
Tome 14

Mai

1976

Numéro 2

う み

La mer

昭和 51 年 5 月

日 仏 海 洋 学 会

La Société franco-japonaise
d'océanographie
Tokyo, Japon

日 仏 海 洋 学 会

編 集 委 員 会

委員長 今村 豊 (東京水産大学)
委員 星野通平 (東海大学) 井上 実 (東京水産大学) 森田良美 (東京水産大学) 永田 正
(東京水産大学) 西村 実 (東海大学) 大柴五八郎 (昭和薬科大学) 杉浦吉雄 (気象研究
所) 高木和徳 (東京水産大学) 高野健三 (理化学研究所) 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 Japan.
3. Le Comité de rédaction se réserve le droit d'apporter, le cas échéant, des modifications mineuses aux manuscrits ainsi que de demander aux auteurs de les corriger.
4. Des résumés en langue japonaise ou langue française sont obligatoires.
5. Les figures au trait seront tracées à l'encre de Chine noire sur papier blanc ou sur calque. Les légendes des figures et des tableaux sont indispensables.
6. Les premières épreuves seront corrigées, en principe, par les auteurs.
7. Un tirage à part des articles en cinquante exemplaires est offert gratuitement aux auteurs. Ceux qui en désirent un plus grand nombre peuvent les faire établir à leurs frais.

定置網漁場と魚群分布—I

魚群探知機による魚群探索*

井上喜洋**

The Fishing Ground of Set Nets and the Distribution of Fish School — I Research on Fish School by Fish Finder

Yoshihiro INOUE

Abstract: The catching ability of the set nets is mainly depending on the behaviour of fish schools migrating to the sea-area where the nets have been set. In this studies, the distribution of fish schools coming near or close to the set nets was researched by means of a fish finder, and obtained the results as follows:

- 1) The size of fish schools is divided into three groups (small, middle and large). Most of them are small and middle sized groups and large sized group is a few.
- 2) The small sized groups are found in the areas of shallower water and the large sized groups are found in the areas of deeper water.
- 3) Each research area has a characteristic on the size and number of fish schools detected and the areas where the large and small set nets have been set show the tendency that the numbers of schools detected are numerous.

1. 緒言

自然環境における魚群の行動、習性に関する知見は効率的な漁具、漁法の確立のためには必要不可欠のものである。特に、固定漁具である定置網では、その漁獲効率が網の設置されている海域へ来遊して来る魚群の行動、習性に依存するところが大きい。しかし、魚群の行動を直接把握することは極めて困難なので、魚群探知機（以下魚探機という）により魚群の観察を行う方法が採用される場合が多い。過去において、魚探機を利用した調査としては、器機の改良、利用に関するもの^{1)~4)}、あるいは生態、資源の解析に関するもの^{5)~13)}など多くの研究が報告されている。また、沿岸の

定置網においても魚群の動きを知るため、幾つかの調査が試みられ、中でも田原¹⁴⁾、神奈川県定置網漁業研究会¹⁵⁾は大規模な調査を行い、魚道の推定を行っているが、魚群の分布状態と定置網の漁獲との関係を充分解明するには至っていない。本報告では、湯河原町地先の定置網漁場周辺海域を調査海域とし、この海域の魚群分布を魚探機により探索し、定置網張り建て海域と魚群の分布との関係、あるいは出現魚群の規模などに関連して幾つかの知見を得たので報告する。

2. 調査方法

神奈川県湯河原町福浦地先の海域を調査海域とし、Fig. 1 に示すように1区画を400×200 m²として合計32区画に分けて調査単位とした。魚群の探索は魚探機を装備した船を約5 ktで航走させ、各区画を縦方向（沖丘）に通る400 m間隔の平行探索を行った。1回の探索航程は約1時間で、連

* 1976年4月9日受理

神奈川県水産試験場相模湾支所業績

** 神奈川県水産試験場相模湾支所, 小田原市早川1-8-1 Sagamiwan Branch, Kanagawa Prefectural Fisheries Experimental Station, Hayakawa, Odawara-shi, 250 Japan

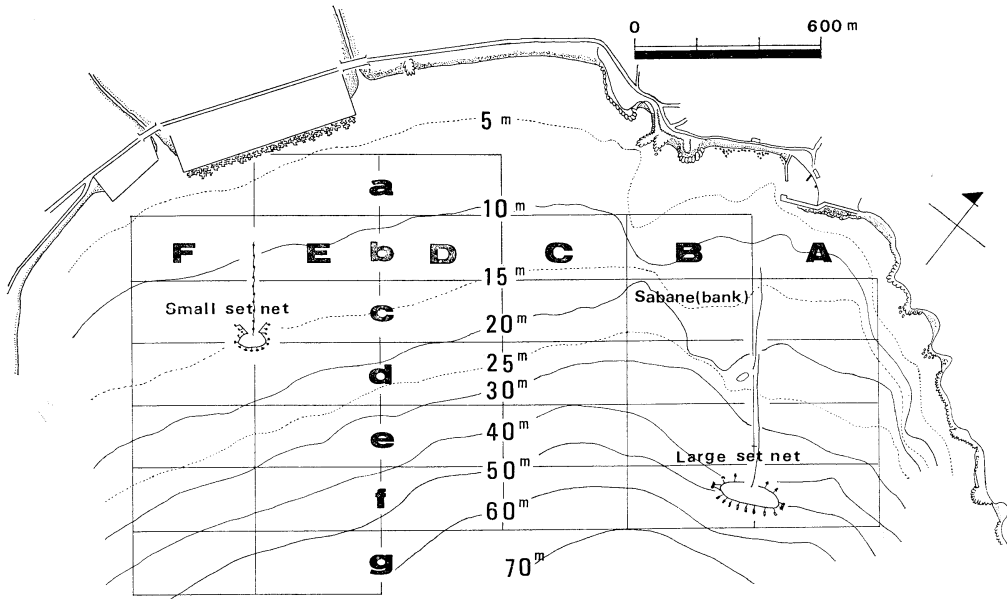


Fig. 1. Sea-area sampling design for fish school research.

続いて同じコースを2回航走して1日の調査とした。調査は日により8時~11時の午前中および15時~18時の午後に分けて行った。なお、調査に使用した魚探機は光電製 SR-385 A 型で、その主要性能は次に示すとおりである。

- 周波数: 75 kHz
- 発振回数: 108回/分
- 半減半角: 20.8°
- 紙送り速度: 8.3 mm/分
- 送受波器: チタン酸バリウム振動子
- 記録紙: 乾式 (20 m×90 mm)
- 電源: DC 12 V (100 mA)

3. 結果と考察

調査は昭和50年5月から9月までの間に16日間、延べ32回行った。解析は魚探機記録紙上の映像が実際の魚群の断面積に比例しているものとして扱い*, YOKOTA *et al.*¹⁰⁾ と同じように魚群映像の厚さH, 長さLからH×Lを魚群量**とし、

* 本来魚探機には指向角があり、三次元的な情報を記録紙上に二次元的に表わすので、正確に魚群の断面を表わしているとは言えないが、ある程度比例しているものとして扱った。

** 記録濃度は考慮していない。

各探索ごとに出現した魚群の魚群量を求め資料とした。

1. 魚群の規模

魚群の規模は Fig. 2 に示すような頻度分布をしており、出現した全魚群の90%に当たる群の大きさが魚群量500以下であり、さらにその60%

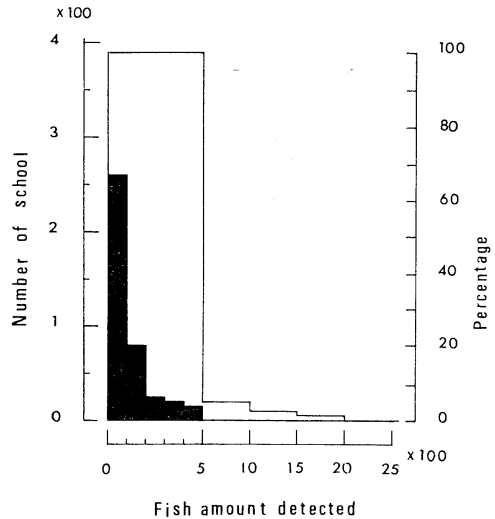


Fig. 2. The number of schools detected (white histogram) and the percentage of school detected of 500 and less in fish amount (black histogram).

が魚群量 100 以下の小群によって占められて、大きな魚群の出現はまれである。次に魚群の厚さ H 、と長さ L の相関図 (Fig. 3) をみると、あまり明確な比例関係は認められない。しかし、水深以上の厚さの魚群は存在し得ないので、長さに対する最大幅の点を結ぶと図に示すような曲線となり、長い魚群でもその割合には厚くならず一定の厚さになることを示唆しているようである。なお、魚探機映像からは魚種の判別は困難なので、魚種は考慮せず、魚群規模による等質化だけを考慮して Fig. 2 を対数変換し、正規型にした Fig. 4 を作った。これにより、魚群量の平均値 \bar{X} 、および標準偏差 σ の値を用い魚群を大、小の 2 階層、あるいは大、中、小の 3 階層に分けた。

2. 魚群の分布

1) 調査海域の概要

調査海域は Fig. 1 からわかるように極く岸に近

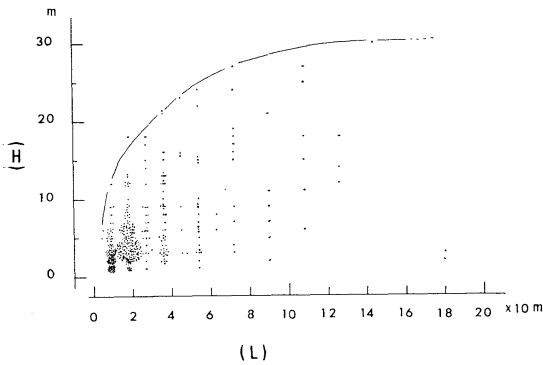


Fig. 3. Thickness (H) and length (L) of fish schools calculated from the image of the recorded fish school.

い周辺浜岸部海域を除き、ほぼ湾全体をカバーしている。岸の地形は湾南部から西部にかけて主に砂礫 (一部埋め立て区域) および砂浜によって占められており、二つの小河川が流入している。湾西部から北部にかけては主に岩場 (磯) で北西部に福浦港がある。一方、海底地形は等深線が陸岸にほぼ平行に走っており、港前には岸から Bb, Bc 区にかけて瀬 (通称サバ根) がある外は海底の起伏は小さい。漁業面では南西部に小型定置網釣口網が、北部に大型定置網が張り建てられている。また、他漁業としては南部から西部にかけてシラス船曳網、一本釣り、延縄、地曳網 (過去に操業

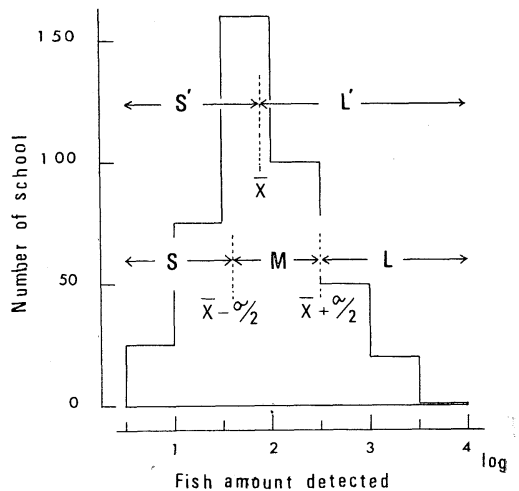


Fig. 4. Division of fish school by size (L, M, S, or L', S').
L: Large sized groups, L': Large sized groups, M: Middle sized groups, S': Small sized groups, S: Small sized groups, \bar{X} : Mean, σ : Standard deviation.

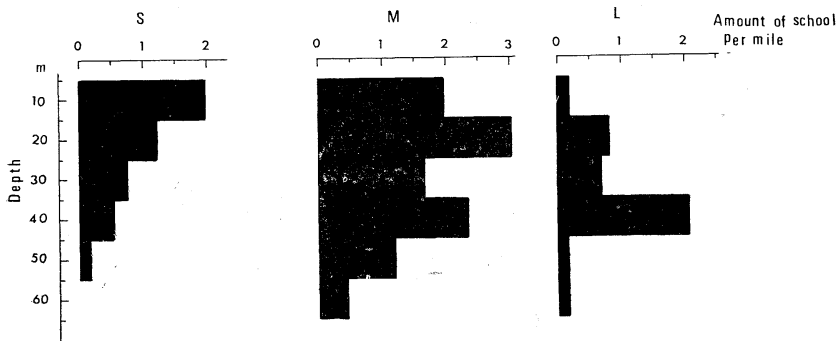


Fig. 5. Vertical distribution of fish schools.

されていた), 西部から北部にかけては磯採取, 見突き, 潜り, 刺網, 一本釣り等が操業されている¹⁶⁾。

2) 魚群の垂直分布

魚群がどの水深に出現するか, 群の各規模別に示したのが Fig. 5 である。全般的には水深が深く

なるにしたがい, 小群から大群が出現する傾向がみられ, 小群では水深を 10 m 中心に, 大群は水深 40 m を中心に出現しており, 中群では水深 20 m と 40 m の 2 か所に極大値をもつ分布をしている。次に, Fig. 6 は魚群の上端から水面までの距離および魚群の下端から海底までの距離との関係を示したもので, 群の下端は海底に接しているか,

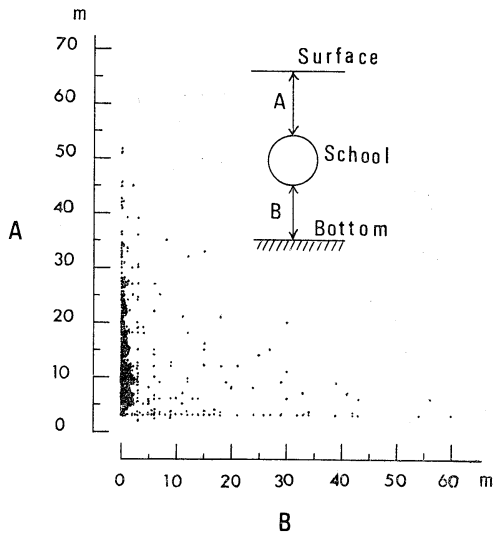


Fig. 6. Water depth of fish school detected by the fish finder.

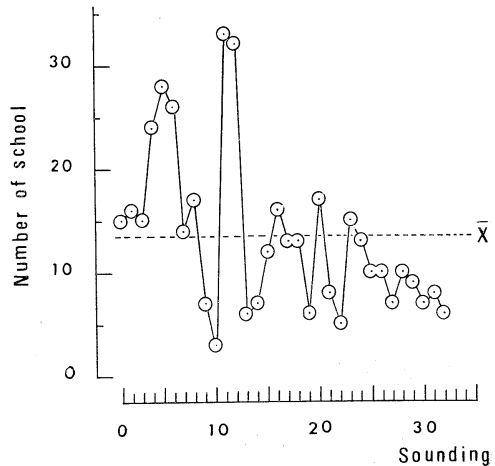


Fig. 7. Number of fish school in each sounding.

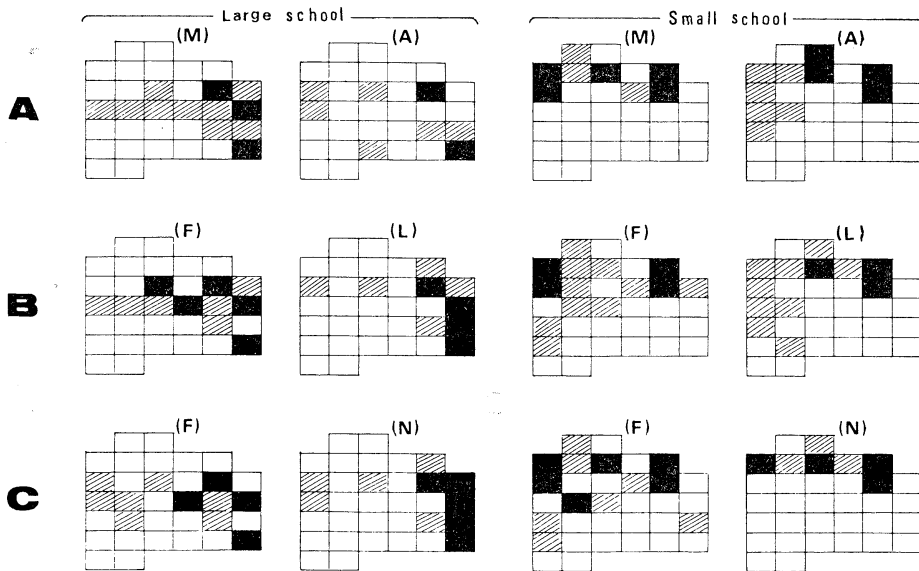


Fig. 8. Comparison of the distribution of fish schools in various conditions (A, B and C).
 A: Comparison between morning (M) and afternoon (A)
 B: Comparison between the former period (F) and the latter period (L)
 C: Comparison between the case when schools detected are numerous (N) and the case when the schools are few (F).

海底近くにある群が多い。しかし、上端については明確な共通性は認められない。

3) 魚群の水平分布

Fig.7 は各探索ごとの出現数の変化を示したもので、調査の前半では出現する群数が比較的多く、後半では少なくなっている。また、調査を午前中と午後二つの時間帯で実施したので、それら探索条件の違いにより分布も異なることが考えられる。そこで、下記3条件下において大、小の魚群規模別に各区画ごとに出現した魚群数の合計値を、その区画の魚群数の値とし平均魚群数 \bar{X} (全出現群数/出現区画) 以上をやや魚群数の高い区画 (図中斜線の区画), $\bar{X} + \delta$ (標準偏差) 以上を魚群数の高い区画 (図中黒塗りの区画) とし、湾内の魚群数の水平分布パターンとすると、Fig.8 に示すとおりである。

条件としては、

- A: 調査前期 (12回以前の探索) と後期 (13回以後) の比較
- B: 午前 (18回以前の探索) と午後 (16回以後) の比較
- C: 出現群数の多い回 (各探索時の群数が平均より多い回) と少ない回 (群数が平均より少ない回) の比較

であり、各条件下における各パターンを比較してみると大まかな傾向は良く一致しており、群の大、小による分布の違いは認められるが、他の条件による差は少ないようなので、群の規模のみを考慮して整理することにした。資料から大、中、小の各魚群規模別に湾内の魚群数の水平分布パターンを作成すると、Fig.9 に示すようになる。図から

Table 1. The number of three sized groups in four areas characterized by the size of fish school detected

Character-istic area by	Size of groups	Large	Middle	Small	Total
Large sized group		35	27	6	68
Middle sized group		1	39	14	54
Small sized group		1	21	26	48
Bank		2	36	26	64
Total		39	123	72	234

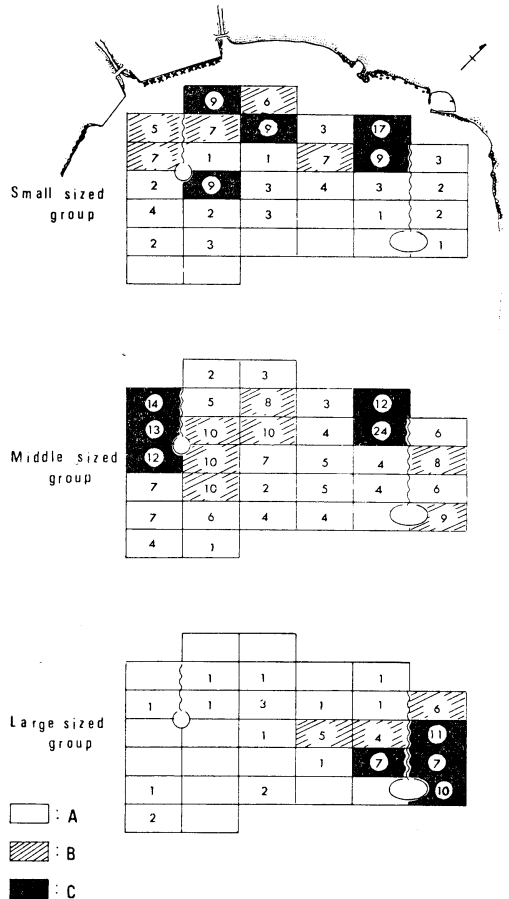


Fig. 9. The number of three sized groups detected by the fish finder. Figures in areas show the detecting numbers of fish schools. A: Few area in detecting number B: Ordinary area in detecting number C: Many area in detecting number

わかるように大、中、小の各規模の魚群はそれぞれ異なった分布範囲を持ち、一見すみ分けの分布をしている。小群は湾南西部の岸側浅海域を中心に分布しており、その外側に一部小群区域と重複して中群が分布している。この小群、中群の重複している魚群数の高い海域に小型定置網が設置されている。また、港前の瀬の区域は小群、中群共に非常に高い値を示しており、周りの区域とは対照的である。一方、大群は湾北東部沖合を中心に分布しており、大型定置網の張り建て海域と良く一致している。さらに、各規模の魚群数の高い区

Table 2. Fish fauna by the daily order of catch caught by the set nets

Large set net			Small set net	
Fish	Percentage of order	Order	Fish	Percentage of order
Small mackerel	21 %	1	Small mackerel	26 %
Mackerel	10	2	Small horse mackerel	25
Squid	9	3	Mackerel	12
Horse mackerel	9	4	Pike	12
Frigate mackerel	9	5	Round herring	7
Oval file fish	6	6	Middle horse mackerel	6
Grunt	5	7	Horse mackerel	5
Cutlass fish	5	8	Middle mackerel	2
Pike	5	9		
Flying fish	4	10		
Small horse mackerel	3	11		
Middle mackerel	3	12		
Small squid	2	13		
Middle sized yellow tail	2	14		

画(瀬の区画を除く)および瀬の区画を選び(図中黒塗りの区画), 魚群の規模別出現分布を調べると, Table 1 に示すような分割表になる。この表から, 海域によって出現する群の規模に差があるか, χ^2 検定を行うと

$$\chi^2 = 98.48 \gg \chi^2_{6}(0.01) = 16.81$$

となり, 有意水準 1% 以下で差があることになる。このような差がどのような生物要因(生態, 行動)によるものか不明だが, 海域による魚種の違いも考えられるので, 湾南西部の小群, 中群の魚群数が高い区域に張り建てられている小型定置網と, 湾北東部沖合の大群の魚群数が高い区域に張り建てられている大型定置網で漁獲される魚種の比較を試みた。資料としては探索を行った日, およびその前後の日の魚種別漁獲量から銘柄別組成を作り, 優占順位の高い上位 3 銘柄をそれぞれの日の定置網の魚種として, 調査期間中の銘柄による出現頻度組成を作成すると, Table 2 のようになる。両定置網の主な魚種をみると, 小型定置網で 4 種, 大型定置網で 10 種と大型定置網の方が魚類相が豊富なことがわかる。また, 銘柄別に比較すると, サバ類(中サバ, サバ, 小サバ)は共通して優占的であるが, 小アジ, カマス, ウルメイワシなどは大型定置網より小型定置網で順位が高く, 他の銘柄についても両定置網ではその順位が大きく異なっている。両定置網は網規模も異なり, 漁獲さ

れる魚種がその海域の魚類相を正確に反映しているとは言えないかもしれないが, 大まかには魚群探索結果の小, 中群の主分布域(魚群数の高い区画)である湾南西部と大群の主分布域である北東部では, 銘柄レベルの違いに基づく魚群の生態, 行動に多少の差があるのではないだろうか。

以上, 今回の調査から魚群は小群が主で大群は少ないこと, 浅い海域では小群が主で水深が深くなると大群が出現すること, また湾内魚群の水平分布は魚群規模別にその主分布域が異なること, さらに魚群数の高い魚群分布海域と定置網の張り建て海域とが良く一致すること, などを見いだした。

謝 辞

本報告にあたり調査に御協力頂いた福浦漁業協同組合の高橋信好組合長, 高橋惣十郎氏をはじめ組合員の方々, 並びに本稿の御校閲を頂いた東京水産大学井上実教授に謝意を表する。

文 献

- 1) 橋本富寿, 間庭愛信, 茂木和男 (1953): 魚群探知機に関する研究. 漁船研技報, 4, 143-161.
- 2) 橋本富寿, 間庭愛信 (1956): 底魚用魚群探知機に関する研究(1)~(2). 漁船研技報, 9, 175-198.
- 3) 佐野典達 (1968): サケ・マス魚探技術の若干の問題点について—I, II. 日水誌, 34(8), 660-680.
- 4) 鈴木恒由, 藺田平雄 (1972): サケ・マス用魚探機の試作とその試験結果について. 日水誌, 38(5),

- 463-469.
- 5) 大渡 敦, 古野清孝, 古野清賢 (1953): 魚群探知機によるアジ群の生態に就いて. 日水誌, **18**(8), 392-364.
 - 6) 大渡 敦, 古野清孝, 古野清賢 (1953): 魚群探知機の記録から見たイワシ群の生態. 日水誌, **18**(12), 669-674.
 - 7) 青山恒雄 (1960): 魚群探知機による魚群構造の調査-I. 日水誌, **26**(12), 1162-1166.
 - 8) 井上元男, 岩崎行伸 (1972): カツオ・マグロ類の夜間の生態と光線漁業に関する研究-I. 東海大紀要, **6**, 65-68.
 - 9) 鈴木恒由, 田代征秋, 山岸吉弘 (1974): 魚群探知機でみた北部日本海沖のスルメイカの遊泳層について. 北大水研報, **25**(3), 238-246.
 - 10) YOKOTA, Takio, Toshio KITAGAWA and Tadahiko ASAMI (1953): Basic study of fish school research by fish finders. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., **19**(4), 341-375.
 - 11) 神浦藤雄 (1957): 魚群量の季節変動及び分布について. 南海区水研報, **5**, 84-96.
 - 12) 神浦藤雄 (1966): 魚探記録からみたカタクチ群の大きさと出現状況について. 南海区水研報, **23**, 31-42.
 - 13) 安間 元, 佐野典達 (1975): 魚探機によるサケ・マス資源現存量の推定について. 北大水研報, **26**(2), 137-153.
 - 14) 田原陽三 (1963): 魚群探知機による定置網漁場に於ける魚道調査. 株式会社光電製作所.
 - 15) 神奈川県定置漁業研究会 (1962): 魚群探知機による魚群の行動調査.
 - 16) 神奈川県農政部水産課 (1971): 共同漁業権行使状況調査.

スサビノリの緑色突然変異体の培養実験*

高原隆明**, 三浦昭雄**, 有賀祐勝**

In Vitro Studies on the Green Type Mutant of *Porphyra yezoensis* UEDA

Takaaki KOBARA, Akio MIURA and Yusho ARUGA

Abstract: Two kinds of peculiar variegated fronds of *Porphyra yezoensis* UEDA have been found in cultivated *Porphyra* populations. One is composed of a wild type sector and a green type sector. The other is composed of a wild type sector, a red type sector, and a green type sector. In the same species, it has already been confirmed through *in vitro* studies that the red type mutant fronds can be derived from the red type sector of variegated fronds. Variegated fronds with red type sectors are thus chimeras, where the red color probably arose by spontaneous mutation. The red type mutant fronds have been found in high frequency in cultivated populations in various localities. In contrast, no green type mutant fronds have been found yet in the field.

In order to ascertain the genetic character of the green color, *in vitro* studies were made on variegated fronds having a green type sector. Green type mutant fronds have been obtained from the green type sector. The life cycle of the green type mutant of *P. yezoensis* has been completed and is the same as the ordinary *P. yezoensis* life cycle. As a result, it is evident that variegated fronds with a green type sector are also chimeras, and that the green color probably also originated by spontaneous mutation analogous to that for the red color. The reason green type mutant fronds have not yet been found in cultivated populations probably results from the very low frequency of occurrence of variegated fronds having the green type sector.

1. 緒 言

著者らはスサビノリ (*Porphyra yezoensis* UEDA) の養殖集団のなかには、緑色を帯びた色調を呈する「青芽」と呼ばれる葉状体と、赤色の色調を呈する「赤芽」と呼ばれる葉状体と、さらに「青芽」と「赤芽」の色彩が同一葉状体で明瞭に一線を画して斑入り状に発現している葉状体が存在することを明らかにした。また、これらの「青芽」、「赤芽」および「斑入り」葉状体の継代培養を行って、色彩の遺伝を追究した。その結果、それらの色彩は遺伝的変異であり、「青芽」は正常型で「赤芽」はその突然変異型であること、また「斑入り」

葉状体は色彩キメラ (TILNEY-BASSET, 1963¹⁾) であることなどを実験的に確かめた (三浦, 1975²⁾, 1976³⁾)。また、「赤芽」は、上述のキメラ葉状体を経て分化したものと推察した (三浦, 有賀, 1974⁴⁾; MIURA, 1975⁵⁾)。

一方, 1974年に上述の「青芽」と「赤芽」とからなるキメラ葉状体のほかに、緑色部分をもつ「斑入り」葉状体を発見した。その後、緑色部分関与の「斑入り」葉状体には、「青芽」と緑色部分とからなるもののほかに、「青芽」と「赤芽」と緑色部分との3色からなるものが存在するを見いだした (三浦, 1975²⁾, 1976³⁾)。しかし、「赤芽」とは異なり、緑色個体は全く見いだされていない (三浦, 有賀, 1975⁶⁾; 三浦ら, 1976⁷⁾)。

そこで、本研究では、その「斑入り」葉状体の緑色部分から緑色個体を *in vitro* で生育させる

* 1976年4月10日受理

** 東京水産大学植物学教室, 東京都港区港南 4-5-7
Laboratory of Phycology, Tokyo University of Fisheries, Konan, Minato-ku, Tokyo, 108 Japan

ことを試みた。その結果、緑色部分から緑色個体を生育させることができたばかりでなく、その生活環をも正常型個体の場合と全く同様に完結させることができたので、以下にその詳細を報告する。

2. 材料と方法

材料は、1974年12月27日、千葉県富津市下洲のスサビノリ (*P. yezoensis* UEDA) の養殖集団のなかから採集し、葉状体の下半分が「青芽」で、上半分が緑色部分からなる「斑入り」個体 (Fig. 2-1) を培養の母藻とした。

培養に当たっては、まず材料の緑色部分の縁辺から小片 (約 $5 \times 5 \text{ mm}^2$) を切り取り、それを母藻片として培養し、それから糸状体と葉状体の発芽体が生ずるまで続けた。次に、そのなかから葉状体の幼芽だけを分離し、有性的に成熟して果胞子が形成されるまで培養した。続いて、果胞子が形成された個体から果胞子を採って糸状体を無基質およびカキ殻を基質として培養した。殻胞子嚢を形成した糸状体は成熟させ、さらに続いてその殻胞子を採って次代の葉状体を生育させた。なお、糸状体の培養の際には、1個の容器に葉状体1個

体だけを収容して成熟させ、自家受精によって生じたと考えられる果胞子を用いた。葉状体の培養では、最初に母藻片から分離して培養し、生長した葉状体から、さらに母藻片を切り取って葉状体を増殖させることも行った。なお葉状体の培養では、培養の都合に応じて、低温 ($2^\circ \sim 15^\circ \text{C}$)、暗または明条件で静置して保存することによって15~30日間生長を抑制しておき、再び下記の培養条件下に移して生長させる方法も併用した。

葉状体は藻体の大きさに応じて三角フラスコ (200, 300 ml, 3 l) および特製の培養槽に収容して培養し、糸状体は試験管または上述の三角フラスコに収容して培養した。

培養液は葉状体、糸状体のいずれの場合にもESP培地 (PROVASOLI, 1966⁸⁾) を用いた。温度、照度、光周期は、これらの培養条件を一定に保つことができる培養装置を用いて所定の条件に設定した。母藻片と葉状体の場合には、温度 15°C 、照度 6,000~7,000 lux、光周期 10 時間明期・14 時間暗期または14時間明期・10時間暗期で、通気培養した。糸状体の場合には、 23°C 、3,000~4,000 lux、14時間明期・10時間暗期で、静置または通気

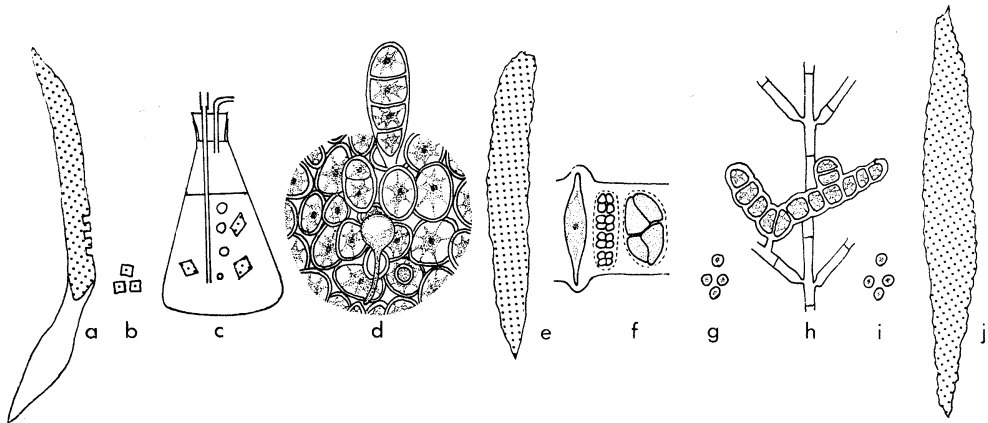


Fig. 1. Laboratory culture of the green type mutant of *Porphyra yezoensis* UEDA.

a: Parental variegated frond composed of a green type sector (dotted area) and a wild type sector (white area). **b:** Pieces of the parental frond cut from the green type sector. **c:** Incubation of parental frond pieces. **d:** Frond germling and conchocelis filament on the piece of parental frond. **e:** Green type mutant frond which developed from the frond germling. **f:** Carpospore, antheridium, and sporocarp on a green type mutant frond. **g:** Carpospores from the sporocarp. **h:** Conchocelis filament and conchosporangia which developed from the carpospore. **i:** Conchospores from the conchosporangia. **j:** Green type mutant frond which developed from the conchospore.

培養した。糸状体に形成された殻胞子を放出させるには、前記の母藻および葉状体の培養条件のもとで殻胞子の成熟と放出を促進した。上述の培養方法とその手順の概要は、Fig. 1 に示した。

3. 結果

母藻片の培養: 母藻片を切り取った葉状体は Fig. 2-1 に示したが、培養した母藻片の細胞は、正常の栄養細胞と少しも異なるところがなかった (Fig. 3-1)。母藻片は、培養開始5日後には約 $10 \times 10 \text{ mm}^2$ となり、その面積は約4倍に生長した。それ以後、母藻片の生長は停止した。9日後には、母藻片の細胞の内容は球状になり、単胞子 (中性胞子)、造果器あるいは造精器に変成した (Fig. 3-2)。15日後には、上述の生殖細胞の細胞壁は崩壊して、単胞子、果胞子や精子が放出されるのが観察され、同時に葉状体と糸状体の顕微鏡的な発芽体が、母藻片上に錯綜して多数認められた (Fig. 3-3, 4)。そのなかには、細胞壁を突き抜けて発芽伸長している発芽体もあった。21日後には、母藻片上だけでなく、通気のために挿入してあるガラス管の外壁や三角フラスコの内壁にも多数の葉状体の幼芽が着生するのが認められた。このようにして生じた葉長 $200 \mu\text{m}$ 以下の幼芽は、全個体が明瞭な緑色を呈した。

葉状体の培養: 培養した葉状体には、先に述べた母藻片から生じたものと、次に述べる糸状体に形成された殻胞子から生じたものがあつた。そのいずれから生じた葉状体も形態および色彩にはほとんど差異がなく、皮針形、広線形および倒皮針形にわたる連続的な変化を示して、深いひだを有し、老幼、大小、葉体の部分などにかかわりなく、母藻の緑色部分 (Fig. 2-1 の G の部分) と全く同じ色彩を呈した。母藻のような「斑入り」葉状体は、この培養では1個体も生じなかった。

母藻片から生じた葉状体は、分離培養後約40日で葉長15 cm となりほぼ最大に達し、造果器と造精器を形成して、生長が止まった。この葉状体からさらに母藻片を切り取り、それを培養して生じた葉状体もほぼ同様の生長を示した (Fig. 2-2)。殻胞子から生じた葉状体は、培養39日後で葉長5 ~

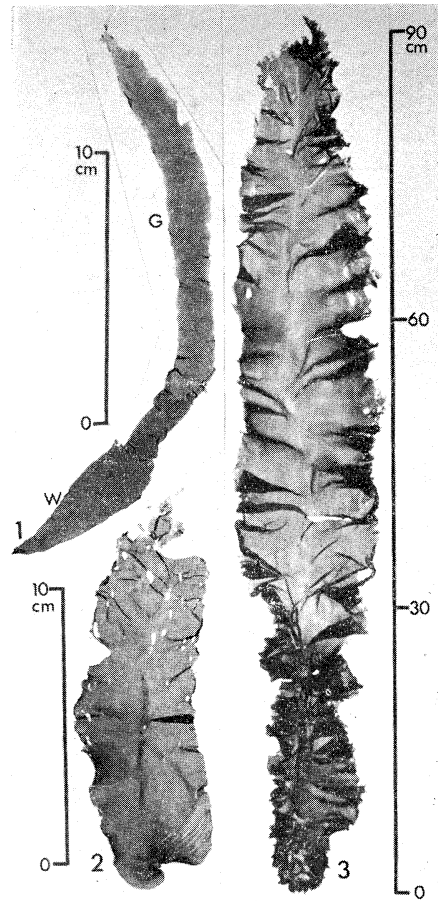


Fig. 2. Habit of a variegated frond and two green type mutant fronds in *Porphyra yezoensis* UEDA. The latter fronds originated from the former.

1: A variegated frond composed of a wild type sector (W) and a green type sector (G), collected in a cultivated population at Shitazu, Futtsu City, Chiba Prefecture, on Dec. 27, 1974. 2: A green type mutant frond cultured *in vitro* from a monospore from the green type sector of a variegated frond. 3: A large grown, mature green type mutant frond which developed from a conchospore *in vitro*. Retardation in the antheridium and carpospore formation was observed.

14 cm となり (Fig. 3-8)、培養65日後には一部を除いて大部分の個体が、葉長70 cm、葉幅15 cm に達した。この巨大に生長した葉状体は、冷蔵庫内で13日間静置保存し、再び通常の通気培養を5

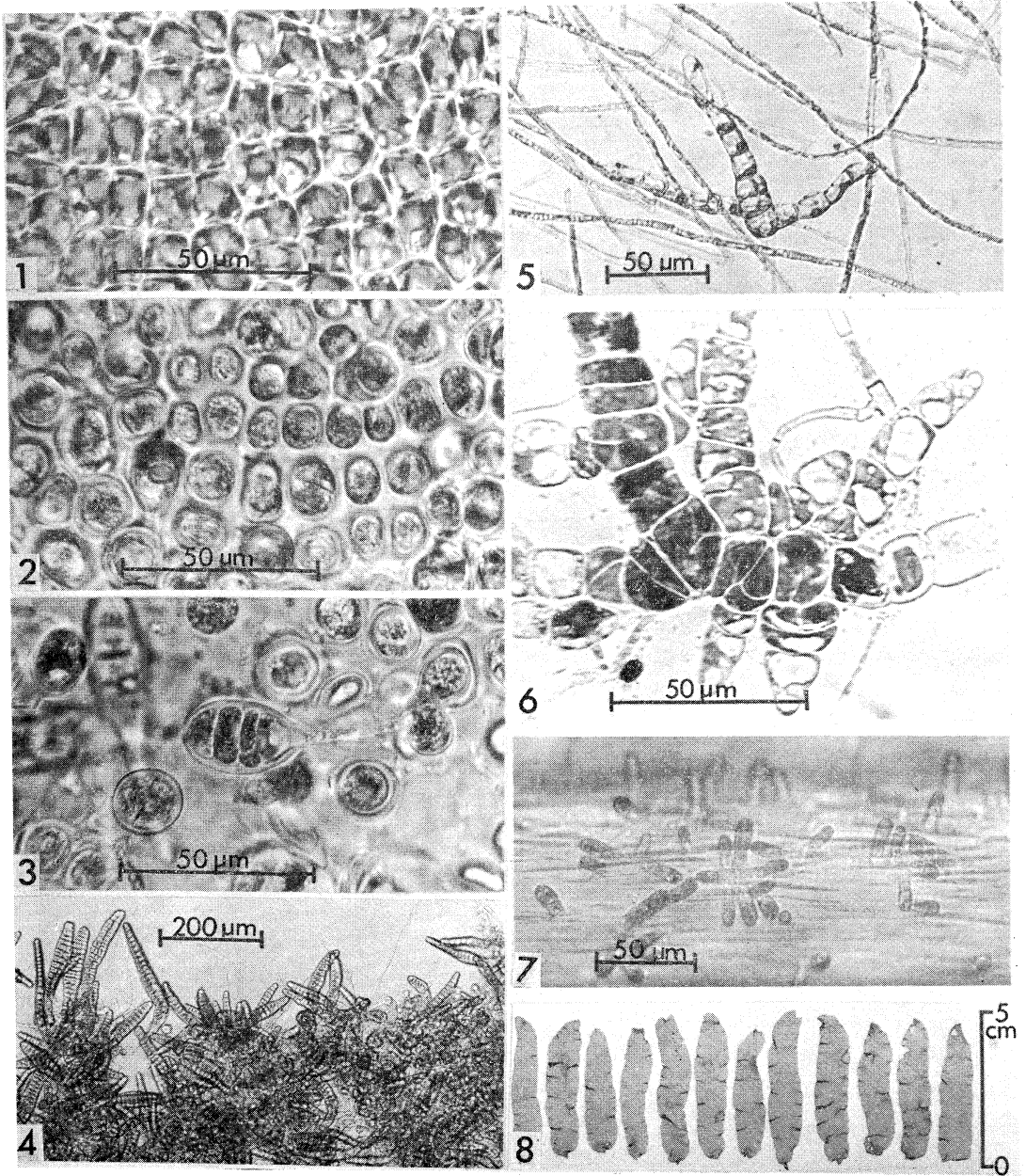


Fig. 3. Photomicrographs of a parental frond piece, frond germlings and conchosporangial branches, and a photograph of juvenile fronds of the green type mutant of *Porphyra yezoensis* UEDA.

1: Surface view of a parental frond piece immediately after being cut from the green type sector of a variegated frond showing ordinary vegetative cells. 2: Surface view of the same parental frond piece after 8 days in culture showing metamorphosis of vegetative cells into monospores or sporocarps. 3 and 4: Frond germlings and conchocelis formed on the same parental frond piece. 5: Conchosporangial branch formed in about 2 months in free-living culture. 6: Mature conchosporangia on a free-living conchocelis filament. 7: Frond germlings which developed from conchospores on a synthetic string. 8: Juvenile fronds which developed from conchospores.

日間行ったが、葉長はさらに 20 cm 伸長し 90 cm に達して、生長が停止した。この個体は本培養実験で得られた葉状体のうち最大のもので、腊葉標本では多少褐色を呈した (Fig. 2-3)。殻胞子から生じた葉状体では、造精器と造果器の形成が著しく遅延し、葉長が 60 cm 以上に達して初めて葉体上部縁辺部にそれらの形成が認められ、精子および果胞子の遊離が行われた。造果器および造精器の分裂過程には全く異常がなく、その分裂形式はスサビノリとよく一致した。

糸状体の培養: 糸状体の培養は、Fig. 2-2 に示した個体を母藻とし、この個体から遊離された果胞子を採用してなされた。この個体は培養容器中に 1 個体だけ分離して培養したので、果胞子は自家受精によって形成されたものと考えられる。糸状体は前記培養条件下で順調に生長したが、その色彩は母藻の色彩とよく一致し、顕著な緑色を呈した。生長の状態は無基質の場合も、カキ殻を基質とした場合も相違はなかった。培養約 60 日後には殻胞子嚢枝の形成が認められた (Fig. 3-5)。殻胞子嚢枝を形成した無基質糸状体を、低温 (15°C)、短日条件 (10:14 h) 下に移し、殻胞子の成熟と放出を促進した。その時、殻胞子の着生基質として、長さ約 2 cm のクレモナのモノフィラメントを入れた。低温、短日条件下に移してから 5 日後には、殻胞子嚢の内容物が分裂し、殻胞子の形成が認められた (Fig. 3-6)。この状態に達して、成熟が進んだ殻胞子嚢は、全体としてやや褐色を呈し、そのなかにフィコエリスリンが析出してできたと思われる径 10 μm ぐらいの紅色の斑点がみられた。8 日後にはクレモナのモノフィラメントに多数の殻胞子が着生し、10 日後には多数の殻胞子の発芽体が見られた (Fig. 3-7)。これらの葉状体の幼芽はすべて鮮明な緑色を呈し、順調に生長した (Fig. 3-8)。

以上の結果を要約すれば、緑色部分をもつ「斑入り」葉状体を母藻とし、その緑色部分から切り取って培養した栄養細胞からなる母藻片は、緑色の葉状体と糸状体とを生じた。その葉状体は果胞子を形成して、それから糸状体を生じ、糸状体は殻胞子を形成して、それから葉状体を生じた。す

なわち、緑色の個体は実験室内でその生活環を完結し、母藻の緑色部分の色彩はその全生活環にわたって確実に遺伝した。

4. 論 議

本培養実験では、生じた葉状体と糸状体は常に母藻の緑色部分と同様の顕著な緑色を呈して、その色彩は次代の葉状体および糸状体に正確に遺伝した。この結果によって、緑色部分をもつ「斑入り」葉状体も赤芽部分をもつ「斑入り」葉状体と同じく、色彩キメラ (TILNEY-BASSET, 1963¹¹) であることが実証されたことになる。また、この緑色部分は、「青芽 (正常型)」に対する「赤芽」と同様な突然変異型であることを示している。以後、この緑色部分を突然変異型の一つとして「緑芽」部分と呼び、その独立個体を「緑芽」と呼んで区別することを提案したい。

著者らは、すでに「緑芽」の色素組成についても自記分光光度計を用いて、その生葉体および糸状体の可視部吸光曲線を記録し、フィコエリスリンが正常型に比べて著しく少ないことを確認している (有賀, 三浦, 1975^{9,10}; 三浦, 1975⁹, 1976⁹)。従って、この「緑芽」も「赤芽」と同じくフィコビリンの変異型であろうと推察されるが、詳しくは稿を改めて報告する予定である。

「赤芽」部分をもつ「斑入り」葉状体の頻度は最高 8.6% に達するが、いわゆる「緑芽」部分をもつものは 0.01% 以下で極めて低く、その上、その独立個体は全く発見されていない (三浦, 有賀, 1975⁹, 三浦ら, 1976⁹)。本研究での「緑芽」の培養では、極めて容易にその生活環を完結させることができたし、糸状体および葉状体の生長と生殖は正常型 (野生型) のものに比べて差異は全く認められなかった。従って、「緑芽型」の独立個体が野外で全く発見されていないのは、専らその起源となる「緑芽」部分をもつ「斑入り」葉状体の出現頻度が極めて低いことによるものと考えられる。

本研究で母藻から切り取って次代の培養のために用いた母藻片は、通常栄養細胞からなり、生殖細胞は全く形成されていなかった (Fig. 3-1) が、

それから糸状体と葉状体とが生じた。葉状体は栄養細胞が変成した単胞子（中性胞子）から生じたものであろうし、糸状体は受精した造果器に形成された果胞子から生じたものであろうと、それらの形態の変化から判断された。

栄養細胞からなる小葉片の培養で次代の葉状体および糸状体を生育させた報告は、これまでに全くない。この方法によれば、有性生殖を経ているので、同一遺伝子型の栄養繁殖系が得られることが本実験でわかった。また、本実験では、葉状体1個体だけを培養容器に分離して培養すれば、純系の次代糸状体および葉状体を得られることもわかった。

この実験では、母藻片から生じた糸状体の分離培養は行わなかったが、上述の結果から、その糸状体は同一母藻片上に形成された精子と造果器との受精の結果生じた果胞子から生じるから、その遺伝子型は同一であると考えられる。従って、上述の栄養細胞からなる母藻片の培養方法は、同一遺伝子型の系統を確保する方法として、極めて有効な方法であろう。

なおまた、培養条件は同じであったが、巨大な葉状体は殻胞子から生じたものに多く、母藻片（単胞子）から生じたものには少なかった。殻胞子と単胞子との間に差異があることも考えられるが、まだよくわからないので今後の研究課題と思われる。

さらに、本培養実験では当然母藻の「緑芽」部分だけでなく、同時に「青芽」部分からも母藻片を切り取って培養し、比較しなければならなかったが、同様の実験は「赤芽」部分をもつ「斑入り」葉状体で行っていた（三浦, 1975²⁾, 1976³⁾）ので省略したことを断っておきたい。

謝 辞

本研究は、財団法人海苔増殖振興会海苔研究助

成金によるものである。ここに記して謝意を表したい。また、研究材料の採集に際して、多大の便宜と協力を賜わった千葉県富津市新富津漁業協同組合、組合長理事安室宏氏並びに同組合員高橋一博氏に対して厚く御礼を申し述べる。

文 献

- 1) TILNEY-BASSET, R.A.E. (1963): The structure of periclinal chimeras. *Heredity*, **18**, 265-285.
- 2) 三浦昭雄 (1975): ノリの育種について. 第2回水産育種に関する研究協議会要旨, 日本水産資源保護協会, 19-29.
- 3) 三浦昭雄 (1976): ノリの育種. 海洋科学. (投稿中, 8(7) に掲載予定)
- 4) 三浦昭雄, 有賀祐勝 (1974): スサビノリ (*Porphyra yezoensis* UEDA) にみられた色彩キメラと「赤芽」・「青芽」の分化について. 日本植物学会第39回大会研究発表記録, 69.
- 5) MIURA, A. (1975): Studies on the breeding of cultivated *Porphyra*. 3rd Internat. Ocean Develop. Conf., Aug. 5-8, Tokyo, Prep. Vol. III Mar. Resour., 81-93.
- 6) 三浦昭雄, 有賀祐勝 (1975): スサビノリの色彩キメラの発現形式およびキメラ個体と数種の発現形式の頻度について. 日本植物学会第40回大会研究発表記録, 76.
- 7) 三浦昭雄, 有賀祐勝, 高原隆明, 前川行幸 (1976): 養殖ノリの育種学的研究—VI, オオバアサクサノリとナラワスサビノリの色彩変異体とその出現頻度について. 昭和51年度日本水産学会春季大会講演要旨集, 35.
- 8) PROVASOLI, L. (1966): Media and prospects for the cultivation of marine algae. In *Culture and Collection of Algae* (A. WATANABE and A. HATTORI, eds.), Proc. U.S.-Japan Conf., Hakone, 63-75.
- 9) 有賀祐勝, 三浦昭雄 (1975): スサビノリの葉状体および糸状体の色調について. 昭和50年度日本水産学会春季大会講演要旨集, 83.
- 10) 有賀祐勝, 三浦昭雄 (1975): スサビノリの養殖集団にみられる色彩変異について. 日本植物学会第40回大会研究発表記録, 76.

A Numerical Study on the Effect of a Thermal Pollution on the General Circulation in an Ocean*

Kenzo TAKANO

Abstract: A numerical study is done on the effect of a strong heating of a narrow surface along the western boundary, as representative of a thermal pollution, on the general circulation in an ocean. Although little is known about the dispersion mechanism of heat in the upper layer, it is shown with reserve that no significant large scale change is brought about in the temperature, salinity and velocity fields.

1. Introduction

The thermal pollution is usually discharged into the coastal surface water and then brought into the offshore water by the advection and diffusion. While there are not a few studies on the advection and diffusion processes, very little is known about the surface layer mixing and the dispersion of the coastal water as well as the pollutant into the offshore water.

Since the large scale effect of the thermal pollution starts from this stage, it should be still beyond the scope of the numerical approach. Understanding of it is certainly one of the final goals of the research of ocean physics.

While such is the present status of arts, too simple and too idealized numerical models are often used to estimate the large scale environmental change due to the thermal pollution.

The motivation of the present study is to approach this problem by using a little more realistic model.

2. Model

Since the present model is the same as that described in detail in another paper (TAKANO, 1975b) except for the thermal boundary condition at the ocean surface, only some of the important points are mentioned about the geometry of the ocean, the governing equations, the boundary conditions and the numerical integration in time.

The ocean is bounded by two parallels 70° apart and by two meridians 48° apart. The southern boundary is on the equator. Symmetry is assumed with respect to the equator. The depth is constant (4,000 m).

The grid points are 2° apart in both longitude and latitude. The temperature, salinity and horizontal components of the velocity are calculated at five depths of 20, 120, 640, 1,280 and 2,760 m. The vertical component of the velocity is calculated at four depths of 70, 380, 960 and 2,020 m.

The equations of momentum are linearized. Recent observational and theoretical studies reveal the presence of the intense meso-scale eddies in the mid-ocean. While these meso-scale eddies likely do not affect the large scale heat transport (HAN, 1975), it is not yet known whether such intense eddies are present in the coastal water, too, and whether they drastically affect the mixing of coastal and offshore waters. In the meantime, the meso-scale eddies are ignored here, which allows to use the coarse grid not enough to resolve these eddies. Therefore, the effect of all the subgrid scale processes is parameterized, as usually done, by the horizontal and vertical eddy diffusivity.

A formula by FRIEDRICH and LEVITUS (1972) is used for the equation of state to calculate the water density as a function of temperature, salinity and pressure.

The external gravity waves are filtered out by putting the vertical component of the velocity equal to zero at the ocean surface. There

* Received April 10, 1976

** Rikagaku Kenkyusho, Wako-shi, Saitama-ken, 351 Japan

is no friction at the bottom, no slip at the lateral boundary. There are no heat and salinity fluxes through the bottom and the lateral boundary.

The coefficient of horizontal eddy diffusivity for momentum is required to be large enough corresponding to the grid size, otherwise a computational noise prevails over the whole ocean (TAKANO, 1975a). It is taken as $2.0 \times 10^8 \text{cm}^2/\text{sec}$. The momentum advection has no significant effect for this magnitude of the eddy diffusivity.

The coefficient of horizontal eddy diffusivity is $2.5 \times 10^7 \text{cm}^2/\text{sec}$ for the heat and salinity.

The coefficient of vertical eddy diffusivity is assumed to be $1.5 \text{cm}^2/\text{sec}$ for the momentum, heat and salinity. Whenever a vertically unstable stratification develops, the coefficient of the vertical eddy diffusivity for the heat and salinity is made infinitely large as a parameterization of a strong vertical mixing that instantaneously restores a neutral vertical stratification.

The circulation is driven by the surface heat flux, surface salinity flux and wind stress. The wind stress is prescribed. The surface salinity flux is equal to the product of the predicted surface salinity and the difference between prescribed evaporation and precipitation. The surface heat flux other than the thermal pollution is made to be proportional to the difference between the predicted surface temperature and a prescribed reference atmospheric temperature, as done by HANEY (1971). The coefficient of proportionality is taken as $50 \text{cal}/\text{cm}^2/\text{day}/^\circ\text{C}$. All the external forcing, reference atmospheric temperature, evaporation minus precipitation and wind stress, varies with latitude only. Figure 1 shows the external forcing.

Prior to the present study, the circulation driven by this external forcing was calculated for another purpose (TAKANO and MATSUYAMA, 1974), which is used as a control experiment, hereafter referred to as CE.

In addition to the "normal heating", an additional artificial heat flux is supplied to a small region of 1° wide in longitude, 10° long in latitude from 21°N to 31°N along the western boundary. The location of this region, some-

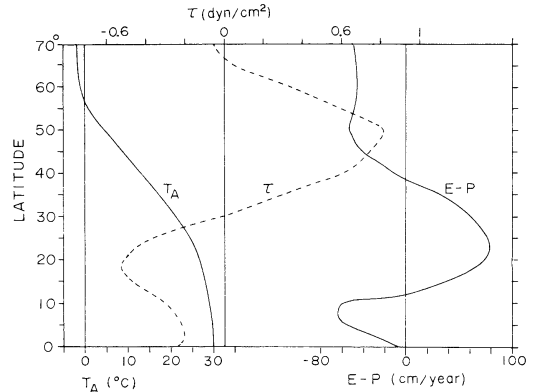


Fig. 1. External forcing for the control experiment. The reference atmospheric temperature, wind stress and evaporation minus precipitation are denoted by T_A , τ and $E-P$, respectively.

what arbitrarily chosen, nearly agrees with the location of the northward western boundary current.

The additional downward heat flux Q_A is distributed as follows:

$$Q_A = 28.54 \times 10^{-3} \text{cal}/\text{cm}^2/\text{sec} \begin{cases} \times 0.1 & \text{for } 21^\circ \text{ to } 23^\circ\text{N, and } 29^\circ \text{ to } 31^\circ\text{N,} \\ \times 0.4 & \text{for } 23^\circ \text{ to } 25^\circ\text{N, and } 27^\circ \text{ to } 29^\circ\text{N,} \\ \times 1.0 & \text{for } 25^\circ \text{ to } 27^\circ\text{N.} \end{cases} \quad (1)$$

The total amount of the additional heat flux over this region is $1.268 \times 10^{13} \text{cal}/\text{sec}$. Hugeness of this heat flux is readily understood by contrast with other figures. For instance, it is reported on the basis of an estimate of the Japanese Atomic Energy Commission that the heat discharged in cooling water from all the power plants of Japan will be about $4 \times 10^{15} \text{cal}/\text{year}$ (or $1.268 \times 10^{11} \text{cal}/\text{sec}$) in 1990. At present, the maximum net upward heat flux released from the ocean surface in the North Pacific is located south of Japan. BUDYKO (1963) estimates its value to be about $3 \times 10^{-3} \text{cal}/\text{cm}^2/\text{sec}$. Both figures are smaller by one or two orders of magnitude than the additional heat flux Q_A .

The thermal pollution discharged as horizontal heat flux with horizontal momentum flux in most cases is represented here by a downward heat flux Q_A over a western boundary region; in other words it is assumed to be instantaneously brought from the coast to the offshore. This assumption might be justified,

because the incoming horizontal heat flux is concentrated in a thin surface layer, and the time scale of the heat dispersion from the coastal water to the offshore water should be much shorter than the time scale of the general circulation. The incoming momentum flux is negligible.

3. Result

As to the control experiment CE, starting from an initial state, the time integration of the equations of momentum, heat and salinity was carried out over about 181 years to reach an almost steady state. A midway state at the end of the 172nd year in CE was picked up as initial state for the case subject to the additional heating, hereafter referred to as AE. The time integration is further forwarded over 47 years for AE. A period of additional 47 years is long enough to reach an almost, though not complete, steady state to be compared with the result of CE.

Figures 2 and 3 give the temperature and salinity fields at a depth of 20 m. Compared with CE, the temperature is increased by up to 6.5°C at the region subject to the addition-

al heating. No significant difference is found elsewhere, however. The salinity is not affected even at the additionally heated region. This limited weak effect of Q_A is reflected in the horizontal component of the velocity at a depth of 20 m shown in Fig. 4. There is practically no difference between AE and CE.

For the deeper layers, the temperature, salinity and velocity fields by AE are almost identical with those by CE.

Figure 5 shows the total northward transports of heat and salinity by the mean horizontal and vertical circulations and eddy diffusion. Both curves by AE and CE are not different from each other.

The above result indicates that a considerable amount of the heat additionally supplied in the western boundary region leaves upward through the ocean surface to heat the atmosphere, without dispersing all over the whole ocean far from the western boundary region. To look over the heat outgoing from the ocean surface, the surface heat flux is calculated from the predicted ocean surface temperature and the prescribed reference atmospheric temperature.

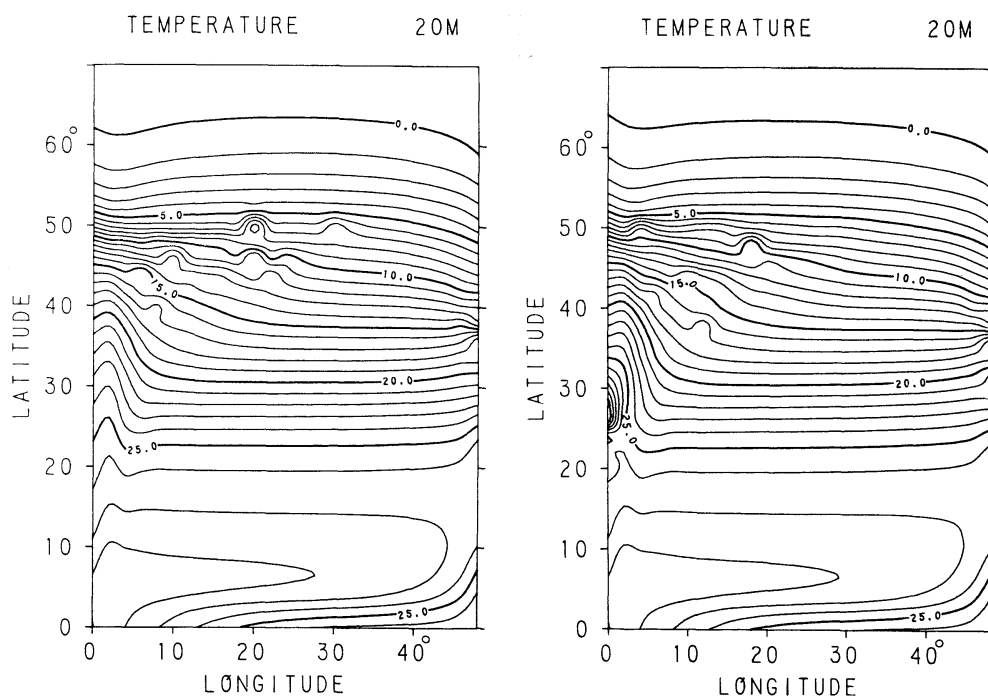


Fig. 2. Temperature at a depth of 20 m by CE (left) and AE (right).

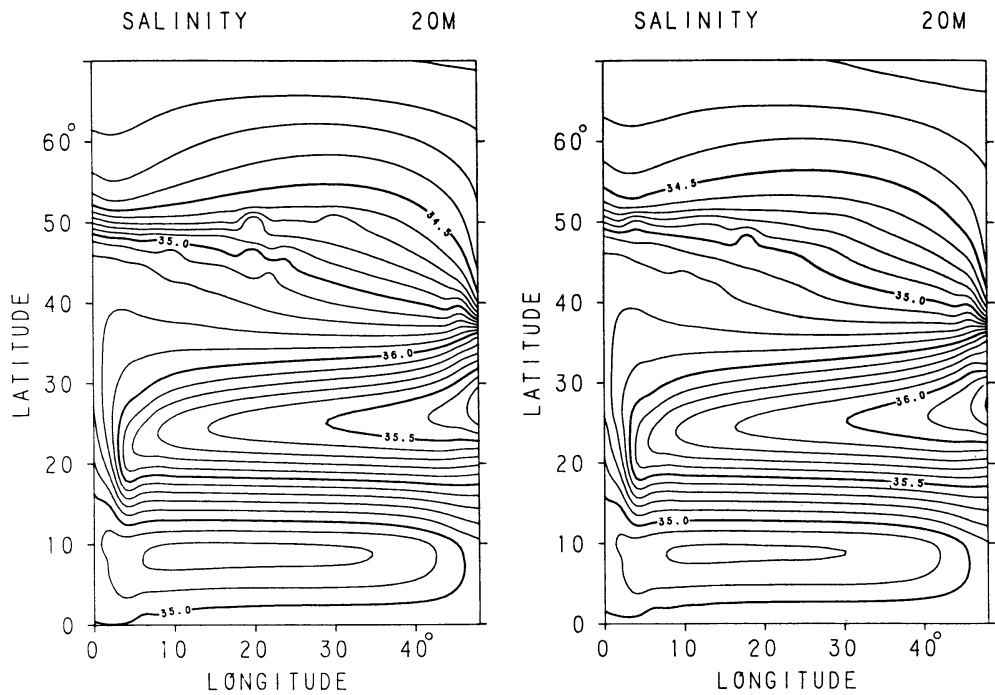


Fig. 3. Salinity at a depth of 20 m by CE (left) and AE (right).

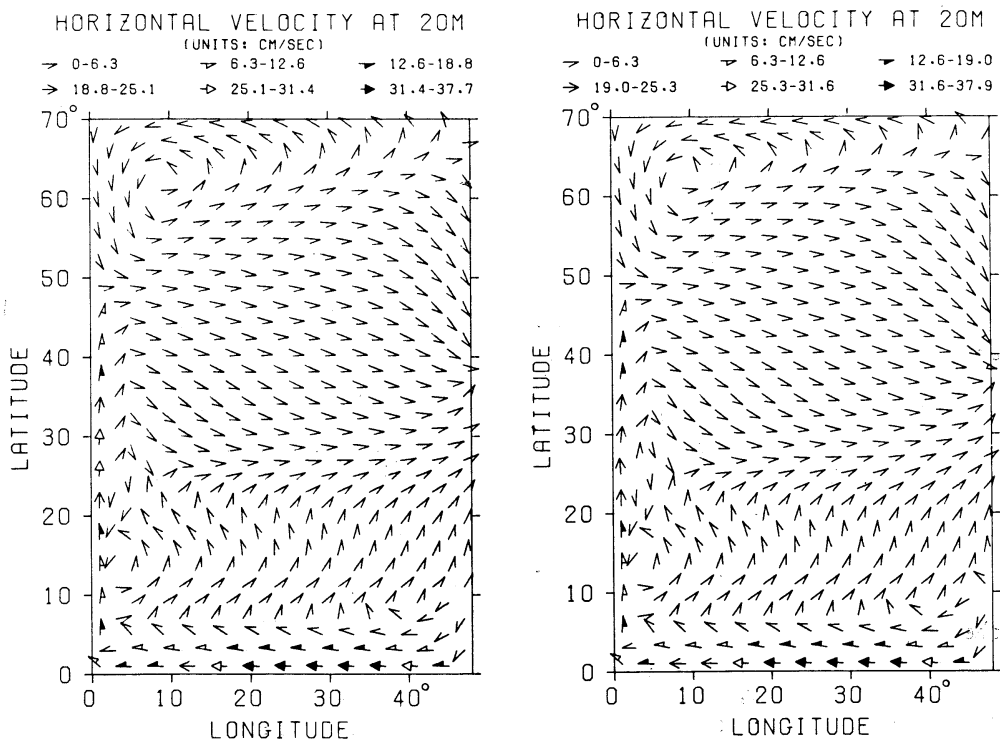


Fig. 4. Horizontal velocity at a depth of 20 m by CE (left) and AE (right).

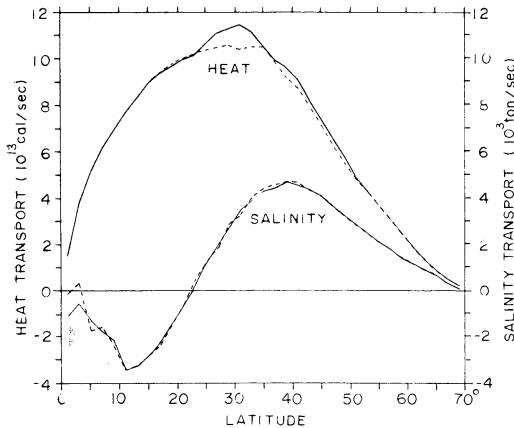


Fig. 5. Northward transports of heat and salinity as functions of latitude by CE (broken lines) and AE (full lines).

Over most of the ocean surface, the upward heat flux through the ocean surface is larger in AE than in CE. The difference (heat flux in AE minus heat flux in CE) is calculated for some western boundary regions defined by two meridians, and is tabulated in Table 1.

Table 1. Upward heat flux increase in AE

Region		Upward heat flux increase (10^{11} cal/sec)	Ratio to the total Q_A (%)
from	to		
21°N	31°N	24.27	19
21°	39°	36.72	29
21°	31°	45.26	36
21°	39°	61.57	49
21°	39°	73.54	58
21°	43°	84.55	67
21°	45°	94.02	74

An amount of 1.268×10^{13} cal/sec was additionally supplied to a region of 1° wide in longitude extending from 21° N to 31° N. Of this, 19% goes out immediately after from the surface of this region. The remaining 81% is dispersed in the surroundings. The greater part (74%) is lost from the surface of 7° wide in longitude, 24° long in latitude. The heat released from the ocean surface brings about an atmospheric change, which in turn brings about a change of the ocean circulation. To our present knowledge, however, it is difficult to estimate what results from such a large scale ocean-atmosphere interaction.

The highest temperature in AE is 30.82° C at 28° N on the western boundary, increasing by 6.43° C from 24.39° C in CE. It should be kept in mind, however, that the amount Q_A is tremendous compared with both the predicted thermal pollution from the power plants in 1990 and the heat flux presently exchanged between the ocean and the atmosphere. When Q_A is reduced by a factor of five by using 5.708×10^{-3} cal/cm²/sec in place of 28.54×10^{-3} cal/cm²/sec in (1), the temperature at 28° N on the western boundary is 25.37° C, highest in the middle latitude region, increasing by only 1° C from CE. One-fifth of Q_A in (1) is still 20 times as large as the predicted thermal pollution in 1990.

It is sometimes noticed that the future thermal pollution discharged from Japan might give rise to a catastrophic increase of surrounding sea water temperature. Although it is premature to draw firm conclusions, the result of the present study suggests that a strong heating of a western boundary region scarcely affect the ocean temperature and circulation.

This study was supported by the Ministry of Education as part of the Special Project Research "Fundamental Research for the Preservation of Marine Environment", No. 111310.

References

- BUDYKO, M.I. (1963): Atlas of the heat balance of the Earth. Mezhdudedom Geofiz. Kom, pri Prizid Akad. Nauk SSSR, Glav. Geofiz. Obs. im. A.I. Voeikova, 69 charts.
- FRIEDRICH, H. and S. LEVITUS (1972): An approximation to the equation of sea water, suitable for numerical ocean models. *J. Phys. Oceanog.*, **2**, 514-517.
- HAN, Y.J. (1975): Numerical simulation of meso-scale eddies. Ph. D. Thesis, University of California, Los Angeles, 153 pp.
- HANEY, R.L. (1971): Surface boundary condition for ocean circulation models. *J. Phys. Oceanog.*, **1**, 241-248.
- TAKANNO, K. (1975a): Relationship between the coefficient of lateral eddy viscosity and the grid size in the finite difference computation of the linear vorticity equation in the ocean. *J. Oceanog. Soc. Japan*, **31**, 105-108.
- TAKANNO, K. (1975b): A general circulation model for the world ocean. Tech. Rept. No. 8, Nu-

merical Simulation of Weather and Climate.
Dept. Meteorology, University of California, Los
Angeles, 46 pp.

TAKANO, K. and S. MATSUYAMA (1974): On the
thermohaline circulation. (unpublished)

熱汚染が海洋大循環に及ぼす影響についての数値実験

高 野 健 三

要旨: 海面の一部が熱汚染によって強く熱せられたときに水温や大循環に生ずる変化について数値実験を試みた。海の西岸に沿って南北に 10° 、東西に 1° の広がりをもつ海域に大量の熱を与えた。その量 (Q_A) は、1990年に日本の発電所の冷却水を通して排出されるだろうと考えられている熱量の100倍である。水温は一部では 6.5°C 高くなるが、水温、塩分、流速の大局的な様相はほとんど変わらない。この熱を (Q_A の) $1/5$ に減らした場合には、水温は最大 1°C しか高くない。海岸からの排水がどのように外洋の水とまじってゆくか、また、表層の水はどのようにかき混ぜられているのか、まだよくわかっていないので結論は出せないが、上の結果は、海の一部を強く熱しただけでは大きな海洋変化は生じないことを示唆しているようである。

海の泡の挙動と泡沫係数について*

阿 部 友 三 郎**

On the Behavior of Sea Foam and Physical Meaning of the Foaming Factor

Tomosaburo ABE

Abstract: It has been long believed by many people that foam of an ordinary sea water last very little, however, a certain kind of them, which contain some amounts of natural surfacants extracted from plankton (for example, mainly a certain kinds of diatom at the Fukura shore, Yamagata Prefecture) and seaweed, not only last long time, but become one of origins of salty wind damages. That is, in the season of prevailing westerly north winds, enormous amounts of stable sea foam (*i.e.*, longlived and tenacious ones) are produced at a breaker zone or a certain shoreline of the Japan Sea and some of accumulated sea foam are scattered in inland direction by wind turbulences, then various kinds of disasters are happened (for example, electric current leakage, corrosion of metal, and so on). Such phenomema often occurred at the Pacific coastal lines of Japan on the season of the typhoon and high winds.

In this article, such peculiar properties of sea foam are shortly described and specially physical meaning of the foaming factor is discussed experimentally and theoretically.

1. はじめに

古来、泡についてのそぼくな見方として、西洋では、地中海の北部につながるエーゲ海に生じた泡からヴィーナスは誕生し、風によって岸につき美と愛の女神になったと伝えられており、いわば、泡には歓喜と楽天的と、桃色の明るささえ感じる。一方、東洋の我が国では鴨長明の名著、方丈記によると、泡ははかないもの、取るに足らないもの、いわば、厭世的、悲観的なものの代表と考えられ、泡には一抹の灰色な暗ささえ感じる。

この一種である海の泡も取るに足らない、はかないものではあるが、その性質や挙動について研究を進めていくと、実質的には我々の生活と深い関連をもつことがわかってきた。次にその概要を示す。

2. 不安定泡沫

当時、経験的に船舶による航跡が暖かい海域と冷たい海域とで、その持続の点で差異があると言われていた。そこで、著者は風力によって波頭上に生ずる白泡に対して水温がいかに影響するかの問題と風浪階級観測の精度の向上に資するため、考察を始めた。

従って、方法としては普通海水を特殊な透明硝子容器に取り、振盪して海水塊を割り泡沫層を作るのであるが、まず問題になるのは容器へ入れる空気量と海水量との比率が発泡にどのように影響するかということである。これを調べるため、泡立ちの難易の程度は一応生ずる泡沫層の高さで表わすことにし、これと比率との関係を実験的に調べた。その結果、この比率が約2/3の所で、泡立ちの極大が起こることがわかった。便宜上、今後はすべてこの比率で実験を行った¹⁾⁵⁾。

水温を一定にして振動が続けられると、泡粒は生じ、次第に増していくが、同時に生成された泡

* 1976年4月17日受理

** 東京理科大学理学部、東京都新宿区神楽坂1-3
Science University of Tokyo, Kagurazaka, Shinjuku-ku, Tokyo, 162 Japan

粒が逆に振動により破壊される量も次第に増していくはずである。すなわち、泡粒が生ずる時間的割合と、破壊され減少する時間的割合とが、いつか等しくなり平衡状態に達するはずである。実験によると、これは10数秒以内に起こる。この時、振動を停止して、泡沫層が崩壊する状態を写真撮影した。得られた資料を詳細に解析した結果、Cl濃度、水温が一定の場合、層の高さ h は、 $h = h_0 e^{-kt}$ の実験式で表わすことができる。ここに、 t および k は、それぞれ時間と崩壊定数であり、 h_0 は初期の高さであり、測定値を外挿して求める。自然現象の変化形式のうちに、かような指数関数の形式で表現されるものはかなり多い。例えば、蓄電器の充、放電現象、梅の開花現象などもこの形式である。この様な形式で表現した場合、その変化の機構を k の性質である程度まで論ずることができる²⁾³⁾⁵⁾¹⁰⁾。

これまでの実験過程や、この式の適用から考えて、本泡沫過程が確率過程である可能性が暗示されたので、この泡沫現象を統計力学および化学反応論で処理し、検討した結果、実験誤差の範囲内では確率過程であることを確認した。さらに、海水の泡沫層内の泡粒分布を調べ、ほぼ Γ 分布であること、濃度との関係等もわかってきた³⁾。

3. 白波発生の解析と泡沫係数

現場（北方定点、39°N、153°E）で1947年から7年間、気象庁の定点観測船によって、気象および海洋観測が続けられた。著者はその資料の一部（3か年）を利用して、泡沫性の観点から解析を試みた。すなわち、表面水温 θ と風浪階級3の起こる確率 P_3 との関係を実験式を計算した結果、 $P_3 = 0.52 - 0.011\theta$ の実験式を得た。これを説明するため、次の考察を行った。

波頭上に風力によって白泡が生ずる物理的条件を互に独立と考えられる次の2条件で表現してみた。

- 1) 現在、存在する泡沫層が完全に消え去る前に、少なくともこれとほぼ等量の泡沫層が生じてくれるように、海水が泡立ちやすいこと。
- 2) 泡沫層の寿命が適当に長いこと。

これまでの室内実験の結果から、[1] に対しては近似的に h_0 を、2) に対しては泡沫層の半減期 τ を、それぞれ比例する量と考えた。

従って、現場海面上の泡立ちの程度を表わす物理量を D とすれば、これは h_0 と τ との関数と考えられ、第一近似として、 $h_0\tau$ の相乗積の関数と考え、 $D = Kh_0\tau$ とおいてみた (K は正の比例定数)。一方、これまでの著者の実験結果によると、これら2量は θ と次の関係にあることがわかっている。すなわち、

$$h_0 = a\theta + b, \quad \tau = a'\theta + b'$$

ここに、 $a, b, a',$ および b' はそれぞれ定数であり、 $a' < 0$ で、他は皆、正の値である。

従って、

$$D = Kh_0\tau = K\{aa'\theta^2 + (ab' + a'b)\theta + bb'\}$$

で、実際には $D = -0.074\theta^2 + 0.12\theta + 180$ である。すなわち、 D と θ とは放物線の関係にある。

いま、 θ に対し D または P_3 (任意スケール) を同一の図上に plot すると、放物線 D と直線 P_3 とは θ が $2^\circ \sim 22^\circ\text{C}$ の範囲内ではかなりよく一致する傾向にあることがわかった。これは室内実験の結果をもとに、 $h_0\tau$ という物理量を媒介にして、現場で階級が現われる確率をかなりよく説明できることを示している⁴⁾。後に、この量は海面上だけでなく、海中における特殊水塊移動についても、一種の水塊分析法の一要素として応用可能なこともわかった。この量を、その海水塊についての泡沫係数、FF、と名付けた（あらかじめ、使用容器内の初めの海水の長さで除しておけば、長さについて無次元化できるので便利であろう¹⁾⁵⁾。

米国加州沖 NEL 海洋観測塔付近にしばしば現われる移動型内部波について、F. C. ラフオンド博士と著者が観測し調査した際、その海面上の収束部、発散部、Slick 内に生ずる安定泡沫、および海中における水塊移動等について、この FF を利用してかなりよく解析し得た⁵⁾¹¹⁾。

4. 安定泡沫と災害

冬季、季節風が卓越してくると、東北日本海岸には、所によって安定泡沫が多量に生成され、数時間も堆積する (Fig. 1~3)。これらが風により

飛散飛翔され、付近に設置してある送配電あるいは電気通信施設などに捕捉され、状況によっては



Fig. 1. Accumulation of stable sea foam (Fukura).



Fig. 2. Flying of stable sea foam by winds. Distance between two black arrows is one meter. (Fukura)



Fig. 3. Transport of stable sea foam by winds. (Fukura, photo by Mr. N. SAKAGUCHI)

電流の漏洩が始まり、災害にまで発展することがある。そのほか、錆害、植生の枯死なども起こる(この現象は、東北だけでなく、新潟、石川、福井、島根等の諸県でも起こる)。また、台風や強風時には太平洋岸でも、所により同様な現象が起こり、各種の災害が頻発する。そこで、著者は箱田顕雄氏(元秋田地方気象台長)のお世話で代表地点として、山形県飽海郡遊佐町吹浦を選び、これらを観測し、基礎的資料を集め考察し始めた⁵⁾⁶⁾。

5. 安定化の要因

安定泡沫の外観はおおむね白色であるが、長く堆積したものはわずかに淡黄褐色がかっている。新鮮なこの泡沫を清潔な容器に採集し、きょう雑物が混入しないようにして、数時間暖かい室内に放置すると、泡沫は消え、緑褐色の濁った海藻様の臭気を持つ液体を得る。これを仮に泡沫液と呼ぶ。その容積は初めの容積の約1/100である。この中には多量の沿岸性 plankton (主に Diatom 種) や海藻の破片が含まれている (Table 1)。元来、これらの生物体から浸出した体液は表面活性物質であり、これらがわずかに海水中に溶混入しても、海水の表面張力は低下する。その結果、泡立ちやすくなり、その上、粘性は急増するため、泡膜は外力に対し強靱になり、極度に安定化するのである。

Table 1. Plankton observation of the foam liquid by Dr. R. MARUMO and others

Station: Fukura beach, Yamagata Prefecture

Date:	Feb. 6, 1962		Feb. 7, 1962	
	No. per 10 ml	%	No. per 10 ml	%
Diatoms				
<i>Asterionella japonica</i>	+		160	0.3
<i>Biddulphia auraita</i>	2,880	0.3	—	—
<i>Cocconeis</i> spp.	960	0.1	1,600	2.5
<i>Gramatophora marina</i>	—	—	320	0.5
<i>Licmophora lingbyei</i>	2,240	0.2	320	0.5
<i>Melosira borneri</i>	134,400	14.0	37,440	59.0
<i>Navicula</i> spp.	3,200	0.3	1,600	2.5
<i>N. long. v. reversa</i>	640	0.1	160	0.3
<i>Pleurosigma affine</i>	1,920	0.2	160	0.3
<i>Thalassiosira hyalina</i>	2,560	0.3	160	0.3
<i>T. Subtilis</i>	800,000	83.0	20,160	32.0
<i>Pennatae misc.</i>	1,280	0.1	640	1.0
the others		1.4		0.8

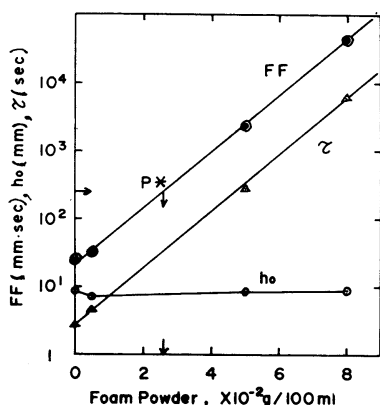


Fig. 4. Relation between sea foam properties and the foam powder.

5) 6).

泡沫液をさらに放置しておくと、液体成分は蒸発し、多少緑色がかった淡灰褐色の固体が得られる。仮に泡沫粉と呼ぶ。これを極く少量づつ、普通の海水に添加し、その都度振盪して泡立てて測定する。その状況を Fig. 4 に示す。詳細に調べると、初め h_0 はわずかに減少するが、後にわずかに増していく。しかし、 τ の変化に比べると、ほとんど一定とも考えられる。これに反して、 τ の値は指数関数的に激増する。従って、FF の変化は主として、 τ の値に一方的に依存していることがわかる。 h_0 の寄与はほとんどない。これは、

FF 直線と τ 直線とがほとんど平行関係で激増していることから明らかである⁷⁾。これは、生成された泡沫の膜に上記表面活性物質が吸着され、膜はますます強靱な二重膜構造になっていくためであろう。この点は近い将来、さらに追究したい。

以上、一連の予備実験は厳密性の点では再検討を要するが、海水をかように安定強化する主要因は上述の海産の表面活性物質によると著者は推論する。

以上の現象に関係する泡沫体の物性（密度、粘性、表面張力、熱および電気伝導度など）を現場または実験室内で計測し討論した^{5) 6)}。その概略の数値を示す (Table 2)。現地の協力者の提供した資料を統計処理し、この現象発生の間消長、飛散規模、飛散塊の大きさ、現地の海象、気象状況との関係（例えば、FF 値の変化と泡沫発生度、低気圧の強度やその軌道と飛散率との関係等）および、この特殊泡沫体の物理もおおむねわかり^{5) 8) 9)}、目下さらに詳細に攻究中である。

最後に、本一連の研究を行うに当たり、当時あるいは現在御協力下さった気象庁の関係者、E. C. ラフオンド博士、現地の方々、東京理科大学、および同大理学部で著者と共に研究に従事した福地直樹氏、大学院学生、卒業研究生および現在従事中の学生諸君に深く感謝する。

Table 2. Physical constants of stable foam (Fukura)

	Density (g/ml)	Surface tension (dyn/cm)	Viscosity (g/cm·sec)	Thermal conductivity (cal·cm ⁻¹ ·sec ⁻¹ ·deg ⁻¹)	Electrical conductivity
Foam mass	0.0113(12.0°C)			0.0081(12.0°C)	0.18×10 ⁻² ·ohm ⁻¹ ·cm ⁻¹ (12.0°C)
Foam liquid	0.977 (12.6°C)	27-34 (12.0°C)	0.63 (11.5°C)	0.0076 (25.0°C)	2.9×10 ⁻² ·ohm ⁻¹ ·cm ⁻¹ (12.0°C)
Sea water*		74.67 (19‰ C1) (12.0°C)	0.0137 (19.31‰ C1) (10.0°C)	0.00135(Salinity 20‰) (17.5°C)	
Snow (fresh)	0.05-0.08				

* for references

文 献

1) ABE, Tomosaburo (1962): On the stable foam formation of sea water in seas (preliminary report). J. Oceanog. Soc. Japan, 20th Ann. Vol., 242-250.
 2) ABE, T. (1953): A study on the foaming of sea water. —On the mechanism of the decay

of foam layer of sea water—. Rec. Oceanog. Works Japan, 1(2), New Ser., 18-29.
 3) ABE, T. (1955): A study on the foaming of sea water. —On the mechanism of the decay of bubbles and their size distribution in foam layer of sea water—. Pap. Met. Geophys., 5(3-4), 240-247.

- 4) ABE, T. (1955): A study on the foaming of sea water. —A tentative analysis of wind wave data in view of the foaming of sea water—. Pap. Met. Geophys., **6**(2), 164-171.
- 5) 阿部友三郎 (1975): 海水の科学. NHK ブックス, pp. 210.
- 6) ABE, T. (1963): *In situ* formation of stable foam in sea water to cause salty wind damage. Pap. Met. Geophys., **14**(2), 93-108.
- 7) ABE, T. and N. FUKUCHI (1974): Natural stable sea foam and its meteorological significances. *La mer*, **12**(2), 79-85.
- 8) 阿部友三郎, 福地直樹 (1968): 沿岸における安定海水泡沫の生成と飛散. *うみ*, **6**(3), 209-216.
- 9) ABE, T. and A. WATANABE (1965): *In situ* formation of stable foam in sea water to cause salty wind damage (2). —Wind transport of stable foam masses—. Pap. Met. Geophys., **16**(2), 77-83.
- 10) LAFOND, E. C. and P. V. BHAVANARAYANA (1959): Foam on the sea. *J. Mar. Biol. Ass. India*, **1**(2), 228-232.
- 11) LAFOND, E.C. and K.G. LAFOND (1969): Perspectives of slicks, streaks, and internal wave studies. *Bull. Jap. Soc. Fish. Oceanog. Spec. No.* (Prof. Uda's Comm. Pap.), 49-57.

A Possible Baroclinic World Ocean Circulation of 65 Million Years B.P.*

Kenzo TAKANO**

Abstract: A baroclinic world ocean circulation driven by differential heating and wind stress is calculated for the arrangement of the land masses of 65 million years B.P. The external forcing is assumed to be the same as the present one. Corresponding to the grid size of $5^\circ \times 5^\circ$, the coefficient of horizontal eddy viscosity is taken as $10^9 \text{cm}^2/\text{sec}$ and the coefficient of horizontal eddy diffusivity as $10^9 \text{cm}^2/\text{sec}$. In contrast with the result of a previous calculation for the present-day world ocean, the presence of a strait between North and South America and a relatively small expanse of the Atlantic Ocean considerably weaken the North Atlantic circulation, especially the deep western boundary current. Australia located further south of the present location effectively stands in the Antarctic Circumpolar Current. However, the large scale aspect of the general circulation and the meridional heat transport which is a basic role of the ocean currents in climate are not significantly different from the present ones.

1. Model

Recent extensive studies in various fields of geosciences have thrown light upon the past ocean shape. Sixty-five million years ago, the arrangement of the land masses was fairly different from the present one. North and South America were apart with a narrow strait between, which is hereafter referred to as the Mid-America Strait. The longitudinal extent of the Atlantic Ocean was less than that of the present-day Atlantic Ocean. The Australasia was close to Antarctica, so that there was practically no passage between both the land masses. The south-west Pacific Ocean widely opened into the eastern Indian Ocean. A small portion of the present South Asia was an island apart from the Asia Continent.

Following a previous paper (TAKANO, 1975a) on a possible barotropic circulation in the world ocean of those days, the present paper is concerned with a baroclinic circulation driven by differential heating and wind stress. The wind stress distribution is the same as that used in the previous study. The surface heat

flux is assumed to be proportional to the difference between the predicted ocean surface temperature and a reference atmospheric temperature which is prescribed as a function of latitude as done by HANEY (1971). The constant of proportionality is taken as $40.0 \text{ cal}/^\circ\text{C}/\text{cm}^2/\text{day}$. While no reliable information is available on the external forcing of those days,

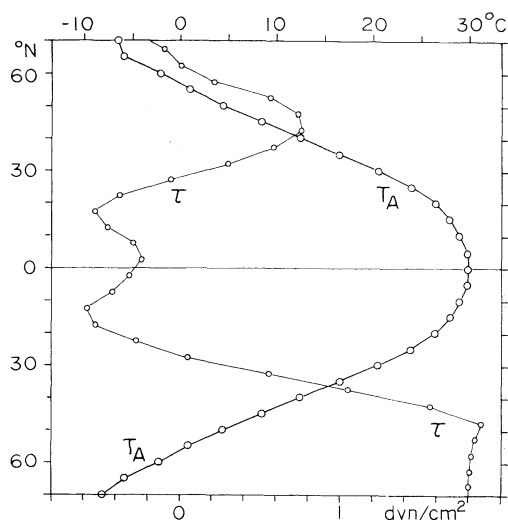


Fig. 1. External forcing: reference atmospheric temperature (T_A) and wind stress (τ).

* Received April 20, 1976

** Rikagaku Kenkyusho, Wako-shi, Saitama-ken,
351 Japan

we assume that it was not far from the present external forcing. It is shown in Fig. 1.

The model is almost the same as that described in detail in a previous note (TAKANO, 1975b). The principal features are as follows.

- (1) The ocean has a flat bottom.
- (2) The salinity and ice phase are excluded.
- (3) The water density is determined by temperature only. The coefficient of thermal expansion is constant ($2.5 \times 10^{-4}/^{\circ}\text{C}$).
- (4) The grid points are 5° apart in both longitude and latitude. While the grid distance was 2.5° in longitude and 4° in latitude in the previous calculation of the barotropic circulation, a coarser grid is used here according to the capacity of the computer available. Five levels are set up. The horizontal component of the velocity and temperature are calculated at depths of 20, 120, 640, 1,280 and 2,760 m. The vertical component of the velocity is calculated at depths of 70, 380, 960 and 2,020 m. The ocean depth is 4,000 m. The grid points are staggered. The coast lines are defined by grid points assigned for the temperature and the vertical component of the velocity.
- (5) The momentum advection is neglected, because it has practically no effect when such a coarse grid is used. Therefore, there is no interaction between the barotropic and baroclinic components of the velocity, though the former affects the latter through the horizontal advection of heat.
- (6) The external gravity waves are filtered out by making the vertical component of the velocity equal to zero at the ocean surface.
- (7) There is no heat flux through the lateral boundary and the bottom. There is no slip along the lateral boundary, no friction at the bottom.
- (8) The coefficient of horizontal eddy viscosity is taken as $10^9 \text{cm}^2/\text{sec}$, and the coefficient of horizontal eddy diffusivity as $10^8 \text{cm}^2/\text{sec}$. Depending on the grid size, the magnitude of these eddy coefficients is required to be large enough to prevent the velocity and temperature fields from being disturbed by the noise having a wavelength of twice the grid distance. An upcurrent scheme is used for the planetary vorticity advection and the horizontal advection

of heat in order that the eddy coefficients are reduced as small as possible (TAKANO, 1974, 1975c; see Appendix).

The coefficient of vertical eddy diffusivity is taken as $1 \text{cm}^2/\text{sec}$ when the vertical stratification is stable. Whenever a vertically unstable stratification develops, the coefficient of vertical eddy diffusivity is made infinitely large as a parameterization of strong vertical mixing that instantaneously restores a neutral vertical stratification.

The coefficient of vertical eddy viscosity is $1 \text{cm}^2/\text{sec}$, too.

2. Calculation

Since the momentum advection is neglected, the barotropic circulation is decoupled from the baroclinic circulation. Therefore, the barotropic circulation is obtained first by solving the vorticity equation subject to the wind stress curl only as external forcing. The only difference between the present and previous calculations is the grid size. The initial value of the stream function for the barotropic component of the velocity is zero on the coast of each land mass. In other words, there is no net flow between any two adjacent oceans. The initial value of the stream function at each of the other grid points is given in such a way that the planetary vorticity advection is balanced everywhere with the wind stress curl.

Starting from this initial state, the time integration of the vorticity equation is forwarded for about 282 days with a time step of 5 hours.

Throughout the time integration, the value of the stream function is kept as zero on the coast of the composite land mass Asia-Europe-Africa, but is calculated on the coasts of the other land masses by means of a technique called "hole relaxation". The average over the last 500 hours is conserved to be used for the horizontal advection of heat in the calculation of the baroclinic component of the velocity.

As a second step, starting from an initial state where the temperature varies with latitude and depth, the time integration of the equations of momentum and heat is carried out for 80,330 days. The time step is 18 hours.

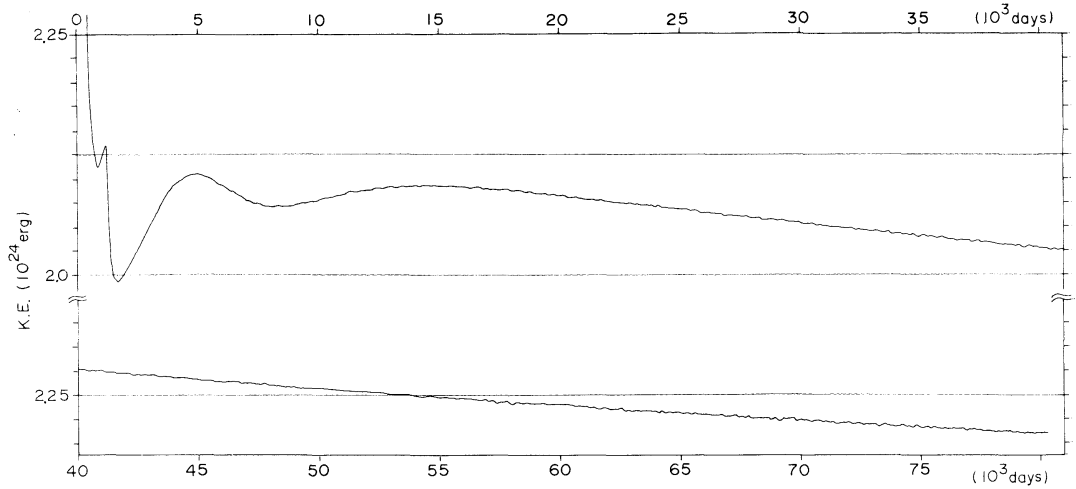


Fig. 2. Variation of the kinetic energy of the baroclinic component of the current.

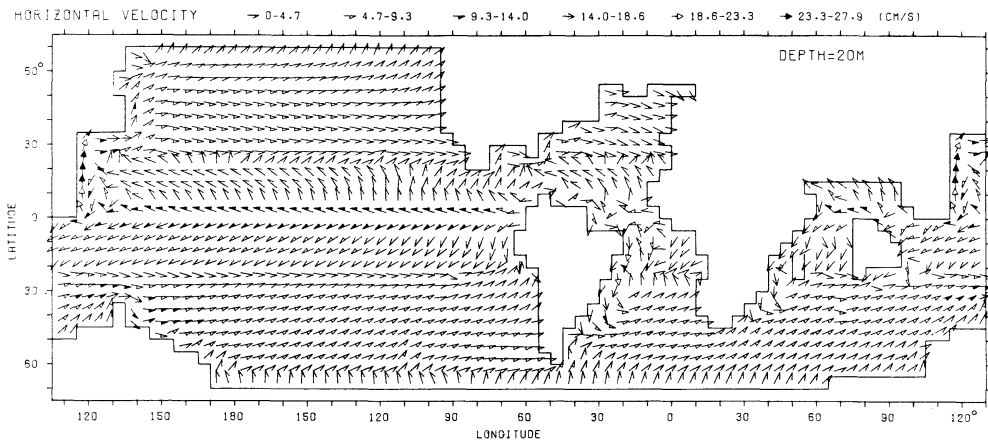


Fig. 3. Surface currents.

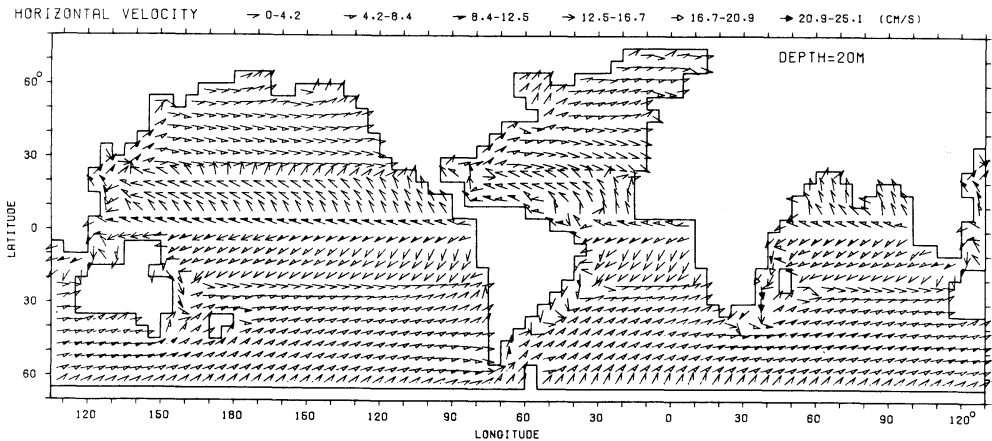


Fig. 4. Surface currents by the control experiment.

The variation in the kinetic energy of the baroclinic component of the current is shown in Fig. 2. A period of 220 years is too short to reach the steady state in the whole ocean but long enough to reach an almost steady state.

Prior to this calculation, another calculation was done for the general circulation in the present-day world ocean governed by the same external forcing as that shown in Fig. 1 (TAKANO, 1975d). The time integration was carried out for about 102,568 days. Except for the difference in the arrangement of the land masses, the grid structure and all the numerical constants are also the same as those used here. That study is hereafter referred to as a control experiment. Comparison of both results helps to understand the effect of the arrangement of the land masses on the global circulation.

Figures 3 and 4 show the surface velocity vectors in both world oceans. Compared with the surface currents in the control experiment, the North Atlantic surface currents are not well developed and not well organized because of the relatively small size of the North Atlantic Ocean in addition to the presence of the Mid-America Strait. There are no well organized currents in the Indian Ocean, either, because of the presence of a large island in its center.

On the contrary, the North Pacific Ocean, larger both in longitude and latitude at that time, produces a stronger western boundary current.

The Pacific water flowing into the Atlantic Ocean through the Mid-America Strait does not reinforce the Gulf Stream but slows it down by opposing the Guiana Current which flows along the north-eastern coast of South America. Another striking difference is seen in the Antarctic Ocean. The composite mass of Australasia-Antarctica extends northward and effectively blocks the Circumpolar Current, though there is no Palmer peninsula pushing northward a long way from Antarctica which presently stands in the way of the Antarctic Circumpolar Current.

These features are more or less apparent down to a depth of 640 m. At a depth of 1,280 m, another striking difference is appeared in the Antarctic Ocean. While the present Circumpolar Current flows eastward almost everywhere around Antarctica, the old one flows west to south-west along a parallel of 67.5°S off the Antarctic coast. North of 67.5°S , it flows east between the east coast of the Australasia and the west coast of South America, and south to south-west between the east coast of South America and the west coast of the Australasia. This comes out clearer at a depth of 2,760 m, as shown in Figs. 5 and 6. Figure 5 gives a westward Circumpolar Current with a weak northward boundary current along the east coast of the Australasia. Another point emerging from comparison of Figs. 5 and 6 is that the North

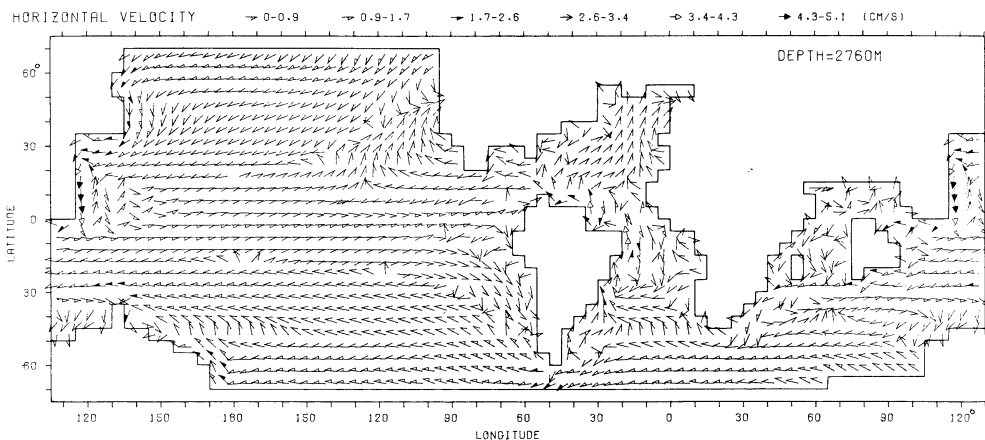


Fig. 5. Currents at a depth of 2,760 m.

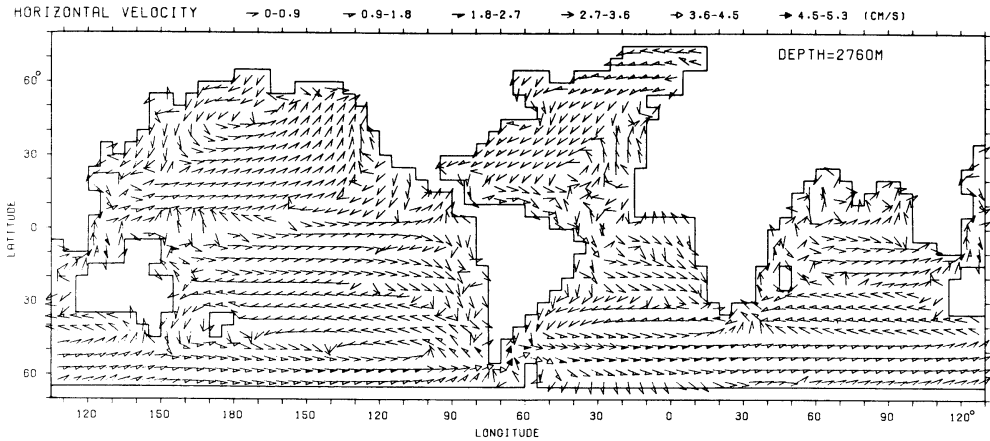


Fig. 6. Currents at a depth of 2,760 m by the control experiment.

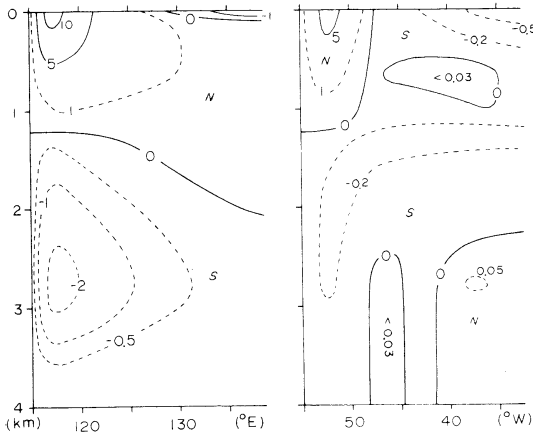


Fig. 7. Northward component of the velocity at meridional sections. Left at 42.5°N in the Kuroshio region, right at 27.5°N in the Gulf Stream region. (units: cm/sec)

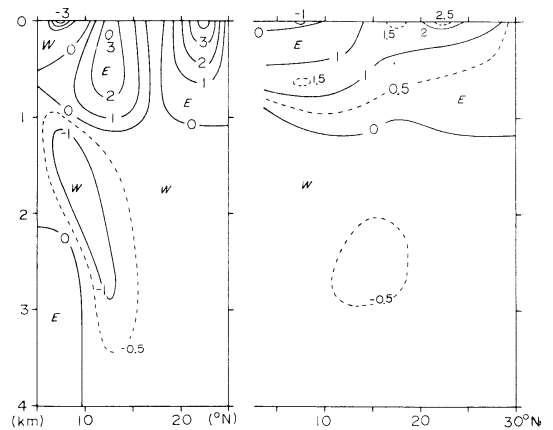


Fig. 8. Eastward component of the velocity at the Mid-America Strait. Left at 57.5°W, right at 72.5°W. (units: cm/sec)

Atlantic deep western boundary current is very poorly developed, because the meridional extent of the east coast of North America is limited and a lot of water flow out through the Mid-America Strait. In contrast to that, the North Pacific deep western boundary current is well developed, because, in addition to the presence of a long, straight western boundary, the North Pacific Ocean is much greater than the present North Pacific Ocean and the North Atlantic Ocean.

Figure 7 is vertical sections showing the northward component of the velocity at 42.5°N

in the Kuroshio region and at 27.5°N in the Gulf Stream region. Reflecting the coarse grid and the correspondingly large coefficient of horizontal eddy viscosity, the western boundary current is too broad in both oceans. However, the wane of the western boundary current in the North Atlantic Ocean is clearly figured.

Figure 8 gives two meridional sections showing the eastward component of the velocity across the Mid-America Strait. There are prevailing eastward currents in an upper layer of 1,000 m deep, which stands in the way of the Guiana Current to weaken the Gulf Stream. Deeper currents are mostly westward, associ-

ated with the wane of the deep western boundary current.

3. Temperature field

Figures 9 and 10 show the surface temperature.

The world ocean extends from 70°S to 70°N in the present experiment, and from 65°S to 75°N in the control experiment, while the latitudinal distribution of the prescribed reference atmospheric temperature is not different from each other. Roughly speaking, therefore, compared with the control experiment, cooling is strong in the southern hemisphere and weak in the northern hemisphere. Due to the difference in the individual ocean shape, however, cooling is stronger in the old North Pacific

Ocean than in the present North Pacific Ocean, and is weaker in the old North Atlantic Ocean than in the present North Atlantic Ocean. The old North Pacific Ocean is more strongly cooled than the old North Atlantic Ocean, while in the control experiment the North Pacific Ocean is less strongly cooled than the North Atlantic Ocean.

These features resulting from the geographical contrast account for: (i) lower temperature in the northern North Pacific Ocean than in the northern North Atlantic Ocean; and compared with the control experiment, (ii) lower temperature around Antarctica, (iii) lower temperature at the northern North Pacific Ocean, (iv) higher temperature in the northern North Atlantic Ocean.

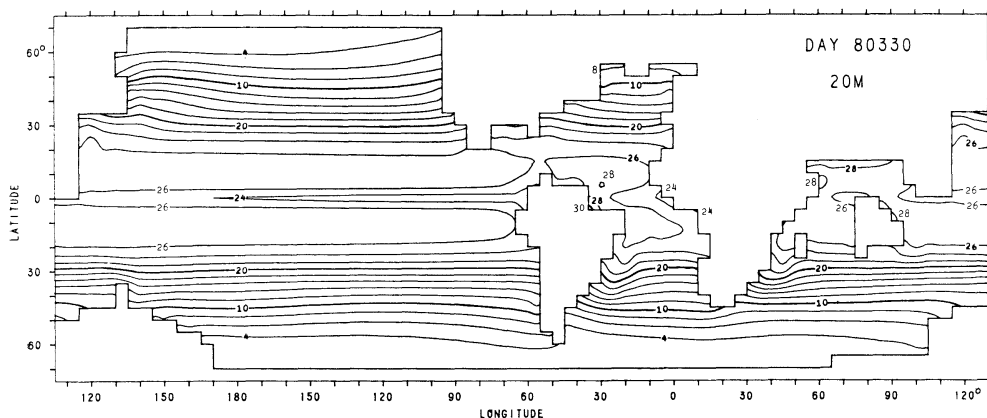


Fig. 9. Surface temperature (°C).

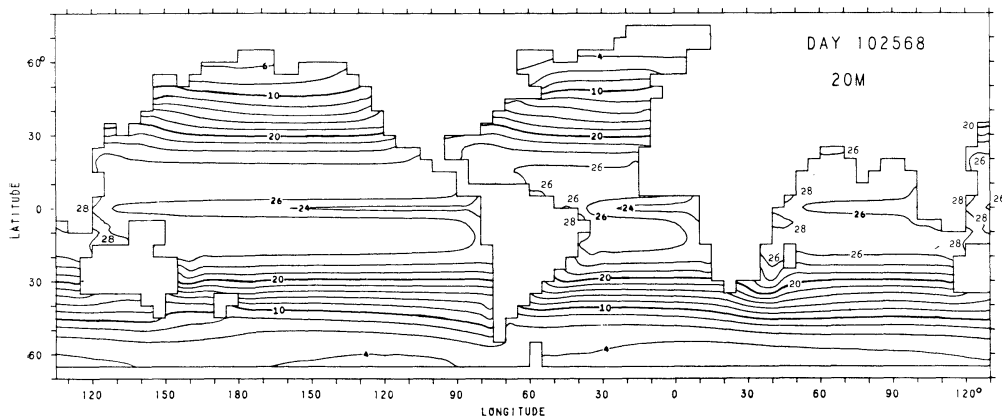


Fig. 10. Surface temperature by the control experiment (°C).

Table 1 gives the mean temperature at each level and the global mean temperature in both experiments. The difference between the two experiments is smallest at the surface where, compared with the other levels, the temperature is closely related to the prescribed reference atmospheric temperature. It is getting greater with depth but decreased at 2,760 m. Since the time integration over two or three centuries is not long enough, the temperature at 2,760 m still varies very slowly with time. Then, it

is not known with certainty whether the relatively small difference (0.54°C) is meaningful or not.

The eastward flow of the Pacific surface water through the Mid-America Strait slightly warms the Atlantic surface water east of the the Strait. The general distribution of the isotherms in the old ocean is, however, alike that in the present ocean. This is also the case of all the other depths.

The temperature at 640 m is shown in Figs. 11 and 12. There is no striking difference between both figures. A tongue-like distribution of an isotherm of 6°C in the Pacific equatorial region extending from the Mid-America Strait in Fig. 11 does not result from the inflow of the Atlantic water through the Strait. At this

Table 1. Mean temperatures in both experiments ($^{\circ}\text{C}$)

Depth (m)	20	120	640	1280	2760	Global
Pres. ex.	18.19	14.64	5.93	3.58	3.00	4.75
Cont. ex.	18.39	14.86	6.53	4.44	3.54	5.35

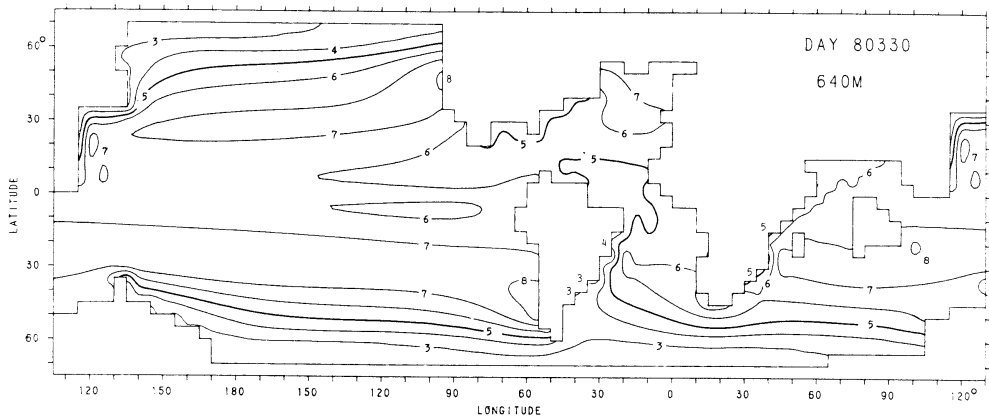


Fig. 11. Temperature at a depth of 640 m ($^{\circ}\text{C}$).

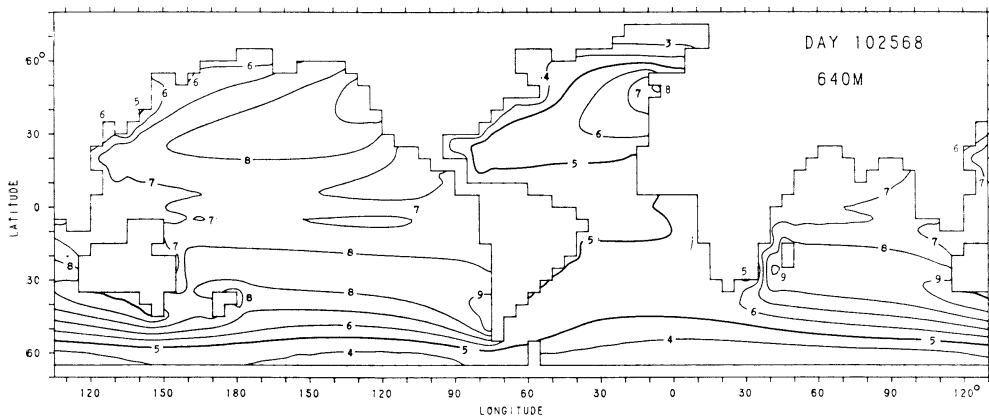


Fig. 12. Temperature at a depth of 640 m by the control experiment ($^{\circ}\text{C}$).

depth, the warmer Pacific water flows into the Atlantic Ocean as shown in Fig. 8 and warms the western North Atlantic Ocean to cut off an isotherm of 5°C east of the Strait.

4. Heat transport

The meridional heat transport is the sum of three components: transport by the mean meridional (vertical) circulation, transport by the mean horizontal circulation and transport by the subgrid scale eddy diffusion.

The mean meridional circulation transports heat in the meridional direction by bringing warm surface waters poleward and cold deep waters equatorward. The second component is interpreted as the heat transport associated with a warm western boundary current moving poleward compensated by a colder return flow in the central and eastern regions of the ocean. The northward heat transports by these components are shown in Fig. 13. The mean horizontal circulation gives rise to a weak northward transport at almost all the latitudes. The eddy diffusion is much more effective, particularly in the southern ocean. It might be noted that in a previous paper (TAKANO *et al.*, 1973) on a seasonally varying baroclinic world ocean circulation where the coefficient of horizontal eddy viscosity is $10^9 \text{cm}^2/\text{sec}$ as in the present study but the coefficient of horizontal eddy diffusivity is $2.5 \times 10^7 \text{cm}^2/\text{sec}$ with a grid of $2.5^\circ(\text{longitude}) \times 4^\circ(\text{latitude})$, the mean horizontal circulation is no less effective than the eddy diffusion except in the southern ocean south of 40°S . A small contribution of the mean horizontal circulation and a large contribution of the eddy diffusion in the present study are brought about by the coarse grid ($5^\circ \times 5^\circ$) and the large coefficient of horizontal eddy diffusivity.

The northward heat transports are calculated every five degrees from 67.5°S to 67.5°N . The sum of their absolute values amounts to $17.85 \times 10^{15} \text{cal}/\text{sec}$. Of this, 53% is the first component, 5% is the second component and 42% is the last component.

Figure 14 gives the heat transport in the control experiment. Figures 13 and 14 are not significantly different from each other. The

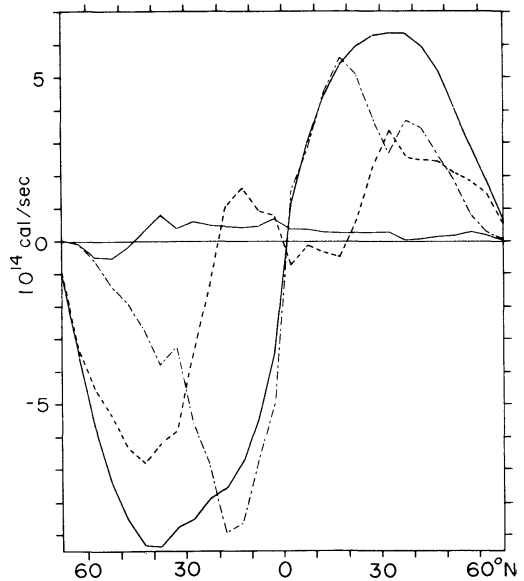


Fig. 13. Northward heat transport by the mean meridional circulation (dot-dash-line), the mean horizontal circulation (light line) and the eddy diffusion (broken line). The heavy line shows the total transport.

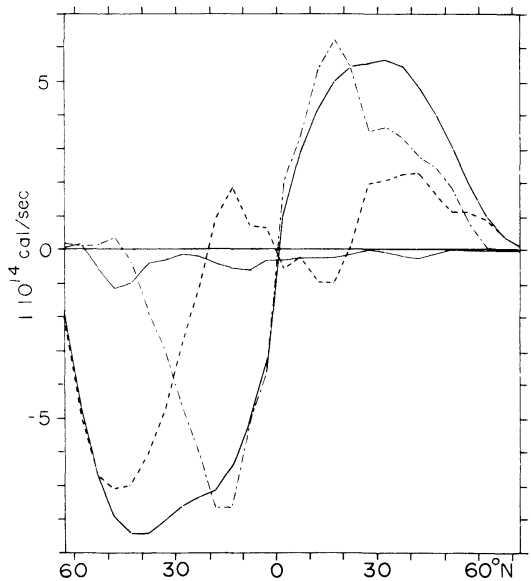


Fig. 14. Northward heat transport by the control experiment.

sum of the absolute values of the heat transports calculated every five degrees from 62.5°S to 72.5°N is $15.30 \times 10^{15} \text{cal}/\text{sec}$, slightly smaller

than that in Fig. 13. The fractional contribution is, however, 53 %, 5 % and 41 %, respectively, just as in Fig. 13.

In the study on the seasonal variation of the world ocean circulation cited above, the fractional contribution is, on the annual average, 71 %, 7 % and 22 %, respectively. Compared with Figs. 13 and 14, the mean meridional circulation contributes much more effectively and the eddy diffusion much less effectively.

5. Concluding remarks

Since very little is known about the external forcing as well as the ocean bottom topography, it might be speculative for the present to deal with the past ocean circulation. In addition, the grid is too coarse not only to show definitely the detail of the general circulation but also to resolve the meso-scale eddies, although it is not yet well known whether they drastically affect the large scale motion.

However, the above calculation allows us to get some insight into the effect of the geometry of the world ocean on the general circulation. As far as the large scale aspect is concerned, the general circulation of 65 million years B.P. has certain resemblance to that calculated for the present-day world ocean. The northward heat transport which is a basic role of the ocean currents in climate is quite similar to each other. However, there are a number of things peculiar to the old ocean in certain respects. Most of them are brought about by the shape and size of the individual ocean, particularly its extent in high latitudes. In this regard, of importance are the ice and salinity both of which come into full play in high latitudes but are ignored here as well as the external forcing in high latitudes on which no information is available for the present.

Appendix

Differencing of the horizontal advection of heat

The temperature T and the eastward component of the velocity u are arranged on the horizontal plane as shown in Fig. 1A. The horizontal advection of heat for T_0 is given by

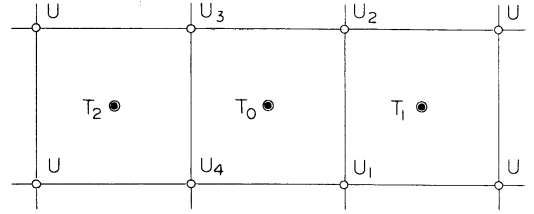


Fig. 1A. Arrangement of the variables T and u .

$$\frac{\partial}{\partial x}(uT) = \frac{u_1 + u_2}{2d} \left\{ \alpha T_0 + (1 - \alpha) T_1 \right\} - \frac{u_3 + u_4}{2d} \left\{ \beta T_{-1} + (1 - \beta) T_0 \right\},$$

where α and β are constants, and d is the grid size.

This relation leads to a centered differencing if $\alpha = \beta = 0.5$, to an upcurrent differencing if $\alpha \geq 0.5$ for $u_1 + u_2 \geq 0$, and similarly $\beta \geq 0.5$ for $u_3 + u_4 \geq 0$.

We took α and β as 0.65 or 0.35 according as $u_1 + u_2$ and $u_3 + u_4$ are positive or negative.

If a uniform flow ($U_1 = U_2 = U_3 = U_4 = U_0 > 0$) is assumed, the above relation becomes

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial x}(uT) &= \frac{U_0}{d} [0.5\{(T_1 + T_0) - (T_0 + T_{-1})\} \\ &\quad - (\alpha - 0.5)(T_1 + T_{-1} - 2T_0)] \\ &= \left(\frac{\partial}{\partial x}(uT) \right)_c - \{(\alpha - 0.5)dU(\nabla^2 T)_c\}, \end{aligned}$$

where the subscript c refers to the centered differencing.

The braced term in the right-hand side is in the form of heat diffusion. The equivalent coefficient of diffusivity is $(\alpha - 0.5)dU$. The upcurrent differencing ($\alpha > 0.5$) brings about the heat diffusion.

Advection of the planetary vorticity

The advection of the planetary vorticity advection is given by $v\beta$ where v is the northward component of the velocity and β is the variation of the coriolis parameter with latitude. When v and the stream function Φ for the barotropic component of the velocity are arranged as shown in Fig. 2A, the northward component v_0 for Φ_0 is given by

$$v_0 = \alpha(v_1 + v_2)/2 + (1 - \alpha)(v_3 + v_4)/2.$$

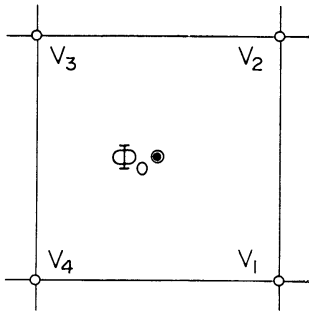


Fig. 2A. Arrangement of the variables Φ and v .

This becomes a centered scheme if $\alpha=0.5$, and an upcurrent scheme if $\alpha>0.5$ because of the westward propagation of the Rossby waves. We took $\alpha=0.875$.

As in the case of horizontal advection of heat, we get $v\beta=(v\beta)_c+(\alpha-0.5)d\beta(\nabla^2\Phi)_c$. The last term is interpreted as a simplified diffusion term, because the vorticity diffusion term $-A\nabla^4\Phi$ in the vorticity equation is approximated by it if $A\nabla^2$ can be substituted by $-(\alpha-0.5)d\beta$, where A is the coefficient of horizontal eddy viscosity.

References

- HANEY, R.L. (1971): Surface boundary condition for ocean circulation models. *J. Phys. Oceanog.*, **1**, 241-248.
- TAKANO, K. (1974): Finite differencing of the advection term. *J. Oceanog. Soc. Japan*, **30**, 207-208. (in Japanese)
- TAKANO, K. (1975a): A possible general circulation in the world ocean of 65 million years B.P. *La mer*, **13**, 72-78.
- TAKANO, K. (1975b): A general circulation model for the world ocean. Numerical simulation of weather and climate. Tech. Rept. No. 8, Dept. Meteorology, UCLA, 46 pp.
- TAKANO, K. (1975c): Relationship between the grid size and the coefficient of lateral eddy viscosity in the finite difference computation of the linear vorticity equation in the ocean. *J. Oceanog. Soc. Japan*, **31**, 105-108.
- TAKANO, K. (1975d): Baroclinic circulation in a world ocean. (unpublished)
- TAKANO, K., Y. MINTZ and Y.-J. Han (1973): Numerical simulation of the world ocean circulation. 2nd Conf. Num. Prediction, AMS, Monterey, California.

6千5百万年前の世界の海の傾圧大循環

高野 健 三

要旨: 過去の海の傾圧大循環の数値研究である。次のように問題を簡単にする。(i) 海の深さは一定である。(ii) 海水の密度は温度だけで決まる。(iii) 海の氷や塩分は考えない。(iv) 外力(加熱・冷却と風の応力)の分布は現在と同じである。緯度、経度とも 5° ごとに格子点をおく。鉛直方向には5層を設ける。ある初期状態から出発して約220年間、運動方程式と熱の方程式を時間について積分する。現在の海については同じ外力のもとで300年たらず積分したものが既にあるので、両者の結果を比べると、陸地の分布が大循環に及ぼす影響をある程度は理解できる。現在の海に対する結果に比べて、6千5百万年前の大循環は、北大西洋、特に北大西洋の深層で弱い。印度洋の流れも弱い。そのかわり北太平洋の循環は強い。今日のように南極の周りを一周する南極海流は存在しない。しかし、大循環と水温分布の大局的な様相は今日とあまり変わらない。低緯度から高緯度へ運ばれる熱量の緯度分布はほとんど同じである。

総 説

漁 法 学 (III)*

今 村 豊**

Fishing Methodology (III)

Yutaka IMAMURA

3. 威嚇漁法

威嚇漁法 (Threatening method) は駆逐漁法 (Hunting method) ともいわれている。

先述の遮断漁法が成立する条件には対象魚に方向性のある規則的な運動が必要である。魚において、直接に遮断漁法の対象となりえない魚、すなわち静止、停滞している魚、また漁具の使用が困難な水域に生息している魚などを対象に本漁法は創案された。

1. 本漁法の発想

魚族のあるものは長期にわたりある特定の水域を占拠してとどまり、全く他の水域に移らないものがある。さらに、魚のあるものは直接に漁具の使用し難い場所、また漁具の使用が不便な水域に生息しているものも多い。このような水域の魚を捕るに当たって、漁業者はまず漁具の使用できる水域にまで魚族を移行させることを企てる。この魚を移行させる手段方法として漁業者は経験的に威嚇法を習得するに至った。ある種の魚は長期にわたってある特定の水域を占拠し、他に移行しないという現象がある。これはこの水域の諸条件がこれらの魚に対して非常に好ましく恵まれ、魚の生活環境としては優れた水域であることを示すものである。すなわち、魚が長期にわたってとどまっている水域は魚の生理、生態の面から魚が必要とする各種の条件を十分に備えた水域であり、魚の生活維持に都合の良い水域となっている。すなわち、この水域は魚の生命、生活を保証する所を意味している。魚は常にこのような好ましい水域を積極的に選択していて、魚はこの水域内に長い間とどまり自らの

生活圏をこの水域で形成する。またこの水域は魚が生活するに当たり、あらゆる多くの条件が魚に対して安定しており、魚の生活に必要な各種の要素が互に平衡の状態にあることを表している。この漁法は魚が生息している水域の環境の諸条件の内のある条件を急激に変革することで、すなわち魚にとって水域の安定した平衡の状態を打破し魚を不安定な状態に陥れ、魚がこの水域を捨て他の水域に移る行動を誘発するための手段である。この誘発された魚の運動・動静を漁の手掛かりとして利用するねらいがこの漁法の趣向である。この漁法では対象水域内に生息しているすべての魚が何らかの影響を受けることになる。このためこの漁法の操業は他の漁法との関係を十分に配慮する必要がある。本漁法のねらいはいたずらに魚を驚かすことでなく、魚を駆り立てながら集めることである。本漁法で重要なことはまず地形、地物の利用、並びに海況などを積極的に活用しながら漁を組み立てることである。この漁法は威嚇による魚の逃避方向を規正し、魚の分散を予防しながら魚に方向性を与え、漁の成果を高めようとするものである。この漁法は古くから内水面、内湾などの特殊な条件を備えた水域を巧みに利用して多く営まれてきた。

2. 威嚇の方法と手段

本漁法の対象は概ね群集性の強い魚族である。ある条件を備えた水域にはよく魚が集まり、濃群を成してとどまることが多く認められている。この魚の群は長期にわたってこの水域を占拠してほとんど他に移ることも少なくなっている。濃群の魚が長期にわたってとどまっている水域は魚にとって嗜適な環境であり、好ましい水域となっている。魚に対して好ましい水域の条件の一部を人為的に変革することから本漁法は始まる。魚の生息している水域の条件を変革することは魚の多くを不安と焦

* 1976年3月1日受理

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

燥に陥れ、魚はこの水域を捨て他の水域に向って逃避する。本漁法は魚の逃避行動を常に期待して営まれ、魚に対する威嚇の方法は多岐にわたっているが、この方法・手段は今後なお魚の研究が進むにしたがいさらに多くなり、効果あるものとなるであろう。威嚇の方法を大きく区分すると次のとおりである。(1) 魚に物理的な刺激、圧力を加える方法、(2) 魚の感覚器官を刺激し、刺激からの逃避を促す方法、(3) 魚に化学的な刺激を加え、これからの逃避を誘う方法。

魚に対する威嚇の効果はこれらの方法と環境条件が組み合わさって示される。また、魚に対する威嚇の効果は魚に対して威嚇を点で加えるよりも、線または面で加える方がより大きくなり、特に魚の逃避行動に方向性を持たせるためにはこのことは不可欠の手段である。さらに威嚇の方法は瞬発的なものより連続的なものの方が効果が良好である。魚がある水域に長い間にわたってとどまっている現象は魚にとってこの水域の各種の条件が概ね充足され、すなわち各条件が安定平衡の状態にあるためであり、このことは魚に対してこの水域は生活がより良く保証されていることを示すものである。例えば、餌の質と量、外敵からの安全性、休息の場、並びに水温、水質など数多くの要素が魚に対してより良く保証されていることを現わすものである。魚の生活の場で魚に対するこれらの条件の保証が失われると魚は焦燥と不安に駆り立てられ、遂には他のより好ましい条件の水域を求めて移る。魚の生息する水域の諸条件を人為的に変革する、すなわち水域内の魚に対する必要条件の安定平衡の状態を打破することが本漁法のねらいである。魚に威嚇を加えた場合、魚の反応行動はまちまちである。ある魚種は水平的な逃避行動を示し、ある魚種は浮上し、また沈降するが、さらにある魚種は砂泥中に潜入するなど様々である。遮断漁法で漁具は概ね静置方式が採られるが威嚇漁法では漁具は積極的に動かす方式が多く採られている。また、遮断漁法では常に魚の運動に注文が付けられているのに対し、威嚇漁法では魚の運動に格別の注文を付けることなく、常に自由に対象魚を選ぶことが可能である。

魚に対する威嚇の内容は魚に対して生命の危険を察知させるような強い刺激のものが望まれ、また威嚇の効果はその刺激の強さに比例して示される。魚に加えられる威嚇刺激の反応はほとんどがこの刺激に対する魚の反応行動を期待する。すなわち刺激から魚の逃避行動を最も著しく示すことを願うものである。魚に加えられる刺激反応は魚の視覚、嗅覚、聴覚、味覚、触覚の各器官の機

能によって左右される。魚は生理的に刺激の種類並びにその量の点から魚により許容されたある限度がある。すなわち、刺激の量、強さがこの許容限度を超えて加えられた場合に初めて魚はこの生息水域を捨て、他の水域に逃避する。魚が生息している水界は常に複雑に各種の要素が互に組み合わされている。この組み合わせの中で魚は常に自身に適した水域を求めて生活している。魚に対する刺激の効果は水界の条件、魚の生理的な条件で必ずしも一定して示されない。すなわち、同じ量の強さの刺激でも時と所、魚の生理状態によって刺激の効果はまちまちに示される。

水界の各要素、すなわち水温、水質、水中の明暗、流れの有無並びに緩急などは魚の生活に大きな影響力を有している。従って、これら水界の各要素を漁業者がある程度自由に調整し、変革することができるならば、この方法は理想的な威嚇の手段となるであろう。魚の威嚇の方法、手段はこの面から新しい芽生えが十分に期待される。

3. 威嚇漁法の展開

魚において威嚇の手段はいろいろの形式で今日広く営まれている。本漁法の基本的なものとして、鵜を用いて古くから我々が親しんできた漁について述べる。鵜の使用法に「追い鵜」(魚を駆り立て集めるためのもの)と「獲り鵜」(直接に魚を捕獲する)の2方法がある。また、操業の時間から昼鵜と夜鵜の区別があり、漁法として鵜責法、寄川法、鵜垣法などがある。これらの漁の次第は次のとおりである。まず、鵜責は多数の鵜を河中に放ち、鵜を並列させ、上流から魚を駆り立てながら河を下る。あらかじめ、下流に敷設された網の中に魚を追い込んで捕る趣向である。また、寄川法も概ね鵜責と同じ趣向であるが、この場合は鵜の数も少く、鵜の行動も自由気ままに放たれている。鵜垣は竹竿の先端におんどの羽根を結んだ駆具を各人が手に持ち、河の上流から下流に向って並び、水中を歩いて下り、魚を駆り立てながらあらかじめ展開してある網の内に魚を追い込む趣向の漁である。網の内に追い込んだ魚を、鵜を放って自由に捕獲させるのが鵜垣漁である。これらの漁法は魚の視覚、聴覚、河水のかき混ぜの振動などが互に魚に効果的な威嚇となって現れている。鵜を用いて魚を捕えるこれらの漁の成果は晴天の昼間、河水の清澄な水域で良好になっている。例外として夜間に営まれている長良川の鵜飼について次に述べる。一般にアユは稚魚の時代は良く火光に向って集まる走光性がある。しかし、遡河して成魚になったアユは走光性がなく、むしろ光を避けるようにな

る。アユは夜間は静かに河床の凹地、玉石の下などに潜んで休息している。この静かに休息しているアユを燈火（かがり火、光力 1,000~2,500 lm、白熱燈に換算して 100~200W の明るさ）で直接に照射すると魚は光に眩惑されて驚き、休息場所から飛び出し、明るく照し出された水域内を不安と焦燥に駆られて右往左往する。長良川の鵜舟は 6 隻が互に河幅一杯に並び、下流に向かって降下する。各舟は 12羽の鵜を舟首で鵜匠が巧みに駆使して魚を捕らせ、降河中の鵜舟では 2 人の乗員が竿で舟を御しながら舟のへり、舟の底並びに河床を激しく叩き、突いて魚の駆り立をする。鵜舟の降河中、水中には各舟のかがり火の光で光幕、竹竿での叩き、突きによる衝撃で音響幕、水の振動幕が自然に形成される。これらの光、音、水の振動に驚いた魚は燈火の下で容易に鵜に発見され捕食される。鵜飼の漁果は月明の夜、河水の濁った夜、増水の夜は少なく落ちる。鵜飼は魚に対する光刺激、水中に造成される音響刺激、水中の攪拌による振動刺激が互に魚に対して負の効果として組み合わせられ、魚の逃避を誘発する趣向で営まれている。また、かがり火の照明で鵜は魚の発見、捕食が容易にできるようになる。威嚇漁法の発想は鵜を自由に駆使して行う鵜飼の趣向の内に多くの糸口が含まれている。威嚇漁法は鵜飼漁の趣向を時代に応じ、場所により発展的に範囲と手段を拡大したものと云える。沖縄の糸満地方に古くから営まれてきた「追込網漁」は有名である。この漁は透明度の高い南方の海でサンゴ礁などに集まっている魚、アカムロなどを対象に操業されている。操業は 1 組 40~50 名で編成されていて、各人はそれぞれおどし縄、木の枝、竹竿などの駆り具を持って海中に並び、サンゴ礁についている魚を嚇し駆り立て、次いで魚をあらかじめ展開した網の中に追い込むものである。この漁の成果は水中の明るさ、追い込み当たる人の数並びに追い込みの技によって決

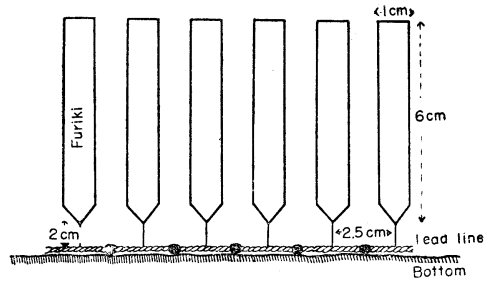


Fig. 19 Description of Furiki.

まる。瀬戸内海ではタイ漁に「桂縄」（振縄）と呼ばれる駆り具が使われてきた。振縄の概要を Fig. 18, Fig. 19 に示す。この振縄の発想は河で営む鵜垣に準ずるものである。振縄の魚を駆り立てる効果はまず水中の明るさが第一要件となっていて、暗黒の水中では振縄の駆り立ての効果はほとんど認められない。瀬戸内のタイ漁で（振縄使用）成績が優れているのは昼間の晴天の日、水の清澄度の高い日である。このタイ漁では操業は昼間に限られていて、漁の成果は晴天の日に良好で、水深も余り深くない 20~30 m 以浅の海域が適当と言われている。振縄の曳航速度は余り速くなく、振縄の振木が海中に立つ程度が好ましい。曳航が速い場合、振木は流圧で倒れ、魚は振縄から自然に取り残され、縄を飛び越して逃げる。振縄の効果は振木が曳航中に不規則に反転する片々効果、振縄が曳航に当たって生ずる海底の摺動音、濁り幕の造成などが魚に恐怖を与え、駆り立ての要素になっている。振縄の曳航中、包囲された魚は振縄の曳航速度に応じて静かに泳ぎ、また振縄の後方から縄に追隨して泳ぐ魚も数多く認められる。

相模湾、駿河湾で古くからイルカの「追込漁」が行われてきた。この漁は伊豆の川名、安良里など陸地に深く入り込んだ地形を巧みに活用して営まれている。この漁はイルカの習性を巧みに利用したものである。この海域に秋から冬にわたって来遊するイルカの群を多くの船が互に連帯して大きく包囲し、各船は船から水中に降した鉄パイプを激しく叩いて海中に音響の幕を造成する、イルカは音に驚いて逃避を計る。この時に船は包囲の圏を次第に縮小しながらイルカを陸地の湾入水域内に追い込み、湾口を網で閉鎖する趣向である。

今日の曳網の操法は一種の駆り立ての漁法である。すなわち、網を水中で曳航することは魚を網で嚇すことになり、この場合の曳網、袖網は振縄によく似た働きをしている。また、今日の多くの網漁具は操業の初期の段階でそれぞれ駆り具の効果を期待して使用されている。

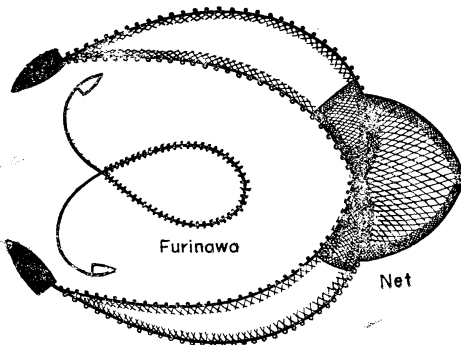


Fig. 18 Operating view of Furinawa and Sibariami.

4. 本漁法のまとめ

魚に対する威嚇刺激の効果は魚が加えられる刺激に慣れるにしたがって低下する。従って、魚に対する刺激の量、強さは逐次高くすることが必要になっている。

魚に加えられる刺激に対して魚の反応はまちまちであり、刺激に対して積極的に正(+), 負(-)の反応を示すもの、また刺激に対して無反応のものなどと複雑である。本漁法では刺激に対する魚の積極的な負(-)の反応を強く期待している。本漁法で魚に加える刺激の種類は魚種により、漁場の条件によって選択され、また制約される。本漁法のねらいはいたずらに魚を驚かすことより、驚かして集めることがねらいである。このため、この漁法は魚種の選択、刺激の種類に応じる漁場の条件吟味が重要である。本漁法は魚の生息している水域で魚の生活のリズムを打破し、狂わすための刺激法、刺激の種類を必要とする。魚に対する威嚇の手段と方法は次のように要約される。

1) 臭による威嚇

この方法は魚の嫌臭性を応用したものである。サケ、マス類が産卵のために河をさかのぼる折、サケ、マスの天敵であるアザラシの生皮を上流につるし、これを擦り合うとサケ、マスは河をさかのぼることを止めて他に移ると言われる。三陸沖のカツオ釣りで船内に釣り上げたカツオの吐いた血が船外に流出すると、今まで船に追隨していたカツオは船から離れて逃散してしまう。これらは臭に対する威嚇の一、二の例である。また、先年来、北洋のサケ、マスの刺網に臭を付ける発想があった。これは刺網の網地、網糸に魚の嗜好に合った臭を含ませ魚を誘い、魚の掛りを良くしようとするねらいである。この発想と同じ方法で魚の嫌う臭を網に含ませて魚を遮断し、駆り立てる趣向も当然考えられる。この場合、魚の嗜好する臭、嫌悪する臭が魚種によってどの程度有るか否かが問題になってくる。魚の嗅覚器官の機能、臭と味に関する知見が進むにしたがい、この趣向の発展が予測される。

2) 視覚刺激による威嚇

魚の日常の生活で視力の占める役割は夜行性の魚種を除いて極めて大きい。魚の索餌、回遊、産卵、群成、保身の手段はほとんどが視力に負うものである。魚の視覚を刺激する要素はいろいろあるが、刺激源の形状、大きさ、色彩、運動などが重要な要素である。

視覚刺激による威嚇はもちろん、魚の刺激に対する負の反応を期待したものである。魚が刺激に驚いてこれから逃避する行動を誘発させるのが本漁法の発想である。

本漁法の効果は刺激の種類、方法によって概ね決まるが、さらにこの効果を左右するものは水中の明るさである。

この漁法の発想の源は魚の天敵に対する恐怖、警戒心を基にして組み立てられている。

3) 聴覚刺激による威嚇

魚は日常、天敵に襲われる危険の中で生活している。従って、魚の天敵に対する警戒心はひとしお強く、魚は昼間は主として視力で、夜間は聴力で天敵の存否、来襲を察知している。魚は天敵の来襲を天敵の遊泳音、海水の異常震動などから察知し、直に逃避する保身の術を習得している。魚は水中の異常に対して敏感に反応している。ただ、魚は音響、海水の震動に対して一概に逃避するとは限らないで、逆に音響に誘われる場合もある。音で魚を集める趣向の漁も考えられている。また魚が概ね向流性を備えている点を考えて、魚の駆り立ての手段化することも考えられる。

この漁法で威嚇の方法、手段は多く魚に対する物理、化学的な何らかの刺激の内から導かれている。特にこの漁法は刺激に対する魚の負の反応を期待する。このために刺激の種類は一応限られたものになる。この場合の刺激の方法はいたずらに魚を驚かすことでなく、驚いた魚の次の動きに大きな関心があり、その処置が必要である。このために魚に対する刺激の方法は点より線または面で加えることが要求される。線または面で魚に威圧を加えることで、魚の逃避に方向性を与えることができる。魚に対する刺激が点、並びに瞬発的に加えられる場合は魚をいたずらに狂奔させ、分散させることになる。威嚇の効果は魚の刺激の経験度数、慣れによって低減する。従って、常に刺激による同じ効果を期待するにはさらに強い刺激を魚に加えることが必要である。

威嚇漁法の操業は解放された水域に比べ内湾、内水面のような特殊な地形、水域を選ぶことが望ましい。威嚇の方法と内容は魚を絶対的に危機に陥れるものと、魚を感覚的に危機感を与え、次の逃避を促すものがある。漁業者は魚に対する威嚇の術を自然界の摂食者と被食者との関係から学んできた。今日、各学会の分野でいろいろな研究が進められているとき、この漁法はこれらの成果を有効に活用することで新しい展開が期待される。

4. 誘導漁法

誘導漁法 (Luring method) は誘致漁法ともいわれている。

広い水域に分散する魚を捕る場合、漁業の成果を高めるため、漁具の操作可能なある条件の水域まで魚を誘い

集めることは最も望ましいことである。魚の誘導は魚にとって好ましい条件を作り、刺激を加えてこれに対する魚の積極的な正(+)の反応を強く期待して行う漁の手段である。誘導漁法は先に述べた集魚の方法とほとんど同じ趣向で、誘導の成果が結果として集魚の形態をとるものである。従って、集魚法と誘導漁法とは確然と区別し難く、強いて両者を区分すれば、集魚法の多くは比較的に限られた短い時間内で集魚の成果を期待しているのに比べ、誘導漁法はある長い時間を目安にして粗放的な集魚をねらうもので、前者の多くが一時的な集魚を計るのに対し、後者は時間の経過にしたがって累積的な集魚を企てる手段である。

1. 誘導漁法の発想

池の中で、樋などを通して水滴が落ちている所に魚が集まっている光景はよく見られる。また川などで障害物の陰、玉石の下などに魚が静かに休息しているのもよく見受けられる。これらの現象から、漁業者は昔から魚の誘致について深い関心があった。誘致の方法、手段は時代により、水域並びに地方によっていろいろと創意工夫されてきた。これらの内の確率の大きい普遍性の高いものが集約されて、今日の各種の誘導による漁法が形成された。まず、魚が好んで集まる水域は威嚇漁法で述べたように他の水域に比べて魚に対して好ましい各種の生活条件がより多く、良好な状態に充足されているのが普通である。魚をある水域に他の水域から誘うには、その水域の条件を他の水域に比べ魚の関心を集めうる好ましい条件を造成することが必要である。このことは威嚇法に比べると全く相反したものである。すなわち、魚の誘導は魚の習性、嗜好を考えながら、これらを強化するための刺激を加え魚本来の習性、行動を助成することである。誘いの手段、方法は根本的には魚の生態の究明と行動の観察から導かれる。魚は遊泳中によく群行動しているものがあるが、魚が群を形成するのは魚が生活上群行動を必要とする何らかの理由がある。例えば、魚が群を作るには魚が相互に視認し合うことが条件の一つであるが、魚が相互に視認し合うためには水中の明るさが必要である。海の明るさは海水の透明度、天候、時刻、水深、地形などで常に変化して示される。また、これらの各現象、事項の変化は魚の行動、群成に微妙に影響しているが、このことを漁業者は長い間の漁を通じて学んできている。また、漁業者は釣りなどで魚を誘う餌の効用を学んできた。この餌の質、量、形状、色彩、大きさ、動きの変化で魚の誘われ方に変化がでてくることも知っている。漁業者は各種の魚を介して魚の行動をある程度自由

に規正し制御できることを既に学び取っている。すなわち、漁業者は長年にわたり漁場でいろいろと試行錯誤を繰り返しながら魚の制御の各手段を学習してきた。

魚の多くはある意図で行動する場合、概ね群を成して行動する。しかし、魚は意図、目的が充足されると魚の群は解かれるものが多く認められている。同じ目的、欲求で行動する魚群に対して魚の欲求を充足し、意図にかなう条件を与えてやると魚は容易にこれに誘われる。今日まで、漁業者は魚で習得した各種の知見を基に魚の誘致の方法、手段を模索してきた。魚の日常の生活の様相、群成、索餌、産卵、回遊などの魚の行動を細かく検討しながら、これを理論的に組み立てると、魚の誘導の術が自然と導かれてくる。

2. 誘導の方法と手段

魚は餌を索し、休息の場、産卵の場を積極的に探し求めて行動している。この現象は直接に魚の誘導に結びつく有力な資料となる。魚の誘導の方法、手段は魚の研究が広く進むにしたがい合理性のある効果的なものとなりつつある。昔の漁業者が自ら工夫した魚の誘導法は多くその地方水域の特殊な条件の下に限った可能なものが多く、普遍性の乏しいものが多く認められていた。今日、魚に関する研究が進み、その成果を漁業者が自由に漁の手段化し得るに至って、漁における魚の誘導は効率の高いものとなりつつある。魚の自然の生活様式、魚の生理、生態についてそれぞれが解明され、魚の行動の仕組が判然となるにしたがい、漁における魚の誘致の比重は高まり、効果あるものになっている。

誘致法は魚の生活する水域のもろもろの条件中のあるものを魚の好ましい状態に変革し、これで魚の嗜好、関心の度合を高め、他の水域からより多くこの水域に魚を誘う趣向である。この趣向はあらかじめ定めた水域内の各種要素のあるものを魚の嗜好に添って強化、増大させて魚の関心を呼び、誘致するねらいである。魚の種類、魚の成長の段階、魚の生活する水域の条件、天候、時刻、時期などの多くの要素に応じて魚の生活様式は微妙に変化している。このことにより、魚の誘致の方法は対象魚の生理、生態並びに水域の環境条件、天候、気象の各種条件に照して常に選択される。

1) 環境による誘致法

魚は多くの場合、自らの生活、生存に最も好ましい条件の水域を選び求めている。魚に対する好ましい水域の条件はいろいろのものが複雑に組み合わせられている。魚とその魚の生息する環境条件との関係の主なものはず魚が安全に生活できることである。さらに魚の好む生活

条件に環境が保有されていることである。すなわち、索餌志向の魚には十分に好ましい餌の条件が、休息を志向する魚には海況並びに陰影などの条件、産卵志向の魚には産卵のための諸条件が充足されていることである。集魚法の内では隠棲誘導法は環境利用のこの部類である。これらの部類は魚が外敵からの襲撃を予防し、魚が安全に、快適に休息ができるための条件、設備を人工的に造成して魚の関心と呼び、誘致を計る趣向のものである。大洋中の魚がよく集まる魚礁などは自然の隠棲誘導法の造成物である。自然のいろいろの環境条件を取り入れ、さらにその一部を改変しながら魚を誘う方法が広く漁の手段に用いられている。これらの考想は漁業者が天然魚礁などから学び取ったものである。漁業者は天然魚礁に準ずる施設を、希望する水域に限って造成して魚を誘う人工魚礁を試みている。環境造成によるこの方法は極めて自然に魚を誘うことができる、またこの方式の実効は時日の経過にしたがい徐々に高まり、またこの方法では魚を長期にわたってとどめることができる程度である。すなわち、この方法は施設を拠点に魚の生活圏の確立を企てるねらいがある。このたぐいには集魚法で述べた魚付林、人工魚礁、漬類などがある。

自然を人工的に造成し、変革するこれらの魚の誘導法の原理は昔の数多くの魚が豊かに生息していた当時の大古の姿に一部の水域を復原しようとする試みでもある。今日の魚の生息している海環境条件は魚に対して年々悪化の道をたどっていて、広い範囲にわたって、汚染が進んでいるが、この条件の下で一部水域の条件を魚に好ましい状態に修復することは海の条件の悪化に比例して魚の関心を集め、誘導の効果を高くすることになっている。

2) 食性利用の誘致法

餌で魚を誘い集める方法は古くから漁に採用されてきた。今日、魚の食性、嗜好の各種研究が進められるにしたがい、この方法は効率の良いものとなっている。古くから釣り餌、魚を誘い集める撒餌の研究は漁業者自ら熱心に行ってきた。これらの餌の研究は常に魚の立場で餌を見ることが基本となっている。すなわち、魚のそれぞれの感覚器官の機能が細かく解明されることで、餌の条件もより合理的にわかることになる。広い海域に分布している魚を餌で誘い集め、しかも魚をある水域にとどめておくには大量の餌が必要になる。このため餌の使用に当たっては、餌の実効を高める点から、餌の経済的な使用の面から餌についての各種の研究がなされている。これらの研究と併せて餌に代る魚の誘導法が漁業者の関心

を呼ぶに至っている。

3) 魚の感覚刺激による誘致法

先に記した環境造成の誘致法も広くこの部に含まれるが、便宜上から別に区分した。この誘致法は魚の感覚(視覚、聴覚、味覚、嗅覚、触覚)器官のそれぞれの機能が明らかになるにしたがい、この機能に見合った各種の方法が新しく開発されてくるであろう。魚に対して物理、化学的な各刺激を加える場合、その刺激の種類、刺激の質並びに強さ、刺激を与える時間などが魚の刺激反応に微妙に影響する。従って、漁業者はこの点に留意して魚に対応する必要がある。

刺激に対する魚の反応は魚種によって、魚の生長の度合によって、魚の生理のいかんによって、さらに刺激を加える場所、海況などで大きく変化する。誘致漁法は威嚇漁法と正反対で、刺激に対する魚の積極的な正の反応を強く期待するものである。生物に対する刺激の有無、影響を測る方法は数多くのものがあるが、しかし漁業の場合は常に魚が刺激に対する反応を動作、行動で示すことが絶対条件である。

集魚の項で述べたように魚に対する刺激には物理的なものと化学的なものがある。この刺激法は概ね魚に対して即効を期待するものが多い。

4) 魚の習性利用の誘致法

魚に対する刺激の効果は多くの場合が即効を期待するが、これに反して習性による誘致はほとんどが遅効的なものである。魚が好んで集まり休息する水域などを調べることで、いろいろな魚の習性を漁業者は習得することができる。魚礁、築磯などの解析によって魚の習性的一端もわかる。この誘致法は魚の一般的な本能と呼ばれる特性を巧みに利用して行うものである。魚は若干の例外を除いて群行動をする。おとり魚を使用して魚を誘うのはこの一例である。魚は産卵時において様々の習性を示すが、特に産卵場を探しての遊泳は異常なものが見受けられている。この魚の習性を利用して、魚の嗜好に叶う産卵場の人工造成などは優れた誘致の手段にもなる。カツオなどある種の魚は遊泳中に流れ物に追従する習性があり、木付群、サメ付、鯨付などはよく知られている。シイラ漬の発想などはこの習性利用の誘致法である。多くの魚種は流れに向かって泳ぐ習性があるが、魚の群は風波に弱く常に風下に落されやすい。魚のあるものは常に清潔な水域に、ある種の魚は濁った水域を好んで泳ぎ、またある種の魚は明るい水域を、ある種の魚は暗い水域に好んで生活するなど数々の習性が知られている。さらに魚は生理的に高い塩分の水域、低い塩分水域、汽水域、

淡水域と棲み分けしている。また、魚によって表層魚、中層魚、深海魚に区分され、さらに沖合魚、近海魚、沿岸魚などと遊泳水域に応じて区分されている。このように、魚種ごとにそれぞれの遊泳の特性が微細に解明されるにしたがって、これらの資料の内から新しい魚の誘致の方法、手段を導き得るであろう。

魚の遊泳する水域の水温、水質、潮流などは常に変わっているが、魚は常にこの変化の影響で遊泳水域を選択している。さらに、水域内の餌料の有無、餌料の質と量、競合魚の有無などによっても魚の遊泳はいろいろと影響されている。従って、魚の生活に影響を与える各種の要素を人為的にある程度自由に変革制御できると、新しい魚の誘致法が生れるであろう。魚の行動の自由制御、ある水域内の各種要素の自由な調整は漁業者が長年にわたって抱いてきた夢である。

3. 結 び

集魚法と誘導法は本来区別し難いものである。誘導の最終の姿として集魚現象が認められている。集魚法の多くは魚の嗜好性を一時的に刺激して高め、魚を興奮状態に導き、魚が没我的に行動するようにし、結果として魚を集中させる方法、手段である。これに対し、誘導法は主として魚の習性、魚の嗜好に添って自然に、また静かに徐々に特定の水域内に魚を誘い安定させる手段方法である。また、誘導漁法はある水域内に魚を誘い、時間の経過に応じて次第に魚の累積を企図するものでもある。誘導漁法は魚の保目的性の行動、保身の行動を人為的な装置、方法で助成、補助してその成果を期待して営む漁法である。また、魚の生理的な欲求に添って人工的な刺激を加え、これに対する魚の積極的な正の反応を期待する漁の手段である。刺激の方法は物理的な刺激と化学的な刺激に分かれる。この刺激には即効性のものと遅効性のものがある。魚の誘導法には次のようなものがある。

(1) 魚の生息する自然環境の一部の条件を人工的に改変して魚の関心呼び誘う方法。

(2) 魚の好み、嗜好に添って刺激を加え、魚の来遊を期待する方法。

(3) 魚の成群性を高め、成群を容易にする条件を造成、助長する方法。

(4) 産卵場の造成、休息場の設定、餌場の造成。

集魚、誘導の各方法は魚の研究が進むにしたがって、既往の形に捉われない新しいものが現われ、漁をさらに効果的なものに改めることが期待される。集魚法も誘導漁法も（駆集法の手段を除いて）魚の習性、嗜好に応じた手段が採られ、格別に魚を驚かすことなく、自然に積

極的に魚が反応し誘われる優れた漁法であって、今後も積極的に開発されるものと言える。

5. 陥穽漁法

1. 陥穽漁法 (Trapping method) について

昔から人は鳥獸を捕るのに罠 (Trap) を用いてきた。狩人はあらかじめ鳥獸の集まる場所、通る道筋を占めて罠を仕掛けていた。この罠の仕掛けは鳥獸を傷めないように細かく配慮していたようである。この罠の思考を漁の分野に導入したのが陥穽漁法である。この漁法はあらかじめ罠の趣向に添う習性、行動の魚を対象に操業する。罠の効果は狩人の鳥獸に関する知見、すなわち鳥獸の習性、食性、運動に関する資料の有無、濃さの程度によって決まる。このことは漁の場合も全く同様である。漁業者は狩人に比べ長い年月にわたって集積された多くの資料を備えており、また自ら習得した多くの魚に関する知識がある。罠の趣向は鳥獸の自然の行動力を奪い、装置の内に鳥獸を閉じ込めておくものであり、漁業者はこの趣向に準じた自然界の様々な例を数多く見聞している。

(1) サケ、マスが産卵のために遡河して湖水に入り、何らかの事情で降河でぎずにそのまま湖水にとどまり、湖水の生活に順応してしまった陸封魚の知識。(2) 春先から夏に洪水などでコイ、フナなどが産卵のために川から水田に進入し、水のひくのを知らないままに水田内に取り残され、動きのとれなくなっている現象。(3) 潮汐の差の大きい海域で、満潮に乗って深く沿岸に進入した魚が干潮で干潟に取り残されて動きができないでいる光景。(4) 回遊性の魚が冷水塊に出会い、その水域内に長期にわたってとどまっている現象。三陸沖のカツオの漁場でカツオの群が遊泳中に外辺を冷たい親潮に包囲され脱出できないままに流されている光景。(5) 河などで小魚が遊泳中に急流の内に落ち込み、脱出できないで流されている姿。瀬戸内海で春先にタイが急潮に巻かれて上がる浮ダイの現象。(6) 沖合でシャチに追われた鯨が沿岸近く寄せ、浅瀬に乗り上げて全く動けないでいる光景。海の魚が河中に迷い込んで、進退が利かなくなっている光景。これらに準じた光景は細かく調べると、他にも数多くある。これらはいずれも自然が営む天然の陥穽の姿とみられている。魚を意識的に、また無意識的に仕掛けられた装置内に落とし込め、漁の手段化するのが本漁法の考え方である。

2. 陥穽漁法の方法と手段

この漁法を押し進めるにはまず魚の自然の生活の実体を把握し、魚の行動習性に添う仕掛けと装置を考えるこ

とから始まる。この漁法が成立するためには、魚が自主的に行動するか、また他の方法で魚が行動を強いられて動くことが前提になる。魚の自主的な行動の多くは常にある種の保目的性の行動であり、この場合は魚の志向する目的が容易に叶うように仕掛け、装置を考え施すことが陥穽の実を高くする。格別な運動をすることもなく静止状態の魚を本漁法の対象にする場合には、まず外部からの圧力で魚に動きを与え、この動きの内に陥穽の手段を見いだすことが必要になる。

魚を仕掛けられた装置に導き落し入れるには遮断、誘導、威嚇の方法が併せ採られている。陥穽の装置類は多く静置、不動の方式で仕掛けられるものが大部分である。また、本漁法の成果は他の遮断、誘導、威嚇などの他の漁法の補助を受け、それぞれの効果で漁果は大きく左右される。この漁法は時間の経過と共に装置内に次々に魚を集積する仕組のものである。この漁法の発想と装置について順に述べる。

1) 迷入陥穽法

この方法は魚が自由に遊泳中、知らぬ間に自然に装置内に入り込んで、そのまま脱出できないようにするものである。この方法の装置は比較的規模も大きく、特定の水域を排他的に長期にわたって占拠するものが多く、装置の形状も雑多である。この類の装置は多くが竹材、棒杭を用いて比較的浅い水域に設置されているが、竹材(簀張り)の代りに網地を使用するものが今日大部分を占めている。竹材、杭を用い大型であるこの装置類の設置水域は制限されるのが常である。すなわち、水域は水深の浅い、流れの緩い水域で、しかも魚の来遊する所が選ばれる。この漁法はそのまま建網類に生かされている。この装置は魚が入りやすく、脱出できないように、複雑な迷路方式が施されるものが多い。魚種により、漁の趣向並びに規模によって装置の設計はいろいろと工夫され、多様化している。この漁法の部類には各種の形状をしたエリ類、簀立類、羽瀬(ハゼ)類がある。これらは多く湖沼、内湾などに設置されている。このたぐいの要点は魚が入りやすく、出にくいことである。

2) 強制陥穽法

この方法は魚の意志行動に関係なく強力な外部からの圧力で魚を駆り立て、装置内に魚を押し込め、落し入れる趣向である。この方法は威嚇漁法と軌を同じくするもので、威嚇漁法の完成の手段とも見られる。すなわち、魚を一時的に狂奔状態に落し入れ、魚の混乱した動きの状態を魚を装置内に飛び込ませ、魚の動きを封ずる趣向である。先に述べた沖縄の追込網漁などはこの部類であ

ろう。古くから河川で落アユを捕るヤナ類があるが、この漁は河中に築石などで河の流路を狭め、流れを速め奔流化することで、アユなどが流れに落ち込んで行動の自由を失い、流圧で竹簀の上に投げ出される趣向である。

3) 誘致陥穽法

陥穽漁法の主体はこの誘致法である。この漁法は魚の嗜好性を増幅するようにして魚を自主的に誘い導いて装置内に入れ、閉じ込める趣向である。この場合の魚の誘致の手段はいろいろとあるが、しかしこの大部分は餌によるものである。他に陰影、明るさ、流れ、音響、濁り、などが採用されている。日本の例ではウナギ漁の竹筒、ウケ類、カゴ類などが用いられてきた。

3. 陥穽漁法の沿革

漁の作業の過程はまず魚の遊泳の行動圏の圧縮に始まり、究局として魚の動きを封ずることを主題に組み立てられている。この組み立ての内から各種の漁法が創意され、これにしたがってもろもろの漁具が考案されてきた。古い時代、初期段階の漁において漁具、漁法が未開のころに、漁業者はまず魚の動きを封じて漁を完遂する手段として、魚を狭い水域に封じ込めることを考えていた。この魚を封じ込める手段として、漁業者は強制、誘致、迷入の方法を開発するに至った。魚を特定の狭小水域に封じ込めるに当たって、強制法では魚に対して漁業者は常に主動的な立場で魚に対応できる利点があって、この方法はいつでも、どの魚種に対しても漁がある程度まで自由に成立する。当初は専ら地形地物を利用することを本旨として進められたこの漁法は、狭水域を次第に各種の装置類で代用するようになった。このため、この漁法はどこでも容易に成立するようになり、漁業に占める役割りも大きくなった。この魚に対する強制法による漁では漁業者が主動的に魚に対して成果を納めるためには、操業は常にある程度の制約を受けている。すなわち、操業は水域の地形、水域の広さ、水域内の流れの強弱などの影響が大きい。

誘導陥穽法ではまず魚の行動の目的をある程度まで捕えて行るのが常であるが、この主たるものは索餌行動であり、群成行動であり、さらには休息志向の行動であり、生殖行動である。普通、この漁法はまず魚の索餌行動の積極的な活用から始められている。次いで、魚の休息、安静の場を魚に与え、さらに外敵から魚を防護するための装置の造成、設置を基にする発想である。タコ壺、カニ籠、エビ籠などは索餌と休息の両面を備えた陥穽漁法である。外国でも古くから Pott, Trap の名でこの装置類が普及している。

迷入による陥穽の方法は日本古来のものとみられるもので、主として湖沼、沿岸の潮汐など地形、海象などを活用するものが多く認められている。迷入陥穽の漁法は陥穽漁法の内でも消極的なもので、魚の往来の激しい特殊な条件の水域でようやく成立する漁法である。今日の漁具は漁獲に際して魚の遊泳の自由を完全に奪い取る道具の役割を果している。この役割は陥穽の手段と方法を意味している。昔は陥穽の装置、漁具は多く独立した形で個々に使用されていた。近ごろはこの装置類は延縄方式で同時に多数を使用するものが多く認められる。また、この漁では魚の誘致、威嚇、遮断の効果を高めることに力点が注がれて、陥穽の各種の装置は単なる魚籠的な役を果しているものが多い。次に、この漁の主なものについて簡単に述べる。

1) イカ巣網漁業

これは環境による誘導陥穽漁法の1種である。瀬戸内海から九州沿岸で昔から営まれてきた漁業で、網籠に漏斗状の魚の入口を作り、籠の内に柴を入れておき、この籠を延縄方式で多数を幹綱に連結して数日にわたって海中に沈めておく。この場合、イカは産卵の場を求めて籠の内に進入して産卵する。産卵したイカは籠から脱出できずついに捕えられる。この籠に進入するイカは主として甲イカである。

2) タコ壺漁業

タコの穴に潜む習性を巧みに活用した漁法で、古くから日本の各地で営まれてきた。壺類は初めホラ貝などが用いられ、続いて陶器類が用いられた。今日では形状も複雑となり、返しなどを付したもの、ねずみ取り式のも

のなどもある。タコに休息の場を供する趣向である。操法は延縄方式によっている。

3) 籠漁業

籠類を用いる漁業は籠の内に餌を入れて魚を誘い入れる趣向のものである。主なものにはカニ籠、エビ籠、タラ籠の漁業などがある。籠を延縄のように多数連結して数日海底に沈設しておく、カニ、エビなどが餌を求めて進入してきて、魚は終に脱出できないままに捕えられる。外国において Pott と呼ばれる網籠で底魚、エビ、カニを捕える漁が古くからあった。

以上に述べたようなこの漁業は操業が容易で漁業の規模も弾力性が認められている。この漁業は漁場の制約も少なく、どこでも自由に操業がある程度可能である。従って近時、この種の漁業は次第に脚光を受けるようになってきた。

陥穽漁法は漁では漁獲完成の最終の役を担うもので、漁の基本でもある。多くの漁法はこの陥穽の漁手段をより良く能率的にするために数々の手段を新しく組み合わせたものと言うことができる。このため漁法はますます多様化していった。この実態を第10表に簡単に示す。

4. 吸引漁法

吸引漁法 (Pumping method) は戦後、Fish-pump が新しくソ連で開発され、漁法の分野に新しく登場した。日本の業界も大きな関心を抱いてこの成果に注目するに至った。日本ではこの漁法を網なし漁法と呼んでいた。この Fish-pump による漁法は本質的には陥穽漁法の1種である。ポンプの強い吸引力を利用して、自然に遊泳中の魚を直接に吸い込む趣向で開発されたものである。

第10表 漁具による漁手段の実態

Kind of the fishing-gear	Fishing method			Examples
	1st step	2nd step	Last step	
Handling gears	Trapping method			Spear, Harpoon, Rake, etc.
Angling gears	Luring method	Trapping method		Hand & Line gear, Fish-spoon, Hook, etc.
Entangling gears (Net)	Blocking method	Trapping method		Gill net, Trammel net, etc.
Encircling net (gear)	Luring method	Blocking method	Trapping method	Beach seine, Stop seine, Purse seine, etc.
Towed net	Threatening method	Blocking method	Trapping method	Trawling net
Scooping net	Luring or Threatening method	Trapping method		Lift net, Dip net, etc.
Potting & Trapping gears	Luring or Threatening method	Trapping method		Shrimp pot, Fish basket, etc.

また、Fish-pump は魚体を損傷することなく、直接に船内に収納し、漁具資材の節減並びに労力の軽減をねらいながら、漁の性能を高める点に主力を注いでいる。本漁法は旧来の漁法に捉われることなく、新しい発想の下に漁の変革を企図したものである。従って、本漁法が漁の分野で確立するまでには数々の問題が解決されることが前提になっている。Fish-pump に要求される点は概ね次のような点である。まず、Fish-pump の吸引力は魚の遊泳力よりはるかに強力で、しかも相当の広い範囲にわたってこの力が拡大され、保持されていることが大切である。また、Fish-pump で吸い込まれた魚を傷めることのないように Fish-pump が設計されていることも重要である。既に知られているように、多くの魚種は流に向かって泳ぐ習性がある。このことは魚が Fish-pump の吸い込み口の周辺で吸引流に逆行することになっているが、このことから Fish-pump の吸引力は魚の逆行する泳力を超したものが必要となる。魚が流れに向かって泳ぐ力は各種の実験によると、予想以上のものがあり、特に、極限状態におかれた魚の泳力は現今の Fish-pump の吸引力をはるかに超すことが示されている。魚が極限状態の下で短い単位時間内の泳力はサバ>アジ>イワシの順に示され、Fish-pump の吸い込み口から上記の魚種を 6 inch の pump で吸い込みうる距離はアジ、サバでわずかに 5~10 cm イワシで 15~20 cm であった。Fish-pump の吸い込み口から 5~20 cm 以上離れたら、魚は pump の流れに逆らってというように逃れ去る。これまで Fish-pump の多くの実験から、自然の普通の状態で泳いでいる魚を何の施策もなく直接に pump で吸い込み捕えることは、まずほとんど不可能と言える。Fish-pump は戦後、ソ連でカスピ海でキルカ（イワシ類似のもの）漁に用いられて成果を納めたと言われ、この報告書から我が国の漁業者の関心を高め、数社によって Fish-pump の試作が競合的に行われた。しかし、これら pump の吸い込む力より魚の泳力が勝っていることから、漁業者の立場から、Fish-pump の対象は集群性の大きい魚種がまず選ばれた。成群性の魚を火光、餌などで集め魚を興奮状態に陥れ、魚を没我的状態で吸い込み口の近くで行動させ、これを pump で吸い上げる方式が試みられた。Fish-pump が漁用として使用できるまでには、まず pump の吸い込む力の強さが問題である。ただ、pump の吸引力の問題は今日容易に解決できる。すなわち、pump の大型、馬力の増大で可能である。しかし、機械設備を大型化することなどは漁用としては難しい条件となってくる。Fish-pump は可及

的に取り扱いが簡単で、しかも駆動エンジンも小型で小型の船にも積み得ることなどの条件が要求されている。漁の技術面では、pump の吸引力が魚の吸い込みを可能とする有効範囲内にかかにして魚を誘いとどめておくかの問題がある。Fish-pump の機構と漁技の両面が解決されたとき、Fish-pump の新しい展望が開かれるであろう。

6. 総括

1. 漁法の骨子

漁法の組み立てはいつ、どこで、どおして、何で、何ほどの魚を捕るかによって成り立っている。従って、漁法の基礎は漁獲対象魚の習性、行動およびその魚の生理生態に関する知見、魚の生活する海洋のもろもろの知見、並びに漁獲の手段として魚の特性、漁場の条件を巧みに活用し得る漁業者の能力である。漁業者の能力はこれまで概して閉鎖的な形で伝承されてきたが、他分野の科学の進歩と優れた成果が次々に生れている今日、漁業者の能力はこれらの成果を十分に消化し、漁業の手段化し得る力で評価され、閉鎖的なものから開放されたものになってきた。これらの変化は漁業の実質が大きく転換を強いられた結果からでもある。漁法の手段は既に述べたように、探魚と集魚が漁法の前段を構成する。漁業の主たる成果は前段の適所で決められる。次いで、漁獲の手段として魚の誘導、遮断、威嚇、陥穽の方法が採られている。漁獲の方法と手段はこれまで既存の概念が固まっていた。

すなわち、魚は多くの場合網で、また釣りで捕えることとし、他に雑漁具として若干のものが使用されていた。魚の既成の考えを否定し、新しく組み立てることで（既成の漁の秀でた箇所を取り入れ参考にして）新しい漁法が創意工夫されると言える。

2. 漁の課題

現代の漁業は過去に経験したことのない新しい多くの問題を抱えて大きく変わろうとしている。この問題は漁業の種類、漁場海域、また国によってそれぞれ異なっていて、この対応の仕方も複雑である。この問題の普遍共通的なものには、(1) 魚資源の絶対量が昔に比べ著しく減少している。特に、需要の多い魚種ほどこの傾向が著しい。(2) 魚の需要が世界的に高まり、世界の漁業人口が戦後において急増している。このため、漁業者相互間の競合の現象が随所に認められ、ひいては国ごとにも同様の傾向が認められるようになった。(3) 漁場の環境条件が大きく変わり、広い海域にわたって人工汚染の範囲

が徐々に拡大し、魚の生息の場が次第に狭まり魚の離岸傾向が著しくなり、漁業の営みを困難にしている。(4) 海洋開発の気運が世界的に叫ばれはじめ、この間に漁業との間に十分な調整が行われないうちに海洋開発が脚光を浴びて独走の傾向があらわれている。海洋の独占排他の気運が海洋法の設定などに示され、漁業専管水域の決定などが漁業の姿を人為的に大きく変革しようとしている。

以上の漁業の諸問題の解決は容易ではないが、これを近視眼的にみることなく、次元を変えて長期的に対応することが肝要であろう。

まず、漁業の持続性の保証が世界的になされ、次いで次の事項が積極的に進められることが望ましい。すなわち、未利用漁業資源の開発、漁業の経済性の確保を前提に漁法の合理的な推進と新しい分野の開発、ひいては漁業能率の向上が強く期待される。

これまで漁業者はこの変革する漁業に対応するのに漁場の拡大、操業の強化と就業時間の延長などの努力に併せて漁具の精巧化、大型化、大量使用、漁業設備の充実などで取り組んできた。しかし、この対応にも限界があって急変する漁業に追従できなくなり、今日の漁業の在り方がいろいろと模索され、漁法についても各種の課題が与えられている。

3. 漁法の在り方

1 尾の魚を捕る漁業者の努力量は昔に比べ今日では

かに大きなものになっている。漁の望ましい姿はだれでも容易に簡単に十分な成果を収めることが理想である。これができなくなった時点で、漁法が本格的に追究されるようになってきた。今日の漁の成果は探魚の是非と集魚の可否で大きく決定されている。探魚法と集魚法は直接の漁獲ではないが漁に占める比重は大きく、これらの研究は多彩な広い分野の知見を導入して進められている。序説の項で漁法を間接的なものと直接的なものに区分した。既存の漁法は端的に直接的なものに限られていたが、この場合の課題は漁の経験度、熟練度並びに技能の練磨であって、個人単位で解決が迫られた。本編では間接的漁法に限り抽象的に述べ、直接漁法については全く触れないできた。

まず、今日の漁業は昔に比べ大きく変革したが、このため漁の組み立てにも新しい姿が模索されねばならなくなっている。漁の過程で間接的漁法がそれぞれに充分の成果を挙げると、直接漁法は間接漁法の成果を収納する単なる作業にすぎなくなる。すなわち、漁の成否は間接漁法で定まり直接漁法の分野はこれからさらに単純化され機械化されてゆくであろう。

漁法の評価は漁業者の魚に関する知見、漁に関する情報の集積と活用で決まる。漁の進歩は優れた他の分野の資料を導入し活用する意欲と能力によって始まる。また、可及的に漁場のもろもろの条件を大古の姿に復元する努力と能力も漁業に問われている。(終)

「ARGOS 観測衛星システム」について

《ARGOS》, système franco-américain

フランス国立宇宙研究センター (CNES) とアメリカの NASA, NOAA とで共同開発中の 'Franco-American ARGOS location and data collection system' について簡単に紹介します。

ARGOS data collection and location system (DCS) は、陸上、船上、ブイ、パルーン のいずれによって観測されたデータでも、それを Tiros-N などの軌道衛星を中継して遠隔地 (この場合はフランス) に伝送するシステムであり、同時に観測器 (Data Collection Platform, DCP) の位置を 2~5 km の精度で測定する能力を備えております。実際に稼働状態に入るのは1978年度ですが、それ以降ほぼ10年間、そのシステムが維持される予定です。データ処理に関してはフランス国立宇宙研究センターがその任に当たり、得られたデータは全世界のユーザーに伝送(ないし郵送)するという方法のもとに、全世界にユーザーを求めている様子であります。ユーザーの最初の集まりが1977年の春にワシントンで開催されるとのことです。このシステムを我々が使用した場合、データの基本的処理は無料ですが、位置ぎめを依頼しますと、観測器1個につき 20\$/day, また複雑な処理ですと各観測器につき 1\$/day ないしそれ以上の料金を支払わねばなりません。フランスから日本へのデータ送信は、カード、磁気テープの郵送、電話、テレックス等、種々の方法が可能ですが、磁気テープの実費や送料を負担する必要があります。

観測器(DCP) から衛星に対するデータ通信は、401.650 MHz の電波の数字式変調により行われます。電力は数ワット程度と考えられます。このほかに、衛星から観測器に対して、136.770 MHz または 137.770 MHz を使って送信することができます。観測器から衛星へのデータ通信の速さは 400 bps ですが、1度の通信時間が1秒以内に制限されておりますので、それほど多量のデータを送ることはできません。一つの観測器が衛星をみる頻度は、このシステムでは8回/dayとのことなので、データ通信上の Redundancy をも考慮すると、1日で送信できる情報量は約 20,000 bits になります。この点を考えると、比較的遅い変化量の観測には適しているが、地震波動などの観測には不適当ということになります。フランスでは、観測器の伝送部分の開発の世話もすることです。もちろん自前でやることも可能です。一つの問題点は、このシステムのための観測器は、国際的な電波法に規制されているので、電波障害を起さないための十分な安全装置を備えることが義務づけられています。ブイなどが正常な電波を出しえなくなったときには、その機能を停止させる装置が必要です。このように色々難しい問題がでてまいります。海洋観測の近代化のための一つの重要な手段が提供されることは大きな意義があり、1977年には学会主催の研究集会を開きたいと考えています。

(東大海洋研 瀬川爾朗)

学 会 記 事

1. 昭和51年5月20日、東京水産大学において編集委員会が開かれ、第14巻第1号の編集が行われた。
2. 下記の諸氏が入会された。

氏 名	所 属	紹 介 者
小口 節子	東京大学海洋研究所	大柴五八郎
田中 勝行	日本出版貿易株	佐々木忠義
ヤニース S. アポストロ ポロス	Institute of Oceanographic and Fishing Research, Athens, Greece	宇野 寛
三浦 知之	東京水産大学院生	高木 和徳
桜井 仁人	鹿児島大学工学部	高野 健三
守安実己郎	東京水産大学大学院生	高木 和徳
中尾 徹	東海大学海洋学部	宇田 道隆
近藤 正夫	広島市復建調査設計株	佐々木忠義
小林 彰	三重県富田小学校	阿部友三郎
佐野 徳夫	東京水産大学	佐々木忠義

3. 死亡

名誉会員 須田院次氏は昭和51年2月19日、逝去された。謹んで御冥福を祈る。

名誉会員 岡田弥一郎氏は昭和51年4月28日、逝去された。謹んで御冥福を祈る。

4. 会員の住所、所属の変更

氏 名	新住所または新所属
増沢譲太郎	大阪市東区法田坂町 6-25 大阪管区気象台
小泉 政美	松戸市胡録台 363-7 サニー松戸 208 号
赤松 英雄	長崎市南山手町 11-51 長崎海洋気象台
関 文威	茨城県新治郡桜村大字妻木 筑波大学大学院生物科学研究科
前田 明夫	鹿児島市郡元 1-20-40 鹿児島大学工学部海洋土木開発工学科
上田 武雄	舞鶴市下福井 舞鶴海洋気象台
深瀬 茂	函館市港町 3-1-1 北海道大学水産学部海洋化学講座

5. 交換および寄贈図書

- 1) 航海, 48号.
- 2) 国立国会図書館, 逐次刊行物目録, 昭和48年版.
- 3) 海洋産業研究資料, 7(1).
- 4) 工業技術院地質調査所発行, Cruise Repot, No. 3, 4.
- 5) 研究実用化報告, 25(2~4).
- 6) 鯨研通信, 293~295号.

- 7) 横須賀市博物館研究報告, 22号.
- 8) 英国産業ニュース, 3~5月号.
- 6) 港湾技術研究所案内, 1976年版.
- 10) 国立地理院発行, 沿岸海域基礎調査報告書(八代・松阪地区)
- 11) なつしま, 21(22). (海洋科技センター)
- 12) 淡水区水産研究所研究報告, 25(1, 2).
- 13) 東海大学海洋学部業績集, 第6集, 昭和48~50年度.
- 14) 神戸海洋気象台彙報, No. 192, 193.
- 15) 函館海洋気象台海上気象報告, 32号.
- 16) JODC ニュース, No. 12.
- 17) Ocean Age, No. 3-5.
- 18) Revue des Travaux de l'Institut des Pêches Maritimes, Tome XXXVIII Fasc. 4, 1960; XXXIX Fasc. 1, '61; XLIV, '66; XLV Fasc. 1, '67; XLVI Fasc. 1, 2, '68; XLVII Fasc. unique '69-'70; XLVIII Fasc. 1, 2, '71-'72; XLIX Fasc. 1, 2, '73; L Fasc. 1, 2, '74; LI Fasc. 1, 2, '75.
- 19) Bulltein d'Information, N°83-86.
- 20) Bulletin of the National Science Museum, Ser. A (Zoology), 2(1).
- 21) Bulletin de l'Institut de Géologie de Bassin d'Aquitaine, N°18.
- 22) Science et Pêche, N°251-253.
- 23) Annales Hydrographiques, 3(742).
- 24) La Gazette de la Presse de Langue Française, N°1-14.
- 25) CSK Newsletter, No. 48.
- 29) Annales de l'Institut Océanographique.
- 27) Résultats Scientifiques des Campagnes de la "CALYPSO".

日仏海洋学会役員

- | | |
|------|--|
| 願 問 | ユベール・ブロッシェ ジャン・デルサルト
ジャック・ロベール アレクシス・ドランデ
ール ベルナル・フランク |
| 名誉会長 | ミシェル・ルサージェ |
| 会 長 | 佐々木忠義 |
| 常任幹事 | 永田 正, 大柴五八郎 |
| 幹 事 | 阿部友三郎, 有賀祐勝, 石野 誠, 井上 実,
今村 豊, 岩下光男, 宇野 寛, 川原田 裕, |

神田献二, 菊地真一, 草下孝也, 斎藤泰一,
佐々木幸康, 杉浦吉雄, 高木和徳, 高野健三,
辻田時美, 奈須敬二, 根本敬久, 半沢正男,
松生 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 赤松秀雄, 秋山 勉, 阿部宗明, 阿部友三郎,
新崎盛敏, 有賀祐勝, 石野 誠, 石渡直典,
市村俊英, 井上直一, 井上 実, 今村 豊,
入江春彦, 岩崎秀人, 岩下光男, 岩田憲幸,
宇田道隆, 宇野 寛, 大内正夫, 大柴五八郎,
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, 草下孝也, 楠 宏,
國司秀明, 久保田 穰, 黒木敏郎, 小林 博,
小牧勇蔵, 西条八束, 斎藤泰一, 斎藤行正,
佐伯和昭, 坂本市太郎, 佐々木忠義,
佐々木幸康, 猿橋勝子, 椎野秀雄, 柴田恵司,

下村敏正, 庄司大太郎, 杉浦吉雄, 関 文威,
多賀信夫, 高木和徳, 高野健三, 高橋淳雄,
高橋 正, 田畑忠司, 田村 保, 千葉卓夫,
辻田時美, 寺本俊彦, 富永政英, 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, 渡辺貴太郎, 渡辺精一
(五十音順)

マルセル・ジュゲラリス, ジャン・アンクテ
イル, ロジェ・ペリカ

賛 助 会 員

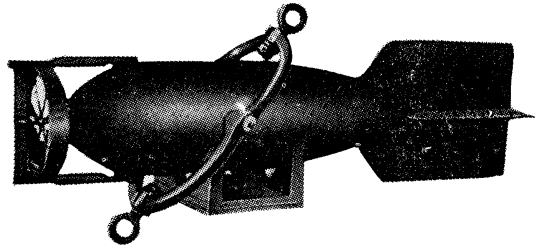
旭化成工業株式会社	東京都千代田区有楽町 1-1-2 三井ビル
株式会社内田老鶴園新社 内田悟	東京都千代田区九段北 1-2-1 蜂谷ビル
大金 久 展	東京都港区新橋 3-1-10 丸藤ビル 社団法人 海洋産業研究会
株式会社 オーシャン・エージ社	東京都千代田区神田美土代町 11-2 第1東英ビル
株式会社 大林組	東京都千代田区神田司町 2-3
小樽船用電機株式会社	小樽市色内町 3-4-3
株式会社オルガノ	東京都文京区本郷 5-5-16
海上電機株式会社	東京都千代田区神田錦町 1-19
株式会社 海洋開発センター	東京都港区赤坂 1-9-1
協同低温工業株式会社	東京都千代田区神田佐久間町 1-21 山伝ビル
協和商工株式会社	東京都豊島区目白 4-24-1
小松川化工機株式会社	東京都千代田区神田佐久間町 2-7 第6東ビル
小山 康 三	東京都文京区本駒込 6-15-10 英和印刷社
三信船舶電具株式会社	東京都千代田区神田 1-16-8
三洋水路測量株式会社	東京都港区新橋 5-23-7 三栄ビル
シュナイダー財団極東駐在事務所	東京都港区芝罘平町 38 日本ガス協会ビル
昭和電装株式会社	高松市寺井町 1079
大洋電機株式会社	東京都千代田区神田錦町 3-16
株式会社高瀬鉄工所	東京都江戸川区松江 1-11-15

株式会社 鶴見精機	横浜市鶴見区鶴見町 1506
東亜港湾株式会社	東京都千代田区四番町 5
東京工材株式会社	東京都中央区築地 4-7-1 築三ビル
株式会社 東京久栄	東京都中央区八重洲 3-3 八重洲口会館
東京製綱繊維ロープ株式会社	東京都中央区日本橋室町 2-6 江戸ビル
東京レプ株式会社	東京都豊島区池袋 2-1120 ローズマンション 302号
株式会社 東邦電探	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	東京都千代田区神田鍛冶町 2-1 東京建物ビル
株式会社 ナック	東京都港区西麻布 1-2-7 第17興和ビル
日本アクアラング株式会社	東京都品川区東品川 4-9-26 南産業ビル
日本海事広報協会海の世界編集部	東京都港区琴平町 35 船舶振興ビル
日本海洋産業株式会社	東京都新宿区西新宿 2-6-1 新宿住友ビル
日本テトラポッド株式会社	東京都港区新橋 2-1-13 新橋富士ビル9階
日本テレスコム株式会社	東京都港区六本木 4-11-10 六本木富士ビル
社団法人 日本能率協会	東京都港区芝公園 25号地
日本プレスコンクリート株式会社	東京都中央区日本橋本石町 1-4
日本無線株式会社	東京都港区芝桜川町 25 第五森ビル
有限会社ハラダ電機製作所	東京都豊島区池袋 3-35
ヒエン電工株式会社	堺市松屋町 1-3
深田多満男	東京都港区芝虎ノ門 8 虎ノ門実業会館 深田サルベージ株式会社
藤田 潔	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
藤田 峯 雄	東京都江東区南砂 1-3-25 株式会社 中村鉄工所
芙蓉海洋開発株式会社	東京都千代田区大手町 2-3-6 タイムライフビル
フランス物産株式会社	東京都千代田区神田小川町 3-20-2 増淵ビル
古野電気株式会社	東京都中央区八重洲 4-5 藤和ビル
丸文株式会社	東京都中央区日本橋大伝馬町 2-1-1
三井海洋開発株式会社	東京都千代田区霞ヶ関 3-2-5 霞ヶ関ビル 3002号室
吉野計器製作所	東京都北区西ヶ原 1-14
株式会社 離合社	東京都千代田区神田鍛冶町 1-2 丸石ビル
株式会社 渡部計器製作所	東京都文京区向丘 1-7-17

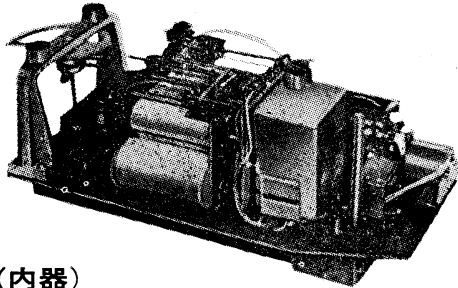
長期捲自記流速計

(NC-II)

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



(外器)



(内器)

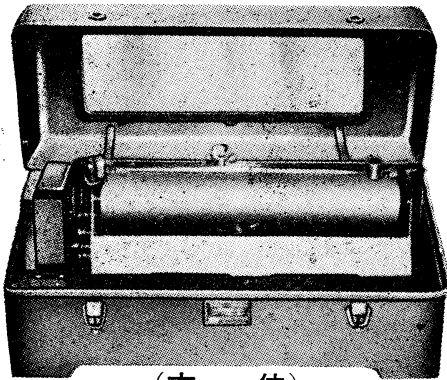
プロペラはA, B, C三枚一組になって居り

A (弱流用).....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

Exploiting the Ocean by...

T.S.K. OCEANOGRAPHIC INSTRUMENTS

REPRESENTATIVE GROUPS OF INSTRUMENTS AND SYSTEMS

回転体のない電磁方式

T.S-ソリッドステート流向流速計(MTCM-6)

用途 定置観測

性能 流速 0 ~ 3 m/sec

流向 0 ~ 360°

(塩分、水温、深度はオプション)

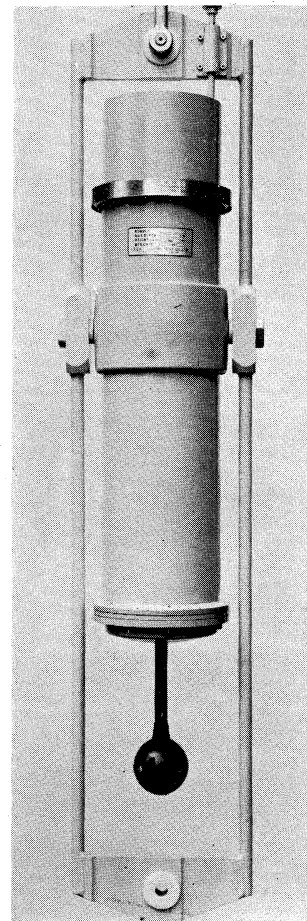
記録間隔 1分、5分、10分、20分、1時間

記録期間 3日、15日、1ヶ月、2ヶ月、6ヶ月

最高使用深度 300m、1000m、5000m

寸法 800×150^{mm}φ

重量 17kg (空中)



株式会社 鶴 見 精 機

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

CABLE ADDRESS

TELEPHONE

TSK. USA.

TSURUMISEIKI Yokohama

Yokohama 521-5252~5

3540 AERO COURT,

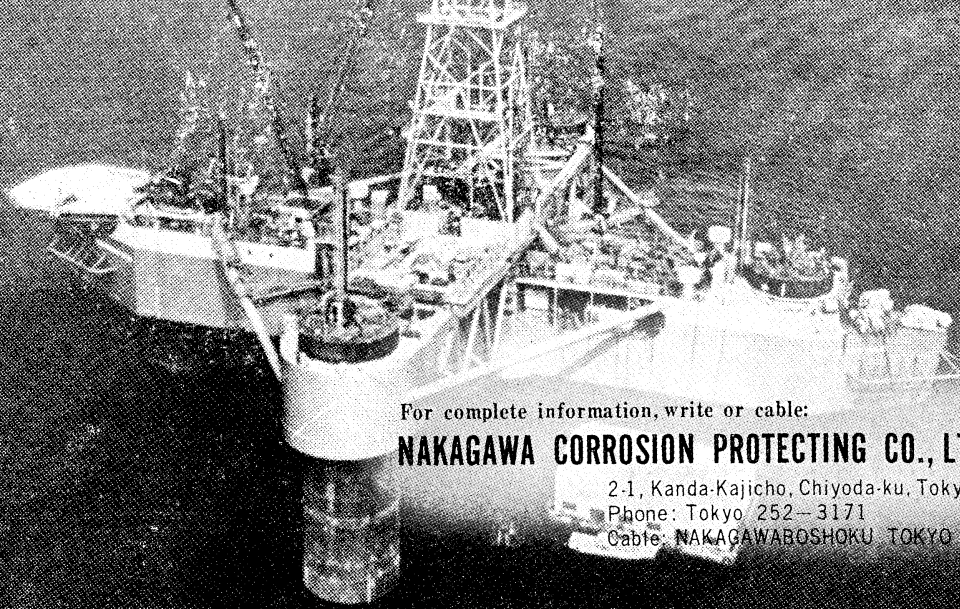
テレックス 3823750 TSKJPN J

SAN DIEGO, CA, 92123

IWAMIYA INSTRUMENTATION LABORATORY

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

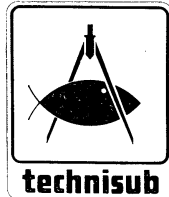
東京都港区新橋5丁目23番7号

電話 (432) 2971~4

最高の品質 信頼のブランド aqua-lung®



France.



Italy.



Australia.



.S.A.



日本アクアラング株式会社

本社・東京支社：東京都品川区東品川4-9-26(南産業ビル内) 〒140 TEL.(03)472-6123(代)
本社・神戸支社：神戸市兵庫区浜中町2丁目18-6 〒652 TEL.(078)681-3201(代)
九州支社：福岡市中央区港3丁目7-5 〒810 TEL.(092)741-8907・751-0715
横浜営業所：横浜市中区野毛町3-129 〒232 TEL.(045)231-3021
名古屋営業所：名古屋市東区富士塚町3-14 〒461 TEL.(052)951-5016(代)
大阪営業所：大阪市西区九条通1丁目5-3 〒550 TEL.(06)582-5604(代)
四国出張所：高松市福岡町4丁目36-9(高松帝酸内) 〒760 TEL.(0878)51-8853

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

メルタック

熱溶融型接着剤ですから、溶剤や水を含まない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)

Murayama

計 度 濁 中 水
計 度 照 中 水
計 度 導 電



株式 村山電機製作所

本 社 東京都目黒区五本木2-13-1

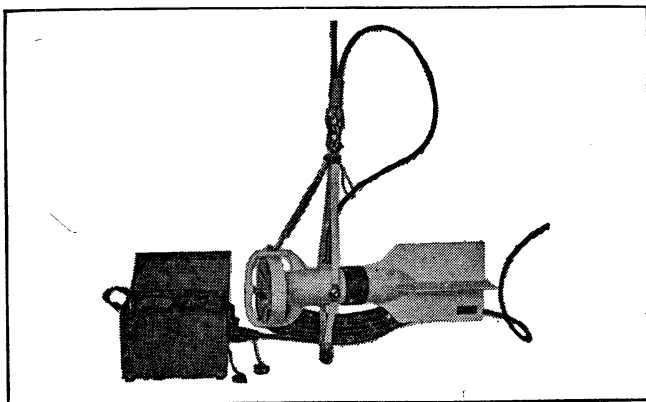
出 張 所 名古屋・大阪・北九州

7IL は無限の可能性に挑戦する

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



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



Direct-Reading Current &
Direction Meter

Model

CM-2

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

Products

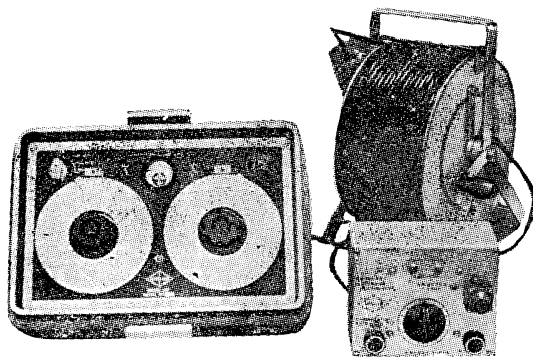
- KM-2: Direct Reading Knot-Meter for Trawl-Boats to Control Adequate Speed
- EI-5: Electric Meter of Water Temperature
- ECT-5: Electric Conduction and Temperature Meter for Chlorine

TOHO DENTAN CO., LTD.

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

AUTO-LAB PORTABLE S-T BRIDGE

Model 602



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

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

追加附属品

- ステンレス製ケーブルリール
- 半自動式電極プラチナイザー

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誌名御記入の上御請求下さい)

昭和 51 年 5 月 25 日 印刷
昭和 51 年 5 月 31 日 発行

う み 第 14 卷
第 2 号

定価 950

編集者 今 村 豊
発行者 佐 ☆ 木 忠 義
発行所 日 仏 海 洋 学 会
財団法人 日仏会館内
東京都千代田区神田駿河台2-3
郵便番号:101
電話:03(291)1141
振替番号:東京96503

印刷者 小 山 康 三
印刷所 英 和 印 刷 社
東京都文京区本駒込6-15-10
郵便番号:113
電話:03(941)6500

第 14 卷 第 2 号

目 次

原 著

定置網漁場と魚群分布—I 魚群探知機による魚群探索……………井上 喜洋	51
スサビノリの緑色突然変異体の培養実験……………高原隆明, 三浦昭雄, 有賀祐勝	58
熱汚染が海洋大循環に及ぼす影響についての数値実験 (英文)……………高野 健三	64
海の泡の挙動と泡沫係数について……………阿部友三郎	70
6千5百万年前の世界の海の傾圧大循環 (英文)……………高野 健三	75

総 説

漁法学 (III)……………今村 豊	85
「ARGOS 観測衛星システム」について……………	96
学会記事……………	97

Tome 14 N° 2

SOMMAIRE

Notes originales

The Fishing Ground of Set Nets and the Distribution of Fish School—I Research on Fish School by Fish Finder (in Japanese)……………Yoshihiro INOUE	51
<i>In Vitro</i> Studies on the Green Type Mutant of <i>Porphyra yezoensis</i> UEDA (in Japanese)……………Takaaki KOBARA, Akio MIURA and Yusho ARUGA	58
A Numerical Study on the Effect of a Thermal Pollution on the General Circulation in an Ocean……………Kenzo TAKANO	64
On the Behavior of Sea Foam and Physical Meaning of the Foaming Factor (in Japanese)……………Tomosaburo ABE	70
A Possible Baroclinic World Ocean Circulation of 65 Million Years B.P. ……Kenzo TAKANO	75

Compte rendu

Fishing Methodology (III) (in Japanese)……………Yutaka IMAMURA	85
《ARGOS》, système franco-américain (in Japanese)……………	96

Procès-Verbaux

……………	97
-------	----