
Tome 13

Mai

1975

Numéro 2

う み

La mer

昭和 50 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 Japon.
3. Le Comité de rédaction se réserve le droit d'apporter, le cas échéant, des modifications mineuses aux manuscrits ainsi que de demander aux auteurs de les corriger.
4. Des résumés en langue japonaise ou langue française sont obligatoires.
5. Les figures au trait seront tracées à l'encre de Chine noire sur papier blanc ou sur calque. Les légendes des figures et des tableaux sont indispensables.
6. Les premières épreuves seront corrigées, en principe, par les auteurs.
7. Un tirage à part des articles en cinquante exemplaires est offert gratuitement aux auteurs. Ceux qui en désirent un plus grand nombre peuvent les faire établir à leurs frais.

Thermal Stress for Hexadecane Decomposition in Seawater of a Natural Environment*

Humitake SEKI**

Abstract: The thermal alteration of microbial activity was studied on hexadecane decomposition by microorganisms in salt water of a natural pool of Shimogamo Hot Spring. There was a significant linear relationship between the logarithm of the *in situ* potentiality of hexadecane decomposition, μg hexadecane/liter seawater/hr, and temperature, *i.e.*, $F_0=7.81$ and $F(1, 10 : 0.05)=4.96$. The regression line was determined statistically to be $y = -0.0152x + 1.82$ with unbiased variance $\sqrt{V_{yx}}=0.106$, where y =logarithm of the *in situ* potentiality of hexadecane decomposition and x =temperature ($^{\circ}\text{C}$), within the temperature range of 42.8 to 63.9°C in the pool.

1. Introduction

Serious regional problems are induced by thermal alteration of aquatic ecosystems as the result of thermal pollution due to the effect of heated effluents or cooling towers on man's environment, sometimes with temperature ranging from normal to well above 50°C (*e.g.*, GIBBONS and SHARITZ, 1974). One of the problems is thermal effect on the mechanism of self-purification in aquatic environments: This might be most important for degradation of hydrocarbon pollutants, because they spread over as surface film on water where the thermal effluents discharged might be astringent with their influence being greatest.

The effect of temperature on microbial degradation of hydrocarbons have been examined extensively over a wide range of temperature in the laboratory as reviewed in ZOBELL (1969) or CROW *et al.* (1974), but no scientific works have been reported on the effect of high temperature in natural aquatic environments.

The water of hot springs in Shimogamo Village, Shizuoka Prefecture of Japan, is saline as influenced greatly by seawater of the Pacific Ocean (Office Hygiene of Shizuoka Prefecture, 1957), although the springs distributed along the Aono-gawa River in the village where is

about 4 km from the seashore (Fig. 1). A natural pool (Fig. 1) is formed on the river beach at a spring effluent, where the water is

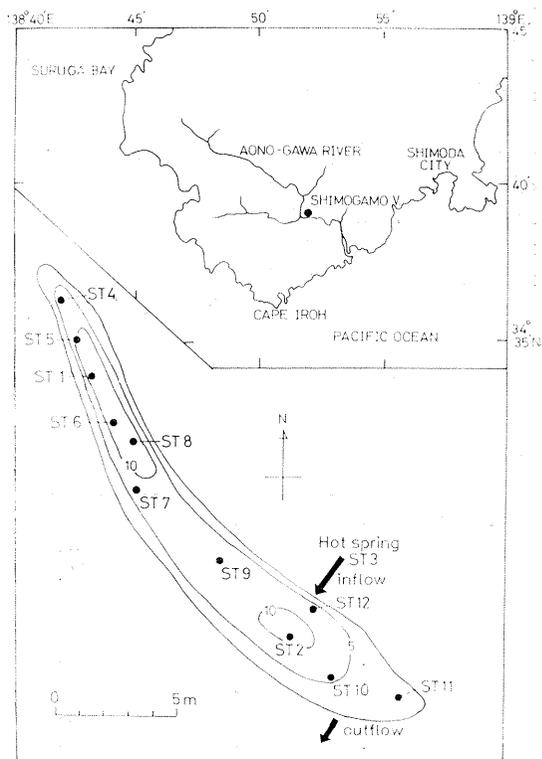


Fig. 1. Location of Shimogamo Hot Spring and stations in a natural pool at a spring effluent. Numbers in the pool represent depth in cm.

* Received March 1, 1975

** Ocean Research Institute, University of Tokyo, Minami-dai, Nakano-ku, Tokyo, 164 Japan

characterized as temperature of 63.9°C, chlorinity of 10.47‰, pH of 8.82 and Eh of 537 mV. Environmental gradient can be observed even in such a small pool as influenced primarily by temperature gradient within the range of 41.5 and 43.9°C (for details see SEKI *et al.*, 1975a).

Thermal effect of microbial degradation of a hydrocarbon, hexadecane, was studied in the natural pool of Shimogamo Village, where the slightly halophilic microorganisms are considered to be acclimatized to the thermal gradient in a high temperature environment (SEKI *et al.*, 1975a).

2. Materials and methods

An investigation was made at a natural pool (Fig. 1) of hot spring on river beach of the Aono-gawa River in Shimogamo Village, Shizuoka Prefecture, on September 22, 1974. Water samples were collected at a few cm depth from the surface with sterilized 50 ml plastic syringes.

The petroleumlytic microorganisms were enumerated by the method of SEKI (1973), as a viable count using a silica gel medium. The rate of hexadecane decomposition in seawater was determined by a simulated *in situ* method of SEKI (1975), except the incubation being made *in situ*. The rate of hexadecane oxidation measured using ¹⁴C hexadecane-1-¹⁴C by this method shows the maximum attainable rate of hexadecane decomposition *in situ*. The total

number of bacteria was directly counted under a phase contrast microscope. The heterotrophic bacteria (SEKI *et al.*, 1974) were enumerated by a plate count method with Medium 2216 (salt medium for seawater bacteria) and Medium 2216 with distilled water instead of 75% seawater (freshwater medium for freshwater bacteria).

The details of environmental conditions in the pool have been already reported in SEKI *et al.* (1975a).

3. Results

1. Hexadecane-decomposers in the microbial flora

Hexadecane-decomposers in the microbial flora at each water temperature of the pool are shown in Table 1. In salt water of the hot spring, the densities of hexadecane-decomposers and kerosene-decomposers were almost the same, as has been observed in seawater of the bays of Shimoda and Tokyo (SEKI, 1974). The density of hexadecane-decomposers in each water sample of the pool was 0.000001% to 0.00001% of the total bacteria or 0.01 to 0.1% of the heterotrophic bacteria: Approximately one order magnitude lower in bacterial flora (as indicated by total bacteria) or one order magnitude higher in the heterotrophic bacteria, compared to that in each water sample of the bays of Shimoda and Tokyo (SEKI, 1974).

Slightly halophilic bacteria were predominant

Table 1. Density (bacteria/l water) of total bacteria, heterotrophic bacteria both saline and freshwater, kerosene-decomposers, hexadecane-decomposers in a natural pool of the hot spring.

| Station | Temperature (°C) | Total bacteria | Heterotrophic bacteria | | Kerosene-decomposers | Hexadecane-decomposers |
|---------|------------------|----------------------|------------------------|-------------------|----------------------|------------------------|
| | | | Saline | Freshwater | | |
| 1 | 46.0 | 6.7×10^{10} | 9.6×10^4 | 1.8×10^3 | 6×10 | 8×10 |
| 2 | 53.5 | 8.6×10^9 | 2.4×10^4 | 1.2×10^3 | 2×10 | 4×10 |
| 3 | 63.9 | 2.5×10^9 | 7.3×10^3 | 4×10^2 | 1.0×10^2 | 1.2×10^2 |
| 4 | 42.8 | 8.0×10^9 | 7.5×10^4 | 1×10^2 | 4×10 | 4×10 |
| 5 | 43.0 | 1.3×10^{10} | 7.1×10^4 | 2.0×10^3 | 1.2×10^2 | 1.4×10^2 |
| 6 | 47.0 | 1.5×10^{10} | 1.9×10^5 | 2.0×10^3 | 8×10 | 8×10 |
| 7 | 48.4 | 6.7×10^9 | 2.2×10^5 | 3.0×10^3 | 2×10 | 4×10 |
| 8 | 51.4 | 3.3×10^9 | 1.1×10^5 | 1.0×10^3 | 2.6×10^2 | 1.0×10^2 |
| 9 | 51.8 | 2.9×10^9 | 1.7×10^5 | 4.6×10^3 | 1.0×10^2 | 4×10 |
| 10 | 56.0 | 2.5×10^9 | 1.2×10^5 | 3.2×10^3 | 1.0×10^2 | 4×10 |
| 11 | 50.9 | 6.7×10^9 | 3.3×10^4 | 2.3×10^3 | 4×10 | 1.2×10^2 |
| 12 | 53.5 | 2.5×10^9 | 9.6×10^4 | 3.1×10^3 | 1.0×10^2 | 4×10 |

in the bacterial flora of the salt water of the spring, where chlorinity of the water was 10.47‰. As has been observed in a natural estuarine environment (SEKI *et al.*, 1969), bacteria which grow best in the freshwater medium inhabit water in an estuary with a salinity of less than 1.9‰ that is equivalent to a chlorinity of 10.65‰. These differences show that high temperature might be favourable for the activity and survival of halophilic bacteria in more freshwater environment. Population density of total bacteria is very high, many of which must be dead cells because of bacteria by the viable count being not so numerous.

2. Hexadecane decomposition at different water temperatures

The water temperature ranged from 41.5 to 63.9°C in the pool. The temperature gradient seems to be chronic in the pool as formed chiefly by the existence of two gyres, that are

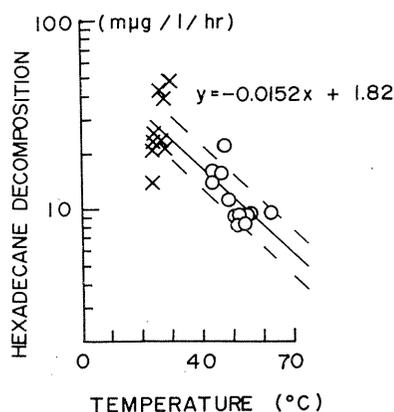


Fig. 2. Relationship between the heterotrophic potentiality of hexadecane decomposition by microorganisms and temperature.

○: in the pool of Shimogamo Hot Spring
 ×: in the bottom layer of Shimoda Bay

formed primarily by a strong current passes from the inflow to the outflow through short axis at the southern part of the pool. Hexadecane decomposition at each station (42.8–63.9°C) is shown in Fig. 2. As is shown in Table 1, hexadecane-decomposers at each station were almost the same in their population density, the difference in the rate of decomposition has to be attributed chiefly to thermal stress. The activity was lower at higher temperature and there was a significant linear relationship between the logarithm of the *in situ* rate of hexadecane decomposition and temperature (Table 2). The rate is measured as the maximum attainable rate of decomposition *in situ* or the heterotrophic potentiality *in situ*. The regression line was determined statistically to be $y = -0.0152x + 1.82$ with unbiased variance $\sqrt{V_{yx}} = 0.106$, where $y = \text{logarithm of the } in\ situ \text{ potentiality of hexadecane decomposition (m}\mu\text{g hexadecane/l/hr) and temperature (}^\circ\text{C)}$. The relationship indicates that the microorganisms responsible for the hexadecane decomposition were facultative psychrophiles which had been acclimatized to the thermal environment as eurythermal organisms: This leads to the deduction that the microorganisms in the salt water of the spring must be chiefly marine microorganisms as influenced little by microorganisms from other origin. As a matter of fact, the relationship between logarithm of the *in situ* potentiality of hexadecane decomposition and temperature in the bottom layer of Shimoda Bay, as indicated in the cross mark in Fig. 2, fits also on the regression line obtained at the hot spring. The population density of hexadecane-decomposers in the bottom layer of the sea was almost the same with that in the hot spring.

Table 2. Regression analysis of logarithm of the *in situ* potentiality of hexadecane decomposition (mµg hexadecane/l/hr) and temperature (°C).

| Source of variation | Sum of square | Degree of freedom | Mean square | F_0 |
|---------------------|---------------|-------------------|-------------|-------|
| Linear regression | 0.0885 | 1 | 0.0885 | 7.81* |
| Residual | 0.1133 | 10 | 0.01133 | |
| Total | 0.2018 | 11 | | |

* Probability level $F(1, 10 : 0.05) = 4.96$

$F(1, 10 : 0.01) = 10.10$

4. Discussion

The existence of petroleumlytic activity by microorganisms was confirmed in a natural pool of Shimogamo Hot Spring. The rate of hexadecane decomposition in salt water of the pool was approximately 10 μg hexadecane/l per hr, which is almost equivalent to that in some mesotrophic watermass in the sea as little affected by petroleum pollution (SEKI, 1974). This has been already confirmed in the former studies from the point of eutrophication (SEKI *et al.*, 1975a and b). The activity rate had the close relationship with water temperature, and a regression relationship can be determined statistically among the data not only from the pool of the hot spring but also from the water of the bottom layer of Shimoda Bay, where is believed to be the origin of salt water in Shimogamo Hot Spring (Office Hygiene of Shizuoka Prefecture, 1957). Thus the relationship shown in Fig. 2 must be one of the typical example of the thermal stress for hexadecane decomposition by microorganisms in seawater of a natural environment.

The semi-logarithmic depression of the microbial activity of hexadecane decomposition by high temperature from 24.0°C at the bottom layer of Shimoda Bay up to 63.9°C in the hot spring was observed in a water of the same water-type. The depression is shown to be very small perhaps because of acclimatization of facultative psychrophiles to the high temperature environment, as the activity of typical marine microorganisms could not be detected with thermal shock at 50°C in the case of no acclimatization. Moreover, the density of hexadecane-decomposers were almost the same in the thermal range of 24.0 to 63.9°C in the water.

In conclusion, thermal stress must be greatest at the thermal shock for microflora in the marine environment, as far as self-purification of petroleum pollution is concerned. However, once the thermal pollution becomes chronic in a certain region of the sea, the thermal stress for the self-purification might not be great with only slight depression as the eurythermal characteristics of facultative psychrophiles.

Acknowledgments

This work, Contribution No. 297 from Shimoda Marine Biological Station, was partly supported as special projects "Studies on the Dynamics of Chemical Compounds in the Ocean No. 910312" and "Prevention of Petroleum Pollution in the Sea No. 830406" by the Ministry of Education of Japan. This investigation would have been impossible but for the kind help of Professor H. WATANABE and Professor S. ICHIMURA, Tokyo Kyoiku University.

References

- CROW, S. A., S. P. MEYERS and D. G. AHEARN (1974): Microbiological aspects of petroleum degradation in the aquatic environment. (review) *La mer*, **12**, 95-112.
- GIBBONS, J. W. and R. R. SHARITZ (1974): Thermal alteration of aquatic ecosystems. *Am. Sci.*, **62**, 660-670.
- Office Hygiene of Shizuoka Prefecture (1957): Report on hot springs in Izu district of Shizuoka Prefecture. 1-164. (in Japanese)
- SEKI, H. (1973): Silica gel medium for enumeration of petroleumlytic microorganisms in the marine environment. *Appl. Microbiol.*, **26**, 318-320.
- SEKI, H. (1974): Hexadecane decomposition in the eutrophied bay of Shimoda at summer stagnation period. *La mer*, **12**, 186-191.
- SEKI, H. (1975): Simulated *in situ* method for measurement of hexadecane decomposition in the marine environment. *Proc. Oceanog. Soc. Japan* (April, 1974), 314. (in Japanese)
- SEKI, H., K. V. STEPHENS and T. R. PARSONS (1969): The contribution of allochthonous bacteria and organic materials from a small river into a semi-enclosed sea. *Arch. Hydrobiol.*, **66**, 37-47.
- SEKI, H., J. MATSUO, M. YAMASHITA and H. NUMANOI (1974): Halophilism of microorganisms in the eutrophied bay of Tokyo at the end of summer stagnation period. *La mer*, **12**, 66-71.
- SEKI, H., Y. YAMAGUCHI, J. HATAKENAKA and S. ICHIMURA (1975a): Dynamics of organic materials in a natural pool of Shimogamo Hot Spring, Japan. *Arch. Hydrobiol.*, **75**, 539-547.
- SEKI, H., Y. YAMAGUCHI and S. ICHIMURA (1975b): Turnover rate of dissolved organic materials in a coastal region of Japan at summer stagnation period of 1974. *Arch. Hydrobiol.*, **75**, 297-305.
- ZOBELL, C. E. (1969): Microbial modification of crude oil in the sea. *Proc. API/FWPCA Conference on Prevention and Control of Oil Spills.*

自然環境において高温が海洋微生物のヘキサデカン分解作用に及ぼす影響

関 文 威

要旨： 下賀茂温泉の塩水中における、温度とヘキサデカン分解速度との関係を調査研究した。本温泉の泉質や地質構造から、泉水は海水の影響を強く受けていることが推定されている。微生物作用によるヘキサデカン分解速度と水温との間には、次の関係があることが統計学的に明らかにされた。

$$y = -0.0152x + 1.82$$

但し、 y はヘキサデカン分解速度 ($\text{m}\mu\text{g hexadecane/l/hr}$) の常用対数。 x は水温 ($^{\circ}\text{C}$)。

メバチに関する水産海洋学的研究—II*

東部熱帯太平洋におけるマグロはえなわ漁場と
水温躍層および溶存酸素量との関係

花 本 栄 二**

Fishery Oceanography of Bigeye Tuna—II

Thermocline and Dissolved Oxygen Content in Relation to Tuna Longline Fishing Grounds in the Eastern Tropical Pacific Ocean

Eiji HANAMOTO

Abstract: In this report, the author examined the fishing grounds of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in the eastern tropical Pacific Ocean in relation to the thermocline depth and dissolved oxygen content, and found the following:

1) The areas with high catch rate (catch per 100 hooks) of bigeye tuna are located along 7°N and 12°N, west of 135°W; and along 7°N, east of 135°W, and extend to the equatorial area between Galapagos Is. and off Ecuador. There is also a high catch rate area along the equator extending from the western part of Galapagos Is. to 115°W, in the northern hemisphere. In the southern hemisphere, high catch rate areas are located between 1°S and 7°S, west of 140°W; and 1°S and 10°S, between 105°W and 140°W. In the area between 93°W and 105°W, the high catch rate area is separated into two areas: between 1°S and 4°S, and between 7°S and 11°S.

In areas other than those listed above, the catch rates are generally low. Moreover, in the coastal area of Peru and in the area along latitude 10°N east of 135°W, no bigeye tuna are taken at all.

2) The depth of the top of the thermocline is generally shallower than 100 m in the eastern tropical Pacific. Ridges in thermocline lie along the equator, off Ecuador, and in the area along latitude 10°N extending from east to west off Costa Rica.

3) The depth of the thermocline generally coincides with that of the oxycline. The dissolved oxygen content decreases rapidly within the thermocline. There are two types in the tendency of decreasing oxygen: 1. areas where the dissolved oxygen content decreases to less than 1 ml/l below the thermocline, and 2. the areas where the dissolved oxygen content is greater than 1 ml/l although it does decrease below the thermocline.

4) The areas with high bigeye tuna catch rate are found in shallow thermocline areas such as off Ecuador and along the equator. However, the area east of 135°W and centered along latitude 10°N where no bigeye tuna are taken is also seen to have a shallow thermocline. The catch rates are low in the areas where the depth of the top of the thermocline is deeper than 100 m.

5) The depths of capture of the bigeye tuna occur principally within or below the thermocline.

* 1975年3月5日受理

神奈川県水産試験場業績

** 神奈川県水産試験場, 神奈川県三浦市三崎町城ヶ島,
Kanagawa Prefectural Fisheries Experimental Station,
Misaki, Miura-shi, Kanagawa-ken, 238-02 Japan

6) The water temperatures at the depths of capture of bigeye tuna range widely from 12°C to 27°C. This study has shown that bigeye tuna are caught in waters of lower temperature than hitherto believed.

7) The bigeye tuna are caught in waters where the dissolved oxygen content is greater than 1 ml/l, but not in waters with oxygen content below 1 ml/l. It is thus considered that 1 ml/l is a minimum requirement of dissolved oxygen for bigeye tuna.

8) No bigeye tuna are caught in waters of the Costa Rica Dome in spite of the shallow thermocline and high biological productivity in the area. This phenomenon is likely due to low dissolved oxygen content (less than 1 ml/l) at the hook depths of the tuna longline gear.

1. はじめに

東部熱帯太平洋海域は日本のはえなわ漁業にとってメバチの重要な漁場となっている。この海域におけるマグロ類、海洋環境およびこれらに関する研究は種々あるが（例えば、BRANDHORST, 1958¹⁾; CROMWELL, 1958²⁾; WOOSTER *et al.*, 1958³⁾; 久米, 1969a⁴⁾）、メバチと海洋環境に関する研究は須田ら（1969）⁵⁾の研究以外ほとんどなされていない。

東部熱帯太平洋では水温躍層が浅く、このような海域では動物プランクトン現存量が高く（BRANDHORST, 1958¹⁾）、マグロ類は比較的動物プランクトン現存量の高い海域に集るといふ現象がみられている（例えば、CROMWELL, 1953⁶⁾; KING *et al.*, 1957⁷⁾; BRANDHORST, 1958¹⁾）。一方、水温躍層と酸素躍層の深さはほぼ一致し、水温躍層下における溶存酸素量は急激に減少している。そこで、本報ではメバチ漁場の特性を解明すべく、餌料の多寡の一指標となり得る水温躍層、および水温躍層下で激減し、魚の生活に直接影響を及ぼす溶存酸素量を海洋環境として取り上げ、これらとメバチ漁場との関連を検討したので報告する。

本研究を進めるにあたって FAO, ローマ水産局林繁一博士、海洋水産資源開発センター奈須敬二博士には終始懇切なる御指導、御助言を頂いた。また、遠洋水産研究所の山中一郎博士、山中一室長は原稿を校閲して下され、同所の久田幸一技官には有益なる討議を、同所の上柳昭治博士、須田明博士、久米漸技官には助言をして頂いた。National Marine Fisheries Service, Hawaii Area Fishery Center の Tamio OTSU 室長から

は英文要約を吟味して頂いた。以上の方々の御援助と御協力に対し心から感謝の意を表する。

2. 資料および方法

1. 釣獲率分布

遠洋水産研究所に集められている 1966~1970年の5年間によるはえなわの漁獲資料から緯度、経度それぞれ1度区画ごとのメバチの年平均釣獲率分布図を作成した（Fig. 1）。ここで1度区画ごとの年平均釣獲率（ \bar{r} ）とは月別に求めた平均値を更に年間にわたって平均したものである。すなわち、

$$\bar{r} = \frac{1}{n_i} \sum_{j=1}^{m_j} \frac{\sum_{i=1}^{n_i} r_{ij}}{m_j}$$

ただし、

r_{ij} : i 年 j 月における1度区画の釣獲率

m_j : その1度区画で j 月に資料の得られた年の数

n_i : その1度区画で資料の得られた月の数

Fig. 1 の階級は1度区画別平均釣獲率の頻度分布（Fig. 2）に基づいて決めた。この頻度分布には 0.7, 0.8% の階級にそれぞれ出現頻度 11% 余りの顕著なモードがあるほか、0, 0.1% 級に全体の約 13% を占める副次モードが存在している。そこで、主モードの上端である 0.9% 以上の高釣獲率域、副次モードである 0.2% 以下の 0 釣獲率域を考え、更に両者の中間である 0.6% を境にそれ以上の中釣獲率域、それ未満の低釣獲率域に分けて四つの階級を設定した。

2. 水温、溶存酸素量

水温躍層上限の深さ、水温、溶存酸素量鉛直断面分布および 100 m 層の水温、溶存酸素量水平分布は日、米、ソの調査船 12 隻、48 航海の資料によ

Table 1. Tabulation of available oceanographic observation.

| Vessel | Cruise | Period of survey | T. | O. | Source of data |
|----------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------|----|-------------------------|
| Sagami maru | 3 | Apr.-July, 1958 | ○ | | K N S, 1968 |
| | 4 | Sep.-Nov., 1958 | ○ | | " " |
| | 6 | Aug.-Oct., 1959 | ○ | | " " |
| | 8 | Apr.-July, 1960 | ○ | | " " |
| | 11 | July-Sep., 1961 | ○ | | " " |
| | 12 | Jan.-Feb., 1962 | ○ | | " " |
| | 18 | Feb., 1964 | ○ | | " " |
| Taisei maru | 13 | July-Sep., 1961 | ○ | | M E S, 1963 |
| | 15 | June-Aug., 1962 | ○ | | " " |
| | 17 | June-Sep., 1963 | ○ | | " 1965 |
| | 18 | Dec., 1963-Mar., 1964 | ○ | | " " |
| | 19 | June-Nov., 1964 | ○ | | " 1966 |
| | 20 | Feb.-May, 1965 | ○ | | " " |
| | 21 | Sep., 1965-Jan., 1966 | ○ | | " 1967 |
| | 22 | Apr.-Sep., 1966 | ○ | | " 1968 |
| | 23 | Dec., 1966-May, 1967 | ○ | | " " |
| | 24 | Sep. 1967-Jan., 1968 | ○ | | H G S, 1969 |
| | 25 | May-Sep., 1968 | ○ | | " 1970 |
| | 26 | Jan.-June, 1969 | ○ | | " " |
| | 27 | Oct., 1969-Mar., 1970 | ○ | | " 1971 |
| | Shoyo maru | 12 | Dec., 1962-Mar., 1963 | ○ | ○ |
| 13 | | Dec., 1963-Feb., 1964 | ○ | ○ | " 1964 |
| 14 | | Dec., 1964-Feb., 1965 | ○ | ○ | " 1965 |
| Kaiyo maru | Emerald | Dec., 1968-Mar., 1969 | ○ | ○ | K M H, 1971 |
| H. M. Smith | 5 | Sep.-Oct., 1950 | ○ | ○ | S S R, 131, 1954 |
| | 8 | Jan.-Feb., 1951 | ○ | ○ | " " " |
| | 11 | Sep.-Oct., 1951 | ○ | ○ | O O P, 1963 |
| | 31 | Sep.-Oct., 1955 | ○ | ○ | S S R, 201, 1957 |
| | 33 | Mar., 1956 | ○ | ○ | O O P, 1963 |
| | 35 | Aug.-Oct., 1956 | ○ | ○ | DR, SIO Ref. 61-9, 1961 |
| | 38 | Jan.-Mar., 1957 | ○ | | IGY, OR No. 3, 1961 |
| | 45 | Apr.-June, 1958 | ○ | ○ | O O P, 1965 |
| Koyo maru | Eastern Pacific Ocean | Dec., 1964 | ○ | ○ | D O O, 3, 1968 |
| Horizon | Step 1 | Sep.-Dec., 1960 | ○ | ○ | DR, SIO Ref. 61-9, 1961 |
| | Dorado | July-Aug., 1965 | ○ | | O O P, 1965 |
| | Dolphin | Apr.-May, 1958 | ○ | ○ | " " |
| | Downwind | Oct.-Nov., 1957, Feb., 1958 | ○ | ○ | " " |
| | Eastropic | Oct.-Dec., 1955 | ○ | ○ | " 1962 |
| S. F. Baird | Tethys | June-July, 1960 | ○ | | IGY, OR No. 3, 1961 |
| | Costa Rica Dome | Nov.-Dec., 1959 | ○ | ○ | O O P, 1965 |
| | TO-58-2 | Nov., 1958 | ○ | ○ | " " |
| | Scot | May-June, 1958 | ○ | ○ | " " |
| | Eastropic | Oct.-Dec., 1955 | ○ | ○ | " 1962 |
| Stranger | TO-59-1 | Jan.-Feb., 1959 | ○ | ○ | O O P, 1965 |
| | Doldrums | Aug., 1958 | ○ | ○ | " " |
| | Scope | Nov.-Dec., 1956 | ○ | ○ | S S R, 279, 1958 |
| U.S.S. Serrano | Unsel III | May, 1949 | ○ | ○ | O O P, 1957 |
| Argo | Swan Song Exp. | Sep.-Nov., 1961 | ○ | ○ | DR, SIO Ref. 66-1, 1965 |

- T. : Temperature
 O. : Dissolved oxygen
 KNS: Kanagawa ken Suisanshikenjo Chosa Hokoku, Kanasuishi Shiryo No. 113, Kanagawa Prefectural Fisheries Experimental Station
 MES: Mie Ken Suisanshikenjo Jigyo Hokoku, Mie Prefectural Fisheries Experimental Station
 HGS: Mie Ken Hamajima Suisanshikenjo Jigyo Hokoku, Mie Prefectural Hamajima Fisheries Experimental Station
 SMH: Chosasen Shoyo Maru Hokokusho, Research Division, Fisheries Agency of Japan
 KMH: Kaiyo Maru Chosa Hokokusho, Fisheries Agency of Japan
 DOO: Data of Oceanographic Observations and Exploratory Fishings No. 3, Shimonoseki University of Fisheries
 SSR: Special Scientific Report—Fisheries, United States Department of the Interior Fish and Wildlife Service
 OOP: Oceanic Observations of the Pacific, Scripps Institution of Oceanography of the University of California
 DR, SIO: Data Report, Scripps Institution of Oceanography
 IGY, OR: IGY Oceanography Report No. 3, Oceanographic observations in the Intertropical Region of the World Ocean during IGY and IGC, Part II B: Pacific Ocean, Department of Oceanography and Meteorology, Agricultural and Mechanical College of Texas, College Station, Texas, U.S.A.

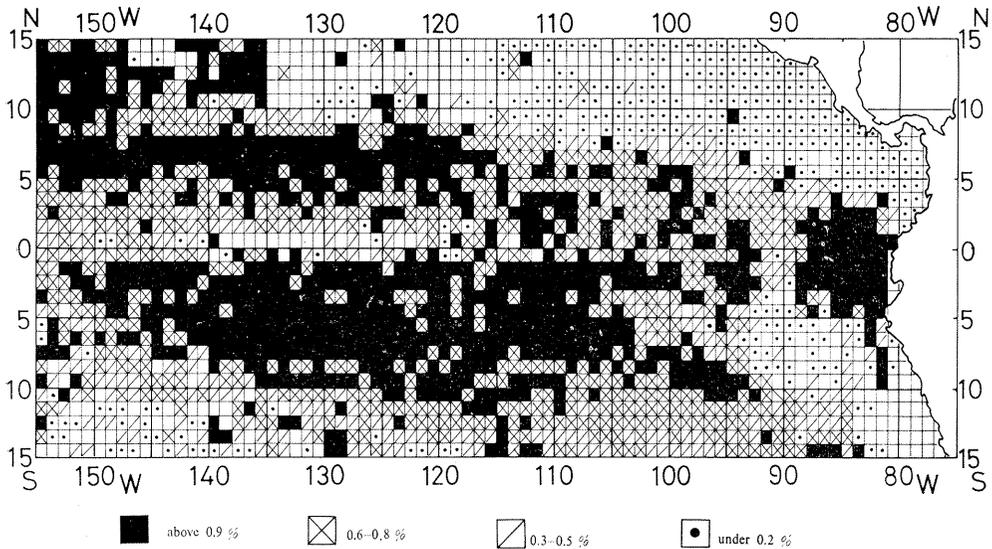


Fig. 1. Geographical distribution of yearly average catch rate (catch per 100 hooks) of bigeye tuna by one degree square in the eastern tropical Pacific Ocean, 1966-1970.

り求めたものである (Table 1)。

ある観測点における水温躍層とは、川合 (1969)⁸⁾ の説に従い水温深度曲線上で水温の鉛直傾度が $5^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ を越える層とし、その頂上部の深度を水温躍層上限の深さと定義した。この定義に従って、水温深度曲線上で読み取った深さを、また水温、溶存酸素量水平分布を求めるにあたっては各観測点の資料を緯度、経度1度区画ごとに整理し

た。なお、2回以上の観測がなされた1度区画に対してはその平均値を求めた。

3. メバチの主漁獲層

著者は前報 (花本, 1974)⁹⁾ で枝縄別漁獲割合および漁研型深さ計による釣鉤の深さから東部熱帯太平洋においてメバチがはえなわにより主として漁獲される深さ (主漁獲層) を推定した。それによると、主漁獲層の深さは $3^{\circ}\text{N}\sim 9^{\circ}\text{N}$ の海域

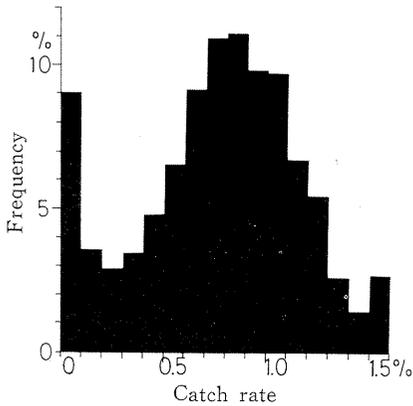


Fig. 2. Frequency distribution of yearly average catch rate of bigeye tuna by one degree square in the eastern tropical Pacific Ocean, 1966-1970.

では 90~140 m, 3°N~3°S では 50~150 m, 3°S~9°S では 110~160 m, 9°S~13°S では 120~160 m であるので, メバチと水温, 水温躍層および溶存酸素量との関連を検討するにあたり, これらの深さをメバチの鉛直分布の代表値として用いた。

3. 結果

1. メバチの釣獲率分布 (Fig. 1)

0.9% 以上の高釣獲率域は北半球についてみる

と, 135°W 以西では 7°N および 12°N, 135°~115°W 間ではこれより南の 7°N 線を中心に広がり, 115°W 以東では 0°~7°N 間を点在しながらガラパゴス諸島およびエクアドル沖の赤道海域に続いている。一方, 南半球の高釣獲率域は 140°W 以西では 1°S~7°S に限られるが, 140°W~105°W 間では 1°S~10°S に達している。また, 105°W~93°W 間では 2 分され, 北のものは 1°S~4°S, 南のものは 7°S~11°S に広がっている。

このほかの海域における釣獲率は低い。特に, 135°W 以東の 10°N を中心にメバチの全く獲れない海域が広がり, その南限は高釣獲率の北限同様アメリカ大陸に近づく程南下し, アメリカ大陸寄りでは赤道付近に達している。また, ペルー沿岸沖の 7°S, 87°W 付近を中心とした海域でも釣獲率は 0 であり, 115°W 以西の赤道海域では釣獲率 0 の海域が点在している。

2. 水温躍層の深さ

Fig. 3 に水温躍層上限の深さの分布を示す。同図から明らかなように東部熱帯太平洋では一般に水温躍層が浅く, その上限はほぼ 100 m 以浅であり, 東西に延びる水温躍層隆起帯と沈降帯がみられる。隆起帯としては 140°W 以東の赤道および

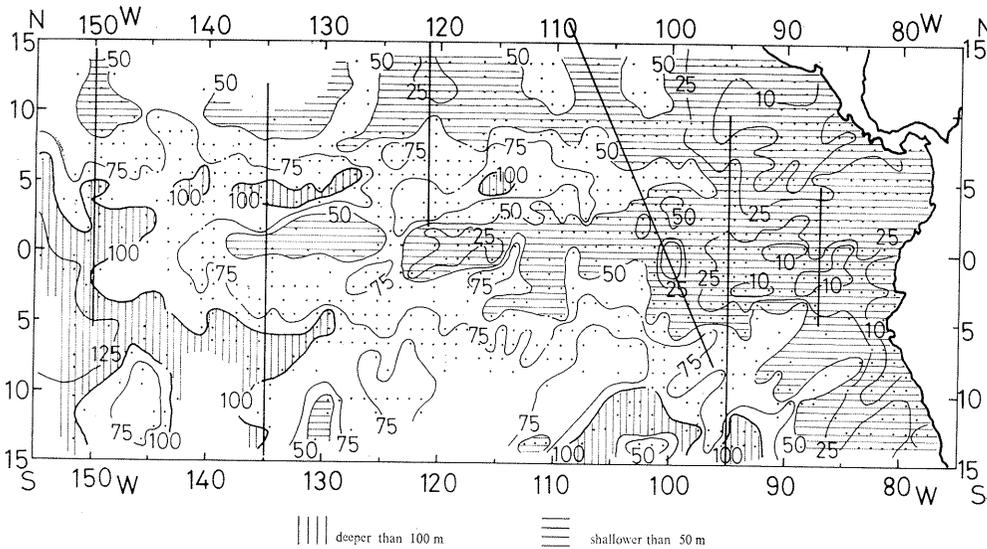


Fig. 3. Geographical distribution of depth of the top of thermocline. Numerals denote the depth (m). Straight lines show location of the vertical profiles shown in Figs. 4 to 9.

10°N 線にそって東西に延びる海域、コスタリカ沖からエクアドル沖に至る海域があげられる。このうち、コスタリカ、エクアドル沖では特に浅く、コスタリカ沖の浅い海域は Costa Rica Dome (CROMWELL, 1958)²⁾ として呼ばれている。一方、沈降帯は 5°N を中心に東西に延びている。

また、水温躍層上限が 100 m 以深の海域は 10°S ~15°S の 110°W~90°W, 5°S 以南の 135°W 以西, 0°~5°S 間の 150°W 以西, 0°~5°N 間の 145°W 以西, 4°N を中心とした 145°W~126°W の海域となっている。

3. 水温鉛直断面

Table 2. Boundaries of equatorial current systems on five meridians in the eastern tropical Pacific Ocean based on analysis of vertical temperature profile.

*: line combined between 7°53'S, 96°00'W and 17°00'N, 108°38'W.

| | 150°W (Fig. 9) | 135°W (Fig. 8) | 121°W (Fig. 7) | 96°-108°W* (Fig. 6) | 95°W (Fig. 5) |
|----------------------------|-----------------|-----------------------------|----------------|-----------------------------|-----------------|
| North Equatorial Current | North of 9°N | North of 10°N | North of 13°N | 9°-14°N | Uncertain |
| Equatorial Counter Current | 4°-9°N | 4°-10°N | 5°-13°N | 5°-9°N | North of 5°N |
| South Equatorial Current | South of 4°N | South of 4°N | South of 5°N | 5°N-6°S | South of 5°N |
| Period | Sep., Oct. 1951 | Aug. 1956 | Oct. 1955 | Dec. 1955 | Nov., Dec. 1960 |
| Vessel | H. M. Smith | H. M. Smith | Horizon | Horizon | Horizon |
| Cruise | Cruise 1 | Cruise 35 | Eastropic | Eastropic | Step 1 |
| Remarks | | Eastward flow south of 13°S | | Eastward flow north of 14°N | |

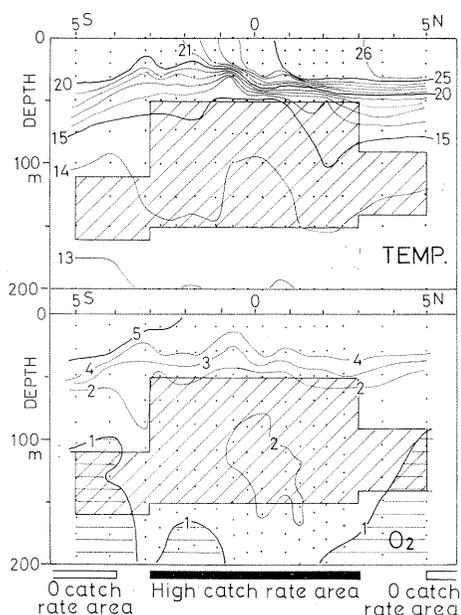


Fig. 4. Temperature and dissolved oxygen content profiles along 87°W meridian. Location of profile is shown in Fig. 3. Hatches denote estimated principal fishing layer in each area. Numerals denote temp. (°C) or dissolved oxygen content (ml/l).

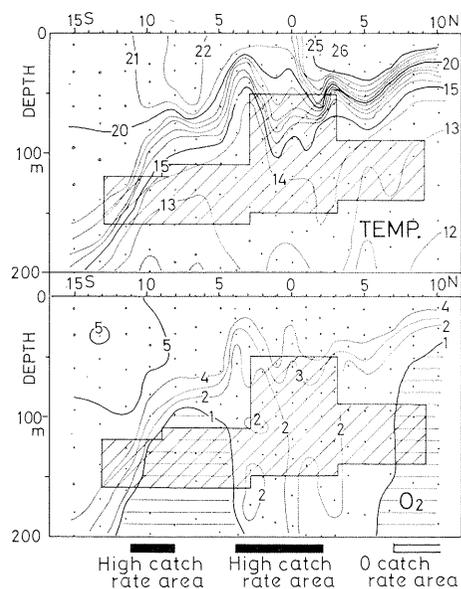


Fig. 5. Temperature and dissolved oxygen content profiles along 95°W meridian. Location of profile is shown in Fig. 3. Hatches denote estimated principal fishing layer in each area. Numerals denote temp. (°C) or dissolved oxygen content (ml/l).

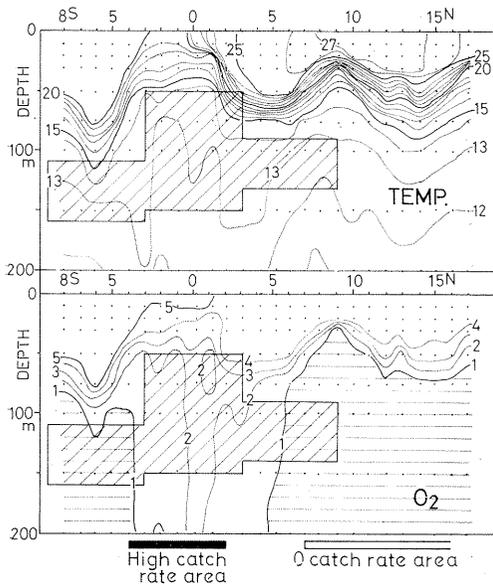


Fig. 6. Temperature and dissolved oxygen content profiles along a line from $7^{\circ}53'S$, $96^{\circ}00'W$ to $17^{\circ}00'N$, $108^{\circ}38'W$. Location of profile is shown in Fig. 3. Hatches denote estimated principal fishing layer in each area. Numerals denote temp. ($^{\circ}C$) or dissolved oxygen content (ml/l).

地衡流の観点から Fig. 4~9 に示される各子午線ぞいの水温鉛直断面より重要な海流の位置を推定した (Table 2)。北赤道海流と北赤道反流の境界はほぼ $9^{\circ}N \sim 10^{\circ}N$ にみられるが、 $121^{\circ}W$ 線では $13^{\circ}N$ 、 $95^{\circ}W$ 線では $10^{\circ}N$ 以北と想像され幾分北に偏っている。北赤道反流と南赤道海流の境界は $121^{\circ}W$ 線、 $96^{\circ}W \sim 108^{\circ}W$ 線、 $95^{\circ}W$ 線では $5^{\circ}N$ と北に偏しているが、 $150^{\circ}W$ 線、 $135^{\circ}W$ 線では $4^{\circ}N$ 線にある。このほか、 $96^{\circ}W \sim 108^{\circ}W$ 線 (Fig. 6) の $14^{\circ}N$ 以北、 $135^{\circ}W$ 線 (Fig. 8) の $13^{\circ}S$ 以南に東流が認められる。後者の東流は REID (1961)¹⁰⁾ による南赤道反流の一部と考えられる。

赤道潜流は $95^{\circ}W$ 線 (Fig. 5) においてのみ明確である。ここでは $3^{\circ}N \sim 3^{\circ}S$ にわたって、20~100 m 層間で等温線は不規則な凹状を呈し、東流する赤道潜流の存在を示す。潜流の幅は $2^{\circ}S \sim 2^{\circ}N$ 間にわたると言われるが (KNAUSS, 1966)¹¹⁾、同図でみられる限り、これより南北とも 1° ずつ広

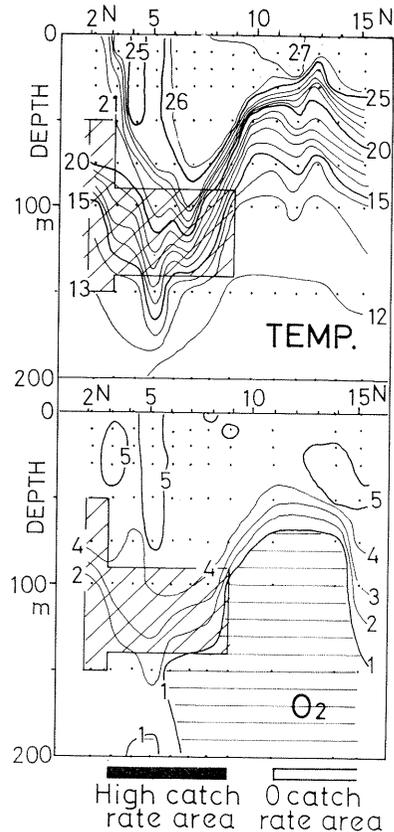


Fig. 7. Temperature and dissolved oxygen content profiles along $121^{\circ}W$ meridian. Location of profile is shown in Fig. 3. Hatches denote estimated principal fishing layer in each area. Numerals denote temp. ($^{\circ}C$) or dissolved oxygen content (ml/l).

がっている。

各子午線とも赤道にそって冷水の上昇がみられる。すなわち、 $87^{\circ}W$ 線では $1^{\circ}N \sim 2^{\circ}S$ 、 $95^{\circ}W$ 線では $2^{\circ}N \sim 6^{\circ}S$ 、 $96^{\circ}W \sim 108^{\circ}W$ 線では $3^{\circ}N \sim 3^{\circ}S$ 、 $121^{\circ}W$ 線では $5^{\circ}N$ 以南で等温線は表層まで急激に突出し、表面における南北方向の水温傾度も大きい。 $135^{\circ}W$ 線、 $150^{\circ}W$ 線では中層において等温線の上方向への突出、冷水の上昇がみられるが、表面における南北方向の傾度はそれ程大きくない。

4. 溶存酸素量の鉛直断面

東部熱帯太平洋における水温躍層と酸素躍層の深さはほぼ一致している (Fig. 10)。WOOSTER

et al. (1958)³⁾ によって認められているように溶存酸素量は水温躍層下で急激に減少するが、その絶対値は海域により異なり、大まかに分けて二つのタイプが認められる。第1のタイプは水温躍層下で溶存酸素量が1 ml/l 以下に激減する海域、例えば 95°W 線の 8°N 以北、4°S 以南、96°W~108°W 線の 5°N 以北、4°S 以南、および 121°W

線、135°W 線の 5°N 以北の海域である。第2のタイプは水温躍層下でも溶存酸素量が1 ml/l 以上の海域で、赤道を中心とした南北ほぼ緯度 4°~5° の範囲および 150°W 線の比較的西に寄った海域

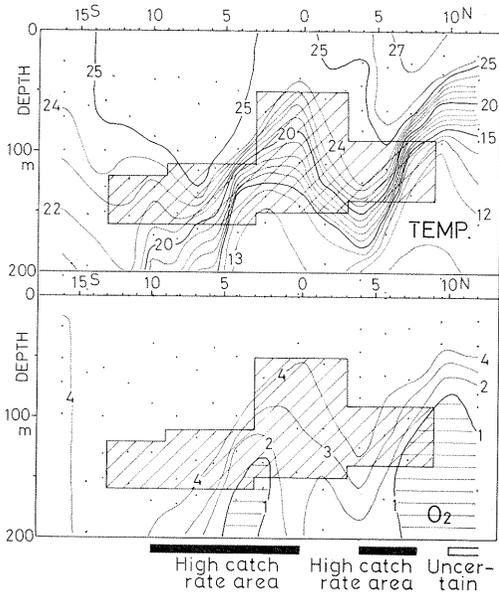


Fig. 8. Temperature and dissolved oxygen content profiles along 135°W meridian. Location of profile is shown in Fig. 3. Hatches denote estimated principal fishing layer in each area. Numerals denote temp. (°C) or dissolved oxygen content (ml/l).

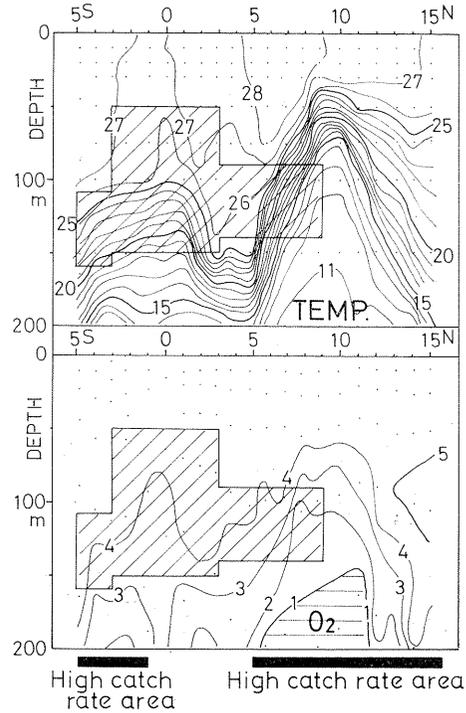


Fig. 9. Temperature and dissolved oxygen content profiles along 150°W meridian. Location of profile is shown in Fig. 3. Hatches denote estimated principal fishing layer in each area. Numerals denote temp. (°C) or dissolved oxygen content (ml/l).

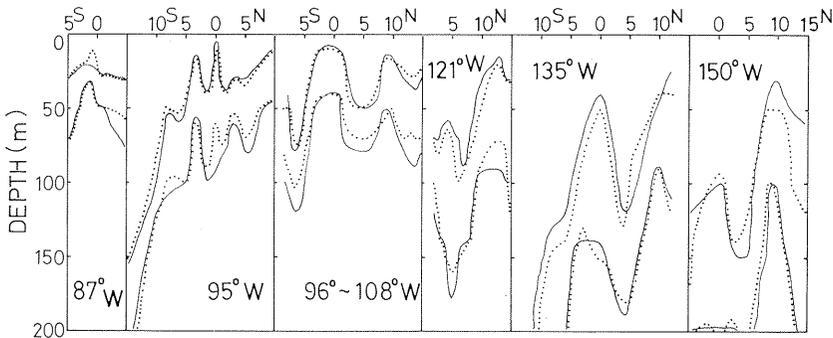


Fig. 10. The depth of thermocline and oxycline along each meridian. Location of each meridian is shown in Fig. 3. Solid lines show the depth of upper and lower part of thermocline. Dotted lines show the depth of upper and lower part of oxycline.

である。

5. 水温躍層とメバチの釣獲率

年平均釣獲率分布 (Fig. 1) と水温躍層上限の深さの分布 (Fig. 3) を比較すると, 0.9% 以上の高釣獲率域は水温躍層上限の深さが 25 m 以浅のエクアドル沖で代表されるように, 主として同上限の深さが 100 m 以浅の浅い海域にみられ, 100 m 以深の海域では概して非高釣獲率となっている。特に, 10°S, 100°W 付近および 5°N~10°S, 130°W 以西の海域でこの傾向が顕著である。しかし, ペルー沖, 10°N 線にそった 135°W 以東の海域および 115°W~150°W 間の赤道ぞいの点在する海域では水温躍層上限の深さが 100 m 以浅にもかかわらず釣獲率は 0 である。

一方, Fig. 4~9 に示される水温躍層と第1章で記した主漁獲層の深さをみると, 高釣獲率域におけるメバチの主漁獲層は 87°W 線, 96°W~108°W 線では水温躍層より深く, 121°W 線, 135°W 線, 150°W 線では水温躍層中, 95°W 線では水温躍層

中およびそれ以深である。このように東部熱帯太平洋では, メバチは主に水温躍層中およびそれより深い層で漁獲されている。

6. 水温とメバチ

Fig. 4~9 の各子午線ぞいの水温鉛直断面図によると, 高釣獲率域におけるメバチの主漁獲層の水温は Table 3 に示すように各子午線とも相当幅があり, 最低で 12°C, 最高で 27°C である。一方, 100 m 層の水温水平分布 (Fig. 11) と年平均釣獲率分布 (Fig. 1) をみると, 高釣獲率域における 100 m 層の水温はエクアドル沖で 14°~16°C, 赤道ぞいの 115°W からガラパゴス諸島に至る海域では 13°~17°C, 北半球の 135°W 以西の 10°N および 135°W 以東の 7°N を中心とした海域では 13°~25°C, 南半球の 140°W 以西の 1°S~7°S では 20°~26°C, 1°S~10°S, 140°W~105°W 間では 13°~27°C, 1°S~11°S, 105°W~93°W 間では 13°~20°C である。

このように, メバチの分布水域における水温は

Table 3. Temperature ranges at principal fishing layer of bigeye tuna in the high catch rate areas along each meridian.

*: line combined between 7°53'S, 96°00'W and 17°00'N, 108°38'W.

| Meridian | 87°W | 95°W | 96°-108°W* | 121°W | 135°W | 150°W |
|-------------|----------|----------|------------|----------|----------|----------|
| Temperature | 13°-18°C | 12°-22°C | 12°-17°C | 13°-25°C | 12°-26°C | 12°-27°C |

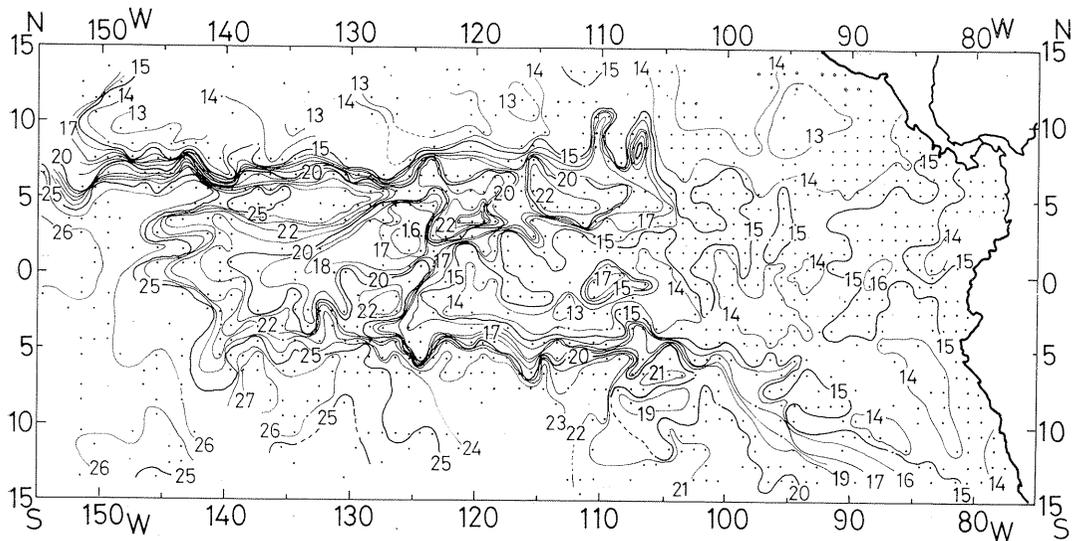


Fig. 11. Horizontal distribution of temperature (°C) at the depth of 100 m.

海域により異なるが、相当な幅がみられる。

7. 溶存酸素量とメバチの釣獲率分布

年平均釣獲率分布 (Fig. 1) から六つの子午線ぞいの南北方向の釣獲率分布を調べ、高、0 釣獲率域とに分け、これを溶存酸素量鉛直断面図 (Fig. 4~9) の下欄に示した。そして、これら各子午線ぞいの釣獲率分布とその海域における主漁獲層の溶存酸素量とを比較した。結果は次のように要約される。

1) 87°W 線 (Fig. 4)

主漁獲層における溶存酸素量は高釣獲率域である赤道直下の南北緯度 3° 間では 1.5~3 ml/l である。釣獲率が 0 となる 5°N 以北、4°S または 5°S 以南では 1 ml/l 以下である。

2) 95°W 線 (Fig. 5)

高釣獲率域の 2°N~4°S 間では 1.5~4 ml/l であるが、釣獲率が 0 となる 7°N 以北では 1 ml/l 以下の値が主漁獲層以浅に出現している。5°S~8°S 間では主漁獲層の溶存酸素量は 1 ml/l 以下の値が出現し、ここでは釣獲率は低い。10°S 以南で溶存酸素量が 1 ml/l 以上になると、この 10°S 付近では幾分位置的なずれはみられるが、高釣獲率域になっている。

3) 96°W~108°W 線 (100°W 付近, Fig. 6)

主漁獲層の溶存酸素量は高釣獲率域の 2°N~4°S 間では 1.5~4 ml/l であるが、7°N 以北の 0 釣獲

率域では 1 ml/l 以下であり、1 ml/l の等値線は 30 m 深に達している。4°S 以南に主漁獲層の溶存酸素量が 1 ml/l 以下の海域があるがここでの釣獲率は低い。

4) 121°W 線 (Fig. 7)

主漁獲層の溶存酸素量は高釣獲率域の 3°N~8°N 間では 1~4 ml/l であるが、1 ml/l 以下となる 9°N 以北で低釣獲率となり、11°N 以北の 0 釣獲率域では 1 ml/l 以下の値が主漁獲層以浅に出現している。

5) 135°W 線 (Fig. 8)

主漁獲層の溶存酸素量は 0°~10°S, 4°N~8°N 間の高釣獲率域では 1~4.5 ml/l である。10°N 付近を中心に 1 ml/l 以下の海域がみられるが、130°W~135°W 間での操業記録がないので釣獲率との対応関係は不明である。

6) 150°W 線 (Fig. 9)

10°N 付近の釣獲率は 135°W 以東は 0 であるが、150°W 線では高釣獲率となっている。これに対し、10°N 線の主漁獲層の溶存酸素量は 135°W 以東で 1 ml/l 以下、150°W 線では 1 ml/l 以上である。すなわち、同じ緯度でも主漁獲層の溶存酸素量が 1 ml/l 以下のところでは釣獲率は 0 であり、1 ml/l 以上のところでは高い。

一方、釣獲率が 0 であるペルー沖および 10°N

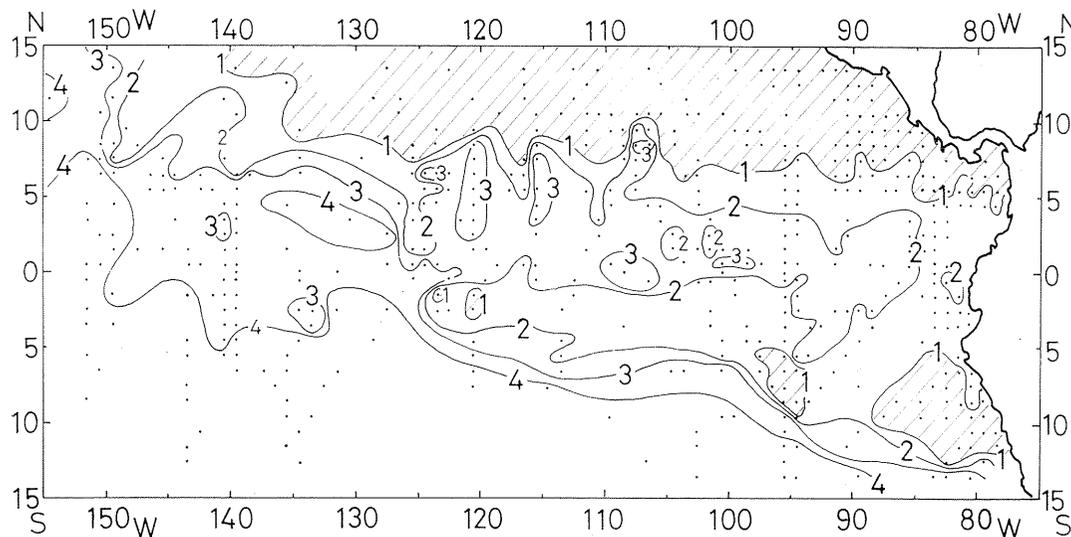


Fig. 12. Horizontal distribution of dissolved oxygen content (ml/l) at the depth of 100 m.

を中心とした東西にわたる海域の主漁獲層の深さは前述したとおり、前者(3°S~9°S)が110~160 m、後者(3°N~9°N)が90~140 mであるので、これらの海域の主漁獲層の最浅部は100 m前後と推定される。そこで、100 m層の溶存酸素量水平分布(Fig. 12)をみると、上述の釣獲率が0の海域と溶存酸素量が1 ml/l以下の海域との間に極めて高い一致がみられる。特に、10°N、135°W付近では同緯度でも1 ml/lの等値線が高釣獲率と0釣獲率との境になっている。

このように、溶存酸素量鉛直断面からみると、メバチの高釣獲率域における主漁獲層の溶存酸素量は1 ml/l以上あるが、1 ml/l以下の海域では釣獲率は0であるか、または低い。また、100 m層の溶存酸素量水平分布では高釣獲率域は1 ml/l以上の海域、0釣獲率域は1 ml/l以下の海域でみられ、メバチの生息分布と溶存酸素量との間には1 ml/lの値を境に深い関連があるようである。

4. 考 察

1) 一般にリン酸塩は混合層下で高い(Reid, 1962)¹²⁾。水温躍層が浅いと栄養に富んだ水は受光層内に存在し、そこでは生産性が高い。事実、東部熱帯太平洋では水温躍層の浅い海域で動物プランクトン現存量が高く(Brandhorst, 1958)¹⁾、マグロ類は比較的動物プランクトン現存量の高い海域に出現している(Cromwell, 1953⁶⁾; King *et al.*, 1953¹³⁾; Sette, 1955¹⁴⁾; King *et al.*, 1957⁷⁾; Brandhorst, 1958¹⁾)。

前述したように、メバチの釣獲率は一般に水温躍層の浅い海域で高く、この傾向は特にエクアドル沖で強い。このエクアドル沖では水温躍層が25 m以浅と浅いだけでなく、暖かい赤道水と冷たいペルー海流の湧昇水との間の接触域であり(Brandhorst, 1958)¹⁾、更にカーネギー海膨という海底隆起を備えており、生物生産を高める海洋特性にめぐまれている。事実、PO₄-Pが高く(Reid, 1962)¹²⁾、動物プランクトン現存量も高い(Brandhorst, 1958¹⁾; Reid, 1962¹²⁾)。このように、エクアドル沖では生産性が高く、メバチはこの生産性の高い海域に集っており、上述の動物

プランクトン現存量の高い海域にマグロ類が集積するという例からみても、ここではメバチの集積する一原因として、餌料が豊富でマグロが集るという食物連鎖の図式が考えられる。

もちろん、太平洋全域をみると、メバチの主漁場であるハワイ北方海域、西、中部海域の10°N線ぞい、東部海域の5°S~10°Sにそって東西方向に带状帯として形成される海域では(久米, 1969a⁴⁾, b¹⁵⁾), 須田ら(1969)⁵⁾が述べるように必ずしも生物生産との間に直接的な関連があるとは言いきれず、また食物連鎖の過程における時空間的差も考えられるので、すべての海域にわたって食物連鎖の図式が考えられるというわけではない。

2) メバチの鉛直的な分布に関し、花本(1967)¹⁶⁾は最大漁獲層は水温躍層下限以深、須田ら(1969)⁵⁾は遊泳層は水温躍層の中、あるいはすぐ下側に分布すると報告している。また、漁研型深さ計による漁獲記録では4例ともすべて水温躍層中で漁獲されている(藤井ら, 1971)¹⁷⁾。前述したように、各子午線における主漁獲層は水温躍層中およびそれ以深となっており、須田ら(1969)⁵⁾の想定および深さ計の記録より深い。

10°Nを中心としたCosta Rica Dome付近、エクアドル沖およびガラパゴス以西の赤道ぞいの海域は水温躍層上限の深さが25 mまたは50 m以浅にあり、水温躍層下限も87°W線(Fig. 4)、95°W線(Fig. 5)、96°W~108°W線(Fig. 6)の水温鉛直断面でみられるように100 m以浅と浅い。このような海域にはえなわが投入された場合、釣鈎は水温躍層下限より更に深く設置されるはずである。上述した須田ら(1969)⁵⁾の説に従えば、このような海域では釣鈎は遊泳層を通り越し、メバチはあまり漁獲されないことになる。しかし、Costa Rica Dome付近を除いて、エクアドル沖およびガラパゴス以西の赤道ぞいの海域はいずれも高釣獲率域である。メバチの遊泳層を水温躍層中およびそれ以深と考えれば、これらの2海域では釣鈎は遊泳層中に存在し、好漁場たり得る要因を備えていることからして、メバチの好漁獲があっても不思議ではない。なお、このCosta Rica Dome

付近が漁場にならない理由については次に記述する。

3) 10°N 線を中心とした Costa Rica Dome を含む 135°W 以東の海域は水温躍層上限が 50 m 以浅と浅く、動物プランクトン現存量が高く (BRANDHORST, 1958¹⁾; REID, 1962¹²⁾), また表層漁業によるキハダの生産性が高いにもかかわらず (IATTC, 1973)¹⁸⁾, メバチの釣獲率は 0 である。一方、この海域における溶存酸素量は水温躍層下で激減し、はえなわの釣鉤が設置される 60 m 以深で 1 ml/l 以下となっている (Fig. 5)。これに対し、エクアドル沖の水温躍層上限の深さは 25 m 以浅と 10°N 線ぞいの海域同様浅い。しかし、溶存酸素量は水温躍層下で激減せず、釣鉤の到達深度 (50~150 m) では 1 ml/l 以上あり、これ以下の値が出現するのは 160 m 以深である (Fig. 4)。このように、エクアドル沖と 10°N 線ぞいの海域は同じように水温躍層が浅いにもかかわらず、水温躍層下の溶存酸素量に相違がみられている。すなわち、釣鉤の到達深度における溶存酸素量がエクアドル沖では 1 ml/l 以上、10°N 線ぞいの海域では 1 ml/l 以下であり、この相違が釣獲率の差となって現われたものと思われる。

魚類と溶存酸素量との関係について、田村 (1949)¹⁹⁾ は「溶存酸素量の減少が魚の呼吸生理上に種々の影響を及ぼし、活動性魚であるブリおよびマアジにとっての最低酸素必要量はそれぞれ 0.9 ml/l および 1 ml/l である。」と報告しており、BANSE (1968)²⁰⁾ は「底魚の漁獲量は溶存酸素量が 2 ml/l 以下になると低下する。」と報告し、BLACKBURN (1965)²¹⁾ は「もし、溶存酸素量がマグロの分布を制限するなら、それは恐らく鉛直面においてであり、このような状態は溶存酸素量が 1 ml/l 以下のところでみられよう。」と論じている。前述したように、メバチと各子午線における溶存酸素量鉛直分布および 100 m 層の水平分布との関係、またエクアドル沖と Costa Rica Dome を含む 10°N 線ぞいの海域でみられる現象のようにメバチは溶存酸素量が 1 ml/l 以上の海域では漁獲されるが、1 ml/l 以下の海域では漁獲されていない。従って、メバチの場合、BLACKBURN

(1965)²¹⁾ の指摘およびブリ、マアジの場合と同様 1 ml/l の値が最低酸素必要量である可能性が大きいように思われる。

一方、須田ら (1969)⁹⁾ は「Costa Rica Dome 付近の 10°N を中心とした海域では水温躍層が極めて浅く、光合成の中にあるため、メバチが高い密度で分布する可能性が大きい。しかし、水温躍層が浅いために、仮に相当量のメバチが分布しても、はえなわでは能率的な漁獲が期待できない。」と述べている。しかし、上述したように当海域における溶存酸素量分布からみて、水温躍層中およびそれ以深におけるメバチの分布は考えられず、またメバチは表面混合層には生息せず (須田ら, 1969)⁹⁾, 表層漁業による漁獲もキハダ、カツオ以外ほとんど皆無 (IATTC, 1973)¹⁸⁾ であるので、当海域におけるメバチの濃密な分布の可能性はほとんど期待できない。

GREEN (1967)²²⁾ は東部太平洋では水温躍層が浅く、水温傾度の大きい時、キハダ、カツオの旋網の成功率が高いと報告している。この原因の一つとして、水温鉛直傾度の大きさが魚群の深層方向への行動を阻止するのではないかと考えられている。しかし、メバチが水温躍層中およびそれ以深で主に漁獲されるという現象は、もちろんキハダとメバチの生態の差も考えられるが、水温の急変化 (水温躍層) がマグロの行動に直接影響を及ぼすか否か、すなわち、水温が障壁になり得るかどうかという疑問を提出する。ここで考えられるのは GREEN (1967)²²⁾ も注目しているように、水温躍層内で溶存酸素量が急激に減少することである。この溶存酸素量の激減がキハダ、カツオの下層への逃亡をふせぎ、旋網の成功率を高めるということが考えられる。東部太平洋における旋網の主漁場は水温躍層が浅く、この中で溶存酸素量が 1 ml/l 以下に激減する Costa Rica Dome を中心とした海域であり、沖合への開発は同じ条件下にある 10°N 線にそって行われている (IATTC, 1973)¹⁸⁾。もし、水温躍層の深さとキハダ、カツオの最低酸素必要量以下の値が出現する深さが一致するならば、水温自体に関係なく溶存酸素量の不足のため、魚群は下層への逃亡ができず旋網の成

功率が高くなり、一方、水温躍層が浅くても、そこでの溶存酸素量が魚群にとって最低必要量以上ならば、旋網の不成功に終る率が高くなるのではないと思われる。ここではキハダ、カツオの最低酸素必要量が不明であるので、結論を下すことは不可能であるが、他の魚種と溶存酸素量の関係からみても溶存酸素量の問題を究明することが不可欠なものであろう。

4) メバチの適水温について UDA (1957)²³⁾ は $17.5^{\circ}\sim 22^{\circ}\text{C}$ 、LAEVASTU *et al.* (1963)²⁴⁾ は $18^{\circ}\sim 22^{\circ}\text{C}$ 、須田ら (1969)⁵⁾ はほぼ 20°C 前後であると述べている。しかし、前述したように主漁獲層の水温は $12^{\circ}\sim 27^{\circ}\text{C}$ と相当幅広く、今まで考えられていたよりも低温で漁獲されている。また、漁研型深さ計で得られた漁獲記録では、3例が $17.8^{\circ}\sim 19.8^{\circ}\text{C}$ であるが、残りの1例は 13.0°C という低い水温値で漁獲されている (藤井ら, 1971)¹⁷⁾。漁獲の約 80% が主漁獲層で漁獲されているので、主漁獲層の水温を適水温と仮定すれば、メバチの適水温は今まで考えられていたよりも相当低く、また前報 (花本, 1974)⁹⁾ で述べたように、はえなわの3番の釣鉤の深さ 以深にもメバチの生息が推定されるので、適水温としては更に低い値が考えられる。

本報告ではすべて年平均に基づいて検討を進めた。しかし、環境条件には時空間的問題があり、メバチにしても生活年周期、発育段階によるすみ分けが行われているので (久米, 1969a⁴⁾; 1969b¹⁵⁾)、決してこれらの問題は無視できない。また、対象海域の設定にしても本来なら少なくとも太平洋全域を扱うべきである。しかし、資料数の関係からやむを得ず海域は東部熱帯域に限定し、時間は年平均として扱わざるを得なかった。今後は資料の蓄積をはかりつつ更に細かい検討が必要である。また、魚群の集積を左右する環境要因は種々雑多であり、魚群は一つの要因だけではなく、その幾つかの要因の影響を受けているはずである。従って、漁場形成要因の追及は一つの環境要因だけではなく数種の要因から追及すべきであり、その中から本当に魚群に及ぼす環境要因が何であるかを見付け出すべきであらう。

5. 要 約

東部熱帯太平洋において、はえなわによるメバチ漁場と水温躍層および溶存酸素量との関連について検討した。結果は次のとおりである。

1) 釣獲率の高い海域は、北半球では 135°W 以西の 7°N および 12°N 、 135°W 以東では 7°N 線を中心に広がり、ガラパゴスからエクアドルに至る赤道海域に続いている。そして、ガラパゴスの西側、 115°W 付近までの赤道ぞいに点在する海域で釣獲率は高い。南半球では 140°W 以西では $1^{\circ}\text{S}\sim 7^{\circ}\text{S}$ 、 $140^{\circ}\text{W}\sim 105^{\circ}\text{W}$ 間では $1^{\circ}\text{S}\sim 10^{\circ}\text{S}$ 、 $105^{\circ}\text{W}\sim 93^{\circ}\text{W}$ 間では $1^{\circ}\text{S}\sim 4^{\circ}\text{S}$ 、 $7^{\circ}\text{S}\sim 11^{\circ}\text{S}$ の海域で高釣獲率となっている。このほかの海域における釣獲率は低いが、特に 135°W 以東の 10°N を中心とした東西に延びる海域、ペルー沿岸域では釣獲率は 0 である。

2) 水温躍層上限の深さは多くの海域にわたり 100 m 以浅でみられる。隆起帯としては赤道ぞいの海域、エクアドル沖およびコスタリカ沖を含む 10°N 線を中心とした東西にわたる海域となっている。

3) 水温躍層と酸素躍層の深さはほぼ一致し、水温躍層中における溶存酸素量の減少は大きい。その減少傾向には水温躍層下で、(1) 1 ml/l 以下に減少する海域、(2) 減少するがその値は 1 ml/l 以上の海域、の二つのタイプがみられる。

4) 釣獲率の高い海域はエクアドル沖および赤道ぞいの海域で代表されるように、水温躍層の浅い海域でみられる。しかし、 10°N を中心とした 135°W 以東の水温躍層の浅い海域では釣獲率は 0 である。また、水温躍層上限が 100 m 以深の海域では釣獲率は低い。

5) メバチが主に漁獲される深さは (主漁獲層)、水温躍層中およびそれ以深である。

6) メバチの主漁獲層における水温は $12^{\circ}\sim 27^{\circ}\text{C}$ と相当な幅がみられ、今まで考えられていたよりも低い水温値の水域で漁獲されている。

7) メバチは溶存酸素量が 1 ml/l 以上の海域では漁獲されるが、 1 ml/l 以下の海域では漁獲されず、メバチにとっては 1 ml/l の値が最低酸素必要量である可能性が大きいように思われる。

8) Costa Rica Dome 付近は水温躍層が浅く、生産性が高いにもかかわらずメバチは漁獲されない。これは、はえなわの釣鈎の到達深度における溶存酸素量が非常に少ない(1 ml/l 以下)ことによる。

文 献

- 1) BRANDHORST, W. (1958): Thermocline topography, zooplankton standing crop, and mechanisms of fertilization in the eastern tropical Pacific. *J. du. Conseil*, **24**(1), 16-31.
- 2) CROMWELL, T. (1958): Thermocline topography, horizontal currents and "Ridging" in the eastern tropical Pacific. *IATTC Bull.*, **3**(3), 135-164.
- 3) WOOSTER, W. S. and T. CROMWELL (1958): An oceanographic description of the eastern tropical Pacific. *Bull. Scripps Inst. Oceanog. Univ. Calif.*, **7**(3), 169-282.
- 4) 久米 漸 (1969a): メバチの生態学的研究—VI. 赤道 (16°N 以南) ならびに南部太平洋における分布と魚体に関する既往の知見の集約と、若干の考察. 遠洋水研報, (1), 77-98.
- 5) 須田 明, 久米 漸, 塩浜利夫 (1969): インド太平洋のメバチのはえなわ漁場形成と生活領域に関する一解釈. 遠洋水研報, (1), 99-114.
- 6) CROMWELL, T. (1953): Circulation in a meridional plane in the central equatorial Pacific. *J. Mar. Res.*, **12**(2), 196-213.
- 7) KING, J. E. and T. S. HIDA (1957): Zooplankton abundance in the central Pacific, Part II. *U.S. Fish and Wildl. Serv., Fish. Bull.*, **57**(118), 365-395.
- 8) 川合英夫 (1969): 熱帯大西洋における水温構造とマグロのはえなわ漁場分布との関係について—I (水温水平分布図と水温躍層高低図などによる考察). 遠洋水研報, (2), 275-303.
- 9) 花本栄二 (1974): メバチに関する水産海洋学的研究—I 東部熱帯太平洋におけるマグロのはえなわの漁獲深度. うみ, **12**(3), 128-136.
- 10) REID, J. L. (1961): On the geostrophic flow at the surface of the Pacific Ocean with respect to the 1,000 decibar surface. *Tellus*, **13**(4), 489-497.
- 11) KNAUSS, J. A. (1966): Further measurements and observations on the Cromwell Current. *J. Mar. Res.*, **24**(2), 205-240.
- 12) REID, J. L. (1962): On circulation, phosphate-phosphorus content, and zooplankton volumes in the upper part of the Pacific Ocean. *Limnol. Oceanog.*, **7**(3), 287-306.
- 13) KING, J. E. and J. DEMOND (1953): Zooplankton abundance in the central Pacific. *U.S. Fish and Wildl. Serv., Fish. Bull.*, **54**(82), 111-144.
- 14) SETTE, O. E. (1955): Consideration of mid-ocean fish production as related to oceanic circulatory systems. *J. Mar. Res.*, **14**(4), 398-414.
- 15) 久米 漸 (1969b): メバチの生態学的研究—V 北部太平洋 (16°N 以北) における分布と魚体並びに魚群構造に関する既往の知見の集約と問題点. 遠洋水研報, (1), 57-75.
- 16) 花本栄二 (1967): 相模丸試験調査報告. 神水試資料, (9), 1-16.
- 17) 藤井一朗, 岡本久生 (1971): マグロ延縄の水中形状とマグロ, カジキ類の釣獲状況について. 三重県浜島水試事業報告, 昭和44年度, 45-103.
- 18) IATTC (1973): Annual report of the Inter-American Tropical Tuna Commission 1972, 7-166.
- 19) 田村 保 (1949): 外圍の変化が魚類に及ぼす影響 (第9報) 環境水の溶存酸素量が魚類の酸素消費量に及ぼす影響. 水産学雑誌, (54), 40-47.
- 20) BANSE, K. (1968): Hydrography of the Arabian Sea shelf of India and Pakistan and effects on demersal fishes. *Deep-Sea Res.*, (15), 45-79.
- 21) BLACKBURN, M. (1965): Oceanography and the ecology of tunas. *Oceanog. Mar. Biol. Ann. Rev.*, (3), 299-322.
- 22) GREEN, R. E. (1967): Relationship of the thermocline to success of purse seining for tuna. *Transactions of the American Fisheries Society*, **96**(2, 21), 126-130.
- 23) UDA, M. (1957): A consideration on the long year trend of the fisheries fluctuation in relation to sea condition. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, **23**(7, 8), 368-372.
- 24) LAEVASTU, T. and H. ROSA (1963): Distribution and relative abundance of tunas in relation to their environment. *FAO Fish. Rep.*, No. 6, 3, 1835-1851.

A Possible General Circulation in the World Ocean of 65 Million Years B.P.*

Kenzo TAKANO**

Abstract: A possible barotropic general circulation in the world ocean of 65 million years B.P. is shown for the present wind stress distribution. No circumpolar current is present. The transport across the Drake Passage is weak and westward. Compared with the circulation in the present-day ocean, the old circulation is strong in the Pacific and Indian Oceans but weak in the Atlantic Ocean. The presence of a strait between North America and South America is of no crucial importance in both the Pacific and Atlantic Oceans.

1. Introduction

Recent extensive paleoclimatological studies are making it possible to reconstruct the climate of the past on the basis of historical accounts, chronological measurements of tree-growth, biological and chemical records from lake, bog and ocean sediments and from the polar ice sheets. Meanwhile, the world ocean shape of the past which should have been one of the most important factors governing the climate change can be deduced from recent progress in global tectonics.

On the other hand, the numerical study of the general circulation in the world ocean has progressed to the point at which it is possible to simulate most, though not all, of the major large scale features of the circulation.

These approaches from various fields can be combined to reveal to a certain extent the global general circulation of the past.

In the meantime, we shall show here a possible general circulation in the world ocean of 65 million years B.P., of which the shape, substantially different from the present one and not so simple as that in the earlier ages, has been compiled by K. KOBAYASHI of the Ocean Research Institute of the University of Tokyo (personal communication). While the configuration of the coast lines at that time is believed to be fairly reliable, no information is available on the distribution of the ocean depth. Neither

is reliable information available on atmospheric parameters such as the atmospheric temperature, pressure, humidity, cloudiness and precipitation, which determine the heat, salt and momentum fluxes through the ocean surface as driving forces of the ocean circulation.

Though it is certainly premature to calculate the general circulation subject to this uncertain external forcing, it should be worthy in a sense that a better understanding is gained of the effect of the ocean shape on the general circulation.

The present note is concerned with the barotropic circulation only. The baroclinic circulation and corresponding water density field will be dealt with in a separate paper.

2. Model

Since only the predominantly geostrophic large scale circulation is concerned, the advective accelerations can be neglected. The effects of smaller (subgrid) scale motions on the large scale motions are parameterized, as in most numerical studies, by vertical and horizontal diffusions of heat, salt and momentum.

Recent observational and numerical studies show the presence of intense mesoscale eddies in the mid-ocean. However, it is not yet known whether these eddies drastically affect the large scale ocean circulation through the vertical and horizontal transports of heat, salt and momentum. Therefore, these eddies are ignored for the moment, so that there is no necessity for using the grid size fine enough to resolve these

* Received March 10, 1975

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

eddies.

It is tentatively assumed that the ocean had a constant depth and that the atmospheric condition was not far from the present one.

In so far as the predominantly geostrophic large scale motions are concerned, the external gravity waves can be filtered out by the rigid lid approximation: the vertical component of the velocity is made equal to 0 at the ocean surface. There is no friction at the ocean bottom.

With these assumptions, the barotropic component of the velocity (the vertical mean of the horizontal velocity) is decoupled from the baroclinic component of the velocity (the deviation of the horizontal velocity from its vertical mean). Then, the barotropic component is governed by the wind stress curl only, whereas the baroclinic component is governed by both the differential heat and salt fluxes and the wind stress at the ocean surface. The barotropic component still affects the baroclinic component through the horizontal advection of heat and salt, although there is no energy exchange between the two components.

The stream function Φ is introduced in such a way that the eastward and northward components of the barotropic component of the velocity (u, v) are defined by

$$u = -\frac{1}{RH} \frac{\partial \Phi}{\partial \varphi}, \quad v = \frac{1}{RH \cos \varphi} \frac{\partial \Phi}{\partial \lambda} \quad (1)$$

where R is the earth's radius, H is the ocean depth, λ is the longitude and φ is the latitude.

The vorticity equation is given by

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t} \nabla^2 \Phi &= \frac{H}{R \cos \varphi} \left[\frac{\partial}{\partial \lambda} (A \nabla^2 v) - \frac{\partial}{\partial \varphi} (\cos \varphi A \nabla^2 u) \right] \\ &\quad - \frac{1}{R^2 \cos \varphi} \frac{\partial \Phi}{\partial \lambda} \frac{df}{d\varphi} + \frac{1}{\rho_0 R \cos \varphi} \\ &\quad \times \left[\frac{\partial \tau_\varphi}{\partial \lambda} - \frac{\partial}{\partial \varphi} (\tau_\lambda \cos \varphi) \right], \\ \nabla^2 &= \frac{1}{R^2 \cos \varphi} \left[\frac{1}{\cos \varphi} \frac{\partial^2}{\partial \lambda^2} + \frac{\partial}{\partial \varphi} \left(\cos \varphi \frac{\partial}{\partial \varphi} \right) \right], \end{aligned} \quad (2)$$

where t is the time, A is the coefficient of horizontal eddy viscosity, τ_λ and τ_φ are the

eastward and northward components of the wind stress, ρ_0 is the mean density of sea water and f is the Coriolis parameter, $2\omega \sin \varphi$, ω being the angular velocity of the earth's rotation ($=7.29 \times 10^{-5} \text{ sec}^{-1}$).

The eddy diffusion is approximately given by the first term in the right-hand side of Eq. (2), except in the vicinity of the pole.

The boundary conditions at the coast are: no net flow across the coast, and no slip along the coast.

The grid points are 2.5° apart in longitude and 4° apart in latitude. From an initial state, the time integration of Eq. (2) is carried forward to get the vorticity $\nabla^2 \Phi$. At each time step, the stream function Φ is calculated from $\nabla^2 \Phi$ by relaxation. The calculation is continued until a steady state is reached.

Since the details of the finite differencing scheme are described in another note (TAKANO, 1974), only the following two points are noted here.

To a rough approximation, there were five land masses at that time: a main composite land mass (Eurasia-Africa-North America), South America, India, Madagascar and Antarctica-Australia, as seen in Figs. 2, 5 and 6. Since the domain of solution is thus multiply connected, a special relaxation technique is required to determine the values of the stream function on the coasts of the separate land masses. While the time integration is forwarded, the stream function is kept as 0 on the coast of the main composite land mass, but is calculated for the coasts of the other land masses by means of a method called "hole relaxation" after the relaxation solution for the vibration of an elastic plate with holes.

The second point is the use of an implicit time differencing scheme for the Rossby waves. The Pacific Ocean extends over a long distance in the east-west direction. The highest frequency Rossby wave is propagated so fast that the explicit time differencing scheme for the Rossby waves requires a very short time step. The implicit scheme saves machine time by a factor of several tens to one hundred. A time step of 8 hours is used here.

The eastward component of the wind stress

is given by the longitudinal average of the eastward component of the wind stress tabulated by HELLERMAN (1967, 1968). The northward component of the wind stress is everywhere put as 0. Figure 1 shows the wind stress and its curl as functions of latitude.

3. Result

Two different values are assumed for the coefficient of eddy viscosity, $A=10^9$ cm²/sec in Case (1) and $A=3 \times 10^8$ cm²/sec in Case (2).

As is shown in a previous note (TAKANO, 1975), the coefficient of horizontal eddy viscosity must be larger than a certain critical value which is approximately proportional to the cube of the grid size in the east-west direction.

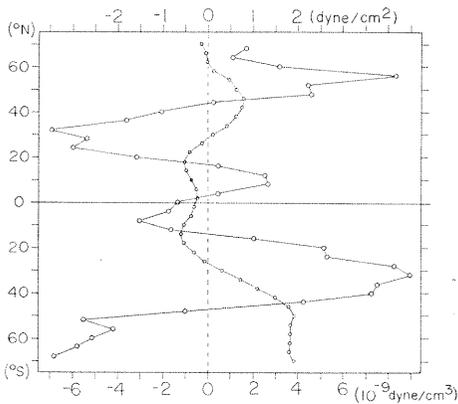


Fig. 1. Wind stress and its curl.

Otherwise, the physical mode is considerably distorted so that the solution is contaminated by noise of a wave length of twice the grid size. According to this criterion, a value of 3×10^8 cm²/sec is almost the lower limit of the allowable magnitude.

The ocean depth is taken as 4×10^5 cm.

Figure 2 shows the initial state in Case (1), where the planetary vorticity advection is balanced everywhere with $\text{curl } \boldsymbol{\tau}/H$. The stream function Φ is made equal to 0 on the coasts of all the land masses; there is no net flow between any two separate land masses. Starting from this initial state, the time integration is carried out for 200 days. Figure 3 shows how fast an almost steady state is reached in terms of the total kinetic energy and transports between the separate land masses. The units of the transport are $0.1 \times R \times H$ cm/sec ($=25.48 \times 10^{12}$ cm³/sec), hereafter denoted by T . A period of about 60 days is enough to reach an almost steady state, although it may take a little longer for the coasts of South America and India.

The calculation in Case (2) starts from the final state of Case (1) and again continues for almost 200 days. Figure 4 shows the kinetic energy and transports as functions of time. It is to be noted that the fluctuation with time is exaggerated by the change of scale in Fig. 4 compared with Fig. 3. A little greater fluctu-

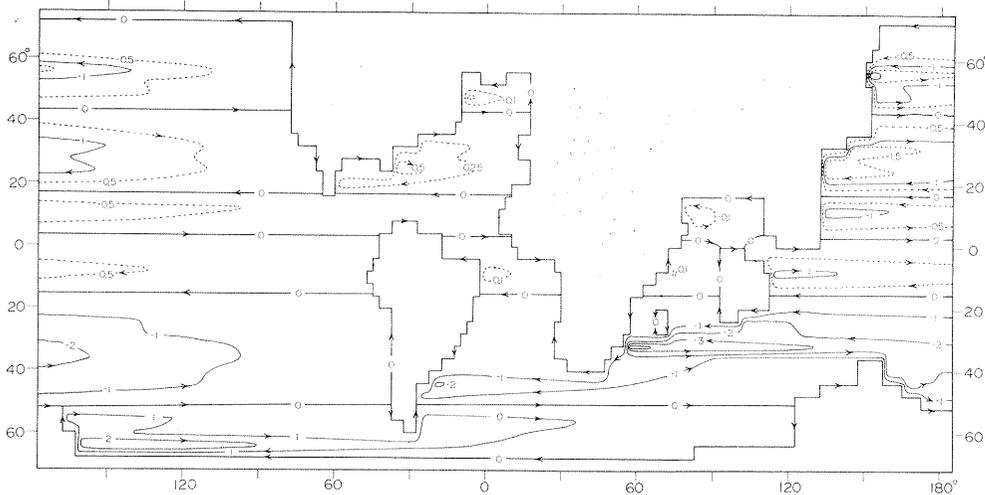


Fig. 2. Initial state for Case (1). units: $T (=25.48 \times 10^{12}$ cm³/sec).

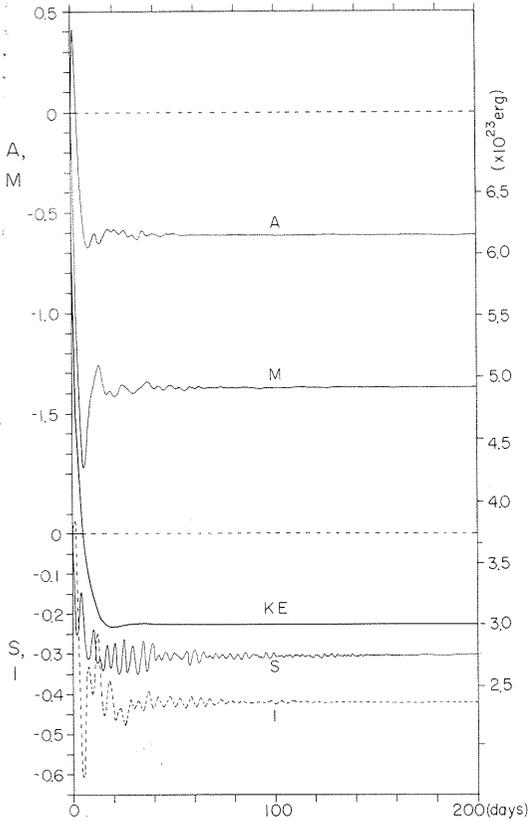


Fig. 3. Total kinetic energy and transports between the separate land masses as functions of time in Case (1). units: T . The letter A represents the value of the stream function on the antarctic coast, and M, S, I represent those on the coasts of Madagascar, South America and India, respectively. Each refers to the scales A, M, S, and I, respectively.

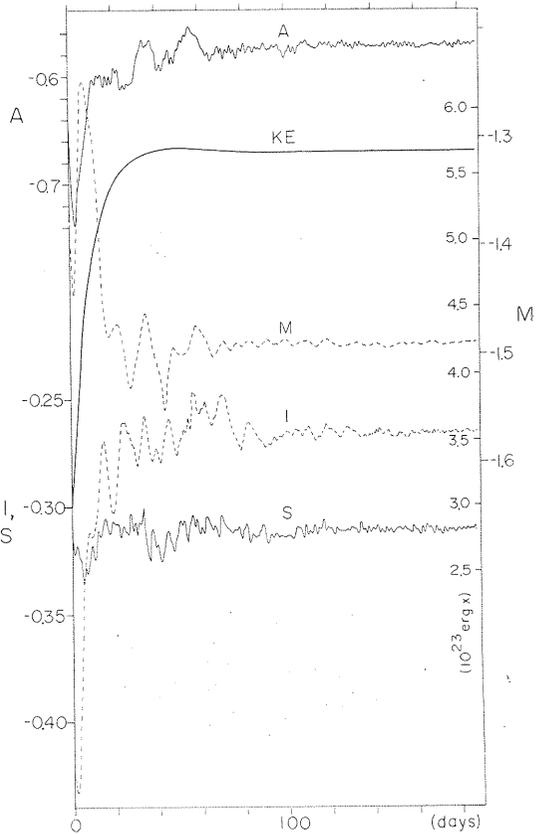


Fig. 4. Total kinetic energy and transports between the separate land masses as functions of time in Case (2).

ation of the transport arises from the smaller coefficient of horizontal eddy viscosity, while the total kinetic energy becomes steady in a short time. Several tens of days are enough in Case (2), too.

Figures 5 and 6 show the stream lines in Cases (1) and (2). There is no essential qualitative difference between the initial state (Fig. 2) and the final states (Figs. 5 and 6). Neither is there an essential difference between the results of Cases (1) and (2), though the western boundary currents are slightly stronger in Case (2) than in Case (3). The net transport through the strait between North America and South

America (hereafter referred to as the Mid-America Strait) is westward. Its amount is about $0.3 T (=8 \times 10^{12} \text{ cm}^3/\text{sec})$, irrespective of the value of A . The difference of the transport across the Drake Passage (passage between South America and Antarctica) is very small; $-0.61 T$ in Case (1) and $-0.57 T$ in Case (2).

Case (3) is an additional case where the circulation in the present-day world ocean is calculated, for comparison, with the same wind stress as in Cases (1) and (2). The coefficient of horizontal eddy viscosity is taken as $10^9 \text{ cm}^2/\text{sec}$. The effect of the ocean shape emerges from comparison of Fig. 5 with Fig. 7. The most striking features are the current pattern around Antarctica. Australia is so close to Antarctica that water cannot pass through between these two land masses. No circumpolar

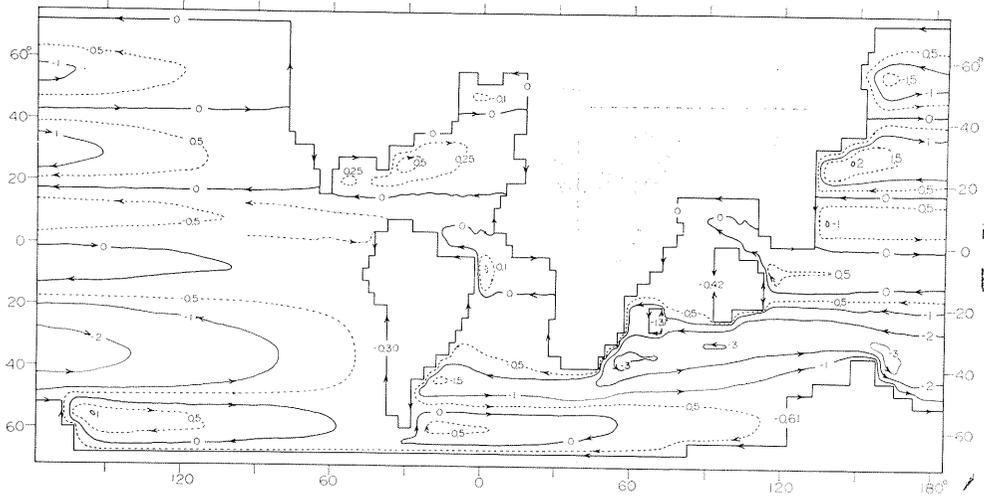


Fig. 5. Stream lines in Case (1). $A=10^9 \text{ cm}^2/\text{sec}$. units: T .

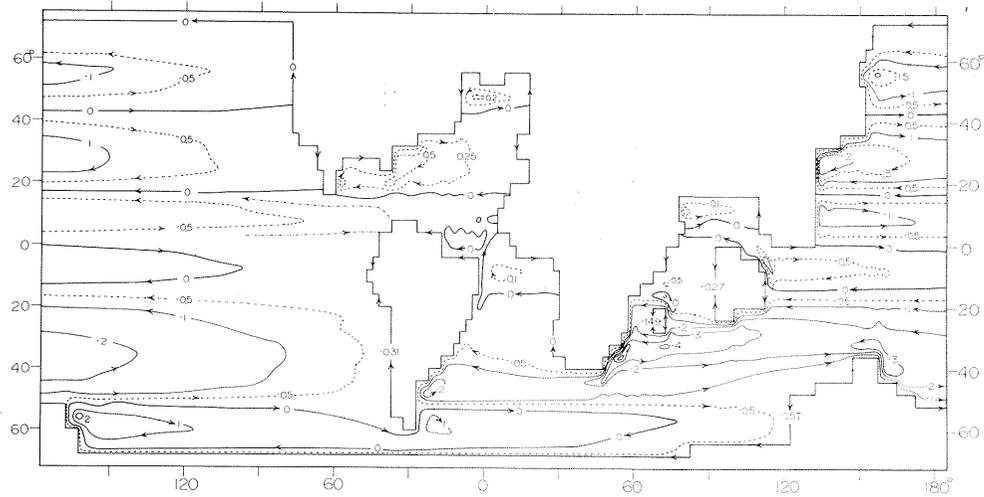


Fig. 6. Stream lines in Case (2). $A=3 \times 10^8 \text{ cm}^2/\text{sec}$. units: T .

current can be present. The present circumpolar current splits into two gyres; one is in the Atlantic and Indian Ocean sector, and the other, stronger by a factor of about 2 than the first one, is in the Pacific sector. The relative weakness of the first gyre is readily accounted for by leakage of water through the Drake Passage. Compared with the present transport, the transport across the Drake Passage is considerably decreased, from $3.87 T$ to $-0.6 T$ (westward).

The strongest gyre is found north-east of Australia. The southward shift of Australia

brings a larger quantity of water from the equatorial Pacific Ocean to the Indian Ocean, which results in a stronger circulation in the Indian Ocean. Since the old Atlantic Ocean is not as wide in longitude as the present Atlantic Ocean, the circulation in the Atlantic Ocean is generally weak, except in the southwestern South Atlantic Ocean. Compared to the smaller Atlantic Ocean, the Pacific Ocean is a little wider than the present Pacific Ocean, which reinforces the western boundary transport in the Pacific Ocean.

Moreover, no cyclonic gyre can be fully

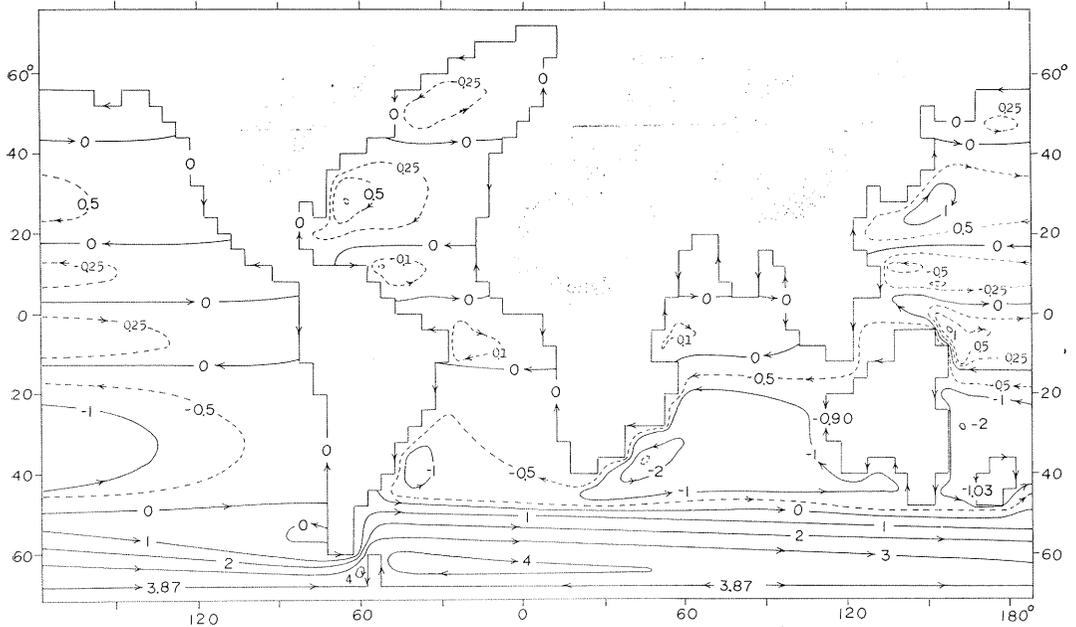


Fig. 7. Stream lines in Case (3). $A=10^9$ cm²/sec. Present-day world ocean. units: T .

Table 1. Transports in Cases (1) and (3).

| | Case (1) | Case (3) |
|---------------|-----------|-----------|
| Kuroshio | 2.0 T | 1.36 T |
| Gulf Stream | 0.61 T | 0.80 T |
| Tropical Gyre | -1.01 T | -0.61 T |

developed in the tropical Atlantic Ocean with the presence of the Mid-America Strait. The outflow of Atlantic water through the Strait does not spread to a great extent in the Pacific Ocean west of the Strait. The transports of the Kuroshio, Gulf Stream and tropical gyre in the North Pacific Ocean are tabulated in Table 1.

The transports of the Kuroshio and tropical gyre are greater in Case (1) than in Case (3), while the transport of the Gulf Stream is smaller in Case (1) than in Case (3). As is well known, the magnitude of the western boundary transport at a latitude can be considered to be equal to the magnitude of the Sverdrup transport (transport by the vertically integrated motion where the planetary vorticity advection is balanced with the wind stress curl) summed up along the latitude arc extending from the western to eastern boundaries at that

latitude. In other words, the western boundary transport is proportional to the distance between the western and eastern boundaries provided that the wind stress curl is constant in longitude.

Table 2 gives the latitude of the location of the maximum value of the stream function as well as the ocean width and wind stress curl at that latitude in Cases (1) and (3). The transport expected from the result of Case (3) and the change of the ocean shape is shown in the fifth column. For the tropical gyre, 177.5° is the longitudinal distance from the Asian coast to the Mid-America Strait and 232.5° is the longitudinal distance from Asia to the European coast through the Strait. Since the values in the fifth column in Table 2 are close to those in the second column in Table 1, the difference of the transport between Cases (1) and (2) is mainly attributed to the difference of the integrated Sverdrup transports. The transport through the Mid-America Strait is of little importance in these major gyres in the northern hemisphere as far as the barotropic circulation is concerned.

The transport in the Antarctic Ocean is

Table 2. Transports in Case (1) expected from the integrated Sverdrup transports together with the result in Case (3).

| | | Case (1) | Case (3) | Transport expected in Case (1) |
|---------------|---|------------------|----------|--------------------------------|
| Kuroshio | latitude | 28°N | 28°N | |
| | ocean width | 160° | 100° | 2.17 T |
| | wind stress curl (10 ⁻⁸ dyne/cm ²) | -0.541 | -0.541 | |
| Gulf Stream | latitude | 24° | 28° | |
| | ocean width | 55° | 60° | 0.77 T |
| | wind stress curl (10 ⁻⁸ dyne/cm ²) | -0.603 | -0.541 | |
| Tropical Gyre | latitude | 8° | 12° | |
| | ocean width | 177.5° 232.5° | 125° | -0.98 T -1.16 T |
| | wind stress curl (10 ⁻⁸ dyne/cm ²) | 0.262 | 0.254 | |

sensitive to the shape of Antarctica, to the coefficient of eddy viscosity and to the wind stress curl prescribed on the antarctic coast, all of which are not well defined, particularly when ice is ignored. Some examples are shown for the present-day ocean. A slight modification of the wind stress curl along a parallel of 68°S in Case (3) gives rise to a change of the transport of the Antarctic Circumpolar Current from 3.87 T to 8.9 T. If the meridional barrier east of the southern tip of South America is shifted eastward by 5° so as to broaden the gap between them from 5° to 10° in longitude, the transport is further increased to 22 T with the modified wind stress curl and an additional change of the coefficient of eddy viscosity from 10⁹ cm²/sec to 3 × 10⁸ cm²/sec. The transport becomes more than 35 T, when the meridional barrier is completely chopped off in such a way that the antarctic coast coincides with a parallel of 68°S. If the southern tip of South America is chopped off to increase the gap between

South America and Antarctica from 8° to 12° in latitude, the transport becomes 20 T with the above modified wind stress curl and the meridional barrier east of South America as it is in Case (3).

Thanks go to Dr. K. KOBAYASHI of the Ocean Research Institute of the University of Tokyo for making his map of a world ocean available.

References

- HELLERMAN, S. (1967, 1968): An updated estimate of the wind stress on the world ocean. *Mon. Wea. Rev.*, **95**, 607-626, Corrected tables, *ibid.*, **96**, 63-74.
- TAKANO, K. (1974): A general circulation model for the world ocean. unpublished manuscript.
- TAKANO, K. (1975): 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.

6,500 万年前の海洋大循環

高野 健三

要旨: 6,500万年前の海洋大循環を, 海の深さは一定, 当時の大気の状態は現在とはあまり違っていなかったという仮定のもとに計算した。ここでは流速の順圧成分だけを示す。現在の海での循環に比べて, 太平洋と印度洋での循環は強く, 大西洋での循環は弱い。南極環流は存在しない。北アメリカ大陸と南アメリカ大陸の間に存在した海峡は, 太平洋にも大西洋にも大きな影響を及ぼさない。

総 説

視覚運動反応と魚類の行動*

井 上 実**

The Optomotor Reaction and the Behavior of Fish

Makoto INOUE

Abstract: The optomotor reaction is usually considered as a visual locomotor reaction which is apparent by the movement of a animal after an object moves into visual field. This reaction on fishes has been applied in many studies of their vision, their orientation behavior in stream, or their swimming speed, because the reaction is an unconditioned response which animals show immediately when placed in a moving scene. Recently, some scientists have investigated the optomotor reaction of fish in relation to fishing method.

It is intended to review the optomotor apparatuses used by many previous authors and the results analyzed from seven points of view, — visual sense, rheotaxis, migration, swimming speed, schooling, fishing method, and other locomotive behaviors.

1. 緒 言

物体の運動に対して見られる視覚運動反応(optomotor reaction)は昆虫、甲殻類から人間に至る視覚の優れた動物に見られる現象である。動物に対して視覚運動反応を引き起こす簡単な装置は、回転するドラムの中に動物を入れ、ドラムの内面に黒白の縞模様のような視覚刺激を画いたものである。動物はこの回転刺激に対し、眼、頭の動き、または全身の運動をもって反応を示す。魚類もこのような装置の中で身体全体で反応を示すが魚種によって反応に強弱があり、一般的には視覚の優れた魚種や走流性の発達した魚種によく見られるといわれる。

魚類の視覚運動反応に関する研究は多いが、その中でしばしば引用される論文は LYON¹⁾、CLAUSEN²⁾、JONES³⁾、SHAW⁴⁾、PAVLOV⁵⁾ らのものである。それらの研究は視覚運動反応を単に魚類の視覚の研究に利用したばかりでなく、走流性、遊泳速度、回遊機構、群れ形成機構、漁法解析など魚類の生態、行動に関する研究の手段として利用している。このうち、PAVLOV および

その共同研究者 (PROTASOV, ALTUKOV) は数年にわたって魚の視覚運動反応を漁法の立場から研究しており、また、著者も同じ立場から実験的研究を行ってきた。

本文では PAVLOV の論文、上記研究者の論文、その他の論文を引用して視覚運動反応に関する総説を試みた。しかし、著者が引用した論文以外に直接、間接に視覚運動反応に関する論文は相当数に及ぶものと思われるので、まとまった総説は後日に譲ることとして、本文は著者の研究のうち未発表の分も含めて予備的に取りまとめたものである。

2. 視覚運動反応の定義

視覚運動反応または視運動反応は、動物の視野にある目標が動くとき、これを網膜上の一点に留めようとするために生ずる動物の移動反応 (locomotory reaction) である。

網膜上の一点とは錐体の特に密集した中心窩 (fovea centralis) という部分 (魚類ではその部分は網膜の中心ではないので、中心窩というよりも fovea lateralis といわれることがある) と、たまたま映像を最初に留めた網膜上の任意の一点とを言う。前者の場合は目標走性あるいは保目標性 (telotaxis)、後者の場合は保留走性あるいは対刺激性 (menotaxis) と言われており、いずれも片

* 1975年4月2日受理

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

眼だけに刺激を受け留めても作用する走性である。これに対して両眼に相称の刺激を受け留めようとする走性は刺激相称性あるいは転向走性 (tropotaxis) である⁹⁾。視覚運動反応はこれらの機構のいずれかによって運動の動機を得るが、運動開始後は保留走性あるいは目標走性が支配的になる。典型的な視覚運動反応では視覚刺激の移動方向と同方向に動物が前進する。

魚類についての最初の視覚運動反応の研究は、LYONの有名な走流性 (rheotropism) の実験¹⁾の一部として行われたもので、ガラス水槽の底面の下に設けた黒白縞模様の移動に追従する *Fundulus* についての観察である。魚類以外では RADL (1903) が昆虫を用いて行ったのが始まり⁵⁾とされている。また、人間にもこの反応の存在が認められ医学用語で眼振 (nystagmus) と言われている。よく引用される例として、乗物に乗って窓から外をながめている時、移動してゆくように見える木や電柱など目につきやすいものを視野に捕えると、この視野が移動しないように目を動かしてずっと目送し、それ以上目または頭が向けられなくなると急に速かに通常の位置にもどすが、すぐに次の目標を追って視線を移動することが挙げられる。

LYONの研究の中心は視覚運動反応そのものではなく、魚が流れに頭を向けて泳ぐ走流性の機構を、彼以前に考えられていた水流圧に基づくという見方とは別に、視覚作用の観点から解析したものである。彼はその研究の結論として魚の走流性は魚が目標物あるいは視覚的関係点を常に網膜に保とうとする結果の行動、言い替えれば体が水流に流されるために背景が動くことに対応する視覚的補償反応であるとした。彼の理論によれば、静水中では魚は視野内の視覚目標が移動するとき、目標像を網膜上に保つため魚は目標を追いかける運動を行い、流水中で視覚目標が静止している場合は魚は目標像を網膜上に保つため、流れに抗して泳ぎ水中の一定位置を保ちつづけるのであり、その説に従えば魚の視覚運動反応は魚の走流性の機構の一部と考えられる。

この点から田中⁷⁾は、視覚運動反応について「動物の自体の運動または周囲の運動により起こる網膜映像の移動に対して起こる各種の反応」と定義している。

PAVLOVによれば、視覚運動反応を起こす条件は魚の視界における移動目標の存在であり、その目標はどんな形状でもよく、例えば黒白縞模様のほか、網地、紙に画いた種々の図形、点光源、あるいは魚の模型でもよいとしている。また、移動目標の要素として重要なことは、目標の数ではなく、その大きさと移動速度であると言っ

ている。魚種については幼魚が特に視覚運動反応が優れており、これは群れ作りと関係があるとしている。また、上層性魚類に比べ底層性魚類はその反応の鈍いことも指摘している。

3. 視覚運動反応の研究

既に述べたように魚の視覚運動反応は魚種あるいは個体によって強弱の差はあるが、多くの魚類にみられる現象なので、生態、行動に関する各種の研究に利用されている。ここでは、視覚、走流性、回遊、遊泳速度、群れ作り、漁法、生態・行動の7項目に分けて述べる。生態・行動の項では視覚から漁法までの6項目のいずれにも該当しない問題を取り上げた。

1. 視覚の研究

ガラス水槽の外側に黒白縞模様を巡らし、それを等速度で移動させると水槽の中の魚は縞模様を追いかける反応を示す。この反応を利用し、黒白の縦縞の幅を組織的に変化させ、縞模様の色を変え、あるいは環境の明るさを変えるなどして各種の視覚に関する実験が行われている。田中⁷⁾はヒメダカを用い、縞模様幅を変化させた場合、単時間内における走流性出現時間はあるところに極大点があり、縞の幅をそれより大にしても小にしても反応が減少することを見いだした。丘⁸⁾もヒメダカにつきこの種の反応を利用して、ヒメダカの最小識時を測定している。INOUE⁹⁾は20尾のキンギョを用いて、円形水路に巡らした縞模様の幅を変化させ、最も多くの実験魚が反応を示すパターンを求め、黒と白の幅の比は1:3が最も良いことがわかった。ただこの実験では黒の幅は1.5, 3, 4 cmの3段階だけで、そのうち4 cmが最も良かったが、3 cmとの差はそれ程明瞭でなかった。小山¹⁰⁾は8.5~9.0 cmのアユに対し、黒と白の幅が同じで、縞幅8.2, 3.8, 1.9 cmの3段階について調べ、最も幅の広いときはやや反応率は少なかったが、いずれも70%以上の追従反応を示すことを見ている。

田村¹¹⁾はその著述で GRUNDFEST (1932) の sun-fish (*Lepomis*) の、また、GRONLY-DILLON and MUNTZ (1965) のキンギョに対する実験を引用している。彼らは光学的装置 (TAKAHASHI *et al.* の装置, Fig. 1 に類似) を用い、ガラス水槽の周囲に明暗の縞模様を回転させ、sun-fish の桿体視の感度は540 nmの光に対して高く、錐体視は612 nmの光に対して高いこと、また、キンギョでは錐体視は約615 nmの波長に最も感度が高いことを見ている。TAKAHASHI *et al.*¹²⁾は GRONLY-DILLON and MUNTZ の装置を改良した実験装置

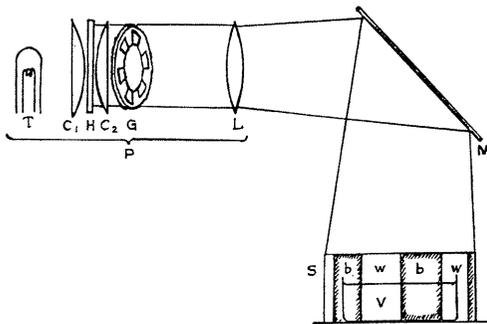


Fig. 1. Takahashi, Murachi and Karakawa's apparatus. (TAKAHASHI *et al.*, 1968)
 P; projector T; 750 W projection lamp
 C₁, C₂; condenser lenses
 H; heat filter
 L; projection lens (130 mm F 2.8)
 G; gear with 6 radiating holes and a black plastic plate
 M; mirror
 V; glass vessel
 S; cylindrical screen w; light stripes
 b; dark stripes

(Fig. 1) を用い、メダカの視覚運動反応を調べ、暗い中で飼育し暗順応状態になっているメダカは実験開始後数分経ってから視覚運動反応を呈するが、この反応の発現の遅れは実験装置に入れられた暗順応状態のメダカの網膜において、錐体楕円部及び色素層とが明順応状態への網膜運動を開始するのに要する時間と一致することを見ている。その際、視覚運動反応の発現を飼育条件から調べ、次の3点に要約している。1) 野生のメダカは少なくとも3~5回訓練して極めて明瞭な視覚運動反応を起こす、2) 十分に訓練したメダカでも、これをガラス容器内で飼育しておく、その視覚運動反応は極めて不規則となり、また、狭い容器内に飼育した場合には視覚運動反応は遅れて現われる、3) 更に実験装置内であらかじめ縞模様を見せておくと、メダカは縞の移動開始と同時にそれを追い始める。

視覚運動反応を利用して魚の cff (臨界融合頻度, critical fusion frequency) を求めることができる。これは黑白縞模様の回転速度を次第に上げてゆくと、魚の眼に黑白の縞が融合してしまい灰色に見える速度があるからである。田村¹¹⁾によると、WOLF and ZERRHAN-WOLF (1936) はこの方法により明るさを変えて実験し、十分明るければ cff は 50/sec とすることができることを見た。

PAVLOV⁵⁾ は魚の視覚運動反応の出現に最も必要な条

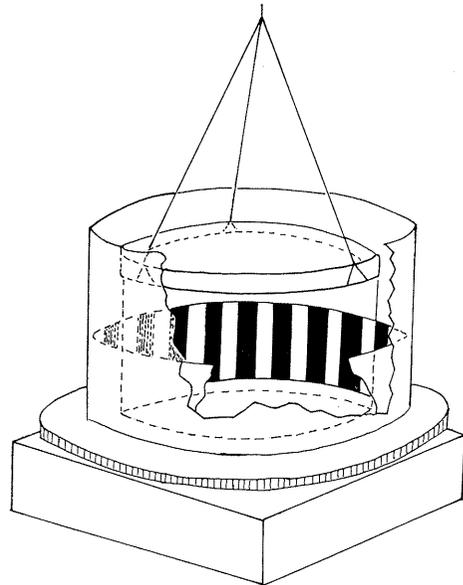


Fig. 2. Koyama's apparatus for ayu *Plecoglossus altivelis*. (KOYAMA *et al.*, 1965)

件として水温と明るさを挙げており、明るさの下限を $10^{-4} \sim 10^{-7}$ lux としており、これは魚の視覚の働く下限と大体一致している。

小山ら¹⁰⁾は黑白縞模様の回転運動背景 (Fig. 2) に対する仔・稚アユの行動を調べ、視覚に関して次のような結果を得た。1) 背景の明度差 1~2 に敏感に反応することから、環境の微弱な光変化をも感受するものと考えられる。2) 仔アユ、シラスアユでは赤青両色によく反応するが、赤の方にやや反応が高い。また、赤と青とを識別し得る。3) 稚アユは紫、赤味紫をほとんど感知せず、青味緑、黄緑にも反応が小さい。赤・橙・赤味黄にはよく反応する。この実験結果から、明度の小隔差に極めて敏感に反応することは、プランクトン摂餌時代のアユはその索餌が恐らく視覚に依存していることを示すものであるとし、また、稚アユ採捕網には紫、赤味紫などが有効であろうと述べている。

小山ら¹³⁾は同じ装置によって、仔アユを用い背景を白基調、黒基調にした場合について比較し、白基調 (明度 20) の場合は明度差 2 のような微弱な刺激にもよく反応するが、黒基調 (明度 10) の場合では明度差が 4 以上にならないと反応は顕著でないこと、すなわち、明がバックのときの方が、暗がバックのときよりもかすかな明度差を感受することを知った。このほか、この装置により色彩弁別能力の実験を行っている。

井上、近藤¹⁴⁾は Fig. 3 に見られるような円形水路に

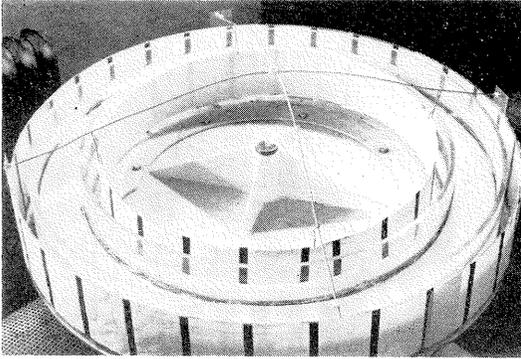


Fig. 3. Inoue's optomotor apparatus made from a trough and two screens which are moved by motors. (INOUE, 1967)

連続した魚形図形を巡らし、その図形の移動に反応するアブラハヤの行動から魚の魚形図形の向き弁別を確かめ、アブラハヤの形態視覚を調べた。動物の形態視覚の実験としては、学習実験法と、特定の刺激に対する生得的な反応を利用する方法とがあり、視覚運動反応の利用は後者の例である。その方法はアブラハヤは魚形図形の移動によく追従反応を行うことを確かめた上、もし実験魚が図形の向き弁別を行うなら、魚形図形が頭部を先にした前向き移動の場合は魚はよく追従反応し、尾部を先にした後向き移動の場合は魚は追従しないか、あるいはその反応は微弱になるものと仮定して、この仮定が成立するかどうかを調べたものである。実験に用いたアブラハヤの体長は 2.1~16 cm の範囲で、大型の魚 (15~16 cm) は図形の前後の向きをよく弁別し、中型の魚 (5~7 cm) は個体により差があり、小型の魚 (2.1~2.3 cm) は全く弁別を行わなかった。同様の実験をカタクチワシについても行ったが、カタクチワシ (10~12 cm) はほとんど魚形図形の向き弁別はせず、いずれの方向にも同数回転を行った。両魚種の差異については、自然環境中の生活における精密な視覚の必要性に基づくものと考察している。

2. 走流性の研究

LOEB は走流性 (rheotaxis) は一部は視覚によるものであり、一部は接触刺激によるものであろうとした。LYON¹⁾ は接触刺激が流れに定位する一つの要素であることを認めながら、ある一様な動きの流れの中での定位の主要な原因は視覚反応であるとしている。また、二つの水流がかなり相違する部分では、魚は固定した物体の視覚的認知や接触がなくても定位できるだろうと述べている。田中⁷⁾によると、LYON の研究の後、STEINMAN

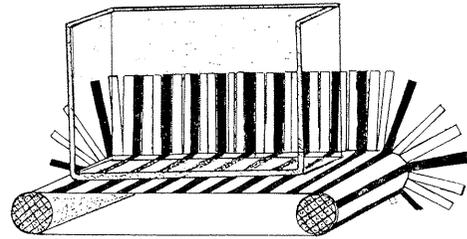


Fig. 4. Clausen's apparatus, showing the relation of the aquarium to the movable sides and bottom. (CLAUSEN, 1931)

(1914)は走流性が視覚を除去した場合でも起こることを証明した。また、HOFFER (1907) は魚の側線に注目し、水流が側線に作用する結果、ひれの運動を引き起こし、流れに対する見掛けの定位が成立することを示した。彼らの説は走流性が側線に対する流水圧によるものであるというのである。しかし、側線系を除去しても走流性反応は変化せず、側線は走流性に対し唯一の解発機構になっているものではないという DIJKGRAAF (1933) の意見も加えてある。

CLAUSEN²⁾ の実験は LYON の視覚運動反応を利用した走流性の実験を更に発展させたものである。その装置の特徴は Fig. 4 にみられるように、水槽底面と側面の両方に縞模様を移動させるしくみである。それは、魚の生息環境中で環境の一部が単独で動くことはまれであり、水槽においても水底も側面も動くようなくみにすべきであるという考えに基づいたものである。実験の結果は側面が単独で移動しても、底面が単独で移動しても反応は生じたが、側面の方がよい結果をもたらした。それは、ガラス底面は多少とも側面の模様を反射させ、側面模様と底面模様が同時に移動しているように見えるからである。小山ら¹⁰⁾は円形水槽に底面模様を用い仔・稚アユの視覚運動反応を調べているが、側面模様と比べて反応は小になり、逆走反応が増える傾向があり、また運動に一定の方向性は見いだせなかった。アユが側面模様によく反応することは視覚器の位置、視野の方向、範囲からいって当然のことであろうと述べている。しかし、底面模様にも反応は生じる。

CLAUSEN が実験に使用した魚類の生態学的特性を簡単に述べると、black-nosed dace (*Rhinichthys atronaso*, ウグイの類) は川の上流に住み、流れに抗して活発にのぼり、common shinner (*Natropis cornutus*, コイ科の魚) は流れの余り強くない川幅の広いところに住み、darter (*Boleosoma nigrum olmstedii*, パーチの類)

は湖の底層に住み, common sucker (*Gastostomus commersonii*) は流れの緩やかな場所に住み, その口の位置から底の餌を摂餌する性質があるとみなされる。fresh-water killifish (*Fundulus diaphinus*, メダカの種類) はどんな場所でも適応でき, sun-fish (*Eupomotis gibbosus*) は典型的な湖沼性の魚である。実験の結果, 湖底に住む darter 以外の魚は縞模様の移動に対し正の反応(移動方向に追従)で, common shinner はある状態では負の反応を起こすこともあった。また, 流水の魚である black-nosed dace, common shinner, common sucker は湖水の魚である killifish, sun-fish よりも強い反応を示した。これらの結果から視覚刺激に対する魚の反応速度と, 天然に魚が生活している水の速度との間には正比例の関係が存在することが想像できると述べている。このほか, common shinner の行動が理論通りでなかったことから, 視覚刺激に基づく移動の理論だけでは流れにさかのぼる魚の行動を全面的に説明できないと述べている。

3. 回遊の研究

LYON の走流性理論では海洋の魚の回遊現象は説明できないことを彼自身述べている。CLAUSEN も淡水魚が川をさかのぼる行動を視覚刺激からだけでは納得されないとしている。JONES³⁾ は Fig. 5 にみられる装置により, 淡水魚, 海産魚について視覚運動反応の実験を行い, その結果から回遊の理論を設定した。

実験魚はカワカマス (*Esox lucius*), トゲウオ (*Gaste-*

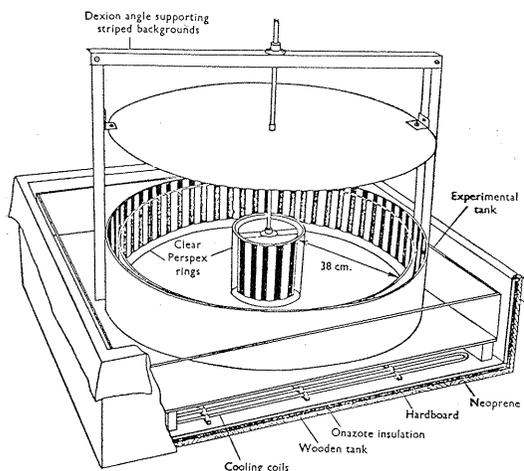


Fig. 5. Jones' apparatus used to observe the reactions of fish to a moving background. One side of the wooden bath is shown cut away. (JONES, 1963)

rosteus aculeatus), パーチ (*Perca fluviatilis*), マス (*Salmo trutta*), ローチ (*Rutilus rutilus*), ニシン (*Clupea harengus*), キウリウオ (*Osmerus eperlanus*), マダラ (*Gadus morhua*), whiting-pout (*G. luscus*, タラ科の魚), whiting (*G. merlangus?* タラ科の魚, 学名記載なし), armed bulhead (*Agonus cataphractus*, トクビレ科の魚), lesser weaver (*Trachinus vipera*, ミシマオコゼ属), Crystal goby (*Crystallogobius nilssonii*, ハゼ目の魚), ツノガレイ (*Pleuronectes platessa*), マコガレイ (*P. limanda*), ウシノシタ (*Solea vulgaris* QUENSEL), dogfish (*Scyllium canicula*, ネコザメ科の魚)であった。JONES は魚が視覚刺激に反応を起こす最小の閾値を水流に換算して求めた。カワカマスは水流に換算して 0.03 cm/sec の移動に追従した。カワカマスは淡水魚のなかで最もよく反応し, 次はトゲウオ, マス, ローチ, パーチの順であった。海産魚は二つのグループに分かれる。タラ, whiting-pout, キウリウオ, ニシンは水流換算 1~2 cm/sec の移動スクリーンに反応した。他の魚は水流換算 24 cm/sec までのスクリーンの移動には反応しなかった。タラ, whiting, whiting-pout は 1 B.L./sec (B.L. は Body length, cm) より遅い水流換算の移動スクリーンに対して向流しながら前進遊泳 (gaining ground) を行ったが, 1~2 B.L./sec より速い水流換算の移動スクリーンに対しては, 向流しながらもスクリーンに遅れて (losing ground) 泳いだ。ニシンは水流換算 3~4 B.L./sec の移動スクリーンに対して前進遊泳を示した。これらの結果は魚の回遊理論に関連させて論じられている。陸棚上では潮流は 1~2 ノット (50~100 cm/sec) 以上で流れ, 最低でも 5~10 cm/sec である。これは上記の魚が海中あるいは海底に固定した視覚関係点 (a fixed visual reference point) をもつなら潮流に対し魚は定位でき, 水流が遅ければ (魚種によって違うが, 一般的には 1 B.L./sec) 魚は前進し, 水流が速ければ向流しながら後退することを意味する。

JONES はその回遊理論を彼の著書 "Fish Migration"¹⁵⁾ のなかで詳細に述べており, 上記の例として pout-whiting を取り上げている。この魚 (15.5 cm B.L.) は水流換算 3~9 cm/sec の移動スクリーンに対し非常にゆっくりと 8~10 cm/sec で泳いでも, スクリーンより早く 1.5~1.6 倍の速度で泳ぐことになるが, これは 2~3 cm/sec の対地速度で約 1 ノット/日 である。この速度は疲労なしで長時間泳ぎ続けられる速度よりなお下回る速度であるから, かなり余裕のある速度と言える。

更に視覚関係点として, 魚群と海底およびレオクライ

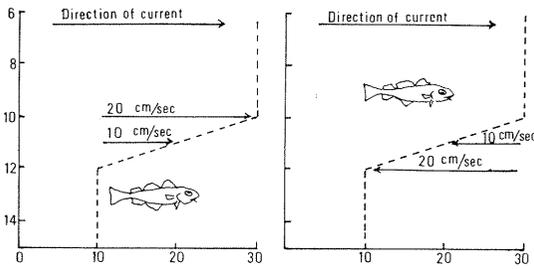


Fig. 6. Orientation at the rheocline. A fish lying below or above the rheocline could see particles moving with the relative velocities indicated alongside the arrows. (JONES, 1968)

ン (rheocline, 水流躍層) を挙げているが、特に注目すべきことはレオクラインの仮説であろう。流速の変化は水温あるいは塩分濃度の不連続面に生じるので、レオクラインは水温躍層に形成されると言う。Fig. 6はレオクラインより下方にいる魚がより速く流れる上層の動きを見上げ、レオクラインより上方にいる魚は遅い水の動きを見ていることを示している。もし、流れの中にプランクトンのような粒子があるならば、右図の魚は矢印の位置に示された相対速度で実際の流れと反方向に動いているように見える粒子を見下ろすことになるとしている。彼は魚が動物プランクトンのような微小な浮遊物を視覚目標として認めることの可能性を、BOULET (1958) の実験を引用して論じている。それは直径 4~7 mm より大きな球の目標が間隔 10 cm で 3.4 cm/sec の水流に流されて出現すると、パーチは始めて目標に反応した。しかし、直径 2 mm 球も動物プランクトンの一種である daphina の動きの特徴である、浮き沈み運動を繰り返した時には反応したので、動物プランクトンを視覚目標として認めることができると言う。

JONESは海産魚を中層、底層に分けた場合、底層の魚は視覚運動反応は鈍いとしたが、これは接触刺激は視覚運動反応を抑止するためであるとした。また、視覚運動反応を引き起こす条件について考察し、水温の影響を大きいとし、タラ、ニシンについて低水温の方が反応は大きいとしている。一方、視覚運動反応は条件づけることのできる刺激であり、条件づけられた魚は流れが同時に与えられても流れには反応しないを見た。興味があるのは、視覚運動反応を示さなかった2尾のニシンは、水流に対しても反応を示さなかったことである。これは視覚運動反応と走流性の関係を示唆していよう。

4. 遊泳速度の研究

魚の最高遊泳速度あるいは耐久速度の測定方法としてはいろいろあるが、代表的な方法を挙げると次のようなものがある。

- 1) 自然環境あるいは大型水槽の中で2定点を自然状態で泳ぐ魚の運動の時間的測定。
- 2) 水路あるいは水槽中に流れを起こし、固定目標を与え水流にさからって泳ぐ魚の運動の時間的測定。
- 3) 円形水路の外側に黒白縞模様などの視覚目標を回転させ、それに追従する魚の遊泳運動の時間的測定。
- 4) 魚に糸を取り付け、魚がダッシュする速度の測定。
- 5) 海中で魚を入れたケージを引っ張り、ケージの移動速度と魚の行動を関連させて測定。
- 6) 魚群の動きを水平式魚群探知機で測定。
- 7) 標識放流のデータ利用。

これらの内、2)と3)の方法が視覚運動反応の利用であるが、この方法では主に小型の魚が測定される。代表的な実験として BRETTE *et al.*¹⁶⁾ の研究がある。それはベニザケ、シロザケの稚魚、幼魚の耐久速度を水温との関連から調べたもので、最も長時間泳ぎ得る水温を見だしている。黒白縞模様は外側直径 1.02 m の透明な円形水路の外側および底面に巡らされ、水路の内側には外側の縞模様が反射するようになっており、実験魚の両眼に対して視覚刺激のバランスを保つ工夫をしている。視覚刺激と共に水路も回転し、水路の回転によって生じる水流も刺激として与えている。

井上の用いた装置 (Fig. 3) は BRETTE の装置と同じ機構である。これに黒の縞 1.5~3 cm 幅、白の縞 4.5~12 cm 幅の縞模様を用い、キンギョ、アブラハヤ、カタクチイワシ、ウグイ、メジナ、オヤビッチャ、バラタナゴなどについて実験を行い、この内2,3の魚種について遊泳速度を測定した。測定の最初⁹⁾はキンギョに対してであったが、キンギョは元来、視覚運動反応は悪い魚とされている⁷⁾が、本実験では体長 5 cm のキンギョで 20 尾中最高17尾が強い反応を示したので、この装置は十分遊泳速度の測定に使用できることが分かった。

INOUE and MIYASAKA¹⁷⁾ はカタクチイワシ (体長 10 cm) について耐久速度と最大遊泳速度を測定し、耐久速度については縞模様の回転速度 10~45 cm/sec の範囲では縞模様速度に反比例して、耐久遊泳時間は長くなり、15 cm/sec で 2 時間以上はほぼ同速度で泳ぎ続けた。最大遊泳速度は 100 cm/sec を得たが、これは BAINBRIDGE¹⁸⁾ の研究と一致する。BAINBRIDGE によると、紡錘形の魚の最大遊泳速度は 10 B.L./sec、耐久速度はサケ類については 3~4 B.L./sec、それ以外の紡錘形の魚は 2~3 B.L./sec であると言う。

小山ら¹⁹⁾は周囲 1 m の円形水槽の外側に黒白縞模様を巡らした装置の中にシラスアユ 1 尾を入れ、連続遊泳力を測定した。実験魚は採捕直後、11日間蓄養、19日間蓄養の 3 種のアユで、最大遊泳距離は20分間に 170 m であるが、普通は 15~30 m で、体長に比例して長くなる。遊泳速度は 2.3~3.4 cm 体長のアユは 13 cm/sec、3.8~5.8 cm のアユは 17 cm/sec であり、また、蓄養が長くなると遊泳力が衰える傾向が認められた。

5. 群れ作りの研究

SHAW²⁰⁾は魚の群れ作りにおいて個体間に平行方向性 (parallel orientation) と相互誘引性 (mutual orientation) の 2 種の機構が作用していることを指摘し、平行方向性は移動する環境に魚が視覚目標を定めた結果生ずる視覚運動反応のような反射や走性が大部分を占め、相互誘引性は魚の種の弁別力、個体相互の信号の選択能力、探究行動などに基づいているとしている。このうち前者の平行方向性については、次の視覚運動反応の実験結果を関連づけている。

SHAW and TUCKER²¹⁾は Fig. 7 のような装置を用いて視覚運動反応の実験を行った。用いた魚は bar jack (*Caranx ruber*, カイワリ属) と bigeye scad (*Selar crumenophthalmus*, メアジ) である。視覚スクリーン回転数と魚の回転数の間には直接の関係があり、スクリーンの回転数の増減により魚の回転数も増減し、また魚の回転方向は明らかにスクリーンの回転方向と一致する。彼らは群れをその中の魚にとって移動視野 (moving field) とみなし、実験結果と魚群形成機構における視覚運動反応の役割との関係を次の点に要約して述べている。

- 1) 魚は移動視野と同じ方向に動き、それと平行する。
- 2) 移動視野の速度が変化するとき、魚の速度も変わる。
- 3) 魚はその位置を視野と関連させて変える*。更に、視覚運動反応の解発に視覚刺激のコントラストが強調されていることから、群れを作る各個体は連続した一連のコントラストを他の魚に与え、そのコントラストは群れが移動しているときに強められること、そして、魚は側方視に遠視であることから、魚の眼はわずかな動きとそれに付随するコントラストに反応するのに適していると述べている。

SHAW and SACHS²²⁾はまた *Menidia menidia* の稚

* 著者注: 魚はスクリーンの移動とは必ずしも同調せず、スクリーンよりも早くあるいは遅く泳ぐことがあり、そのことは群れの中では各個体の固有の位置は常に確定しているものではないことを説明していると思われる。

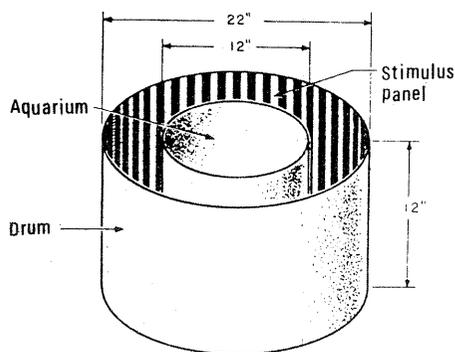


Fig. 7. Shaw's optomotor apparatus. (SHAW, 1965)

魚 (体長 5~13.9 mm) を用いて、視覚運動反応は体長 5 mm の稚魚にも現われることを認め、群れ形成における視覚運動反応の役割が稚魚の時代から作用することを調べた。ROCK *et al.*²³⁾によると、生れたばかりのグッピー (*Poecilia reticulata*) にも同じ反応が記録されている。

SHAW²⁰⁾は更にテラピヤ、サバフグ、イカナゴなどについて同じテストを行った。イカナゴはしばしば死んだように水槽の底で虚脱状態になった。サバフグの成魚は群れを作らないが、幼魚は典型的な視覚運動反応を示した。テラピヤは装置の中で上下運動を行い、縞模様の移動にあまり追従しなかったし、反応の良し悪しは個体によって極めてまちまちであった。個体による反応の変動性については、実験魚が装置に入れられたことによって起こる恐怖とストレスに起因し、無反応の魚もトランキライザーで処置された後はスムーズな反応を示したと述べている。なお、個体差の問題については JONES³⁾は十分に納得ゆくように説明することは困難だとしながらも、ホルモンの支配を受ける可能性を指摘している。

SHAWはその共同研究者と共に視覚運動反応に関する幾つかの実験の結果、群れ作りは二重の組織段階、すなわち視覚運動反応のような低次の反射走性機構と、相互接近をもたらす高次の神経活動から成るものとした。

魚が群れの中間の移動に対して視覚運動反応を起こして、その移動に追従する相互関係の結果、群れの統制は強固になり、同時に群れ全体の活動性が高まることが予測される。井上、笹倉²⁴⁾はカタクチイワシ 5 尾の群れが円形水路内で最も良くまとまるのは、流れの刺激に対して向流行動をとる場合であることを観察した。その場合、前進遊泳のための視覚目標となるのは仲間同志であり、前進を続ける仲間の像を絶えず網膜に留めようとす

る視覚運動反応が群れを強固にする要素の一つであり、同時に遊泳によって生ずる遊泳音、渦、水の振動も影響していることを推察した。

井上 (1970, 未発表) はメジナを用いた円形水路内の実験では、水路に実験魚 1 尾を入れた場合、10 回の測定ではいずれの魚も左回転する黑白縞模様には追従せず、右・左方向に極めてランダムな回転をした。水路に 2 尾入れた場合は縞模様の回転によく追従し、ほぼ縞模様と同数の回転を示した。メジナは磯魚で走流性は発達していないであろうが、群れ行動は顕著である。従って、2 尾のメジナは接近し合い活動性が高まることは考えられるとしても、それが視覚運動反応を強める原因となるかどうか明らかでない。むしろ、SHAW の言うように 2 尾にしたことによるストレスの解消も考えられる。

アブラハヤを用いた有元、井上、(1974, 未発表) の円形水路の実験では次の結果を得た。水路に実験魚 1 尾を入れた場合、視覚スクリーンの回転数は 5 分間で 41 回転であるのに対し、魚の追従遊泳回転数は 10 回の測定で、16~48 回 ($\sigma=10.3$)、平均 38 回転であった。魚を 2 尾入れると、追従回転数は 42~52 回 ($\sigma=3.7$)、平均 48 回転、4 尾では 42~54 回 ($\sigma=4.5$)、平均 49 回転と増加し、実験魚 2 尾以上では視覚スクリーンの回転数を上回った値となっている。8 尾では各個体は広がり観察が困難になるので、1 回だけ測定を行ったが 52 回転であった。

2 尾以上では実験魚はおおむね並列あるいは縦列の一団となって遊泳し、各個体の行動は群れとしてのまとまりをもったものとなった。しかし、遊泳している一団の中で各個体の位置は絶えず入れ替わり、2 尾の場合についていえば、先行魚と後続魚は頻繁に入れ替わり、しかもまとまった状態を維持しながら水路内を回転遊泳を続けた。その他、視覚スクリーンを固定し水流を起こした場合と、視覚スクリーンを移動させ、同時に水流を起こした場合についても実験を行い、いずれについても 1 尾の場合より 2 尾以上での活動性上昇の現象が認められた。この現象について 2 尾の場合について考えると、後続魚は前方を遊泳している先頭魚を移動している視覚目標として捕え、かつ、先頭魚の遊泳によって起こされる水力学的な刺激も感受し、後続魚は先頭魚に誘引されて接近し平行に並んだ後、追い越して前後の位置を交替する結果となり、その位置交替の際の後続魚のダッシュが 2 尾の場合の活動性上昇の機構と考えられる。そして、個体数の増加と共に交替の頻度は高まり活動性も高くなるのであろうと推察した。

木下²⁵⁾はゴンズイの視覚運動反応を利用して、運動視

における目標の大きさや形の選択性を調べ、群の形成における視覚の役割を追究している。移動模様は同形同大の黒色矩形の繰り返しから成る市松模様または縞模様である。この単位矩形の縦または横のどちらか一方が相違している二つの移動目標を水槽の左右に与え、これらを同方向、同速度で移動させ、ゴンズイに左右いずれかの模様を選択させる。その結果、黑白模様を水平方向に動かした場合には、ゴンズイが最もよく選ぶ単位矩形の横幅は 1.5~3.0 cm、高さは 0.5~1.0 cm であり、対象を鉛直方向に動かした場合の同様の値は横幅 1.9~2.8 cm 高さ 0.5~1.0 cm である。すなわち、ゴンズイが運動視によって最も多く選ぶ対象の形は、動く方向のいかにかわらず、かなり横長なものである。なお、これらの試行実験に使用したゴンズイは体長 5.4~7.0 cm、体高 0.7~0.9 cm のもので、上記の最適横長矩形に比べ高さに関してはほぼ同様と言えるが、水平方向の長さに関してはやや大きいことを見いだした。そして、ゴンズイには自分と形や大きさの似通った動く対象物に接近し、追従同行して自己の視覚像を固定しようとする顕著な性質があり、これが群れの成立維持に重要な意義をもつことが推測されると述べている。

6. 漁法の研究

最近、網漁具に対する魚の行動を視覚運動反応の面から解析したり、漁獲手段に視覚運動反応を応用する試みが行われている。

PAVLOV²⁶⁾によると、視覚運動反応を利用して魚の動きをコントロールし、それにより漁具・漁法の改良を企てたのは PROTASOV and ALTUKOV (1961) だと言われる。彼らは視覚運動反応の漁業への応用のため、水槽実験と河川と海での野外実験を行った。水槽実験用の装置は長方形の水槽の周囲に沿って、4 本の回転垂直軸によって動く黑白縞模様 (黒の幅 2.5 cm、白の幅 4 cm) スクリーン、および同じ水槽の中央に置かれた 2 本の垂直軸の回転によって動くスクリーンである。*Abramis bream* (欧州産コイ科、20~28 mm) と *Alburnus alburnus* (欧州産コイ科、15~25 mm) の幼魚はスクリーンによく追従したが、回転スクリーンの一端に達した時に追従は終った。黑白縞模様の代りに長さ 1.5 m のスクリーンに 92 個の小型ランプをつけ、それを交互に点滅するようにした時、*Leuciscus leuciscus* (ウグイ亜科、20~30 mm)、*Perca fluviatilis* (パーチ属、28~30 mm) は見掛けの移動光に反応した。

野外実験では 8~10 mm の網目を有する網地 (200×27 cm) をスクリーンとし、浮子として木片を上端に、

沈子として金属棒を下端につけ、これをロープあるいは手で動かした。Oka川で26回、Volga川で5回、15~30 mmの淡水魚を対象に実験を行った。スクリーンの移動に反応してスクリーンに沿った魚は数十尾から数千尾に及んだが、平均は数百尾であった。その行動については次のように記述されている。まず、魚の間で恐怖反応が起こりスクリーンから遠ざかるが、続いて数尾がもどってきてスクリーンに追従する。スクリーンに追従している魚群に他の魚群が接近すると、この接近魚群の一部あるいはすべてが最初の魚群に加わり、追従し始める。そして、スクリーンに追従する魚群の幅は1.5 mに達する。川の透明度は35 cmであるから魚群は恐らくスクリーンを見て追従したのではなく、仲間の動きに追従したのであろう。スクリーンが下流方向に移動中、水中に固定目標がある場合は魚はその位置で逆転し向流姿勢をとった。

海中での実験に使われたスクリーンは270×100 cmの大きさである。*Atherina mochon pontica* EICHW(トウゴロウイワシ科、10~30 cm)に対する実験では魚はスクリーンから10~60 m離れた位置で反応した。追従した魚の数は数尾から数百尾に及ぶが、多くは数十尾であった。固定目標は反応に悪い影響を与え、また、網地スクリーンの移動速度が緩やかなときは、魚はスクリーンの網目を通過して逃げるがあった。

PAVLOVはこのような実験結果から、seine net や otter trawl などの運用漁具の袖網の移動に追従する魚の行動を視覚運動反応の結果であると分析した。そして、もし、これらの漁具と背景(海水)との視覚的コントラストが微弱であれば、魚は視覚目標は得られず漁具の進行より遅れるため網の中に入り漁獲されると説明し、また、オッターボードと海底との接触により生ずる海中の濁りは上述のコントラストを弱める効果をもたらすと述べている。実際の漁獲方法としては、定置網の垣網状の構造物をベルトコンベヤー式に水中で移動させ、魚の移動方向をコントロールするアイデアについて述べている。また、ソビエトの学者の視覚運動反応実験の結果から、比較的反応の鈍いとみなされる底層魚を含めて53種の淡水、海産魚がサメの幼魚(50 mm以下)を除いて大なり小なり反応を示したことから、魚類の視覚運動反応が漁法の解析あるいは漁法として利用される範囲は広いと述べている。

PARRISH²⁶⁾は大型水槽による実験で、トロールの袖網に対するニシンの行動には視覚運動反応の要素が含まれていることを述べている。魚は網の前面で反転し、その

まま前進している視覚目標(例えば、網目、グランドロープ、浮子など)と同速度で泳ぐことを認め、その際、水中照度は0.5 lux以下になると視覚運動反応は消失することを述べている。また、オッターボードの視覚効果についても調べている。白色のボード模型と透明なボード模型を日中と夜間、いろいろな速度で動かし、日中は魚は白色ボードに対し透明ボードより高い追従性を示すが、夜間は両者に対する追従性は弱まり、差はなくなったことから、魚はオッターボードの移動にも視覚運動反応を起こすことが考えられると言っている。

井上、近藤²⁷⁾は円形水路の中にアブラハヤを入れ、視覚刺激として実際の網地やロープ、更に網目模様、ロープ模様、魚形模様を用い、黒白縞模様を対照として視覚運動反応を比較した。その結果、網地、網目模様、魚形模様に対しては縞模様と同じ程度に反応し、ロープおよびロープ模様に対しては、それよりやや弱いが明白な視覚運動反応を示した。ロープ模様を黒く塗りつぶした一本の黒い横線に対しては反応は極端に悪くなったが、これはロープ模様に対する反応はロープの撚りを現わす斜線によって起こされているからである。カタクチイワシについても網目模様に対する反応を調べたが、縞模様の反応と変らなかったため、海洋の上層魚も網漁具の移動に視覚運動反応を起こすことが考えられる。

この実験において、縞模様と水流を同時に与え、水流方向と縞模様の移動方向を同じにして、魚はいずれの刺激に強く反応するかを調べた。その結果、魚は視覚刺激の影響を強く受け、水流方向に回頭するには縞模様の移動速度を上回る相当強い流速がなければならないことが分かった。この結果を漁法の視点からみれば、移動する物体(例えば、引網の袖網部分)と共に泳いでいる魚は、水流の刺激に反応するためには、かなりの流速を必要とするので視覚刺激は十分効果があると言える。魚が水流に向流する限界は、視覚刺激の強さ(模様のパターン+移動速度)と流速との相対的關係で決まるものと思われる。

井上、セダナ²⁸⁾はFig. 8に見られるような黒ビニールテープを視覚刺激とした円形スクリーンを作り、これを白色の水槽に入れ魚に円運動を起こさせる実験を行った。円形スクリーンを回転するとアブラハヤ、ウグイはその中に入り込み、極めてよく円運動することを認めた。ウグイ100尾の群れに対し、連続3時間スクリーンを回転しても、ウグイの群れは1分間12回転の統一のとれた行動を保ちながらスクリーン内部で円運動するのを認めた。カタクチイワシに対しても同様な装置によって円運

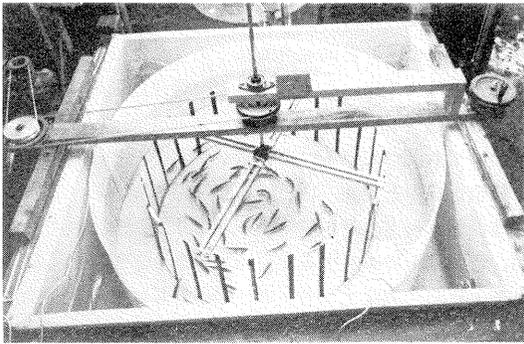


Fig. 8. Inoue's apparatus to induce the optomotor reaction of fish. (INOUE *et al.*, 1975)

動を起こさせる試みを行った(井上, 1974, 未発表)が、ほぼ期待通りの結果を得た。この装置と方法はカツオ釣りの餌となるカタクチイワシなどの小魚を船内のイケスのような狭い空間に閉じ込め、魚に損傷を与えることなく長時間活かしておくことが要求される場合に利用されよう。

魚の視覚運動反応は引縄漁法にも利用できそうである。井上(1975, 未発表)はウグイの視覚運動反応は両眼に相称の刺激を受け留めるか、あるいは両眼の視野を等しくした場合に強く発現することを確かめた上、その反応を利用して左右5cm間隔で一对とした2枚の長方形板(長さ10cm, 高さ2cm, 幅0.5cm)を白色水槽の中で15~30cm/secの等速度で回転し、ウグイの追従行動を調べた。ウグイは回転する一对の目標板によく追従したが、目標板が1個の場合はほとんど追従しなかった。このことから、両眼に相称の刺激を与える目標板の視覚運動反応効果は高く、工夫によっては引縄漁法にも応用できそうである。

井上(1974, 未発表)はFig. 8の装置を海中において集魚装置として利用することを考えた。スクリーンは針金製の円柱(直径1.5m, 高さ0.8m)に幅2cmの木材のストライブを間隔10cmで配列したもので、ストライブには黒白の塗料を上下に10cm間隔で交互に塗ってある。これを海水水槽(4×5×1.2m)に入れ、実験魚としてウマズラハギ(体長20~23cm)を10尾用いた。日中、スクリーンを手動回転すると10尾の魚はスクリーンに接近して来て、直ちに視覚運動反応を起こして1尾ずつ整然と縦列状態でスクリーンに沿って回転する。スクリーンは10分間に約50回転するが、魚の方は約10回転であった。時にはスクリーンから離れる魚も見られたが、これはスクリーン回転によって生ずる水流の影響と思われる。

ウマズラハギは昼行性魚類で夜間は水槽の底に静止している。スクリーン中央を集魚燈で照明すると、点燈後約3分ぐらいでスクリーン内部に10尾はすべて集約する。その状態においてスクリーンを回転すると、魚はスクリーン内部で日中よりもゆっくりと回転する。これらの結果から、この視覚スクリーンと集魚燈を併用することにより、人工魚礁のような網漁具を使えない漁場で集魚装置として利用できる可能性は高いと言える。

7. 生態・行動の研究

マイワシ、カタクチイワシのイケス内の旋回方向はSUEHIRO²⁹⁾によって右回りが左回りよりはるかに多いことが調査されている。SUEHIROはこの原因について、イワシの右側の筋の運動能力が概して左側のそれに勝っているからであろうと考察している。

INOUE and MIYASAKA¹⁷⁾はイケス内で8~10日間飼育され、その中で右回り、左回りに回転していたカタクチイワシをFig. 3の水路に入れ、縞模様を左右方向に回転させ、それに追従する行動を調べたところ、イケス内で右回りしていたイワシは水路で右回りの縞模様によく反応し、左回りの縞模様にはほとんど反応せず、一方、イケス内で左回転していた魚はその反対であった。従って、イワシはイケス内で条件づけられていた方向によく回転することが分かった。それに対する間接的証明であるが、長方形の水槽で直線運動を繰り返しているアブラハヤは左右いずれの方向にも同数の回転を示した。この結果は、SUEHIROの考察と必ずしも一致しない。

魚の視覚運動反応と水温との関係は密接であり、一般に低水温の方が視覚運動反応は強いと言われる。この反応と水温が直接的関係にある場合と、水温の変化に伴う魚の生理・生態的变化が直接影響している場合がある。INOUE⁹⁾は水温と視覚運動反応との関係をキングョで調べ、2週間17~23°Cの水温に順化させた場合、低水温の方が反応を生じやすいことを実験している。

井上がFig. 8の装置を用いて行った実験(1975, 未発表)では、ウグイを水槽内で越冬させた場合、冬期の実験(水温12~14°C)では視覚運動反応は極めて良好なこと、春期の実験(水温18~20°C)ではその反応は鈍化する一方、水流に対して鋭敏に反応すること、また、夏期の実験(水温25~28°C)では再び良好な視覚運動反応がみられることが確かめられた。この視覚運動反応の季節的变化に関して、次のようにウグイの生態変化と関連づけた。自然環境において冬期静止状態を保っていたウグイは、生殖腺が発達し婚姻色を呈する春になると産卵前行動として活発な走流行動をとり、そして、夏期

には再び活動の沈静化により水流よりも視覚刺激に強く反応することになる。このような生態変化が水槽中の魚にも発現されたためと解釈した。

魚の視覚運動反応は光の移動に対しても発現されることを PAVLOV⁵⁾ も認めている。INOUE and MIYASAKA¹⁷⁾ は光に対する魚の反応度と縞模様に対する反応度とに相関関係があるかどうかを調べた。カタクチイワシは Fig. 3 の水路上を回転する小型電球と黒白縞模様への反応に多少の相関は認められるものの、静止した電球に長時間滞留する魚は必ずしも縞模様の移動によく追従するとは言えないことを知った。

井上はまた同様の実験をバラタナゴを用いて行った(1970, 未発表)。元来、バラタナゴは走光性のない魚であるから静止光源に集まらないのは当然であるが、移動光に対しては追従行動を示した。従って、魚は走光性がなくても移動光に対しては追従反応を示すことがあり、それは視覚運動反応によるものと考えられる。

魚の視覚運動反応は位置反応に属する走性運動であることは明瞭であるが、この走性機構として保目標性、対刺激性ないし刺激相称性の3種類が挙げられる。このうち、前者の二つは片眼に刺激を受けても現われる走性であるが、刺激相称性は両眼に同質、同量の刺激を受ける必要がある。片眼に刺激を受けた場合と両眼に受けた場合、いずれに強く反応を示すかを調べた結果、両眼に同質、同量の刺激を受けた場合、あるいは両眼の視野を等しくした場合の方がより良好な反応を示すことを見た(井上, 1975, 未発表)。

小山ら¹³⁾は仔・稚アユの視覚運動反応を調べた結果、生育段階のアユは黒白縞模様の背景移動に対して極めて強い同走反応を示した。このことは群れ成因の一つであるから、仔アユはかなり成群性が強いものと認められるが、それは自由に遊泳できる停水かごく緩流のところであって、降海時の泳力限界を越えるような流速中では流れの作用の方が大きく、群れは作りえないと考察している。また、成育が進むにつれ逆走反応の個体が増加する傾向があるが、これは視覚に基づく成群性は稚魚までの時代に極めて強く、そ上期の稚魚に至ると次第に消失してゆき、代りに走流性が高まってくることを意味しており、海中のアユが群れを作って遊泳し、稚アユは小さい群れとなってそ上することは背景反応の見地からもうかがい知ることができると述べている。

文 献

- 1) LYON, E. P. (1904): On rheotropism. 1. Rheotropism in fishes. *Amer. J. Physiol.*, **12**, 149-161.
- 2) CLAUSEN, R. G. (1931): Orientation in fresh water fishes. *Ecology*, **12**, 541-546.
- 3) JONES, F. R. H. (1963): The reaction of fish to moving background. *J. Exp. Biol.*, **40**, 437-447.
- 4) SHAW, E. (1965): The optomotor response and the schooling of fish. *Spec. Publ. int. Commn. NW. Atlant. Fish.*, **6**, 753-755.
- 5) PAVLOV, D. S. (1967): The optomotor reaction of fish. *FAO Fish. Reports*, **62**(3).
- 6) 本城市次郎 (1963): 動物の感覚. 岩波書店, 東京.
- 7) 田中良久 (1956): 動物心理学. 共立出版, 東京.
- 8) 丘 直通 (1935): 動物の最小識時について. *科学*, **5**(2), 82-85.
- 9) INOUE, M. (1967): Observation on the swimming speed of fish in an annular trough—I. Effect of visual screen on goldfish. *La mer*, **5**(4), 237-243.
- 10) 小山長雄, 丹羽基治, 近藤芳雄 (1965): アユの行動と環境 III. 仔・稚アユの背景反応. 木曾三川河口資源調査報告, 第2号, 91-118.
- 11) 田村 保 (1970): 魚類生理学. (川本信之編), 445-448, 恒星社厚生閣, 東京.
- 12) TAKAHASHI, M., S. MURACHI and Y. KARAKAWA (1968): Studies on the optomotor reaction of fish. I. Examination of the conditions necessary to induce the reaction of the Japanese Killifish, *Oryzias latipes* TEMMINCK et SCHLEGEL. *J. Fac. Fish. Anim. Husb. Hiroshima Univ.*, **7**, 193-207.
- 13) 小山長雄, 近藤芳雄, 大塚亜善 (1967): 背景反応からみた仔アユの視覚. 木曾三川河口資源調査報告, 第3号, 57-68.
- 14) 井上 実, 近藤友義 (1972): 魚の視覚運動反応と漁法 I. 刺激模様と魚の反応. *東水大研究報告*, **58**(1-2), 9-16.
- 15) JONES, F. R. H. (1968): *Fish Migration*. Edward Arnold Ltd. London.
- 16) BRETT, J. R., M. HOLLANDS and D. F. ALDERDICE (1958): The effect of temperature on the cruising speed of young sockeye and coho salmon. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, **15**(4), 587-605.
- 17) INOUE, M. and K. MIYASAKA (1968): Observation on the swimming speed of fish in an annular trough, II. Swimming performance of anchovy by its rounding direction. *La mer*, **6**(4), 233-242.
- 18) BAINBRIDGE, R. (1958): The speed of swimming of fish as related to size and to the frequency and amplitude of the tail beat. *J. Exp. Biol.*, **35**, 109-133.
- 19) 小山長雄, 近藤芳雄, 北川幹夫 (1967): シラスアユの背景反応. 木曾三川河口資源調査報告, 第4号, 129-144.
- 20) SHAW, E. (1967): Some new thoughts on the schooling of fishes. *FAO Fish. Reports*, **62**(2), 217-232.

- 21) SHAW, E. and A. TUCKER (1965): The optomotor reaction of schooling carangid fishes. *Anim. Behav.*, **13**, 330-336.
- 22) SHAW, E. and B. SACHS (1967): Development of the optomotor response in the schooling fish, *Menidia menidia*. *J. Comparative and Physiological Psychology*, **63**(3), 385-388.
- 23) ROCK, I., E.S. TAUBER and D.P. HELLER (1965): Perception of stroboscopic movement: Evidence for its innate basis. *Science*, **147**, 1050-1052.
- 24) 井上 実, 笹倉邦夫 (1973): カタクチイワシの灯下におけるむれ形成について. *うみ*, **11**(1), 45-54.
- 25) 木下治雄 (1975): 運動と行動. 岩波講座現代生物学 9, (岡島 昭・丸山工作編), 138-142, 岩波書店, 東京.
- 26) PARRISH, B.B. (1967): A review of some experimental studies of fish reactions to stationary and moving objects of relevance to fish capture processes. *FAO Fish. Reports*, **62**(3), 233-245.
- 27) 井上 実, 近藤友義 (1973): 移動する魚形図形に対するアブラハヤ, カタクチイワシの形態視覚. 東水大研究報告, **59**(2), 55-67.
- 28) 井上 実, I.P. セダナ (1975): 魚の視覚運動反応と漁法 II. 水槽中の魚群に円運動を起させる試み. 東水大研究報告, **62**(1-2), 1-10.
- 29) SUEHIRO, Y. (1936): Manner of swimming peculiar to sardines. *Acta Zoocology*, **1**(1), 21-25.

資 料

日本海洋学・水産学・海洋開発交流訪中団報告*

佐々木 忠 義**

Japan Oceanography, Fisheries, Ocean Development Exchange Visit to China Group

Tadayoshi SASAKI

| 目 | 次 |
|---------------|---------------------------|
| はじめに | 7. 湖北省水生生物研究所 |
| 訪中を終えて | 8. 武漢長江大鉄橋 |
| 訪中団の構成 | 9. 武漢鋼鉄公司 |
| 日 程 | 10. 武漢淡水漁業生産大隊 |
| 訪 問 先 | 11. 上海海洋漁業公司 |
| 1. 北京石油化工総工場 | 12. 上海工業展覧会 |
| 2. 中国科学院海洋研究所 | 13. 青浦県淡水養殖場 |
| 3. 山東海洋学院 | 14. 上海水産研究所 |
| 4. 大 連 港 | 15. 海洋調査船「実践」 |
| 5. 旅大水産公司 | 16. 上海市天山労働者団地 |
| 6. 大 港 油 田 | 英文要約 (Summary in English) |

はじめに

この度、弊事務局においては、中国海洋学会（代理理事長刘志平氏）の招請に応じて、さる11月4日(月)から11月22日(金)までの19日間、東京水産大学学長 佐々木忠義団長以下14名の団員で構成した、「日本海洋学・水産学・海洋開発交流訪中団」を中国に派遣いたしました。

この交流訪中団は、北京、青島、旅大、天津、武漢並びに上海等の諸都市を訪れ、海洋学・水産学並びに海洋開発関連分野の研究所、施設等を見学するとともに、これらの分野の専門家や関係者と終始友好的な意見交換、交流を行いました。また、各訪問地において当訪中団の団員は、それぞれ中国関係者に対し、各々の専門分野につき延べ14回にわたり講演を行い、中国側より極めて高

い評価を受けました。

なお、同訪中団は中国海洋学会に対し、昭和47年10月東京・大手町・経団連会館で開かれた第2回国際海洋開発会議・展示会（組織委員長衆議院議員田川誠一氏）に、日中国交正常後初の中国代表団として夏撲団長以下中国海洋学会会員9名に参加頂いたお礼を申しあげるとともに、来る昭和50年8月5日～8日の4日間、東京・大手町・経団連会館で開催される第3回国際海洋開発会議に再度中国の関係者の方々に積極的に参加してもらうよう依頼をいたしました。

我が国から派遣されたこの種の訪中団ははじめてでありましたが、今後の日中両国の関連分野における相互の発展と両国の友好関係をますます促進するための一助となったものと確信いたしております。

つきましては、この訪中団の成果を団員各位の御協力を得て、報告書として取りまとめることができましたので、ここに関係者各位の御高覧に供する次第であります。

* 1975年3月3日受理

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

この報告書が各位にとって何らかの御参考になるならば幸いこれにすぎものはありません。

終りに、当訪中団派遣につきまして、衆議院議員田川誠一氏(第3回国際海洋開発会議名誉組織委員長)、日中文化交流協会(理事長中島健蔵氏)並びに中日友好協会(会長廖承志氏)の積極的な御支援と御協力を得たことに対し心から厚くお礼を申しあげます。

日本海洋学・水産学・海洋開発交流訪中団秘書長
十 時 昌
(国際海洋開発会議・展示会事務局事務総長)

訪中を終えて

中国海洋学・水産学・海洋開発交流訪中団は、1974年11月4日から22日までの日程を無事に終了しました。

訪中団の主な目的は、中国各地の海洋学・水産学関係の大学、研究所、関連施設などを訪問してその実情を見学し、中国側の専門家や関係者と研究上の諸問題、海洋開発分野などにおける今後の相互の協力のあり方について意見の交流をすることでありました。

もちろん、去る47年10月東京で開催した第2回国際海洋開発会議・展示会(組織委員長衆議院議員田川誠一先生)に、中国代表団として夏捷団長以下中国海洋学会員9名がオブザーバーとして初参加されたことへの答礼も兼ねたものであります。

無事に訪中を終えて、ここに一行の行程を記して皆さんの御参考に供し、私自身の記録にしたいと思います。なお、詳細な行程については後に記されている日程一覧を御覧頂きたいと思ひます。

11月4日、一行14名は羽田空港を出発、同日夕刻北京に到着しました。空港に、中国海洋学会代理理事長刘志平先生、常務理事の汪徳昭先生、曹玉峰先生らの出迎えを受けました。訪中団一行の中国における行程の初日は、こうして始まったのであります。

中国側の友情に満ちた日程に従い、5日は北京石油化工総工場を見学し、故宮を参観しました。翌6日は、万里長城、十三陵、天壇公園などを参観することができました。同日23時15分発の汽車で青島に向けて北京を出発、7日14時30分青島に着きました。

青島では、中国科学院海洋研究所、山東海洋学院(理工科系海洋大学)、学院所属の海洋調査船「東方紅」(2,500トン)を見学しました。9日は西脇昌治、平野礼次郎、石渡直典の諸先生が中国の関係者に対して講演されました。青島水族館、青島海産物標本館を見学、海洋人口増加への努力をみる事ができました。なお、青島貝彫

工芸品工場並びに青島ビール工場も参観する機会を与えられました。22時15分、印象深い青島を発って北京へ。10日14時30分北京着、その夜は北京労働者体育館で「雑技：サーカス」を観賞、その妙技に酔いました。11日12時45分北京発、飛行機で旅大市へ。12日、交通部大連港務管理局を訪問、不凍港でスケールの大きい大連港や自力更生で大きな生産を誇る旅大市水産公司を見学、旅大市地下商店を参観しました。15時5分、旅大市を後に汽車で天津へ。13日8時11分天津に着くや直ちに大港油田を見学。1964年、泥水に舟を浮かべ土法(国産技術)による探査を始め、今日の大規模油田への発展の経緯を知ることができました。20時45分汽車で天津発、22時45分北京に着きました。14日は松石秀之、山本守之の両先生、そして筆者が中国関係者に対して講演。夜、一行は中日友好協会副会長張香山先生主催の歓迎の宴に招かれました。前日に引き続き15日は野津治郎、中川雅典両先生が中国関係者に対して講演されました。その夜、団長佐々木忠義が、中日友好協会会長廖承志先生、中国海洋学会代理理事長刘志平先生などをはじめとする中国関係者に対して答礼の宴を催し、日中合せて数10名の参加で大宴会になりました。16日は中国側の特別の御好意による特別仕立機で武漢へ飛びました。武漢では、世界に冠たる湖北省水生生物研究所を見学しました。淡水魚を中心とする多くのすばらしい研究の中で漢法薬による魚の病気予防、治療などの研究は特に印象的で、その成果に感服しました。西脇昌治、野村稔、近藤恵一の諸先生が中国関係者に対して講演されました。長江大鉄橋、東湖博物館などを見学する機会に恵まれました。18日は中国側の希望により、西脇昌治、平野礼次郎、野村稔、石渡直典、近藤恵一の諸先生が中国関係者と懇談されました。なお、武漢製鉄コンビナート、武漢淡水漁業生産大隊を見学しました。19日8時30分発の飛行機で上海へ、そして10時20分上海に着きました。上海海洋漁業公司、漁船修理製造公司などを見学しました。20日には野村稔、石渡直典、近藤恵一の諸先生が中国関係者に対して講演しました。更に、中国側の希望により平野礼次郎、野村稔、石渡直典、近藤恵一の諸先生は中国関係者と懇談されました。上海工業展覧会、青浦県淡水養殖場などを見学し、21日は上海水産研究所、上海自然博物館、海洋調査船「実践：3,000トン」、上海市天山労働者団地などを見学しました。

全行程を無事に終了して、22日10時55分、心からの感謝を残して上海を発って東京へ。14時30分一同元気で帰国しました。

振り返ってみますと、いちいちここには記しませんでした、行き先々で一行をお出迎え、お見送り、そして各地で歓迎の宴と、至れり尽せりのおもてなしを受けました。団員一同、この心のこもった御好意、厚き友情は肝に銘じていることと思います。尊敬する中国の諸先生、親愛なる中国の友人の皆様が示された友情は私にとって一生忘れ得ないものであります。

私は、中国海洋学会代理理事長刘志平先生に対し、第3回国際海洋開発会議（昭和50年8月5日～8日・東京）に中国関係者が多数参加されるようお願いしたところ、既に積極的検討中であるという御返事を頂き喜んでおります。更に、日中海洋学会（水産学、海洋開発分野を含む）を、中国側の御協力を賜わり早急に発足させたいと申入れましたところ、刘志平先生はこの申入れを厚意をもって受入れ、今後早急に自国の関係者と検討の上お答えしたい、との返事を頂きました。

中日友好協会長廖承志先生は「海洋学・水産学並びに海洋開発の分野は今後中日にとって大変重要であり、この分野における中日両国の友好的交流はますます高めていかなければならない」と言われました。私は、この分野の日中両国の友好的交流に力の及ぶ限り努力するものであります。

終りにあたり、訪中団一行と終始行動を共にして団並びに団員のお世話をして頂いた中国関係者の皆様、訪中団派遣について積極的な御支援助と御協力を頂いた衆議院議員田川誠一先生、日中文化交流協会（理事長中島健蔵先生）並びに中日友好協会（会長廖承志先生）に対し衷心より感謝の意を表します。

訪中団の構成

団 長：佐々木忠義（東京水産大学学長）
副団長：西脇 昌治（東京大学海洋研究所教授），
松石 秀之（㈱大林組本社海洋開発室長兼技術研究所付）
秘書長：十時 昌（国際海洋開発会議・展示会事務局事務総長）
団 員：平野礼次郎（東京大学農学部・水産学科教授），
野村 稔（東京水産大学増殖学科教授），
石渡 直典（東京水産大学増殖学科助教授），
近藤 恵一（水産庁東海区水産研究所資源部主任研究官），
野津 治郎（三井海洋開発㈱専務取締役），
山本 守之（大成建設㈱技術研究所主任研究員），

田村 純（住友海洋開発㈱ 常務取締役 住友商事㈱ 海洋開発部長），
中川 雅央（中川防蝕工業㈱取締役社長）
秘 書：及川 実（国際海洋開発会議・展示会事務局運営部長），
平野 紘一（国際海洋開発会議・展示会事務局プロジェクトマネージャー）

日 程

11月4日(月)
午前9時 JAL 785 便にて北京に向け東京発（上海経由）
午後6時 北京着（上海空港が濃霧であったため遅れる）
7時30分～9時30分 中国海洋学会（代理理事長刘志平氏）主催の歓迎宴に出席
11月5日(火)
午前8時～12時 北京石油化工総工場を訪問
午後1時～5時 故宮参観
11月6日(水)
午前8時～12時 万里長城参観
午後1時～5時 十三陵、天壇公園参観
11時15分 汽車にて青島に向け北京発
11月7日(木)
午後2時30分 青島着
6時～8時 青島市革命委員会（副主任 鄭千氏）主催の歓迎宴に出席
11月8日(金)
午前8時～12時 中国科学院海洋研究所を訪問
午後1時～5時 山東海洋学院を訪問並びに同学院所属の海洋調査船「東方紅」見学
7時～9時 映画「青松林」を観賞
11月9日(土)
午前8時～12時 西脇昌治、平野礼次郎、石渡直典は中国関係者に対し講演、他の団員は、青島水族館、青島海産物標本館並びに青島貝彫工芸品工場を見学
午後1時～5時 青島ビール工場見学
7時～9時 映画「工芸美術」を観賞
10時15分 汽車にて北京に向け青島発
11月10日(日)
午後2時30分 北京着
7時～9時 北京労働者体育館において「雑技」を見学

11月11日(月)

- 午後12時45分 飛行機にて旅大に向け北京発(瀋陽経由)
 3時45分 旅大着
 7時~9時 旅大市革命委員会(副主任白浩新氏)主催の歓迎宴に出席

(注) 団員の田村純は、同日北京から日本へ帰国。

11月12日(火)

- 午前8時~12時 交通部大連港務管理局を訪問し、大連港を見学、旅大水産公司を訪問
 午後1時~2時 旅大地下商店を見学
 3時5分 汽車にて天津に向け旅大発

11月13日(水)

- 午前8時11分 天津着
 10時~午後4時 大港油田を見学
 6時~8時 天津市革命委員会(責任者王珍堂氏)主催の歓迎宴に出席
 8時45分 汽車にて北京に向け天津発
 10時45分 北京着

11月14日(木)

- 午前8時~12時 自由時間
 午後1時~5時 佐々木忠義、松石秀之、山本守之は中国関係者に対し講演、他の団員は北京動物園を見学
 6時~8時 中日友好協会(副会長張香山氏)主催の歓迎宴に出席

11月15日(金)

- 午前8時~12時 野津治郎、中川雅央は中国関係者に対し講演、他の団員は、絨氈製造工場を見学
 午後1時~5時 自由時間
 6時~9時 日本海洋学・水産学・海洋開発交流訪中団(団長佐々木忠義)が、中日友好協会会長廖承志氏、中国海洋学会代理理事長刘志平氏などをはじめとする中国関係者に対し答礼宴を行う。

11月16日(土)

- 午前8時~11時 自由時間
 午後3時20分 飛行機にて武漢に向け北京発(鄭州経由)
 8時10分 武漢着
 9時30分~11時 湖北省科学技術協会(責任者簡文氏)主催の歓迎宴に出席

11月17日(日)

- 午前8時~12時 湖北省水生生物研究所を訪問
 午後1時~5時 西脇昌治、野村稔、近藤恵一は中国関係者に対し講演、他の団員は、長江大鉄橋、東湖博物館を見学
 7時~9時 映画「閃々の紅星(きらめく紅い星)」を観賞

11月18日(月)

- 午前8時~12時 西脇昌治、平野礼次郎、野村稔、石渡直典、近藤恵一は中国関係者と懇談、他の団員は、武漢鋼鉄公司を見学
 午後1時~5時 武漢淡水漁業生産大隊を訪問
 7時~9時 武漢紅小兵の歌と踊を観賞

11月19日(火)

- 午前8時30分 飛行機にて上海に向け武漢発
 10時20分 上海着
 午後1時~5時 上海海洋漁業公司(漁船修理製造公司、漁業公司)を訪問

11月20日(水)

- 午前8時~12時 野村稔、石渡直典、近藤恵一は中国関係者に対し講演、他の団員は、上海工業展覧会を見学
 午後1時~5時 青浦県淡水養殖場を訪問
 7時~9時 上海京劇を観賞

11月21日(木)

- 午前8時~12時 佐々木忠義、平野礼次郎、野村稔、石渡直典、近藤恵一、野津治郎、及川実は、上海水産研究所を訪問、西脇昌治、松石秀之、中川雅央は、上海自然博物館を見学、十時 昌、山本守之、平野紘一は、上海市天山労働者団地を見学
 午後1時~5時 平野礼次郎、野村稔、石渡直典、近藤恵一は中国関係者と懇談、他の団員は、海洋調査船「実践」を見学
 7時~9時 上海市革命委員会(常任委員黄金海氏)主催の歓迎宴に出席

11月22日(金)

- 午前10時55分 CA923 便にて東京に向け上海発
 午後2時30分 東京着

訪 問 先

1. 北京石油化工総工場

訪問日時：11月5日(水) 午前8時～12時

訪 問 者：佐々木忠義，西脇昌治，松石秀之，十時 昌，
平野礼次郎，野村 稔，石渡直典，近藤恵一，
野津治郎，山本守之，田村 純，中川雅央，
及川 実，平野紘一



第1図 北京石油化工総工場石油精製プラント。

北京石油化工総工場は北京市の西南約70kmの山間部にある。総工場の概要について、北京石油化工総工場革命委员会主任楊俊氏から次の説明があった。

1968年に中国技術者の計画・設計により着工され、1970年にすべて国産により完成し、生産を開始した。

工場は8か所に分散され、そのほか研究院，設計院および建設，管理部門がある。職員は24,000名いる。

石油の精製量は年間450万トンであるが、更に、現在250万トンのプラント増設を計画中である。工場は精製のほか、石油製品，石油ガス，合成ゴム，化学原料などを製造している。

説明後、石油精製プラント，合成ゴム工場，廃水処理場を見学した。

見学後、次の質疑応答があった。

問：山間部になぜ工場を造ったか。

答：北京市近郊の耕地は農業に利用するために山間に建設した。

問：原油の運搬手段は何か。

答：汽車を使用している。

問：水はどうしているか。

答：地下水を利用している。

問：石油貯蔵用タンクの腐食はどのようにして解決しているか。

答：タンク内部は硫黄含有物が少ないため、あまり問題はなく、外部は塗料で防食している。

2. 中国科学院海洋研究所

訪問日時：11月8日(金) 午前8時～12時

訪 問 者：佐々木忠義，西脇昌治，松石秀之，十時 昌，
平野礼次郎，野村 稔，石渡直典，近藤恵一，
野津治郎，山本守之，田村 純，中川雅央，
及川 実，平野紘一



第2図 中国科学院海洋研究所。

中国科学院海洋研究所は、山東省青島市内にある。その概要について、中国科学院海洋研究所革命委員会責任者梁毓哲氏から次の説明があった。

沿革：中国科学院海洋研究所は、海洋の開発，海洋資源の利用に関する海洋科学の総合的な研究所である。中華人民共和国成立前は、海洋科学研究は非常に立ち遅れていたが、成立後、政府は海洋科学研究を重視し、1950年に青島海洋生物研究所を創設した。これは本研究所の前身である。1957年に中国科学院海洋生物研究所が設置され、1959年に中国科学院海洋研究所に改称された。

構成：本研究所には、海洋物理学，海洋計測学，海洋化学，海洋動物学，海洋植物学，海洋実験動物学の6研究室がある。

研究所には現在、研究者が500余名いる。海洋調査船が4隻(1,000, 400, 250, 25トン)あり、船員が100余名いる。そのほか、付属工場があり、労働者が50余名いる。

研究成果：本研究所は、毛沢東主席のプロレタリア革命路線の指導の下で、自力更生の精神で、海洋科学研究を推進している。現在までに、中国近海の生物相や地質構造が解明され、資料・標本が多数保存されている。例えば、生物標本は、北は鴨緑江河口から南は海南島に至るまで、28万点が保存され、その一部は標本室に陳列されている。

生産面では、のり，こんぶ，くるまびの養殖技術が確立された。のりは、1950年代初めに生活史を解明し、その後、養殖の仕事を開始して、1960年の中間生産試験

では 430 g/m² (乾燥) の成果をあげた。更に、プロレタリア文化大革命の中で、研究者たちは養殖場へ入って、漁民大衆と協力して研究し、1970 年には、1,050 g/m² (乾燥) の成果をあげた。また、こんぶは、十数年の研究によって、中国沿岸一帯で養殖できるようになり、更に、文化大革命の中で、研究者たちは漁民大衆と一体となって研究し、近年、良質な種類を大量に生産できるようになった。

海洋機械の研究では、文化大革命後、音響海底測深機を自力開発し、1973年に中日海底ケーブル敷設のときに使い、大きな成果をあげた。

説明後、生物標本室、海藻生態実験室、海藻生理実験室、音響海底測深室、のり養殖場を見学した。

見学後、次の質疑応答があった。

問：大学教育との関係はどうなっているか。

答：目下検討中であるが、今のところはっきりした関係をもっていない。

問：海洋研究所はほかにどこにあるか。

答：広東省の広州に南海海洋研究所がある。

問：研究成果はどのようにして報告しているか。

答：一部は発表している。海洋科学集刊が出版されている。

3. 山東海洋学院

訪問日時：11月8日(金) 午後1時～5時

訪問者：佐々木忠義、西脇昌治、松石秀之、十時 昌、平野礼次郎、野村 稔、石渡直典、近藤恵一、野津治郎、山本守之、田村 純、中川雅央、及川 実、平野絃一

山東海洋学院は山東省青島市内にある。その概要について、山東海洋学院革命委員会責任者高云昌氏から次の説明があった。

沿革：山東海洋学院は、国家の海洋科学技術者を養成する大学である。中華人民共和国成立前は、海洋科学技術者を養成する大学はなかったが、成立後、政府は海洋科学技術教育を重視し、1949年に山東大学海洋学部を創設した。これは本学院の前身である。1958年に理工系海洋大学として山東海洋学院が設置された。

学部および学科：本学院には、海洋物理学部（音響学科、光学科）、海洋水理・気象学部（海洋水理学科、海洋気象学科）、海洋化学部（海洋化学科）、海洋生物学部（海洋生物学科）、海洋地質学部（海洋地質学科、地球物理探査学科）の5学部と8学科がある。

修業年限：本学院の修業年限は3年である。

教育施設：本学院には、工場が1、養殖場が2、そのほか、海洋調査船「東方紅」がある。

教育方針：本学院は、毛沢東主席の教育方針に従い、徳育、知育、体育をそなえた、社会主義的自覚をもつ、海洋科学技術者の養成を目指している。

学生募集方法：本学院は、プロレタリア文化大革命以前は、学生は高級中学卒業生から募集し、学力検査の成績だけで選抜していたが、1971年に学制改革が実施され、学生は労働者、農民、兵士から募集し、高級中学卒業生はいったん労働実践に入り、階級闘争、生産闘争、科学実験で自己を鍛えたらうえ、入学を志願し、所属単位の大衆討議を経て革命委員会から推薦され、学院の学力検査に合格した者を入学させている。

教育方法：本学院は、毛沢東主席の「五・七指示」を綱領として、教室で学生に学問を教えるだけでなく、農村、生産隊へ入れ、「教育と生産労働の結合」、「理論と実践の結合」の原則を徹底させ、生産現場で教育することに力を入れている。また、古い教材を改革し、海洋科学の発展につれて、新しい教材をつくることに努力している。

説明後、海洋水理学の授業(海況分析の演習)、動力実験室(定常波、風波発生装置)、海洋調査船「東方紅」を見学。

海洋調査船「東方紅」：1964年に建造され、排水量は2,500トン、乗組船員は45名。海洋物理、海洋水理、海洋気象、海洋化学、海洋生物、海洋地質の6実験室がある。

見学後、次の質疑応答があった。

問：山東海洋学院には、学生、教員が何名いるか。

答：現在、学生は約500名いる。最も多いときは約2,000名いた。常勤教員は330名、非常勤教員は50名いる。

問：学年は何学期に分れているか。

答：学年は2学期に分れ、前学期は9月から翌年2月まで、後学期は2月から7月までで、8月は夏季休業である。

問：実習船にはどの学科の何年次の学生が乗るか。

答：1年次から3年次までの学生が交代で、全員一度は乗船する。

問：国際海洋調査に参加するつもりはないか。

答：それは政府の問題である。

4. 大連港

訪問日時：11月12日(火) 午前8時～9時

訪問者：佐々木忠義，西脇昌治，松石秀之，十時 昌，
平野礼次郎，野村 稔，石渡直典，近藤恵一，
野津治郎，中川雅央，及川 実，平野絏一



第3図 大連港。

大連港の概要について，交通部大連港務管理局の革命委員会責任者から次の説明があった。

大連港は冬でも凍結しない東北地方の良港である。この港湾は，1889年建設に着手し，解放後，毛沢東主席の指導の下で，独立自主，自力更生の精神によって，港湾の拡大に努力してきた。

港は12の係留棧橋と六つの作業区に分かれている。職員は14,000名おり，そのうち2,100名が女性である。女性も男性と同様に働いている。港での作業は，80%が機械化されているが，残りの20%が手作業によっている。機械の大部分は国産品であるが，一部は輸入品もある。港のなかには，総距離130kmの鉄道が敷かれ，この鉄道は，直接港，倉庫に通じている。なお，積卸量については，1973年の実績は，プロレタリア文化大革命前の量と比較すると，2倍になっている。国家から指示された目標量は，1971年には，17日早めに，72年には1か月早めに，73年には，27日早めに達成した。

毛沢東主席の指導および国家の方針により，各国との貿易はますますふえているので，大連港の果たす任務は重大である。

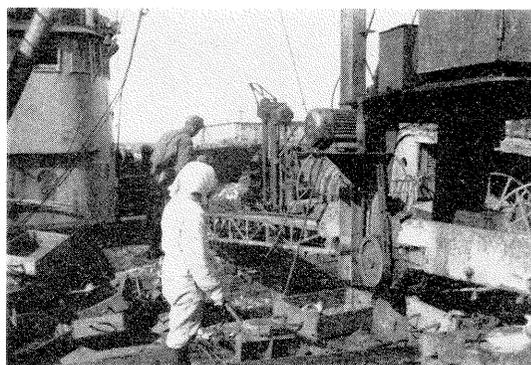
説明後，大連港を見学した。

5. 旅大水産公司

訪問日時：11月12日(火) 午前9時～12時

訪問者：佐々木忠義，西脇昌治，松石秀之，十時 昌，
平野礼次郎，野村 稔，石渡直典，近藤恵一，
野津治郎，山本守之，中川雅央，及川 実，
平野絏一

旅大水産公司是遼寧省旅大市にある。その概要につい



第4図 旅大水産公司水揚現場。

て，旅大水産公司革命委員会責任者朱宝武氏から次の説明があった。

沿革：旅大水産公司是，1961年に自力更生，自主独立の精神で，計画・設計され，1962年に着工し，1965年に竣工して翌年から生産を開始した。

構成：水産公司には，漁業大隊，冷凍・加工工場，漁船修理工場，網製造・修理工場の4部門がある。

公司には現在，職員が9,600名おり，このうち陸上労働者が6,300名（うち女性700名），海上労働者が3,300名いる。

漁業：水産公司是，150隻の漁船，18隻の付属船，2隻の冷凍船を所有している。漁船は渤海，黄海，東海の漁場に出漁し，トロール網，小型まき網，定置網などを使用し，たちうお，ひらめ，いしもち，くるまえびなどを漁獲している。年間生産量は，プロレタリア文化大革命以前は1万トンに達しなかったが，批林批孔運動を経て増加し，1973年には77,000トンに達した。生産物は遼寧省に供給され，わずかに輸出している。輸出先はアジア各国で日本が最も多く，輸出量の80%を占めている。漁業労働者の月平均賃金は72元，未熟練労働者は55元，熟練労働者は168元である。

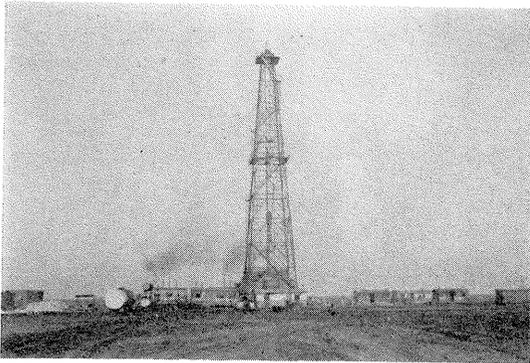
説明後，水揚現場，冷凍・加工工場を見学した。

6. 大港油田

訪問日時：11月13日(水) 午前10時～午後4時

訪問者：佐々木忠義，西脇昌治，松石秀之，十時 昌，
平野礼次郎，野村 稔，石渡直典，近藤恵一，
野津治郎，山本守之，田村 純，中川雅央，
及川 実，平野絏一

大港油田は天津市の東南約60kmの地点にある。油田の概要について，大港油田革命委员会主任馮浩氏から次の説明があった。



第 5 図 大港油田掘削現場。

油田の探査は、1964年の初頭に開始された。当時、大港は海水湖の状態であったため、船を用いて毛沢東主席のせん滅戦思想に基づき、一区画ずつ探査を行った。約 1 年後最初の油井を発見し、直ちに開発に入った。油井の増加率は、1967年から1973年の間年平均 6.9%、掘削深度は当初の場合と比較すると、現在では 38 倍に達している。1974年 1 月から 10 月までの実績は、1973年の同期間と比較すると、採油量で 21.7%、設備投資額で 29.6% 増加しており、既に国家の目標量の 140% を達成している。

大港油田には職員が 4,000 名おり、平均年齢は 21 歳である。このうち女性が 21% を占めており、特に女性の活躍が目立ち、例えば、集油所の責任者は 21 歳の女性である。また、前回の全国人民代表大会に大港油田の代表者の一人として、33 歳の女性技術労働者が参加している。

付属の施設として、小・中学校が 27 校、油田開発技術学校が 1 校あり、これらの学校の教職員の不足は労働者が特異な面をそれぞれ分担し補っている。そのほか、300 ベッドの病院があり、商店、書店および労働者の住宅の増加も著しい。なお、現在では油田開発のほか、近郊に石油化学コンビナートと大港油田の石油を輸出するための港湾施設を建設中である。

大港においては、工業を発展させると同時に、農業の生産増加に努力しており、強アルカリ性の土地を改良し、工業と農業、都市と農村の結合を図り、生活の改善向上など総合的な発展を目指している。現在では、680 万斤 (1 斤は 0.5 kg) の穀物、230 万斤の野菜を生産している。昔の水たまりは、現在地下から石油、地上から農作物を生産している姿に改造されている。

事業の拡大は、次の三大方針に基づいて行っている。

- 1) 職員はマルクス・レーニン主義並びに毛沢東思想を学び、理論と実践を結合した全面発達の人材養成をは

かっている。また、老年・中年・青年の 3 結合による指導グループを組織し、技術者と労働者は一体となって事業に従事している。

- 2) 「工業は大慶に学べ」という国家の方針に基づき、集中指導を行い、大衆路線を貫いている。また、優秀な戦力を集中してせん滅戦を行うという毛沢東主席の教えにより、短期間に一つの任務を完成し、最大の収穫をあげることに努力している。3 か月かかる予想のところを 18 日間で完成したこともある。
- 3) 「独立自主」、「自力更生」の精神で何事も行っている。若い石油工業には皆深い関心と期待をもっているが、反面困難も多い。しかしながら、困難には「刻苦奮闘」の精神で打ち勝っている。

設備、運搬面の不足は、自力更生の精神で解決し、国家の負担の軽減に努力している。そのほか、電燈、レンガなども自力で製造し、多くの廃棄物を再利用するよう努力しており、電石 (カーバイト) 製造などは、その良い例である。服も修理して衣類の節約に努力を払っている。また、500 トン並びに 800 トンの油圧機も技術者、労働者の自力更生の成果である。

しかしながら、大港油田開発の事業には、なお、不十分な面が多く、次のような問題点があり、その解決に努力している。

- 1) 事業管理面は満足すべき状態でなく改善の余地が多い。また、事故の防止対策にも努力を払わねばならない。
- 2) 総合的利用の面で不完全である。例えば、現在空中で燃焼させてしまっているガスを天津市内の燃料用に利用することなど。
- 3) 大港の土地が強アルカリ性のため、農業が相対的に立ち遅れており、農業の発展のため、更に、努力が必要である。

説明後、大港油田の掘削現場、採油所並びに集油所を見学した。

見学中、次の質疑応答があった。

掘削現場において

問：掘削進度の進捗率ほどの程度か。

答：2,500 m を 15 日間でやり、1 組 60 人である。

集油所において

問：実績ほどの程度か。

答：1972年においては年間 50 万トンの石油を取り扱った。なお、700 m³ のタンク 2 個、加熱炉 5 個、1.6 km のパイプの工事を 12 日間で完成している。現在は 12 人の女性 (平均年齢 20 歳) で管理をして

いる。

そのほか次の3か所を見学した。

- 1) カーバイト（中国名：電石）製造工場では廃棄物である赤貝殻と焦炭末をそれぞれ72%と28%の混合比で熱処理し、カーバイトを製造している。
- 2) 電球製造工場では電球を労働者の主婦が製造している。
- 3) 500トンおよび800トン油圧機。

7. 湖北省水生生物研究所

訪問日時：11月17日(日) 午前8時～12時

訪問者：佐々木忠義，西脇昌治，松石秀之，十時 昌，平野礼次郎，野村 稔，石渡直典，近藤恵一，野津治郎，山本守之，中川雅央，及川 実，平野絃一



第6図 湖北省水生生物研究所。

湖北省水生生物研究所は武漢市内にある。その概要について、水生生物研究所革命委員会責任者から次の説明があった。

沿革：水生生物研究所は、淡水魚類を主要な研究対象とし、そのほか、藻類と水質汚染問題に関する水生生物学の総合的な研究所である。1950年の創立以来、毛沢東主席のプロレタリア革命路線の指導の下で、科学研究はプロレタリア政治、労・農・兵および社会主義建設のために服務するという方向を堅持し、中国の淡水漁業、農業および水質汚染問題に関する科学研究を推し進めている。25年来、中国の国民経済の発展に伴い、研究所の規模と研究範囲は絶えず拡大されている。

構成：本研究所は、次の5研究室に分れている。

魚類学研究室 淡水魚類の分類、形態および生態の研究に従事し、更に、揚子江の経済価値のある魚類の成長、繁殖、回遊などを研究し、揚子江の水産資源の繁殖保護および増殖に有効な措置を提起している。

魚類遺伝学・育種学研究室 淡水養殖魚類の遺伝・育種の研究に従事し、新品種の魚類を育成し、養殖魚類の生産量と品質を高める研究を行っている。

魚病学研究室 淡水養殖魚類の寄生虫病および細菌性疾病の予防研究に従事している。

湖水・ダム研究室 湖沼・ダムの漁獲量を増加させるための研究に従事し、更に、湖水漁業の生産の安定・向上に関する研究および湖水の生産力に関する研究を進めている。

藻類学研究室 淡水藻類の分類、形態、生態およびその応用の研究に従事し、更に、藍藻の窒素固定を利用して、稲の肥料源とする研究および窒素固定の原理を研究している。

研究所には現在、職員が300余名おり、そのうち、研究者が200余名、管理者と労働者が100余名いる。

研究成果：過去において、10種の寄生虫病を解決したことを基礎にして、近年来、更に草魚の鰓ぐされ病および白頭白口病の病原菌を分離し、しかも初歩的な治療薬を見つけ出し、淡水養殖魚類の細菌性魚病問題に関し、一歩を踏み出した。同時に養殖技術の改善を通して「四消四定」の魚病予防の方法を提起した。すなわち、魚体、養魚池、餌料および器具の消毒、餌料の定質、定量、定時、定位置である。

永年の努力によって、揚子江中流のある大型湖沼に生息する团頭鮠を馴化することに成功した。この魚は食性が広く、成熟が早く、病気に強く、味がよく、自然繁殖と人工繁殖の特長を備えている。最近更に、もう1種の養殖魚類の細鱗斜頭鮠を馴化することに成功した。

揚子江の草魚(そうぎょ)、鯪魚(はくれん)、鱮魚(こくれん)、青魚(あおうお)の4大家魚の産卵場の分布状況を把握して、種苗出現時の予報方法を編み出し、漁民の河川における採苗作業に大いに役立っている。

藍藻の窒素固定を利用して、田畑の肥沃さを増し、水田の生産量を7～10%増加せしめた。

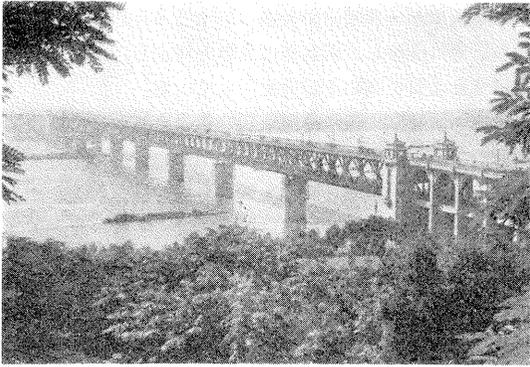
魚類標本室の中には、中国の淡水魚類標本が700種近く陳列してある(全国の淡水魚類は約800種)。

説明後、魚類遺伝学・育種学研究室、魚病学研究室、藻類学研究室、魚類標本室を見学した。

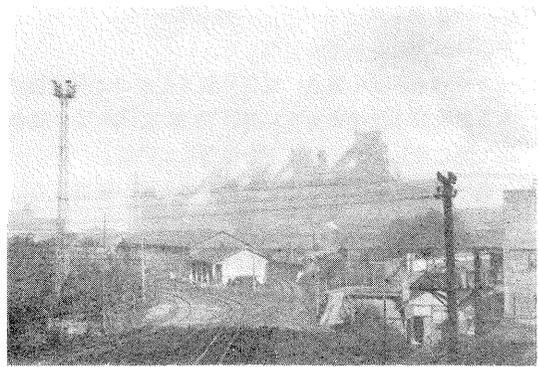
8. 武漢長江大鉄橋

訪問日時：11月17日(日) 午後1時～3時

訪問者：佐々木忠義，松石秀之，十時 昌，平野礼次郎，石渡直典，野津治郎，山本守之，中川雅央，及川 実



第7図 武漢長江大鉄橋。



第8図 武漢鋼鉄公司。

武漢に架けられた長江大鉄橋について、橋の管理責任者から次の説明があった。

解放前は、揚子江を渡るためには、すべて船を使用していたので、鉄橋を築くことは中国人民の長年の願望であった。解放後、毛沢東主席の指導の下で1955年9月1日建設を開始し、予定よりも2年早く1957年10月1日に竣工し開通した。

この大鉄橋は全長 1,670 m、幅 37 m あり、上層が車道(道路幅 22.5 m)と人道(左右の合計幅 14.5 m)、下層は鉄道(複線)になっている。橋は八つの脚で支えられ、脚間は 128 m である。

説明後、大鉄橋を見学した。見学後次の質疑応答があった。

問: 水底から橋脚基礎までの深さは何mか。

答: 最も深いところで 7~8 m ある。

問: 基礎工事の掘削に当って爆薬を使用したか。

答: 使用しない。

問: 最大の水深は何mか。

答: 34 m である。

問: 基礎掘削に当って、どのような方法をとったか。

答: 鋼矢板を打設して、囲いをつくり水の流れを止め、この中を掘削した。

9. 武漢鋼鉄公司

訪問日時: 11月18日(月) 午前8時~12時

訪問者: 佐々木忠義, 松石秀之, 十時 昌, 野津治郎, 山本守之, 中川雅央, 及川 実, 平野絏一

武漢鋼鉄公司是、武漢市の郊外約 50 km にある。熔鉱炉、圧延工場など見学後、鋼鉄公司の概要について、武漢鋼鉄公司革命委員会付主任孫公章氏から次の説明があった。

鋼鉄公司是1956年に着工し、1958年9月13日毛沢東主

席の視察の下に生産を開始した。

公司には現在、職員が 68,000 名おり、このうち幹部が 1 万名(内訳: 行政担当者 3,000 名, 技術者 6,000 名, その他 1,000 名), 労働者が 58,000 名いる。

工場施設としては、熔鉱炉 4 (そのうち最大のものは 2,500 m³), レール, 型鋼並びに厚板などを製造する圧延工場, 鉄鋼加工工場, 耐火レンガ製造工場, 石灰石工場などがあり、それらを支援する部門として、機械管理部, 運輸部, 建設部, 動力部および技術学校と衛生学校がある。付属施設としては小・中学校, 労働者住宅, 食堂, 託児所, 幼稚園, 病院, 療養所, 劇場, 図書館, 農場, 野菜・果実市場がある。また、公司を守備するため民兵を組織している。なお、機械製造工場, 化学工場, 輸送機械工場なども建設し、総合的なコンビナート形成に努力している。

説明後、次の質疑応答があった。

問: 年間鉄鋼生産量は何万トンか。

答: 250 万トンであるが、鋼材の種類はあまり多くない。

問: 原料はどこから運んでいるか。

答: 石炭は河北, 河南産であるが、鉄鉱石, 石灰はこの地方(湖北省)で採鉱したものを使用している。

問: 公害の防除はどのようにやっているか。

答: 現在、排煙, 廃水など公害の防除は完全でなく、鉱産物の利用などと併わせて、今後の重要研究開発項目である。

10. 武漢淡水漁業生産大隊

訪問日時: 11月18日(月) 午後1時~5時

訪問者: 佐々木忠義, 西脇昌治, 松石秀之, 十時 昌, 平野礼次郎, 野村 稔, 石渡直典, 近藤恵一, 野津治郎, 山本守之, 中川雅央, 及川 実,



第9図 武漢淡水漁業生産大隊漁撈作業風景。

平野絃一

武漢淡水漁業生産大隊は、湖北省武漢市から約 20 km の郊外にある。漁業生産大隊の概要について、武漢淡水漁業生産大隊革命委員会責任者から次の説明があった。

解放前は、この湖は生産が全くなかったが、解放後、毛沢東主席のプロレタリア革命路線の指導の下に、自力更生の精神で、幹部・技術者・労働者が結合して生産に励み、特にプロレタリア文化大革命、批林批孔運動を経て、生産量は著しく増大した。

湖の面積は 3,250 畝(1 畝は約 6.6 アール)、種苗池の面積は 600 畝ある。草魚(そうぎょ)、鯉魚(はくれん)、鱔魚(こくれん)、青魚(あおうお)の 4 大家魚を主要な養殖対象とし、採卵、孵化、種苗の養成、種苗の放流、養殖を行っている。また、湖の改造が行われ、湖に堤防(長さ 1,100 m 以上、高さ 5 m)や船の通路(長さ 300 m 以上、幅 4 m)が造られ、湖畔には牧畜場や牛乳工場もある。1973 年の生産量は 1,105,000 斤(1斤は 0.5 kg)に達し、1 畝当たり平均 340 斤の生産があった。1973 年の生産量は 10 年前の 1963 年のそれと比べると、51% 増加している。このような著しい増加は、種苗を大きくしてから放流したことや水産業と牧畜業を結合させ、家畜の排泄物などを湖に入れて、栄養を高めたことなどによる。

説明後、漁撈作業を見学した。

11. 上海海洋漁業公司

訪問日時: 11月19日(火) 午後1時~5時

訪問者: 佐々木忠義, 西脇昌治, 松石秀之, 十時 昌,
平野礼次郎, 野村 稔, 石渡直典, 近藤恵一,
野津治郎, 山本守之, 中川雅央, 及川 実,
平野絃一

上海海洋漁業公司是、上海市内にある。その概要につ



第10図 上海海洋漁業公司所属の漁船。

いて、上海海洋漁業公司革命委員会責任者から次の説明があった。

上海海洋漁業公司には、漁船修理製造公司与漁業公司がある。本公司は中国国民党の頃からあったが、解放後、階級闘争、生産闘争、科学実験の三大革命運動によって、会社の規模は拡大され、生産量は急速に増大した。現在、年間漁業生産量は10万トンに達し、解放前の130倍になった。漁船は200隻に達し、解放前の数十倍になった。また、解放前には漁船は200馬力ぐらいであったが、現在では250~1,000馬力、平均500~600馬力あり、総馬力数は解放前の15倍になった。漁船の停泊棧橋は、解放前は300mの木造であったが、現在では1,000mの鉄筋コンクリート造りになった。

説明後、漁船修理製造現場および漁船を見学した。

見学後、次の質疑応答があった。

問: 漁獲方法は何か。

答: トロール網方式、まき網方式、集魚燈方式である。

12. 上海工業展覧会

訪問日時: 11月20日(水) 午前8時~12時

訪問者: 佐々木忠義, 西脇昌治, 松石秀之, 十時 昌,
平野礼次郎, 野津治郎, 山本守之, 中川雅央,
及川 実, 平野絃一

上海工業展覧会は、上海工業の新しい製品を展示し、新しい技術を交流する場所である。展覧会には総合館が設けられているほか、機械・電気、冶金、化学工業、電信・計器、軽工業、紡績、手工芸など七つの分館が設けられている。展示面積は1万m²余りで、展示品は5,000点余りある。

これらの製品は、上海の労働者階級が毛沢東主席の教えに従い、独立自主、自力更生の革命的精神を発揮して、かちとった成果である。



第11図 上海工業展覧会総合館内部(冶金展示)。

展示品

上海機械・電気労働者が設計・製造したもの: 30万 kW の二重内部水冷式蒸気タービン発電機, 電子技術装置を採用したデジタル・プロセス制御工作機械, 12,000トン自由式水圧鍛造プレス, 高精度の大型スクリー研磨機, レーザー自動ダイナミック・バランス, 32トン積みダンパーなど。

上海冶金労働者が在来の方法と現代方法とを結び合わせて造り上げたもの: 半導体素材, 低合金鋼材, 冷間引抜異型鋼管, 耐高温精密合金や真空精錬炉など。上海造船労働者が奮起して富強を図る意気込みで造り上げたもの: 遠洋航海船, その中には 3,000トンの船台で造られた 1万トン級貨物船“風光”号(模型)などがある。

上海電信・計器労働者が最近数年来造り上げたもの: 電子計算機, ビデオ・レコーダー, 10^{-9} の不純物を分析することができるダブル・フォーカス固体分析マス・スペクトロメーターや各種の最新電子部品がある。

上海化学工業労働者が廃水, 廃気, 廃滓を総合利用した最新成果および新しい製品: 工程プラスチックやききめのすぐれた漢方薬, 抗生物質, 農業を支援する“九二〇”新型農薬など。

上海軽工業・紡績労働者が造り出したもの: 腕時計, カメラ, ミシン, 自転車や各種の綿紡織品, 絹織物, ラジャ, ピロードなど。

上海手工芸労働者が丹念に仕上げた中国の民族・風俗などをあらわした工芸品: 象牙彫刻, 玉石彫刻, 毛糸刺しゅうなど。

このほかに, 人工インシュリン, ハリ麻酔, 断肢の接合手術, 大面積やけどの治療などの面での新しい成果をも紹介している。

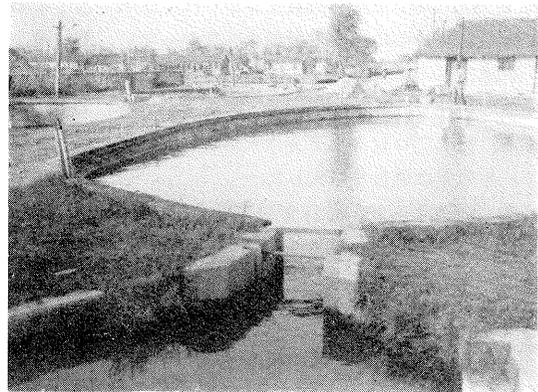
上海展覧会の展示品は, たえず新しいものと取り替えられる。今の展示品のほとんど全部は, プロレタリア文化大革命の最中の製品である。

(注) 以上は, 上海工業展覧館から訪中団が受領した資料に基づき作成した。

13. 青浦県淡水養殖場

訪問日時: 11月20日(水) 午後1時~5時

訪問者: 佐々木忠義, 西脇昌治, 松石秀之, 十時 昌, 平野礼次郎, 野村 稔, 石渡直典, 近藤恵一, 野津治郎, 山本守之, 中川雅央, 及川 実, 平野絨一



第12図 青浦県淡水養殖場。

青浦県淡水養殖場は, 上海市から約 60 km の郊外にある。養殖場の概要について, 青浦県淡水養殖場革命委員会主任張裕忠氏から次の説明があった。

解放前は, 青浦県は不毛の貧農村であったが, 解放後, 毛沢東主席のプロレタリア革命路線の指導の下に, 自力更生の精神で原野を開拓し, 養殖場を造り, 幹部・技術者・労働者が結合して生産に励んでいる。養殖場には現在, 職員が 170 名いる。

湖の面積は 508 畝(ムー)あり, 約 1,500 尾の草魚(そうぎょ), 鯉魚(はくれん), 鱖魚(こくれん), 青魚(あおうお)などの親魚を飼育し, 年間約 2 億尾の種苗を生産している。今までは種苗を揚子江流域から採捕して, それを養殖していたが, 今では人工種苗ができるようになった。生産量を高めるために, 機械化を促進し, 現在, 機械工場を建設している。また, すっぽん, かに, えび, うなぎなどの養殖やぶた, にわとりなどの飼養を計画し

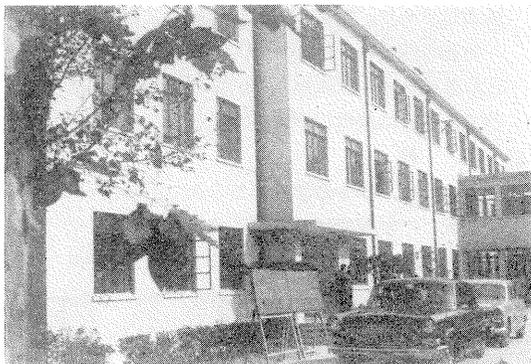
ている。

説明後、研究室、親魚の漁撈作業、産卵池、孵化池を見学した。

14. 上海水産研究所

訪問日時：11月21日(木) 午前8時～12時

訪問者：佐々木忠義、平野礼次郎、野村 稔、石渡直典、
近藤恵一、野津治郎、及川 実



第13図 上海水産研究所。

上海水産研究所は、上海市内にある。その概要について、上海水産研究所革命委员会主任韓祝氏から次の説明があった。

沿革：上海水産研究所は、水産資源、漁撈、養殖、加工に関する水産科学の総合的な研究所である。1958年に国民経済大躍進に必要な水産科学技術の研究を行うために設立された。

構成：本研究所は、次の5研究室に分れている。

資源学研究室 東海のアジ、サバ、ヒメなどを中心とする主要な研究対象として、その生長、繁殖、回遊などの資源生物学的研究、水産資源の変動、漁期、漁場、海況などの研究を行っている。

漁撈学研究室 漁具、漁法、魚群探索などの研究に従事し、更に、漁民大衆の漁撈実践を記録し、その結果に基づいて漁撈技術を改善している。

養殖学研究室 草魚(そうぎょ)、鯉魚(はくれん)、鱖魚(こくれん)、青魚(あおうお)などの淡水魚類の養殖技術、種苗の生産、魚病、餌料、品種の拡大などの研究に従事し、更に、揚子江河口域の資源調査を行っている。

加工学研究室 魚類の加工技術、非食用部分の利用法などの研究を進めている。

魚類学研究室 魚類の分類、形態および生態の研究に従事し、更に、水産資源の開発と利用の基礎研究を行っ

ている。

研究所には、現在、職員が210名おり、そのうち研究者が150名、管理者と労働者60名がいる。

成果：本研究所は、毛沢東主席のプロレタリア革命路線の指導の下で、水産科学の研究を推し進めている。プロレタリア文化大革命後、研究者たちは生産現場に出て、漁民大衆、漁業労働者と一体となって「科学研究と生産労働」、「理論と実践」を結合させて研究し、生産向上に努力している。例えば、資源研究では、研究者は漁船に乗り、漁獲物は漁業労働者と一緒に調査し、資料をまとめ、その結果を討論し、研究を進めている。

説明後、魚類標本室を見学した。

見学後、次の質疑応答があった。

問：調査船は何トン位で、所属はどこか。

答：「実践」3,000トンがあり、海洋局東海分局の所属である。

問：水産科学技術者を養成する大学はどこにあるか。

答：文化大革命以前は、上海水産学院があったが、現在は、福建省へ移転した。漁民の中から大学へ入学させ、教育している。

15. 海洋調査船「実践」

訪問日時：11月21日(木) 午後1時～5時

訪問者：佐々木忠義、西脇昌治、松石秀之、十時 昌、
野津治郎、山本守之、中川雅央、及川 実、
平野紘一

海洋調査船「実践」は、海洋局東海分局所属である。その概要について、同船革命委員会責任者から次の説明があった。

海洋調査船「実践」は、海洋局所属の最初の海洋調査船として、1967年に建造された。全長95m、幅14m、排水量3,000トン、喫水5m、最大速度15ノット、最大航海日数45日間であり、搭載計器の大部分は国産である。研究室は、海洋化学、海洋物理、波浪、海洋気象、海洋光学、海洋微生物、海洋地質など12の研究室がある。

なお、1973年の中日海底ケーブル敷設には、日本人技術者4名が乗船し、共同して海洋調査を行った。

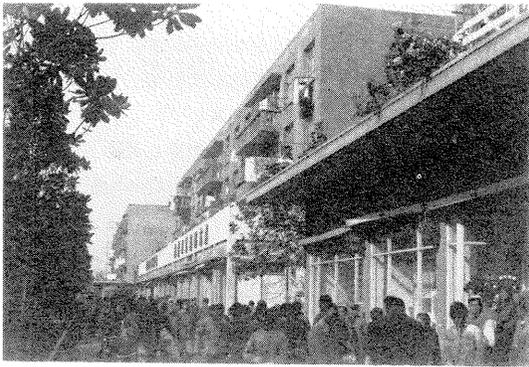
説明後、船内を見学した。

16. 上海市天山労働者団地

訪問日時：11月21日(木) 午前8時～12時

訪問者：十時 昌、山本守之、平野紘一

上海市労働者団地は、上海市郊外天山新村にあり、そ



第 14 図 上海市天山労働者団地内風景
(1 階は商業供給施設)。

の概要について、天山革命委員会責任者から次の説明があった。

天山労働者団地は 1952 年に完成した。4~5 階の建物が 660 棟あり、建築総面積は 386,000 m²、全戸数は 12,000 戸、居住者は 53,000 名である。すべてガス、電気、上下水道が完備されており、家賃は 1 m² 当たり平均 2.3 角で、給与の 4~5% が家賃の支払いに当てられている。この住宅に入っている労働者の大部分は、周辺地区の工場に勤めており、通勤時間は 30 分以内である。

この団地内には、商業供給施設として百貨店、食料品店、日用品販売店が数多くあり、そのほか人民銀行、小

学校 7、中学校 4、幼稚園 9、病院 2、合作医療ステーション 7、劇場 1 (収容人員 400 人)、プール 1 などがある。

1) 合作医療ステーション

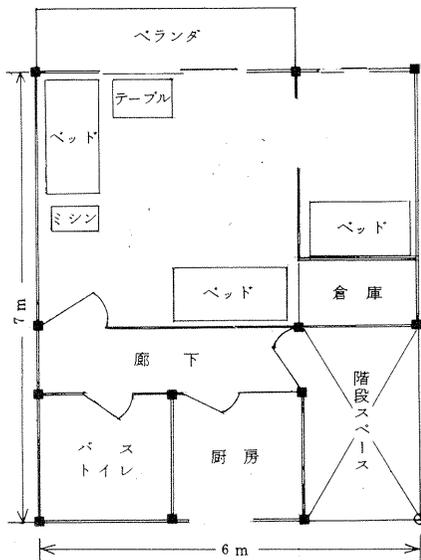
主として子供のいない主婦や定年後の人が、一定の医療に関する教育・訓練を受け、勤務についている。住民に対する衛生指導、病気になった場合や、怪我をしたときなど簡単な治療をし、病院へ入った方が良いか否か、適切なアドバイスを与える。なお、2 棟に 1 か所薬局があり、投薬(漢方薬)も施す。このステーションの運営資金は、住民が一人当たり月に 2 角を積立金として支払い、国家から 50% の資金の助成を受けるので、患者は無料で治療ができる。

2) 学 校

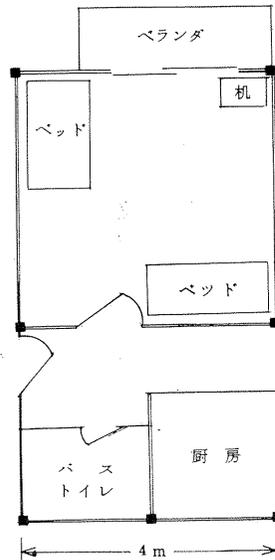
天山では、多少の学資がとられ、小学校では 6 か月に 3 元、中学校では 6 か月に 6 元を納めている。学制は、小学校 5 か年、初級中学校 3 か年、高級中学校 3 か年で、その後 2 か年間、農民か労働者または兵士にならなければならない。

3) 職 制

男子の退職年齢は 60 歳、女子は 55 歳で、退職後も退職時の給料の 70% を給付される。退職後は人民に奉仕するため、医療ステーション、環境衛生向上のための作業や指導のための勤務および学校などへ行って、過去の経験を通じて学んだ革命思想の教育・啓蒙に従事する。



第 15 図 団地間取図, その 1。



第 16 図 団地間取図, その 2。

なお、職場では3交替制勤務が多く、年に祝日（休日）が7日あり、産休は56日与えられる。

この団地においては、1958年以来、家庭の主婦が組織して集団の労働に従事しており、ハンカチ、婦人服などを作っている。

説明後、商業供給施設、団地内家庭、幼稚園、団地内の主婦が運営および作業している衣類加工工場を見学した。

4) 商業供給施設

日本のスーパーおよび小売店が一緒になったような組織で、価格は日本と比較して1/2~1/10程度である。理髪代は男3.5角、女4.0角で、足踏式ミシンは平均150元前後である。

5) 団地内家庭

7人、5人および3人家族の家庭をそれぞれ訪問した。

例 1. 7人家族

- a. 家族構成：主人 化学工場労働者、妻 無職、長男 上海塑料工場労働者、次男 上海大学医学部学生（学生寮で生活しており別居）、長女 上海綿紡績工場労働者、三男 小学生、次女

小学生。

b. 収入、支出の例

総収入：220元/月

支出：家賃 7元8.3角/月、電気代 1元/月、水道代 4元/月

c. 間取り 第15図参照

例 2. 5人家族

主人 退職収入（年金）50元/月、妻 無職、長男 上海鋼鉄公司労働者、収入 80元/月、同妻 上海ゴム靴公司労働者、収入 60元/月、同子供。

例 3. 3人家族

- a. 家族構成：主人 上海ゴム靴公司労働者、収入 143元/月、妻 無職、長男 上海倉庫公司労働者、収入 36元/月。

b. 間取り 第16図参照

6) 幼稚園

3~5歳の幼児を約30名程度のクラスに分け、仕付け教育および絵、歌、舞などを通じて革命思想の教育を行っている。

Summary

Schedule of visit

(4~22 November, 1974)

Nov. 4 (Monday)

9 AM JAL 785 Tokyo—Peking (via Shanghai)

6 PM arrive Peking

7:30 PM~9:30 PM China Oceanographic Society held a reception

Nov. 5 (Tuesday)

8 AM~12 AM visit Peking Oil Factory

1 PM~5 PM visit Palace Museum

Nov. 6 (Wednesday)

8 AM~12 AM visit Great Wall

1 PM~5 PM visit Ming Tombs and Tiantan Park

11:15 PM Peking—Chingtao by train

Nov. 7 (Thursday)

2:30 PM arrive Chingtao

6 PM~8 PM Chingtao Revolutionary Committee held a reception

Nov. 8 (Friday)

8 AM~12 AM visit Institute of Ocea-

nography, Academia Sinica

1 PM~5 PM visit Shantung College of Oceanography and the Ocean Research Vessel "Dongfanghong"

7 PM~9 PM see a movie "Blue pine forest"

Nov. 9 (Saturday)

8 AM~12 AM Messrs. M. Nishiwaki, R. Hirano and N. Ishiwata speech. Others visit Chingtao Aquarium and Chingtao Carving Shell Arts Factory

1 PM~5 PM visit Chingtao Beer Factory

7 PM~9 PM see a movie "China arts and crafts"

10:15 PM Chingtao—Peking by train

Nov. 10 (Sunday)

2:30 PM arrive Peking

7 PM~9 PM see physical exercise in Peking Worker's Gymnasium

Nov. 11 (Monday)

12:45 PM Peking—Lüta by plane

3:45 PM arrive Lüta

7 PM~9 PM Lüta Revolutionary Com-

- mittee held a reception
- Nov. 12 (Tuesday)
8 AM~12 AM visit Talién Bay and Lüta Fisheries Company
1 PM~2 PM visit Lüta underground shops
3:05 PM Lüta—Tienching by train
- Nov. 13 (Wednesday)
8:11 AM arrive Tienching
10 AM~4 PM visit Takiang Oil Field
6 PM~8 PM Tienching Revolutionary Committee held a reception
8:45 PM Tienching—Peking by train
10:45 PM arrive Peking
- Nov. 14 (Thursday)
8 AM~12 AM free
1 PM~5 PM Messrs. T. Sasaki, H. Matsuishi and M. Yamamoto speech. Others visit Peking Zoo.
6 PM~8 PM China Japan Friendship Society held a reception.
- Nov. 15 (Friday)
8 AM~12 AM Messrs. J. Nozu and M. Nakagawa speech. Others visit Peking Carpet Factory.
1 PM~5 PM free
6 PM~9 PM Japan Oceanography, Fisheries, Ocean Development visiting party held a reception.
- Nov. 16 (Saturday)
8 AM~11 AM free
3:20 PM Peking—Wuhan by plane
8:10 PM arrive Wuhan
9:30 PM~11 PM Hupei Province Scientific Technique Association held a reception
- Nov. 17 (Sunday)
8 AM~12 AM visit Hupei Province Fresh Water Biological Laboratory
1 PM~5 PM Messrs. M. Nishiwaki, M. Nomura and K. Kondo speech. Others visit Yangtze Big Bridge and East Lake Museum.
7 PM~9 PM see a movie "Twinkling red star"
- Nov. 18 (Monday)
8 AM~12 PM Messrs. M. Nishiwaki, R. Hirano, M. Nomura, N. Ishiwata and K. Kondo talk with Chinese staff. Others visit Wuhan Iron Company.
- 1 PM~5 PM visit Wuhan Fresh Water Fisheries Cooperative
7 PM~9 PM see Wuhan Red Little Soldier's singing and dancing
- Nov. 19 (Tuesday)
8:30 AM Wuhan—Shanghai by plane
10:20 AM arrive Shanghai
1 PM~5 PM visit Shanghai Fisheries Company
- Nov. 20 (Wednesday)
8 AM~12 AM Messrs. M. Nomura, N. Ishiwata and K. Kondo speech. Others visit Shanghai Industry Exhibition.
1 PM~5 PM visit Chingpu Prefecture Fresh Water Fishfarm
7 PM~9 PM see Shanghai Drama
- Nov. 21 (Thursday)
8 AM~12 AM Messrs. T. Sasaki, R. Hirano, M. Nomura, N. Ishiwata, K. Kondo, J. Nozu and M. Oikawa visit Shanghai Fisheries Laboratory. Messrs. M. Nishiwaki, H. Matsuishi and M. Nakagawa visit Shanghai Natural Museum. Messrs. A. Totoki, M. Yamamoto and K. Hirano visit Shanghai Tienshan Worker's Apartments.
1 PM~5 PM Messrs. R. Hirano, M. Nomura, N. Ishiwata and K. Kondo talk with Chinese staff. Others visit ocean research vessel "Shijian"
7 PM~9 PM Shanghai Revolutionary Committee held a reception
- Nov. 22 (Friday)
10:55 AM CA 923 Shanghai—Tokyo by plane
2:30 PM arrive Tokyo

Places of visit

Institute of Oceanography, Academia Sinica

It is located in the city Chingtao, Shantung Province.

This institute is for research into all aspects of ocean development and the utilization of marine resources. Before People's Republic of China was formed, Oceanography was far behind other countries, but after its foundation the government attached importance to the study of Oceanography and then created Chingtao Marine Biological Laboratory in 1950,

the predecessor of the Institute of Oceanography, Academia Sinica (1959).

In this institute there are 6 research laboratories: Marine Physics, Marine Instrumentation, Marine Chemistry, Marine Zoology, Marine Botany and Marine Experimental Zoology. This institute has 500 research workers, 4 ocean research vessels with a crew of 100 men, and a factory with 50 workers.

Biological and geological research of the seas near China are carried on, so that a lot of specimens and reference materials are kept here, for example, 280,000 specimens from the area Yalu River to Hainan Tao and some of them are placed on exhibition in the specimen rooms.

Nori, kelp and prawn culture techniques have been established.

Shantung College of Oceanography

It is located in the city Chingtao.

This is a training school for marine scientific technicians. In 1949 Shantung University, Department of Oceanography was established, which is the predecessor of Shantung College of Oceanography.

Five departments: Marine Physics, Marine Hydrography and Marine Meteorology, Marine Chemistry, Marine Biology, and Marine Geology.

Educational facilities: 1 factory, 2 culture farms, and 1 ocean research vessel (Dongfanghong, 2,500 ton).

Lüta Fisheries Company

It is in the city Lüta, Liaoning Province.

This company was established in 1961. In 1965 it began production.

Four departments: a fishing industry cooperative, a refrigeration and processing factory, a fishing net manufacture, and a repair yard for the ships.

This company has 150 fishing boats and 2 refrigeration boats. They go to Po Hai, Yellow Sea, East China Sea to catch hairtail, flounder, white croaker and prawn.

Hupei Province Fresh Water Biological Laboratory

It is in the city Wuhan, Hupei Province.

This laboratory is mainly for the all-round study of fresh water fish, seaweeds and problems of water pollution.

This laboratory is divided into 5 research

sections: the study of Ichthyology, the study of fish heredity, the study of fish diseases, the study of increasing fish production in lakes and dams, and the study of seaweeds. The laboratory has a staff of 300.

Already the problems concerning 10 kinds of parasitic diseases have been solved and recently they have found a medicine for the disease of "Caoyu" (*Ctenopharyngodon idellus*) spoiling the gills of a fish.

For the improvement of the fish culture techniques they are concentrating on the prevention of fish diseases. They follow 4 rules of cleanliness: clean fish, clean fishpond, clean feed and clean tools. And 4 rules for feeding: fixed quality, fixed quantity, fixed time and fixed situation.

Efforts were finally rewarded when they succeeded in breeding "Tuantoufang" (*Megalobrama amblycephala*) in captivity. This fish is easy to breed, grows quickly, is very strong, and tastes good. In nature, it also shows good natural increase.

Wuhan Fresh Water Fisheries Cooperative

It is in the suburbs of the city Wuhan, Hupei Province.

The lake has an area of 3,250 mu (1 mu is about 6.6-acre). The fish cultures are "Caoyu", "Lianyu" (*Hypophthalmichthys molitrix*), "Yongyu" (*Aristichthys nobilis*) and "Qingyu" (*Mylopharyngodon piceus*). They have improved the lake, built a dike. There also have farms and milk factories. Production has increased 51 % in 10 years. One of the reasons is that the excrements of the cattle were poured into the lake.

Shanghai Fisheries Company

It is in the city Shanghai.

It is a ship repair and ship building company and a fisheries company. Now they manufacture 10 times and catch 130 times more than before.

Chingpu Prefecture Fresh Water Fishfarm

It is in the suburbs of Shanghai.

The lake area is 508 mu. They are feeding about 1,500 adult "Caoyu", "Lianyu", "Yongyu" and "Qingyu". They are producing 2 billion eggs a year. They are planning to culture soft-shelled turtle, crab, prawn and eel.

Shanghai Fisheries Laboratory

It is in the city Shanghai.

This laboratory covers the whole field of fisheries science including fisheries resources, fishing techniques, fish culture and processing. It was established in 1958.

This laboratory is divided into 5 departments: Fisheries Biology, Fishing Technology, Fish Culture, Fisheries Processing, and Ichthyology. A staff of 210 are working in this laboratory.

Ocean research vessel "Shijian"

The vessel "Shijian" belong to a Department of Ocean East Sea Branch. The vessel was built in 1967 as the first ocean research vessel, length 95 m, width 14 m, 3,000 ton.

There are 12 laboratories: Marine Physics, Marine Chemistry, Marine Meteorology, Marine Optics, Marine Microbiology, Marine Geology, etc.

書 評

海洋工学ハンドブック (コロナ社)

海洋工学ハンドブック編集委員会編, A5判, 1,086ページ, 昭和50年3月刊, 14,000円

海洋開発技術ハンドブック (朝倉書店)

通商産業省資源エネルギー庁海洋開発室・運輸省船舶局技術課編集,
A5判, 1,200ページ, 昭和50年3月刊, 15,000円

日本における海洋工学(開発)関係の座右の書とすべき本がやっと出たという感じである。両書ともに、昭和50年3月に相前後して出版された。聞くところによると、コロナ社のハンドブックが企画され、主に大学、研究所所属の研究者による執筆者グループが編成されたのは、かれこれ4年ほど以前のことになる。一方、朝倉書店のものは、1年半ほど前に企画されたものであるから、1,000ページを越える出版物としては、極めてスピーディであったと言うべきである。

4~5年以前と現在とでは、海洋開発に対する考え方に微妙な変化が生じている。かつて、宇宙開発に続くものは海洋開発であるとの掛け声勇ましく、民間の大企業が新会社を設立し、政府もまたそのための予算をもうけたり、海洋開発関係の法人を設立するなど、いわゆるブームといわれる時期があった。しかし、この時期は、掛け声の大きさは裏腹に、海洋工学の暗中模索の時代であったと言える。その後、特に経済的メリットに性急である民間企業側が、まず次第に熱意を喪失し、政府、官庁、大学、研究所においても、はでな動きがみられなくなってきて現在に至っている。このような世相の移り変わりが、時期の異なる両ハンドブックの編集方針の中に現われていても不思議ではない。コロナ社のものが、主に大学、研究所に所属する者によって執筆されたのに比べ、朝倉書店のものは、行政官庁、民間企業に所属する執筆者が多い。海洋開発が、期待と同時に不安と疑惑の濃厚であった5年前ないしそれ以前においては、海洋開発に関して物が言えたのは、学者ないしは、それと同等な比較的気楽な立場にあるもののみであったろう。コロナ社のハンドブックの執筆陣は、どちらかと言えばそのような人種に属する。他方、朝倉書店の場合、その内容は海洋開発の現状に関する白書的な色彩が強い。今日、海洋開発の姿勢に関する反省がなされているが、かつてのブームを機会に創設された種々の新体制、新組織において、それなりの実績がえられてきており、現実性のあるものが次第に明らかにされてきたと言える。両書の特徴を一言で述べれば、コロナ社のものは基礎的、学術的であり、朝倉書店のものは「網羅的、実利的」であると言える。とはいえ、両書が取り上げたテーマは驚くほど似ている。コロナ社のものは、小さな活字でびっしりと書かれ、数

式及び図も朝倉書店のものより多い。また、各章が取り上げた項目に対して、基礎から応用まで体系だった議論がなされ、一つのまとまった教科書風になされている。この点ではコロナ社の方が、大学程度の基礎知識をもったものにとっては読みごたえのある論述が多く、従って優れていると思われる。

実用性をモットーとした朝倉書店のハンドブックにおいては、コロナ社のものが詳しく述べている項目のほとんどに関し、それらよりもはるかに簡単な叙述に終わっている。しかし、その6章から11章まで、すなわち、海洋作業、固定構造物、海洋石油生産、海底鉱物採取などの大型産業と結び付いた事柄の叙述には最大のスペースがさかれており、この点に関心のある利用者にとっては、コロナ社のものよりも便利であると言える。朝倉書店のハンドブックの他の特徴は、末尾に有用な「資料編」がもうけられていることである。

最後に、これらハンドブックにおける海洋開発に対する考え方を紹介する。

海洋工学ハンドブックの冒頭、執筆者の島田勝弘(科学技術庁)は、「海洋開発は(宇宙開発と同様に)最新の機械工学、電子工学、材料工学、人間工学などの技術を総合的、組織的に駆使した大規模な技術の体系と理解されてきた」が「最近では海洋に関する知見の著しい不足と経済合理性の確保という厚い壁にはばまれて、今後かなりの長期にわたって、海洋の開発利用の多くの目標が伝統的な体制と技術に拘束されるという認識が強いものとなって」いることを率直に述べている。これは正に、海洋開発に対する期待と苦悩の表現であろう。朝倉書店のハンドブックの「海洋開発とは何か」においては、ただ通産省産業構造審議会海洋開発部会答申をもとにして、(1)海洋利用可能性の開発、(2)海洋環境の回復と保全、(3)海洋の理解の増進、の三つをあげている。面白いことには、ここで海洋開発を「可能性の開発」であるとして点で、つまり、海洋開発の難しさを表現している、とみることができる。ともかく、これら二種のハンドブックは、将来への出発点という意味でユニークであり、それぞれに、似ているようで実は極めて個性的な書であると言える。(瀬川爾朗)

学 会 記 事

- 昭和50年3月11日, 日仏会館会議室において第1回「海洋構造物に関するシンポジウム」が開かれた。
- 昭和50年6月2日, 東京水産大学において編集委員会が開かれ, 第13巻第2号の編集が行われた。
- 下記の諸氏が入会された。

正会員:

| 氏 名 | 所 属 | 紹介者 |
|-------|------------|-------|
| 藤田四三雄 | 多木化学(株) | 佐々木忠義 |
| 木村 茂 | 東京水産大学 | 久保田 穰 |
| 近藤 恵一 | 東海区水産研究所 | 三浦 昭雄 |
| 大金 久展 | (社)海洋産業研究会 | 佐々木忠義 |

賛助会員:

日本プレスコンクリート(株)
東京都中央区日本橋本石町1-4 佐々木忠義

4. 退 会

正会員: 北田浩三, 山本裕彦, 古賀重行, 横尾敏博,
近藤 仁, 町田三郎, 田中誉広, 永沢一夫,
乃万俊夫, 茂木昭夫

賛助会員: 栗山ゴム(株), (株)吉田製作所, 帝国酸素(株),
(社)海洋開発産業技術協会

5. 住所, 所属の変更

| 氏 名 | 新住所又は新所属 |
|---------|--|
| 安 井 正 | 東京都千代田区大手町 1-3-4 気象庁海洋課 |
| 金 谷 太 郎 | 日光市上鉢町 金谷ホテル内 |
| 森 安 茂 雄 | 長崎市南山手町 5 長崎海洋気象台 |
| 川原田 裕 | 柏市旭町 7-4 気象大学校 |
| 岩 崎 英 雄 | 津市江戸橋 2-80 三重大学水産学部 |
| 武 田 恵 二 | 八戸市尻内町鴨田 7 青森県八戸合同庁舎内 青森県水産事務所 |
| 奈 須 敬 二 | 東京都千代田区紀尾井町 3-4 (剛堂会館ビル) 海洋水産資源開発センター |
| 田 平 真穂子 | 東京都杉並区成田東 1-39-11 松下荘内 |

6. 死 亡

正会員 松尾邦之助氏は昭和50年4月3日逝去された。謹んで御冥福を祈る。

評議員 鬼頭正隆氏は昭和50年5月27日逝去された。

謹んで御冥福を祈る。

7. 交換及び寄贈図書

- 1) 港湾技術研究所報告, 13(4).
- 2) 港湾技研資料, 196~199.
- 3) 深海潜水調査船に関する調査研究. (海洋科学技術センター)
- 4) 英国産業ニュース, 2~4月号.
- 5) 鯨研通信, 281~284号.
- 6) 函館海洋気象台要報, 18号.
- 7) なつしま, No. 12. (海洋科技センター)
- 8) 海洋機器開発, 7(2~4).
- 9) 神戸海洋気象台集報, 191号.
- 10) 東北区水産研究所研究報告, 34号.
- 11) 台湾省水産試験所, 東港分所研究報告業書, 2.
- 12) 台湾省水産試験所, 水産養殖, 2(2).
- 13) 海洋産業研究資料, 6(2, 3).
- 14) 航海, 45号.
- 15) 東海大学紀要, 8号.
- 16) 研究実用化報告, 24(1~3).
- 17) 港湾技術研究所案内, 1975年版.
- 18) 日本海区水産研究所研究報告, 26号.
- 19) 海洋資料センター要覧.
- 20) 海洋博ニュース, No. 30.
- 21) 函館海洋気象台海上気象報告, 31号.
- 22) 舞鶴海洋気象台要報, No. 13.
- 23) 舞鶴海洋気象台海洋観測資料, 昭和46, 47年.
- 24) JODC ニュース, No. 10.
- 25) CSK Newsletter, No. 45, 46.
- 26) Ocean Age, No. 3~5, 1975.
- 27) Bulletin de l'Association de Géographes Français, N° 417, 418.
- 28) Contrib. Geophys. Inst. Kyoto Univ., No. 14.
- 29) Science et Pêche, N° 236~239.
- 30) Marine Meteorology and Oceanography, 1969-1, 2.
- 31) Bulletin d'Information, N° 71-72.
- 32) Israel Oceanographic & Collected Reprints, 1971-1972, Limnological Research Ltd. Haifa, 1.
- 33) La Gazette de la Presse de Langue Francaise, N° 5~7.

- 34) Revue des Travaux de l'Institut des Pêches Maritimes, Tome XXXVIII Face 1.
- 35) Osteology and Evolutionary Relationships of the Sternoptychidae, with a New Classification of Stomiatoïd Families, Vol. 153, Art 3.
- 36) Phylogeny and Zoogeography of Salmoniform Fishes and Relationships of Lepidogalaxias Salamandroides, 153, Art 2.
- 37) Sipuncula of the Western North Atlantic, 152, Art 3.
- 38) Morphology and Speciation of Hawaiian and Eastern Pacific Smittinidae (Broyozoa, Ectoprocta), 152, Art 6.
- 39) The Species of Gizzard Shads (Dorosomatinae) with Particular Reference to the Indo-Pacific Region, 150, Art 2.
- 40) American Museum Novitates, No. 2492, 2497, 2500, 2512, 2524, 2572.
- 41) Notas e Estudos do Instituto de Biologia Maritima, N° 42.
- 42) Bulletin, N° 59-60, Haifa, Israel.
- 43) Annales Hydrographiques, 2(741).
- 44) Novitates Published by the American Museum of Natural History, No. 2572.

日仏海洋学会役員

- 顧問 ユベール・ブロッシェ ジャン・デルサルト
ジャック・ロベール アレクシス・ドランデール
ベルナル・フランク
- 名誉会長 ミシェル・ルサージェ
- 会長 佐々木忠義
- 常任幹事 永田 正, 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, 齋藤泰一,

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,
国司秀明, 久保田 穰, 黒木敏郎, 小林 博
小牧勇蔵, 西条八東, 齋藤泰一, 齋藤行正,
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, 渡辺貫太郎, 渡辺精一

(五十音順)

マルセル・ジュクラリウス, ジャン・アング
ティル, ロジェ・ペリカ

賛 助 会 員

旭化成工業株式会社
井出利明
株式会社内田老鶴園新社 内田悟
梅林弘直
株式会社大林組
小樽船用電機株式会社
株式会社オルガノ
株式会社オーシャン・エージ社

東京都千代田区有楽町 1-1-2 三井ビル
釧路市白金町 11
東京都千代田区九段北 1-2-1 蜂谷ビル
東京都千代田区大手町 2-2-1 新大手町ビル7階 極東貿易株式会社
東京都千代田区神田司町 2-3
小樽市色内町 3-4-3
東京都文京区本郷 5-5-16
東京都千代田区神田美土代町 11-2 第1東英ビル

- 海上電機株式会社
株式会社 海洋開発センター
協同低温工業株式会社
協和商工株式会社
小松川化工機株式会社
小山康三
三信船舶電具株式会社
三洋水路測量株式会社
シュナイダー財団極東駐在事務所
昭和電装株式会社
大洋電機株式会社
株式会社 高瀬鉄工所
株式会社 鶴見精機
東亜港湾株式会社
東京工材株式会社
株式会社 東京久栄
東京製綱繊維ロープ株式会社
東京レプ株式会社
株式会社 東邦電探
中川防蝕工業株式会社
株式会社 ナック
日本アクアラング株式会社
日本海事広報協会海の世界編集部
日本海洋産業株式会社
日本テトラポッド株式会社
日本テレコム株式会社
社団法人 日本能率協会
日本プレスコンクリート株式会社
日本無線株式会社
有限会社ハラダ電機製作所
ヒエン電工株式会社
深田多満男
藤田 潔
藤田 峯 雄
芙蓉海洋開発株式会社
フランス物産株式会社
古野電気株式会社
丸文株式会社
三井海洋開発株式会社
吉野計器製作所
株式会社 離合社
株式会社 渡部計器製作所
東京都千代田区神田錦町 1-19
東京都港区赤坂 1-9-1
東京都千代田区神田佐久間町 1-21 山伝ビル
東京都豊島区目白 4-24-1
東京都千代田区神田佐久間町 2-7 第6東ビル
東京都文京区本駒込 6-15-10 英和印刷社
東京都千代田区神田 1-16-8
東京都港区新橋 5-23-7 三栄ビル
東京都港区芝罘平町 38 日本ガス協会ビル
高松市寺井町 1079
東京都千代田区神田錦町 3-16
東京都江戸川区松江 1-11-15
横浜市鶴見区鶴見町 1506
東京都千代田区四番町 5
東京都中央区築地 4-7-1 築三ビル
東京都中央区八重洲 3-3 八重洲口会館
東京都中央区日本橋室町 2-6 江戸ビル
東京都豊島区池袋 2-1120 ローズマンション 302号
東京都杉並区上高井戸宮前 1-8-9
東京都千代田区神田鍛冶町 2-1 東京建物ビル
東京都港区西麻布 1-2-7 第17興和ビル
東京都品川区東品川 4-9-26 南産業ビル
東京都港区琴平町 35 船舶振興ビル
東京都新宿区西新宿 2-6-1 新宿住友ビル
東京都港区新橋 2-1-13 新橋富士ビル9階
東京都港区六本木 4-11-10 六本木富士ビル
東京都港区芝公園 25号地
東京都中央区日本橋本石町 1-4
東京都港区芝桜川町 25 第五森ビル
東京都豊島区池袋 3-35
堺市松屋町 1-3
東京都港区芝虎ノ門 8 虎ノ門実業会館 深田サルベージ株式会社
東京都新宿区四谷 3-9 光明堂ビル 株式会社ビデオプロモーション
東京都江東区南砂 1-3-25 株式会社 中村鉄工所
東京都千代田区大手町 2-3-6 タイムライフビル
東京都千代田区神田小川町 3-20-2 増淵ビル
東京都中央区八重洲 4-5 藤和ビル
東京都中央区日本橋大伝馬町 2-1-1
東京都千代田区霞ヶ関 3-2-5 霞ヶ関ビル 3002号室
東京都北区西ヶ原 1-14
東京都千代田区神田鍛冶町 1-2 丸石ビル
東京都文京区向丘 1-7-17

Exploiting the Ocean by...

T.S.K. OCEANOGRAPHIC INSTRUMENTS

REPRESENTATIVE GROUPS OF INSTRUMENTS AND SYSTEMS

T.S. 水質モニターセンサー

当社製センサー（流速，流向，波浪，水位，塩分，酸素，PH，水温，気温，風速等々）が観測塔及び洋上ブイ，河口堰など全国に多数設置され連続測定記録，テレメーターに使用され，水質，気象監視を続けています。



THE TSURUMI SEIKI CO., LTD.

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

CABLE ADDRESS

TELEPHONE

TELEX

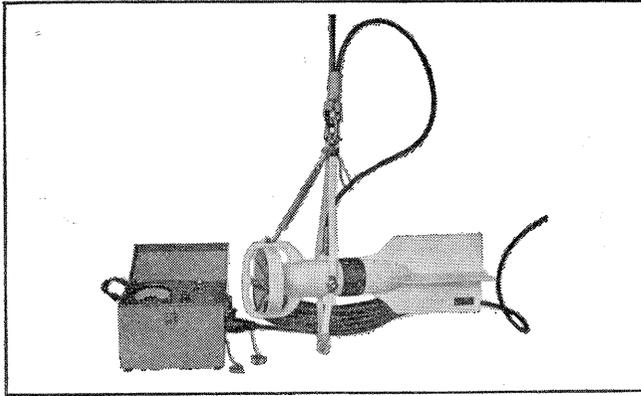
TSURUMISEIKI Yokohama

045-521-5252~5

3823750 TSKJPNJ

テレックス 3823750 TSKJPNJ

IWAMIYA INSTRUMENTATION LABORATORY



Direct-Reading Current &
Direction Meter

Model

CM-2

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

Products

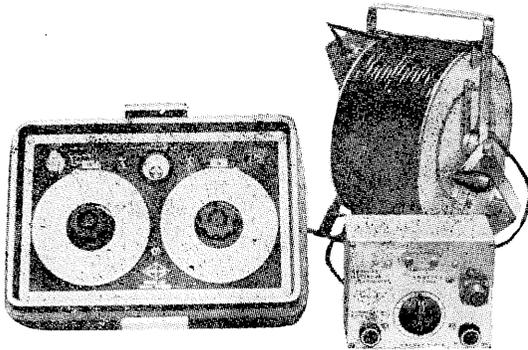
- KM-2 : Direct Reading Knot-Meter for Trawl-Boats to Control Adequate Speed
- EI-5 : Electric Meter of Water Temperature
- ECT-5: Electric Conduction and Temperature Meter for Chlorine

TOHO DENTAN CO., LTD.

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

AUTO-LAB PORTABLE S-T BRIDGE

Model 602



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

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

追加附属品

- ステンレス製ケーブルリール
- 半自動式電極プラチナイザー

製造品目

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

日本およびアジア総代理店



株式会社 渡部計器製作所

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

(カタログ御希望の方は誌名御記入の上御請求下さい)

最高の品質 信頼のブランド aqua-lung®



France.



Italy.



Australia.



U.S.A.



日本アクアラング株式会社

本社・東京支社：東京都品川区東品川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(高松帝殿内) 〒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の乾燥の必要がなく、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

水中濁度計
水中照度計
電導度計



株式会社 村山電機製作所

本社 東京都目黒区五本木2-13-1
出張所 名古屋・大阪・北九州

7IL は無限の可能性に挑戦する

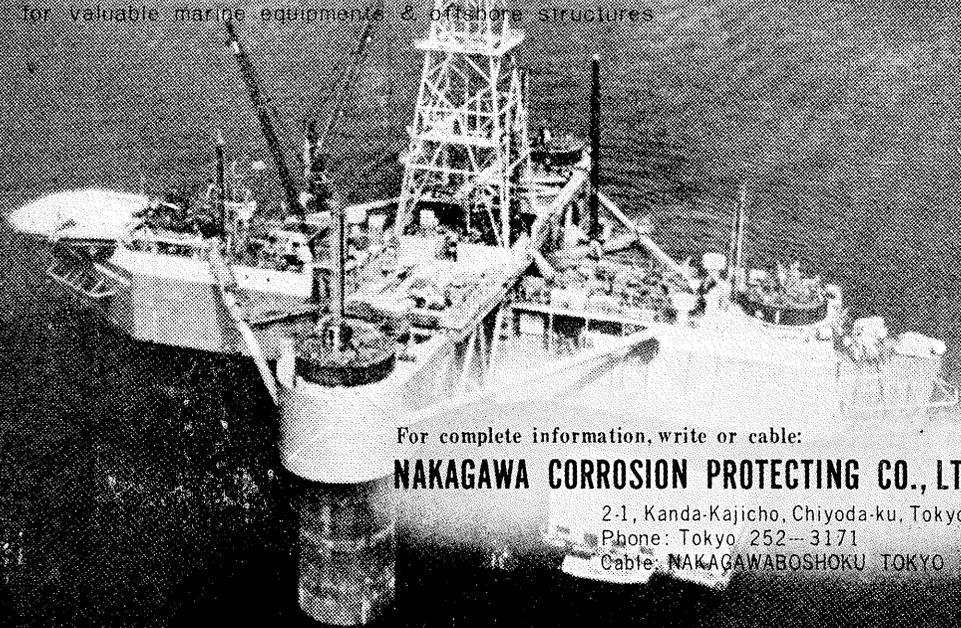
- ◆漁撈電子機器
- ◆航海計器
- ◆海洋開発機器
- ◆航空機用電子機器
- ◆各種制御機器
- ◆コンピュータ端末機器
- ◆各種情報システム



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

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 深浅測量, 底質土質調査, 国土保全測量調査, 海洋資源開発測量調査

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

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

特色 高性能の精密計測機の整備拡充

元海上保安庁職員をもつて組織する優秀なる我国唯一の技術陣

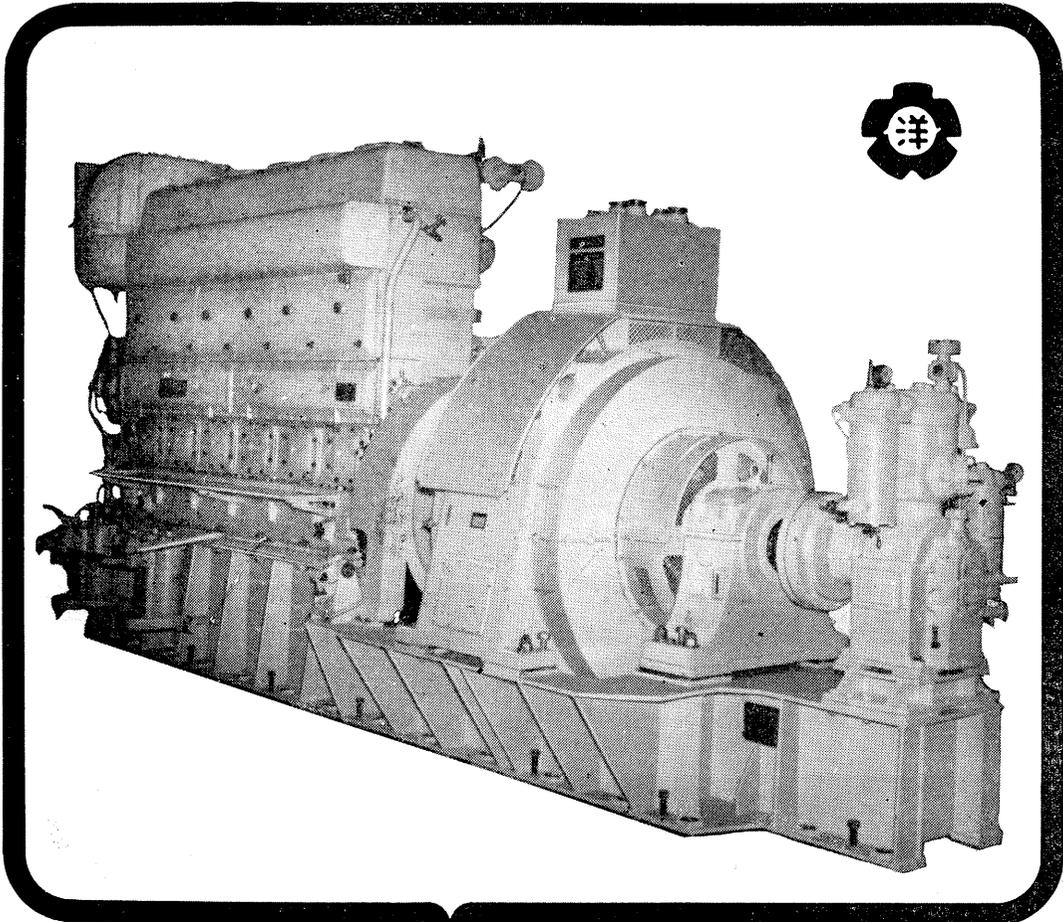
総代理店(連絡先)は全国的組織網を持つ三井物産 K.K の本, 支店出張所

三洋水路測量株式会社

東京都港区新橋5丁目23番7号

電話 (432) 2971~4

ながい経験と最新の技術を誇る！
大洋の船舶用電気機器



主要生産品目

自励・他励交流発電機

直流発電機

各種電動機及制御装置

船舶自動化装置

配電盤

大洋電機株式会社

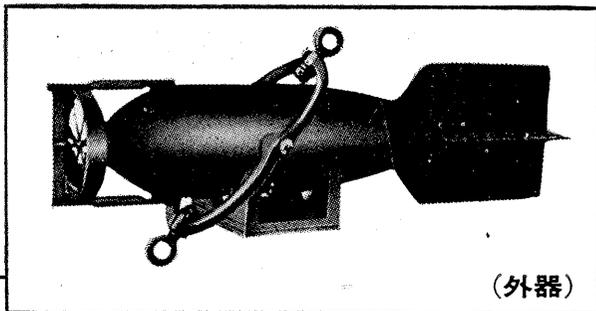
取締役社長 山田沢三

本社 東京都千代田区神田錦町3の16
 電話 東京 (293) 3061~8
 岐阜工場 岐阜県羽島郡笠松町如月町18
 電話 笠松 4111~5
 伊勢崎工場 群馬県伊勢崎市八斗島町726
 電話 伊勢崎 1815・1816・1835・816
 下関出張所 下関市竹崎町399
 電話 下関 (22) 2820・3704
 北海道出張所 札幌市北二条東二丁目 浜建ビル
 電話 札幌 (25) 6347(23)8061・8261

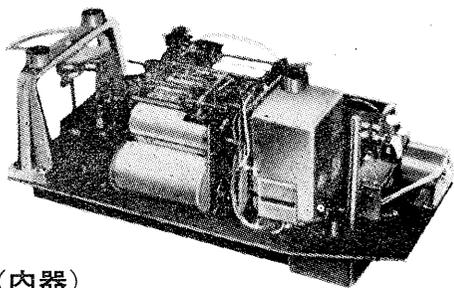
長期捲自記流速計

(NC-II)

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



(外器)



(内器)

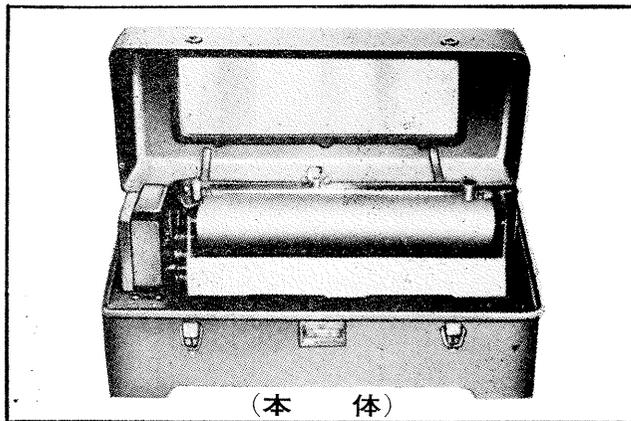
プロペラはA, B, C三枚一組になって居り

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

弱流ペラーに依る最低速度は約4cm/secです。

フース型長期捲自記検潮器

(LFT-III)



(本 体)

営業品目

階段抵抗式波高計
ケープル式波高計
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



昭和 50 年 5 月 25 日 印刷
昭和 50 年 5 月 31 日 発行

う み 第 13 卷
第 2 号

定価 700 円

編集者 今 村 豊
発行者 佐々木 忠義
発行所 日仏海洋学会
財団法人 日仏会館内
東京都千代田区神田駿河台2-3
郵便番号:101
電話:(291) 1141
振替番号:東京 96503

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

第 13 卷 第 2 号

目 次

原 著

- 自然環境において高温が海洋微生物のヘキサデカン分解作用に及ぼす影響 (英文).....関 文威 53
- メバチに関する水産海洋学的研究—II. 東部熱帯太平洋におけるマグロはえなわ漁場と
水温躍層および溶存酸素量との関係花本 栄二 58
- 6,500 万年前の海洋大循環 (英文).....高野 健三 72

総 説

- 視覚運動反応と魚類の行動井上 実 79

資 料

- 日本海洋学・水産学・海洋開発交流訪中団報告佐々木忠義 91

- 書 評 109

- 学会記事 110

Tome 13 N° 2

SOMMAIRE

Notes originales

- Thermal Stress for Hexadecane Decomposition in Seawater of
a Natural Environment.....Humitake SEKI 53
- Fishery Oceanography of Bigeye Tuna—II. Thermocline and Dissolved Oxygen
Content in Relation to Tuna Longline Fishing Grounds in the Eastern Tropical
Pacific Ocean (in Japanese)Eiji HANAMOTO 58
- A Possible General Circulation in the World Ocean of 65 Million Years B.P.Kenzo TAKANO 72

Miscellanées

- The Optomotor Reaction and the Behavior of Fish (in Japanese).....Makoto INOUE 79

Documentation

- Japan Oceanography, Fisheries, Ocean Development Exchange Visit to China
Group (in Japanese with English Summary)Tadayoshi SASAKI 91

- Analyses de livres 109

- Procès-Vervaux 110