流の存在しない 3°N 以北、3°S 以南の海域における鈎は計算深度に近い深さに達し易く、3 番の鈎で最も漁獲割合が大きい。従って、赤道海域においてはえなわが浅くなる現象は、赤道潜流の影響に起因しているものと考えられる。

メバチの鉛直分布については、従来から他の魚種に比較して深いと言われており、渡辺(博) (1961)<sup>8)</sup> は深度計の記録から、漁獲深度はキハダ

に比較して深く、80~100 m と報告している。また、渡辺(久) (1958)<sup>9)</sup> も餌料生物組成の相違から、メバチの分布深度はキハダに比較して深いと推論している。

枝縄別漁獲割合は各海域とも、2, 3, 4 番の鈎で全漁獲の約 80% に達しているため、これらの鈎の深さを漁獲深度として用いることが可能であろう。従って、深さ計から得られた 2, 3, 4 番の鈎の深さは漁獲深度とみなされる。そこで、これらの鈎の深さから推定される海域別漁獲深度は、

130°W~90°W, 3°N~9°N : 90~140 m

130°W 以東, 3°N~3°S : 50~150 m

130°W~90°W, 3°S~9°S : 110~160 m

130°W~90°W, 9°S~13°S : 120~160 m

というように推定され、渡辺(博) (1961)<sup>8)</sup> の報告より深い。しかし、これらの数値は、はえなわによる資料から得られた結果であり、はえなわの鈎の深さ以浅及び以深の分布については不明であるので、これらの数値をそのままメバチの遊泳層と断定するのは不可能である。従って、この漁獲深度は真の遊泳層とは区別しなければならない。

枝縄別漁獲割合は、いずれの海域においても一番深く入っている 3 番の鈎で最も大きく、かような現象は既に渡辺(博) (1961)<sup>8)</sup> も報告している。また、東部熱帯太平洋における相模丸の試験結果では、1 鉢 5 本付の操業より鈎が深く設置される 7 本付の操業の方が漁獲性能が良い (上条, 1963)<sup>10)</sup>。更に、はえなわに深さ計を取り付けた大勢丸の第 21 次、第 22 次航海の資料を調べると、3 番の鈎が 100 m に達しなかった時の鈎獲率はそれ以深に設置された時の鈎獲率よりも低く (Table 4)、その差は 5% 以下の危険率で有意であった。

魚探調査によれば、マグロ類は西部太平洋 (俵ら, 1968)<sup>11)</sup> 及びインド洋 (藤石ら, 1969)<sup>12)</sup> では 150~180 m の範囲に最も多く出現し、中部太平洋のメバチ漁場では 150~200 m、またはそれ以深に多く (SHIBATA *et al.*, 1969)<sup>13)</sup>、150°W 以東のメバチ漁場では 30~400 m に出現している (行縄ら, 1972)<sup>14)</sup>。

たてなわによる漁獲試験によれば、フィジー諸島西海域におけるビンナガの最大漁獲層は 200

Table 4. The average catch rate (catch per 100 hooks) of bigeye tuna compared between sets when hook No. 3 fished deeper and shallower than 100 m.

	21st Cruise		22nd Cruise	
	Deeper than 100m	Shallower than 100m	Deeper than 100m	Shallower than 100m
Area	3°N-3°S 82°W-86°W	3°N-3°S 82°W-86°W	1°N-3°N 98°W-100°W	0°-3°N 98°-100°W
Date	Dec. 8-Dec. 28, 1966	Dec. 10, 1965- Jan. 3, 1966	June 9-June 18, 1966	May 14-Aug. 10, 1966
No. of hooks	12,400	12,355	8,050	27,300
Catch in number	192	53	235	384
Catch rate (%)	1.55	0.43	2.92	1.41

~260 m において得られている (SAITO, 1973)<sup>5)</sup>。

このように、これらの漁場におけるメバチ、ピンナガ等の遊泳深度は、通例のはえなわの鈎の到達深度に比較して深い傾向がある。従って、従来のはえなわの鈎の深さに深における漁獲状態の調査・研究は有意義であろう。

もちろん、東部太平洋のキハダ漁場 (本間, 1974)<sup>15)</sup>、サンゴ海の 10~11 月におけるキハダ、メバチの手釣り漁場 (花本, 1966<sup>16)</sup>; 久田, 1973<sup>17)</sup>) のようにマグロ類は表層において漁獲される場合もある。しかし、上述の結果から推論すると、東部熱帯太平洋においては、はえなわの鈎の深さに深にメバチが分布している可能性が充分考えられ、現在のはえなわが必ずしも遊泳層に設置されているとは限らない。従って、漁獲効率の向上及び資源診断における精度向上の諸点からもはえなわのみでなく、魚群探知機及びたてなわなどを用いたマグロ類の鉛直分布密度に関する調査・研究が必要であろう。もちろん、漁獲試験のさいには、鈎の到達深度の実測が必要である。これとは別にメバチ漁場において、はえなわの鈎の深さに影響を及ぼす赤道潜流について、その季節変化を含めた詳細な実態究明が必要であろう。

## 5. 要 約

漁研型深さ計による鈎の実測深度及び枝縄別漁獲割合から、東部熱帯太平洋におけるはえなわの深さ及び漁獲状態を検討した。その結果は次のように要約される。

1. はえなわの鈎の深さは海域により異なるが、3°N~3°S の海域を除くと、1, 5 番の鈎は 60

~90 m, 2, 4 番の鈎は 90~140 m, 3 番の鈎は 100~160 m である。9°S~13°S の海域では各鈎とも計算深度に近く、はえなわは懸垂曲線を描いているものと思われる。

2. 3°N~3°S の海域では 1, 5 番の鈎は 60~90 m の範囲にある。2, 3, 4 番の鈎は浅く設置され、2, 4 番の鈎は主に 70~80 m と 90~110 m, 3 番の鈎は 60~90 m と 100~150 m のそれぞれ 2 箇所で見られ、これら 2, 3, 4 番の鈎の深さは、調査した約 65% が 1, 5 番の鈎と同じ深さになっている。

3. 枝縄別漁獲割合は各海域とも 3 番の鈎で最も大きく約 30% を占め、2, 3, 4 番の鈎で全体の約 80% を占めている。ただし、3°N~3°S, 130°W~90°W の海域では、2, 3 番の鈎の漁獲割合は同じである。

4. 3°N~3°S の赤道海域において鈎が浅くなる現象がみられるが、これは赤道潜流の影響によるものと考えられる。

5. 枝縄別漁獲割合及び深さ計により得られた鈎の深さから、メバチのはえなわにより主として漁獲される深さ (主漁獲層) を推定すると、3°N~9°N では 90~140 m, 3°N~3°S では 50~150 m, 3°S~9°S では 110~160 m, 9°S~13°S では 120~160 m である。ただし、これは、はえなわの資料から得られた数値であるので、真の遊泳層とは区別されねばならない。

6. はえなわ、たてなわの資料及び魚探調査結果から、メバチの遊泳層は、はえなわの漁獲深度よりも更に深層に広がっているようである。

## 文 献

- 1) 水産庁調査研究部 (1973): 昭和46年1月~12月, まぐろはえなわ漁業, 漁場別統計調査結果報告.
- 2) 吉原友吉 (1951): 鮪延縄の漁獲分布 II. 垂直分布. 日水誌, **16**(8), 370-374.
- 3) 藤井一朗, 岡本久生 (1971): マグロ延縄の水中形状とマグロ・カジキ類の釣獲状況について. 昭和44年度, 三重県浜島水試事業報告, 45-103.
- 4) 葉室親正, 石井謙治 (1958): 自記式鮪延縄用深さ計による鮪延縄漁具の水中における形状その他についての二, 三の考察. 漁船研技報, (11), 39-119.
- 5) SAITO, S. (1973): Studies on fishing of albacore, *Thunnus alalunga* (BONNATEREE) by experimental deep-sea tuna long-line. Mem. Fac. Fish., Hokkaido Univ., **21**(2), 107-185.
- 6) KNAUSS, J. A. (1966): Further measurements and observations on the Cromwell Current. J. Mar. Res., **24**(2), 205-240.
- 7) 須田 明, 久米 漸, 塩浜利夫 (1969): インド太平洋のメバチのはえなわ漁場形成と生活領域に関する一解釈. 遠洋水研報, (1), 99-114.
- 8) 渡辺博之 (1961): マグロ類の餌付層に関する研究. 神水試資料, (4), 1-11.
- 9) 渡辺久也 (1958): 西部太平洋赤道海域におけるキハダとメバチの食餌組成の相違について. 南水研報告, (7), 72-81.
- 10) 上条清光 (1963): 相模丸マグロ延縄漁業試験調査報告 (第12次航海). 神水試資料, (9), 18-28.
- 11) 俵 悟, 桜井五郎, 藤石昭生, 大村千之 (1968): 魚群探知機による西部太平洋マグロ漁場における漁場調査について—I. 超音波散乱層とマグロ魚群の記録について. 水大校研報, **16**(2, 3), 72-80.
- 12) 藤石昭生, 俵 悟, 広瀬 誠 (1969): 印度洋マグロ漁場における魚群探知機による調査結果. 水大校研報, **18**(1), 18-25.
- 13) SHIBATA, K. and M. NISHIMURA (1969): Analysis of fish-finder records—VIII. Classification and interpretation of each trace on the tuna fishing ground. Bull. Fac. Fish., Nagasaki Univ., (28), 43-67.
- 14) 行縄茂理, 山中 一, 森田二郎 (1972): 魚群探知器によるマグロ類の遊泳層と海洋構造. マグロ漁業研究協議会資料 46-9, 遠洋水研海洋部, 21-31.
- 15) 本間 操 (1974): 太平洋のキハダ資源評価. 昭和48年度マグロ漁業研究協議会議事録, 193-210.
- 16) 花本栄二 (1966): サンゴ海西部海域の手釣りについて. 鮪漁業, (46, 47), 33.
- 17) 久田幸一 (1973): サンゴ海北西部における手釣り漁場の形成と同水域で漁獲されるキハダ・メバチについての生物学的考察. 遠洋水研報, (8), 35-69.

## Deep-Sea Fans off the Shimokita Peninsula, Northeast Japan\*

Takahiro SATO\*\* and Misao SAKURAI\*\*

**Abstract:** A group of the deep-sea fans, buried canyons and submarine canyons were discovered on the deep-sea plain and the continental slope off the Shimokita Peninsula, Northeast Japan.

The deep-sea fans are composed of acoustically opaque layers with fan-shaped distribution which might be transported through the submarine canyons and buried canyons. The deep-sea fan deposits interfinger to the sediments consisting deep-sea plain. There is no unconformity indicating subaerial erosion in these sediments. It means that the submarine canyons and buried canyons might be formed by subaqueous process of which the authors preferred the erosion of turbidity current.

The formation of deep-sea fans may range from late Miocene to Recent in age. They considered that these deep-sea fan deposits may be acoustical turbidites.

### 1. Introduction

Since 1967, the Hydrographic Department, Maritime Safety Agency, Japan has carried out the surveys of the "Basic Map of the Sea" Project for continental margin around Japanese Islands. The synthetic sea bottom surveys southward off Hokkaido and eastwards off Northeast Honshu were done in 1972, as a part of the project. The authors found such interesting features as deep-sea plains, deep-sea fans, submarine canyons and buried canyons of which they researched the origins and the ages of formations of these features. The division of strata and shapes of sediments are considered from the viewpoint of acoustical records so that there is a problem concerning to the correlation to the strata on land. However, they summarized the result of research on acoustical records and suggested some ideas. The authors are anticipating further studies on the bottom sediments for the test of these ideas.

Following previous works are known in this area; IWABUCHI (1967), and SATO (1973) concerning the general distribution of deep-sea

plains, UTASHIRO and SATO (1968) on the sea bottom survey eastward of the present area, HONZA *et al.* (1971) on the submarine geology of Tsugaru Straits and its environs, MURAUCHI *et al.* (1973) on the submarine geophysical surveys around Hokkaido, and so on.

In the present survey, general direction of tracks is E-W and the interval of tracks is 2 miles. Decca navigation system and Loran A for positioning, precision echo sounder NS-39 for sounding, and continuous seismic profiler of air-gun type are used on the surveying vessel *Shoyo* of Hydrographic Department.

### 2. Description of submarine topography and geology

#### 1. Topography

The continental shelf off the Sanriku District, Northeast Japan is fairly broad but it becomes narrow off the Shimokita Peninsula. The inclination of the upper continental slope† is gentle off the wide continental shelf area and steep off the Shimokita Peninsula with narrow shelf (Fig. 1).

The foot of the upper continental slope is deep-sea plain which is especially well developed off Hachinohe to Cape Erimo. Southwest corner

\* Received July 20, 1974

This is a brief summary of report written in Japanese and published on J. Geol. Soc. Japan.

\*\* Hydrographic Department, Maritime Safety Agency, Tsukiji, Chuo-ku, Tokyo, 104 Japan

† The upper continental slope in this area is defined as a part between shelf edge and inner rim of deep-sea plain.

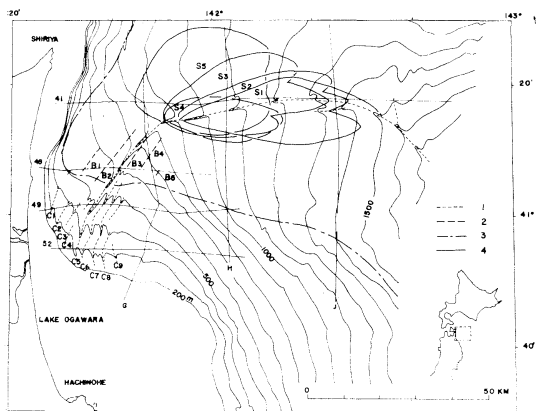


Fig. 1. Deep-sea fans off the Shimokita Peninsula.

1. Submarine canyon, 2. Buried canyon, 3. Inner margin of deep-sea plain, 4. Distribution of deep-sea fans (S1—S5), 41, 46, 49, 52, G, H and J are track lines.

of the deep-sea plain inflates towards Lake Ogawara and Hachinohe, where are developed deep-sea fans, submarine canyons and buried canyons.

2. Subdivision of strata

The sediments are acoustically divided into following five formations; As, Bs, Cs, Ds and Es.

The As Formation is some acoustically opaque sediments with fairly distinct stratification. The Bs Formation is acoustically transparent sediments influenced by gentle dislocation and deformation. The Cs Formation is the alternation of acoustically opaque and transparent layers with distinct stratification. The Ds Formation is remarkable acoustically transparent sediments accompanying with some alternations. The Es Formation is the lowest one which is opaque and sometimes transparent. Each formation is disconformable to underposed formation; namely it abuts or overlaps to lower formation,

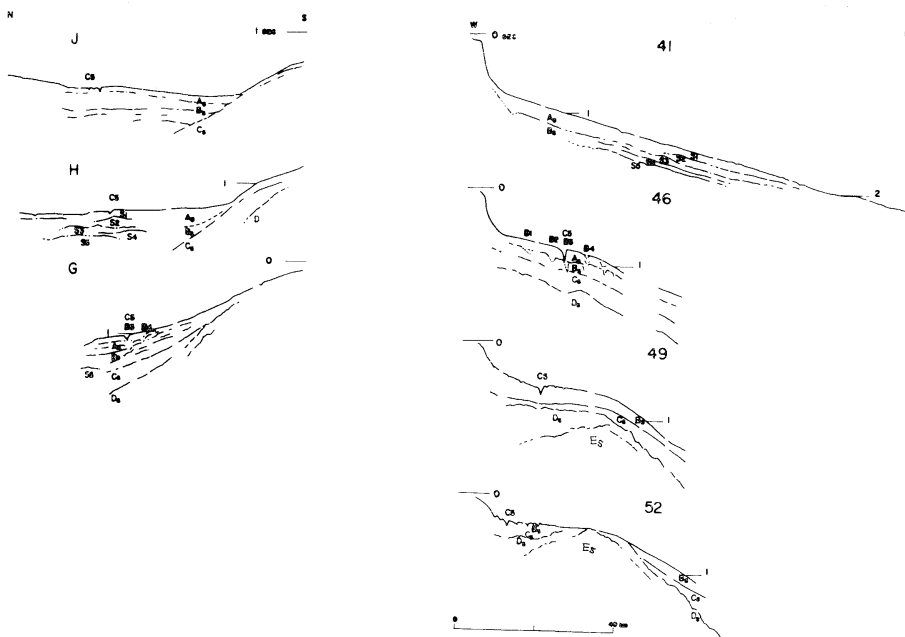


Fig. 2. Subbottom structures based on continuous seismic profiler.

As, Bs, Cs, Ds and Es are names of formations.

B1—B5 are buried canyons.

C5 is the Ogawara Canyon.

S1—S5 are members of the Shimokita-oki Group which are acoustically opaque layers consisting dee-sea fans. Depth scale is two way travel time of sound in second.

the stratification of which is parallel to the boundary. This relation must be distinguished as disconformity different from ordinary unconformity indicating land erosion. The disconformities between Ds and Es, and Bs and Cs are remarkable.

3. Shape and distribution

The Es Formation consisting the acoustical basement of the continental shelf, is superposed by the Ds Formation after a deformation (Fig. 2). The Ds Formation is also folded and composes the upper continental slope. The Cs Formation is ordinarily overlapping the Ds and thinning out at the middle of the upper continental slope, except in the submarine canyons area off the Lake Ogawara where the Cs reaches the upper part of the upper continental slope. The Cs and Ds Formations expose on the continental slope and hide beneath the deep-sea plain where the As and Bs Formations superpose and abut them. The Bs Formation reaches the upper part of the upper continental slope, but it abuts the Cs and is thinning out at the inner rim of the deep-sea plain off Hachinohe. The As Formation covers disconformably the Bs, and is thick beneath deep-sea plain. The drag folding structure after the deposition of the Bs is observed at the foot of continental slope off the Shimokita Peninsula.

3. Deep-sea fans

1. The Shimokita-oki Group

There are more than five layers of acoustically opaque sediments on the records of continuous profiling at the foot of continental slope, each of which has fan-shaped distribution. They show distinct reflection and the boundary to superposed layers is disconformable, namely abutting and overlapping. The authors considered that these reverberant layers are the sediments of deep-sea fans and named them the "Shimokita-oki Group".

The type localities of this Group are acoustical profiling records along E-W track from 41°17'N and 141°45'E to 41°18'N and 142°30'E, and N-S track from 41°28'N and 142°03'E to 41°11'N and 142°03'E, where they appear on the acoustical profiles about 0.4 sec in thickness beneath sea bottom. The reverberant layers

were divided to following members in descending order; S1, S2, S3, S4 and S5.

2. Distribution

Although the margins of members S1 to S5 are not necessarily distinct, the distribution of every members shows fan-shape with its top at west end or elliptical shape with E-W elongation. They interfinger to the As and Bs Formation (Fig. 3).

The S5 member is situated at the lowest part of the Shimokita-oki Group and distributes at the most westward. The isopleth of 0.1 sec\*

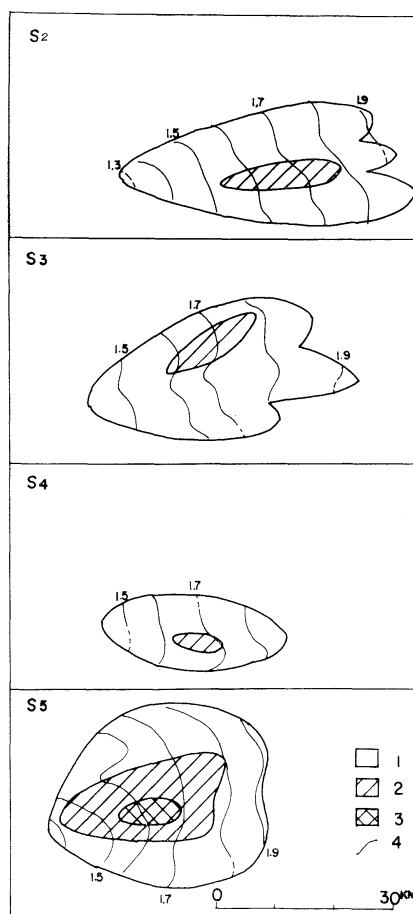


Fig. 3. The isobaths and isopack maps of deep-sea fans.

1. Thickness < 0.05 sec, 2. 0.05 sec < thickness < 0.10 sec, 3. 0.10 sec < thickness < 0.15 sec, 4. Isobath is in second measured below sea level.

\* The depth or thickness was shown as two way travel time of sound in second. So, 1 sec is about 750 m in seawater.

thickness at the center of S5 measures about 0.15 sec.

The S4 member is distributed at about 8-9 km ESE-ward from the S5. The shape of the S4 elongates ESE-WNW direction and the thickness is about 0.1 sec at the center.

The S3 member occupies nearly the same area to the S4. The shape of isopack map elongates to E-W direction and branches three fans on eastward. The maximum thickness is about 0.1 sec, the direction of which is NE-SW.

The S2 member is situated at nearly the same area to the S3 and S4. It is narrower and longer than that of the S3. The maximum thickness measures about 0.1 sec, the isopack map of which elongates to E-W and branches three fans.

The outline of the S1 is obscure except northern boundary. The thickness may be about 0.1 sec at the center of distribution.

The shape of each member is composite fan; it branches towards east. Although it must be considered that the present shape of these fans might be deformed after their deposition, the isobaths representing the surface of fans are fairly concordant to the axes of fans and their branches.

#### 4. Submarine canyons

On the upper continental slope (Area I in Fig. 4) between shelf edge and inner margin of deep-sea plain, there are many small submarine canyons which are parallel to each other with 1-3 km intervals in upper stream 2-4 km in down stream parts. The axes of canyons trend to NE-SW but they change to N-S in the upper stream part. The transverse profiles are V-shaped.

On the deep-sea plain (Area II) and deeper stream part than the edge of deep-sea plain (Area III), small canyons vanish except one long canyon C5 which measures 110 km long and is named Ogawara Submarine Canyon after the Lake Ogawara siting westward of canyon head.

On the western part of deep-sea plain, there are many buried canyons, which will be mentioned in next chapter. The axis of the Ogawara Canyon trends NE-SW direction.

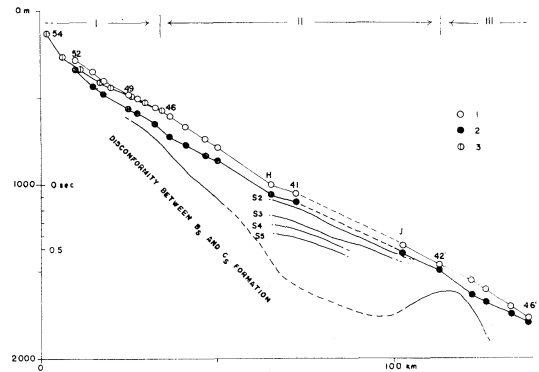


Fig. 4. Longitudinal profiles of submarine canyon.

1. Edge of the wall of the Ogawara Canyon along southern side, 2. Bottom of the Ogawara Canyon, 3. Bottom of the C7 Canyon. S2-S5; deep-sea fans composing the Shimokita-oki Group. Numbers and letters show positions of track lines.

According to the profile along track line No. 49, the sea floor west of the Canyon is considerably deeper than east floor. On the western part of deep sea plain where is distributed deep-sea fans of the Shimokita-oki Group, the Ogawara Canyon changes direction to E-W (or ENE-WSW) and gradually to WNW-ESE. Transverse profile shows also V-shape.

On the deeper part than the edge of deep-sea plain, the Canyon trends to NW-SE and join to another canyon coming from north where is vast deep-sea plain towards Tomakomai, Hokkaido. The transverse profile is synclinal gentle depression and becomes gradually V-shape again in eastward.

Longitudinal profile of the Ogawara Canyon is also divided into three areas before-mentioned. At the boundary points between Areas I and II, and Areas II and III, there are fairly distinct knick points where incision of canyon increase towards down stream side.

Considering subbottom geological structure, at the boundary between Areas I and II, the surface of the Cs Formation becomes abruptly deeper. At the boundary between Areas II and III, there is an anticlinal high of the Cs Formation. Namely the Area II where are



buried canyons and deep-sea fans, is down-warped depression of the Cs Formation.

In Fig. 4 the longitudinal profile of C7 Canyon was shown for the comparison which is represented smooth profile and shallower incising.

The average gradient of the sea floor measured along the southern side of the Canyon, ranges as follows; 43' between 300 m to 700 m in depth, 103' between 700 m to 900 m, 50' between 900 m to 1,100 m, 30' between 1,100 m to 1,300 m, 44' between 1,300 m to 1,500 m and 55' between 1,500 m to 1,700 m.

## 5. Buried canyons

There are buried canyons in the western part of Area II. They incise the As and Bs Formations in V-shape and are buried by sediments therefore present sea floor is smooth. They are pursued as is shown in Fig. 1. These canyons were named as B1, B2, B3, B4 and B5 Buried Canyons.

The B1 and B2 Canyons incise the Bs Formation, the shape of which rather wide and obscure. They are disconformably fulfilled by horizontal layers. They are not synclinal depression but eroded canyons because there are no synclinal structures in underposed beds.

The B3 Canyon is V-shaped one incising the Bs Formation. The superposed layers of the B3 Canyon is incised by the C5 Canyon before-mentioned. The B4 and B5 Canyons are rather small ones incising the As Formation and the upper part of the Bs Formation. The shape is rather obscure. The upper stream of them are along faults which are elongated to the axes of the C5 and C8 Canyons. The B3, B4 and B5 Canyons have leveled highs along both sides of axes.

## 6. Considerations

### 1. Deep-sea fans

The Shimokita-oki Group is considered as the deep-sea fans.

The first reason is that the topographic environment was adequate for the formation of deep-sea fans. The Shimokita-oki Group develops on the present deep-sea plain at the foot of upper continental slope. In the past time when the Cs Formation had deposited,

there was a depression of the Cs Formation at the foot of the slope where the Bs and As Formations deposited and composed deep-sea plain. The Shimokita-oki Group interfingers to the Bs and As Formations; these sediments are fillings up depression at the base of continental slope.

On land near this surveyed area, there has been a sedimentary basin reducing its extent towards east after the late Miocene. The geological history deduced from the land geology is similar to submarine geological sequence; the Bs and As Formations abut to the Cs, and the Cs also abuts to the Ds Formation. The center of sedimentary basin has been moving towards east. In other words, this is an uplift in westward and downwarping in eastward.

Considering this geological history, the past submarine topography during the deposition of the Bs and As Formations, may be similar to present day.

The second is the distributions of the Shimokita-oki Group; each of the S1-S5 Formations shows fan-shaped distribution with top at nearly the same location, elongating to E-W and branching to eastward. Although there should be some variations of direction caused by crustal movements, the supply of sediments may come from westward where are many buried or present submarine canyons.

The third is the presence of buried canyons through which sediments consisting the Shimokita-oki Group might be transported into deep-sea plain. The Group is a subaqueous product because the S1-S5 Formations interfinger to the As and Bs Formations which are found not only at deep-sea plain, but also at the upper continental slope. Furthermore, there is no unconformity indicating subaerial erosion in sequence of the As to Bs Formations.

The authors consider that the Shimokita-oki Group is a series of deep-sea fans which were subaqueously deposited.

### 2. Age of the Shimokita-oki Group

In the Tsugaru Straits and its eastward environs, SASA (1969a, 1969b, 1972), and HONZA *et al.* (1971) described submarine geology based on continuous seismic profiling records. This

Table 1. Correlation of acoustical formations.

	Western entrance of the Tsugaru Straits (SASA, 1969)	Eastward of the Shimokita Peninsula	
		Deep-sea plain	Shimokita-oki Group
Recent			S1
Pleistocene		As	S2
			S3
			S4
Pliocene	Setana F.	Bs	S5
	Kuromatsunai F.		
Miocene	Yakumo F.	Cs	D
	Kunnui F.	Ds	D
	Yoshioka F.	Es	
	Fukuyama F.		

~~~~~: unconformity

~~~~D: disconformity

Straits is so well researched area for construction of submarine tunnel that the patterns of c.s.p. records were correlated to land geology. The authors correlated acoustical features of the As to Es Formations in surveyed area to the c.s.p. patterns in the Tsugaru Straits and its environs (Table 1).

The Ds or Es was correlated to the Kunnui Formation which is featureless transparent layer. The Cs or Ds was correlated to the Yakumo Formation which is reverberant layer. The Bs or Cs was correlated to the Kuromatsunai Formation which is scarce of reflectors except a few remarkable reflectors with regular intervals. The Bs was correlated to the Setana Formation which shows fairly well stratification but some cross beddings or thinning out.

At the eastern entrance of the Tsugaru Straits, both acoustical features in the areas HONZA *et al.* (1971) surveyed and the authors surveyed are correlated concerning the depth, thickness and facies of the Setana and Kuromatsunai Formations respectively, but there is no direct crossing over of track lines for regret.

The geological history in the Tsugaru Straits area is summarized by HONZA *et al.* (1971); in early to middle Miocene, there appeared a sedimentary basin accompanying with volcanisms,

in which the Fukuyama, Yoshioka, Kunnui and Yakumo Formations were deposited. After the deposition of the Yakumo Formation, there occurred a remarkable disturbance by which the sedimentary basin converted to upheaval area and the original skeleton of the Tsugaru Straits area was formed. The zone from Cape Esan to western part of the Shimokita Peninsula was also uplifted. The Kuromatsunai Formation had deposited in the reduced basin after this disturbance. The Setana Formation had a similar deposition to the Kuromatsunai, but the general subsidence became clearly.

The disturbance after the Yakumo Formation is correlated to the disconformity between the Cs and Bs Formations. The reducing of sedimentary basins and deposition of the Kuromatsunai and Setana Formations are very well correlated to that of the Bs Formation.

Besides, in present survey a tuffaceous sandstones including bivalvia were dredged at 40°17'8N and 141°55'6E with 117 m in depth where is the outcrop of the Ds Formation on acoustical record. According to the communication from Dr. KOIZUMI who kindly examined diatom flora of this sample, it is correlated to the Kadonosawa Formation which is middle Miocene in age and is very probably correlated to the Kunnui Formation.

From viewpoint above-mentioned, the authors made correlation as shown in Table 1. Thus the Shimokita-oki Group has been deposited from latest Miocene to present.

### 3. Origin of the submarine canyons

The submarine canyons in this area may be originated along faults but they have been modified and maintained by subaqueous erosion of sediments supply.

The axes of canyons are straight and parallel each other. Especially, some part of the C5 Canyon is along faults where the sea floor west side of canyon is deeper than that of east side. Furthermore, they are located at the syncline of sediments of the Bs-Ds, and are along the boundary of basal block projecting eastward of Lake Ogawara.

However, the canyons suggest the deepening by erosion. As is described before, the longitudinal profile of the C5 Canyon and the relief

of subbottom surface of the Cs shown in Fig. 4 indicate the increase of incising at the down stream side of knick points. Besides the profile of the C5 Canyon shows gradual deepening without reverse gradient. These features do not mean tectonic but erosional origin.

This erosion process was carried out along sea floor. If these canyons were formed on land, there should be relatively lowered sea level to the depth of present deep-sea plain after the deposition of the As Formation and succeeding to present sea level after incising of the C5 Canyon. Such great swinging of sea level in brief time is impossible, moreover the lowering of sea level should result unconformity in vast area but we can't recognize such unconformity. Furthermore, there are many buried canyons incising the Bs or As Formations, so the changing of sea level should occur so many times as the number of buried canyons. It is impossible all the more. Namely, the buried canyons should be also eroded and buried subaqueously. The cause of burying canyons will be explained in next chapter.

The authors consider that the canyons originated along faults, and they have been modified by a subaqueous process. This process may be turbidity current.

#### 4. Origin of buried canyons

The buried canyons are very similar to present canyons in the direction of axes, parallel distribution and scale. They terminate on the deep-sea plain where deep-sea fans appear. So it is considered that the buried canyons were past submarine canyons through which sediments were transported into deep-sea plain forming fans.

However, there is a slight difference to present canyons. The buried canyons incise clearly the Bs Formation but obscurely the As Formation. During the Bs stage, submarine environment might be adequate to form canyons at the present inner margin of deep-sea plain. But, as the result of some crustal movement after the deposition of the Bs Formation, it might become gradually inadequate during the As stage so that the location of submarine canyons shifted towards west, and they were buried by sediments of the As Formation.

### 7. History of geological development of the Shimokita-oki Group

In beginning of latest Miocene, a tectonic disturbance occurred forming a depression of the Cs Formation, in which sediments were transported through submarine canyons now buried as the B1-B5 Canyons. The sediment supply have varied its condition so that the deep-sea fans S4 and S5 changed their distributions but general direction was not changed.

There might be some tectonic movement affecting sediment supply. The canyons were buried and new submarine canyons still now maintained were formed on the upper continental slope.

The sediments have been supplied through these new canyons and formed the deep-sea fans S3-S1. The buried B4 and B5 Canyons incising the As Formation are obscure and suggest the shifting of axes.

These processes are considered as a typical model of the sedimentation in deep-sea plain, and suggest the origin of submarine canyon and deep-sea plain. The authors considered that the subaqueous process incising canyons and forming canyons and forming deep-sea fans was turbidity current. Shimokita-oki Group must be acoustical turbidite fans. To certify this idea, it is necessary to take long core from deep-sea fans but the authors dared to propose their idea.

### Acknowledgments

The authors express hearty thanks to the members of Surveying Division and the crew of surveying vessel *Shoyo*, who participated to present survey. They also thank Dr. KOIZUMI and Prof. SASA who had advised us concerning the correlation of dredged sample and acoustical records, and Dr. IWABUCHI and Dr. MOGI who criticized the manuscript.

### References

- HONZA, E., H. KAGAMI and N. NASU (1971): Development of the Tsugaru Strait. *J. Mar. Geol. Japan*, 7(1), 1-12. (in Japanese)
- IKEBE, Y. (1962): Tectonic developments of oil-bearing Tertiary and migrations of oil, in Akita Oil field, Japan. *Rep. Res. Inst. Underground*

- Resources Mining College, Akita Univ., No. 26, 1-59. (in Japanese)
- IWABUCHI, Y. (1967): Topography of trenches east of the Japanese Islands. J. Geol. Soc. Japan, 74(1), 37-46. (in Japanese)
- MURAUCHI, S., T. ASANUMA and H. ISHII (1973): Geophysical studies on the sea around Hokkaido. Mem. Nat. Sci. Museum, No. 6, 163-182. (in Japanese)
- SAKURAI, M., T. SATO, M. NAGANO and K. IKEDA (1974): Deep sea fans off the Shimokita Peninsula, Northeast Japan. J. Geol. Soc. Japan, 80(9), 411-419. (in Japanese)
- SASA, Y. (1969a): Sea bottom of the western entrance of Tsugaru Strait (I). Kagaku, 39(2), 70-78. (in Japanese)
- SASA, Y. (1969b): *ibid.* (II). Kagaku, 39(7), 376-384. (in Japanese)
- SASA, Y. (1972): *ibid.* (III). Kagaku, 42(1), 40-50. (in Japanese)
- SATO, T. (1973): Several considerations on the deep sea plains. Kaiyo-kagaku, 5(10), 55-59. (in Japanese)
- UTASHIRO, S. and T. SATO (1969): A sub-bottom in the environs of the 1968 Earthquake-epicenter. Rep. 1968 Tokachi-oki Earthquake, 307-319. (in Japanese)

## 下北半島沖の深海扇状地

佐藤任弘 桜井操

要旨：下北半島東方の大陸斜面と深海平坦面には、海底谷群・埋積谷群及び深海扇状地がある。音波探査によると大陸斜面の麓に臨む深海平坦面には、扇形の分布を示す音響的に不透明な堆積物があり、深海平坦面を構成する堆積物と interfinger している。この扇形の不透明堆積物は上流側にある海底谷や埋積谷を通して運び込まれたものであり、その作用が海底谷を形成し埋積した混濁流であると考えられる。もし谷が溺れ谷だとすると、谷が形成された時代には、この地域の大陸斜面は陸上であったはずであり、陸上の侵蝕・削剝を示す不整合面が存在しなければならない。しかし、そのような不整合面は認められない。すなわち、海底谷や埋積谷は海底で形成されたと考えざるを得ない。この混濁流作用と深海扇状地の形成の時代は、陸上の地質構造発達史や津軽海峡付近の海底地質との対比から、中新世後期から現在に及ぶと考える。

## 東京湾の珪藻プランクトン群集の遷移一読\*

丸 茂 隆 三\*\* 佐 野 昭\*\*\* 村 野 正 昭\*\*\*\*

### Further Study on Succession of Plankton Diatoms in Tokyo Bay

Ryuzo MARUMO, Akira SANO and Masaaki MURANO

**Abstract:** In the present paper, succeeding to previous one (MARUMO and MURANO, 1973), plankton diatoms in Tokyo Bay was further studied on the basis of surface samples collected on 7 cruises of *Ryōfū Maru* on course from Tokyo Port to the Uraga Channel during the period from May 1971 to October 1972, and discussed on their succession referring to works of AIKAWA (1936) and others.

1. Predominant diatom species in this period in Tokyo Bay were *Cerataulina bergonii*, *Chaetoceros debilis*, *Eucampia zoodiacus*, *Skeletonema costatum*, *Thalassiosira decipiens* and *Nitzschia seriata*.
2. *S. costatum* was particularly important in Tokyo Bay and the Uraga Channel, occupying more than 94 % of total diatoms, but decreased to 7 % in the area south of this channel.
3. The main habitat of *S. costatum*, *T. decipiens* and *Prorocentrum* sp. was the northern part of the bay, and that of *C. debilis*, *E. zoodiacus* and *Exuviaella* spp. was its southern part and the Uraga Channel.
4. A species of coccolithophorids and *Scenedesmus* and *Spirogyra*, green algae, were collected.
5. Plankton communities in Tokyo Bay in 1927-1931 are remarkably different from those in 1971-1972 in the following points: animals occupied the fairly large part of plankton organisms, *Trichodesmium*, a blue-green alga and radiolarians appeared, and species number of diatoms was larger than in Sagami Bay.
6. The seasonal variation of *S. costatum* showed the maximum in winter and the minimum in summer in 1927-1929 and the maximum in summer and the minimum in winter in 1953, but recently this alga occurs abundantly throughout four seasons and the summer-maximum tends to become indistinguishable.
7. The cell number of *S. costatum* in the maximal period off Haneda was 50/ml in 1927-1929,  $5 \times 10^3 - 10^4$ /ml in 1953 and  $5 \times 10^4$ /ml in 1972.

#### 1. 緒 言

著者らのうち、丸茂、村野(1973)<sup>1)</sup>は東京湾の珪藻プランクトン群集の遷移に関して、1929年、

1947年当時と比べ、近年は現存量の増加、種類数の減少が目立ち、特に外洋種は湾内から完全に消失するに至ったことを報告した。

\* 1974年7月25日受理

\*\* 東京大学海洋研究所 東京都中野区南台 1-15-1  
Ocean Research Institute, University of Tokyo,  
Minamidai, Nakano-ku, Tokyo, 164 Japan

\*\*\* 気象庁海洋気象部 東京都千代田区大手町 1-3-4  
Marine Division, Japan Meteorological Agency,  
Otemachi, Chiyoda-ku, Tokyo, 100 Japan

\*\*\*\* 東京水産大学 東京都港区港南 4-5-7 Tokyo  
University of Fisheries, Konan, Minato-ku,  
Tokyo, 108 Japan

本研究では、東京湾の環境監視のため、気象庁凌風丸が定期海洋観測の往復航を利用して実施した表面水の各種成分の調査(吉村, 1971<sup>2)</sup>; 吉村ら, 1972<sup>3)</sup>)のうち、1971年5月~1972年10月のプランクトンの性状について述べる。次に、その結果を、1927年(AIKAWA, 1936<sup>4)</sup>ほか)、1953年当時(平野, 1957<sup>5)</sup>ほか)と比較し、前報(丸茂、村野, 1973)<sup>1)</sup>に引き続き、東京湾の珪藻プランクトン

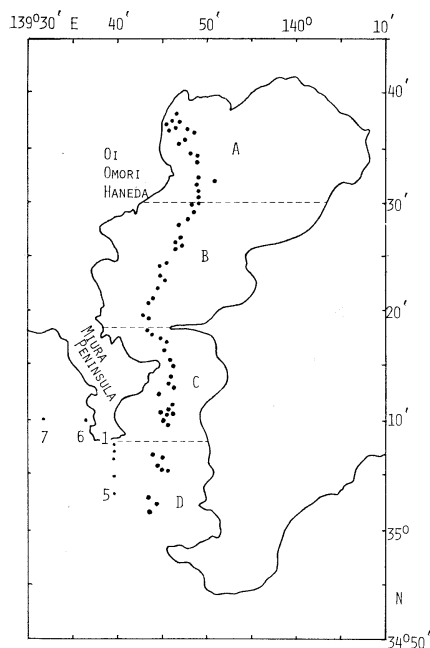


Fig. 1. Sampling stations.  
A, B, C and D: by *Ryōfū Maru* in May  
1971—October 1972  
Sts. 1-7: by *Tansei Maru* in January 1974

群集の遷移について、再度考察を試みる。

## 2. 試料と方法

62本の表面試水 (500 ml) が、東京港から浦賀水道にかけて、凌風丸の7航海 (1971年5月29日, 10月2日, 11月18日, 1972年1月13日, 4月19日, 6月2日, 10月4日) で採取された (Fig. 1)。試料は中性ホルマリンで固定保存された後、沈殿法と遠心分離法 (気象庁, 1970)<sup>6)</sup> によって処理され、珪藻, 有殻渦鞭毛藻, チンチヌス類 (Tintinninea) について, 種の査定と細胞数の計数が行われた。

採取点を次の4海区に群別し, それぞれのプランクトン特性をひきだすことを試みた (Fig. 1)。

- |     |        |                  |
|-----|--------|------------------|
| 海区A | 東京湾北部  | 35°38'–35°30'N   |
| 海区B | 東京湾南部  | 35°30'–35°18.5'N |
| 海区C | 浦賀水道   | 35°18.5'–35°08'N |
| 海区D | 浦賀水道南方 | 35°08'–35°02'N   |

海区Aは内湾度が最も強く, Bがこれに次ぎ,

Cは東京湾水と黒潮系水との接触域にあたり, Dは黒潮系である。試料数は海区 A, B, C, D, それぞれ 18, 18, 18, 8 である。

## 3. 結果

珪藻と渦鞭毛藻が優先し, チンチヌス類がこれらに次いで多かった。少数の試料には, 無殻鞭毛藻, 円石藻 (Coccolithophoridae) の1種, 緑藻の *Scenedesmus*, *Spirogyra* が見られた。

### 1) 珪藻

#### (a) 珪藻出現種 (Table 1)

珪藻の種類数は, 海区 A, B, C, D でそれぞれ 18, 21, 24, 38 であり, 東京湾水が黒潮系水より少ない。丸茂, 村野 (1973)<sup>1)</sup> の調査においても, 東京湾の珪藻は, 1966~1968年28種, 1972~1973年23種で, いずれも浦賀水道より少なかった。

今回の東京湾の出現種の主なものは次の通りである (○印は重要種)。

- Actinoptychus undulatus*
- Cerataulina bergonii*
- Chaetoceros debilis*
- C. didymus*
- Coscosira oestrupii*
- Ditylum brightwellii*
- D. sol*
- Eucampia cornuta*
- E. zodiacus*
- Rhizosolenia fragilissima*
- R. setigera*
- Skeletonema costatum*
- Thalassiosira decipiens*
- T. sp.*
- Nitzschia seriata*

これらの出現は 1966~1968年, 1972~1973年の場合と大体一致するが, *Coscosira oestrupii*, *Ditylum sol*, *Eucampia cornuta* 及び *Chaetoceros danicus*, *C. compressus*, *C. distans*, *C. radicans* は前回には見られなかった。

各海区間の珪藻の共通種類数, 非共通種類数を表示すると次の通りである。

Table 1. Mean cell number and appearance frequency of Bacillariophyceae in the surface water of Tokyo Bay (May 1971-Oct. 1972).

| Area                               | A             |        | B               |        | C              |        | D             |        |
|------------------------------------|---------------|--------|-----------------|--------|----------------|--------|---------------|--------|
| Latitude (N)                       | 35°38'-35°30' |        | 35°30'-35°18.5' |        | 35°185'-35°08' |        | 35°08'-35°02' |        |
| No. of samples                     | 18            |        | 18              |        | 18             |        | 8             |        |
| Cell number and AF*                | cells/ml      | AF (%) | cells/ml        | AF (%) | cells/ml       | AF (%) | cells/ml      | AF (%) |
| <i>Actinoptychus undulatus</i>     | 0.8           | 28     | +               | 33     | +              | 22     | -             | -      |
| <i>Bacteriastrum comosum</i>       | -             | 0      | -               | 0      | -              | 0      | 0.1           | 13     |
| <i>B. hyalinum</i>                 | -             | 0      | -               | 0      | -              | 0      | 0.3           | 13     |
| <i>Cerataulina bergonii</i>        | 2.2           | 11     | 7.7             | 39     | 5.0            | 11     | 3.3           | 25     |
| <i>Chaetoceros danicus</i>         | +             | 11     | +               | 17     | +              | 11     | -             | 0      |
| <i>C. denticulatus</i>             | -             | 0      | -               | 0      | -              | 0      | 0.1           | 13     |
| <i>C. seychellarum</i>             | -             | 0      | -               | 0      | -              | 0      | +             | 13     |
| <i>C. affinis</i>                  | -             | 0      | -               | 0      | -              | 0      | 1.5           | 25     |
| <i>C. brevis</i>                   | -             | 0      | -               | 0      | -              | 0      | 0.6           | 13     |
| <i>C. compressus</i>               | -             | 0      | 1.3             | 6      | +              | 11     | 2.8           | 25     |
| <i>C. curvisetus</i>               | -             | 0      | -               | 0      | -              | 0      | 8.5           | 25     |
| <i>C. debilis</i>                  | 9.6           | 33     | 107.6           | 44     | 25.4           | 33     | 0.6           | 25     |
| <i>C. decipiens</i>                | -             | 0      | -               | 0      | 1.1            | 11     | 0.6           | 38     |
| <i>C. didymus</i>                  | +             | 11     | 0.7             | 22     | +              | 11     | 0.1           | 13     |
| <i>C. distans</i>                  | -             | 0      | 0.7             | 6      | -              | 0      | -             | 0      |
| <i>C. laevis</i>                   | -             | 0      | -               | 0      | -              | 0      | 1.3           | 25     |
| <i>C. lorenzianus</i>              | -             | 0      | -               | 0      | -              | 0      | 1.5           | 25     |
| <i>C. messanensis</i>              | -             | 0      | -               | 0      | -              | 0      | 1.0           | 50     |
| <i>C. radicans</i>                 | -             | 0      | 1.8             | 17     | -              | 0      | -             | 0      |
| <i>C. socialis</i>                 | -             | 0      | 0.6             | 6      | -              | 0      | -             | 0      |
| <i>Coscinodiscus gigas</i>         | -             | 0      | 0.2             | 11     | 0.8            | 11     | -             | 0      |
| <i>Coscinosira oestrupii</i>       | 0.2           | 17     | 0.2             | 22     | 3.1            | 17     | -             | 0      |
| <i>Detonula confervacea</i>        | -             | 0      | -               | 0      | -              | 0      | 5.0           | 25     |
| <i>Ditylum brightwellii</i>        | +             | 6      | +               | 6      | 0.1            | 17     | +             | 13     |
| <i>D. sol</i>                      | 0.2           | 28     | 0.3             | 39     | +              | 17     | +             | 13     |
| <i>Eucampia cornuta</i>            | 0.8           | 6      | 0.7             | 11     | +              | 6      | 12.0          | 50     |
| <i>E. zoodiacus</i>                | 1.0           | 33     | 3.6             | 50     | 2.5            | 44     | 2.1           | 50     |
| <i>Guinardia flaccida</i>          | -             | 0      | -               | 0      | -              | 0      | +             | 13     |
| <i>Hemiaulus hauckii</i>           | -             | 0      | -               | 0      | -              | 0      | +             | 13     |
| <i>Lauderia borealis</i>           | -             | 0      | -               | 0      | 0.4            | 6      | 4.5           | 50     |
| <i>Leptocylindrus danicus</i>      | -             | 0      | -               | 0      | -              | 0      | 0.5           | 38     |
| <i>Rhizosolenia alata</i>          | -             | 0      | -               | 0      | -              | 0      | +             | 25     |
| <i>R. fragilissima</i>             | 1.3           | 17     | 0.3             | 17     | 0.6            | 17     | +             | 25     |
| <i>R. imb. v. shrubsolei</i>       | -             | 0      | -               | 0      | -              | 0      | +             | 25     |
| <i>R. setigera</i>                 | 2.8           | 17     | 5.4             | 17     | 1.5            | 17     | 0.1           | 38     |
| <i>R. stolterfothii</i>            | -             | 0      | -               | 0      | -              | 0      | 8.1           | 38     |
| <i>Skeletonema costatum</i>        | 23222.6       | 100    | 2884.6          | 100    | 932.8          | 89     | 4.4           | 25     |
| <i>Streptotheca thamesis</i>       | +             | 6      | -               | 0      | -              | 0      | -             | 0      |
| <i>Thalassiosira decipiens</i>     | 42.8          | 56     | 21.9            | 72     | 6.6            | 56     | 0.6           | 25     |
| <i>T. rotula</i>                   | -             | 0      | -               | 0      | 0.2            | 6      | -             | 0      |
| <i>T. subtilis</i>                 | -             | 0      | -               | 0      | -              | 0      | 0.6           | 13     |
| <i>T. sp. (small)</i>              | 41.9          | 17     | 2.7             | 33     | 3.4            | 33     | -             | 0      |
| <i>Asterionella japonica</i>       | -             | 0      | -               | 0      | -              | 0      | 0.3           | 13     |
| <i>Navicula sp.</i>                | -             | 0      | -               | 0      | 5.7            | 11     | -             | 0      |
| <i>Nitzschia closterium</i>        | -             | 0      | -               | 0      | +              | 11     | -             | 0      |
| <i>N. delicatissima</i>            | -             | 0      | -               | 0      | -              | 0      | +             | 13     |
| <i>N. seriata</i>                  | 1.1           | 17     | 9.8             | 39     | 6.7            | 28     | 0.5           | 13     |
| <i>Rhabdonema adriaticum</i>       | -             | 0      | -               | 0      | -              | 0      | +             | 13     |
| <i>Thalassionema nitzschioides</i> | +             | 11     | -               | 0      | +              | 6      | 0.1           | 25     |
| <i>Thalassiothrix longissima</i>   | -             | 0      | -               | 0      | -              | 0      | -             | 25     |

\*: appearance frequency (%) to total samples, +: present (less than 0.1 cell/ml), -: absent

| 海区 | A  | B  | C  | D  |
|----|----|----|----|----|
| A  |    | 16 | 16 | 13 |
| B  | 7  |    | 18 | 13 |
| C  | 8  | 8  |    | 14 |
| D  | 28 | 32 | 16 |    |

非共通種類数

A, B, C の間では、共通種が多く (16~18種、内湾種と沿岸種のみ)、非共通種が少ない (7~8種)。一方、これら3海区とDとの間には、共通種は13~14(内湾種と沿岸種)であるが、非共通種は非常に多い (16~32種、大部分外洋種)。東京湾に生息する珪藻のほとんどすべてが、浦賀水道にも現れ、更に量はごく少ないが、かなり多くの種類が浦賀水道南方にも見られる。一方、外洋種は湾内には全く侵入していない。

(b) 珪藻細胞数 (Table 1, 2)

珪藻の平均細胞数 (1 ml 中) は、海区A (23,300) が最も大きく、B (3,000), C (1,000) はAより1桁小さく、D (60) は更に1桁小さい。Skeletonema costatum が A 99% 以上, B 95%, C 94% と、東京湾と浦賀水道で高率を占めるが、Dでは僅かに7%にすぎない。このことから、浦賀水道南方では東京湾水の影響は急速に小さくなること分る。

S. costatum を除いた珪藻細胞数は、海区A, B, C, Dで各々 100, 170, 60, 60 で、海区を通じて大差はない。S. costatum を別にすれば、卓越種はAでは Thalassiosira decipiens, Chaetoceros debilis である。BとCはよく似ており、上記2種のほかに、Nitzschia seriata, Cerataulina bergonii, Eucampia zodiacus が重要である。Dには特に優先するものはなく、Eucampia cornuta,

Table 2. Summarized result of mean cell number of Bacillariophyceae in the surface water of Tokyo Bay based on Table 1 (May 1971-Oct. 1972).

| Area                    | A             |       | B               |       | C               |       | D             |       |
|-------------------------|---------------|-------|-----------------|-------|-----------------|-------|---------------|-------|
| Latitude (N)            | 35°38'-35°30' |       | 35°30'-35°18.5' |       | 35°18.5'-35°08' |       | 35°08'-35°02' |       |
| Cell number and %       | cells/ml      | %     | cells/ml        | %     | cells/ml        | %     | cells/ml      | %     |
| Total Bacillariophyceae | 23327         | 100   | 3050            | 100   | 996             | 100   | 61            | 100   |
| Skeletonema costatum    | 23223         | 99.55 | 2884            | 94.56 | 933             | 93.68 | 4             | 6.56  |
| Thalassiosira           | 85            | 0.36  | 25              | 0.82  | 10              | 1.00  | 1             | 1.64  |
| Chaetoceros             | 10            | 0.04  | 113             | 3.71  | 27              | 2.71  | 19            | 31.15 |
| Others                  | 9             | 0.04  | 28              | 0.92  | 26              | 2.61  | 37            | 60.66 |

Table 3. Mean cell number and appearance frequency of armoured Dinophyceae in the surface water of Tokyo Bay (May 1971-Oct. 1972).

| Area                  | A             |        | B               |        | C               |        | D             |        |
|-----------------------|---------------|--------|-----------------|--------|-----------------|--------|---------------|--------|
| Latitude (N)          | 35°38'-35°30' |        | 35°30'-35°18.5' |        | 35°18.5'-35°08' |        | 35°08'-35°02' |        |
| No. of samples        | 18            |        | 18              |        | 18              |        | 8             |        |
| Cell number and AF*   | cells/ml      | AF (%) | cells/ml        | AF (%) | cells/ml        | AF (%) | cells/ml      | AF (%) |
| Ceratium furca        | -             | 0      | -               | 0      | -               | 0      | +             | 25     |
| C. fusus              | -             | 0      | +               | 6      | +               | 6      | +             | 13     |
| C. kofoidii           | -             | 0      | -               | 0      | +               | 6      | -             | 0      |
| C. tripos             | -             | 0      | -               | 0      | -               | 0      | +             | 13     |
| Dinophysis ovum       | 2.6           | 22     | 1.0             | 28     | 0.5             | 17     | 0.3           | 13     |
| Exuviaella spp.**     | 949.9         | 44     | 915.9           | 78     | 3900.7          | 67     | 742.1         | 63     |
| Noctiluca scintillans | -             | 0      | 0.1             | 11     | +               | 6      | -             | 0      |
| Peridinium spp.       | 1.7           | 22     | 2.4             | 39     | 8.2             | 44     | 0.3           | 63     |
| Prorocentrum sp.      | 105.6         | 17     | 27.7            | 56     | 8.2             | 50     | 0.3           | 13     |

\*: appearance frequency (%) to total samples \*\*\*: many E. apora and few E. ovum and E. marina  
 +: present (less than 0.1 cell/ml), -: absent



Table 4. Occurrence of Tintinnoinaea species in the surface water of Tokyo Bay (May 1971-Oct. 1972).

| Area  | A             | B               | C               | D             |
|---|---------------|-----------------|-----------------|---------------|
| Latitude (N)                                  | 35°38'-35°30' | 35°30'-35°18.5' | 35°18.5'-35°08' | 35°08'-35°02' |
| No. of samples                                | 18            | 18              | 18              | 8             |
| <i>Acanthostomella</i> sp.                    | -             | -               | -               | +             |
| <i>Amphorella quadrilineata</i>               | -             | -               | +               | -             |
| <i>Codonellopsis morchella</i>                | ++            | +++             | ++              | -             |
| <i>Dadayiella ganymedes</i>                   | -             | -               | -               | -             |
| <i>Favella ehrenbergii</i>                    | -             | -               | -               | -             |
| <i>F. taraikaensis</i>                        | ++            | ++              | +               | +             |
| <i>Helicostomella longa</i>                   | +             | -               | ++              | -             |
| <i>Steenstrupiella steenstrupii</i>           | -             | -               | -               | +             |
| <i>Stenosemella nivalis</i>                   | +             | ++              | +               | -             |
| <i>Tinninopsis beroidea</i>                   | +++           | ++              | +               | +             |
| <i>T. karajacensis</i><br>v. <i>rotundata</i> | +             | -               | -               | -             |
| <i>T. tocaninensis</i>                        | +             | -               | -               | -             |
| <i>T. tubulosa</i>                            | ++            | ++              | +++             | +             |
| <i>T. spp.</i>                                | +++           | +++             | +++             | -             |
| <i>Tintinnus lusus-undae</i>                  | -             | -               | -               | +             |

+: rare, ++: common, +++: abundant, -: absent

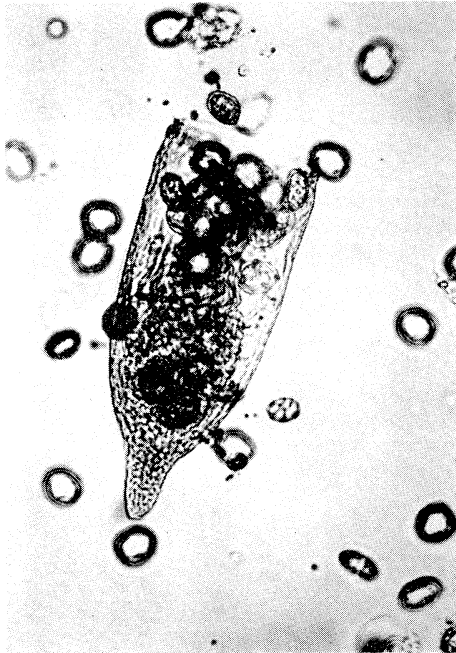


Fig. 2. *Favella taraikaensis* containing *Exuviaella* collected in Tokyo Bay.

*Chaetoceros curvisetus*, *Rhizosolenia stolterfothii*, *Detonula confervacea*, *Lauderia borealis* が出現し、その性状は東京湾、浦賀水道とは著し

く異なる。

### 2) 有殻渦鞭毛藻 (Table 3)

有殻渦鞭毛藻の中では、*Exuviaella* spp. の平均細胞数が最も大きく、出現頻度も高い、海区A, B, C, D でそれぞれ 950/ml, 920, 3,900, 740 で、海区間の差は小さい。

*Prorocentrum* sp. は海区 A 106/ml, B 28, C 8, D 0.3 で、湾奥ほど多い。*Dinophysis ovum* は、A 3/ml, B 1, C 0.5, D 0.3 である。*Peridinium* spp. が *D. ovum* と同程度出現した。

### 3) チンチヌス類 (Table 4)

出現種類数は各海区を通じて大差なく、8~11 である。しかし、海区 A, B, C の間では共通種が多いが、D はここだけに出現するものが5種ある。このことは珪藻でも知られたように、東京湾と浦賀水道南方水の性質が著しく異なることを示している。

東京湾の主な種類は、*Codonellopsis morchella*, *Favella taraikaensis*, *Tinninopsis beroidea*, *T. tubulosa* である。

チンチヌス類の細胞数は、藻類に比べると極めて少ない。*T. beroidea* は 4~16/ml (A), 1~6 (B), *T. tubulosa* は 6~28/ml (A), 6~20 (B),

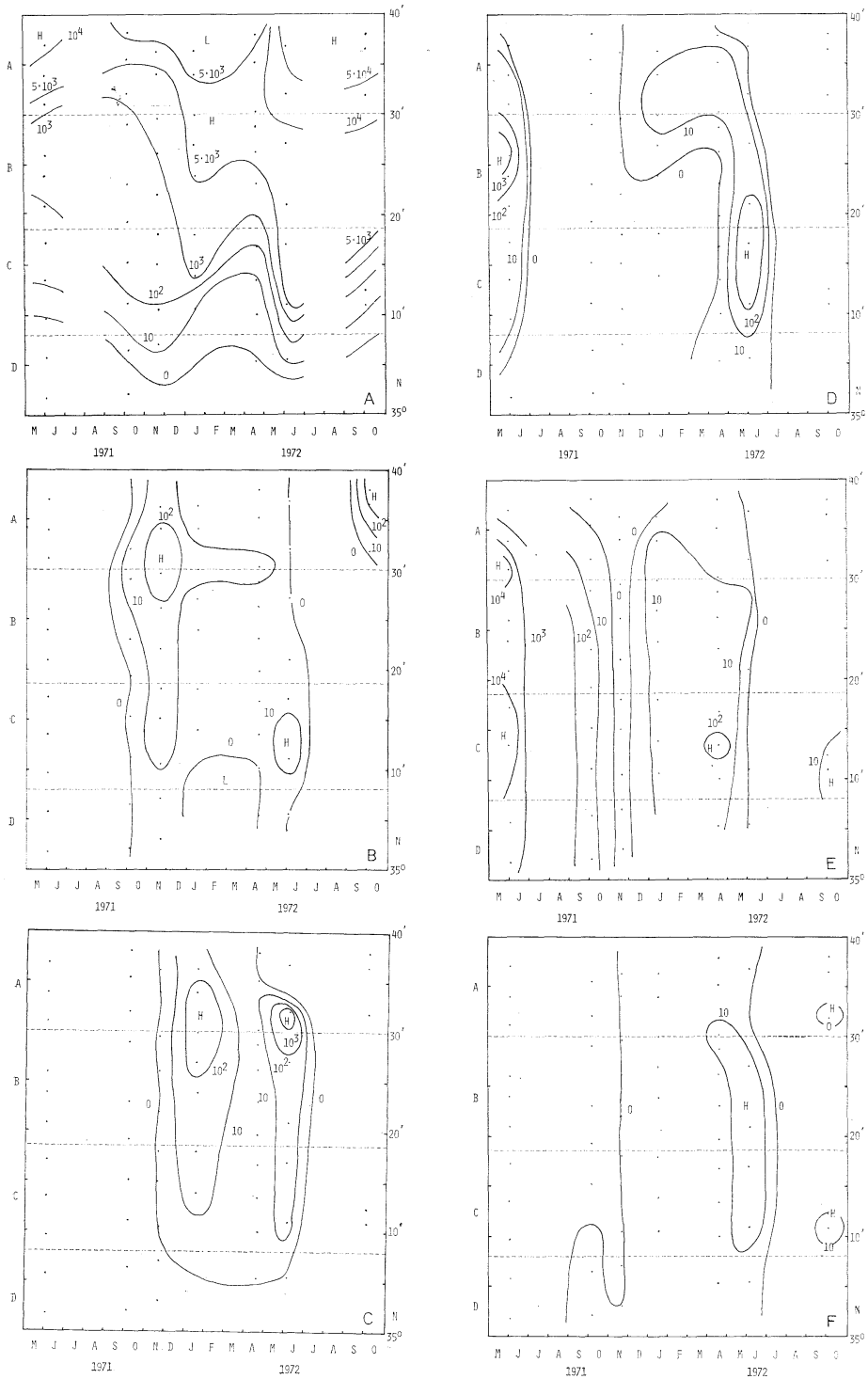


Fig. 3. Distribution of dominant species (cells/ml) of phytoplankton in the surface water of Tokyo Bay.

A: *Skeletonema costatum*, B: *Thalassiosira decipiens*, C: *Prorocentrum* sp.,  
 D: *Chaetoceros debilis*, E: *Exuviaella* spp., F: *Eucampia zodiacus*

1~6 (C) であり、その他の種類は 0.1~1/ml 程度である。1927~1929 年当時は、東京湾でのチンチヌス類は年間を通じて動物プランクトンの中ではかなり重要であり、冬に多く、4~5 月には単調組成が見られた (AIKAWA, 1936)<sup>4)</sup>。

なお、チンチヌス類の中には、*Exuviaella* sp. を飽食している細胞が多く見られた (Fig. 2)。

#### 4) 重要種の季節変化

##### (a) *Skeletonema costatum* (Fig. 3 A)

本種は東京湾の格別の卓越種で、出現頻度が高く、湾内 36 試料中全試料、浦賀水道 18 試料中 16、浦賀水道南方 8 試料中 2 に出現した (Table 1)。

東京湾北部では、冬を中心として少なく ( $10^3 \sim 5 \times 10^3$ /ml)、夏に多い ( $5 \times 10^3 \sim 10^5$ ) が、南部ではむしろ 1971 年夏から 1972 年冬に向かって増加する ( $10^2 \sim 10^3$ /ml  $\rightarrow 5 \times 10^3 \sim 10^4$ )。このように本種の季節変化の型は必ずしも全湾一様ではない。浦賀水道からその南方に向かって、 $10^3$ /ml から 0 に減少し、東京湾水の影響が急速に弱まってゆく状態が分る。

##### (b) *Thalassiosira decipiens* (Fig. 3 B)

本種は珪藻のなかで *S. costatum* に次いで出現頻度が高い。1971 年 10 月~1972 年 4 月に出現し、分布中心は湾中部にある。最大は 1972 年 10 月湾奥の 400/ml である。

##### (c) *Prorocentrum* sp. (Fig. 3 C)

本種の分布は *T. decipiens* と似ており、1971 年 12 月~1972 年 6 月に現れ、主分布域 (最大は 1972 年 6 月, 1,530/ml) は湾中央にある。浦賀水道南方には見られなかった。

##### (d) *Chaetoceros debilis* (Fig. 3 D)

1971 年 6 月に大増殖が見られた (極大, 1,100/ml)。また、1972 年 1~6 月にも現れ、その分布中心 (極大, 1972 年 6 月, 170/ml) は浦賀水道にある。

##### (e) *Exuviaella* spp. (Fig. 3 E)

本種は *S. costatum* に次いで、出現頻度が高い。湾南部と浦賀水道で多く、特に 1971 年 5 月は全点にわたって大量に出現した (最大, 浦賀水道, 29,000/ml)。本種は 1974 年 5 月にも、浦賀水道、三浦半島西岸に大増殖した (丸茂, 未発表)。S.

*costatum*, *T. decipiens*, *Prorocentrum* sp. は内湾性が強く、主に湾北部に分布するのに対し、本種と *C. debilis* は湾南部に中心がある。

##### (f) *Eucampia zoodiacus* (Fig. 3 F)

1972 年 1~6 月、全点に広く分布したが、湾南部から浦賀水道にかけてやや多かった (最大, 1972 年 6 月, 32/ml)。

(g) その他散発的に湾内に出現した珪藻は次の通りである。*Cerataulina bergonii* (1972 年 1, 4, 6 月), *Actinopterychus undulatus* (1972 年 4 月), *Rhizosolenia fiagilissima* (1971 年 5 月), *Ditylum brightwellii* (1972 年 1 月), *Nitzschia closterium* (1971 年 4, 6 月), *Rhizosolenia setigera* (1971 年 11 月), *Chaetoceros didymus* (1972 年 1 月), *Ditylum sol* (1971 年 11 月, 1972 年 1 月)。

(h) 無殻鞭毛藻の 1 種が、1971 年 10 月に大量に出現し、これにより海面が赤色を呈した。湾南部 ( $1.3 \times 10^5$ /ml) と浦賀水道で最も多く、湾北部がこれに次ぎ、水道南方ではごく少なかった。緑藻の *Scenedesmus* (1971 年 10 月, 1972 年 4 月) と *Spirogyra* (1972 年 4 月) が東京港近くに見られた。*Scenedesmus* は 1971 年 8 月, 10 月に淡水の影響のあると思われる湾北西部に出現したことが報告されている (福島ら, 1972)<sup>7)</sup>。円石藻が 1972 年 6 月湾中央に  $1.8 \times 10^5$  細胞/ml 出現した。

#### 4. 東京湾における浮遊性珪藻群集—特に *Skeletonema costatum*—の遷移に関する考察

丸茂, 村野 (1973)<sup>11)</sup> は、東京湾の浮遊性珪藻群集について、1929 年 (倉茂, 1932<sup>8)</sup>; KURASHIGE, 1932<sup>9)</sup>, 1947 年 (藤谷, 1952)<sup>10)</sup> に比べ、近年は出現種の減少、現存量の増大が著しいことを指摘した。山路 (1973)<sup>11)</sup> もまた 20 年前に比べ、現在は東京湾のプランクトン出現種が減少したことを報じた。ここでは、本研究結果とともに、AIKAWA (1936)<sup>4)</sup>, 千葉県 (1955)<sup>12)</sup>, 平野 (1957)<sup>5)</sup>, 東京都水試 (1958)<sup>13)</sup>, 菅原, 佐藤 (1966<sup>14)</sup>, 1968<sup>15)</sup>, 1969<sup>16)</sup>, 菅原ら (1967)<sup>17)</sup>, 福島ら (1972)<sup>7)</sup>, 辻田 (1973)<sup>18)</sup>, 丸茂, 村野 (1973)<sup>11)</sup> ほかを参照し、*S. costatum* を中心とした東京湾の珪藻群集の遷移について考察を行う。

## 1) プランクトン群集

AIKAWA(1936)<sup>4)</sup>によると, 1927~1929年には, 東京湾西部のプランクトンは冬に多く(120,000 個体/曳網), 夏に少ない(35,000 個体/曳網)。このうち, 植物プランクトン(主に珪藻)の占める割合は, 冬 89%, 夏 36% で, 夏は著しい動物組成といえる。これらの採集に使用したネットの口径を 22.5 cm (北原定量ネット), 曳網距離を 15 m とすると次表の結果が得られる。このように, 1927年当時東京湾の珪藻現存量は冬に大きく, 夏に小さく, 冬は夏の約 9 倍にあたる。

|                     | 冬季  | 夏季 |
|---------------------|-----|----|
| 植物プランクトン個体数 (1 l 中) | 179 | 21 |
| 動物プランクトン個体数 (1 l 中) | 22  | 38 |
| 合計                  | 201 | 59 |

当時, 東京湾で動物プランクトンが(特に夏)高率を占めていたことは, 植物プランクトンの増殖と動物プランクトンによる捕食との関係が, 外洋におけると同様によく均衡しており, 調和のとれた生態系が形成されていたことを意味し, 従ってまた現在と異なり, 赤潮が発達しにくい状態であったと言える。

当時, 夏の高温期には, 東京湾に藍藻(*Trichodesmium* であろう)と放散虫が出現した。このことは, 東京湾に, かなり純粋な黒潮系外洋水が流入していたことを意味し, 現在では到底考えられない現象である。

当時は, 珪藻現存量, 種類数ともに冬に多かったが, 現在では必ずしも単純ではなく, むしろ夏に多い傾向がある。また, 東京湾の珪藻種類数は当時は相模湾より多かったが, 近年でははるかに少ない。

当時, 夏には, *Bacteriastrum varians*, *Coscinodiscus* sp., *Nitzschia seriata*, *Rhizosolenia* の数種(現在本属のなかで重要なものは *R. setigera* のみ)などが分布していた。これに対し, 冬は種類数が非常に多く, 次の通りであった(○卓越種, △外洋種)。

○*Asterionella japonica*

△○*Biddulphia sinensis*

*Chaetoceros* spp.

△*Corethron pelagicum*

*Coscinodiscus* spp.

△*Dactyliosolen tenuis*

*Ditylum brightwellii*

*D. sol*

*Eucampia zoodiacus*

*Nitzschia seriata*

*Rhizosolenia alata*

△*R. robusta*

△*R. styliiformis*

*R. spp.*

○*Skeletonema costatum*

*Thalassiosira subtilis*

○*Thalassiothrix frauenfeldii*

○*Thalassionema nitzschioides*

当時の卓越種の中で, 現在でも量的に多いものは *S. costatum* のみであり, また現在非常に優先している *Thalassiosira decipiens* などは記載されていない(AIKAWA, 1936<sup>4)</sup>; 倉茂, 1932<sup>8)</sup>; KURASHIGE, 1932<sup>9)</sup>)ことから考えて, 当時の珪藻群集は現在とは非常に異なったものであったと推定される。また, 外洋種が多く出現し, 東京湾には黒潮水が変質されずに流入していたことが分る。更に *Chaetoceros* spp., *Rhizosolenia* spp. のなかにも, 幾つかの外洋種が含まれていたと推定される。AIKAWA (1936)<sup>4)</sup> の記載した東京湾出現種は, 純外洋性の *Gossreliella tropica*, *Planktoniella sol*, *Streptothecha indica* の 3 種を除けば, 量の差はあるにしても, 相模湾出現種とすべて共通しており, 当時の両湾のプランクトン群集が外の水と極めてよく交流していたことを物語る。

2) *Skeletonema costatum*

*S. costatum* は, 1927~1929 年の東京湾西部の調査では, 冬に卓越し, 植物プランクトン個体数の 85~90% を占めていたが, 夏には出現していない(AIKAWA, 1936)<sup>4)</sup>。本種の 1 個体(1 チェイン)を 30 細胞と仮定すると, 冬の植物プランクトンは 179 個体/l であるので, 冬の *S. costatum* は 5 細胞/ml となり, 採集時のネットの網目通過による損失を考慮して, かりに 50 細胞/ml とする

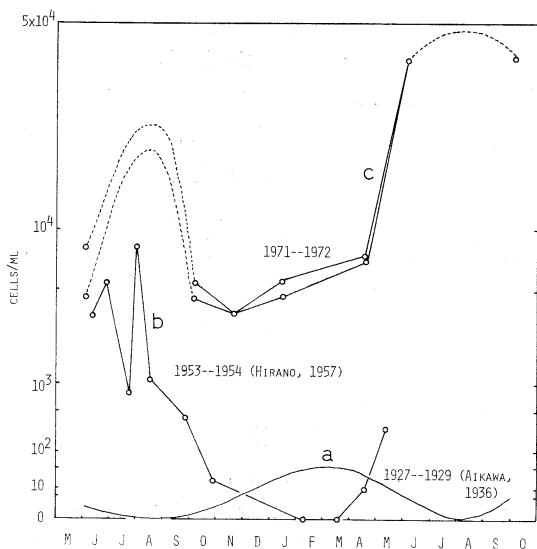


Fig. 4. Seasonal variation of *Skeletonema costatum* (cells/ml) off Haneda in Tokyo Bay.

と、Fig. 4 a に示す季節変化が得られる。

この調査から 16 年を経た 1953~1954 年に、大井競馬場 100 m 沖で、採水法によって得られた表面の *S. costatum* の季節変化は、Fig. 4 b に示す通りである(平野, 1957)<sup>5)</sup>。すなわち、冬季 2~3 月には全く出現せず、春から増えはじめ、6~8 月に最大 ( $5 \times 10^3 \sim 10^4$ /ml) に達し、秋から冬に向かって減少する。

この当時の *S. costatum* の別の報告(千葉県, 1955)<sup>12)</sup>によると、1954~1955 年湾奥北東部の 15

~40 測点の平均的季節変化では、9 月に大増殖し、顕著な赤潮を起こしたが、11 月には減少し、12~1 月に再びやや増加したが、3~5 月に再び減少し、7 月はほとんど出現しなかった。

更に、1956~1957 年、大森沖の調査(東京都水産試験場, 1958)<sup>13)</sup>では、表面の *S. costatum* は夏を中心とした 6~9 月に多く、冬に少なく、特に 2~3 月には全く出現しなかった (Table 5)。

Fig. 3 A から、1971~1972 年、羽田 ( $35^{\circ}30'N \sim 35^{\circ}35'N$ ) の 5 km 沖合で *S. costatum* の表面の季節変化を求めると、Fig. 4 c に示すように、冬に極小 ( $5 \times 10^3$  細胞/ml)、夏に極大 ( $5 \times 10^4$  細胞/ml) が現われる。

更に近年における *S. costatum* の増殖が夏を中心として多く起こることは、次の二つの報告からも知られる。菅原ら(1967)<sup>17)</sup>の資料を整理すると、1952~1966 年に東京湾から報告された 19 例の *S. costatum* 赤潮のうち、12 例が 5~8 月の 4 か月に発生している。また、1966 年の 7, 8, 9 月、千葉県の蔵波、牛込、小浜(菅原ら, 1967)<sup>17)</sup>、及び 1967, 1968 年の 7, 8, 9 月、青堀、奈良輪、船橋(菅原, 佐藤, 1968<sup>15)</sup>, 1969<sup>16)</sup>)の赤潮観測委託結果では、*S. costatum* の細胞数 (1ml 中) は 7 月に最も多く、全 38 試料中、1 以下 7 例、1~10 8 例、 $10 \sim 10^2$  8 例、 $10^2 \sim 10^3$  10 例、 $10^3 \sim 10^4$  3 例、 $10^4 \sim 10^5$  2 例であった。

東京湾における *S. costatum* の季節変化に関する

Table 5. Appearance frequency (%) of *Skeletonema costatum* in the surface water off Omori in Tokyo Bay (Tokyo Metropolitan Fisheries Research Station, 1958).

| Month | Individuals/ml |           |             |             |             | No. of samples |    |
|-------|----------------|-----------|-------------|-------------|-------------|----------------|----|
|       | <10            | $10-10^2$ | $10^2-10^3$ | $10^3-10^4$ | $10^4-10^5$ |                |    |
| 1956  | May            | 86        | 4           | 4           | 7           | 0              | 28 |
|       | June           | 32        | 18          | 14          | 36          | 0              | 22 |
|       | July           | 0         | 22          | 6           | 33          | 38             | 18 |
|       | Aug.           | 4         | 9           | 13          | 70          | 4              | 23 |
|       | Sept.          | 7         | 20          | 47          | 27          | 0              | 15 |
|       | Oct.           | 56        | 38          | 5           | 0           | 0              | 19 |
|       | Nov.           | 36        | 28          | 28          | 8           | 0              | 25 |
| Dec.  | 86             | 14        | 0           | 0           | 0           | 21             |    |
| 1957  | Jan.           | 79        | 21          | 0           | 0           | 0              | 19 |
|       | Feb.           | 100       | 0           | 0           | 0           | 0              | 12 |
|       | Mar.           | 100       | 0           | 0           | 0           | 0              | 13 |
|       | Apr.           | 67        | 27          | 7           | 0           | 0              | 15 |

る以上の諸知見から、その遷移は次のようにまとめることが出来る。*S. costatum* の増殖期の細胞数は、1927年には50/mlと非常に少なかったが、1953年は $5 \times 10^3 \sim 10^4$ /ml、1972年は $5 \times 10^4$ /mlと次第に増加してきた。また、1953年は冬季の出現がなかったが、近年は周年出現している。1930年ごろに調査された日本沿岸各地の珪藻の単一組成125例中(AIKAWA, 1936)<sup>4)</sup>、*S. costatum* (全部で8例)は東京湾から1例も記録されていない。また、東京湾の*S. costatum* の赤潮は1952年になってはじめて報告された(菅原, 佐藤, 1966)<sup>14)</sup>。本種が東京湾珪藻の格別の卓越種であることを考えれば、このような本種の現存量の増加は珪藻全体の現存量の変化傾向を代表し、東京湾の栄養過多の状態が近年とみに進行してきたことを示すものである。

小久保, 鈴木(1940)<sup>19)</sup>の1931~1933年の調査によると、*S. costatum* は日本沿岸各地では主に夏~秋の暖期に増殖する。しかしながら、近年は、東京湾では、既に述べたように一般には、夏に増加する傾向を示すものの、この型にあわない場合も多い。例えば、福島ら(1972)<sup>7)</sup>によると、東京湾の*S. costatum* の現存量を全体としてみると、1971年8月に極小で、1971年5月、10月、1972年2月が大きい。また、Fig. 3 Aにおいて、*S. costatum* は湾南部(35°20'N~35°30'N)では、

1971年秋よりも、1972年冬に増加する傾向が見られる。辻田(1973)<sup>18)</sup>は、1952~1970年に、日本沿岸に発生した*S. costatum* の赤潮の出現頻度を月別に整理し、1952~1956年頃は7、8月の夏季に主に発生していたが、近年は一年中どの季節にも現れるようになったことを指摘している。近年の東京湾にも明らかにこの傾向が見られる。小久保, 鈴木(1940)<sup>19)</sup>も、本種は広温性、広塩性であるため、栄養塩その他の条件さえ整えば、いかなる時期、いかなる場所にも増殖する可能性のあることを指摘している。

### 3) 東京湾水の珪藻指標種

AIKAWA(1936)<sup>4)</sup>によると、1929~1932年の冬には(夏は資料がない)、プランクトンの密度は東京湾内では小さいが、浦賀水道では東京湾水が外洋水と混じり、珪藻が増殖するために大きくなるという。しかし現在では、珪藻量は湾北部で大きく、南部で小さく、浦賀水道では更に減少することは、Table 2, Fig. 3により明らかである。

一般に、東京湾に流入する外洋水は、千葉県寄りを通り、湾水は神奈川県寄りを通して流出することが知られている。この流れの型はプランクトン性状からも解析されている(YAMAZI, 1955<sup>20)</sup>; 門田, 広瀬, 1967<sup>21)</sup>)。東京湾水は、しばしば三浦半島南端の城ヶ島付近に現れ、珪藻濃密部を形成することがある(AIKAWA, 1963)<sup>4)</sup>。近年におけ

Table 6. Cell number of Bacillariophyceae in the 1-liter surface seawater collected at stations south of Miura Peninsula on January 11, 1974 (KT-74-1). (Refer to Fig. 1)

| Station                          | 1         | 2         | 3         | 4         | 5         |           |
|----------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Location                         | Lat. (N)  | 35°07.5'  | 35°06.8'  | 35°06.0'  | 35°04.5'  | 35°03.0'  |
|                                  | Long. (E) | 139°40.2' | 139°40.0' | 139°40.0' | 139°40.0' | 139°40.0' |
| Total Bacillariophyceae          |           | 27104     | 2784      | 4240      | 92        | 110       |
| <i>Chaetoceros debilis</i>       |           | 2960      | 968       | 632       | 0         | 0         |
| <i>C. didymus</i>                |           | 2240      | 40        | 72        | 0         | 0         |
| <i>C. radicans</i>               |           | 480       | 72        | 224       | 0         | 0         |
| <i>Coscinodiscus excentricus</i> |           | 288       | 8         | 0         | 0         | 0         |
| <i>Eucampia zodiacus</i>         |           | 2240      | 472       | 808       | 0         | 0         |
| <i>Rhizosolenia setigera</i>     |           | 3040      | 224       | 424       | 0         | 10        |
| <i>Skeletonema costatum</i>      |           | 2480      | 0         | 168       | 0         | 0         |
| <i>Thalassiosira decipiens</i>   |           | 2064      | 16        | 208       | 0         | 0         |
| <i>T.</i> sp. (small)            |           | 11232     | 832       | 1416      | 0         | 64        |
| Others                           |           | 80        | 152       | 288       | 92        | 36        |

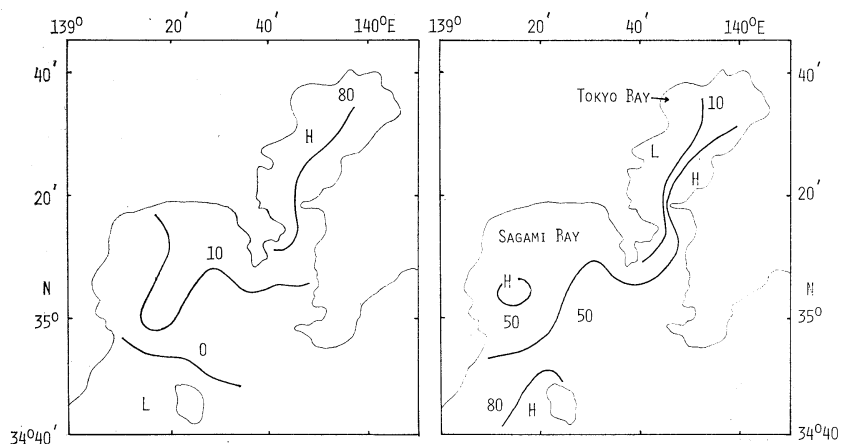


Fig. 5. Percentage distribution of *Skeletonema costatum* (left) and *Chaetoceros* (right) to total phytoplankton in December 1931. (after AIKAWA, 1936)

るその1例として、1974年1月、三浦半島南方(139°40'E)の5点(Fig. 1, St. 1~5)で表面水中の珪藻組成を調べた結果(Table 6)、沿岸寄りの3点では、典型的な東京湾組成(*Chaetoceros debilis*, *C. didymus*, *C. radicans*, *Eucampia zoodiacus*, *Rhizosolenia setigera*, *Skeletonema costatum*, *Thalassiosira decipiens*)が現れ、三浦半島に沿ったこの海域では東京湾起源の水が極めて純粋に保たれていることを示した。一方、その沖合の2点ではその影響は全く認められなかった。更に、三浦半島西方35°10'N上のSt. 6, 7(Fig. 1)でも、東京湾組成は全く見られなかった。

AIKAWA(1936)<sup>4)</sup>によると、東京湾水、外洋水の勢力は、それぞれ*S. costatum*と*Chaetoceros*によって示される。飯塚(1973)<sup>22)</sup>も内湾の珪藻群集の性状から、*Skeletonema* 海湾と*Chaetoceros* 海湾に分けられることを報じているが、前者は後者より内湾度が強いと考えられる。1931年冬の両種の百分率の分布(Fig. 5)から見れば、外洋水は千葉県寄りを東京湾に流入し、東京湾水は神奈川県寄りを南下していたことが分る。*S. costatum*は低率ながら相模湾北東部一帯に分布し、東京湾水の影響が相模湾内の広い範囲に及ぶことを示している。船越(1973)<sup>23)</sup>もまた近年は、東京湾の汚染が湾外に広がる場合のあることを指摘している。

## 5. 要 約

前報(丸茂, 村野, 1973)<sup>1)</sup>に引き続き、1971年5月~1972年10月に東京湾から浦賀水道にかけて、気象庁凌風丸による7回の航海で採集された表面プランクトンについて述べ、更にAIKAWA(1936)<sup>4)</sup>ほかを参照し、珪藻群集の遷移について考察を加えた。

1) 今回、東京湾に出現した主な珪藻は、*Cerataulina bergonii*, *Chaetoceros debilis*, *Eucampia zoodiacus*, *Skeletonema costatum*, *Thalassiosira decipiens*, *Nitzschia seriata*であった。

2) *S. costatum*は、東京湾と浦賀水道でははずば抜けて卓越し、平均すれば全珪藻の94%以上を占めたが、浦賀水道南方では7%にすぎなかった。

3) *S. costatum*, *T. decipiens*, *Prorocentrum* sp. は湾北部に、*C. debilis*, *E. zoodiacus*, *Exuviaella* spp. は湾南部から浦賀水道にかけて主に分布した。

4) 円石藻の1種と緑藻の*Scenedesmus*, *Spirogyra*が観察された。

5) 1927年当時の東京湾のプランクトン群集は、現在のものに比べ、次の点で著しく異なる。  
a) 動物プランクトンの占める割合がずっと大きい。  
b) *Trichodesmium*, 放散虫が出現した。  
c) 珪藻の種類数が相模湾より多かった。

6) *S. costatum* の季節変化は、1927年頃は冬極大夏極小型、1953年頃は夏極大冬極小型であったが、近年は一年中多量に出現し、この型が不明瞭になってきた。

7) *S. costatum* の最盛期の細胞数 (1 ml 中) は、羽田沖で、1972年 50, 1953年  $5 \times 10^3 \sim 10^4$ , 1972年  $5 \times 10^4$  であった。

## 謝 辞

東京湾における表面水採取に協力された気象庁 凌風丸関係の方々、並びに相模湾の試水を提供された東大海洋研究所服部明彦教授並びに淡青丸関係の方々に感謝の意を表す。終わりに、豊富なしかも正確な1930年当時のプランクトン資料がその遷移を解明するために、いかに貴重で不可欠であったかを痛感しつつ、偉大な研究成果を遺された相川広秋先生に深甚の敬意を表す。

## 文 献

- 1) 丸茂隆三, 村野正昭 (1973): 東京湾の珪藻プランクトン群集の遷移. うみ, **11**(2), 70-82.
- 2) 吉村広三 (1971): 東京湾表面水の化学的生物学的調査. 海と空, **47**(1), 19-27.
- 3) 吉村広三, 鷲 猛, 佐野 昭 (1972): 東京湾表面水の化学的調査 (2). 同上, **48**(3), 11-18.
- 4) AIKAWA, H. (1936): On the diatoms communities in the waters surrounding Japan. Rec. Oceanog. Works in Japan, **3**(1), 1-159.
- 5) 平野礼次郎 (1957): 赤潮に関する研究-I. 東京湾奥部における夏季珪藻の大増殖と赤潮について. 407-411, 水産学集成, 東大出版会.
- 6) 気象庁 (1970): 海洋観測指針. 222-223.
- 7) 福島 博, 右田嶺 紀子, 小林艶子 (1972): 東京湾のプランクトン. 昭和46年度東京湾総合調査報告書, 一部三県公害防止協議会, 160-211.
- 8) 倉茂英次郎 (1932): 東京湾に於ける鯀の分布と水理状況との関係に就て. 気象集誌, 第2集, **9**(12), 716-724.
- 9) KURASHIGE, E. (1932): Plankton distribution at Tokyo Bay in the Spring-time with reference to hydrography. Geophys. Mag., **6** (3), 275-285.
- 10) 藤谷 超 (1952): 東京湾に於ける珪藻類の年変化に就て. 内海区水研報告, **2**, 27-33.
- 11) 山路 勇 (1973): 東京湾のプランクトン. 沿岸海洋研究ノート, **10**(2), 105-109.
- 12) 千葉県 (1955): 東京湾海況調査報告. 昭和29年度国土総合開発調査, 1-76.
- 13) 東京都水産試験場 (1958): 東京都内湾における赤潮について, 第1報. 都水試出版物, No. 107, 1-100.
- 14) 菅原兼男, 佐藤正春 (1966): 東京湾の赤潮. 水産海洋研究会報, **9**, 116-133.
- 15) 菅原兼男, 佐藤正春 (1968): 赤潮観測委託結果と貝類被害について. 千葉県内湾水試調査報告, **10**, 60-78.
- 16) 菅原兼男, 佐藤正春 (1969): 赤潮観測委託結果. 同上, **11**, 21-36.
- 17) 菅原兼男, 海老原天生, 佐藤正春, 青木邦昭, 宮沢公雄, 川名順之, 飯田健二 (1967): 赤潮観測委託およびハマグリ漁場調査結果とハマグリ被害について. 千葉県内湾水試報告, **9**, 49-73.
- 18) 辻田時美 (1973): 赤潮生態学について. うみ, **11** (2), 92-99.
- 19) 小久保清治, 鈴木朝得 (1940): 本邦各地沿岸プランクトン連絡定量研究. プランクトン時報, **15**, 1-154.
- 20) YAMAZI, I. (1955): Plankton investigation in inlet waters along the coast of Japan, XVI. The plankton in relation to water movement. Publ. Seto Mar. Biol. Lab., **4**(2-3), 285-308.
- 21) 門田定美, 広瀬一美 (1967): 東京湾口 (浦賀一金谷) のプランクトン性状と海況に関する研究. I 初夏の珪藻類. 日本プランクトン研究連絡会報, 松江吉行博士還暦記念号, 47-52.
- 22) 飯塚昭二 (1973): 赤潮の生物相. 水産土木, **9**(1), 19-29.
- 23) 船越真樹 (1973): 東京湾汚濁現象調査委員会報告書. 建設省関東地方建設局企画部, 145-172.



## 魚の魚形図形に対する反応

### I. キンギョによる図形の向き弁別実験\*

井 上 実\*\*

## Response of Fish to Fish-Figures

### I. Learning Experiment for Goldfish on Discrimination of the Direction of Fish-Figures

Makoto INOUE

**Abstract:** It is an interesting problem from viewpoints of fish psychology and ethology to test whether or not fishes are able to discriminate between the directions of fish-figures, that is, the difference of two figures facing right and left toward the swimming way of the fish.

Through learning experiments, this problem was observed, using two apparatuses designed by the author, on goldfish *Carassius auratus*, and it was found that the fish was able to discriminate the difference of the direction of two fish-figures after about twenty trials, and also was able to discriminate a conditioning figure from three similar figures as shown in Fig. 5.

#### 1. 緒 言

魚が魚形図形にどのような反応を示すかを調べることは、魚の心理学あるいは視覚生理学上の研究課題であるが、行動学の立場からも興味ある課題である。行動学上の一例をあげると、魚の群れが方向転換をする際に、その群れの形は一瞬乱れるが、直ちに整然とした群れに復元するのは、群れを作る各個体が仲間相互で群れの保持に努めるからであろう。その場合の行動制御の仕組みは視覚に基づく姿勢の向き弁別に依存する度合が大きいものと思われる。また、漁業学上からは天然の餌やぎ餌に対する魚の反応が単なる移動物体に対する反応なのか、餌の形状あるいは餌の特定部分が魚の反応を引き起こす視覚信号的役割をもっているかどうかなど基礎的な研究に役立てることができる。

著者は魚の視覚運動反応に関する一連の実験の過程で、主題の問題について興味ある結果を得ている。その論文は他誌<sup>1)2)</sup>に掲載されているが、簡単に結論を述べると次のようである。ドーナツ型円形水路のなかに実験魚としてアブラハヤを入れ、水路の回りに実物大のアブラハヤの図形を同寸法、等間隔に画いたスクリーンをめぐらし、これを一定速度で回転する。体長 10 cm 以上の大型のアブラハヤは図形が頭部を先にして回転するとそれに追従し、尾部が先行するように図形を逆方向に回転すると追従行動を示さない。このことから、アブラハヤにとって魚形図形は単なる幾何的図形ではなく、何らかの生物学的意義をもつものと推論した。

このように、アブラハヤは自己に類似の魚形図形の前後の向き弁別(以下、単に向き弁別という)を行うことが認められたので、同じ方法をコイ *Cyprinus carpio* とキンギョ *Carassius auratus* に適用した。しかし、コイやキンギョの視覚運動反応はアブラハヤに比べ弱いためか、この方法で

\* 1974年7月30日受理

\*\* 東京水産大学 東京都港区港南 4-5-7 Tokyo University of Fisheries, Konan, Minato-ku, Tokyo, 108 Japan

は図形の向き弁別については明らかな結果は得られなかった。従って、これらの魚種について魚形図形の向き弁別の可能性を調べるためには、他の方法を採用する必要がある、ここではキンギョを用いて2種類の学習箱による実験を行った。

実験の結果、キンギョは魚形図形の向き弁別を行うことが認められた。本実験でキンギョを実験魚としたのは、ROWELY<sup>3)</sup>によってキンギョの図形弁別能力が優れていることが指摘されているからである。

2. 実験装置・方法

装置 A—実験 1: 予備的な方法として、Fig. 1 にみられるような透明アクリル製の学習箱を装置 A とした。これは、かつて著者が魚の傾斜感覚を調べた際に考案した装置<sup>4)</sup>である。装置全体は左右両方向に傾斜するようになっているが、本実験では常に水平に保った。中央の出発箱から二つの撰択通路が出ており、通路の終点下方に餌箱がある。この餌箱の上、すなわち、通路の終点に提示図形を置く。出発箱と通路の間には上下開閉ドアを挿入する。餌箱及びそのなかの餌は出発箱の魚

からは見えない位置にある。

提示図形は Fig. 1 に示したように、白色アクリル板 (10 cm 平方) に書き、F<sub>1</sub> (実験魚の進行方向に対して、魚形頭部が左側にあるもの) と F<sub>2</sub> (魚形頭部が右側にあるもの) で、両方とも同形・同寸法である。F<sub>1</sub> を条件づける原図形とし、F<sub>1</sub> を挿入した通路の終点を目標区画とする。

装置 A をガラス水槽 (90×45×45 cm) に入れる。学習箱には餌の残渣や魚の排泄物が沈殿するので、学習箱の水はろ過装置をつけた水槽内の水と2日ごとに交換した。

実験の手続きは、まず左右の通路終点に提示図形を挿入し、原図形側の餌箱に配合餌料のペレットを数粒ガラス管を通して投入する。F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> の挿入位置は試行ごとに交代する。出発箱のドアを開けたとき、魚が F<sub>2</sub> 側の通路に向った場合は、ガラス棒で魚の背を軽く叩き出発箱へ戻す。なお、ドアを開けたとき、魚の頭部がいずれか一方の通路に面していると、魚はのそのままその通路を進

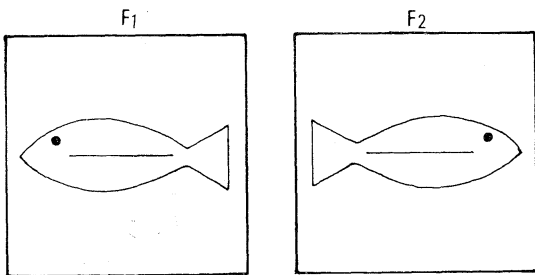
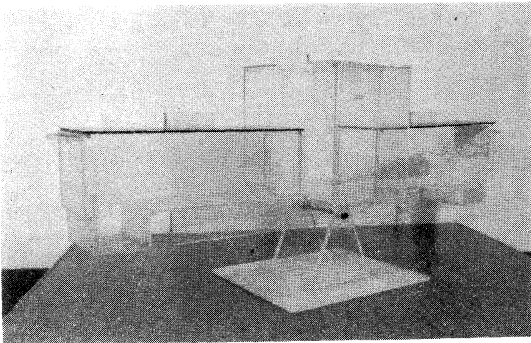


Fig. 1. Apparatus A and presentation figures F<sub>1</sub> and F<sub>2</sub>.

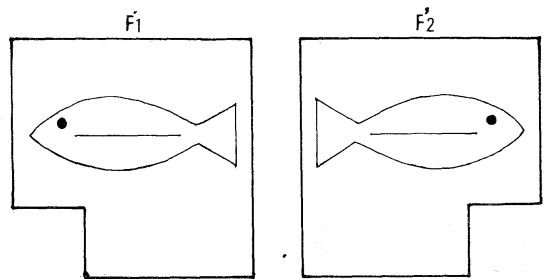
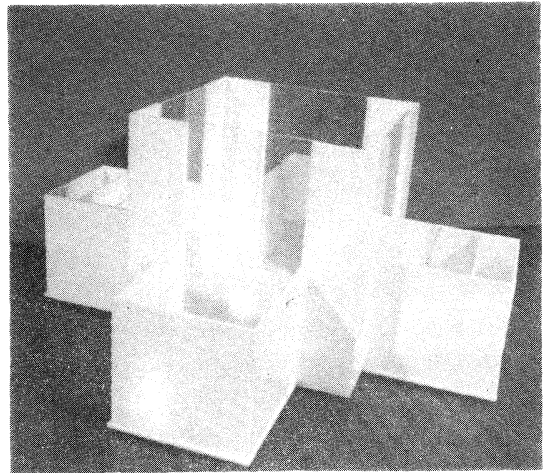


Fig. 2. Apparatus B and presentation figures F<sub>1'</sub> and F<sub>2'</sub>.

行ってしまうので、ドアの開放は魚が左右のいずれの通路にも面していないときを選ぶ。試行は1日に2回、午前と午後、ほぼ定時に行う。学習獲得は索餌に要する時間の短縮と誤反応発生回数の減少を指標とする。ただし、試行の最終段階では餌を与えない。

**装置 B—実験 2:** 装置 B は Fig. 2 のように四角形の出発箱と、その各側面から出た四つの選択通路をもつ学習箱で、材料はアクリル白色板である。ただし、出発箱の通路につながる壁面には透明アクリル板を使用し、実験魚がその透明板を通して提示図形を透視できるようにした。4方向の通路の出口を同時に開くため、Fig. 3 にみられるような4枚の透明アクリル板を組み合わせたドアを用いる。各通路は Fig. 3 のように左回りに A, B, C, D とする。

図形板は通路の終点から通路の長さの 1/3 のところに挿入し、 $F_1'$  を挿入した後側を目標区画と

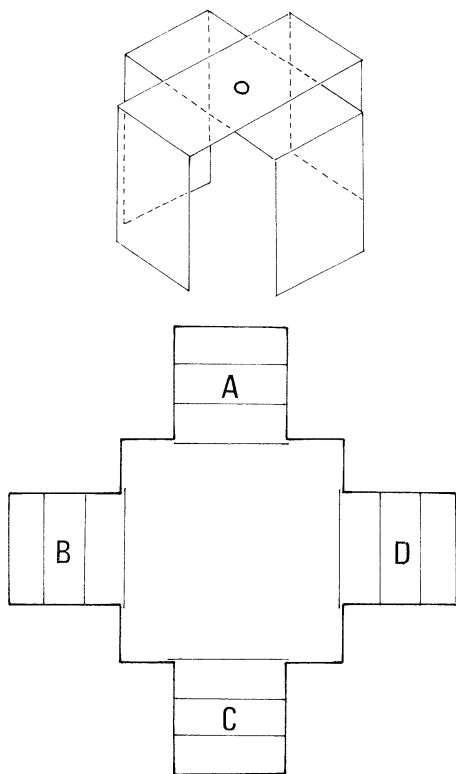


Fig. 3. A door and the position of alleys marking with A-D in apparatus B.

する。4枚の図形板のうち2枚には Fig. 2 と同様な二つの魚形を画き、他の2枚は白色のまま用いた。本装置は実験1と同じ寸法の水槽に入れる。

装置 B では通路は4方向であるから、実験魚による通路の選択確率は 1/4 であり、装置 A では 1/2 である。従って、装置 B では魚形を画いた図形板を4枚入れた場合、装置 A より学習獲得の判定の精度は高く、主観的に陥りやすい学習実験の欠点を補うことができる。

実験の手続きは実験1とほとんど変りなく、 $F_1'$ 、 $F_2'$  図形板を挿入する位置は4通路でランダムに変更する。

**装置 B—実験 3・4:** 装置 B を用いて実験3と4を行った。実験2と実験3の違いは、装置 B の4通路に障壁板を1枚ずつ挿入することである。実験3と実験4の違いは提示図形の相違である。

障壁板は 10 cm 平方の透明アクリル板で、Fig. 4 にみられるように一隅を 2 cm 平方に切り取り、出入口とする。障壁板と図形板を通路に挿入すると、各通路は3区画に区分されるので、それぞれの区画をⅠ区画、Ⅱ区画、Ⅲ区画として、原図形を挿入した後側のⅢ区画を目標区画とする。

障壁板を挿入する理由は次の通りである。障壁板がない実験2では、実験魚は出発箱を出て図形板の出入口を通過すると直ちに目標区画に到達するので、比較的少ない回数の訓練で学習を獲得できる。その反面、誤反応により目標区画に入る回数も多い。障壁板を挿入した場合、Fig. 4 のように障壁板の出入口と図形板の出入口はそれぞれ左右反対位置にあるので、通路は迷路状となり、魚が出発箱から目標箱まで到達するのに、Ⅰ区画、

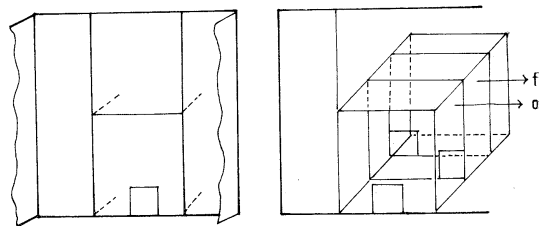


Fig. 4. An alley inserted an obstructive plate (o) and a figure plate (f) in apparatus B.

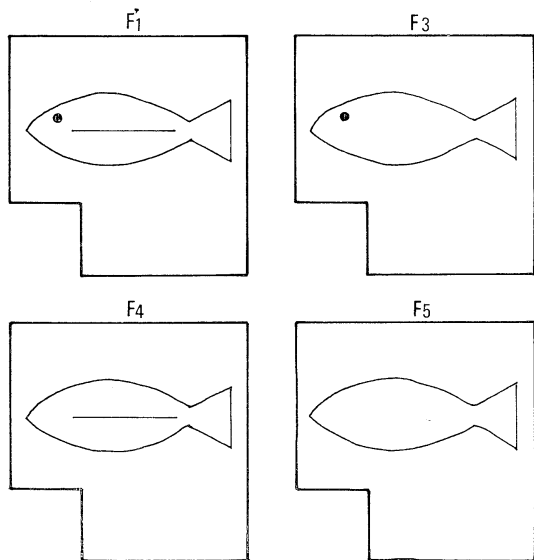


Fig. 5. Four presentation figures  $F_1'$ ,  $F_3$ ,  $F_4$  and  $F_5$  used in apparatus B.

II区画の狭い空間で2回体の向きを変更しなければならず、出発箱から直線的に目標区画に進む場合に比べ、はるかに前進、後退が困難になる。従って、魚に索餌要求が強くなければ目標区画に入ることに回避傾向が生じ、その結果、魚の魚形選択の誤反応発生回数は減り、実験2より正確に魚の学習獲得の判定を行うことができるように思われる。

実験4では Fig. 5 に示す提示図形を4枚用いた。提示図形は原図形  $F_1'$  に類似のもので、 $F_1'$  に学習した魚は類似図形を弁別できるかどうかを調べた。

実験1~4では、装置に順応させるため3日間魚を装置に放置したまま、すべてのドアを開放し、通路の終点で給餌し装置に慣らす。試行は4日目から行い、試行開始前に実験魚を出発箱に閉じ込め、30分間図形を提示した後ドアを開く。

実験キンギョは市販のもので、数か月ガラス水槽で飼育した後、体長6~7cmのものを各実験に1尾ずつ使用した。ただし、実験3と実験4とは同じ個体である。飼育・実験期間中、餌は配合飼料のペレット(1粒0.2g)を1日5~6粒与えた。実験期間は1972年1月5日から同年6月18日であり、この間の水温は18~23°Cであった。

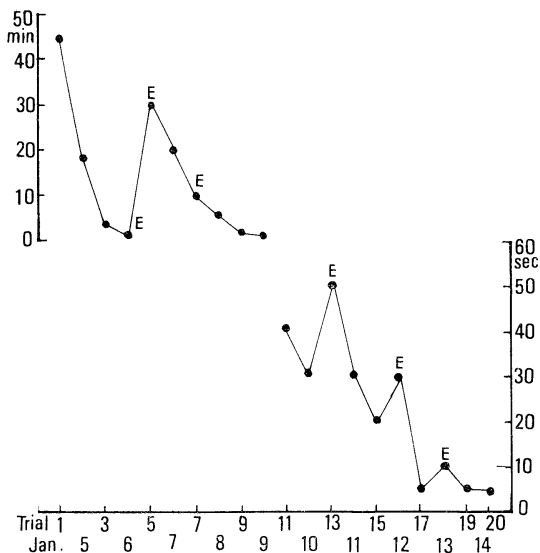


Fig. 6. Learning curve of goldfish for the conditioning figure  $F_1$  in apparatus A.

Note: Ordinate shows the time required to reach expected goal by a test fish. E means the trial occurring an error or errors.

Table 1. Record of Experiment 2 on goldfish showing the formation of a learning towards  $F_1'$  in apparatus B.

| Date   | Time of trail | Position of figs. in alley |        | Time required to reach the expected goal | Error |
|--------|---------------|----------------------------|--------|--|-------|
|        |               | $F_1'$                     | $F_2'$ |  |       |
| May 10 | AM            | A                          | D      | 25 min                                   | 4     |
|        | PM            | A                          | C      | 20                                       | 4     |
| 11     | AM            | B                          | D      | 15                                       | 4     |
|        | PM            | D                          | B      | 15                                       | 3     |
| 12     | AM            | A                          | D      | 25                                       | 4     |
|        | PM            | B                          | C      | 3  | 3     |
| 13     | AM            | A                          | D      | 10                                       | 3     |
|        | PM            | C                          | D      | 3  | 2     |
| 14     | AM            | C                          | A      | 1  | 2     |
|        | PM            | D                          | A      | 20 sec                                   | 1     |
| 15     | AM            | B                          | A      | 10                                       | 1     |
|        | PM            | A                          | C      | 10                                       | 2     |
| 16     | AM            | C                          | D      | 5  | 0     |
|        | PM            | D                          | A      | 10                                       | 1     |
| 17     | AM            | A                          | B      | 5  | 0     |
|        | PM            | D                          | B      | 10                                       | 1     |
| 18     | AM            | C                          | A      | 3  | 0     |
|        | PM            | A                          | C      | 3  | 0     |
| 19     | AM            | D                          | A      | 3  | 0     |
|        | PM            | B                          | C      | 3  | 0     |

Note: Fish-figures  $F_1'$  and  $F_2'$ , and the position of four alleys are shown in Fig. 2 and Fig. 3, respectively.

Table 2. Record of Experiment 3 on goldfish showing the formation of a learning towards  $F_1'$  in apparatus B with obstructive plates in the alleys.

| Date      | Time of trial | Time required to reach the expected goal | Figs. and sections of alley | Alley       |             |             |             |
|-----------|---------------|--|-----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|           |               |  |                             | A           | B           | C           | D           |
| May<br>25 | AM            | 40 sec                                   | Figs.<br>I                  | 6           | $F_1'$<br>5 | 3           | $F_2'$<br>5 |
|           |               |  | II                          | 1           | 2           | 1           | 0           |
|           |               |  | III                         | 0           | 1           | 0           | 0           |
|           | PM            | 30                                       | Figs.<br>I                  | 4           | $F_2'$<br>6 | 5           | $F_1'$<br>5 |
|           |               |  | II                          | 1           | 2           | 3           | 2           |
|           |               |  | III                         | 0           | 1           | 1           | 1           |
| 26        | AM            | 30                                       | Figs.<br>I                  | 10          | $F_2'$<br>8 | 6           | $F_1'$<br>8 |
|           |               |  | II                          | 2           | 2           | 1           | 3           |
|           |               |  | III                         | 0           | 1           | 1           | 1           |
|           | PM            | 25                                       | Figs.<br>I                  | 5           | $F_1'$<br>4 | $F_2'$<br>6 | 5           |
|           |               |  | II                          | 1           | 2           | 3           | 1           |
|           |               |  | III                         | 0           | 1           | 1           | 0           |
| 27        | AM            | 25                                       | Figs.<br>I                  | 7           | $F_2'$<br>5 | $F_1'$<br>6 | 6           |
|           |               |  | II                          | 2           | 2           | 1           | 1           |
|           |               |  | III                         | 0           | 1           | 1           | 1           |
|           | PM            | 20                                       | Figs.<br>I                  | $F_1'$<br>3 | 3           | 4           | $F_2'$<br>3 |
|           |               |  | II                          | 2           | 1           | 1           | 2           |
|           |               |  | III                         | 1           | 0           | 0           | 1           |
| June<br>1 | AM            | 55                                       | Figs.<br>I                  | 2           | $F_2'$<br>2 | 1           | $F_1'$<br>1 |
|           |               |  | II                          | 1           | 1           | 1           | 1           |
|           |               |  | III                         | 1           | 0           | 0           | 1           |
|           | PM            | 30                                       | Figs.<br>I                  | $F_2'$<br>1 | 1           | $F_1'$<br>1 | 2           |
|           |               |  | II                          | 0           | 0           | 1           | 1           |
|           |               |  | III                         | 0           | 0           | 1           | 1           |
| 2         | AM            | 20                                       | Figs.<br>I                  | 0           | $F_1'$<br>1 | $F_2'$<br>1 | 1           |
|           |               |  | II                          | 0           | 1           | 1           | 0           |
|           |               |  | III                         | 0           | 1           | 0           | 0           |
|           | PM            | 10                                       | Figs.<br>I                  | 0           | $F_2'$<br>1 | $F_1'$<br>1 | 0           |
|           |               |  | II                          | 0           | 1           | 1           | 0           |
|           |               |  | III                         | 0           | 1           | 0           | 0           |
| 3         | AM            | 10                                       | Figs.<br>I                  | $F_2'$<br>0 | 0           | 0           | $F_1'$<br>1 |
|           |               |  | II                          | 0           | 0           | 0           | 1           |
|           |               |  | III                         | 0           | 0           | 0           | 1           |
|           | PM            | 6  | Figs.<br>I                  | $F_1'$<br>1 | $F_2'$<br>0 | 0           | 0           |
|           |               |  | II                          | 1           | 0           | 0           | 0           |
|           |               |  | III                         | 1           | 0           | 0           | 0           |

Note: Figures in sections I-III show the number of entering of fish in one trial. Omitted the records of the trials made during May 27th to 31st.

Table 3. Record of Experiment 4 on goldfish, which obtained the learning towards  $F_1'$  in the previous Experiment 3, showing the formation of a learning for the discrimination of  $F_1'$  from three modified figures  $F_3$ ,  $F_4$  and  $F_5$ .

| Date   | Time of trial | Time required to reach the expected goal | Figs. and sections of alley | Alley       |             |             |             |
|--------|---------------|--|-----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|        |               |  |                             | A           | B           | C           | D           |
| June 9 | AM            | 8 min                                    | Figs. I                     | $F_4$<br>8  | $F_5$<br>6  | $F_3$<br>3  | $F_1'$<br>5 |
|        |               |  | II                          | 0           | 0           | 1           | 2           |
|        |               |  | III                         | 0           | 0           | 0           | 1           |
|        | PM            | 17                                       | Figs. I                     | $F_1'$<br>5 | $F_5$<br>5  | $F_4$<br>5  | $F_3$<br>6  |
|        |               |  | II                          | 1           | 0           | 1           | 1           |
|        |               |  | III                         | 1           | 0           | 1           | 0           |
| 10     | AM            | 7  | Figs. I                     | $F_5$<br>5  | $F_1'$<br>5 | $F_3$<br>5  | $F_4$<br>8  |
|        |               |  | II                          | 1           | 2           | 3           | 2           |
|        |               |  | III                         | 0           | 1           | 0           | 1           |
|        | PM            | 12                                       | Figs. I                     | $F_4$<br>12 | $F_3$<br>8  | $F_1'$<br>6 | $F_5$<br>8  |
|        |               |  | II                          | 2           | 2           | 1           | 3           |
|        |               |  | III                         | 0           | 1           | 1           | 1           |
| 15     | AM            | 2  | Figs. I                     | $F_4$<br>1  | $F_5$<br>2  | $F_1'$<br>3 | $F_3$<br>0  |
|        |               |  | II                          | 0           | 0           | 3           | 0           |
|        |               |  | III                         | 0           | 0           | 1           | 0           |
|        | PM            | 2  | Figs. I                     | $F_3$<br>1  | $F_1'$<br>1 | $F_4$<br>0  | $F_5$<br>1  |
|        |               |  | II                          | 1           | 1           | 0           | 1           |
|        |               |  | III                         | 1           | 1           | 0           | 0           |
| 16     | AM            | 1  | Figs. I                     | $F_1'$<br>3 | $F_4$<br>2  | $F_5$<br>0  | $F_3$<br>1  |
|        |               |  | II                          | 2           | 0           | 0           | 0           |
|        |               |  | III                         | 1           | 0           | 0           | 0           |
|        | PM            | 1  | Figs. I                     | $F_5$<br>2  | $F_3$<br>2  | $F_4$<br>0  | $F_1'$<br>1 |
|        |               |  | II                          | 1           | 1           | 0           | 1           |
|        |               |  | III                         | 0           | 0           | 0           | 1           |
| 17     | AM            | 30 sec                                   | Figs. I                     | $F_5$<br>1  | $F_4$<br>1  | $F_3$<br>1  | $F_1'$<br>1 |
|        |               |  | II                          | 1           | 1           | 1           | 1           |
|        |               |  | III                         | 1           | 1           | 0           | 1           |
|        | PM            | 30                                       | Figs. I                     | $F_1'$<br>1 | $F_3$<br>1  | $F_4$<br>1  | $F_5$<br>1  |
|        |               |  | II                          | 1           | 0           | 0           | 0           |
|        |               |  | III                         | 1           | 0           | 0           | 0           |
| 18     | AM            | 10                                       | Figs. I                     | $F_3$<br>0  | $F_1'$<br>1 | $F_4$<br>0  | $F_6$<br>0  |
|        |               |  | II                          | 0           | 1           | 0           | 0           |
|        |               |  | III                         | 0           | 1           | 0           | 0           |
|        | PM            | 6  | Figs. I                     | $F_4$<br>0  | $F_5$<br>0  | $F_1'$<br>1 | $F_3$<br>1  |
|        |               |  | II                          | 0           | 0           | 1           | 0           |
|        |               |  | III                         | 0           | 0           | 1           | 0           |

Note: Four fish-figures are shown in Fig. 5. Omitted the records of the trials made during June 10th to 14th.

### 3. 実験結果

**実験 1:** 実験魚に対して原図形  $F_1$  とそれと反対向きの図形  $F_2$  との弁別実験を行った。その結果は Fig. 6 に示されるように、試行回数の増加とともに目標区画到達時間は減少し、20 回目の試行でドアを開けてから 5 秒以内で目標区画に到達したので、学習は完成し、実験魚は魚形図形の向き弁別を行ったものとみなした。

**実験 2:** 本実験の目的は実験 1 と同じである。試行の初期段階では Table 1 にみられるように誤反応の発生回数は多い。この場合の誤反応とは実験魚が原図形挿入の目標区画以外の通路終点に入った行動を指し、通路の途中から出発箱に引き返した場合は誤反応とはみなさない。

初期段階の試行では、実験魚は目標区画に入り索餌するまでに 25 分を要し、誤反応を 3 ないし 4 回行っている。これは目標区画に到達するまでに各通路の出入口を順番に出入りしたためで、一種の探究行動とも考えられる。試行が進むにつれ索餌までの時間は次第に減少するが、誤反応はしばしば繰り返された。しかし、試行 10 回目ぐらいから索餌までの時間は 1 分以下となり、同時に誤反応の発生も減少し、試行 16 回目からは誤反応はなくなった。従って、索餌までに要する時間の減少と、誤反応の発生回数の減少とを合わせて学習の獲得を推定した。

**実験 3:** 通路に障壁板が入っているため、実験魚は通路の I 区画では比較的容易に方向転換するものの、II 区画までくると方向転換はむづかしいようで、そのまま III 区画まで進む傾向がしばしば見受けられた。そのことは一方では、魚に II 区画、III 区画に入ることに回避傾向を生じることを示唆している。

試行初期段階では、Table 2 のように実験 2 と比べて索餌するまでの時間は多少長くかかるようであるが、実験 2 と比べ III 区画まで到達する誤反応の発生回数は少なく、障壁板の効果は十分認められた。

**実験 4:** 実験 3 により原図形  $F_1'$  に学習した魚を用いて、 $F_1'$  に類似の 3 枚の図形を提示し、 $F_1'$  を弁別できるかどうかを調べた。本実験は眼球模

様が頭部の図形的特徴を強調していると思われるので、眼球模様が向き弁別の手掛りになるかどうかを調べるために行ったものである。

実験結果は Table 3 に示されるが、試行 5 回から 12 回の結果は省いた。初期の試行で明らかのように、実験魚は  $F_1'$  挿入の目標区画に直ちに入らず、目標区画のある通路以外の I・II 区画に誤って入る回数は多かった。また、眼球模様がない  $F_4$ 、 $F_5$  と眼球模様のある  $F_3$  に対する誤反応の発生回数には差がないので、眼球模様が向き弁別に特別な役割をもっているとはいえない。同時に、 $F_1'$  に学習した魚が  $F_1'$  に類似の 3 枚の図形から  $F_1'$  を弁別できるとはいえないことも判明した。

しかし、試行を続けてゆくと、10 回目ぐらいから  $F_1'$  挿入通路以外の II 区画に誤って入る回数は次第に減少し、更に III 区画に誤って入る誤反応回数は一層減少した。13 回目以後は 4 種の提示図形のうち  $F_1'$  を直接選択する傾向が目立ち、20 回目の試行では誤反応はなく、4 種の図形から  $F_1'$  図形を 5 秒以内に選択した。従って、20 回の試行で原図形と類似図形との弁別学習が完成したといえる。

### 4. 考 察

魚に魚形図形の向き弁別をさせることは、その魚の進行方向に提示した図形の頭部が右向きか、あるいは左向きかを区別させることである。実験魚にとって弁別の手掛りになるのは図形の左右における形状の相違であり、その相違は主として頭部の形状と尾部の形状によるものであろう。その場合、眼球模様が頭部と尾部の形状の違いを強調するのに役立つかどうかを調べることは興味がある。実験 1~3 からキンギョは魚形図形の向き弁別は可能であることが明らかになったので、実験 4 では眼球模様のある図形とない図形を、既に向き弁別学習を獲得した魚に提示し、眼球模様が弁別の手掛りになるかどうかを調べた。その結果から眼球模様が弁別上の手掛りにはならず、図形の輪郭の左右の違いが手掛りになっているものと判断された。しかし、この問題は今後の実験で更に明らかにしたい。

また、装置 B では Fig. 2 にみられるように図形板に出入口の切り込みがあり、切り込み側に魚形の頭部が画かれているので、その切り込みが図形以外の左右の不均衡を目立たせているとも考えられる。しかし、装置 A で図形板に出入口がなくても実験魚は図形の向き弁別を行い、また、装置 A と装置 B とでの学習獲得までの試行回数はほぼ同じであるから、魚は出入口の切り込みそのものにより、あるいは切り込みと関連させて図形を弁別させたとはいえない。

以上の結果からみて、魚は極めて単純な魚形図形でも頭部・尾部のように左右が非対称であれば、その図形の向き弁別が可能であると考えられる。そのことは、提示図形は魚形でなくとも左右非対称の図形であれば、その図形の向きを弁別できることを示唆している。

## 5. 要 約

キンギョが魚形図形の向き弁別を行うかどうかを、学習箱 (装置 A, B) を用いて 4 種類の実験を行い、次の結果を得た。

1) 装置 A 及び B に入れたキンギョは 20 回ぐらいの試行で、魚形図形の向き弁別学習を完成させた。

2) キンギョは原図形と類似の 3 種の図形との弁別を 20 回ぐらいの試行で完成させた。

3) キンギョによる図形の向き弁別の手掛りについては明らかではないが、提示された 2 枚の図形の輪郭の左右における相対的な相違のように考えられる。

4) 装置 A と装置 B との違いは、A では出発箱から目標区画への通路が二つ、B では四つであり、選択確率は B の方が高い。

また、B の通路は障壁板を入れたので迷路状になり、通路終点に到達しにくく、それだけ誤反応は減少する。従って、B の方が学習獲得の判定の精度は高いといえる。

## 文 献

- 1) 井上 実, 近藤友義 (1972): 魚の視覚運動反応と漁法. I. 刺激模様と魚の反応. 東水大研究報告, 58(1-2), 9-16.
- 2) 井上 実, 近藤友義 (1973): 移動する魚形図形に対するアブラハヤ・カタクテイワシの形態視覚. 東水大研究報告, 59(2), 55-67.
- 3) ROWLEY, J.B. (1934): Discrimination limens of pattern and size in the goldfish *Carassius auratus*. Genet. Psychol. Monogr., 15, 245-302.
- 4) INOUE, M. (1968): A preliminary test on the response of carp and goldfish to gradient of an alley. J. Tokyo Univ. Fish., 55(1), 69-76.



## 日仏海洋学会賞受賞記念講演 大洋における光学的性質に関する研究\*

松 生 治\*\*

### Recherche sur les propriétés optiques de l'eau en plein océan

Kanau MATSUIKE

この度、日仏海洋学会賞を頂き、誠に身にあまる光栄を感じますと共に恐縮いたしております。皆様のお励ましを心にきざみ努力してまいりたいと思っております。今後ともよろしく御叱正の程御願ひ申し上げます。

私がお話申し上げますことは「大洋における光学的性質に関する研究」と題しますもので、日仏海洋学会誌、第11巻、第1号に掲載して頂きましたものであります。

1961年頃より東京水産大学の練習船海鷹丸に乗船して、北太平洋、東部インド洋及び南極洋において光学的観測を行い、これに基づきまして次の三つのことについて検討したものであります。

第1は、spectral な面からみた大洋における海中の光学的構造及び特徴について、第2は、大洋における可能日射量及び海面到達日射量について、第3は、海中太陽エネルギーの分布について、であります。

第1の spectral な面からみた大洋における海中の光学的構造及び特徴に関しましては、blue, green 及び amber の3種類の色フィルターと表面コレクターを用いた水中照度計を使用しまして、各海域の連続した測点において、表層より140m深までの上方向の放射照度と下方向の放射照度をフィルター別に測定し、これらの値から相対照度、消散係数及び放射照度比を算出しまして、各海域の光特性及び波長間強度比の面から、海中における光学的構造を吟味したものであります。データ処理の面での特徴としましては、従来用いられている鉛直消散係数は、太陽高度によって変化いたしますので、光の減衰の度合か

ら海域を比べようとする場合には都合が悪いのであります。従って、太陽が常に天頂にあるときの値に補正しなければなりません。その結果、海域の違いや水塊構造によってかなり大きな差があることがわかりました。例えば、南極海域、亜南極海域、南極収束線海域、黒潮海域及び東部インド洋海域は、波長別ろ光特性、放射照度比、波長間強度比の各面で、それぞれ異なった光学的性質を持っていることや、水塊と水塊との接合部では光学的性質に著しい特異性があることなど、多くの興味深い現象がわかりました。これらのことは、海洋における水塊の光学的分類につながるものであります。又、これらの海中における光学的現象の相違は海中に存在する有機・無機の懸濁物質や溶解有機物の量、組成などの差の総合的結果として現われているものでありますから、波長別での測定がこれらの物質との関連を吟味する上で有意義であります。

以上のように、相対的な値により海域を比べることは出来ませんが、より知りたいことは、このような光学的手段よりみた海域の比較とか相違とかではなく、海中に存在している光の絶対量であると思います。このためには、海面に到達している太陽エネルギー・フラックスの分布を知らなければなりません。しかしながら、大洋の洋上における系統的な観測はほとんど行われておらず、又現在までに報告された種々の日射量の算出式はそれぞれかなり異なった値を出します。このことにつきまして、ASHBURN (1963) や TABATA (1964) からも指摘しております。更に、これらの算出式の中に用いられている可能日射量につきましては、UKRAINTSEV (1939) が北半球の広い範囲にわたって計算したデータがありますが、BUDYKO (1956) は彼の値が大きすぎることを指摘し、その理由を述べております。

\* 1974年5月30日、日仏会館(東京)にて講演  
Résumé de la conférence faite le 30 Mai 1974  
après la remise du Prix de la Société franco-japonaise d'océanographie

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

このようなわけで、第2に北太平洋、東部インド洋及び南極洋の全航海中をとおして、日射量、雲量、雲形及び太陽正面の雲の観測を行い、可能日射量及び海面到達日射量につきまして、大洋上のデータより検討し、算出式を導きました。

更にそれを用いまして、ほとんど全大洋における一年中の日射量につきまして算出を試みました。算出の方法は、季節変化を考慮した太陽常数と海面日射量を直達光の式

$$IH = J_0 \frac{r_m^2}{r^2} \sin a e^{-KH \operatorname{cosec} a}$$

の形におき、ここに

$IH$ : 水平面上の日射量

$r$ : 太陽と地球間の実距離

$r_m$ : 太陽と地球間の平均距離

$H$ : 天頂における大気層の厚さ

$K$ : 消散係数

$J_0$ : 太陽常数

$a$ : 太陽高度

であります。 $e^{-KH}$  を  $q$  とおいて、

空からの散乱光に起因する  $q$  の変化を太陽高度別に吟味しました。その結果、晴天の日における  $q$  と太陽高度との関係は、

$$q = 1 - 0.233 \sin a - 0.0447 \sin 3a - 0.0225 \sin 5a \dots$$

の関係式で表わされます。この値はなだらかな曲線上に分布し、且つ分布のばらつきも少ないので、大洋の洋上における水蒸気や塵埃などの  $q$  の値に及ぼす影響は無視出来るものと考えまして、空からの散乱光によって起こる  $q$  の変化はただ太陽高度の関数として表わすことが出来ると考えました。この関係を用いまして、可能日射量の算出を試みました。算出した範囲は、南北両半球にわたる  $65^\circ\text{N} \sim 65^\circ\text{S}$  までの一年間のすべての月についてであります。その結果は、UKRAINTSEV の値より各緯度とも約 10% 小さい値となり、BUDYKO の指摘を考えあわせるとかなり適当な値であるものと思われまます。

本来、空中においては太陽からの直達光と空からの散乱光とを別々に取り扱うのが普通でありまして、このように直達、散乱両光を一緒にして直達の式に入れることは理論的ではありません。しかしながら、年月、海域の相違があっても観測値から算出した  $q$  の値はあまりばらつかないので、 $q$  の値を多少修正することで実際に利用することが出来ると思えます。

次に、雲による日射の減衰を検討して次の式を得ております。

$$Q = Q_0 (1 - 0.026 C^{1.3})$$

ここに、 $Q$ : 海面日射量、 $Q_0$ : 可能日射量、 $C$ : 雲量であります。

以上述べました可能日射量及び雲による日射の減衰比の関係に、50~60年間の雲量データ (The U.S. Navy Marine Climatic Atlas of the World) を引用して海面日射量の算出を行いました。

次に海面境界層が問題になります。海面における光の反射率は COX and MUNK (1956) を引用して算出しております。彼等は海面が平滑な時と荒れている時について算出しておりますが、荒れている時には海面傾斜の確率分布より、Fresnel の式を用いております。

従って、各海域での海況データの統計を使用しまして、各海域の海面反射量を算出し、海中透入量を算出しました。

第3に、各海域の季節別な光の透入量と第1で述べました、海中の spectral な光学的構造の結果を基にしまして、各海域での海中の太陽エネルギー分布の月別、水深別変化及び年間量の算出を試みました。その結果、海中の太陽エネルギー分布は、海中の光学的性質によって大きく影響され、例えば夏期南極洋の場合を取り上げてみますと、海面到達日射量にはほとんど変化がないのにかかわらず、海中においてはもはや 10 m 深で、南極海域は亜南極海域の 1/3 のエネルギー量しか到達しておらず、更に両者の接触点である南極収束線海域では亜南極海域の 1/6 であり、非常に大きな差が存在しております。又、年間量で見ますと、例えば 10 m 深の場合、インド洋赤道海域を 100 としますと、インド洋赤道海域: 黒潮海域: 亜南極海域: 南極海域: 南極収束線海域では、100: 54: 44: 13: 6 の比になっております。更に観点をかえまして、生産力範囲を  $5 \text{ g} \cdot \text{cal} / \text{cm}^2 \cdot \text{day}$  と仮定しますと、年間総計の大洋における海面の単位面積当りの生産力範囲の比は、インド洋赤道海域、黒潮海域、亜南極海域及び南極収束線以南の海域で、約 100: 75: 50: 20 となっております。大洋における光学的構造及び特徴は、海洋における生物学的諸問題、海洋学的諸問題の基礎資料になると思えます。これから更に、季節変化や他の物質量との関連などを究明しなければなりません。又、大洋におけるこれらの資料を基にして、沿岸における諸問題の究明にまで進めて行きたいと考えております。

## 佐々木忠義会長のレジオン・ドヌール勲章受賞について

### Nomination de Monsieur Tadayoshi SASAKI, Président de l'Université des Pêches de Tokyo, au grade de Chevalier de l'Ordre National de la Légion d'Honneur

宇 野 寛

日仏海洋学会会長、東京水産大学長、理学博士佐々木忠義先生は昭和49年6月13日、フランス国よりレジオン・ドヌール勲章シュバリエ章 (Chevalier de l'Ordre National de la Légion d'Honneur) を受賞されました。

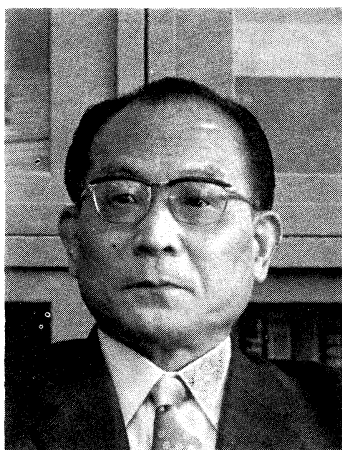
フランスと日本両国間の海洋学と水産学の交流及び海洋開発の発展に永年貢献された功績によるものであります。

佐々木先生は我が国の海洋学、水産学のリーダーであり海洋開発のパイオニアで、早くからこれらの分野における世界的な学者の一人として活躍され、その先進国であるフランスの海洋科学や海洋工学を日本に紹介されました。同時に、日本における優れた科学や工学をフランスに紹介された人でもあります。更に、昭和35年4月に日仏海洋学会を創設され、両国間の海洋に関する学術・技術の交流発展に努力されたことも大きい功績の一つとしてあげられます。

レジオン・ドヌール勲章は1802年に制定されたもので、年齢・階級・宗教に関係なく、フランス国に功労があった方々に贈られる名誉ある勲章であります。日本人としては、明治13年山縣有朋氏が初めて受賞されて以来、多くの軍人が受賞しています。

今回の受賞は海洋・水産学の分野では初めてのことであって、この分野における日本の研究活動の優れた点が認められたものと考えられます。この方面に関係ある私共にとっても誠に喜ばしい限りであります。

佐々木先生は昭和16年北海道帝国大学理学部物理学科を卒業されて後、京城帝国大学教授、理化学研究所員を経て昭和28年東京水産大学教授に就任され今日に至りました。また、昭和46年まで理化学研究所主任研究員を兼



任されました。この間、海洋学の研究特に海洋における光学の研究が続けられると共に海洋研究者・技術者の養育にたゆまぬ情熱を傾けられております。

更に、諸外国との交流にも力を尽くされ、昭和31年、文部省在外研究員としてパリ大学付属海洋研究所に留学され、フランスの優れた海洋研究者と交流されると共に、同33年フランスのバチスカーフFNRS-III号の来日に努力され、同艇艇長 G. ウオーほか多数の研究者と日本海溝を調査し、先生自か

ら3,100 mの深海に潜水し、深海研究の幕開けをされました。また、昭和37年フランスのアルキメデス (Archimède)号来日の際、オバーン副艇長及びドローズ氏と共に日本海溝で深海潜水研究を行い、10,010 m (深度計)の潜水を記録するなど、我が国海洋研究の未知の分野に自からいどまれました。

昭和48年、東京水産大学長に当選されてから、海洋公害に対処するために海洋環境工学科の設立に努力されるなど、めまぐるしく変化しつつある海洋に関する諸問題に対応するための海洋研究と教育に専心されておられます。

国際的視点から海洋をみる時、世界の国々はその地先200 マイルを経済水域とし、資源の専有を主張しつつあります。海洋資源を多角的に利用して発展してきた日本の立場はますます厳しくなる趨勢になりつつあります。

今回の受賞を契機として、我が国の海洋学、水産学及び海洋開発のリーダーとして、この困難を乗り越えるよう、一層の御努力を心からお願いすると共に先生の御健勝をお祈りする次第であります。

# 学 会 記 事

1. 昭和49年5月31日, 日仏会館, 日仏理工科会, 本学会共催で, 日仏会館会議室において, ポール・ヴァレリー大学教授フランソワ・ドゥマンジュ氏の「熱帯地域太平洋における珊瑚礁の研究とその課題」と題する講演会が開かれた。
2. 昭和49年6月14日, 日仏会館, 日仏生物学会, 本学会共催で, 日仏会館会議室において, 日仏会館研究員ジャン・ヴァスロ氏の「日本及びヨーロッパ沿岸の比較生態学的研究による海洋資源の新展望」と題する講演会が開かれた。
3. 昭和49年6月27日, 東京水産大学において編集委員会が開かれ, 第12巻第2号の編集が行われた。

## 4. 入 会

### 正会員

| 氏 名   | 所 属    | 紹介者   |
|-------|--------|-------|
| 外山 健三 | 東京水産大学 | 佐々木忠義 |

## 5. 退 会

正会員: 松井孝充, 小田 滋, 柳田正博, 平野 弘,  
 渋井 正, 林 小八, 星野 進, 大森 勝

## 6. 会員の住所, 所属の変更

### 正会員

| 氏 名     | 新住所又は新所属                        |
|---------|---------------------------------|
| 松 田 俊   | 滋賀県野洲郡野洲町小篠原 1849               |
| 新 田 忠 雄 | 新宿区市谷船河原町 6                     |
| 今 井 利 為 | 三浦市三崎町城ヶ島養老子<br>神奈川県水産試験場内      |
| 佐 藤 猛 郎 | 熊本市清水町亀井 308-4                  |
| 川 上 猛 雄 | 新宿区大京町 18 大京荘 2号館 1号            |
| 原 田 英 司 | 和歌山県西牟婁郡河浜町<br>京都大学理学部附属瀬戸臨海実験場 |
| 星 野 久 雄 | 茅ヶ崎市赤松町 8-57<br>新潟鉄工社宅 C-406    |
| 舞鶴海洋气象台 | 舞鶴市字下福井小字大野辺 901<br>舞鶴港湾合同庁舎    |

## 7. 交換及び寄贈図書

- 1) 横須賀市博物館研究報告, 第20号.
- 2) 鯨研通信, 第272~275号.
- 3) 日本海区水産研究所研究報告, 第25号.
- 4) 港湾技術研究所報告, 13(1).
- 5) 港湾技研資料, 第176~181号.
- 6) 海洋観測資料, 昭和46年度(前期).

- 7) 海洋機器開発, 6(5~7).
- 8) 国立科学博物館研究報告, 17(2).
- 9) 研究実用化報告, 23(3~7). (電通研)
- 10) 海洋産業研究資料, 5(4~6).
- 11) 東北区水産研究所報告, 第33号.
- 12) 航海, 第43号.
- 13) 日本周辺海底地形図地質図.
- 14) 日本プランクトン学会報, 20(2).
- 15) 研究報告, 6. (釜山水産大学)
- 16) 早稲田大学理工学部紀要, 第37号.
- 17) 農業土木試験場報告, 第12号.
- 18) 農業土木試験場技報, 第15号.
- 19) 淡水区水産研究所研究報告, 23(1, 2).
- 20) Ocean Age, 6(6).
- 21) Bull. Ocean Res. Inst. Univ. Tokyo, No. 6.
- 22) Instituto nacional de la pesca Cuba (serie contribuciones), 20~23, 26~28, 30~32.
- 23) Serie Boletin de divulgacion Tecnica, 2~5.
- 24) Investigaciones Pesq. Sovietico-Cubanas, 1965.
- 25) Las Pesquerias Cubanas.
- 26) Contributions of the Geophys. Ins. Kyoto Univ., No. 13.
- 27) J. of the Faculty of Marine Science and Technology, Tokai Univ., 1973.
- 28) Science et Pêche, N° 232~234.
- 29) Bulletin de l'Institut de Géologie de Bassin d'Aquitaine, N° 14.
- 30) Bulletin de l'Association de Géographes Francis, N° 413~416.
- 31) Project Alboran, N° 66.

## 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<br>ジャック・ロベール アレクシス・ドランデル  |
| 名誉会長 | ベルナル・フランク  |
| 会 長  | 佐々木忠義  |
| 常任幹事 | 永田 正, 大柴五八郎  |
| 幹 事  | 阿部友三郎, 有賀祐勝, 石野 誠, 井上 実<br>今村 豊, 岩下光男, 宇野 寛, 川原田 裕<br>神田献二, 菊地真一, 鬼頭正隆, 草下孝也,<br>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 洽, 丸茂隆三, 森田良美,  
山中鷹之助 (五十音順)

監 事 久保田 穰, 岩崎秀人

評 議 員 赤松英雄, 秋山 勉, 阿部宗明, 阿部友三郎  
新崎盛敏, 有賀祐勝, 石野 誠, 石渡直典,  
市村俊英, 井上直一, 井上 実, 今村 豊,  
入江春彦, 岩崎秀人, 岩下光男, 岩田憲幸,  
宇田道隆, 宇野 寛, 大内正夫, 大柴五八郎  
大村秀雄, 岡部史郎, 梶浦欣二郎, 金谷太郎  
川合英夫, 川上太左英, 川村輝良, 川原田 裕  
神田献二, 菊地真一, 鬼頭正隆, 草下孝也,  
楠 宏, 国司秀明, 久保田 穰, 黒木敏郎  
小林 博, 小牧勇蔵, 近藤 仁, 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, 椎野秀雄  
柴田恵司, 下村敏正, 庄司大太郎, 杉浦吉雄

関 文威, 多賀信夫, 高木和徳, 高野健三,  
高橋淳雄, 高橋 正, 田畑忠司, 田村 保,  
千葉卓夫, 辻田時美, 寺本俊彦, 冨永政英,  
鳥居鉄也, 中井甚二郎, 中野猿人, 永田 正  
永田 豊, 奈須敬二, 奈須紀幸, 新田忠雄,  
根本敬久, 野村 正, 花岡 資, 半沢正男,  
半谷高久, 菱田耕造, 日比谷 京, 平野敏行  
深沢文雄, 福島久雄, 淵 秀隆, 星野通平,  
増沢譲太郎, 増田辰良, 松井 魁, 松生 洽  
松崎卓一, 松平康男, 丸茂隆三, 三浦昭雄,  
三宅泰雄, 宮崎千博, 宮崎正衛, 元田 茂,  
森川吉郎, 森田良美, 森安茂雄, 安井 正,  
柳川三郎, 矢部 博, 山路 勇, 山中鷹之助  
山中 一, 依田啓二, 渡辺貫太郎, 渡辺精一  
(五十音順)

マルセル・ジュクラリウス, ジャン・アング  
ティル, ロジェ・ペリカ

賛 助 会 員

旭化成工業株式会社  
井 出 利 明  
株式会社内田老鶴園新社 内田悟  
梅 林 弘 直  
株式会社大林組  
小樽船用電機株式会社  
株式会社オルガノ  
株式会社 オーシャン・エージ社  
海上電機株式会社  
社団法人 海洋開発産業技術協会  
株式会社 海洋開発センター  
協同低温工業株式会社  
協和商工株式会社  
栗山ゴム株式会社  
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  
大洋電機株式会社  
株式会社高瀬鉄工所  
株式会社鶴見精機工作所  
帝國酸素株式会社  
東亜港湾株式会社  
東京工材株式会社  
株式会社東京久栄  
東京製綱織維ロープ株式会社  
東京レプ株式会社  
株式会社東邦電探

東京都千代田区有楽町 1-1-2 三井ビル  
釧路市白金町 11  
東京都千代田区九段北 1-2-1 蜂谷ビル  
東京都千代田区大手町 2-2-1 新大手町ビル7階 極東貿易株式会社  
東京都千代田区神田司町 2-3  
小樽市色内町 3-4-3  
東京都文京区本郷 5-5-16  
東京都千代田区神田美土代町 11-2 第1東英ビル  
東京都千代田区神田錦町 1-19  
東京都港区六本木 4-1-13  
東京都港区赤坂 1-9-1  
東京都千代田区神田佐久間町 1-21 山伝ビル  
東京都豊島区目白 4-24-1  
大阪市東淀川区西中島町 1-195  
東京都千代田区神田佐久間町 2-7 第6東ビル  
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  
東京都港区芝罘平町 38 日本ガス協会ビル  
高松市寺井町 1079  
東京都千代田区神田錦町 3-16  
東京都江戸川区松江 1-11-15  
横浜市鶴見区鶴見町 1506  
神戸市兵庫区高松町 1-40  
東京都千代田区四番町 5  
東京都中央区築地 4-7-1 築三ビル  
東京都中央区八重洲 3-3 八重洲口会館  
東京都中央区日本橋室町 2-6 江戸ビル  
東京都豊島区池袋 2-1120 ローズマンション 302号  
東京都杉並区上高井戸宮前 1-8-9

中川防蝕工業株式会社  
 株式会社 ナック  
 日本アクアリング株式会社  
 日本海事広報協会海の世界編集部  
 日本海洋産業株式会社  
 日本テトラポッド株式会社  
 日本テレスコム株式会社  
 社団法人日本能率協会  
 日本無線株式会社  
 有限会社ハラダ電機製作所  
 ヒエン電工株式会社  
 深田多満男  
 藤田潔  
 藤田峯雄  
 芙蓉海洋開発株式会社  
 フランス物産株式会社  
 古野電気株式会社  
 丸文株式会社  
 三井海洋開発株式会社  
 株式会社吉田製作所  
 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

東京都千代田区神田鍛冶町 2-1 東京建物ビル  
 東京都港区西麻布 1-2-7 第17興和ビル  
 東京都品川区東品川 4-9-26 南産業ビル  
 東京都港区琴平町 35 船舶振興ビル  
 東京都新宿区西新宿 2-6-1 新宿住友ビル  
 東京都港区新橋 2-1-13 新橋富士ビル9階  
 東京都港区六本木 4-11-10 六本木富士ビル  
 東京都港区芝公園 25号地  
 東京都港区芝桜川町 25 第五森ビル  
 東京都豊島区池袋 3-35  
 堺市松屋町 1-3  
 東京都港区芝虎ノ門 8 虎ノ門実業会館 深田サルページ株式会社  
 東京都新宿区四谷 3-9 光明堂ビル 株式会社ビデオプロモーション  
 東京都江東区南砂 1-3-25 株式会社 中村鉄工所  
 東京都千代田区大手町 2-3-6 タイムライフビル  
 東京都千代田区神田小川町 3-20-2 増淵ビル  
 東京都中央区八重洲 4-5 藤和ビル  
 東京都中央区日本橋大伝馬町 2-1-1  
 東京都千代田区霞ヶ関 3-2-5 霞ヶ関ビル 3002号室  
 東京都台東区上野 3-13-9  
 東京都北区西ヶ原 1-14  
 東京都千代田区神田鍛冶町 1-2 丸石ビル  
 東京都文京区向丘 1-7-17

Exploiting the Ocean by...

# T.S.K. OCEANOGRAPHIC INSTRUMENTS

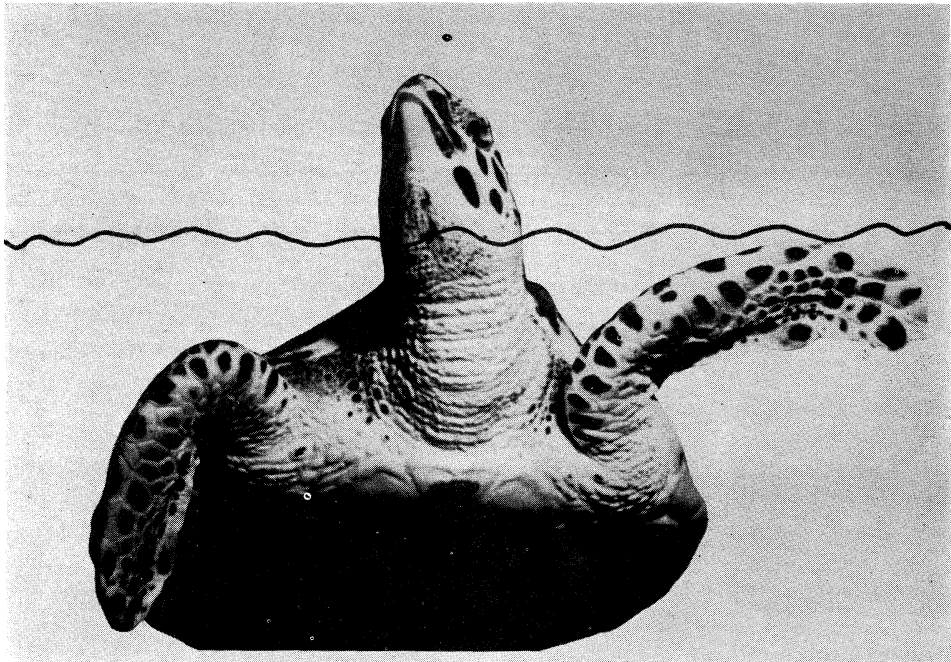
REPRESENTATIVE GROUPS OF INSTRUMENTS AND SYSTEMS

## 鶴見精機

### 潜行47年!!

河川、海洋のあらゆる処を、時には水面上にも首を出します。私の行動するところ、流速、流向、波浪、水位、塩分、酸素、PH、水温、土砂、岩石、気象其他諸々の物象に出会います。

それは鶴見精機が作る水中水質底質等々のセンサーで知る事が出来ます。



東海大海洋博物館鈴木克美氏写

## THE TSURUMI SEIKI CO., LTD.

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

CABLE ADDRESS

TSURUMISEIKI Yokohama

TELEPHONE

045-521-5252~5

TLX; 3823750 TSK JPN J

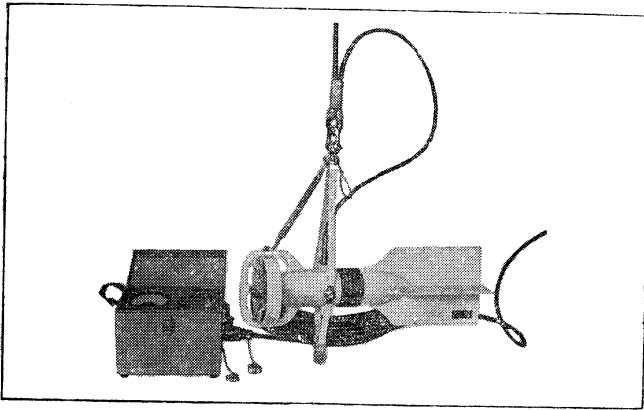
TSK. USA.

3510 Kurtz St.,

San Diego, Calif, 92110, U.S.A

テレックス 3823750 TSKJPNJ

### IWAMIYA INSTRUMENTATION LABORATORY



Direct-Reading Current &  
Direction Meter

Model

# CM-2

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

Products

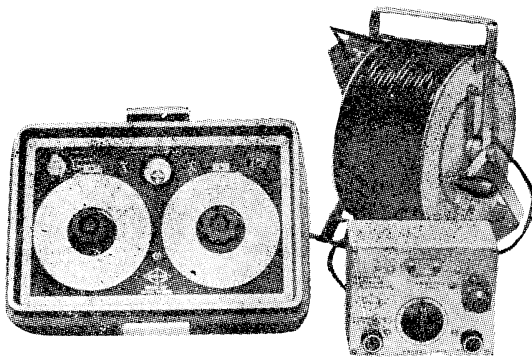
- KM-2: Direct Reading Knot-Meter for Trawl-Boats to Control Adequate Speed
- EI-5: Electric Meter of Water Temperature
- ECT-5: Electric Conduction and Temperature Meter for Chlorine

## TOHO DENTAN CO., LTD.

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

### AUTO-LAB PORTABLE S-T BRIDGE

Model 602



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

温度：0~35°C 1/2 確度 ±0.1°C

塩分：Scale 1. 0~32‰S 確度 ±0.1‰S  
Scale 2. 32~42‰S 確度 ±0.03‰S

電源：電池 9V, 200時間使用可能

追加附属品

- ステンレス製ケーブルリール
- 半自動式電極プラチナイザー

#### 製造品目

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

日本およびアジア総代理店



株式会社 渡部計器製作所

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

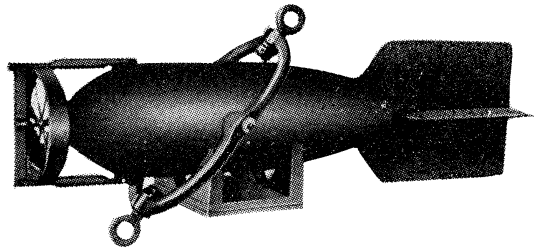
(カタログ御希望の方は訪名御記入の上御請求下さい)



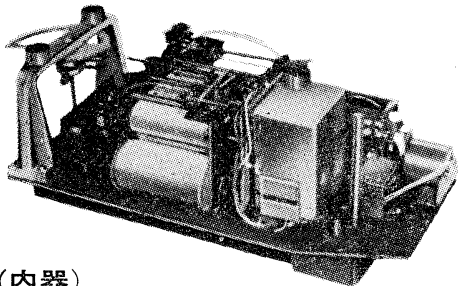
# 長期捲自記流速計

(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日間の記録を取ることが出来ます。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)

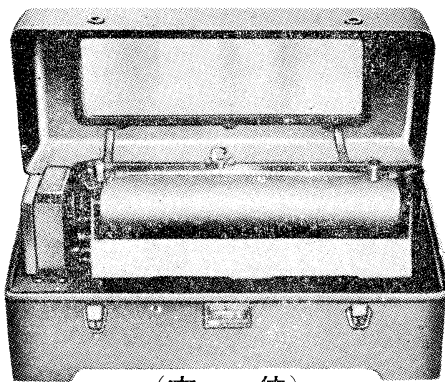
プロペラはA, B, C三枚一組になって居り

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

弱流ペラーに依る最低速度は約4 cm/secです。

# フース型長期捲自記検潮器

(LFT-III)



(本体)

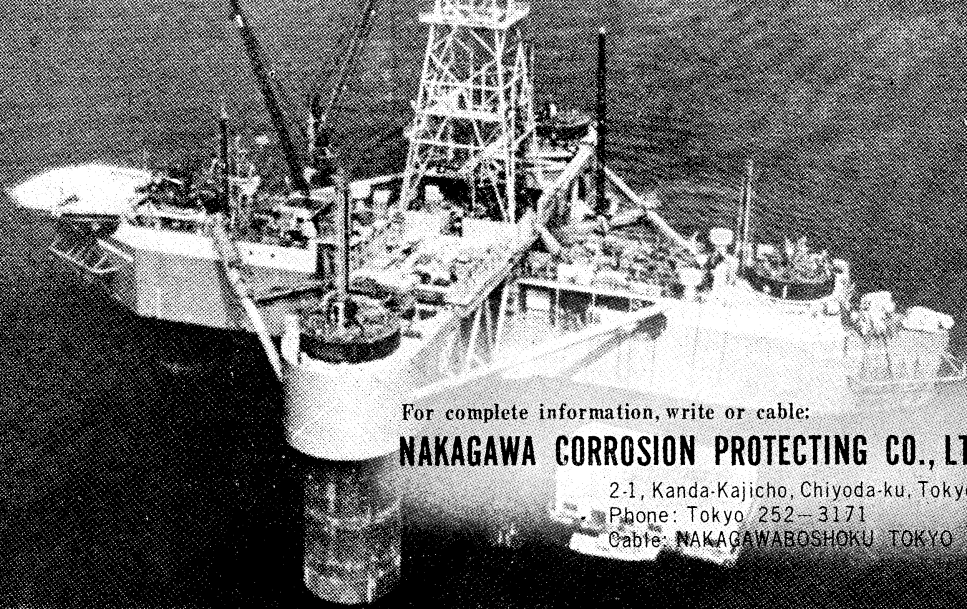
営業品目  
 階段抵抗式波高計  
 ケーブル式波高計  
 フース型検潮器  
 小野式自記流速計  
 自記水位計  
 港施型土圧計  
 理研式水中カメラ  
 その他海洋観測諸計器

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

## SAVE YOUR MONEY

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



For complete information, write or cable:

**NAKAGAWA CORROSION PROTECTING CO., LTD.**

2-1, Kanda-Kajicho, Chiyoda-ku, Tokyo

Phone: Tokyo 252-3171

Cable: NAKAGAWABOSHOKU TOKYO

## 水路測量と土質調査

*Hydrographic Survey and Marine Geological Survey*

**SANYO Hydrographic Survey Co., LTD.**

**業務** 深淺測量, 底質土質調査, 国土保全測量調査, 海洋資源開発測量調査

防災工事測量調査, マイルポストの測量, 航海保安に必要な調査, 海底ケーブル沈設測量調査, 潮汐, 潮流, 海流, 波浪の観測

一般海洋観測調査, その他一般海事関係の観測調査および関係業務の技術, 科学的研究

**特色** 高性能の精密計測機の整備拡充

元海上保安庁職員をもつて組織する優秀なる我国唯一の技術陣

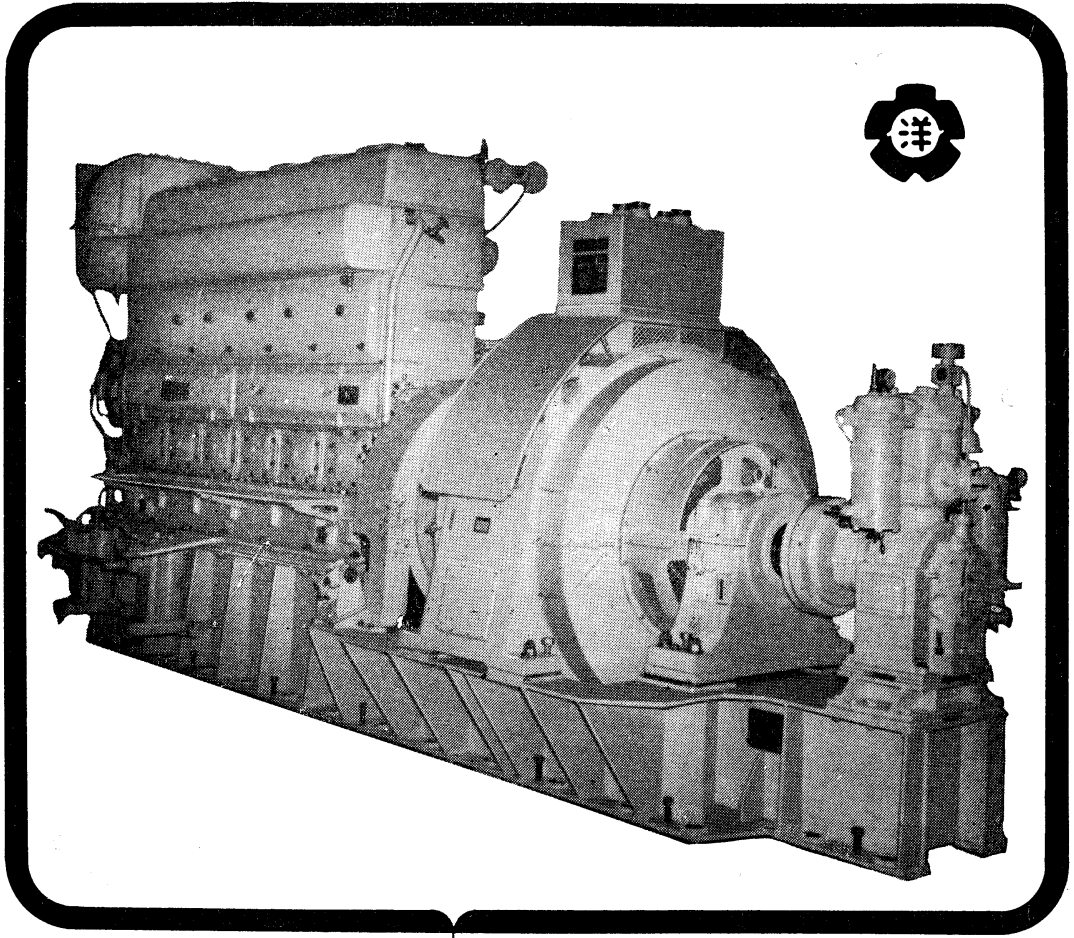
総代理店(連絡先)は全国的組織網を持つ三井物産 K. K. の本, 支店出張所

**三洋水路測量株式会社**

東京都港区新橋5丁目23番7号

電話 (432) 2971~4

ながい経験と最新の技術を誇る！  
**大洋の船舶用電気機器**



主要生産品目  
 自励・他励交流発電機  
 直流発電機  
 各種電動機及制御装置  
 船舶自動化装置  
 配電盤

**大洋電機株式会社**

取締役社長 山田沢三

本社 東京都千代田区神田錦町3の16  
 電話 東京 (293) 3061~8  
 岐阜工場 岐阜県羽島郡笠松町如月町18  
 電話 笠松 4 1 1 1 ~ 5  
 伊勢崎工場 群馬県伊勢崎市八斗島町726  
 電話 伊勢崎 1815・1816・1835・816  
 下関出張所 下関市竹崎町399  
 電話 下関 (22) 2820・3704  
 北海道出張所 札幌市北二条東二丁目 浜建ビル  
 電話 札幌 (25) 6347(23)8061・8261

## メルタック

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

ポリエチレン、アルミ箔等にも良く接着します。

## ポリロック

含浸、注型、充填用として使用される接着性と作業性の良好なシーリング材です。

## ポリワックス

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

# 東京工材株式会社

東京都中央区築地 4-7-1 TEL (542) 3361 (代)

# アクアラング



## aqua-lung

◎ カタログ 進呈 ◎  
潜水服採寸表



### フーカ潜水具

- 最新式アクアラング器具一式
- フーカ潜水具  
沿岸工事、水中調査、養魚、養殖、漁業、救難作業等の水中作業に画期的な高能率を示す潜水器具
- ナイロンジャージ付スポンジゴム潜水服  
軽くて強く……保温性がよく……着心地快適
- アクアラング事業部併設  
水中作業のご依頼に応じますのでご照会下さい
- アクアラング講習会常設  
東京にアクアラング訓練用プールを設置

仏国・スピロテック社 日本総代理店  
米国・U.S. ダイバーズ社

### 日本アクアラング株式会社

九州営業所 福岡市烏飼 1の5の33  
電話 福岡 (74) 8907  
名古屋営業所 名古屋市中川区東出町3の1  
電話 名古屋(331) 5016

東京支社 東京都豊島区北犬塚1丁目16の6  
(国電犬塚駅前犬塚ビル一階)  
電話 東京 (918)6526 (代表)

本社 神戸市兵庫区高松町22の1  
神戸営業所 (帝國酸素株式会社内)  
電話 神戸 (67) 5501(大代表)

# Murayama

計 濁 度 中 水  
計 照 度 中 水  
計 導 度 電



株式 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

**711** 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



エレクトロニクスで創造する



古野電気株式会社

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

---

昭和 49 年 8 月 25 日 印刷  
昭和 49 年 8 月 31 日 発行

う み 第 12 卷  
第 3 号

定価 ¥700

編集者 今 村 豊  
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:(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:(941) 6500

---

# 第 12 卷 第 3 号

## 目 次

### 原 著

|   |     |
|---|-----|
| 異形棒鋼製人工魚礁の追跡調査 …… 飯高勇之助, 津田良平, 森永 勤, 瀬良 茂, 高野幸三, 小池 章 | 119 |
| メバチに関する水産海洋学的研究-I 東部熱帯太平洋におけるマグロはえなわの漁獲深度 …… 花本栄二     | 128 |
| 下北半島沖の深海扇状地 (英文) …… 佐藤任弘, 桜井 操                        | 137 |
| 東京湾の珪藻プランクトン群集の遷移一統 …… 丸茂隆三, 佐野 昭, 村野正昭               | 145 |
| 魚の魚形図形に対する反応 I. キンギョによる図形の向き弁別実験 …… 井上 実              | 157 |
| 日仏海洋学会賞受賞記念講演   |     |
| 大洋における光学的性質に関する研究 …… 松生 洽                             | 165 |
| 佐々木忠義会長のレジオン・ドヌール勲章受賞について …… 宇野 寛                     | 167 |
| 学会記事 ……   | 168 |

# Tome 12 N° 3

## SOMMAIRE

### Notes originales

|   |     |
|---|-----|
| Field Test of Iron-Made Fish Reefs (in Japanese) …… Yunosuke IITAKA, Ryohei TSUDA, Tsutomu MORINAGA, Shigeru SERA, Kozo TAKANO and Akira KOIKE        | 119 |
| Fishery Oceanography of Bigeye Tuna-I Depth of Capture by Tuna Longline Gear in the Eastern Tropical Pacific Ocean (in Japanese) …… Eiji HANAMOTO     | 128 |
| Deep-Sea Fans off the Shimokita Peninsula, Northeast Japan… Takahiro SATO and Misao SAKURAI   | 137 |
| Further Study on Succession of Plankton Diatoms in Tokyo Bay (in Japanese) …… Ryuzo MARUMO, Akira SANO and Masaaki MURANO                             | 145 |
| Response of Fish to Fish-Figures I. Learning Experiment for Goldfish on Discrimination of the Direction of Fish-Figures (in Japanese) …… Makoto INOUE | 157 |

### Conférence commémorative

|  |     |
|--|-----|
| Recherche sur les propriétés optiques de l'eau en plein océan (en Japonais) …… Kanau MATSUIKE  | 165 |
| Nomination de Monsieur Tadayoshi SASAKI, Président de l'Université des Pêches de Tokyo, au grade de Chevalier de l'Ordre National de la Légion d'Honneur (en Japonais) …… Yutaka UNO | 167 |

|                   |     |
|-------------------|-----|
| Procès-Vervaux …… | 168 |
|-------------------|-----|