
Tome 10

Août

1972

Numéro 3

う み

La mer

昭和 47 年 8 月

日 仏 海 洋 学 会

La Société franco-japonaise
d'océanographie
Tokyo, Japon

日 仏 海 洋 学 会

編 集 委 員 会

委員長 今村 豊 (東京水産大学)
委員 星野通平 (東海大学) 井上 実 (東京水産大学) 川原田 裕 (気象庁) 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 (理化学研究所) 杉浦吉雄 (気象研究所) 高木和徳 (東京水産大学) 高野健三 (理化学研究所) 冨永政英 (台湾大学) 宇野 寛 (東京水産大学) 渡辺精一 (理化学研究所)

投 稿 規 程

1. 報文の投稿者は原則として本会会員に限る。
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。原稿は、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なうことがある。
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 (または仏文) 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. 図および表は必要なもののみに限る。図はそのまま版下になるように縮尺を考慮して鮮明に黒インクで書き、論文の図および表には必ず英文 (または仏文) の説明をつけること。
6. 初校は原則として著者が行なう。
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) を徴収する。

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

RECOMMANDATIONS A L'USAGE DES AUTEURS

1. Les auteurs doivent être, en principe, des Membres de la Société franco-japonaise d'océanographie. Néanmoins, les notes des savants étrangers à la Société seront acceptées, si elles sont présentées par un Membre.
2. Les notes ne peuvent dépasser douze pages. Les manuscrits, 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.
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.

Optical Properties of the Water in Adjacent Regions of the Kuroshio (II)*

Motoaki KISHINO**, Noboru OKAMI**, Gohachiro OSHIBA**
and Tadayoshi SASAKI***

Abstract: Irradiance, scalar irradiance and attenuation coefficient in various layers were measured in the region of the Kuroshio and its surroundings. From these data were calculated the values of absorption coefficient a , total scattering coefficient b , reflectance and attenuation coefficient for irradiance and scalar irradiance at wave length 520 nm. The values of $a=0.03\sim 0.04\text{ m}^{-1}$ were obtained at Stns. 8 and 9 off Hachijo Island and off Miyake Island. It is considered that these values are nothing but the absorption coefficient of the Kuroshio. The minimum value of them is nearly equal to the value of absorption coefficient of distilled water ($a=0.028\text{ m}^{-1}$) obtained by HULBURT.

The total scattering coefficient b is generally larger in summer than in winter. The minimum value is 0.052 m^{-1} obtained at Stn. 3 at depth of 60 m. It is considered that this value is due to scattering produced by low concentration of suspended matters.

1. Introduction

Many optical phenomena in the sea are governed by the inherent optical properties of sea water, such as the attenuation coefficient, absorption coefficient, total scattering coefficient and volume scattering function. So, it is one of the important subjects in the optical oceanography to determine the values of these quantities of sea water. A few values of them have been measured and reported by a number of investigators by means of various methods (TYLER *et al.*, 1959; TYLER, 1961; IVANOFF *et al.*, 1961; JERLOV, 1964; HISHIDA, 1966; SASAKI *et al.*, 1968; MORRISON, 1970; LUNDGREN and HØJERSLOV, 1970).

The authors have been carrying out measurement of these optical properties of the sea water in adjacent regions of the Kuroshio for past few years. In a previous report, the absorption coefficient in the Sagami Bay and the East China Sea was determined by the measurement of downward and upward irradiance and scalar irradiance (SASAKI *et al.*, 1968). Now, the measurements of attenuation coeffi-

cient in the Sagami Bay, the Suruga Bay and off Izu Islands were carried out using a beam transmittance meter, together with the measurements of irradiance and scalar irradiance, and the absorption coefficient and the total scattering coefficient in every layer were also obtained. As a result, it is realized that the Kuroshio water is clear compared with water in the Clater Lake and in the Sargasso Sea.

2. Instruments

Irradiance and scalar irradiance were measured by use of an irradiance meter and a scalar irradiance meter as in the previous measurement (SASAKI *et al.*, 1968). The wave length of the center of gravity which was controlled by inserting a color filter in front of CdS cell was 520 nm and half-width was 86 nm. The errors due to incomplete collectors of these meters were about +4 % for the downward irradiance, about +9 % for the upward irradiance and about -7 % for the scalar irradiance in case of the clear sky by calculation using the data of radiance distribution in the Lake Pend Oreille obtained by TYLER (1960). The individual errors in case of the overcast sky were slightly smaller in comparison with the case of the clear sky.

* Received July 10, 1972

** The Institute of Physical and Chemical Research

*** Tokyo University of Fisheries

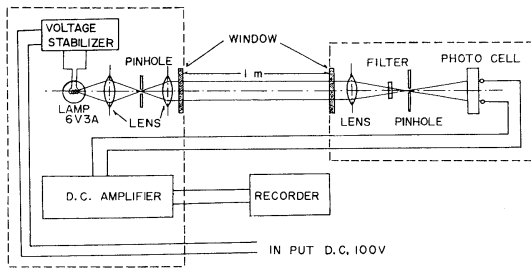


Fig. 1. Optical system and electric circuit of underwater beam transmittance meter.

It is presumed that the cause of the errors is the incomplete diffusibility of opal plastics, the shape of collector and the partial hindrance of the incident flux by the flange of the receiver.

These errors in the measured values of irradiance and scalar irradiance due to the collector were of a similar degree as in the values of the absorption coefficient and apparent optical properties.

The attenuation coefficient was measured with a beam transmittance meter. A schematic diagram of the optical system and electric circuit of this meter is shown in Fig. 1. A light from the tungsten lamp is condensed through the condenser lens, converted into a collimated beam through the collimator-pinhole system and reaches the light receiver through the one meter optical path. The light receiver consists of a lens-pinhole system and a detector, which is a solar cell of photovoltaic type. The same color filter used in the irradiance meter is inserted in front of the solar cell so as to limit the wave length of the center of gravity to 520 nm and half-width to 90 nm. The collimated beam is 25 mm in diameter and its divergence is 0.5° . The acceptance angle of the light receiver is 0.85° and the error of the attenuation coefficient caused by the forward scattered light is small.

The value of the attenuation coefficient c is calculated by the following equation:

$$c = \ln(I_a/I_w) + 0.074 \quad (\text{m}^{-1}), \quad (1)$$

where I_a is the radiance measured in air and I_w is that in water. The second term of the right side of Eqn. (1) is a compensation term for the reflection loss of light flux at the ex-

terior window interfaces, when the instrument is changed in the measurement from air for calibration to water, and calculated from the Fresnel's law.

3. Calculations

The values of absorption coefficient a , total scattering coefficient b , attenuation coefficient for downward irradiance K_d , for upward irradiance k and reflectance R_d in every layer were calculated by the following equations (2)~(7):

$$a = \frac{-\bar{E}(z) \ln[\bar{E}(z - \Delta z/2)/\bar{E}(z + \Delta z/2)]}{\Delta z E_0(z)} \quad (\text{m}^{-1})$$

$$\bar{E}(z) = E_u(z) - E_d(z) \quad (2)$$

$$b = c - a \quad (\text{m}^{-1}) \quad (3)$$

$$K_d = \frac{\ln[E_d(z - \Delta z/2)/E_d(z + \Delta z/2)]}{\Delta z} \quad (\text{m}^{-1}) \quad (4)$$

$$K_u = \frac{\ln[E_u(z - \Delta z/2)/E_u(z + \Delta z/2)]}{\Delta z} \quad (\text{m}^{-1}) \quad (5)$$

$$k = \frac{\ln[E_0(z - \Delta z/2)/E_0(z + \Delta z/2)]}{\Delta z} \quad (\text{m}^{-1}) \quad (6)$$

$$R_d = \frac{E_u(z)}{E_d(z)}, \quad (7)$$

where E_d is the downward irradiance, E_u is the upward irradiance, E_0 is the scalar irradiance and c is the attenuation coefficient.

4. Results of Measurements and Discussion

The measurements of irradiance, scalar irradiance and attenuation coefficient were carried out in the Sagami Bay and off Shimoda in March, 1968, in the Suruga Bay in January, 1969, and off Izu Islands in August, 1970, on the R. V. Tansei Maru of the Ocean Research Institute, University of Tokyo. The measurement was performed at every five meters down to the depth of 70 m or 90 m. The location of measurement is shown in Fig. 2.

The vertical distribution of apparent optical properties: K_d , K_u , k and R_d , at Stn. 1, which is a typical example at near coast, and at Stn. 9, which is a typical one at open ocean, is shown in Fig. 3.

As shown in Fig. 3-a, the vertical distribution of K_d , K_u and k at near coast is variable according to the depth. Due to the reflection

at the sea bottom, the value of K_u at 70 m is small and R_d at 70 m is large. On the other hand, as shown in Fig. 3-b, K_d , K_u and k at open ocean are nearly of the same values; 0.04~0.055 m^{-1} at the shallower layers and 0.03~0.035 m^{-1} at the deeper layers. And R_d is decreased from 0.037 at the surface to 0.025 at depth of 90 m. It is considered that the apparent optical properties: K_d , K_u and k of very clear water at open ocean are very small and nearly of the same values with one other.

The values of absorption coefficient a , total scattering coefficient b and attenuation coefficient c at each station are shown in Table 1.

The minimum value of a is 0.030 m^{-1} at 80 m depth at Stn. 9. This value is nearly equal to $a=0.028 m^{-1}$ of distilled water at the same wave length (520 nm) measured by HULBURT (1945). The values of a at the surface lie in the range of 0.071~0.064 m^{-1} except Stns. 3, 5, 8 and 9. It seems that sea water contains large amounts of dissolved organic substances due to influence of land. At the Stn. 3, the values of a are varied little with depth and lie in the range of 0.042~0.053 m^{-1} . These values are not different so much as compared with the values of a ; 0.042~0.049 m^{-1} , previously

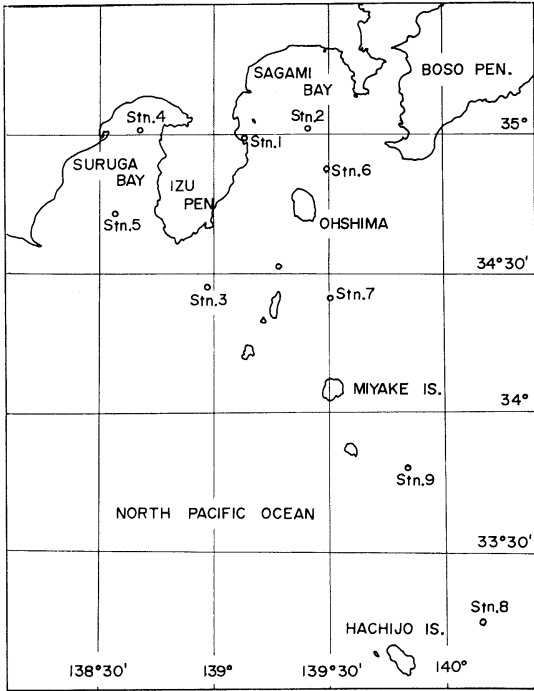


Fig. 2. The location of stations.

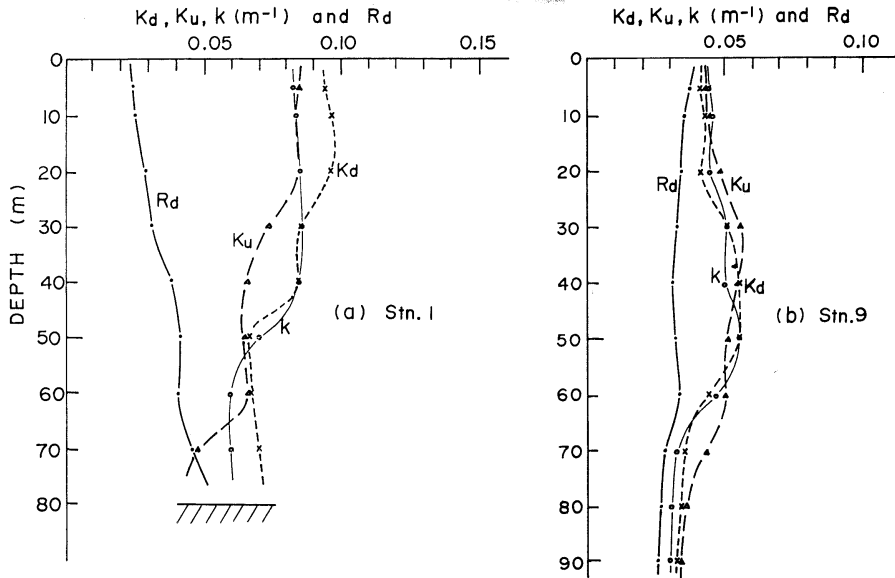


Fig. 3. Vertical distribution of apparent optical properties.
(a): Stn. 1, (b): Stn. 9.

Table 1. The values of absorption coefficient a (m^{-1}), total scattering coefficient b (m^{-1}) and attenuation coefficient c (m^{-1}).

	Stn. 1 1968-3-2 34°59.7'N 139°07.6'E			Stn. 2 1968-3-10 35°01.6'N 139°24.7'E			Stn. 3 1968-3-11 34°27.0'N 138°58.0'E			Stn. 4 1969-1-23 35°01.0'N 138°40.0'E			Stn. 5 1969-1-24 34°43.8'N 138°34.0'E		
Depth (m)	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c
5	.078	.166	.244	.064	.076	.140	.048	.093	.141	.079	.105	.184	.050	.101	.151
10	.077	.177	.254	.065	.074	.139	.048	.097	.145	.073	.115	.188	.051	.100	.151
20	.070	.184	.254	.061	.116	.177	.048	.085	.133	.067	.123	.190	.053	.103	.156
30	.057	.197	.254	.063	.112	.175	.050	.075	.125	.054	.124	.184	.050	.104	.154
40	.053	.191	.242	.061	.105	.166	.050	.065	.115	.054	.100	.154	.049	.096	.145
50	.046	.198	.244	.061	.103	.164	.054	.054	.108	.056	.089	.146	.048	.084	.132
60	.054	.189	.239	.063	.096	.157	.056	.052	.108	.044	.075	.119	.043	.080	.123
70	.043	.191	.234	.063	.096	.157	.046	.057	.103	.044	.075	.119	.040	.079	.119
80				.055	.093	.148	.042	.055	.097	.044	.066	.112	.042	.076	.118
	Stn. 6 1970-8-4 34°51.6'N 139°29.1'E			Stn. 7 1970-8-5 34°24.4'N 139°39.4'E			Stn. 8 1970-8-6 33°14.7'N 140°09.2'E			Stn. 9 1970-8-7 33°48.0'N 139°50.4'E					
Depth (m)	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c			
5	.077	.863	.940	.073	.481	.544	.034	.122	.156	.034	.130	.164			
10	.074	.866	.940	.073	.440	.513	.034	.110	.144	.035	.129	.164			
20	.072	.421	.493	.073	.434	.507	.034	.095	.129	.034	.120	.154			
30	.071	.147	.218	.075	.418	.493	.034	.101	.135	.042	.100	.142			
40	.056	.144	.200	.067	.308	.375	.034	.108	.142	.049	.107	.156			
50	.056	.100	.156	.059	.222	.281	.034	.125	.159	.045	.132	.177			
60	.055	.084	.139	.048	.167	.215	.036	.120	.156	.039	.135	.174			
70	.053	.061	.114	.043	.124	.167	.038	.104	.142	.031	.128	.159			
80	.044	.057	.101	.045	.104	.149	.037	.091	.128	.030	.105	.135			

obtained by the authors in the surface layer of the East China Sea in the region of the Kuroshio. It is considered that the Kuroshio was near the Izu Peninsula at that time. The values of a at Stn. 8 are $0.034 \sim 0.038 m^{-1}$ from the surface to depth of 90 m and the values of a at the deeper layer except Stn. 2 lie in the range of $0.03 \sim 0.045 m^{-1}$. Then, it is considered that the value a of the Kuroshio is $0.03 \sim 0.04 m^{-1}$.

The values of b are larger in summer than in winter. In winter, the values of b except Stns. 1 and 2 decrease with depth. The minimum value of b is $0.052 m^{-1}$ at 60 m depth at Stn. 3. It is considered that this value is due to scattering produced by suspended matters in the sea water, but in this station the concentration of suspended matters is relatively small, because the value of b of sea water itself is very small at the same wave length. The values of b at Stn. 1 are considerably large

and lie from $0.166 m^{-1}$ to $0.198 m^{-1}$ without regard to winter. It is considered that this region causes large effects of land and contains many suspended matters.

The values of b measured at Stns. 6 and 7 are very large in comparison with those measured at other stations. It seems that the large values are due to the high biological production on the surface layer in summer.

The fluctuation of the values of c with depth is small at Stns. 1, 2, 8 and 9. But at other stations, the values of c decrease with depth in a like manner as b . The minimum of these values at all stations is $0.097 m^{-1}$ measured at that depth of 80 m in Stn. 3. This value is about twice as much as that of c of distilled water at the same wave length measured by HULBURT (1945).

TYLER *et al.* (1972) predicted the optical properties of a clean-water type as a function

of wave length. This prediction is based on extensive experimental spectral values for K_d and R_d for clear natural water, together with an analytical expression for asymptotic radiance distribution. He said that the values predicted for c are found to be favorable compared with recent data for c obtained at several wave length by AUSTIN, in the Sargasso Sea. The values of c at depth of 80 m in Stn. 3 are nearly equal to those obtained by TYLER *et al.* and AUSTIN. The average value of K_d at Stn. 3 is 0.055 m^{-1} and nearly equal to the value ($c=0.0507 \text{ m}^{-1}$) obtained in the Clater Lake by SMITH and TYLER (1967). Then, it can be said that the water at about 80 m depth in the Kuroshio region is clear compared with water in the Clater Lake and in the Sargasso Sea.

The ratio a/c at Stn. 1 is 0.3 on the surface and decrease to 0.18 with depth. The ratio at Stn. 3 increases from 0.35 at the surface with depth and its maximum is 0.55. The ratio at Stns. 6 and 7 is 0.07 on the surface and 0.3~0.45 in the deeper layers. While, the ratio at Stns. 8 and 9 is 0.2~0.3 from the surface to the depth of 90 m. Accordingly, it is considered that in these stations the ratio of a/c is about

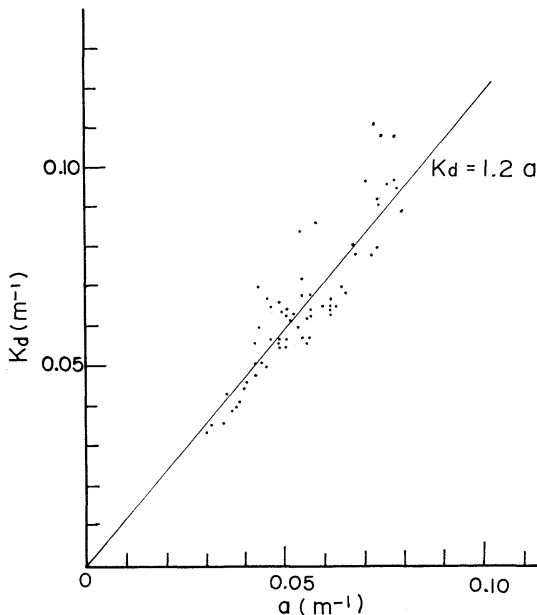


Fig. 4. Relation between attenuation coefficient for downward irradiance (K_d) and absorption coefficient (a).

0.1 at a place of large scattering, about 0.5 at a place of small scattering and about 0.3 at other places. It seems that the fluctuation of c is mainly due to that of b , namely, the fluctuation of concentration of suspended matters, because the fluctuation of a is little except the values on the surface layer.

In Fig. 4 K_d is plotted as a function of a . The values of K_d is about 1.2 times as much as a . The correlation coefficient between K_d and a is 0.91. Then, it can be said that K_d is mostly determined by absorption.

Acknowledgments

The authors wish to express their hearty thanks to Captain H. SHIMAMUNE, and other officers and crew of R. V. Tansei Maru. Thanks are also due to their colleagues in the Physical Oceanography Laboratory of the Institute of Physical and Chemical Research.

References

- HISHIDA, K. (1966): On the scattering and attenuation of light in the sea water. *J. Oceanog. Soc. Japan*, **22**, 1-6.
- HULBURT, E.O. (1945): Optics of distilled and natural water. *J. Opt. Soc. Amer.*, **35**, 698-705.
- IVANOFF, A., N.G. JERLOV and T.H. WATERMAN (1961): A comparative study of irradiance, beam transmittance and scattering in the sea near Bermuda. *Limnol. Oceanog.*, **6**, 129-148.
- JERLOV, N.G. (1964): Optical classification of ocean water. In: *Physical Aspects of Light in the Sea*. Univ. Hawaii press Honolulu, Hawaii, pp 45-49.
- MORRISON, R.E. (1970): Experimental studies on the optical properties of sea water. *J. Geophys. Res.*, **75**, 612-628.
- LUNDGREN, B. and N. HØJERSLEV (1970): Daylight measurements in Sargasso Sea. *Rep. Inst. Fysisk Oceanografi, Univ. of Copenhagen*, **14**.
- SASAKI, T., N. OKAMI, M. KISHINO and G. OSHIBA (1968): Optical properties of the water in adjacent regions of the Kuroshio. *J. Oceanog. Soc. Japan*, **24**, 45-50.
- SMITH, R.C. and J.E. TYLER (1967): Optical properties of natural water. *J. Opt. Soc. Amer.*, **57**, 589-595.
- TYLER, J.E., W.H. RICHARDSON and R.W. HOLMES (1959): Method for obtaining the optical properties of large bodies of water. *J. Geophys.*

- Res., **64**, 667-673.
- TYLER, J.E. (1960): Radiance distribution as a function of depth in underwater environment. Bull. Scripps Inst. Oceanog., **6**, 24-25.
- TYLER, J.E. (1961): Scattering properties of distilled and natural waters. Limnol. Oceanog., **6**, 451-456.
- TYLER, J.E., R.C. SMITH and W.H. WILSON, Jr. (1972): Predicted optical properties for clear natural water. J. Opt. Soc. Amer., **62**, 83-91.

黒潮隣接海域の海水の光学的性質について (II)

岸野元彰 岡見 登 大柴五八郎 佐々木忠義

要旨: 水中放射照度計, 水中スカラー放射照度計および水中光束透過率計を用いて, 黒潮および隣接海域の相模湾, 駿河湾および伊豆諸島沖で放射照度 E_d , E_u , スカラー放射照度 E 。および消散係数 c の測定を行なった。これらの測定結果から, 吸収係数 a , 散乱係数 b , 照度についての消散係数 K_d , K_u , k および反射率 R_d を計算した。

八丈島, 三宅島沖の Stns. 8 と 9 では, $a=0.030\sim 0.040\text{ m}^{-1}$ の値が得られた。この値は黒潮流軸の海水の波長 520 nm における吸収係数と考えられる。又, 最小値は HULBERT によって測定された蒸留水の吸収係数 $a=0.028\text{ m}^{-1}$ とほとんど一致している。

一方, 散乱係数 b は夏に大きく, 冬に小さい。最小値は Stn. 3 の水深 60 m で, 0.052 m^{-1} であった。この値は低濃度の懸濁物による散乱のためと考えられる。

Migration of the Tagged Spiny Lobster, *Panulirus japonicus*, on the Southern Boso Peninsula, Chiba Prefecture: A Continuous Experiment, 1951-1968*

Kazunori TAKAGI**

Abstract: A continuous tagging experiment was made for 1951-1968 of the Japanese spiny lobster on the southern Boso waters. It is analyzed on their migration and dispersion. Total rate of recovery is 10.2%, higher in summer than in spring, showing no sexual difference. Regional recovery records suggest the higher activity in male than in female, and in summer than in spring, and also the westward bias of dispersion within the range of 29 km distance from the station. These facts are given some tentative explanations from the environmental or biological viewpoints.

1. Introduction

The Japanese spiny lobster, *Panulirus japonicus* (von SIEBOLD) is an important fishery product of especially southern Japan, and the southern Boso coast of Chiba Prefecture embraces in mid-Japan as yet remarkable grounds of the shellfishery including that of spiny lobster.

Since 1951, some tagged spiny lobster have been liberated out every spring and summer in the marine preserves of the Kominato Marine Biological Laboratory, Tokyo University of Fisheries (INO, 1942; KUBO, 1954; NAKAMURA, 1934), facing on the mouth of the Uchiura Bay within the wide range of the shellfishery grounds of Chiba Prefecture (Fig. 1). This long term experiment has revealed some interesting facts of fishery biology, and the present report concerns first with the migration, activity and dispersion of the stock found in the Uchiura Bay, as well as with some other biological evidences of the spiny lobster.

2. Material and Methods

Samples are caught in the definite area (Fig. 1) through the study (TAKAGI, 1970), mostly

* Received 31 July 1972. This paper was read at the annual meeting for 1972 of the Franco-Japanese Society of Oceanography, 31 May 1972, Tokyo.

** Laboratory of Fishery Biology, Tokyo University of Fisheries, Minato-ku, Tokyo 108, Japan.

by gill-net which represents the local spiny lobster fishery. The station is in an inlet, which is located on a northern part of the preserves set in the Laboratory. The catches are landed every morning (around 5:30) for the daily tagging and liberating operations. Some trap catches are added to them in some cases for 1951-1953. The trap (NAKAMURA, 1937) is set near the station on the rocky shore in the preserves. After measuring and tagging treatments, all living samples are liberated out by afternoon (around 15:30) of the day or by next day at latest at the mouth of the inlet, or off the station.

The tag used is of the Atkins's type, oval in form, principally 6×9 mm in size, made of colored celluloid plate. This is attached by enameled copper wire of about 0.4 mm in diameter to the base of one of the second antennae of the fish. Each recovered tag from the open area is forwarded with the particulars of capture, or detector's name, date and location to the Laboratory through local fisheries cooperative associations. The tag returning is rewarded. In some liberations tagged fish are marked on the other hand by cutting on telson. The recovery may recognized by this mark, when tag was broken away off.

As referred to above, the seasonal experiments have been made twice a year in spring and summer, except of the first 1951 experi-

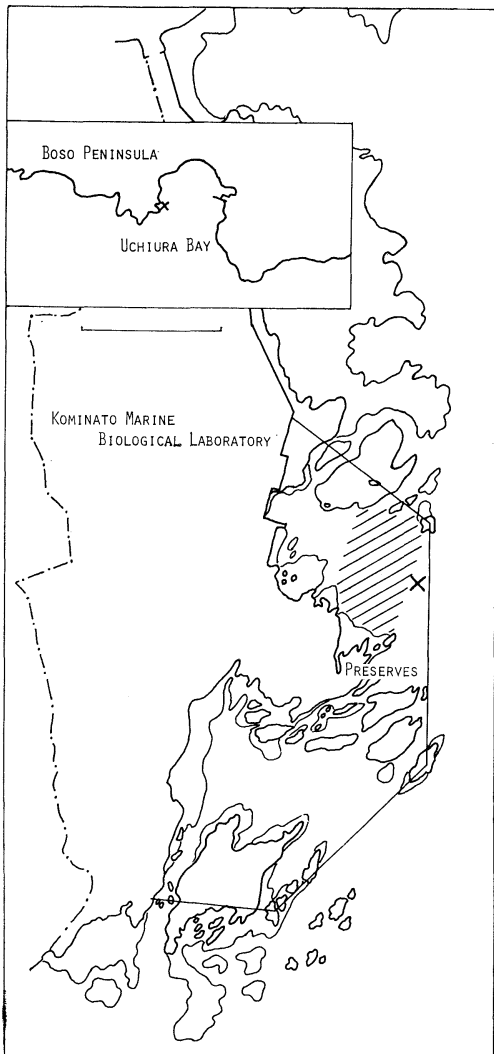


Fig. 1. Experimental station of the tagged spiny lobster set in the marine preserves of the Kominato Marine Biological Laboratory, Tokyo Univ. Fish., in the Uchiura Bay (in smaller quadrature), Chiba Pref. Hatched area, sampling area; cross mark, liberating station of the fish. Coast lines at both high and low tides. Polygonal line across the coast lines, limit of the preserves; broken line, limit of the laboratory. Vertical lines of quadrates latitudinal. Scale (under smaller quadrature) represents 100 m in the main map. Based on the unpublished drawing by Dr. T. MASUDA et al., 1957.

ments in summer (September) and autumn (October). The spring experiments are operated in mid-May, and the usual summer ones in the first part of July to that of August. Each seasonal experiment is composed by a series of daily experiments for 2-5 days. The two days operations of them may be said exceptional; they are affected by a stormy weather of the day, which makes fishing operation impossible within a scheduled term. There is no evidence in records of liberation of any July 1954 catches, and the present report goes upon no liberation in this season by unknown reasons.

It must be noted here that the term of 1st June to 31 July is closed for in Chiba Prefecture against any scales of the spiny lobster fishery, because of protection of the spawning females. The spring experiments, then, correspond in term to the end of annual fishing period, while the summer ones to the period during or just after the closed season.

The recovery records referred to in the present report are exclusively related to the recoveries informed by August 1968 from the open area, after liberations during September 1951 to July 1968, and always treated in terms of a part of any released masses, but not of any actual landings.

3. Results

A. Records by seasons (Table 1)

The 1951-1968 experiments release 5763 tagged spiny lobster in total (Appendix Table 4). As the daily catches may contain in itself some tagged or marked fish, the released fish are of 5118 in net total, or seasonally speaking, 2341 individuals in spring and 2777 ones in summer, except 132 fish released from the autumn 1951 catches. Each seasonal experiment makes 57-362 tagged fish free in spring, and do 67-325 ones in summer. By the way, the gill-net and trap catches at our disposal are of 6433 in total (Appendix Table 4), containing the autumn 1951 catches. The rest is dead before liberation, or else omitted to be supplied to laboratory use.

The recovery records from the open area are summed up to 524 in number. These records comprise those of 148 tagged fish from spring liberation, and of 376 ones from the

Table 1. Summary of the liberating experiments, 1951-1968, of the spiny lobster at the Kominato Mar. Biol. Lab., Tokyo Univ. Fish., Chiba Pref. Rate, recovery rate; DPI, days per individual. Numerals in parentheses, including Autumn 1951 data. Recoveries are limited to those which come from out the open area.

Season	Sex	Liberated		Recovered		Rate (%)		Elapsed days	
		Range	Sum	Range	Sum	Range	Total	Range	DPI
Spring	Female	13-111	794	0-12	73	0.-23.8	9.2	2-477	77.9
	Male	36-251	1547	0-15	75	0.-16.9	4.8	1-135	31.3
	Sum	57-362	2341	0-23	148	0.-13.5	6.3	1-477	54.3
Summer	Female	21-112	894	0-22	109	0.-39.3	12.2	1-74	26.5
	Male	46-230	1883	0-43	267	0.-38.7	14.2	1-401	27.0
	Sum	67-325	2777	0-65	376	0.-38.9	13.5	1-401	26.9
Total	Female	1688(1739)		182		10.8(10.5)		47.1	
	Male	3430(3511)		342		10.0(9.7)		28.0	
	Sum	5118(5250)		524		10.2(10.0)		34.6	

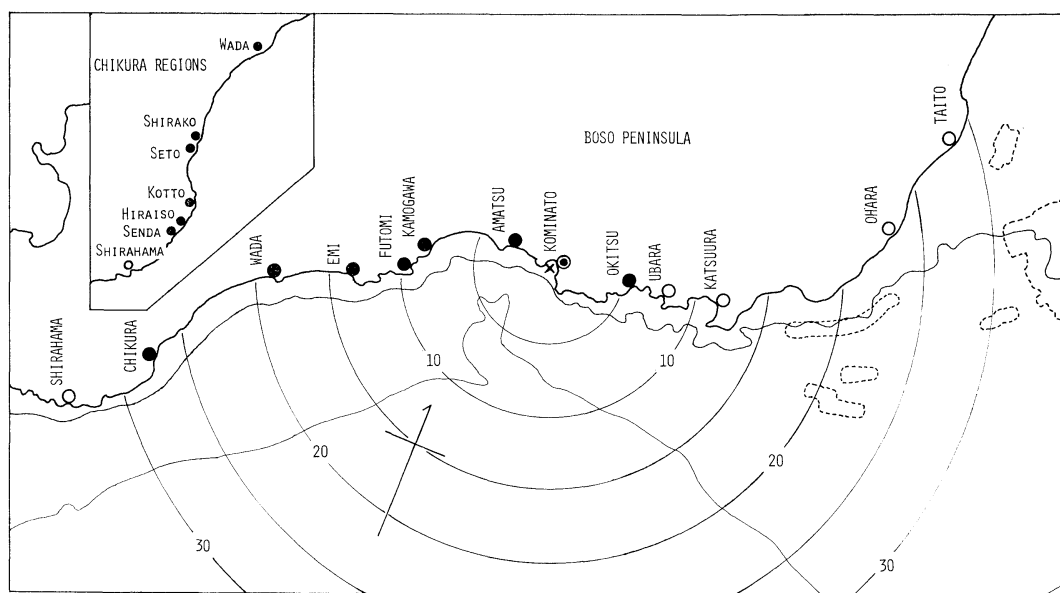


Fig. 2. Topography of the experimental station and some related locations on southern Boso coast. Cross mark, liberating station of the tagged spiny lobster; circles, along coast line, fishing ports representing: home region (double circle), destinations by records (closed circle), and other adjacent waters (open circle). Concentric circles drawn by every 5 km distance from the station; isopeth lines at 20 and 200 m depths; broken lines, remarkable banks. Detailed map of Chikura region in polygonal frame. Based on the Hydrographic chart No. 87 by Japan Maritime Safety Board.

summer liberations.

The rate of recovery is, then, 10.2* in total records. The seasonal total recoveries show

* 10.0%, when the autumn 1951 liberation is considered in this case.

that the rate (6.3%) from the spring liberations is lower than that (13.5%) from the summer ones. As for the rate per seasonal experiment, it is 0.-13.5% and 0.-38.9%, respectively.

B. Records by sexes (Table 1)

The 5118 tagged fish consist of 1688 females and 3430 males. Of these females, 794 individuals are made free in spring, and 894 ones in summer; and 1547 and 1883 individuals of the other sex in these seasons respectively.

The recovered 524 fish are composed of 182 females and 342 males. Seasonally speaking, the formers consist of the 0-12 fish, which are of 73 in sum, from each spring liberation, and the 0-22 (109 in sum) ones from each summer liberation; The latters comprise the 015 (75 in sum) and 0-47 (276 in sum) fish from each spring and summer liberation, respectively.

The total rate of recovery by sexes is similar each other, 10.8% in females and 10.0% in males. The rate from the total spring liberation is higher in females (9.2%) than in males (4.8%), while the same of summer is rather similar in both sexes, 12.2 and 14.2% respectively, as seen in the total rates by sexes. In detail, the seasonal treatment of each experiment gives the rate of 0.-23.8% in spring and of 0.-39.3% in summer of females, and the rate of 0.-16.9 and 0.-38.7% respectively of the other sex.

C. Horizontal distribution of records (Tables 2 and 3, Fig. 2)

Most of the 524 records are rather concentrically distributed in the Uchiura Bay (445 records), and the others (79 ones) occur from outside of the bay, while some of the latter is distributed far to the region about 29 km distant off the liberating station in the bay

(Fig. 2). The most distant records are represented by the male, 15.5 cm in body length, coded by Tag No. 1542, released 16 July 1967, and recaptured 9 August 1967 (24 days elapsed) off Senda, Chikura, Chiba Pref. Even in the Uchiura Bay, the records are biased in the same side with the station; the 375 records occur in the same side (Table 2, West), and 60 ones in the other side (Table 2, East), though unspecified 10 records exist besides.

The records from outside of the bay is apparently bended in distribution (Table 2). First, more records occur westwards (63) than do eastwards (16). If represented by some local base port of fishery, the recorded regions

Table 2. Regional distribution in number (left) and rate (right, %) by sexes of the 524 recovery records (Table 1). Numerals in column Region, distance in km from the liberating station. East, east side; West, west side; ?, unspecified.

Region	Sex				Total		
	Female		Male				
Okitsu (4.7)	3	1.6	13	3.8	16	3.1	
In the bay	East	21	11.5	39	11.4	60	11.5
	West	141	77.5	234	68.4	375	71.6
	?	1	0.5	9	2.6	10	1.9
	Sum	163	89.6	282	82.5	445	84.9
Amatsu (2.5)	7	3.8	27	7.9	34	6.5	
Futomi (9.5)	8	4.4	14	4.1	22	4.2	
Chikura (29.0)	1	0.5	6	1.8	7	1.3	
Sum	16	8.8	47	13.7	63	12.0	
Total	182	100.0	342	100.0	524	100.0	

Table 3. Distribution by season of liberation (Season) in number and percentage (Rate, %) and days elapsed after liberation of the 79 records (Table 2) from 4 regional groups in outside of the Uchiura Bay.

Region	Distribution			Range	Days elapsed		
	Season	No.	Rate		Days per individual		
					Female	Male	Total
Osawa to Okitsu	Summer	16	100.0	2- 43	24.0	27.5	26.8
	Spring	2	6.1	82- 88	85.0	—	85.0
Amatsu	Summer	32	93.9	3-116	22.0	37.7	35.2
Kamogawa to Emi	Summer	22	100.0	12- 50	28.3	29.1	28.8
Wada to Chikura	Summer	7	100.0	16- 33	33.0	23.5	24.9
Total	Spring	2	2.5	—	—	—	—
	Summer	77	97.5	—	25.9	32.1	30.7

are of 6 westwards: Amatsu, Kamogawa, Futomi, Emi, Wada and Chikura; and of 3 eastwards: Osawa, Hama-Namekawa and Okitsu (Appendix Table 5). In the westward waters a decline of records are proved in number; 34 records from the nearest Amatsu, 7 ones from the farthest Wada and Chikura, and 22 ones from the intermediate waters. Second, the records reaches far more distant waters westwards (29 km) than eastwards (4.7 km).

As for the trends of the sexual composition

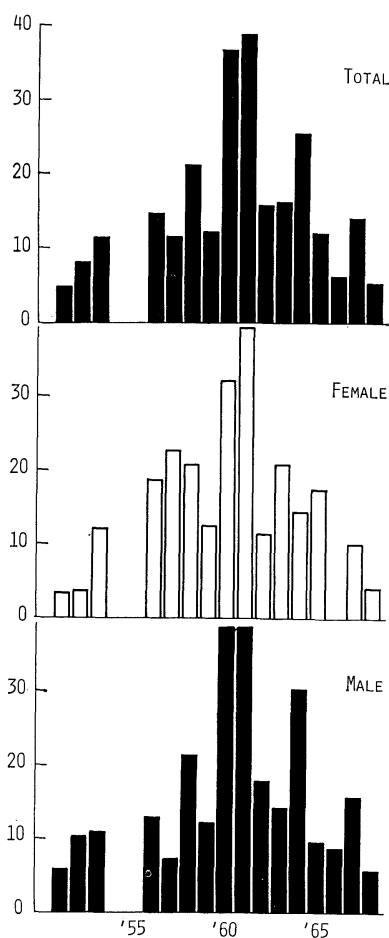


Fig. 3. Recovery rates (ordinate, %) of tagged spiny lobster in terms of summer liberations at the Uchiura Bay, 1951-1968 (abscissa), total (upper, black bars) and by sexes (middle and lower, white and black bars). No liberation confirmed in summer 1954.

of these records (Table 2), rather much more female records (89.6%) are given within the bay than males (82.5%), especially on the same side with the station (77.5% against 68.4%), while much more male records (13.7%) occur in the westward waters than female ones (8.8%), as seen in the eastward waters (3.8% against 1.6%). Especially among the farthest Chikura records, much more males (1.8%) are found by 3.6 times than females (0.5%).

It is remarkable that the bias of the records from outside of the bay is recognized also in connection with the period of liberation (Table 3). All these records, then, are derived from the summer liberations, except in an adjoining region, Amatsu, where occur a few records originated in the spring liberations.

D. Recovery rates by summer liberation (Table 1, Figs. 3 and 4)

As referred to above, the summer liberation is characteristic by following of most recovery records from outside of the Uchiura Bay.

The recovery rate originated from the summer liberations is 0.-38.9% in range, and 13.5% in total (Table 1). These rates are variable year to year, and they appear yet to fluctuate in total with a general tendency of unimodality for 1951-1968, having a mode in 1960-1961 (Fig. 3, upper). This tendency is apparently supported by features in both sexes (Fig. 3, middle and lower).

Regionally speaking, the recoveries from outside of the bay are 0.-10.3% in rate, and 1.5% in total, or 0.3% eastwards and 1.2% westwards. Among the westward regional records, the decrease of rate is seen; or 0.6% (0.-5.7%) in the neighbouring waters, 0.4% (0.-3.0%) in the intermediate waters, and 0.1% (0.-2.3%) in the farthest waters.

The fluctuation of the rates from outside of the bay seems to be different in general trends from that of total summer rates. It shows a remarkable increase in the latter half of the same term. As for the records from westward destinations, the rates show no remarkable differences from the total trends, and the increasing trends of them are given weight to by the farthest Chikura records (Fig. 4, black part). It is interesting that a unimodal tendency

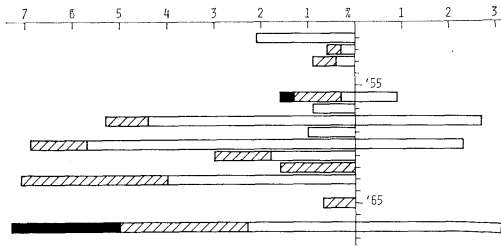


Fig. 4. Recovery rates (abscissa) of tagged spiny lobster, reported from outside of the Uchiura Bay by westward (left) and eastward (right) destinations in terms of summer liberations at the Uchiura Bay, 1951-1968 (ordinate). In left part subdivisinal rates are given: white parts, rate from Amatsu records; hatched parts, from Kamogawa to Emi records; and black parts, from Wada to Chikura records. No liberation confirmed in summer 1954.

is suggested yet in the fluctuation of the regional rates in a close range; rates from the neighbouring Amatsu waters are of 0.-5.7 %, mode of which is in 1960 (Fig. 4, white part in left bars).

It may be difficult to define smaller eastward records as of gradual increase in trends, while they are noticeable by showing some close relation to the westward group of records. It will be discussed later in relation with the dispersion of the fish.

E. Days passing by before recovery (Tables 1 and 3)

The 524 recoveries from out the open area are recorded by 477 days after liberation. The elapsed days per individual are 34.6 days in total. The tagged fish may be recaptured in shorter term in the summer liberations (26.9 days) than in the spring liberations (54.3 days), and in males (28.0 days) than in females (47.1 days).

Among the records from outside of the bay, the 79 tagged fish are recaptured within 2-116 days after liberation. As mentioned above, most recoveries (77 tagged fish) come from the summer liberations, and in this case the elapsed days per individual are 30.7 days in total, or 25.9 days in females and 32.1 days in males. Regionally speaking, the elapsed days per individual appear to be in an inverse relation

with the distance of destinations, and 26.8 (easterly) or 35.2 (westerly) days in the neighbouring waters, 24.9 days in the farthest waters, and 28.8 days in the intermediate waters. Nevertheless, exclusively in female records, a directly proportional increase are recognized; 22.0, 28.3 and 33.0 days per individual in the nearest, intermediate and farthest waters, respectively. Such a tendency is seen in the regional minimum records (Table 3). The minimum records in total range (2-3 days) occur in the adjoining waters of both westerly and easterly directions. Among the summer records, then, the regional minimum records appear also proportional to the distance of destinations; the more far off from the liberating station, the longer is the elapsed days (from 3 days to 16 days).

After all, the spiny lobsters may migrate within half a month, from the station to Chikura waters, about 29 km distant off. This statement is based on the record of the male, 14.7 cm in body length, coded by Tag No. 1734, released 21 July 1967, and recaptured 6 August 1967 (16 days elapsed) off Hiraiso, Chikura, Chiba Pref. (Appendix Table 6.)

4. Discussions

MIGRATORY MOVEMENT OF THE SPINY LOBSTER

It is apparent that our seasonal experiments are related with the benthic migration (BAINBRIDGE, 1961: 449) of the Japanese spiny lobster, which is well known to move alongshore, even if not so lively, in spring to autumn. By the way, their vertical or offshore-onshore movement in winter to spring has been suggested (KUBO, 1947: 12; 1949: 27; OSHIMA, 1935: 81), as well, though this is not yet given any detailed evidences.

MOVEMENT AND SEASONS

As referred to above (Table 3), the longer distant travel of the tagged fish may be closely related with the period of liberation but not with the term of staying in the sea. The recovered fish liberated in spring are free from catch for longer term (54.3 days against 26.7 days per individual) than those which are originated from summer liberations (Table 1).

As for the 34 fish recovered off Amatsu

(Table 3), where the other westward travellers may come along, the 32 fish are released in summer, and the recoveries of the spring liberations are only two fish. It may be noteworthy that both of the latters remain in the sea before recapture during the succeeding summer, or until the first part of August. Their 80-90 days staying in the sea seems not so short as give them any chance of a 50 days travel in the summer to Futomi waters, for example.

The months of June to July are proved as the active breeding season of the spiny lobster, and the breeding is known as an initiating factor of their benthic migration (BAINBRIDGE, 1961: 452). The shorter elapsed days in summer than in spring, as seen above, should be affected by the urge of activity of the animal.

As the stress of activity should affect equally to the fish in the field, such a difference in movement by liberating seasons may come from the experimental operation itself, which is used to act fish life as a negative factor. The spring experiment, then, must be distinguished the stress in succeeding summer for bearing upon them, while the summer experiment may not affect so remarkably already activated fish.

In this connection, some lines are given here on the season of experiment. As pointed out by KUBO and HATTORI (1947), the liberating experiments of the Japanese spiny lobster has been in effect mostly in May. Of the 20 liberating works on the Pacific range of Oshima Is., Tokyo, to Kumamoto in 1931-1958 (HATANAKA and IKEMATSU, 1940-1941; Kanagawa Fish. Exp. Stn., 1936; NONAKA, 1959; OKADA and KATO, 1946; OSHIMA, 1934; Tokyo Fish. Exp. Stn., 1938-1939; Wakayama Fish. Exp. Stn., 1933-1941), most (25%) of them are put into operation in this month, and the accumulated total number of the fish liberated in the month (more than 2500 individuals) is exceedingly much more than any of those in the other months. Anyhow, the season of the liberating experiment has been discussed no more.

If the fish are made active in summer, the May liberation seems not preferable to the purpose, as far as the movement is the problem.

Beside this, as the months of June to July are closed for to the spiny lobster fishery of any regions in Japan, the travelling of the fish in this term may be free from the fishing operation.

After all, it seems to show us that the season of summer should be more considered than ever as a beneficial period of liberation of the fish in question, at least in comparison with the spring season represented by May.

DISTANCE OF MOVEMENT The maximum record of movement of the tagged fish is, as seen above, about 29 km westward in summer 1967. Such a long distant movement has been first recorded of the Japanese spiny lobster. The maximum distance ever known is 9 km, based on the tagged male, 18.0 cm in body length, travelling on the middle part of a longitudinal coast of Wakayama Prefecture, released 30 July 1933, and recaptured after 86 days, 24 October 1933 (Wakayama Fish. Exp. Stn., 1935: 46). The second record was of 7.2 km, or else about 6 km according as OSHIMA (1934), based on the tagged female, 6.5 cm in carapace length, released 15 July 1934 on the distal coast of Miura Peninsula, Kanagawa Pref., and recaptured after 18 days (Kanagawa Fish. Exp. Stn., 1936: 79).* It is noticeable that both of these records come also from the summer liberation.

Our Chiba records of maximum distance appear uncommon as yet. The long distant records from the Chikura waters are represented by one female and 5 males (Appendix Table 6), and all of them occur concentrically in 1967 during the 18 years, except of another male record from adjacent Wada waters in 1956. The recoveries from Kamogawa and Futomi waters, 8-10 km distant from the station, does not show such a concentric tendency. The 22 tagged fish (8 females and 14 males) are recovered from these waters in almost every one or two years during the same term. No difference of trends is shown in the recovery records from the neighbouring Amatsu waters as well. Taking the preceding records into

* In this connection, KUBO (1947, 1949) refers to this Kanagawa record, but not to the Wakayama record, without giving any reason.

consideration, the movement of 8-10 km distance seems rather occasional for the Japanese spiny lobster.

The alongshore migration has been observed on some other *Panulirus* species. The maximum distant record of them is given on the Australian marine crayfish, *Panulirus longipes*, which, according to GEORGE (1957: 484), may remove over a distance of 64.8 km (35 miles) within "only" 42 days (6 weeks). This is known as a possibly maximal long distant record in the world of the bottom living crustaceans (SHEARD, 1954: 6; cf. BAINBRIDGE, 1961). In the southern Californian spiny lobsters, *Panulirus interruptus*, a maximal movement of 7.4 km (4 miles)* within 120 days (4 months) is recorded by LINDBERG (1955, Table 9). The *Phnulirus argus* in Bermuda is recognized a migration of about 13 km (acc. BAINBRIDGE, 1961: 449)** while in the other Bermudian spiny lobster, *Panulirus guttatus*, no evidence of a noticeable migratory behavior has been given (SUTCLIFFE, 1952, 1953a, b). From this viewpoint, the Japanese spiny lobster may be compared to *P. interruptus* and *P. argus*, rather than to *P. longipes* and *P. guttatus*.

It is interesting that the disconnection of rocky shore (Wakayama Fish. Exp. Stn., 1935) or the "extensive open areas (LINDBERG, 1955: 183)" or even "the channels between the separate island groups (SHEARD, 1949: 14)" have not necessarily been proved to play a role of barriers for such a migration of the *Panulirus* species.

As referred to above, a sexual difference may

* ALLEN (1916: 142, 144, 147) records a tagged male of *P. interruptus* travelling a longer distance of 17.8 km (9.6 miles), which is liberated in winter (12 November 1911), and recaptured in 28 Pay's time (cf. OSHIMA, 1934: 102). This record, however, is not concerned with the breeding migration in question, but probably with the vertical migration, because their breeding season is known to extend from May through July (ALLEN, 1916: 150, LINDBERG, 1955: 189).

** LINDBERG (1955: 182) refers to their travel of "a hundred miles in as many days," as a probable breeding migration, without presenting any detailed data.

be recognized among the Chiba records (Table 2) from this viewpoint. Generally speaking, more females stay in the bay than do males, while more males travel a longer way off from the bay than do females. It may coincide with more occurrence of the male records (5) than those of the other sex (3) in available preceding records of the maximal long distant movement. The bearing of eggs should be related with shorter travel in females.

MOVING SPEED The days elapsed between liberation and recovery can not be a direct factor of the speed of movement, because the route for destination and the time of arrival are both actually beyond assessment by any methods in use so far. Nevertheless, if it occurs a migration of a distance of more than 29 km within 16 days, the distance of movement per day of the fish is not less than 1.8 km. The maximum speed of movement of the Japanese spiny lobster, then, may be compared to that (more than 1.5 km per day) of the Australian *P. longipes*, and must be higher than the speed ever estimated of them as more than 400 m per day by Kanagawa Fish. Exp. Stn. (1936).

The speed of 1.8 km per day is convertible to 0.21 m per second, which should be reasonable as a walking speed of the *Panulirus species*. According to LINDBERG (1955: 171, 174; cf. LOCHHEAD, 1961: 332, 354), the maximal walking speed in *P. interruptus* is of 0.3-0.6 m per second and a reliable swimming speed in backward leaps is of 0.9-1.2 m per second. If the swimming speed of 0.9 m per second was adopted in *P. japonicus*, they should theoretically swim away the distance of 29 km by 2.8 hours. The speed of 400 m per day is convertible to 0.46 cm per second. It is apparently slower than the walking speed of the *Panulirus species* mentioned here.

RECOVERY RATES AND DISPERSION The recovery rate is usually a minimally informing indicator with some insecure factors for the moving of tagged fish to the destinations. Even if this condition is accepted, the fish tagged in summer must be much more active in the middle of the term of 1951-1968 than in the other periods, preceding and succeeding.

It seems very probable that this unimodal tendency is in close relation to the density of the Uchiura Bay stock of the fish in question (Fig. 5, open circle). The sum of summer catches in the Uchiura Bay are remarkably higher (5.1-6.7 t) in the beginning and ending period in the same term than in the other (1.8-3.6 t). As the summer catches of the fish are suggested to be more or less in relation to their local density (TAKAGI, 1970), the higher recovery rates can be a reflection of lower density of the fish in the bay, and vice versa.

Some other interesting trends are recognized on the longer distant records from outside of the bay. First, the outward dispersion from the bay seems to depend upon the year, because especially the recovery rates of the westward waters show a remarkable agitation by year, and that rates of the eastward waters

develop according as the higher rate in waters of the opposite direction. If paying attention to those leading years (1956, 1958, 1960 and 1967), the fish must be activate to disperse equally for both directions in the definite years, although a few exception of years (1951 and 1963) is included (Fig. 4).

From this point of view, the westward regional recovery rates show that the dispersion of the fish may be relatively independent from the density, and rather follow fluctuations of other factors. These trends are different from the trends seen in the bay, and distinguished from the latter by a gradual increase in rate of longer distant records and by the remarkable occurrence (5%) in the end period of the term, or in 1967, of the longer distant records, especially including concentrated farmost records (2.3%). It must suggest that the 1967 condition of environment activates most the Uchiura Bay population of the spiny lobster to disperse away. This is supported by the eastward recovery records attaining this year in rate the maximum (3.1%) for the same term.

THE SUMMER CONDITION IN AND AROUND THE UCHIURA BAY, ESPECIALLY IN 1967 The Pacific coast of Boso Peninsula embracing the Uchiura Bay is washed by the Kuroshio current system, which should be an important factor affecting the life in the temperate Boso waters.

The most remarkable evidence as a referable factor should be the water temperature, as well as the percipitation (Figs. 6 and 7). The Kominato Marine Biological Laboratory has deposited some continuous oceanographical and meteorological data (YOSHIHARA and TAKEUCHI, 1969). According as these data of the 1934-1968 observations (YOSHIHARA et al., 1969, Table 3; and the original data table), the monthly mean temperature of the surface water in July reaches the maximum (25.47°C) in 1967, when most of the farmost recovery records are reported. It is higher than the total monthly mean in August (24.82°C), and such a higher temperature is not recorded since 1946 and 1948. It must be added here that, as for the term since 1951, the second highest July mean (23.90°C) occurs in 1956, when the

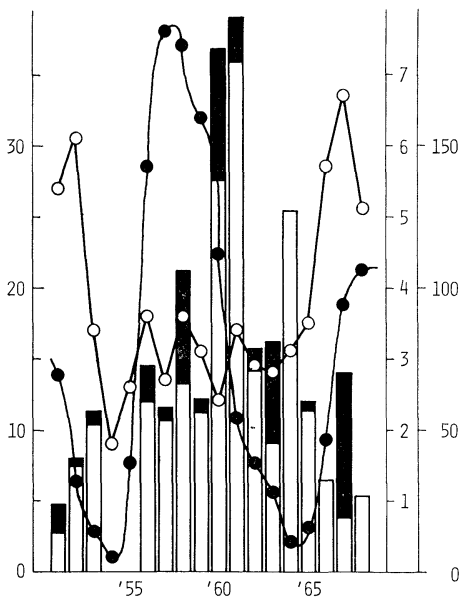


Fig. 5. Total recovery rates (bars, in left scale, %) of tagged spiny lobster by summer liberation at the Uchiura Bay (Fig. 3), in relation to summer catches (open circle, in right inner scale, tons) in the bay, and to the Wolf's sunspot number (closed circle, in right outer scale) during 1951-1968. Subdivisional recovery rates given as white parts (rate in the bay) and black parts (rate in outside of the bay). Summer catches in the bay represented by accumulated weight in August and September.

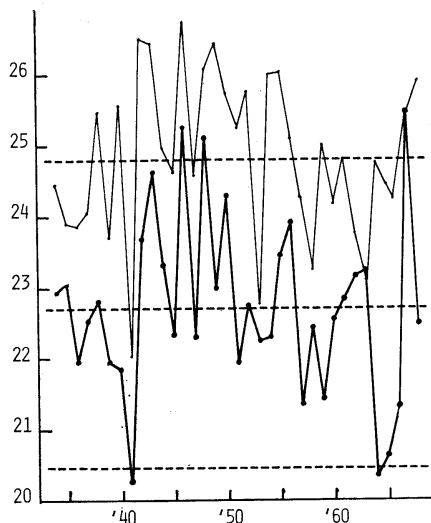


Fig. 6. Surface water temperature (ordinate, °C) in monthly average observed at the Kominato Marine Biological Laboratory, Tokyo Univ. Fish., 1934-1968 (abscissa). Dots, annual average: larger dots, for July; smaller dots, for August. Broken lines, total average; upper, for August; middle, for July; lower, for June. Drawn after Yoshihara et al. (1969), and original data table.

other farmost recovery is reported.

The maximum water temperature in 1967 corresponds to the minimum precipitation (20.6 cm in accumulation) in the rainy season (May to June) of the year during the term of 1951-1968 (YOSHIHARA et al., 1969, Table 7*; and the original data table). The precipitation of the rainy season in 1956 (33.9 cm in accumulation) is merely not higher than the total mean (34.3 cm in accumulation) during the term of 1942-1968.

The higher water temperature in summer 1967 can be affected by the access to land of the Kuroshio current. According to the Tokai Reg. Fish. Res. Lab. staff, the current axis of the Kuroshio in 1967 is close the Boso coast** during July to August after a remarkable agitation of the current axis especially during June to July (Tokai Reg. Fish. Res. Lab.,

* Some errors are found in the Table 7. In caption, read monthly accumulated value, for monthly mean value; read cm, for mm. In line of 1956, read 5.9 of column August, for 15.9.

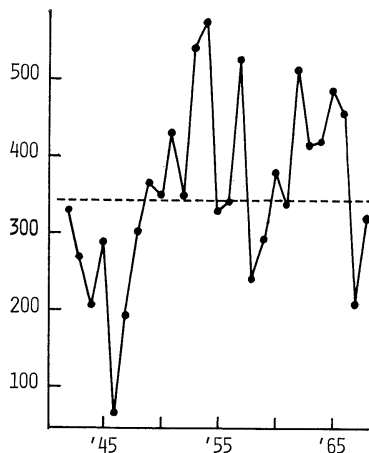


Fig. 7. Percipitation (ordinate, mm) in rainy season, represented by accumulated hight (dots) in May and June, observed at the Kominato Marine Biological Laboratory, Tokyo Univ. Fish., 1942-1968 (abscissa). Broken line, total average. Drawn after Yoshihara et al. (1969, a little modified) and original data table.

1967a, b; Tokai Reg. Fish. Res. Lab. Fish. Oceanogr. Cond. Forec. Comm., 1967a, b, c; FUJIMORI, 1967; UEHARA, 1967a, b; UEHARA et al., 1967).

It must be noted here, however, that they report besides a sudden fall around 11 August 1967 of the coastal water temperature on the southern Boso Peninsula, as well as the similar trends shown 8 August in the Oshima waters (Tokai Reg. Fish. Res. Lab. Fish. Oceanogr. Cond. Forec. Comm., 1967c). During the term of our observation, these trends are recognized as a 10°C fall in range for 5 days after 9 August by the Mominato Mar. Biol. Lab. (original data table), and the minimum values are observed on 14 and 30 August (Fig. 8). These sudden falls of water temperature, however, seem to have few chance of affecting to the activity of the longer travellers recorded from the Chikura waters (Appendix Table 6), because it is very probable that they reach the desti-

** ISHINO and OTSUKA (1970, Fig. 6) show that the Kuroshio flows away 18-21 August 1967 northeastwards about 30 miles distant in axis off the southern Boso Peninsula, based on the R/V Shinyo-maru observations.

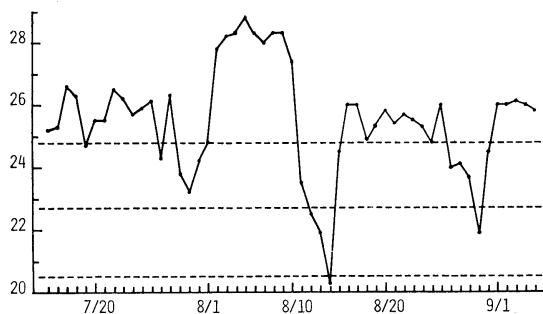


Fig. 8. Daily surface water temperature (ordinate, °C) during the term of 15 July to 5 September 1967 (abscissa), observed at the Kominato Marine Biological Laboratory, Tokyo Univ. Fish. Broken lines, monthly average of the years 1934-1967; upper, for August; middle, for July; lower, for June. Based on original data table.

nation before happening of those conditions.

The water temperature as well as the precipitation has been known to affect the life of the Japanese spiny lobster. Above all KUBO (1957: 132) points out close relationships between their abundance on Chiba coast and water temperature. He proves that their Chiba population are characteristically subject in abundance to a periodicity of every 8 years. It is supposed, said he, in relation with the periodicity of every 7 years known in temperature of the Kuroshio, that it comes from their sensitivity to fluctuations of environmental factors, especially as they are in the (northern) limit of distribution. The precipitation is also discussed in this viewpoint by KUBO (1940), MARUYAMA (1966), or OKADA et al. (1960).

These facts may suggest that the activity of the spiny lobster is affected by the approaching movement of the Kuroshio current, or by warmer and more euhaline waters. If the fish activate under such an environmental condition of the sea in 1967, it may be reasonable that the summer catches of the fish in the Uchiura Bay show a peak in this year (Fig. 5), for the efficiency of the gill-net fishing should depend in larger part upon the coincidental trends of the spiny lobster in the locomotor activity or the metabolic rate in relation to temperature, as referred to by Maruyama (1966:

92).

Some lines may be added to here in relation to the movement of the Kuroshio current. YOSHIDA (1961; in HONJO, 1968) points out that the Kuroshio changes in 1956 its movement from the meandering phase (Type II) to the straight phase (Type I), and that based on the observations during 1925-1961, such a change of phases (Types I to II, or II to I) is considerable to occur always around a minimum year of the Wolf's sunspot number.

As referred to above, the farmost Chikura records occur in summer 1967 as well as in summer 1956. It is interesting, then, that the summer 1967 (1967. 6, as defined by early days in August) corresponds to 2.8 years after the preceding minimum year of the sunspot number (1964. 8), and that the summer 1956 (1956. 6 defined as above) follows the same trends, by corresponding to 2.3 years after the preceding minimum year of the sunspots (1954. 3). After all, both of the farmost travel records of the fish come together in fact after 2-3 years from the minimum year of the sunspot number (Fig. 5, closed circle).

In this connection, it calls their attention to the interval of these farmost travel records corresponding to the periodicity of every 11 years in the sunspot number, of which KUBO (1957: 130) points out the close relationships to the fluctuation in abundance of the Japanese spiny lobster.

DIRECTIONAL BIAS OF THE RANGE

As far as our tagging experiment goes, the stock found in the Uchiura Bay is recognized their travel out of the bay, westwards to the Chikura waters, and eastwards to the Okitsu waters. These localities of the records may define, if tentatively, the longitudinal limits in the range of movement of the stock.

Recently from the Ubara waters, 7.7 km distant from the Uchiura Bay, a tagged fish is reported. It is the male, 16.9 cm in body length, coded by Tag No. 650, captured 14 June 1972 on the station, released 17 June 1972 off the opposite shore of the station in the bay, and recaptured 29 July 1972 (42 days elapsed) off Ubara Is., Ubara, Katsuura, Chiba Pref., by a young yellowtail gill-net. This

destination is near eastwards to Okitsu waters (Fig. 2). Anyhow, the directional bias in question is still recognized.

The directional bias of recovery records can be first illustrated as such a bias in movement. It is interesting here that the relationships are suggested between the movement of the animal and the current flow. Along the southern Boso coast, the southwestward flow of the onshore current is generally recognized as a counter-current of the axial flow of the Kuroshio,* and it may be emphasized by the access to land of the axial flow of the mother current. If these conditions are accepted, the trends of westward travel of the fish should be denatant upon the onshore flow, even though the positive rheotaxis is effective in the marine crustaceans.

In this connection, the bearing of the other current system Oyashio must be hardly negligible to the bias in movement. The Boso coast is known as convergently washed by the southwestward Oyashio, as well as by the northeastward Kuroshio, and the escape reaction of the fish to lower temperature is very probable. Most of these problems remain to be proved in further investigations.

Another illustration is in relation to the character of the tagged fish recovery itself. It is apparently known that the recovery rate is used to increase or decrease among relatively poor and rich populations respectively. As for the Uchiura Bay fisheries, it is probable that within the 29 km distance range the eastward waters hold much more stock than do the westward waters (Fig. 9).

When the regional catches during 1958-1968 in the official statistics (Chiba Stat. Surv. Off., 1959-1969) are summed up by a 10 km distance from the Uchiura Bay, and converted to an index or ratio to the catches from the bay, the annual catches from any of the three westward regions of 10 km distance are in a range of 0.3-2.5 (0.5-1.7 in total westward waters), while those of any eastward regions in a range of 1.1-5.6 (2.0-2.7 in total eastward waters).

If the total fishing efforts in these regions

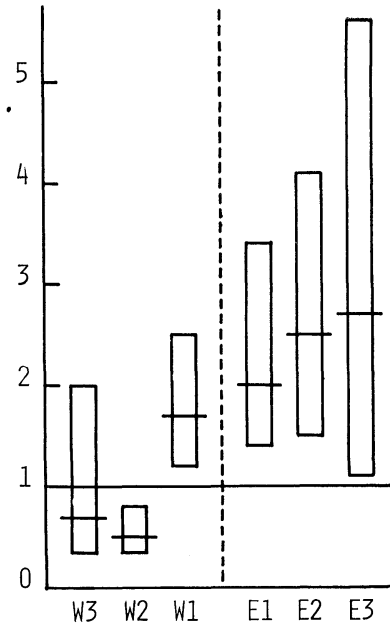


Fig. 9. Regional catch indexes (ordinate) of the Japanese spiny lobster in terms of annual catches in the Uchiura Bay (horizontal line at index 1). Regions (abscissa) divided by every 10 km distance, eastward (E1-3) and westward (W1-3), within the range of 30 km distance from the bay. Horizontal bar, regional average; rectangle, range. Broken line divides eastward and westward regions at the Uchiura Bay. Based on the official statistics of regional catches, 1958-1968.

could not be independent from the amount of population, and such a eastward increase of population density is reasonably accepted, it should be natural that the recovery records are less in eastward waters than in westward waters, even though tagged fish are suggested to disperse out of the bay in equal extent to both easterly and westerly directions. Moreover, the trends of denatant travel to the westward, if present, must give weight to poor recoveries in eastward waters by putting down the stress upon the locomotor activity of the spiny lobster.

After all, the onshore countercurrent running southwestwards of the Kuroshio system appears to make as a result of a denatant travel the summer 1967 stock in the Uchiura Bay rich on one hand by bring in the bay any part of the

* It is supported by the clockwise flow, usually proved in baies on southern Boso coast. (Acc. private communication with Dr. T. MASUDA)

larger eastward population, and start away off in part from the bay on the other hand.

4. Summary and Conclusions

1. The behavior of the 5760 (1867 females and 3893 males) tagged spiny lobster released every spring and summer 1951-1968 at the preserves on the mouth of Uchiura Bay, Chiba Pref., are analysed by the 524 (182 females and 342 males) recovery records from the open area.

2. The total rate of recovery is of 9.1% through the term of 18 years. The total rates from the summer liberations are higher (11.3%) than those (6.1%) from the spring liberations. The sexual differences of the rates are not remarkable in total; 9.7% in females and 8.8% in males.

3. Recovery records are concentrically reported in the Uchiura Bay (85.1%), especially on the same (west) side with the station (71.8%) in the bay. Records from outside of the bay are less and narrower in range on the eastward waters (far as Okitsu waters), while more and broader in range on the westward waters (far as Chikura waters). These records are represented by males, while those in the bay by females.

Another remarkable trends on the outside records are a bias by liberating season. All of them come from the summer liberations, except of a few records at the adjacent Amatsu waters of the bay from the spring liberations.

4. The farthest distant records are reported at the Chikura waters 29 km distant off from the mouth of Uchiura Bay, and the shortest elapsed days between liberation and recapture is 16 days. These records are comparable to those of Australian *P. longipes* in moving speed, and to those of the southern Californian *P. interruptus* and the Bermudian *P. argus* in moving distance.

5. The recovery rate of summer liberations fluctuates in trends as forming a peak in middle of the term studied. Nevertheless, records from outside of the bay represents a increasing tendency in the same term. Especially records from the farthest Chikura waters concentrates in the end of the term, 1967. The dispersion

away from the bay appears to be in effect to both easterly and westerly directions together in definite years.

6. The characteristics seen in the behavior of the fish in summer 1967 are discussed in view of the environmental factors, or temperature, precipitation, flow patterns of the Kuroshio, as well as abundance represented by catches in fishery. The activities of the Uchiura Bay stock seem to be accelerated by onshore access of the Kuroshio, higher water temperature, and more euhaline waters.

7. The westward bias of the longer travel records seems to be illustrated first by the denatant travel depending upon the southwestward flow of the onshore countercurrent of the Kuroshio, second by the larger eastward population, higher density of which should make the recovery rates lower in the eastward waters than in the westward waters.

Acknowledgements

The present author is indebted to Professors T. KUROKI at the University of Tokyo and T. TSUJITA at the Hokkaido University for their comments and suggestions which makes his manuscript improved. Sampling and collecting of the data are owed to colleagues and students of the Laboratory of Fishery Biology and of the Kominato Marine Biological Laboratory, Tokyo University of Fisheries, and to gentlemen of the Kominato Fisheries Cooperative Association, Chiba Pref.

References

- ALLEN, Bennet M. (1916): Notes on the spiny lobster (*Panulirus interruptus*) of the California coast. Univ. Calif. Publ. Zool., **16**: 139-152.
- BAINBRIDGE, Richard (1961): Migration, p. 431-463. in T. H. WATERMAN, ed., The physiology of crustacea, vol. 2: Sense organs, integrations, and behavior. Academic Press, New York and London.
- Chiba Statistics and Survey Office, Jap. Minist. Agric. For. (1959-1969): [Statistical yearbook of agriculture, forestry and fisheries in Chiba Prefecture, for 1958-1968.] Chiba Association of Agricultural and Sylvicultural Statistics, Chiba. [in Japanese; detailed data by issue abbreviated]

- FUJIMORI, Takashi (1967a): [Oceanographic conditions in the Boso to Kashima Nada waters.] Reports on Long-term Forecast for Fisheries Conditions in Tokai Region, Tokyo, **10**: 31-32. [in Japanese; mimeographed; title translation for the periodical by the present author]
- FUJIMORI, T. (1967b): [Oceanographic conditions of the Kanto and adjacent waters in winter-spring 1967.] Mon. Rep. Oceanogr. Cond. Fish. Grd. Tokai Reg., Tokyo, **25** (for Jan.-Feb. 1967): 15-17. [in Japanese; mimeographed; this periodical is not monthly but bimonthly]
- GEORGE, R. W. (1957): Continuous crayfishing tests: Pelsart Group, Houtman Abrolhos, Western Australia, 1953. Aust. J. Mar. Freshw. Res., **8**(4): 476-490.
- HATANAKA, Kazuye, and Wataru IKEMATSU (1940): [On the propagation of Japanese spiny lobster.] Kumamoto Fish. Exp. Stn., Annu. Rep. 1938: 71-83, 1 extra figure sheet. [in Japanese]
- HATANAKA, K., and W. IKEMATSU (1941): [On the propagation of the Japanese spiny lobster.] Kumamoto Fish. Exp. Stn., Annu. Rep. 1939: 85-87, 1 extra figure sheet. [in Japanese; mimeographed]
- HONJO, Koji, ed. (1968): Symposium on the relation between the weather and sea conditions for the forecast of fishing and sea conditions. [proceedings of] Jap. Soc. Fish. Oceanogr., Bull., **12**: 70-96 [in Japanese]
- INO, Takashi (1942): [The Imperial Fisheries Institute, Ministry of Agriculture and Forestry, Kominato Marine Biological Laboratory: a sketch.] Sci. Sea, Tokyo, **2**(4): 306-311. [in Japanese]
- ISHINO, Makoto, and Kazuyuki OTSUKA (1970): On the coastal "Kyucho," a catastrophic influx of offshore water from Kuroshio, p. 61-67. in J. C. Marr, ed., The Kuroshio: a symposium on the Japan Current. East-West Center Press, Honolulu.
- Kanagawa Fisheries Experimental Station (1936): [On the range of movement of the Japanese spiny lobster.] Kanagawa Fish. Exp. Stn., Annu. Rep. 1934: 78-79, 1 extra figure sheet. [in Japanese]
- KUBO, Itsuo (1940): Statistical observation on the yield of the spiny lobster, *Panulirus japonicus* (v. SIEBOLD). II. Yearly catch in relation to precipitation. Jap. Soc. Sci. Fish., Bull., **8**(6): 287-291. [in Japanese with English summary]
- KUBO, I. (1947): [The Japanese spiny lobster: a biological sketch.] Sizen Kenkyu, Tokyo, **4**: 10-13. [in Japanese]
- KUBO, I. (1949): [On age, life span and migration of the decapod crustaceans.] Sci. Sea, Tokyo, **5**(2-4): 25-29. [in Japanese]
- KUBO, I. (1954): The Kominato Marine Biological Laboratory of the Tokyo University of Fisheries. Collect. Breed., Tokyo, **16**(9): 275-283. [in Japanese]
- KUBO, I. (1957): [Periodicity found in fish catches.] Biol. Sci., Tokyo, **9**(3): 126-133 [in Japanese]
- KUBO, I., and Shigemasa HATORI (1947): [An analysis on the results of tagging experiment of *Panulirus japonicus* (v. SIEBOLD), with special reference to rate of growth and ecdysis frequency.] Jap. Soc. Sci. Fish., Bull., **13**(2): 108-110. [in Japanese]
- LINDBERG, Robert G. (1955): Growth, population dynamics, and field behavior in the spiny lobster, *Panulirus interruptus* (RANDALL). Univ. Calif. Publ. Zool., **59**(6): 157-248 [including pls. 17-23.]
- LOCHHEAD, John H. (1961): Locomotion, p. 313-364. in T. H. WATERMAN, ed., The physiology of crustacea, vol. 2: Sense organs, integrations, and behavior. Academic Press, New York and London.
- MARUYAMA, Takeo (1966): On the factors controlling the catch of the Japanese spiny lobster, *Panulirus japonicus*, and the prediction of the amount of catch in the fishing ground of Manazuru. Tokai Reg. Fish. Res. Lab., Bull., **45**: 81-95. [in Japanese with English summary]
- MARUYAMA, T., and Masaji HIRAI (1964): The Japanese spiny lobster, *Panulirus japonicus*—Variation in its catch, migration, and effect of closed area upon the local stocks off Manazuru. Tokai Reg. Fish. Res. Lab., Bull., **38**: 99-123. [in Japanese with English summary]
- NAKAMURA, Syuya (1934): [A guide to the Kominato Marine Biological Laboratory.] Alumni Assoc. Piscic., Imp. Fish. Inst., Bull., **4**(9): 168-173, 2 extra figure sheets. [in Japanese]
- NAKAMURA, S. (1937): [Notes on the forms of fish preserves (2). Traps and fish ponds for the Japanese spiny lobster.] J. Fish. Sci., Tokyo, **32**(9): 504-506. [in Japanese]
- NONAKA, Makoto (1959): An investigation of spiny lobster stock on fishing preserve bed. The Aquiculture, Tokyo, **6**(3): 9-13. [in Japanese]
- OKADA, Yaichiro, and Kojiro KATO (1946): [Studies on the Japanese spiny lobster, *Panulirus japonicus* (v. SIEBOLD). II. Migration.] Res. Inst. Nat. Resour. Dep. Zool., Short Rep., **1**: 1-10. [in Japanese; mimeographed; neither periodical title nor serial number offered in this issue]
- OKADA, Y., Kiyoshi SUZUKI and Koichiro MORI

- (1960): [Bearing of freshwaters on the Japanese spiny lobster larvae,] p. 287-291. in M. UDA, ed., Reports of the survey on the predictable effects of dam drainage to the fisheries in Owase Bay. Commission for the Survey on the Effects of Dam Drainage off in Owase Bay, Tsu. [in Japanese]
- OSHIMA, Yasuo (1934): [Notes on migration of the Japanese spiny lobster.] Sci. Fish. Assoc., Univ. Tokyo, Proc., **6**(2): 102-104. [in Japanese]
- OSHIMA, Y. (1935): [On the habitat of the Japanese spiny lobster.] Alumni Assoc. Piscic., Imp. Fish. Inst., Bull., **5**(5-6): 75-83. [in Japanese]
- SHEARD, Keith (1949): The marine crayfish (spiny lobster), family Palinuridae, of Western Australia, with particular reference to the fishery on the Western Australian crayfish (*Panulirus longipes*). Commonw. Sci. Ind. Res. Org., Aust., Bull., **247** (Div. Fish. Rep., **18**): 1-45, 1 extra figure sheet.
- SHEARD, K. (1954): Continuous crayfishing tests, 1947-1948, and their application to the management of the crayfishery in Western Australia. West. Aust. Fish. Dep., Fish. Bull., **5**: 1-54.
- SUTCLIFFE, W.H., Jr. (1952): Some observations of the breeding and migration of the Bermuda spiny lobster, *Panulirus argus*. Gulf Caribb. Fish. Inst., Proc. IV Annu. Sess. 1951: 64-69.
- SUTCLIFFE, W.H., Jr. (1953a): Notes on the biology of a spiny lobster, *Panulirus guttatus*, in Bermuda. Ecology, Durham, **34**(4): 794-796.
- SUTCLIFFE, W.H., Jr. (1953b): Further observations on the breeding and migration of the Bermuda spiny lobster, *Panulirus argus*. J. Mar. Res., New Haven, **12**(2): 173-183.
- TAKAGI, Kazunori (1970): An inversion found in the catch of the Japanese spiny lobster in the marine preserves on the Uchiura Bay, Chiba Prefecture. La Mer, Tokyo, **8**(4): 250-251.
- Tokai Regional Fisheries Research Laboratory (1967a): [Oceanographic conditions around Izu Shichito Group and off Boso to Joban coasts. Rep. Long-term Forec. Fish. Cond. Tokai Reg., Tokyo, **11**: 2-11. [in Japanese; mimeographed; cf. Entry Fujimori, 1967a, above]
- Tokai Reg. Fish. Res. Lab. (1967b): [Oceanographic conditions in Ise and Mikawa Bays.] Rep. Long-term Forec. Fish. Cond. Tokai Reg., Tokyo, **13**: 2-7. [in Japanese; mimeographed; cf. Entry Fujimori, 1967a, above]
- Tokai Regional Fisheries Research Laboratory Fishing and Oceanographic Condition Forecast Committee (1967a): [Oceanographic condition, during the first to Second decades of June.] Circ. Forec. Fish. Oceanogr. Cond. Tokai Reg., Tokyo, **82**(42-11): 1. [in Japanese; mimeographed]
- Tokai Reg. Fish. Res. Lab. Fish. Oceanogr. Cond. Forec. Comm. (1967b): [Oceanographic conditions, during the last decade of June to the first decade of July.] Circ. Forec. Fish. Oceanogr. Cond. Tokai Reg., Tokyo, **84**(42-12-13): 1. [in Japanese; mimeographed]
- Tokai Reg. Fish. Res. Lab. Fish. Oceanogr. Cond. Forec. Comm. (1967c): [Oceanographic conditions, during the first decade of August.] Circ. Forec. Fish. Oceanogr. Cond. Tokai Reg., Tokyo, **87**(42-16): 1. [in Japanese; mimeographed]
- Tokyo Fisheries Experimental Station (1938): [Fundamental investigation of the propagation of the Japanese spiny lobster.] Tokyo Fish. Exp. Stn., Annu. Rep., **13**: 17-18. [in Japanese]
- Tokyo Fish. Exp. Stn. (1939): [On the propagation in neritic waters.] Tokyo Fish. Exp. Stn., Annu. Rep., **14**: 44-45. [in Japanese]
- UEHARA, Susumu (1967): [Summary of coastal oceanography with special reference to Kumano Nada to Boso coasts.] Mon. Rep. Oceanogr. Cond. Fish. Grd. Tokai Reg., Tokyo, **26** (for Mar.-Apr. 1967): 10. [in Japanese; mimeographed; cf. Entry FUJIMORI, 1967b, above]
- UEHARA, S. (1967b): [Summary of coastal oceanography with special reference to Kumano Nada to Boso coasts.] Mon. Rep. Oceanogr. Cond. Fish. Grd. Tokai Reg., Tokyo, **28** (for Jul.-Aug. 1967): 10. [in Japanese; mimeographed; cf. Entry FUJIMORI, 1967b, above]
- UEHARA, S., et al. (1967): [Summary of coastal oceanography with special reference to Kumano Nada to Boso coasts.] Mon. Rep. Oceanogr. Cond. Fish. Grd. Tokai Reg., Tokyo, **27** (for May-Jun. 1967): 10. [in Japanese; mimeographed; cf. Entry FUJIMORI, 1967b, above]
- Wakayama Fisheries Experimental Station (1933): [On the biology of the Japanese spiny lobster.] Wakayama Fish. Exp. Stn., Annu. Rep., **28** (for 1931): 25-28. [in Japanese; partly cited as T. KINOSITA (1931b) by DAWSON (1954: 37)*]
- Wakayama Fish. Exp. Stn. (1935): [On the migration and growth of the Japanese spiny lobster.] Wakayama Fish. Exp. Stn., Annu. Rep., **30** (for 1933): 45-50, 2 extra figure sheets. [in Japanese;

* DAWSON, C.E. (1954): A bibliography of the lobster and the spiny lobster, families Homaridae and Palinuridae. Florida State Board of Conservation. v+86 p.

cited as T. KINOSITA (1932) by DAWSON (1954]
 Wakayama Fish. Exp. Stn. (1938): [On the propa-
 gation of the Japanese spiny lobster.] Wakayama
 Fish. Exp. Stn., Annu. Rep., **33** (for 1936):
 38-40. [in Japanese]
 Wakayama Fish. Exp. Stn. (1940): [On the propa-
 gation of the Japanese spiny lobster, with
 recovery records of tagging experiments.]
 Wakayama Fish. Exp. Stn., Annu. Rep., **35** (for
 1938): 38-39. [in Japanese]

YOSHIDA, Shozo (1961): On the variation of Kuro-
 shio and cold water mass off Ensyu Nada (Part
 1). Hydrogr. Bull., Tokyo, **67**: 54-57, 2 extra
 figure sheets. [in Japanese with English sum-
 mary]

YOSHIHARA, Tomokichi, and Shoichi TAKEUCHI
 (1969): On the oceanographical and meteoro-
 logical observations at Kominato and their
 statistical analysis. Tokyo Univ. Fish., J., **55**
 (2): 143-167. [in Japanese with English summary]

APPEDIX

Tables 4-6, pages 110-112.

Table 4. Summary of the seasonal operations, 1951-1968, of the spiny lobster tagging experiment at the Kominato Mar. Biol. Lab., Tokyo Univ. Fish., Chiba Pref. A, tagged fish in catches; including the animals identified as tagged by marking; B, newly tagged fish after catch; C, released fish out of tagged catches; D, released fish in total; A, C, D, total number; B, net number. F, female; M, male; S, sum; UK, unknown. In column Date: A, August; J, July; M, May; O, October; S, September. In sections F-UK in the second column: numerals after +, trap catches; the others, gill-net catches. On line J/21-25/54: ?, no tagging experiment confirmed on records.

Date	Catches in total				Tagged						Released					
					A			B			C			D		
	F	M	UK	S	F	M	S	F	M	S	F	M	S	F	M	S
S/25-26/51	60+30	91+22		221	6	7	13	86	101	187	5	4	9	91	105	196
O/5-7/51	60	93		153	6	8	14	51	81	132	6	8	14	57	89	196
M/13-17/52	94+22	225+36		377	4	5	9	111	251	362	4	5	9	115	256	371
J/9-12/52	140	269		409	9	21	30	112	213	325	3	17	20	115	230	345
M/9-12/53	60+29	88+57		234	0	2	2	69	120	189	0	2	2	69	122	191
J/9-10/53	81	173		254	6	12	18	75	155	230	6	10	16	81	165	246
M/9-12/54	27	56	3	86	2	1	3	22	50	72	2	1	3	24	51	75
J/21-25/54	81	182	3	266	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
M/12-16/55	60	103		163	1	10	11	52	77	129	1	5	6	53	82	135
J/12-15/55	105	111	5	221	3	7	10	88	92	180	3	6	9	91	98	189
M/9-13/56	57	88		145	2	7	9	53	77	130	2	2	4	55	79	134
J/11-14/56	98	244		342	4	11	15	91	230	321	4	11	15	95	241	336
M/12-16/57	47	83		130	0	3	3	47	80	127	0	3	3	47	83	130
J/9-11/57	32	87		119	1	5	6	31	81	112	1	5	6	32	86	118
M/10-13/58	55	106	2	163	0	11	11	50	83	133	0	11	11	50	94	144
J/9-12/58	35	120		155	1	8	9	24	89	113	1	8	9	25	97	122
M/13-16/59	81	143		224	1	5	6	69	124	193	1	4	5	70	128	198
J/12-14/59	32	93	3	128	5	13	18	24	74	98	5	12	17	29	86	115
M/17-20/60	76	130		206	2	10	12	73	109	182	2	9	11	75	118	193
A/17-19/60	35	78		113	8	13	21	25	62	87	7	12	20	32	75	107
M/8-11/61	39	80		119	6	5	11	28	69	97	6	2	8	34	71	105
A/6-9/61	66	129	1	196	6	6	12	56	111	167	5	6	11	61	117	178
M/10-15/62	21	37		58	0	1	1	21	36	57	0	1	1	21	37	58
A/9-11/62	56	108		164	5	8	13	44	83	127	5	7	12	49	90	139
M/16-19/63	57	102		159	1	1	2	55	92	147	1	1	2	56	93	149
A/2-4/63	41	100		141	8	22	30	29	70	99	7	19	26	36	89	125
M/9-11/64	34	115	3	152	2	12	14	31	97	128	2	12	14	33	109	142
J/23-25/64	28	61	5	94	6	15	21	21	46	67	4	13	17	25	59	84
M/13-14/65	14	60	2	76	1	4	5	13	54	67	1	4	5	14	58	72

Migration of Tagged Spiny Lobster

111

J/2-4/65	51	111	1	163	3	16	19	46	94	140	3	15	18	49	109	158
M/15-17/66	30	88		118	1	9	10	29	79	108	1	9	10	30	88	118
J/30-A/1/66	47	113	6	166	6	18	24	38	92	130	5	18	23	43	110	153
M/16-18/67	32	57		89	3	3	6	29	54	83	3	3	6	32	57	89
J/15-16, 20-21/67	103	226	3	332	11	24	35	79	183	262	11	24	35	90	207	297
M/17-19/68	47	110		157	4	10	14	42	95	137	4	10	14	46	105	151
J/10-12/68	27	123		150	0	10	10	25	107	132	0	10	10	25	117	142
Total	2098	4298	37	6433	124	323	447	1739	3511	5250	111	290	401	1877	3886	5763

Table 5. Regional distribution of the 524 recovery records (Table 2) by sexes from summer 1951 to July 1968 liberations of tagged spiny lobster at the Kominato Mar. Biol. Lab., Tokyo Univ. Fish., Chiba Pref. Date, month and year of liberation, details of which are given in Table 4; A, August; M, May; J, July; S, September. In regional columns: left, of female records; right, of male records.

Date	In the Bay													Total											
	Okitsu	Hama Namekawa -Osawa	East coast	unspecified	West coast	Amatsu	Kamogawa	Futomi	Emi	Wada	Maruyama	Chikura													
S/51					3	2	4									9									
M/52					3	3										6									
J/52				4	3	17	1	1								26									
M/53			1		6	15	1									23									
J/53			1	1	8	14	1		1							26									
M/56			1		2											3									
J/56	1	1	1	8	13	1	7	10	1		1	2		1		47									
J/57				2	7	4	1									15									
J/57			4	4	3	1	1									13									
M/58					4	14										18									
J/58	3			2	4	10	4		1							24									
M/59					12	6										18									
J/59				1	3	7	1									12									
M/60				1	11	11										23									
A/60		1	1		6	18	1	4		1						32									
M/61					5	4										9									
A/61			1	6	18	35	1	2	2							65									
M/62				1	5											6									
A/62			1	5	4	8			2							20									
M/63					1	4										5									
A/63					5	5	1	3		2						16									
M/64				2	4	2										8									
J/64					3	14										17									
M/65						2										2									
J/65				1	1	6	8		1							17									
J-A/66				1		7										8									
M/67				2												2									
J/67		1	7		3	6	1	5		1	2	5		1		37									
M/68				1		6	3									10									
J/68				1	2		4									7									
Total	0	4	3	9	21	39	1	9	142	234	6	27	3	3	5	10	0	1	0	1	1	0	0	5	524

Table 6. Recovery records from Wada and Chikura waters, of the tagged spiny lobsters released at the mouth of the Uchiura Bay, Chiba Pref., 1951-1968. BL, body length; F, female; M, male.

Region	Date		Days elapsed	Sex	Size in BL (cm)	Remarks	
	Recaptured	Released				Tag No.	Detector
Wada	9 Aug. '56	12 July '56	28	M	13.7	317	Y. Okada
Sirako	18 Aug. '67	16 July '67	33	F	16.7	1543	T. Tomita
Seto	9 Aug. '67	21 July '67	19	M	15.1	1750	T. Ishii
Kotto	12 Aug. '67	16 July '67	27	M	15.3	1586	N. Tamura
Kotto	12 Aug. '67	16 July '67	27	M	16.0	1589	S. Horie
Hiraiso	6 Aug. '67	21 July '67	16	M	14.7	1734	K. Sakamoto
Senda	9 Aug. '67	16 July '67	24	M	15.5	1542	T. Yasuda

イセエビ, *Panulirus japonicus*, の南総沿岸における挙動: 1951-1968 年連続標識放流結果

高 木 和 徳

要旨: 千葉県内浦湾口にある東京水産大学付属小湊実験場の管理する禁漁区内で, 1951年以降毎年春夏2回イセエビの標識放流を実施している。その1968年までの結果から, イセエビの産卵(水平)回遊での挙動を論じた。全期間を通じて, 再捕個体数は524であり, 再捕率は10%あまりであるが, 季節別では春(6%)よりも夏(14%)に高く, 性別の相異は認められない(雌, 11%; 雄, 10%)。再捕までの経過日数は1個体当たり34.6日であるが, 季節別では春(54日)よりも夏(27日)の方が, 性別では雌(47日)よりも雄(28日)の方が短い。内浦湾外からの再捕記録79についてみると, 雌(10%)よりも雄(18%)の方が再捕率は高いし, それらのほとんどすべては夏に放流されたものである。再捕の最遠記録は千倉町(千田)地先の約29kmである。内浦湾から半径29kmの範囲内で, 再捕記録は質量ともに西偏傾向を示す。質的には上記の西方最遠記録に対し, 東方のそれは興津地先の5km未満である。量的には(配分比率で)湾内(72:12%)でも湾外(12:3%)でも西の再捕率が東のそれよりも著しく卓越する。夏期放流分の年別再捕率(0.~38.9%)は対象期間内で1960~'61年を頂点として単峯形を示すようにみえる。この傾向は性別にみても変わらない。湾外記録だけに限ると, 再捕率は1967年を頂点とする増加傾向を示す。この年には西方の最遠記録のほとんどすべてが集中している。また, 西方での再捕率の卓越年に限って東方での再捕が記録され, 東西両方向での呼応関係が示唆される。これらの点について, 環境要因などとの関係から若干の考察を試みた。

インド洋における DSL の生物学的研究—I.*

構成生物相

増田辰良** スリ・ラハユ** 田中正明**

Biological Studies on the Deep Scattering Layer in the Indian Ocean—I.*

Animal Constituents of DSL

Tatsuyoshi MASUDA, Sri RAHAJU and Masaaki TANAKA

Abstract: The "Umitaka Maru" of the Tokyo University of Fisheries took part in the International Indian Ocean Expedition (IIOE) from October 30, 1963 to February 17, 1964. During the period, collections of macroplankton referring to the deep scattering layer (DSL) were carried out at 29 stations in the eastern Indian Ocean (Fig. 1). The observations were made through 87 times in different depths of water at all the stations (Table 1).

In case of hauling, a 270 cm Umitaka square net, provided with a Netz Sonde before the aperture of the net in order to keep the net at the accurate depth of water, was horizontally hauled at the stern for half an hour at a depth of water where a DSL was previously confirmed by means of an echo sounder. In contrast with the above hauling, a larva net provided with the ring of an Indian Ocean standard net (IOS-net) was horizontally hauled at the starboard of the stem for the same time with the foregoing square net at the surface of the sea. The net hauls were usually operated after sunset, to be exact, between the zone time from 18:36 to 21:05.

As a whole, 43 sorting groups of zooplankton occur in the DSL at all the stations (Table 2). Major constituents of these are Copepoda, Euphausiacea, Siphonophora, Sagittoidea, and Thaliacea. As the latter 3 groups, however, show about the same distribution ratio at both DSL and sea surface, it may be regarded as appropriate that those groups are common to both layers. On the other hand, the former 2 groups are remarkably abundant at the DSL, so that Copepoda and Euphausiacea appear to be purely major constituents of the DSL. Especially, there is no room for doubt that Copepoda is the most dominant of the deep scattering layers in the eastern Indian Ocean.

1. 緒言

深海音波散乱層 (DSL) は、よく知られているように、水中において音波を反射する層である。この現象は 1933 年 4 月に John EDGELL 卿が H.

M. Challenger 号で Start 岬沖において、音響測深機に不明瞭に記録される層があることに注目したのが恐らく最初のもので (CUSHING, 1963), その後、1942 年にカリフォルニア大学海洋研究所の EYRING, CHRISTENSEN, および RAITT によって確認されたものである。本邦においては、橋本が 1941 年に N 層と呼ぶ反射層を発見したのが DSL 研究の嚆矢であるといわれている (UDA, 1956)。

* 1972 年 7 月 26 日受理

本研究の一部は文部省科学研究費によった

** 東京水産大学水産動物学教室

Zoological Laboratory, Tokyo University of Fisheries

それ以後、音響測深に関する数多くの調査がなされ、今日の DSL に相当する水中の反射層についての観測も活発に行なわれた。その結果、国内・国外共にこの層にはさまざまな名称が与えられるに至ったが、当初考えられていたように、DSL が局所的な特異な現象ではなく、あらゆる海域に出現することが次第に明らかになってきた。

この DSL の形成要因については、現在までに多くの見解が報告されているが、それらを整理すると三つに大別することができるであろう。その第一は水中動物の濃密群によるとする生物原因説、第二は海水中の塩分・温度等の急激な変化・海水密度の不連続層・海中に懸濁する超音波反射体等の物理原因説、さらに第三はそれら両者の複合原因説である。

これらのうち、DSL の成因として一般に認められているのは第一の生物群集であるが、その構成生物については調査によって諸説に分かれ、Macroplankton 説 (JOHNSON, 1948), Euphausiacea 説 (HERSEY and MOORE, 1948; MOORE, 1950; 鈴木・辻崎, 1961; 鈴木, 1963), イカ説 (LYMAN, 1948), 深海魚説 (CHAPMAN, 1947; MARSHALL, 1951) などで代表されている。

しかし、従来の報告は単に DSL の優占種を列挙しているにとどまり、その採集方法も明示されていないものが多く、DSL を構成する生物群集を詳細に検討したものはまだ少ないようである。そこで、国際インド洋調査時においてはこの点に留意して調査を実施した結果、DSL の構成生物相について新たな知見を得たのでここに報告する次第である。

本文に入るに先立ち、本調査にご協力いただいた海鷹丸調査団長・東京水産大学妹尾次郎教授、ならびに海鷹丸船長・故小沢敬次郎教授はじめ乗組員の各位に心からの謝意を表すると共に、貴重な文献の閲覧にご便宜を賜った東京大学農学部水産学科安田富士郎博士に深甚の謝意を表したい。

2. 材料および方法

第2回国際インド洋調査に際して、東京水産大学海鷹丸は DSL の構成生物相を解明するために、

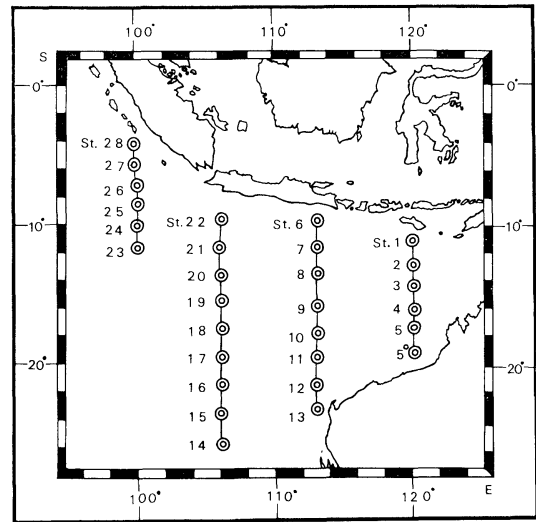


Fig. 1. Showing the stations of macroplankton samplings in the eastern Indian Ocean from November 1963 to January 1964.

1963年11月21日より1964年1月22日に至る期間、Macroplankton の採集をインド洋東部の 29 測点において (Fig. 1), 1 測点あたり 2-4 回、総計 87 回実施した (Table 1)。

曳網に際しては、あらかじめ音響測深機で DSL を確認し、正確な深度を保持するためにネット・ゾンデを使用して、所定の水深に 270 cm の角形ネットを降ろし、30 分間船尾において水平曳した。ただし、St. 28 の水深 395 m の 1 例のみは斜走曳である。これと共に、対照採集として IOS のネット・リングを利用したラーバ・ネットで表層の水平曳を船首右舷側において 30 分間行なった。採集時刻はすべて日没後であるが、さらに詳細に示せば、地方時で 18:36 - 21:05 の間に実施した (増田, 1966)。

ネットが破損した 5 回の採集を除いて、得られたすべての標本はヘキサミンで中和し、ブアンで着色したフォルマリン 10% 海水溶液で固定した後、各測点各深度における出現種を 44 の動物群に分類して、それぞれの個体数を計数した。そして、その量的組成を百分率による編組比率で求めた。

Table 1. Data on macroplankton samplings in the eastern Indian Ocean from November 1963 to January 1964.

St.	Lat. (S)	Lon. (E)	Date	Time	Wire out (m)		Depth (m)	Remarks
01	11-35-6	119-44-7	11.21	20.30	50		0	
01	11-35-6	119-44-7	11.21	20.28		305	60	
02	12-37-4	120-03-8	11.22	19.20	50		0	
02	12-37-4	120-03-8	11.22	19.17		120	28	
02	12-36-8	120-04-2	11.22	20.09		423	95	
03	14-06-5	120-05-7	11.23	20.17	50		0	
03	14-07-0	120-04-3	11.23	19.12	50		0	
03	14-07-0	120-04-3	11.23	19.08		240	70	
03	14-06-8	120-05-2	11.23	19.55		440	125	
04	15-44-3	120-02-5	11.24	19.12	50		0	
04	15-44-3	120-02-5	11.24	19.09		110	27	
04	15-44-0	120-04-4	11.24	19.53		320	70	
05	17-12-0	119-59-2	11.25	19.19	50		0	
05	17-12-0	119-59-2	11.25	20.07		130	30	
05	17-12-0	119-59-2	11.25	19.17		290	70	
05°	17-03-7	119-52-1	11.26	19.09	50		0	
05°	17-02-5	119-53-2	11.26	19.43		130	30	
05°	17-04-0	119-51-8	11.26	19.00		240	67	
06	08-56-4	113-02-5	12. 5	19.35	50		0	
06	08-55-3	113-03-8	12. 5	20.19		56	15	
06	08-56-1	113-02-4	12. 5	19.37		140	37	
06	08-57-4	113-01-8	12. 5	18.45		290	75	
07	11-02-9	112-54-5	12. 6	19.34	50		0	
07	11-03-0	112-55-4	12. 6	18.53		120	33	
07	11-02-8	112-54-3	12. 6	19.40		240	65	
08	12-59-6	112-49-9	12. 7	19.30	50		0	Net broken
08	12-59-2	112-50-5	12. 7	19.59	50		0	Net broken
08	12-59-2	112-50-4	12. 7	19.54		200	50	Net broken
08	13-00-1	112-49-3	12. 7	18.49		590	150	
09	14-50-8	113-04-0	12. 8	19.29	50		0	
09	14-49-9	113-05-6	12. 8	20.28		120	33	
09	14-50-6	113-04-2	12. 8	19.42		170	55	
09	14-51-4	113-03-2	12. 8	18.44		530	150	
10	16-55-5	113-11-4	12. 9	19.36	50		0	
10	16-55-5	113-11-4	12. 9	19.35		130	32	
10	16-55-6	113-09-7	12. 9	18.36		380	90	
11	18-53-9	113-04-0	12.10	19.32	50		0	
11	18-53-8	113-05-0	12.10	19.43		121	40	
11	18-54-3	113-03-9	12.10	18.52		340	100	
12	20-53-3	112-55-5	12.11	19.32	50		0	
12	20-50-6	112-56-1	12.11	19.43		100	25	
12	20-58-7	112-54-3	12.11	18.52		320	80	
13	22-53-2	112-50-1	12.22	20.30	50		0	
13	22-52-9	112-51-0	12.22	20.48		100	25	
13	22-53-7	112-48-8	12.22	20.01		240	70	
14	24-54-4	106-07-0	1. 5	20.05	50		0	
14	24-54-2	106-07-2	1. 5	20.09		100	26	
14	24-55-4	106-06-4	1. 5	19.19		302	70	
15	23-11-0	106-09-3	1. 6	20.07	50		0	

St.	Lat. (S)	Lon. (E)	Date	Time	Wire out (m)	Depth (m)	Remarks
15	23-10-9	106-09-5	1. 6	20.16	112	28	
15	23-11-3	106-08-9	1. 6	19.15	250	55	
16	20-44-1	105-52-1	1. 8	19.55	50	0	Net broken
16	20-46-7	105-52-1	1. 8	18.56	200	50	
17	18-45-5	105-59-3	1. 9	21.05	50	0	Net broken
17	18-46-3	105-59-1	1. 9	20.52	250	65	
18	16-47-3	106-07-9	1.10	20.45	50	0	
18	16-49-3	106-07-4	1.10	20.02	120	30	
18	16-51-0	106-07-2	1.10	19.13	240	60	
19	15-00-3	106-05-3	1.11	20.09	50	0	
19	15-00-5	106-05-1	1.11	19.49	120	30	
19	15-01-0	106-04-9	1.11	19.02	238	65	
20	12-49-2	106-05-6	1.12	20.15	50	0	
20	12-49-9	106-05-5	1.12	19.34	120	30	
20	12-51-3	106-05-4	1.12	18.51	240	60	
21	10-58-4	106-02-2	1.13	19.37	50	0	
21	10-58-6	106-02-6	1.13	19.53	120	30	
21	10-58-2	106-01-8	1.13	19.04	240	60	
22	08-52-8	105-47-9	1.15	20.04	50	0	
22	08-53-0	105-48-4	1.15	19.56	120	30	
22	08-54-3	105-49-7	1.15	19.03	240	60	
23	10-53-5	99-51-1	1.17	20.38	50	0	
23	10-53-8	99-51-3	1.17	20.28	120	30	
23	10-55-4	99-52-4	1.17	19.41	240	60	
24	09-16-7	100-09-4	1.18	20.40	50	0	
24	09-16-7	100-09-4	1.18	20.33	120	30	
24	09-17-3	100-10-5	1.18	19.44	250	60	
25	07-57-6	100-19-7	1.19	20.05	50	0	
25	07-57-0	100-19-0	1.19	20.40	110	30	
25	07-57-8	100-19-8	1.19	19.50	240	63	
26	06-51-3	99-51-0	1.20	20.41	50	0	
26	06-51-3	99-50-6	1.20	20.51	110	30	
26	06-51-0	99-52-6	1.20	20.00	220	60	
27	05-13-6	99-51-9	1.21	19.52	50	0	
27	05-12-2	99-53-3	1.21	20.43	130	30	
27	05-13-8	99-51-8	1.21	19.39	240	60	
28	03-52-0	99-10-6	1.22	20.50	50	0	
28	03-52-0	99-10-8	1.22	20.43	1400	395	

3. 結果

今回の調査で1回の採集時に得られた個体数の範囲は表層で 66 (St. 05°)—14,212 (St. 19) 個体, また DSL では 198 (St. 09, 55 m)—14,655 (St. 22, 60 m) 個体で, 両者の間には大差は認められなかった。しかし, 両者共に個体数変異の幅が大きいので, 表層ならびに DSL の構成生物相の特性を知るために, 各測点各深度毎に出現種を 44 の動物群に分類し, それぞれの個体数による編組比率の平均値を表層と DSL に分けて示したの

が Table 2 である。

それによると, 出現種は 14 動物門におよんでいるが, 44 の動物群中, 表層では 36 群が出現したのに対し, DSL では 43 群が見られ, 後者の方が Macroplankton 群集として複雑相を示した。

これらのうち, 表層群の優占順位は Copepoda, Siphonophora, Euphausiacea, Luciferidae, Hype-riidea, Brachyura, Thaliacea で, いずれも編組比率が 5% を越えているのに対し, 一方 DSL で同様に 5% 以上のものはわずかに Copepoda,

Table 2. Average distribution ratio (%) in individual number of macroplankton occurring at sea surface and deep scattering layers (DSL) in the eastern Indian Ocean during the period from November 1963 to January 1964. Asterisks indicate the ratio in percentage under 0.1 %, and neither numeral nor mark is given in case of no occurring categories.

Categories	Depth	Surface	DSL
1. Sarcodina, Foraminifera		*	0.5
2. Sarcodina, Radiolaria		0.2	0.1
3. Hydrozoa, Siphonophora		11.2	10.2
4. Scyphozoa		*	*
5. Anthozoa, Hexacorallia			*
6. Ctenophora		*	*
7. Tentaculata, Cydippida		*	*
8. Trematoda		0.1	*
9. Nemertinea, pelagic adult			*
10. Mollusca, misc.		0.3	0.3
11. Heteropoda		0.7	0.5
12. Pteropoda		3.2	2.6
13. Cephalopoda		0.1	0.1
14. Polychaeta, pelagic adult		*	*
15. Polychaeta, pelagic larva		*	0.1
16. Polychaeta, Tomopteridae			*
17. Oligochaeta		*	
18. Cladocera			*
19. Ostracoda		1.2	2.4
20. Copepoda		23.0	48.3
21. Cirripedia, pelagic larva			*
22. Mysidacea		3.4	0.3
23. Isopoda		0.3	*
24. Amphipoda, Gammaridea		0.4	0.3
25. Amphipoda, Hyperiidea		7.4	2.3
26. Euphausiacea		9.8	15.8
27. Decapoda, misc.			*
28. Natantia, misc.		3.6	1.6
29. Natantia, Luciferidae		7.5	1.5
30. Reptantia, Phyllosoma		0.3	*
31. Reptantia, Anomura		*	*
32. Reptantia, Brachyura		6.6	0.3
33. Stomatopoda, pelagic larva		3.4	0.5
34. Insecta		0.8	*
35. Sipunculoidea			*
36. Chaetognatha, Sagittoidea		*	*
37. Hemichordata, Tornaria			*
38. Echinodermata, pelagic larva		*	*

Categories	Depth	Surface	DSL
39. Thaliacea, misc.		6.6	4.4
40. Thaliacea, Pyrosomidae		1.0	0.4
41. Appendicularia		0.5	0.2
42. Fish egg		0.1	*
43. Fish larva and young		4.1	2.5
44. Unidentified		*	0.2
Total		100.0	100.0

Euphausiacea, Siphonophora の3群にすぎず、それに次いで Sagittoidea と Thaliacea が4% 台の編組比率であった。

すなわち、全体としては DSL の構成生物群集は既述のように複雑相を呈しながら、優占群はむしろ単純相を示していることが判明した。これは今回の調査に用いた採集網が閉鎖式のものでなく、開放式のネットを使用したことに原因が求められよう。DSL を30分間水平曳した後、揚網する際に表層の Macroplankton も当然入網したものと考えられる。ただし、その量は時間的にも限られたものであるから、DSL の構成生物相を多彩にはしたであろうが、その特性を大きく変えるほどの影響は与えなかったものと思われる。

そのような観点から表層と DSL の表徴群を比較すると、Hyperideae, Luciferidae, Brachyura の3群は表層の編組比率の方が著しく高いことから、本来表層群であると認められる。これらに対して、Siphonophora, Sagittoidea, Thaliacea の3群は表層および DSL の編組比率がほぼ等しく、かなりな高率を示しているので、両層の共通群とみなすのが妥当であろう。残る Copepoda と Euphausiacea の2群は DSL の編組比率の方が著しく高いことから、今回のインド洋東部における DSL の構成生物群集の主群はこれら Copepoda と Euphausiacea の2群であると考えられる。中でも Copepoda は50% に近い高率を示しており、DSL の最優占群であることは明らかである。

4. 考察および結論

従来、DSL から採集された Macroplankton 群集としては Medusa, Ctenophora, Copepoda, Euphausiacea, Natantia, Sagittoidea, Fish larva

などが知られている。これらの DSL 構成生物のうち、現在までに報告された最多出現種は Euphausiacea である。これは遊泳力がきわめて強いので、DSL の調査中に採集網を避けることは十分に考えられ、DSL における現存量は実際の採集量よりもかなり多くなるものと推定されている (MOORE, 1950)。

今回の調査では、インド洋東部における DSL 構成生物として Euphausiacea よりは Copepoda の方が主群をなしていることが判明した。鈴木・伊藤 (1967) は北西部太平洋水域における DSL 内の生物種について種類別の個体数および湿重量の百分率を求めた結果、DSL の形成生物相は Copepoda や Euphausiacea などの動物プランクトンが主群をなしていることを報告している。この結果は今回の調査結果に一致するものであり、DSL の構成生物相を詳細に検討した数少ない調査がこのように同じ結果に至ったことは注目値することであろう。

これまでの DSL 構成生物相としては Euphausiacea がかなり重要視されてきたのに対し、Copepoda は軽視されてきた傾向がある。その理由としては、両者の反射損失の差があげられるであろう。Euphausiacea と Copepoda について異なる波長の反射損失を比較すると、Copepoda の反射損失の方が大きいことが知られており、これは波長に対する両者の体長差と形状差にもとづく反射特性であると考えられている (鈴木, 1969)。

文 献

- CHAPMAN, W. M. (1947): The wealth of the ocean. *Sci. Mon.*, N. Y., **44**(3), 192-197.
- CUSHING, D. H. (1963): The uses of echo sounding for fishermen. 28 p., 58 figs., London.
- HERSEY, J. B. and H. B. MOORE (1948): Progress report on scattering layer. Observations in the Atlantic Ocean. *Trans. Amer. Geophys. Un.*, **29**, 341-354.
- JOHNSON, M. W. (1948): Sound as a tool in marine ecology, from data on biological noises and the deep scattering layer. *J. Mar. Res.*, **7**(3), 443-458.
- LYMAN, J. (1948): The sea's phantom bottom. *Sci. Mon.*, N. Y., **66**(1), 87-88.
- MARSHALL, N. B. (1951): Bathypelagic fishes as sound scatterers in the ocean. *J. Mar. Res.*, **10**(1), 1-17.
- MASUDA, T. (1966): Zooplankton collected by the "Umitaka Maru" in the Indian Ocean from November 1963 to January 1964. *J. Tokyo Univ. Fish. (Special Edition)*, **8**(2), 227-235. In Japanese.
- MOORE, H. B. (1950): The relation between the scattering layer and the Euphausiacea. *Biol. Bull.*, **99**, 181-212.
- SUSUKI, T. and H. TSUJIZAKI (1961): On the DSL in the Pacific area west of Cape Erimo of Hokkaido. *Hokusuishi Geppo*, **18**(8), 304-312. In Japanese.
- (1963): Vertical shift of deep scattering layer induced by diurnal change of underwater light intensities and migration of zooplankton, observed off Cape Erimo, Hokkaido. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, **29**(10), 1000-1004. In Japanese.
- and J. ITO (1967): On the DSL in the northwestern area of the North Pacific Ocean—I. Relationship between vertical migration of DSL, submarine illumination and plankton biomass. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, **33**(4), 325-337. In Japanese.
- (1969): On the DSL in the northwestern area of the North Pacific Ocean—II. Reflection loss of plankton concentration in the DSL. *Bull. Jap. Soc. Fish. Oceanog.*, Special Number, 309-314. In Japanese.
- UDA, M. (1956): Researches on the fisheries grounds in relation to the scattering layer of supersonic wave (Introductory report). *J. Tokyo Univ. Fish.*, **42**(2), 103-111.

寄稿

台湾南東沿岸の冷水湧昇現象について*

富永政英**

Brief Comments on the Upwelling Phenomena on the Sea Adjacent to the South-east of Taiwan (Formosa)

Masahide TOMINAGA

前がき

かつて、1966年7月20日にアメリカ NASA に所属していた宇宙飛行士 YOUNG と COLLINS によって宇宙船から西太平洋の写真を撮影したときに、台湾南東沿海及び南西沿海に冷水が表層まで出現していることが確かめられ、台湾へ報告して来た。一方、黒潮協同調査に参加していた中華民国 (Republic of China) の海洋学者により、台湾周辺洋上の海洋観測が行なわれていた。それらのデータは黒潮観測データ報告として、全4冊が公刊されている。観測は1965年から1969年まで7回にわたって「陽明号」という海軍所属の艦艇で行なわれた。各年月を表示して置く(第1表)。表から知れるように、在台湾の海洋学者によって行なわれた観測はこの期間春期と初秋のみであり、他の季節のものは含んでいない。筆者は(1972年)この資料のうち、台湾東方洋上に関するものを分析し、東岸近くに冷水湧昇があったかどうか、その原因は何であろうかということ調べてみたが、資料が必ずしも完全でないこと、流速の正確な実測がない

第1表 台湾で行なわれた黒潮協同調査の観測年月

観測番号	年	月
1	1965年	10月
2	1966年	3月
3	1966年	4月
4	1967年	4月
5	1967年	9月
6	1968年	5月
7	1969年	4月, 5月

* 1972年7月25日受理

** 台湾省, 国立台湾大学海洋研究所 客員教授

ことなどにより、正確な結論は出せなかった。しかし、北緯 23°45' 及び 22°45' の線上東西にわたる水温、塩分の断面図を描いてみると、たしかにこれらの緯線に沿い、沿岸近く冷水が存在することがあり、時には表層に、多くは数 10 m の深さまで冷水が昇ってきている。

以上の古い測定のと、台湾大学海洋研究所が本式に設立され、同研究所海洋物理部門のプロジェクトとして1971年にも数回の冷水現象の観測を実施した。観測船はやはり海軍所属の「九連号」という 900 トンばかりのものである。この観測船は、1972年には新しい海洋観測器材の設置、機関修理などが手間どおり、現在まだ完全に使用できない状況であるが、11月からは海軍から海洋研究所に移管されるので、今後の研究観測専門船としての活躍が期待できる。

1971年に行なった湧昇流観測は既設の STVD がうまく作動しなかったのと、東方洋上の悪天候の頻発で決して理想的なものでなく、観測深度も 500 m 以浅であり水温と塩分だけである。また、流速観測は全く行なわれなかった。それにしても、実際になされた実測は貴重な資料であり、ここにその一つをとりあげて概況を報告したい。

実測概況

Fig. 1~Fig. 3 に深さ 100 m までの東西横断面図を掲げた。ここには単に 1°C ごとの等温線を示したに過ぎないが、各図ともに沿岸寄りに冷水が存在していることを示している。ただ、Fig. 2 の場合には 50 m 以深でない冷水が沿岸に観測されない。Fig. 1 はおよそ北緯 22°55' の緯線に沿った断面、Fig. 2 は 22°36'、Fig. 3

はおよそ $22^{\circ}10'$ の線に沿っている。各観測点の位置は Fig. 4 の平面図を参照されたい。同図には表面の等温線を 0.5°C ごとに描き、各観測点には風向、風力を附記した。なお、この観測は 1971 年 8 月 20 日~22 日に行なわれたもので、各点は次の日時の観測に相当している。

天気は 3 日間いずれの測点においてもほぼ晴、風向は南西ないし南々西、沿岸近くは 10 ノットで、3 日間まず定期的に吹き続けたものと考えられる。つまり、岸に沿って吹いており、Fig. 4 から明らかなように南端

近い沿海と、図の北端台東 (Taitung) の沖合に広範囲に冷水が存在する。黒潮本流は線島 (Lu Tao, Fig. 4

観測点番号	日時 (1971年 8月)	
4	20日	23時30分 (GMT)
5, 6, 7	21日	1時~6時
8, 9	21日	8時~10時
17	21日	12時
21, 20, 19, 18	21日	13時~20時
15, 16, 14, 13 } 12, 11, 10 }	22日	0時~12時

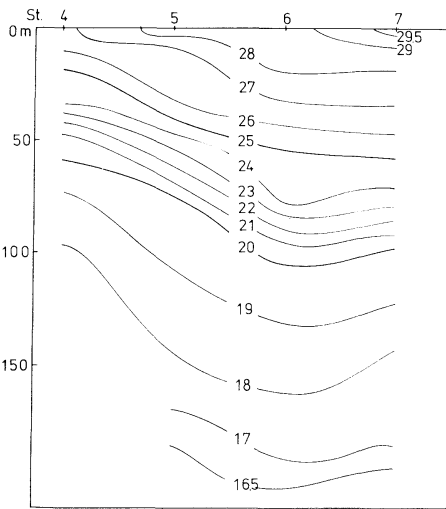


Fig. 1. Vertical section of water temperature along the line of latitude $20^{\circ}55'$. (20-22 August 1971)

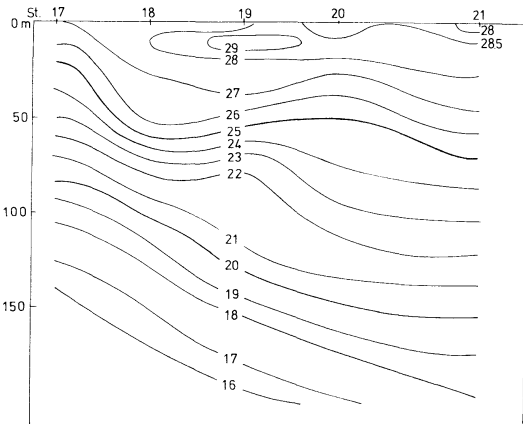


Fig. 2. Vertical section of water temperature along the line of latitude $22^{\circ}36'$. (20-22 August 1971)

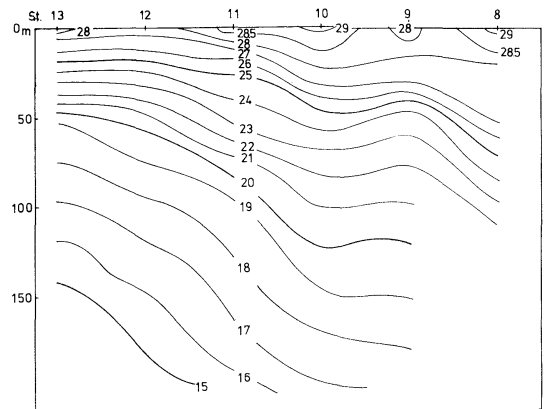


Fig. 3. Vertical section of water temperature along the line of latitude $22^{\circ}11'$. (20-22 August 1971)

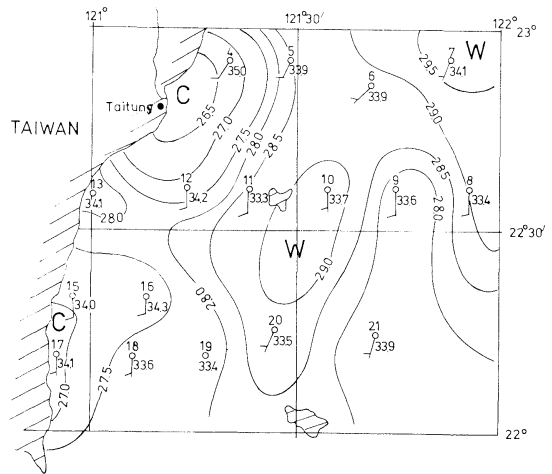


Fig. 4. Isothermal lines of surface water of the eastern part of Taiwan (20-22 August 1971). Wind direction force (short feather indicates 3-7 kt, long feather, 8-12 kt) and salinity in ‰ are attached to the station.

No. 11 の近く) 東部に接して北々東進しているらしく思われる。黒潮本流の表面温度は 29° 以上, Fig. 2 の No. 10 観測点によると 100 m でも 20° に達している。なお, 本点における塩分は表面 33.67%, 100 m で 34.63%, 200 m が 34.63%, 500 m 34.47% というように中層は高塩分である。Fig. 4 各点の脇に塩分の数字を掲げたが, 冷水中心では 34~35% となって黒潮域よりも高塩分になっている。台東附近には卑南溪 (Pinan) という脊梁山脈 (3,000 m を越す) から奔流する冷い清流が流れ込んでいるし, それより南方沿岸にも大小多くの短い溪流が海岸にせまる山地から流れている。もちろん, その淡水の影響も考慮しなくてはならないが, 観測点 No. 4 や No. 12 までその影響が広がっているとは信じられない。実際に No. 12 における塩分は 35.0% に達し, 水温は 26.9° である。Fig. 1 をみても No. 4 と No. 5 (経度で約 $10'$ 離れている) の水平温度傾度は大きい。この例に関する限り南寄りの季節風 (7, 8 月はこの海域はこの方向の風が吹く) が上記冷水を底から湧昇させる原因になったと考えてよからう。

海底 topography を調べてみると 100 m 等深線は極めて岸に近く走っており, 沖に向けて急に深さを増す。台東のやや北から緑島にかけて短かい ridge が突出して 500 m 等深線で囲まれその上に所々小島が散在し, その近くは急に 2,000~2,500 m の深さに陥ち込む。この ridge を越えて北上流が常に存在するが, その流速や流向には変化があるらしい。数 100 m 以深のあまり強くない北上流はこの ridge に妨げられて流れ越すものもあり, また ridge に沿って北西方向沿岸に向い, 海底が浅くなるにつれて湧昇してゆくとも考えられる。台東沖の冷水はそのような機巧もあずかっているかも知れない。しかし, 南方沿岸のものは風のストレスによるものであろう。この台東沖の冷水 (必ずしも表層まで湧昇しない) は筆者 (1972) の前の調査のときも存在し, しかも他の季節で風が北東寄りのときにも生じていた。この ridge の北方北緯 23° 線以北の表層近くにもよく冷水がみられる。これも, 必ずしも風のストレスが湧昇現象に好都合であるとき現われるとは限らない。筆者 (1972)

は potential vorticity 一定の法測から, ridge を越えた中層水が左旋して岸に向い, 底が浅くなるにつれて湧昇したものと考察し, 理論的に流線を描いてみて, そのような可能性も信じられることを例証した。いずれにせよ, 台湾南東沿海の湧昇現象の機巧には複雑な海底地形が原因になるとも考えられ, 台湾大学海洋研究所では来春 (1973年) アメリカの大学 (Y. HSUEH, 薛垂) の協力を得て深海流速計を用いて流速実測をする計画をしている。

以上のほかに台湾東方洋上北緯 24° , 東経 123° のあたりに dynamic topography の高いところが存在する。この部分は南北に長く伸びていることもあるし, まとまった形をして, そのまわりを水が渦巻いているのではないかと思われることもある。これも当研究所の今後の興味ある問題の一つであり, 夏季の北太平洋高気圧の南縁に沿う季節風はこの海域で北西方向に転じ, そのストレスが海面に働いて海流の発散の場を生じはしないかとも思われる。

日本の海洋学者も今後ともこの海域の海況に目を向けたいものと思うし, 台湾との学問協力が可能ならばと望まないていられない。

文 献

- Oceanographic Data Report of CSK No. 1~No. 4 (1966~1970), Chinese National Committee on Oceanic Research, Academia Sinica, Republic of China.
- HSUEH, Y. and R. N. KENNEY III (1972): Steady coastal upwelling in a continuously stratified ocean. *Journal of Physical Oceanography*, **2**(1), 27-33.
- TOMINAGA, M. (1972): Brief analysis of upwelling phenomena near the eastern coast of Taiwan. *Acta Oceanographica Taiwanica*, No. 2. (in printing), (台湾大学海洋研究所研究報告 第二期, 印刷中).

総 説

海洋鉱物資源の開発, 特にマンガング塊開発事業の展望*

田 村 純**

Development of the Ocean Mineral Resources, Especially Prospect of Commercialization on Manganese Nodules

Jun TAMURA

目 次

1. 海洋鉱物資源について
 - 1) 序
 - 2) 石油, 天然ガス
 - 3) 砂鉱
 - 4) 深海底鉱物
 - i) マンガング塊
 - ii) 紅海金属泥
 - iii) リン灰土
2. マンガング塊について
 - 1) 地質と, 探査法と, 鉱区
 - i) マンガング塊の性状と成因
 - ii) 探査法
 - iii) 鉱区の確保
 - 2) 採鉱装置
 - 3) 製錬
 - 4) 環境保全
 - 5) 国際法対策
 - i) 国際海底の範囲画定と, 深海底の鉱区権の問題
 - ii) 国際管理機構
 - iii) 開発途上国対策
 - iv) 先進国間の横の連絡
 - 6) マンガング塊開発事業の展望
 - i) 金属鉱物資源の安定供給の必要性
 - ii) 開発要素の分析, 体系化
 - iii) 開発計画
 - iv) 開発体制
 - v) 展望

1. 海洋鉱物資源について

1) 序

海洋鉱物資源の大宗は, 石油と天然ガスであり, それに次ぐものは, 砂鉱 (placer) である。砂鉱には錫, ダイヤモンド, 金紅石, チタン鉄鉱のほか, 砂, 砂利が建材として, 貝殻がセメントや, 化学品の原料として採取されている。最近に至り, 海洋開発技術の進歩に伴い, 深海底の鉱物, すなわち, マンガング塊 (manganese nodules) や, 紅海の金属泥 (Red Sea metalliferous muds) それにリン灰土 (phosphorite) が, クローズアップされてきた。

そのほかに, 海水溶存鉱物である塩は, 人類が最初に採集した海洋鉱物資源と思われるが, 現代ではその他の海水溶存物質として, マグネシウム及び臭素も抽出, 企業化されており, 金, ウラン, 並びにカリについても, 研究が着々と進められている。海底下の岩石中にある石炭は, 英国と日本において陸岸や, 島から坑道によって採掘されており, 同じくメキシコ湾の海底下の岩石中にある硫黄は, ボーリングに依り採取されている。また海底面の岩石中にある重晶石は, アラスカにおいて発破採掘が始められているが, これらも海洋鉱物資源の一つと言えよう。

本論では, まず石油, 天然ガスと砂鉱の概要に触れた後に, 1970年代から1980年代にかけて, 新たに企業化されるであろうと瞩目されている深海底マンガング塊の開発事業に焦点を合わせてみたいと思う。

2) 石油, 天然ガス

石油及び天然ガスは, 海洋鉱物資源の大宗を占めるのみでなく, 海洋土木と共に海洋開発の2本柱である。まず, 全地球的規模における石油及び天然ガス資源の賦存状況を概説し, 更に海洋石油がその中でいかなる地位に

* 1972年7月21日受理

** 住友商事株式会社海洋開発部

第 1 表

鉱物	数量単位	生産				輸出			
		世界全体		開発途上国		世界全体		開発途上国	
		数量	金額	数量	金額	数量	金額	数量	金額
石油	1,000トン	1,923,800	31,392.0	1,075,901	14,986.8	697,477	9,071.2	649,098	8,452.2
天然ガス	100万立方米	890,600	5,053.2	48,356	277.6	34,212.0	388.9	1,895.7	61.2

国連1971年統計（金額は100万ドル）

あるかを述べる。これらの生産量及び輸出品、並びに金額を第1表に挙げる。石油の生産は年間約20億トン、約300億ドルに及び、天然ガスは年産9千億m³、50億ドルである。開発途上国は世界の石油の約半量を産するが、その65%を輸出し国家建設を進めている現状である。

次に、将来の石油需要を見通すと1970年の1日消費量は、4,600万バレルであるが、1980年には2倍、2000年には5倍の消費量に達するものと予測されている。（第2表参照）

第2表 1970～2000年の石油需要見通し。

年次	消費量 (100万バレル/1日)	平均年成長率 (%)	全エネルギー消費量に しめる石油の割合 (%)
1970	46		47
1980	90	7	57
1990	154	5.5	65
2000	208	3	59

国連1971年統計

出所：フランス石油研究所

更に、石油資源の将来を想定してみると、第3表の通りである。確認埋蔵量は、水深200mまでの大陸棚を含めて4,900億バレルすなわち約800億トンあるので、現在の20億トンの生産量のままとして、40年分ある訳であるが、需要増を見通すと今後20年ぐらいで確認埋蔵量を採取し尽してしまい、推定予想鉱区を開発せねばならないのではないかと考えられる。天然ガスの埋蔵量は第4表の通りである。

そこで、本題の全地球石油資源の中に占める海洋石油資源の割合を、第5表に示す。同表は、国連がフランス石油研究所（IFP）から入手したものであるが、確認埋蔵量、つまり現在生産中の石油鉱床の中、約17.5%が海洋鉱区である。予想量中、海洋の占める割合は49%となっており、30年後には、石油の半量は海底から採油されるものと予測されている。将来の石油資源の供給のほ

第3表 石油埋蔵量。（1969年1月1日現在）

単位：100万バレル

	確認埋蔵量	推定埋蔵量	予想埋蔵量
北アメリカ（アラスカ、北極を含む）	56,000	45,000	200,000
中央アメリカ（カリブ海域およびメキシコ）	6,300	7,200	35,000
南アメリカ	23,000	17,500	80,000
米大陸合計	85,300	69,700	315,000
南アフリカ	40,700	16,700	37,000
その他のアフリカ	6,000	24,200	95,000
アフリカ大陸合計	46,700	48,900	132,000
中東	300,000	246,000	305,000
アジア・大洋州	14,200	18,300	120,000
西ヨーロッパ	1,800	900	35,000
ソ連・東欧圏	42,000	41,300	155,000
合計	490,000	425,100	1,062,000

* 陸上埋蔵量と水深200mまでの海底埋蔵量

出所：国連（フランス石油研究所より再引用）

第4表 1969年の天然ガス埋蔵量。

	埋蔵量(a)	1969年生産に対する埋蔵量の割合 (R/P)
アメリカ	275,109	13
カナダ	51,951	26
オランダ	85,532	110
ソ連東欧圏	326,664	43
その他	571,807	210
世界合計	1,311,063	39

出所：国連（アメリカ・鉱山局 Commodity Data Summaries p. 99, 1971年1月より再引用）

注(a)：10億立方フィート（PS：14. 73 60°F）

ぼ半量を受持つものと予想されている海洋は、この石油資源一つをとってみても、資源供給源としての将来性は真に豊かであり、従って海洋石油は今後共海洋開発を支える巨大な柱であるといえよう。

第 5 表 全埋蔵量中に占める海洋石油埋蔵量の割合。
(陸域をふくむ。全世界を100として、%で示す)

	確 認 埋蔵量	推 定 埋蔵量	予 想 埋蔵量
北アメリカ (アラスカ, 北 を極含む)	14	18	35
中央アメリカ, カリブ海域 および南米	22	30	71
アメリカ大陸合計	17	22	44
北アフリカ	6	27	32
その他のアフリカ	33	71	63
アフリカ大陸合計	9.5	44	55
中 東	20	22	45
アジア・大洋州	17.5	20	75
西ヨーロッパ	8	11	83
ソ連・東欧圏	9.5	19	33
合 計	17.5	24	49

* 以上の数字は第 3 表に基づいて、これをパーセンテージに直したものである。

出所：国連 (フランス石油研究所より再引用)

この海洋石油の今後の成長を予測するに当たっての焦点の一つは、技術開発もさることながら、経済的に成り立つかどうかということである。現在、水深数十mの沖合までの掘削は既に企業採算下に実施されているが、沖合の水深何百mまで、経済性・市場性を勘案して、なお開発可能であるかという点である。この点については、専門家は必ずしも楽観していない。V. E. MCKELVEY and F. F. H. WANG の次の談話はその代表的なものである。

「深海生産のコストが高く、陸棚のもっと浅い海域から石油が広く手に入るため、水深 200m を超える地域からの生産は、今後10年間は最も有望な地区の大規模な鉱区に限られるように思われる。それは多分、1980年までに年間 5 億ないし 10 億バレルに達しないであろう。もっとも、深海開発技術がさらに一層進歩する世紀末までには、数10億バレルに増加するかもしれない。」

3) 砂鉱 (Placer)

海洋の砂鉱は、海浜や大陸棚の砂から回収される。すなわち、水深が浅い点が特長であり、その技術は陸上や海岸、湖岸、河川で従来使われていたものが採用されている。現在、最も重要な海岸砂鉱は砂、砂利であり、日本においても、河川砂利が潤渇しつつあるので、海洋からの採取量はますますふえるであろう。次が貝殻である。日本では余り利用されていないが、世界的にはかなり採取されている。その次には鉱石であるが、錫を筆頭

に磁鉄鉱、チタン鉱物、つまり金紅石 (Rutile) とガーネット等である。白金、金、クロームの様に値段の高いものは未だ稼行されてはいないが、検討の対象になっている。

これら海洋砂鉱の生産高は、1969年において全世界の約300ヶ所で約900億円 (25千万ドル) と見做されている。鉱業界に占める位置は、現在の所未だ極めて低い。以下に二つの統計を示す。

第 6 表 海底砂鉱生産高 (その 1)。

1967~68年度 アメリカ海洋委員会

砂 ・ 砂 利	540億円
貝 殻 ・ 石 灰	108
錫	87
チタン・ジルコン	47
珊 瑚	25
ダ イ ア モ ン ド	14
磁 鉄 鉱	7
計	828億円

第 7 表 海底砂鉱生産高 (その 2)。

M. J. CRUICKSHANK ほか : Offshore mining present and future (Engineering and Mining Journal, 169 (1), 1968) 1967年調

鉱物名	操業数	単 価	年 間 生 産 量	年 間 生 産 金 額
砂・砂利	38	円/m ³ 470	千 m ³ 76,500	億 円 360
貝殻	9	円/m ³ 705	千 m ³ 15,300	108
錫	4	円/トン 870,000	精鉱 10 千トン	87
高比重砂鉄	15	円/トン 3,600	1,307 千トン	47
ダイヤモンド	1	円/トン 18,900	千 m ³ 169	32
磁鉄鉱	3	円/トン 36,100	千トン 36	13
計				647

(チタン・ジルコン・磁鉄鉱・モナズ石・ガーネット等)

以下にそれぞれの鉱物について述べる。海底の砂白金は、アラスカ及びカリフォルニア沖に存在することが知られている。海底の白砂金鉱床は普通規模も小さく、品位も低いため稼行価値は低い。

砂金は、陸上の金鉱が風化分解して、自然金が粒状の砂金となって流下して生成した鉱床である。アラスカ、カリフォルニア沖及びカナダのノバスコシア半島沖には

この種の砂金が存在し，詳細に探査されている。海底砂金で稼行価値のあるものは，未だ発見されていない。

砂錫は，海底砂錫床として最も重要なものの一つで，現在大規模に採掘されている。砂錫は，鉱物としては錫石 (cassiterite) であり，含錫石花崗岩の下流域に産出する。世界の主要な錫の産地は，中国雲南省，マレー半島，インドネシア，東シベリア，イギリス及びオーストラリアのタスマニア島で，これらの地域には砂錫が発達し，近接する海岸には海底砂錫鉱床が存在する。タイ国マダグアイ島西岸では，砂錫を採取しており，1968年現在20社が活動している。インドネシアでは，バンカ島，シンケブ島において海底からも砂錫を採取している。イギリスのコンウォールでは，鉱山から排出された尾鉱が，セントアイブス湾に流れ込み，これから錫を回収している。

ダイヤモンドは，初生的にはキンバーライトと呼ばれる，超塩基性岩中に造岩鉱物として存在する。このキンバーライトが風化分解して，含有されていたダイヤモンドが砂粒となって流出して砂鉱床を形成する。ダイヤモンドは，中南部アフリカ大陸及びソ連邦のヤクーツ地方に主産し，そのほか，ブラジル，インド，ボルネオからも少量産出する。海底からダイヤモンドを採掘しているのは，南西アフリカのリュデリッツ湾からオレンジ河口までの間で，宝石用の良質のものであるが，最近では休止している。

モナザイト，ジルコン，ルチル，イルメナイト，磁鉄鉱からなる重砂鉱床は，そのほかに砂金やフェルグソナイト，サマルスカイト，ゼノタイムなどの希元素鉱物やざくろ石を伴うのが普通である。重砂鉱床は，酸性深成岩や粘土質変成岩から風化分解して砂鉱床となる。重砂鉱床は，オーストラリア，マレーシア，インド，セイロン，朝鮮半島，ブラジル，南ア共和国などから産出しており，これらの国には海底砂鉱床も発達している。オーストラリアの，ブリスベン，ニューキャッスル付近では，石英砂中のジルコン，ルチル，イルメナイト，モナザイトの量は合計で平均約1%であり，これらの鉱物の比率はそれぞれ30~40%，35~40%，20~35%，0.2~1.0%である。オーストラリアは，ジルコンを自由世界の98%，モナザイトを35%，イルメナイトを20%，ルチルを91%産出している (1968)。なお，日本では重砂はほとんど産出しない。

砂鉄は，砂地の海岸に近い海底に分布する。砂鉄を構成する磁鉄鉱と少量のイルメナイトは，火成岩，堆積岩，変成岩から由来している。世界的には，陸上鉄鉱が

未だ充分にあるので，現在，海底砂鉄を採掘利用しているのは日本のみである。

砂礫は，大陸棚に広く分布している。陸域の砂礫は次第に枯渇してきているので，海底からの採取は次第に増加してきている。海底から砂礫を採取している国は，米国，カナダ，イギリス，デンマーク，フィジー，日本などである。

貝殻は，陸域に石灰石鉱床の乏しい地域で採取されている。その用途は，セメント原料や農業用石灰原料や化学原料である。貝殻を海底から採取して利用している国は，米国のメキシコ湾岸，カリフォルニア海岸，アイスランド，フィジー，モザンビークなどで，フィジー，中米のパハマでは珊瑚，石灰砂を採掘している。日本では石灰石が豊富なので，貝殻は採取していない。

砂鉄の採取は浅海で行なわれており，その海深を例示すれば第8表の通りである。

第 8 表

砂	鉄	日 本 (九州)	水深<10m
	錫	インドネシア・タイ	<45m
貝	殻	カリフォルニア	≧10m
砂	状・貝	アイスランド	≧45m
	殻	ニューイングランド	<30m
砂		ニューイングランド	<30m
アラゴナイト		パ ハ マ	<30m
ダイヤモンド		南 西 ア フ リ カ	<30m

出所：Marine Science Affairs, 1970

これらの砂鉄は，バケットやグラブでドレッジされることもあり，ポンプやエアリフトによるサクション方式で採取されることもある。

4) 深海底鉱物

i) マンガン団塊 (manganese nodule)

海洋鉱物資源は，従来の主対象は石油と砂鉄であったが，海洋開発技術が最近急速に進展してきたのにつれて，深海底の鉱物資源の採掘が産業としての現実性を帯び，次第にクローズアップされてきた。しかし，それは宇宙開発における月の岩石採取とは本質的に異なり，はるかに経済採算性に立脚した基礎計算をもとに，海洋鉱物を採取しようとするものである。新時代の深海底鉱業として最初に挙げるべきものは，ここに述べるマンガン団塊であるが，併せて紅海金属泥と，燐灰土についてもその概要を述べ，最後にマンガン団塊について詳細を述べることにする。

約一世紀前に，海洋調査船 Challenger (1873~76)

が、深海底より異様な岩石をすくい上げたが、これが最初のマンガン団塊で、それ以来この団塊は、学術的興味を中心に研究が進められてきた。このマンガン団塊は、黒っぽいジャガイモのような形の岩石で、太平洋などの深海底に広範囲に散在、堆積しているものである。この団塊には多種の金属を含有しており、経済性の高い金属の含有量は、代表例を示せば次の通りである。(Dr. John L. MERO)

Ni	Co	Cu	Mn	Fe
0.99%	0.35%	0.53%	24.2%	14.0%

マンガン団塊の埋蔵量は、従来より膨大な数字も挙げられているが、現在最も信頼のおける計算では、全世界の深海底で6千億トンないし8千億トン、太平洋では4千億トンと推定される。

これらの品位と鉱量を調べて優良な鉱床を確認し、鉱業権を取得することが探査と称する業務であって、企業化の第一歩に当る。マンガン団塊の探査で最も期待される技術は、広い海洋における位置の確認と深海テレビを活用してマンガン団塊の賦存状態や鉱量を実際に眼で確かめることである。

マンガン団塊の採鉱装置は、現在欧米で研究されているが、それはエアリフトを利用するサクシオン方式であるが、日本では住友グループが連続バケット方式を開発中であり、欧米を含めて業界の注視を浴びている。サクシオン方式の最大の問題は、どの程度の水深まで採取可能であるかということであるが、連続バケット方式では海の深さの問題は既に解決しており、起業費もサクシオン方式ほどはかからないだろうとされている。問題は採取効率をいかに上げることができるか、ということである。

マンガン団塊採取に必要な開発されるべき技術としては、探査、採鉱の技術と共に、製錬の技術開発がある。このマンガン団塊は、鉱石としては特殊な複雑鉱であって、従来の陸上のニッケルやマンガン鉱の製錬法をそのまま採用することはできないので、欧米を中心に各種の方法が研究されている。公表されているものの中、代表的なものは米国鉱山局の硫酸法やアンモニアカルバメート法、米国 Deepsea Ventures, Inc. の塩化水素法等の湿式製錬法である。一方、日本においても鉱物学的研究と併せ、製錬技術の研究がかなり進み、工業的に経済性をもった製錬の開発確立は時間の問題と思う。

マンガン団塊の製錬では、その市場性と経済性を熟慮

する必要がある。すなわち、団塊の中の Ni, Co, Cu, Mn, Fe 等の金属成分について、どれを回収し、どれを捨てるか、いかなる成品なり中間成品なりに仕上げて、市場に供給するか、そして、それらがいかほどの値段になり、市場にいかなる影響を与えるかという問題をよく検討せねばならない。

ii) 紅海金属泥

地質学会や地球物理学界で、最近定説化してきた大陸漂移説や、海底拡大説によれば、太平洋や大西洋の深海底が広域に亘って分裂して中央裂谷ができ、海底は両側に移動して行くことされており、紅海もその1例である。裂谷の現象として、太平洋ではハワイ火山が生成されたのに対し、紅海では金属を含む火山性温泉が湧出しており、この温泉から海洋鉱物資源が現在生成されつつあるわけである。

紅海の水深は200m~500m程度であるが、その中央部にはアトランティス海盆(2,170m)、ディスカバリー海盆(2,200m)などの深海がある。アトランティス海盆の海底の最高温度は62°Cであり、熱水溶液を湧出しており、これからできた金属泥の厚さは約10m、面積は5,6百万m²である。この泥の金属含有は、Fe 2.9%, Zn 3.4%, Cu 1.3%, Pb 0.1%, Ag 54ppm, Au 0.5ppmであり、賦存量を想定すると、Fe 24,300,000トン、Zn 2,900,000トン、Cu 1,060,000トン、Pb 80,000トン、Ag 4,500トン、Au 45トンになる。

この紅海金属泥の学術研究は、Woods Hole 海洋研究所の DEGENS and ROSS: Hot brines and recent heavy metal deposits in the Red Sea, 1969 に代表される。かつて、米国 Kennecott 社(非鉄金属会社)がこれを取り上げたことがあるが、今年度は西ドイツの Preussag A.G. (非鉄金属会社)が、調査船 Valdivia を利用して、技術調査をするかたわら、経済性を検討しているといわれる。これは、新しい型の海洋鉱物資源であり、これに類似する性格の鉱床は将来更に発見できる可能性がある。

iii) リン灰土(phosphorite)

リン鉱石ともリン酸塩(phosphate)とも呼ばれるもので、大陸棚と大陸棚斜面、すなわち浅海から半深海にかけて、海底に nodule の形で賦存する場合が多いが sand の形で賦存する場合もある。低緯度で乾燥した地方の、湧昇流が発達している海域の大陸棚には大体見出される。賦存量は、数千億トンに及ぶが、向う10年に採算が合うと考えられるリン鉱は数億トンであるといわれている。賦存海域は、米国の東西両海岸、つまり San

Francisco, California 湾 (海深 600 フィート, 10 億トン), Blake Plateau, Chile, Peru, Argentina, 太平洋とインド洋上の諸島, Spain 西岸, Africa の南と北, Tasmania, New Zealand (海深 600 フィート), 日本等である。

リン灰土の化学成分はリン酸石灰からなり, リン酸肥料原料として利用され, 1968年には8千万トンが消費されたが, 海底産のリン灰土は, P_2O_5 の含有量20~30%で, 陸上産のものは P_2O_5 が25~36%であるから, 海底産の品位が数%低い。

採鉱法は, 未だ完成されていないが, air lift により吸い上げるか, バケツによるドレッジになると思われ, どの採取法を使うにしろリン灰土 1 トン当り 5 ドル (Mero) とか, 8 ドル (Overall) と予想されている。採取費用が陸上よりもかなり安くなれば, 企業化は近いと思われる。

2. マンガン団塊について

1) 地質と探査法と鉱区

i) マンガン団塊の性状と成因

マンガン団塊は褐色, 黒色, 青黒色のジャガイモ状のかたまりで, 海域によっては豆程の大きさのかたまりが密集している場合とか, 岩磐にへばりついて数10cmの平べったい岩塊に成長していることもある。これを割ると, 樹木の年輪の様な同心円状の縞目が見えて, その中核には砂粒や, さめの歯が入っていることがあり, この岩石が成長して大きくなったことがわかる。この団塊は割に軽い岩石で, 比重は乾いたもので2から2.5である。孔隙が多くて, 容積比50%にも及ぶ。硬さは軟かくて脆いので, 踏みつぶすことができる。この様なマンガン団塊は大洋の海底に広く賦存し, また沿海にも発見されるが, 特に太平洋の赤泥が堆積している深海底に広範囲に散在している。太平洋の団塊の鉱量は, 4,000 億トンと述べたが, たとえば1年に1千万トンが採取されると考えれば, いかに莫大な資源が秘められているか, 想像がつくと思う。

マンガン団塊に含有される金属成分は, 各種の研究発表があるが, Dr. MERO によれば, 次の通りである。(第9表)

Ni, Co, Cu, Mn, Fe の主要な金属は酸化物の形で存在する。そのほかに, V (バナジウム), Mo (モリブデン), Zn (亜鉛), Sr (ストロンチウム), Y (イットリウム), Zr (ジルコン), La (ランタナム) 等の有用金属が各種含まれている。これらの成分は複雑な化学組成をとって, 団塊中に内含されているが, 海水の成分と或

第9表 太平洋マンガン団塊に含まれる27諸成分の成分重量比率(乾重量)。

成分	太平洋にて採取54サンプルより算出数値		
	最大値	最小値	平均値
B	0.06	0.007	0.029
Na	4.7	1.5	2.6
Mg	2.4	1.0	1.7
Al	6.9	0.8	2.9
Si	20.1	1.3	9.4
K	3.1	0.3	0.8
Ca	4.4	0.8	1.9
Sc	0.003	0.001	0.001
Ti	1.7	0.11	0.67
V	0.11	0.021	0.054
Cr	0.007	0.001	0.001
Mn	41.1	8.2	24.2
Fe	26.6	2.4	14.0
Co	2.3	0.014	0.25
Ni	2.0	0.16	0.99
Cu	1.6	0.028	0.53
Zn	0.08	0.04	0.047
Ga	0.003	0.0002	0.001
Sr	0.16	0.024	0.081
Y	0.045	0.016	0.033
Zr	0.12	0.009	0.063
Mo	0.15	0.01	0.052
Ag	0.0006	—	0.0003
Ba	0.64	0.08	0.18
La	0.024	0.009	0.016
Yb	0.0066	0.0013	0.0031
Pb	0.36	0.02	0.09
L. O. I	39.0	15.5	25.8

1. X線, 放射分光測定方式による。
2. Ag 検出は平均5サンプルの中, 1サンプルである。
3. 強熱減量は, 華氏温度 1,100度/時間である。

る種の間関係を持っており, たとえば或る海域では, 海水と団塊が共にコバルトを多く含んでおり, マンガン団塊の成因を考察する際の一つの根拠となっている。

マンガン団塊の成因論は種々議論されているが, 完成されたものはない。然し, 多くの支持者を持ち, われわれも最も穏当だと思ふ理論は次のものである。RENARD は約100年前の Challenger 号報告書の中で, 団塊が海水から直接沈澱するという理論を述べた。これは, 今で

も強い支持を受けている。その後、GOLDBERG と ARRHENIUS が電気化学理論を展開しており、これが最も広く受け入れられている。これは、化学的に掃除するという理論である。水酸化鉄と二酸化マンガンの帯電したコロイド粒子は、帯電しにくいイオンを海水中から排除する。つまり、逆に集める訳である。水中で酸化され、帯電したコロイド粒子として沈澱した鉄とマンガンは、大洋底にゆっくりと沈むので、周囲の水中の溶液から金属イオンを集めることが期待できる。

MURRAY は Challenger 号報告書で、マンガン団塊が火山性物質に伴っていることを指摘した。これに関連する考えであるが、GUMBEL は深海底の熱水性温泉から、マンガンやコバルトが豊富に供給されると考えた。この例としては、火山からなる中部太平洋海山脈ではコバルト品位が高いという様なことがある。この理論は、全般に適用できるものではないが、部分的にはこれも当てはまるものと思われる。

マンガン団塊の成長速度についても意見は多い。最近の研究では、多くの団塊は3千万年位の古さであるとされている。団塊は或る時期には成長し、或る時期には成長をとめているということを繰り返して、普通は百万年当り1~6 mm 位成長すると考えられている。

ii) 探査法

鉱物探査の技術は陸上では方法が確立されており、物理探査も著しく進歩してきた。海洋鉱物資源についても石油探査では、船上及び航空機から探査が行なわれ、その後試掘を行なって石油資源を確認している。マンガン団塊は深海底に賦存するので、従来の方法と違う新しい調査方法が要求されている。特に鉱床の位置の精度と深海テレビを駆使して鉱量を確認することが、探査技術の焦点になろう。

探査手順の第1は、探査船を正確に位置づけることである。鉱床を正確に調査していくためにもまた、後ほど探鉱船が計画的にマンガン団塊を採取するためにも、これが必要である。沿岸から遠く離れた大洋上で、地上局や人工衛星局からの電波を受け取る船位測定法については、現在は二つのシステムが出来ている。その第1は Omega で、10.2 KHzの周波数の電波を利用している。これは全世界で発信局は8局でよいが、未だ完成されていない。また、船上の受信局にも現在改良が重ねられており、安定していないので利用は将来のこととなる。精度は1~2 哩の範囲になる。

現在、最も進んでいる船位測定法は人工衛星を発信局とする Navy Navigational Satellite System (NNSS)

である。衛星からの送信と、衛星の速度のドップラー効果を利用し、船の方向、速度のデータを使い、船位をコンピューターで出すわけである。このNNSSの受信機は、米国の Magnavox 社と I. T. T. 社で製作しており、その精度は50 m 以内におさめることができる。

調査船が対象海域に入ると、まず常になすべきことは海底地形の調査である。マンガン団塊は水深4,000 m 前後の海底に多いが、それは平坦な海底にも海山の頂や斜面にも同様に賦存する。ただ、現在のマンガン団塊採取技術から考えると、広く平坦な海底が採鉱機器を操作するのに都合がよい。その意味で、調査船は日夜海底地形を調べるわけである。

深度測定法は船より音波を発信し、海底からの反射をとらえ、その時間差より海深を求めるとであるが、記録は海底の断面図の形で直接表われてくる。この測深器は、日本では日本電気、米国では Hydro Products 等で各種のものが製作されている。最近の技術では、走査線を用いて広域を測深することができる。これの記録は海底面が鳥瞰図か、写真の様な形で表われてくる。

マンガン団塊の探査が学問の域を越えて、経済的な意味を帯びることができてきたのは、カメラとテレビ技術が進歩したためである。カメラとテレビと光源を数千 m の海中に沈めるには、耐圧構造にせねばならないし、船上とつなぐコードとの連結部の技術的解決もむずかしい問題であった。米国の Hydro Products はこれを解決して、6,000 m の深海底のマンガン団塊の賦存状況を明瞭にテレビに連続撮映することができるようになった。

このテレビ観察に依り、われわれはマンガン団塊が海底面に散在している面積の割合を知ることができるし、団塊の大きさも、海底の様子も詳細に知ることができる。そして、探査の大きな目的である鉱量を把握することができるわけである。

探査の目的には、鉱量確認と共に品位を知ることが不可欠である。従って、テレビ観察の次には、サンプルを採って分析を行ない、化学成分を知り、その品位、つまり分量を測定する順番となる。サンプルをとるには普通サンプラーとか、ドレッジャーと称する器具を海底に降ろして、船の進行につれてひきずって行き (drag)、海底の団塊や泥を採取するものがあるが、時には真直ぐに下に降ろしてつかみとる (grab) こともある。このつかみとる方法で進歩した型になると、coring とか boring とか称するもので、海底の泥を柱状に長くとることが出来る。

こうしてとったサンプルは、普通、船上で分析する。

船上では、特に小さい船では揺れるので、陸上で行っている重量分析は、余り歓迎されない。X線を使う分析法が、普及して行くことになるだろう。

探査は、以上の様な手順で行なわれるが、これらのデータを整理し、計算して、企業化への検討と、鉱業権取得の基礎資料とする。

iii) 鉱区の確保

海底鉱床の探査を反復して行なった結果、事業化のための有望な候補鉱床が、発見されたならば、それを中心に一定海域の精査を行ない、鉱区を決定することになる。その場合、いかにしてその鉱区を確保するかが問題となる。これが1967年のマルタの提案に端を発する深海底の国際管理の問題なのであり、それは1970年のニクソン大統領の、深海底とその資源の国際管理、ならびに深海底の資源開発に対する国際的な課徴金制度の提案となつて具体化した。

開発事業を行なう企業の立場としては、このような開発意欲を減退させるような課徴金制度には反対せざるを得ない。しかし、その反面、公海の深海底の鉱区を確保し、公海上で採取作業を行なう以上、何らかの形の国際的合意の下に、鉱区と作業の安全を保障する体制がなければ、企業の継続的作業を不可能にする恐れがあると考えられる。その意味では、余り企業の負担とならぬ程度での課徴金の支払いを前提とした、合理的な国際管理制度の成立が必要であると考えられる。

一方、1971年、ジュネーブで開かれた海底平和利用拡大委員会では、先進国と開発途上国との意見の対立が著しく、1973年の国際海洋法会議まで、国際的な合意には達しえないのではないかと危惧される。しかるに、マンガン団塊の事業化は急速に進みつつある。

マンガン団塊開発の事業化のためには、このような国際的な諸問題の解決が前提となるが、それに先立ちわが国の政府としては、海洋開発の基本法を設定し、日本の海洋開発のあるべき姿を示すとともに、関連国内法を整備し、更に日本独自の海底条約案を作り、関係国との交渉を進め、われわれ企業が日本の主権の下に深海鉱業に安心して投資し、事業を行なう体制を整えることが強く要請される。

わが国における探査の実績は、昭和44年夏、東太平洋において、官民協力して貯存調査が行なわれ、翌45年夏南西太平洋タヒチ沖において、採鉱装置のテストに並行して、調査が行なわれた。今年8月、9月にかけて再び東太平洋において採鉱装置のテストと共に、調査船を先行させて、調査を行なう予定である。又政府においては

47、48年度にわたって、地質調査船を建造し、49年度以降探査技術の開発あるいは、実際の探査に積極的に活用を図られる予定である。しかし広い太平洋のことであるから探査の目途をつけるには大変な時間と経費がかかる。そのためには、一日も早く本格的な探査を実施すると共に、リスクの多い探査事業にこそ、政府の全面的な支援が強く要請されるのである。

2) 採鉱装置

採鉱装置の考え方には、現在二つの流れがある。米国を主流として、ドイツ等欧州でも強い考え方はパイプによる吸い上げ方式である。日本では連続バケット方式が検討されて世界で特殊な立場にある。

米国の代表例は、Deepsea Ventures, Inc が1970年に、Blake Plateau の2,600 フィートの海底で行なった実験である。これは、air-lift 方式、すなわち空気の浮揚力を利用し空気海水の混合物の上昇と共に、団塊を上昇吸引するやり方であった。これは、装置が簡単であり厳しい諸条件に耐えて大量に採取することができる可能性がある。ただし、15,000フィートから20,000フィートの深海底に適用できるかどうか、又、製作費が高い等の問題点が残っている。

日本の連続バケット方式は益田善雄氏の着想によるもので、日本独自の延縄漁法を応用し、船上と海底を結ぶロープをループとし、これに採掘と運搬を行なうバケットを多数連続的に取り付け、船の前後端からこのロープを海底におろして、ロープをエンドレスに循環させて、団塊を連続採取しようというものである。1970年夏にタヒチ沖の3,760 m の海底から、団塊の採取に成功している。この方式は、バケットやロープの能力に限界があり、採取量が制限されるので、今後の改良によってどれ程採取量の増大を期待し得るかが問題となるだろう。この装置の開発は、住友グループがプロモートしているが、欧米もこの開発には、多大の関心をもっていろいろと行われる。

3) 製錬

マンガン団塊は、従来の陸上鉱石とは組成が違うので、製錬法も新しく研究されねばならない。現在、世界で一貫した形態での製錬法をある程度公表している機関は、米国 Deepsea Ventures, Inc. であって、同社は Pilot Plant を建設し、銅、ニッケル、コバルト、マンガン金属の形で精製回収することに成功したと伝えられている。この他にも、米国では鉱山局や非鉄金属の民

間会社、たとえば Kennecott 社、INCO 社などで研究が行なわれている。日本でも公害資源研究所のほか、民間においても研究が進められている。

マンガン団塊の処理に関しても、各種の方法が検討されているが、金属酸化物が極端な偏在をしておらず、また結晶粒子も小さいので、選鉱による効果は期待しにくい。従って、製錬は乾式あるいは湿式による直接製錬法をとらざるを得ない。以下に公表されている製錬法のうちの代表的なものを紹介する。

まず乾式、つまり還元焙解法は一般的な方法であって、ソ連がルツボ試験の結果を発表している。日本の公害資源研究所も、住友商事が San Diego 沖で採取したサンプルを使ってこの研究を行なった。米国の Kennecott 社が行なった方法は、マンガン団塊とコークスを電気炉の中で溶解分離させたものである。

次に湿式法では、U. S. Bureau of Mines が硫酸化焙焼後に、水で浸出する方法を発表している。マンガン団塊は回収の対象となる成分が多いこと、工程と製品中で邪魔になる成分が多いこと、また品位のばらつきもあることが予想されることから、一般的には、湿式が乾式より得策と考えられている。

Deepsea Ventures, Inc. の Pilot Plant による精錬法も湿式法の一つで、hydrochlorination 法と呼ばれ、塩化水素によって鉱石中の金属酸化物を塩化物に変えて水で浸出する方法をとった。また、浸出された液中の金属イオンの分離には、非鉄金属やレアメタル (rare metal) 等の精製分離で成りに実用化されている液体有機イオン交換法、すなわち溶媒抽出法を適用している。

マンガン団塊の製錬は、既に実験室の段階を経て engineering の段階に入っており、たま feasibility study の段階に入っていると思われる。需要にマッチした成品を競争に耐え得るコストで、生産する方法が完成するのはもう時間の問題と思われる。

4) 環境保全

この事業を行なう過程において、汚染を発生する可能性があれば、あらかじめその対策を確立しておかねばならない。現在、考えられるものは次の 2 点である。

i) 採 鉱

深海底からの採取作業に関連して、深海底の生物に与える影響等の生態学的調査を行なわねばならぬと考えられ、特にサクシヨンの場合は泥や水温差にも配慮が必要である。外国の研究では、現在のところこれらの点につき、問題はないとされているが、われわれ自身でも重ね

て慎重に研究すべきである。

ii) 製 錬

製錬所を設置する場合は、製錬方法によって排液、排煙等の処理法も変わるが、あらかじめその対策を確立する必要がある。

5) 国際法対策

国連の下部機構である海底平和利用委員会が、昨年には新しい深海底開発の国際管理機構を創設する予定で、これが国際的な主流となっているが、一方、米国内には国内法をもって事業化をすすめようとする動きもあり、他方低開発国には、Moratorium により深海底の開発を凍結させようとする動きもみられる。本プロジェクトをめぐる国際法上の問題点を集約すれば、下記の如くである。

i) 国際海底の範囲画定と深海底の鉱区権の問題

本件は、国連の海底平和利用委員会が審議されており、領海及び国際海底の範囲を画定すると共に、国際海底につき国際管理機構をつくり、深海底の鉱区権を管理せしめんとするものである。

ii) 国際管理機構

マンガン団塊の開発方式は、次の 2 方式が検討されており、日本を含む先進国は後者を推している。一つは、国際機関がマンガン団塊開発を直接事業化する方式であり、他は国際機関が各国に鉱区権を認可し、各国（各企業）が事業化する方式である。

鉱区権を認可する場合は、鉱区認可料 (license fee) と、鉱区使用料 (royalty) が考えられているが、この種の費用は事業化の意欲を減退させぬ程度の低廉な金額でなければならない。

次に開発途上国とマンガン団塊開発グループとの経済的合意 (economic implication) については、開発途上国では自国の生産、輸出する鉱石及び金属が、マンガン団塊の生産によって圧迫されることを恐れている。検討の結果、その心配はほとんどないと考えられているが、国際協調の建前から下記の項目につき、国際間の合意を必要とするようになる可能性がある。

○海陸を含めた生産調整

○マンガン団塊に対する賦課金及び生産制限

○陸上鉱石を生産する開発途上国に対する損失補償

○マンガン団塊の生産側と陸上鉱石の生産側との間の商品協定

本制度の発効時期については、マンガン団塊の事業化を目指す側としては、総合システム化並びに事業化の準

備の完了する時期にあわせて，国際管理機構制度が発足するように促進せねばならない。

iii) 開発途上国対策

開発途上国の一部には，深海底の開発を調査及び機器の研究，実験を含めて凍結させようとする動きがあるが，これは人類の進歩と福祉に逆行するものであるから，容認できない。ただし，彼等の説得をも含めた総合的かつ有効な対策を考える必要がある。

iv) 先進国間の横の連絡

先進国は共産圏を含めて，近い将来にこの事業に進出してくると思われる，各国，各企業の競争は激化するであろう。現に先発して優位を奪おうとする動きは探査面においても，採鉍機器や製錬法の開発においても，米国のみならず，欧州，ソ連でも活発化しており，日本も安閑としてはられない実情である。

他方，開発途上国の動きに対しては先進諸国は互いに，横の連絡を充分にとり，マンガン団塊の開発に障害の起きぬ様に協力してゆかねばならない。

6) マンガン団塊開発事業の展望

i) 金属鉍物資源の安定供給の必要性

(1) マンガン団塊は有用金属を含有しており，たとえば，Ni 1.2%，Co 0.2%，Cu 1%，Mn 26%のほか，Zn，V，Fe等の回収利用も考えられる。埋蔵量については最も信頼性のある数字では，太平洋で4千億トンと推定されている。その8分の1を採取するとして金属量に直せば，Ni 6億トン，Co 1億トン，Cu 5億トン，Mn 130億トンという莫大な資源量になる。

(2) 長期需給の見通し

マンガン団塊より生産されるMn，Cu，Niの量は世界の全生産量中，極めて僅かの比率に過ぎない。従って，マンガン団塊の採取事業が始まっても市場を混乱させ，開発途上国に打撃を与えるようなことは起らないと思われる。Coは世界の需給量が少いため，マンガン団塊からの生産物が市場に若干の影響を与えることも考えられるが，その場合はNiとCoは相互に代替しうるものであるから，余剰分をNi代替の用途に振向けることになり，全体として市場に興える影響はnegligibleであると考えられる。

(3) 国内資源の涸渇と近き将来の安定供給源

わが国は国内の陸上鉍物資源に乏しく，その供給を買鉍，開発輸入の形で海外に求めているが，その相手国には発展途上国が多い。しかし，これらの国には開発事業の国有化の動きや，石油におけるOPECの如き動きが見

られ，将来の安定供給源として，また低廉な価格の維持に不安がある。その点からすれば，マンガン団塊は太平洋公海々底に広く分布する鉍物資源であるため，非鉄金属資源の安定供給の目的にかなう準国内的な資源であると考えられ，その意味で本プロジェクトは官界，産業界が協力して，積極的に取り組むべき重要な課題であると言える。

(4) 欧米の開発の進捗状況と優良鉍区確保の必要性

一方，米国をはじめ独，仏，加等，欧米においては，本プロジェクトの研究開発と事業化の努力は著しく先行しており，探査においては米国は民間ベースで，既に精査段階に入っており，西独では官民協同して，探査船Valdivia号を建造し，探査航海を行なっている現状である。

更に欧米では，採鉍製錬の研究開発も進んでおり，明年のGeneva会議で設置されようとしている，国際的管理機構が設立された暁には，欧米は一挙に事業化に乗り出しうる態勢を整えつつある。わが国においても，優良鉍区を他の先進諸国に先占されることのないように優良鉍床の探査を急ぐと共に，採鉍製錬の研究を完成させる必要があるのである。

ii) 開発要素の分析，体系化

本プロジェクトの開発要素には，下記の二つの面がある。

- ① 部門別の技術，機器の開発と総合システム化
- ② 事業化の総合的検討

① 部門別の技術，機器の開発とシステム化

探査

探査技術，機器の開発（特に，深海テレビ，深海カメラ，サンプリング，船上分析，位置確認）とそのシステム化。

探査実施— { 概査——鉍床要件の策定
精査——候補鉍床の決定
(鉍区権の取得)

採鉍

採鉍技術，機器の開発

採鉍装置— { —Continuous Line Bucket方式(CLB)
—Suction方式 { Air lift方式
Suction pump方式 } システム化

採鉍船，鉍石運搬船の開発

操船並びに海上作業技術の開発

精錬

精錬技術・装置・施設の開発 } システム化
付帯港湾荷役施設の開発

探査・採鉱・精錬各部門の総合システム化

② 事業化の総合的検討

上記の部門別の技術機器の開発並びに総合システム化に並行して、下記の如く本プロジェクトの事業化のための検討が取り進められねばならない。

経済性の検討

採鉱・精錬の技術方式の最終決定

鉱区の決定

精錬所の立地の決定

生産規模の決定

成品の市場性の検討

経済性の総合的検討

事業形態の決定

本プロジェクトの推進に熱意のある民間企業、ないしその集団を中核とした事業会社とするか、あるいは半官半民の特殊法人の形態をとるか、または完全な政府事業の形態をとるかを検討することになる。

iii) 開発計画

(1) Feasibility Study と資金

Feasibility Study

部門別の技術・機器の開発と、総合システム化が完成したとした場合、マンガン団塊年産100万トン (dry) を1企業単位として試算すれば、概略次の収支となり、一応 feasible であると予想されている。更に、以下のコストと資金をみれば、銅やニッケルを海外の陸上鉱山で開発する規模にちょうど似ている。

売上		260億円
{ Ni 硫化物 Co 硫化物 Cu 硫化物 Mn, Fe 酸化物	85億円	
	55億円	
	20億円	
	100億円	
原価 (金利・償却込み)		220億円
探査・採鉱	110億円	
精錬	110億円	
税引前利益	40億円	
必要資金	計	580億円
探査・採鉱	310億円	
精錬	270億円	

(2) 開発の Time Schedule

現在、部門別の技術・機器の研究開発が行なわれている段階であるが、次いでこれらをシステム化し、装置として完成させる段階に到達する。その時期には、最終的な事業化の総合的検討を行ない、その結果により新会社の設立に踏み切ることになる。欧米、特に米国の研究開

発や事業化のテンポは非常に早く、昭和49～50年頃を目途にしているのではないと思われる。わが国においても、遅れをとらない様に着々と本件の開発を進めねばならない。

○部門別の schedule

探査・採鉱・精錬共、昭和49年～50年頃までには、それぞれの基礎研究と部門別のシステム化を完成せねばならない。すなわち、この段階では、探査部門においては精査に全力を投入し、具体的候補鉱床に的を絞らねばならない。採鉱部門では、CLB方式に関する限り、あらゆる技術的問題点は、すべて解決していなければならない。更に、海底での gathering 装置の検討も終了していなければならない。精錬の部門では、鉄の除去等の基本的課題をこの段階までに解決しておかねばならない。

○総合システム化の schedule

総合システム化の詳細検討を終え、本プロジェクトの技術的な面での事業化の準備完了の時期は、昭和50～51年を目途とする。

○事業化の schedule

経済性を検討し、資金を調達し、事業主体 (開発事業会社) を設立する時期は、昭和51～52年頃を目途とする。

iv) 開発体制

(1) 民間企業の体制

民間企業は、既に昭和42年以来、本プロジェクトの研究開発に取り組んでおり、探査航海や採鉱装置、製錬技術の開発の努力を重ねている。今後、総合的システム化が進み、事業化の見通しのたった時点で開発事業会社を発足せしめることになろう。

(2) 政府の支援体制

本事業は、民間企業の創意とバイタリティを主体として、技術開発を進めるものではあるが、国としても民間のリスクを軽減せしめ、本開発プロジェクトの目的を達成するために、全面的な助成を行なう必要がある。もちろん、政府は研究開発段階において、既に民間助成と政府機関による研究を行なっているが、本格的な事業化の段階に達すると、大規模な事業化資金も必要になるので、技術、資金面での強力な指導援助を行なうと共に、政府出資、融資等の措置を講じて頂きたいと思う。

v) 展望

このマンガン団塊の開発事業は、現段階ではまだかなりリスクの多いものではあるが、われわれの努力と政府の強い支援が幸いに実れば、'70年代後半から'80年代にかけての海洋鉱物資源開発の花形となるであろう。

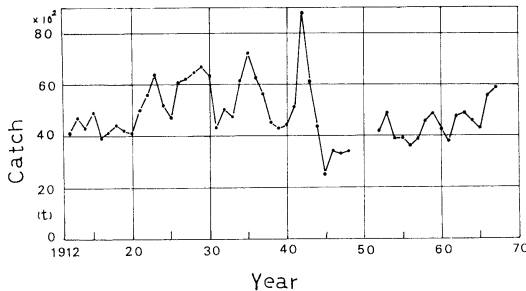
日仏海洋学会賞受賞記念講演

アワビ類の増殖に関する生態学的諸問題*

宇野 寛**

わが国のアワビ類の漁獲量は第1図に示すとおり過去60年間に亘って4,000-8,000トンの間で変動している。その分布は瀬戸内海, 東京湾, 有明海などの内湾をのぞき, 殆んど全国的に分布している。産業的種として *Haliotis discus hannai* (エゾアワビ), *H. discus* (クロ), *H. sieboldii* (メガイ), *H. gigantea* (マダカ) および *H. diversicolor supertexta* (トコブシ) の5種がある。ここ数年の間に, これらアワビ類の人工採苗が可能となり, 量産技術もほぼ完成されつつある現状である。量産された種苗を合理的に飼育し生産をあげるためには天然水域への放流すなわち, 増殖的産産手段が適していると言える。アワビ類を増殖するためには, それらの生態学的知見が必要であるがここでその現状と問題点を述べることにする。

餌料: アワビ類はトコブシをのぞき, 水温が20°Cを中心に上昇・下降する季節に産卵することが知られている。産卵放出された受精卵は水温約20°Cで18時間前後でふ化し, その後3-10日で定着生活を始める。初期餌料として *Platymonius* sp, *Navicula* sp, *Coconeis* sp, アラメ・カジメ・ワカメの配偶体など主に小型単細胞の藻類を摂餌し, 殻長3mm前後より普通の藻類を摂餌する。成長と共に大型藻類をとるが紅藻・褐藻・緑藻を混食す



第1図 わが国におけるアワビの生産量の変化。
(昭和45年農林省漁業養殖業生産統計年報による)

る。特にアラメ・カジメ・ワカメ・コンブ類など褐藻を好んで摂餌する。摂餌には日周期性が明瞭で夜間活動的である。ナシロアワビの研究から流れ藻を主に摂餌するが, 海藻の在り方と摂餌との関係が重要で疑問の点が多い。何れにしてもアワビ類は食植性動物で海藻を主食とするから, その増殖には海藻の有無が重要な条件となる。

近年, エゾアワビの生産のため, 大規模海中林を造成し, その増殖をはかる研究が東北区水産研究所を中心に進められている。

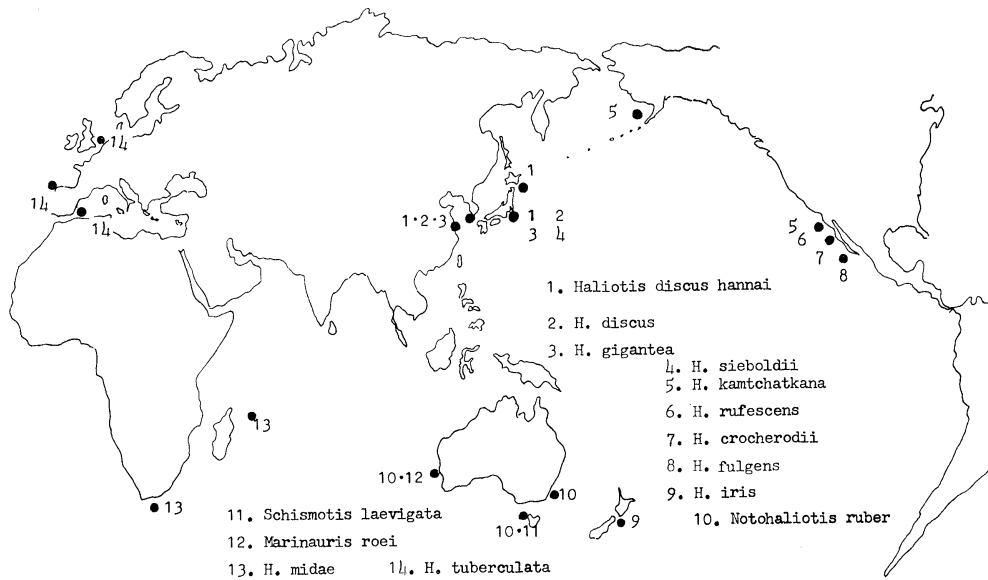
分布と移動: 前述の5産業種の中, エゾアワビは北方種であり他の4種は本州を中心として分布し, それぞれ生態的特性を異にしている。生息水深から見るとエゾアワビ・クロ・メガイ・マダカの順に深くなっている。これらの種はそれぞれ好適な生息場所を持ち住みわけの傾向を示すが, その住み場所の物理化学的条件については不明の点が多く, 今後の研究にまたねばならない。

アワビ類は季節的移動, 成長にともなう深所移動・産卵期の浅所移動などが知られている。クロの場合産卵後水温の低下時期に浅所に移動するがこの生態は漁期はじめの漁場決定に重要な意味をもっている。アワビ類が一生の中, どの程度の生活面積を必要とするかを知ることが計画生産上大切な知見であるがこの点は不明で今後の研究を必要とする。

アワビ類は一般に日中, 岩盤の洞穴・棚・亀裂・転石の下など直射光線のあたらない場所に集中分布している。このような場所に住みついた個体を採捕しても一定期間後に再びその場所に集まる。このような場所をアナバ・アジロなどと呼び増殖上大切な場所である。アナバの条件は多様と考えられるが少なくとも光・岩の構造・海水の流通・餌料海藻の補給などが重要な条件となる。アナバに住みついたアワビはその場所を占有しつづける性質があり漁獲管理上重要な生態学的性質である。このような住み場所とは別にメガイなどで見られるすみ場所としてナシロがある。ナシロアワビは大型個体が多く1個体ずつ長期間すみつく特殊なすみ場所その個体一代

* 1972年5月31日 日仏会館にて講演

** 東京水産大学



第2図 世界におけるアワビ類の分布。

限りであることが多い。アワビのすみ場所に関する研究は前述の移動と関連させて更に詳しい調査が必要であろう。

漁獲管理: アワビ類は成貝になるまで4-5年を必要とし比較的寿命の長い生物であるから漁獲行為がその資源量の変動に大きい影響を及ぼす。Population dynamicsの研究を進め適正漁獲量を決定するに足る調査が必要となるが現在のところ殆んど資料がない。

漁獲後の漁場におけるアワビの回復を個別別に調査した結果をメガイについてみると、移入してきた個体そのまま住みついて累積的に増大するのではなく、その一部が常に移出入を繰返して交替しながら増大する。アワビは移出・すみつき・移出を繰返し、徐々に新旧個体の交替を繰返しながら穴場の場所に集中し、その場所の収容可能な一定数まで増加して、アワビ個体数の回復が完了する。

今後の問題: 以上のべた点はアワビ類を増殖するため

に必要な問題であるが、種苗生産-放流-漁獲を通して合理的な増殖生産をするためには更に進んだ研究が必要となる。特に漁場造成と放流を考え、大規模な実験が必要と考えられる。

今一つの問題は有用品種の導入と交配による育種であろう。アワビ類の世界的分布をみると第2図に示すとおりである。この中産業的に利用されているのは *H. rufescens*, *Notohaliotis ruber*, *H. midae* である。これらは比較的水温の低い海区で増殖ししかも大型であり、わが国北部のエゾアワビ生息域に増殖する可能性がある。*H. rufescens* については故今井教授の努力により米国より移殖しその F_1 も得ている。今後の研究がまたれる。

交配による育種については千葉県水試の大場氏がクロ♀×マダカ♂, クロ♀×メガイ♂, マダカ♀×クロ♂, マダカ♀×メガイ♂の交配に成功し交配種の特性を調査している。今後この方面の研究によりわが国の沿岸に適した増殖種の育成が可能になるものと考えられる。

学 会 記 事

1. 昭和47年7月19日, 東京水産大学において編集委員会が開かれ, 第10巻2号の編集が行なわれた。
2. 昭和47年8月29日, 日仏会館会議室において, 本学会主催の「海洋工学研究に関するシンポジウム」が行なわれた。

午前の部

座長: 大柴五八郎(理研)

1. 全周記録装置の水中へ応用 ……永井克正(ナック)
2. TV ファインダー装置の海洋への応用 ……
…………… 山本利幸(ナック)
3. ソナートランスポンダ・システムによる船位
測定記録装置について ……加藤増夫,
菅野四郎, 箕原喜代美, 滝川盛量(古野電気)
4. 無人艇を使った海洋調査システムについて ……藤原潤
一, 加藤増夫, 小林正明, 壺井俊二(古野電気)

午後の部

座長: 松崎卓一(山洋水路)

5. 各国の潜水調査船について ……平野美木(川崎重工業)
 6. 密閉室内の呼吸ガスの浄化 ……
…………… 清水 博, 神藤郁夫, 荒木清一郎(オルガノ)
 7. 海洋構造物への電気防蝕の適用例について
…………… 重野隼太, 筑 建彦, 蜂谷 実(中川防蝕工業)
- 座長: 森川吉郎(三井物産)
8. わが国沿岸水域での温排水放流の状況 ……
…………… 今藤 勇(東京久栄)
 9. 臨海工業地帯における工業港の水質汚濁について
…………… 磯 舜也, 今藤 勇, 水津 茂(東京久栄)
 10. 海洋鉱物資源の開発特にマンガン団塊開発事業の
展望 …… 田村 純(住友商事)

3. 下記の諸氏が入会された

正会員

氏 名	所 属	紹 介 者
西 潔	芙蓉海洋開発株式会社	宇野 寛
長谷川 隆	セントラル自動車株式会社	佐々木忠義
若松 久芳	株式会社明電舎	〃
島 正之	千葉工業大学土木工学科	〃
関 興一郎	東京大学水産学科大学院	日比谷 京
落合 弘明	鳥羽商船高等専門学校	佐々木忠義
柳田 正博	東洋大学学生	〃
木村 耕三	大阪市立大学工学研究科大学院	〃

渋谷 勝治 株式会社巴組鉄工所 森川 吉郎
賛助会員

東洋海洋開発株式会社

東京都中央区宝町3-4 新京橋ビル 佐々木忠義
社団法人海洋開発産業技術協会

東京都港区六本木4-1-13 〃

東京急行電鉄株式会社

東京都渋谷区桜丘町26-20 〃

丸文株式会社

東京都中央区日本橋大伝馬町2-1-1 〃

株式会社オーシャン・エージ

東京都豊島区南池袋1-18-21 〃

株式会社高瀬鉄工所

東京都江戸川区松江1-11-15 〃

4. 退 会

土屋 靖彦

5. 会員の住所所属の変更

氏 名	新住所又は新所属
小田 滋	宮城県仙台市川内, 川内住宅第一地区 9-508
尾本 幹夫	愛知県名古屋守山区瀬古字中島102 応用地質調査事務所
竹内 能忠	静岡県清水市折戸1,000 東海大学海洋学部
西沢 敏	仙台市堤通雨宮町1-1 東北大学農学部水産学科
平野 敏行	長崎市国分町49 水産庁西海区水産研究所
松村 皐月	中央区勝どき5-5-1 水産庁東海区水産研究所
山中鷹之助	東京都八王子市台町1-19-18

6. 交換及び寄贈図書

- 1) 海洋産業研究資料, 3(6,7), 1972
- 2) 漁研通信, 248号~252号, 1972
- 3) 昭和44年海洋観測資料, 1972, (水産庁)
- 4) 淡水区水産研究所資料, No. 54, 1972
- 5) 淡水区水産研究所研究報告, 21(2), 1971
- 6) 国立科学博物館研究報告, 15(2), 1972
- 7) 貝類標本総合目録, 1972, (神奈川県立博物館)
- 8) 神奈川県立博物館研究報告, 1(5), 1972

- 9) 研究実用化報告, 21(5~7), 1972(電気通信研究所)
- 10) 海洋機器開発, 4(5~8), 1972
- 11) 研究集報, 第7巻, 1972(気象大学校)
- 12) 航海, 第37号, 昭47
- 13) 海洋機器開発に関する企業実態調査, 46年度, 昭47
- 14) 浮遊式大型海洋構造物の開発(第1部開発目標), 昭47, (財・日本船舶振興会)
- 15) 農業土木試験場技報, 第13号, 昭47
- 16) 農業土木試験場報告, 第10号, 昭47
- 17) 湖沼研究所概報, 昭和46年度
- 18) 湖沼研究所論文集, 昭和45年度, 1970
昭和46年度, No. 11
- 19) Look Japan, 17(194, 195), 1972
- 20) Ocean Age, 4(7, 8), 1972
- 21) JOD ニュース, No. 4, 昭47
- 22) CSK Newsletter No. 37, 38, 1972
- 23) Contributions of the Geophysical Institute Kyoto University, No. 11, 1971
- 24) Revue des Travaux de l'Institut des Pêches Maritimes, Tome XXXVI Fasc 1, 1972
- 25) Table Alphabetique par. Noms d'Auteurs "Revue des Travaux" (1948-1969)
- 26) Science et Pêche, N° 212~N° 214, 1972
- 27) Bulletin de l'Association de Géographes Français N° 393-394, 1971, N° 395-396, 1972

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
- 名誉会長 ペルナール・フランク
- 会長 佐々木忠義
- 常任幹事 永田 正, 大柴五八郎
- 幹事 阿部友三郎, 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, 鬼頭正隆, 草下孝也, 斎藤泰一,
佐々木幸康, 杉浦吉雄, 高木和徳, 高野健三
辻田時美, 富永政英, 奈須敬二, 西村 実,
根本敬久, 半沢正男, 松生 治, 松尾邦之助,
丸茂隆三, 森田良美, 山中鷹之助 (50音順)

監事 評議員

久保田 稷, 岩崎秀人

赤松英雄, 秋山 勉, 阿部宗明, 阿部友三郎,
新崎盛敏, 有賀祐勝, 石野 誠, 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, 上野福三,
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, 川口守一, 川村輝良,
川村文三郎, 川原田 裕, 神田献二, 菊地真一,
鬼頭正隆, 木村喜之助, 草下孝也, 楠 宏,
国司秀明, 久保田 稷, 黒木敏郎, 小林 博,
小牧勇蔵, 近藤 仁, 西条八束, 斎藤泰一,
斎藤行正, 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, 末広恭雄, 杉浦吉雄, 多賀信夫,
高木和徳, 高野健三, 高橋淳雄, 田畑忠司,
田村 保, 千葉卓夫, 土屋靖彦, 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, 新野 弘, 西村 実, 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, 松山義夫,
平野敏行, 深沢文雄, 福島久雄, 淵 秀隆,
星野通平, 増沢讓太郎, 松井 魁, 松生 治,
松尾邦之助, 松崎卓一, 松平康男, 丸茂隆三,
溝口哲夫, 三宅泰雄, 宮崎千博, 宮崎正衛,
元田 茂, 森田良美, 森安茂雄, 安井 正,
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 (50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

井 出 利 明
株式会社内田老鶴園新社 内田悟
梅 林 弘 直
小樽船舶用電機株式会社
株式会社オルガノ
海上電機株式会社
協同低温工業株式会社

釧路市白金町 11
東京都千代田区九段北 1-2-1
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
小樽市色内町 1-20
東京都文京区本郷 5-5-16
東京都千代田区神田錦町 1-19
東京都千代田区神田佐久間町 1-21 山伝ビル

- 協和商工株式会社
 栗山ゴム株式会社
 小松川化工機株式会社
 小山康三
 三信船舶電具株式会社
 三洋水路測量株式会社
 シュナイダー財団極東駐在事務所
 昭和電装株式会社
 大洋電機株式会社
 株式会社鶴見精機
 帝国酸素株式会社
 東京工材株式会社
 株式会社東京久栄
 東京製綱織維ロープ株式会社
 東京レブ株式会社
 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
 日本テトラポッド株式会社
 日本テレスコム株式会社
 社団法人日本能率協会
 日本無線株式会社
 船舶用電球株式会社
 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 峰 潔雄
 フランス物産株式会社
 古野電気株式会社
 三井海洋開発株式会社
 三菱重工業株式会社
 株式会社吉田製作所
 吉野計器製作所
 株式会社離合社
 株式会社渡部計器製作所
 東京都新宿区下落合 1-513 第二正明ビル
 大阪市東淀川区西中島町 1-195
 東京都江戸川区松島 1-34-2
 東京都文京区本駒込 5-13 英和印刷社
 東京都千代田区内神田 1-16-8
 東京都港区新橋 5-23-7 三栄ビル
 東京都港区芝琴平町 38 日本ガス協会ビル
 高松市福岡町 1-10-47
 東京都千代田区神田錦町 3-16
 横浜市鶴見区鶴見町 1506
 神戸市兵庫区高松町 22-1
 東京都中央区築地 4-2 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 2-8 古河ビル
 東京都豊島区池袋 2-1120 ローブマンション 302 号
 東京都杉並区上高井戸 5-327
 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
 東京都豊島区北大塚 1-16-6 大塚ビル
 東京都港区琴平町 35 船舶振興ビル
 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 協立ビル
 東京都港区芝桜川町 25 第五森ビル
 東京都目黒区下目黒 1-6-21
 東京都豊島区池袋 8-3292
 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
 東京都中央区銀座西 7-6 株式会社ビデオプロモーション
 東京都江東区南砂 1-3-25 株式会社 中村鉄工所
 東京都千代田区神田小川町 3-20-2 増淵ビル
 東京都中央区八重洲 4-5 藤和ビル
 東京都千代田区霞ヶ関 3-2-5 霞ヶ関ビル 30階 3002号
 東京都千代田区丸の内 2-5-1
 東京都台東区上野 3-13-9
 東京都北区西ヶ原 1-14
 東京都千代田区神田鍛冶町 1-2 丸石ビル
 東京都文京区向丘 1-7-17

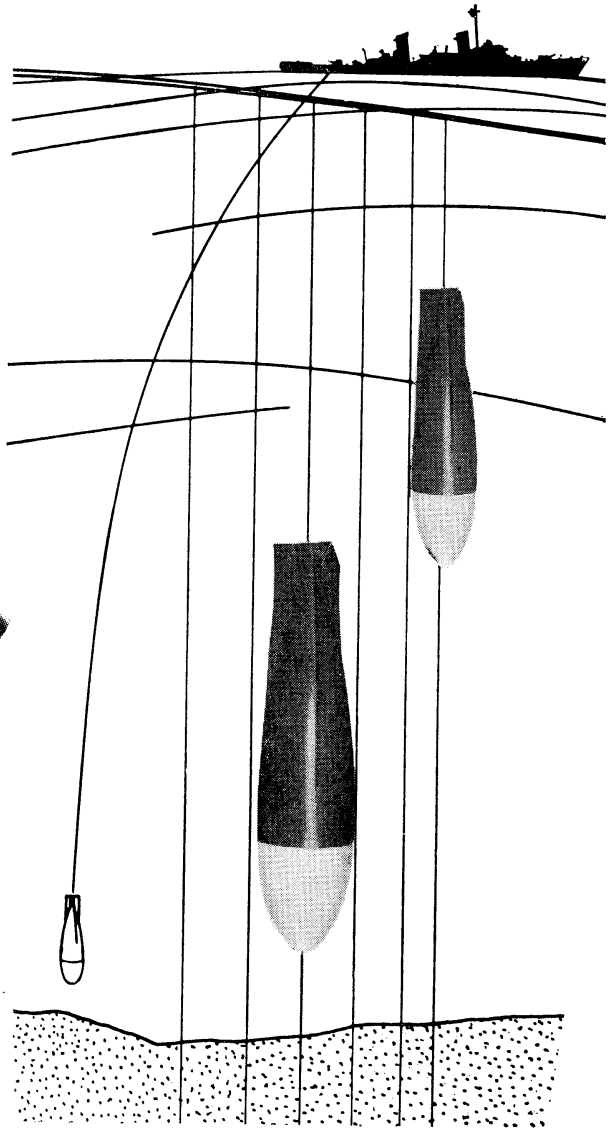
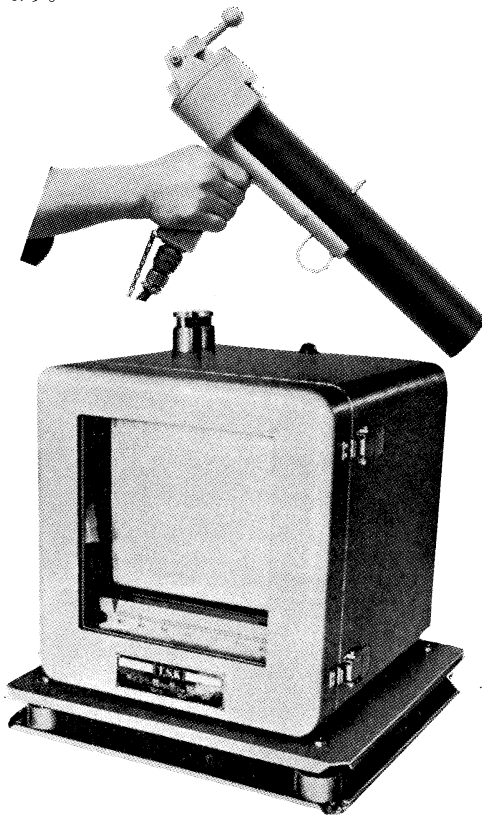
Exploiting the Ocean by...

T.S.K. OCEANOGRAPHIC INSTRUMENTS

REPRESENTATIVE GROUPS OF INSTRUMENTS AND SYSTEMS

XBT システム (日本特許権専有)

XBT システムは船舶が航行中 (30ノットまで) 誰でも使用出来、また気象・海象の制約を受けることなく、深度 1,500 フィートまでの水温を正確・迅速に測定できる信頼度の高いユニークな計測器です。従来のメカニカル BT と比較して (1)測定深度 (2)精度 (3)システムとしての信頼度 (4)燃料費、人件費の節約など多くのすぐれた点を有し、加えてリアルタイムでデータが得られますので使用者にとって直ちにその利用が可能です。現在艦船、観測船、ヘリコプター等においてご使用をいただき好評を得ております。



THE TSURUMI SEIKI CO., LTD.

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

CABLE ADDRESS

TSURUMISEIKI Yokohama

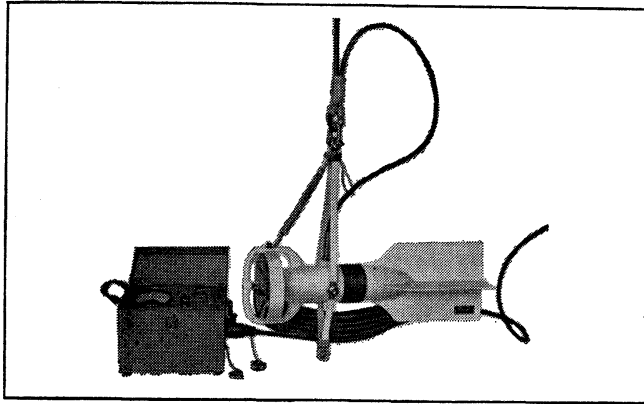
TELEPHONE

Yokohama 521-5252~5

TSK. USA.

3446 Kurtz St.,
San Diego, Calif. 92110, U.S.A

IWAMIYA INSTRUMENTATION LABORATORY



Direct-Reading Current &
Direction Meter

Model

CM-2

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

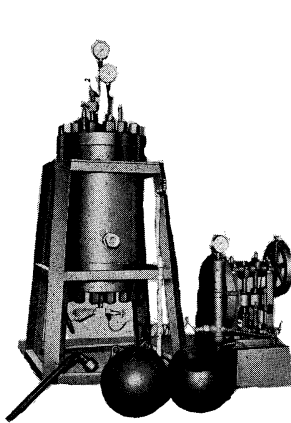
Products

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

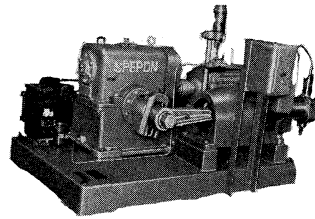
TOHO DENTAN CO., LTD.

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

ヨシダの海洋試験機

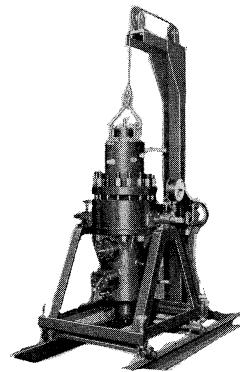


(高圧テスト容器)



(高圧ポンプ)

水圧試験装置
 高圧水圧ポンプ
 透水試験装置
 流水実験装置
 恒温水槽
 回流水槽
 衝撃、抗張力、摩耗試験機



(透水試験装置)

☆ その他各種試験機装置設計製作



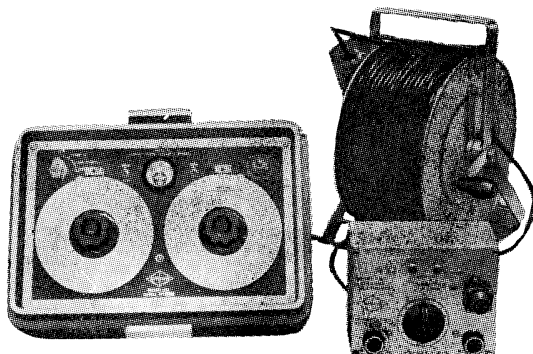
株式
会社

吉田製作所

東京都台東区上野3丁目13番9号 電話 (832) 4351~5

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

追加付属品

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)

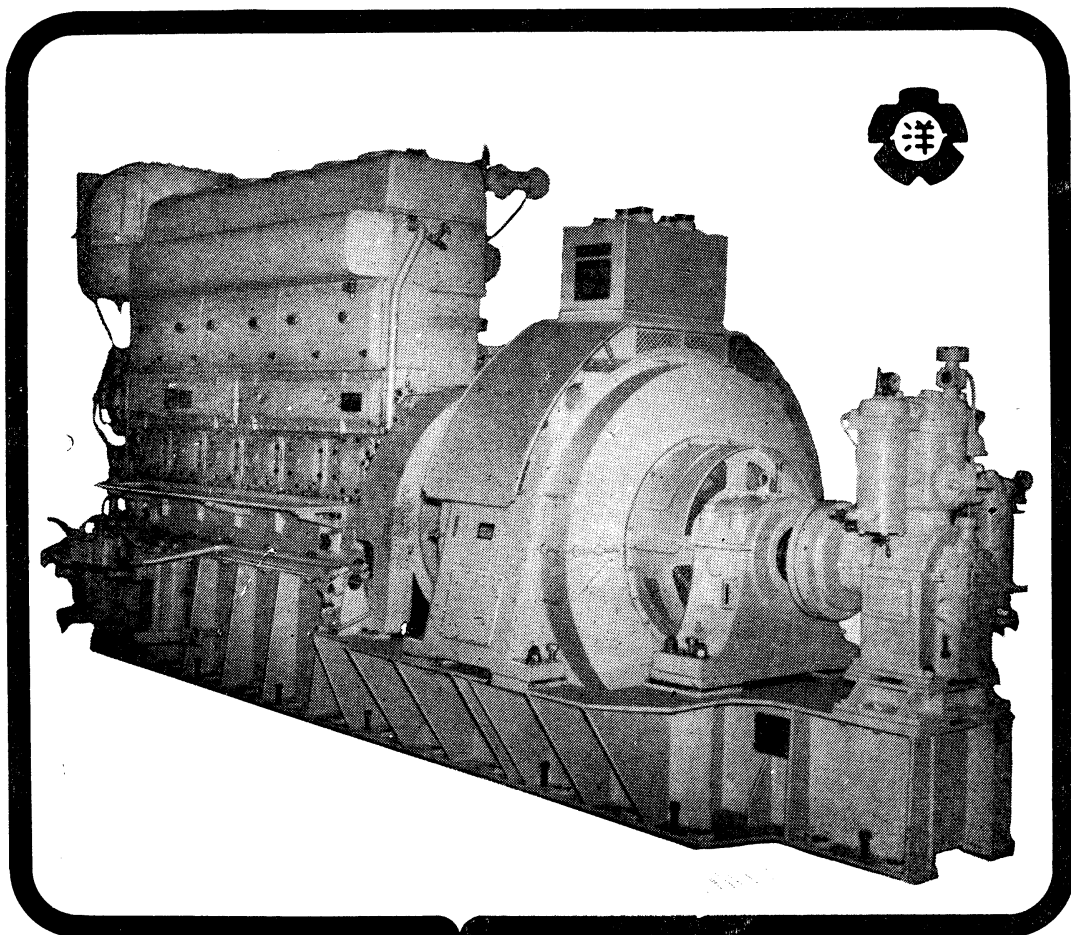
7IL は無限の可能性に挑戦する

- ◆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

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

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: NAKAGAWAROSHOKU TOKYO

水路測量と土質調査

Hydrographic Survey and Marine Geological Survey

SANYO Hydrographic Survey Co., LTD.

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

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

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

特 色 高性能の精密計測機の整備拡充

元海上保安庁職員をもつて組織する優秀なる我国唯一の技術陣

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

三 洋 水 路 測 量 株 式 会 社

東京都港区新橋5丁目23番7号

電話 (432) 2971~4

Murayama

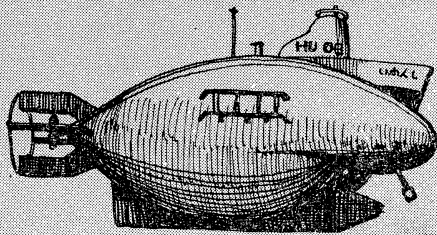
計 度 濁 中 水
計 度 照 中 水
計 度 導 電



株式 村山電機製作所

本 社 東京都目黒区五本木2-13-1
出 張 所 名古屋・大阪・北九州

海底資源の開発に活躍—潜水調査船“しんかい”



陸・海・空 世界に伸びる 本 社

川崎重工

本 社 神戸市生田区中町通2-16-1
日生川崎ビル3~7階
東京支社 東京都港区芝浜松町3-5
世界貿易センタービル

メルタック

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

ポリエチレン、アルミ箔等にも良く接着します。

ポリロック

含浸、注型、充填用として使用される接着性と作業性の良好なシーリング材です。

ポリワックス

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

東京工材株式会社

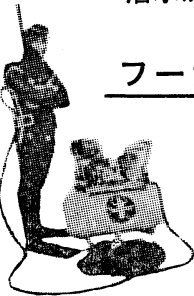
東京都中央区築地 4-7-1 TEL (542) 3361 (代)

アクアラング

aqua-lung



◎ カタログ 進呈 ◎
潜水服採寸表



フーカー潜水具

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

仏国・スピロテック社 日本総代理店
米国・U.S. ダイバース社

日本アクアラング株式会社

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

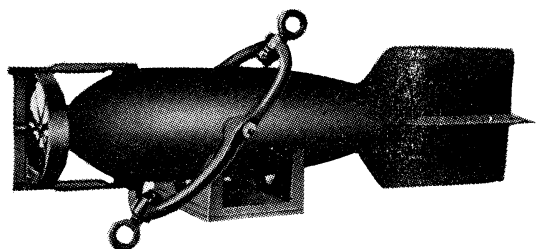
東京支社 東京都豊島区北大塚1丁目16の6
(国電大塚駅前大塚ビル一階)
電話 東京 (918)6526 (代表)

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

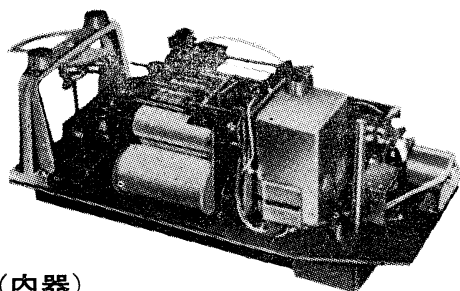
長期捲自記流速計

(NC-II)

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



(外器)



(内器)

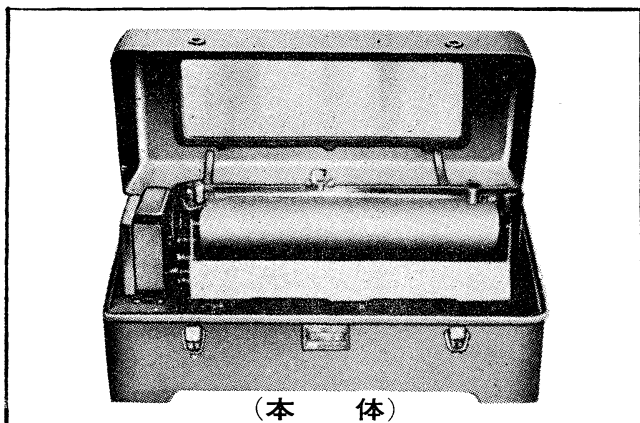
プロペラはA, B, C三枚一組になって居り

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

弱流ペラーに依る最低速度は約4 cm/secです。

フース型長期捲自記検潮器

(LFT-III)



(本 体)

営業品目

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

協和商工株式会社

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

昭和 47 年 8 月 25 日 印刷
昭和 47 年 8 月 31 日 発行

う み

第 10 卷
第 3 号

定価 ¥ 400

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5-13
郵便番号:113
電話 (828) 3935

第 10 卷 第 3 号

目 次

原 著

- 黒潮隣接海域の海水の光学的性質について (II)
 (英文)……岸野元彰・岡見 登・大柴五八郎・
 佐々木忠義 89
- イセエビ, *Panulirus japonicus*, の南総沿岸に
 おける挙動: 1951-1968年連続標識放流結果
 (英文) ……………高木和徳 95
- インド洋における DSL の生物学的研究—I.
 構成生物相……………増田辰良・スリ・ラハユ・
 田中正明 113

総 説

- 海洋鉱物資源の開発, 特にマンガン団塊開発
 事業の展望 ……………田村 純 122
- 日仏海洋学会賞受賞記念講演
 アワビ類の増殖に関する生態学的諸問題……
 ……………宇野 寛 133
- 学会記事 …………… 135

Tome 10 N° 3

SOMMAIRE

Notes originales

- Optical Properties of the Water in Adjacent
 Region of the Kuroshio (II)……………
 …………… Motoaki KISHINO, Noboru OKAMI,
 Gohachiro OSHIBA and Tadayoshi SASAKI 89
- Migration of the Tagged Spiny Lobster, *Panu-
 lirus japonicus*, on the Southern Boso
 Peninsula, Chiba Prefecture: A Continuous
 Experiment, 1951-1968 ……Kazunori TAKAGI 95
- Biological Studies on the Deep Scattering
 Layer in the Indian Ocean—I. Constituent
 of DSL (in Japanese) ……Tatsuyoshi MASUDA,
 Sri RAHAJU and Masaaki TANAKA 113

Compte rendu

- Development of the Ocean Mineral Resources,
 Especially Prospect of Commercialization
 on Manganese Nodules (in Japanese)…………
 ……………Jun TAMURA 122

Conférence commémorative

- Problèmes écologiques de l'élevage de l'oreille
 de mer (en japonais) ……………Yutaka UNO 133

Procès-Vergaux…………… 135