

Tome 6

Août 1968

Numéro 3

う み

La mer

昭和 43 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) 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 (東京大学) 富永政英 (東京学芸大学) 宇野 寛 (東京水産大学) 渡辺精一 (理化学研究所)

投 稿 規 定

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. 論文には必ず約500字の和文の要約をつけること。
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) 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 (University of Tokyo) Masahide TOMINAGA (Tokyo Gakugei 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.

Scattering Functions for Deep Sea Water of the Kuroshio*

Tadayoshi SASAKI**, Noboru OKAMI*** and Satsuki MATSUMURA****

Abstract: The volume scattering functions of deep sea water sampled in the Kuroshio region were measured by a light-scattering photometer. The measurement was made between 30° and 150° of the scattering angle in steps of 10° . Scattering function curve obtained by the measurement was compared with that theoretically obtained by applying Mie theory to the light scattering due to suspended particles in deep sea water. It is found that the angular distribution curves obtained by measurements are larger than theoretical curves at the backward scattering but two curves are much similar at the forward scattering. Total scattering coefficient of deep sea water calculated from the theoretical volume scattering function curve having a resemblance to the measured curve is in a range of $0.0068 \text{ m}^{-1} \sim 0.0312 \text{ m}^{-1}$. From the theoretical curve, the modal diameter of suspended particles in deep sea water and their number are estimated. The modal diameter of these particles found is less than 1μ and their number is $10^4 \sim 10^5$ per ml.

1. Introduction

The measurement of angular distribution of scattered light by sea water *in situ* in the ocean is not only important for determining values of volume scattering function and total scattering coefficient as optical properties of sea water but also can serve for assuming particle size, concentration, etc. of suspended particles in sea water, since the light scattering in sea water is much influenced by suspended particles.

Previously we measured the angular distribution of scattered light by projecting monochromatic light beam ($546 \text{ m}\mu$) on samples of deep sea water collected during Japan Trench Expedition in 1958 performed by the "Bathyscaphe", the French Navy's underwater expedition vessel (SASAKI *et al.*, 1960, 1962). We assumed particle size and number in unit volume of suspended particles in deep sea water by comparing the angular distribution curve obtained by the measurement with that theoretically determined by applying Mie theory to the scat-

tering of suspended particles.

In case of the application of Mie theory we assumed that the suspended particles in deep sea water samples are spherical particles of homogeneity and equal diameter having no absorption and thinly dispersed in a unit volume.

But, afterwards we measured the angular distribution of scattered light using a number of samples of deep sea water and there appeared lots of angular distribution curves which could not compare with the theoretical curve in case the suspended particles in deep sea water are assumed to be particles of monodisperse-system. The reason thinkable in the first place, is that in fact the suspended particles in sea water are not of monodisperse-system but of polydisperse-system consisting of particles of widely different qualities such as mineral particles and organic particles. Therefore the suspended particles in sea water can be assumed to be of monodisperse-system only in case particles of a certain substance are suspended in a very much larger quantity in comparison with those of other substances and the width of particles size distribution curve is sharp.

Using the Mie theory and assuming that the suspended particles in sea water are the combination of three or four monodisperse-system, SPILHAUS (1965) explained the form of the volume scattering function curve. In accounting

* Received April 30, 1968

JEDS Contribution No. 84

** Tokyo University of Fisheries, The Institute of Physical and Chemical Research

*** The Institute of Physical and Chemical Research

**** Visibility Laboratory, Scripps Institution of Oceanography, University of California. On leave from Tokyo University of Fisheries

suspension to be polydispersed, OCHAKOVSKY (1965) computed the volume scattering function of sea water using a formula which is analogous to that suggested by ROCARD. And he reported that accounting suspension to be polydispersed is more promising than attempts to compare the measured volume scattering functions with those computed for monodispersed suspension.

In this paper we assumed that the suspended particles in deep sea water are particles of poly-disperse system of homogeneity having a certain particle size distribution and calculated the volume scattering functions by sea water which contains these particles. And we compared the volume scattering function obtained from the measurement of sea water sampled in deep sea of the Kuroshio region with that of theoretically determined.

2. Theoretical treatment of light scattering by sea water

In case of the theoretical treatment of scattered light generated by projecting a parallel beam on the sea water sampled *in situ* of the ocean we assume that the intensity of scattered light is a sum of term due to sea water itself and that due to suspended particles. We apply density fluctuation theory, where we take the anisotropy of water molecules into consideration to the former term and Mie theory, where we assume the suspended particles to be homogenous non-absorbing spherical particles thinly dispersed to the latter term.

If I_0 be the intensity of non-polarized beam per unit area falling on unit volume of sea water, the intensity $I(\theta)$, of the scattered light in unit solid angle going out in to the direction of scattered angle θ will be expressed in the following equation.

$$I(\theta) = I_a(\theta) + I_b(\theta), \quad (1)$$

where $I_a(\theta)$ is the scattered light intensity per unit volume of water itself and $I_b(\theta)$ is the scattered light intensity of suspended particles per unit volume of sea water.

Then, we consider that $\sigma(\theta)$ is that volume scattering function of sea water, $\sigma_1(\theta)$ is the volume scattering function of sea water itself and $\sigma_2(\theta)$ is the scattering function of suspended

particles into that unit volume of sea water.

$$\sigma(\theta) = \sigma_1(\theta) + \sigma_2(\theta) \quad (2)$$

$\sigma_1(\theta)$ will be expressed in the following equation by applying Einstein-Smolukowsky theory, wherein anisotropy is also assumed.

$$\sigma_1(\theta) = \frac{I_a(\theta)}{I_0} = \frac{\pi^2 \eta K T}{18 \lambda^4} (m_0^2 - 1)^2 (m_0^2 + 2)^2 \times \frac{6(1 + \delta)}{6 - 7\delta} \left(1 + \frac{1 - \delta}{1 + \delta} \cos^2 \theta \right), \quad (3)$$

where η is the isothermal compressibility. K is Boltzmann's constants, T is the absolute temperature, m_0 is the refractive index of sea water, δ is the polarization defect and λ_0 is the wave length of incident light. In case the suspended particles are those of monodisperse-system, $\sigma_1(\theta)$ of the equation (2) is given by Mie theory as follows:

$$\sigma_1(\theta) = \frac{I_b(\theta)}{I_0} = \frac{\lambda_2 N}{8 \pi^2} (i_1 + i_2)_\theta, \quad (4)$$

where $\lambda (= \lambda_0 / m_0)$ is the wave length of incident light in sea water, N is the number of particles in unit volume. The intensity function, i_1 and i_2 in equation (3), are proportional to the intensities of the two incoherent, plane-polarized components of light scattered by a single illuminated particle. These are complex function between size parameter $\alpha = \frac{\pi D}{\lambda}$ (D is the diameter of particles) and relative refractive index m of the particle to sea water.

In case of assuming the suspended particles in sea water to be homogeneous non-absorbing spherical particles of polydisperse-system having a certain particle size distribution $\sigma_2(\theta)$ of equation (2) is expressed in the following equation:

$$\sigma_2(\theta) = \frac{\lambda^2}{8 \pi^2} \int_0^\infty (i_1 + i_2)_\theta \cdot dn \quad (5)$$

$$dn = C \cdot f(r) \cdot dr, \quad (6)$$

where dn is the number of particles per unit volume with radii between r and $r + dr$, $f(r)$ is the particle size distribution function and C is the normalization constant. So, total particles number per unit volume of sea water N is defined by the following equation:

$$N = \int_{r_0}^\infty C \cdot f(r) \cdot dr, \quad (7)$$

where r_0 is the radius of the smallest particle.

It is not too much to say that we have almost no knowledge on particle size distribution of suspended particles in deep sea water. As only one report relating to the particle size distribution there is a paper by KULLENBERG (1953) in which the size distribution is assumed from fine sediments on the sea bottom. He presumed that large fraction of the matter carried in suspension by mid-ocean water has diameter below 1μ from the distribution particle size in North Pacific red clay. JERLOV (1955) counted the number of suspended particles down to a diameter of 0.5μ under microscope in surface water sampled at Bornö of Gullman Fjord. From his microscopic counts, it is clear that the small sizes predominate in number. BURT (1955) assumed that the suspended particles in sea water have logarithmic normal distribution on the basis of the particle size distribution of natural dust, smoke and fine sediments.

In the present report we adopted a function form, which HELLER and WALLACH (1963) used in the particle size distribution of an emulsion of benzene-water system and is expressed by following equation as the function of particle size distribution of suspended particles in deep sea water:

$$f(r) = (r - r_0) \exp \{ -[(r - r_0)/b]^3 \}, \quad (8)$$

where b is the modulus parameter.

Now, the modal radius r_m is the radius at the peak of the particle size distribution curve and r_m is defined by the following equation:

$$r_m = r_0 + 3^{-1/3} \cdot b \quad (9)$$

Fig. 1 shows a particle size distribution curve in case of minimum distribution curve in case of minimum diameter $D_0 = 0.13\mu$ and modal diameter $D_m = 0.40\mu$. The point, where the curve inclines to the smaller particle size has a resemblance to that of logarithmic normal distribution.

Now if $r = \frac{\lambda}{2\pi} \alpha$, $r_0 = \frac{\lambda}{2\pi} \alpha_0$ and $b = \frac{\lambda}{2\pi} q_0$, the distribution function $f(r)$ of the equation (8) will be as follows:

$$f(r) = \frac{\lambda}{2\pi} (\alpha - \alpha_0) \exp \{ -[(\alpha - \alpha_0)/q_0]^3 \} \quad (10)$$

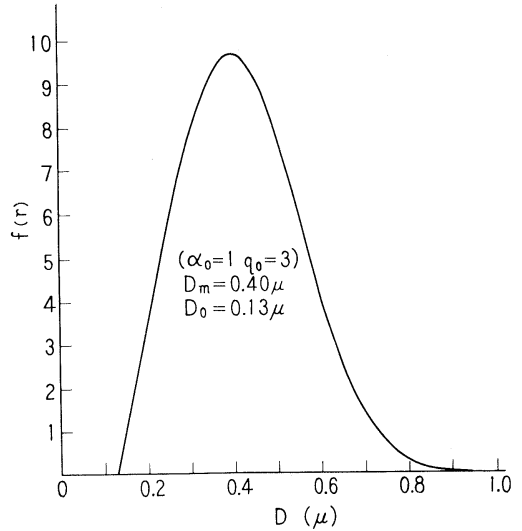


Fig. 1. Particle size distribution curve.
 $f(r) = (r - r_0) \times \exp \{ -[(r - r_0)/b]^3 \}$
 D_0 : minimum diameter, D_m : modal diameter.

Since equation (6) becomes

$$dn = \frac{C\lambda^2}{4\pi^2} (\alpha - \alpha_0) \exp \{ -[(\alpha - \alpha_0)/q_0]^3 \} \cdot d\alpha, \quad (11)$$

equation (5) is expressed as function of size parameter α in the following equation:

$$\sigma_2(\theta) = \frac{C\lambda^4}{32\pi^4} \int_{\alpha_0}^{\infty} (i_1 + i_2)_{\theta} \cdot (\alpha - \alpha_0) \times \exp \{ -[(\alpha - \alpha_0)/q_0]^3 \} \cdot d\alpha \quad (12)$$

The total number of particles N is expressed in the following equation:

$$N = \frac{C\lambda^2}{4\pi^2} \int_{\alpha_0}^{\infty} (\alpha - \alpha_0) \exp \{ -[(\alpha - \alpha_0)/q_0]^3 \} \cdot d\alpha \quad (13)$$

Therefore if α_0 and q_0 of equation (12) be suitably fixed, the angular distribution of various scattered light in sea water containing particles of polydisperse-system for the incident light of given wave length will be obtained by equations (2), (3) and (12).

3. Numerical calculation and theoretical curve

In the case of numerical calculation of $\sigma_1(\theta)$, we used following values: $m_0 = 1.33$, $\eta = 4.95 \times 10^{-11} \text{ dyn}^{-1} \text{ cm}^2$, $k = 1.38 \times 10^{-16} \text{ erg deg}^{-1}$,

$T=298^{\circ}\text{K}$, $\lambda_0=436\text{ m}\mu$ and $\delta=0.1$.

And in case of numerical calculation of $\sigma_2(\theta)$, we carried out the calculation with respect to individual relative indices $m=1.15$, $m=1.20$ and $m=1.25$ (for incident light of the wave length $\lambda_0=436\text{ m}\mu$ and $\lambda_0=546\text{ m}\mu$).

The value of $(i_1+i_2)_\theta$ necessary for the calculation of $\sigma_2(\theta)$ was obtain from the Table of Light Scattering Function for Spherical Particles calculated by PAGNOIS and HELLER (1960).

Fig. 2 shows angular distribution curves in case of projecting a wave length of $\lambda_0=436\text{ m}\mu$ onto a disperse-system of $m=1.15$, $\alpha_0=1$ and $q_0=3$, ($D_0=0.10\text{ }\mu$, $D_m=0.32\text{ }\mu$) in polydisperse-system. With increase in the number of particles the forward scattering become gradually larger, however, the backward scattering becomes smaller on the contrary. The shape of the curve is different from that in monodisperse-system and even without roughness. In order to compare with the shape of curves with each other, we show angular distribution curves in the case of monodisperse-system in Fig. 3. In Figs. 2,3,4 and 5 the dotted broken line shows the angular

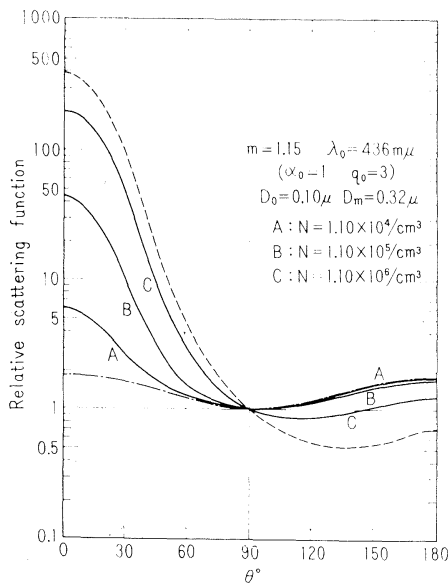


Fig. 2. Scattering functions computed from the Mie theory for polydispersed non-absorbing spherical particles with $m=1.15$, $D_0=0.10\text{ }\mu$ and $D_m=0.32\text{ }\mu$ for 10^4 , 10^5 and $10^6/\text{cm}^3$ of particle number.

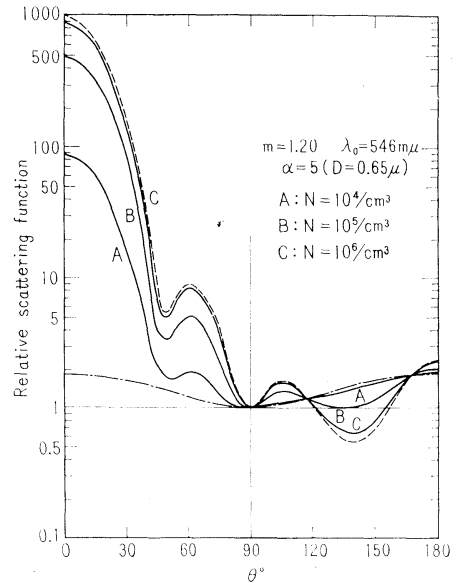


Fig. 3. Scattering functions computed from the Mie theory for monodispersed non-absorbing spherical particles with 10^4 , 10^5 and $10^6/\text{cm}^3$ of particle number.

distribution in case of pure water and broken line shows that in case of particles alone. In Fig. 2, the reason why the backward scattering of A and B curves approaches the backward scattering of pure water is because in case of the number of particles amount to $10^4\sim 10^5$ the scattering effect of pure water has considerable influences upon the backward scattering.

Fig. 4 shows angular distribution curves in case of assuming the relative refractive index to be $m=1.20$, where $\alpha_0=1$ and $q_0=3$ as in case of Fig. 2. In comparison with the case of the same number of particles the forward scattering in case of $m=1.15$ becomes slightly larger but the backward scattering is larger in case of $m=1.20$. The scattering angle, where the minimum appears, is slightly different.

Fig. 5 shows angular distribution curves in case of a disperse-system of $\alpha_0=1$ and $q_0=6$ ($D_0=0.10\text{ }\mu$ and $D_m=0.54\text{ }\mu$). With increase of D_m the forward scattering becomes larger and the inclination of the curve in the neighbourhood of the scattering angle of 30° becomes steeper and of larger unevenness, which is not so distinct as in case of the monodisperse-system.

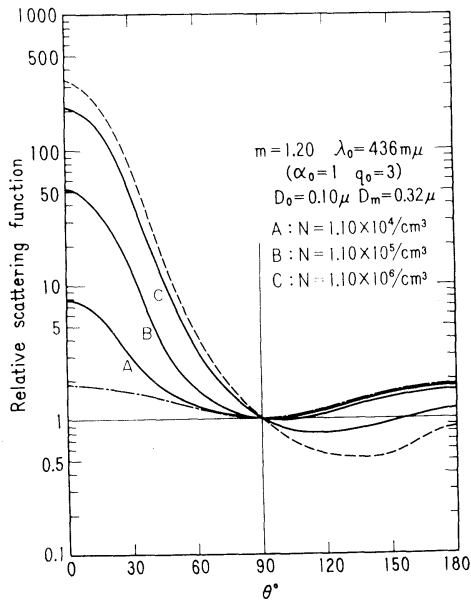


Fig. 4. Scattering functions computed from the Mie theory for polydispersed non-absorbing spherical particles with $m=1.20$, $D_0=0.10 \mu$ and $D_m=0.32 \mu$ for 10^4 , 10^5 and $10^6/\text{cm}^3$ of particle number.

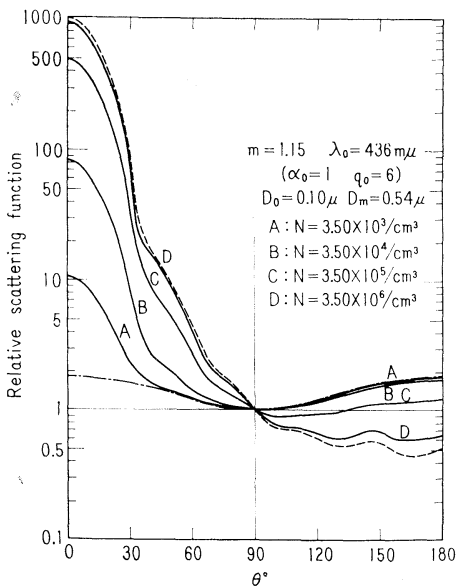


Fig. 5. Scattering functions computed from the Mie theory for polydispersed non-absorbing spherical particles with $m=1.15$, $D_0=0.10 \mu$ and $D_m=0.54 \mu$ for 10^3 , 10^4 , 10^5 and $10^6/\text{cm}^3$ of particle number.

Scattering meters capable of directly measuring angular distribution of scattered light in sea water *in situ* in the ocean were respectively devised by JERLOV (1961) and TYLER *et al.* (1958) and results measurements of surface sea water respectively in East North Atlantic and Pacific Ocean (TYLER, 1961) were reported. We selected from a number of angular distribution curves obtained by theoretical calculation those having the most resemblance to the results of measurement obtained by JERLOV and TYLER. The solid line of Fig. 6 is a theoretical curve with respect to $D_m=0.65 \mu$ and $N=3.5 \times 10^5/\text{cm}^3$ corresponding to the value of Jerlov's measurement (mark \circ shows wave length $\lambda_0=465 \text{ m}\mu$). The forward scattering of our theoretical value has a considerable resemblance that of Jerlov's measurement, however, the measured value of the backward scattering at a scattering angle above 120° is considerably larger than the theoretical value. It is considered that this reason is because particles of opaque material larger than 0.9μ , which is the maximal particle size in the theoretical calculation, are contained in sea water and

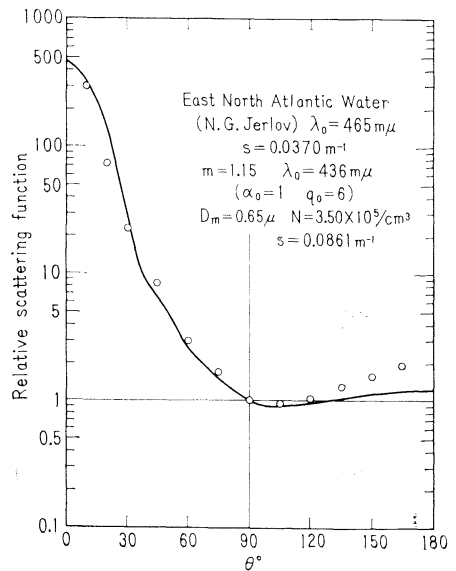


Fig. 6. Scattering function of water sample of the East North Atlantic (JERLOV, 1961 mark \circ) and the theoretical function calculated on the assumption of $m=1.15$, $D_m=0.65 \mu$ and $N=3.50 \times 10^5/\text{cm}^3$.

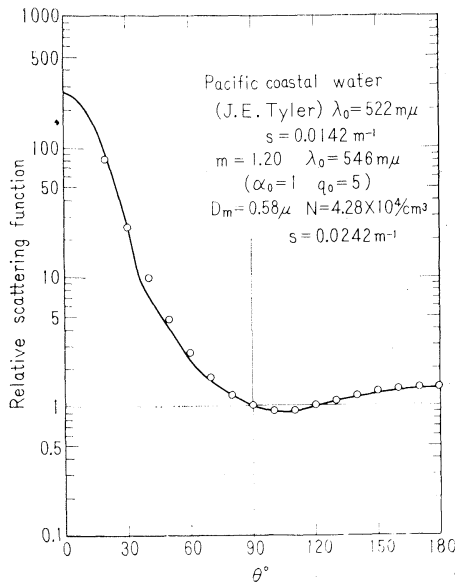


Fig. 7. Scattering function for water sample of the Pacific (TYLER, 1961 mark \circ) and the theoretical function calculated on the assumption of $m=1.20$, $D_m=0.58 \mu$ and $N=4.28 \times 10^4/\text{cm}^3$.

geometrical reflected light from the large particles is added to scattered light from small particles. JERLOV assumes the mean particle size in this sea water to be about 10μ . The scattering coefficient found by JERLOV is $s=0.0370 \text{ m}^{-1}$, the theoretical value is $s=0.0861 \text{ m}^{-1}$ and therefore the theoretical value is larger.

The solid line of Fig. 7 is a theoretical curve with respect to $D_m=0.58 \mu$ and $N=4.28 \times 10^4/\text{cm}^3$ in case of $m=1.20$ and $\lambda_0=546 \mu$ corresponding to the value of Tyler's measurement (mark \circ shows wave length $522 \text{ m}\mu$). Both forward and backward scatterings are considerably similar to Tyler's measurement. Comparing both scattering coefficients with each other our theoretical value is $s=0.0242 \text{ m}^{-1}$ while that found by TYLER is $s=0.0142 \text{ m}^{-1}$. These are somewhat similar.

4. Apparatus and water samples

The basic principle of the light-scattering photometer used in the measurement is similar to that described by BRICE, HALWER and SPEISER (1950). Fig. 8 shows the outline of

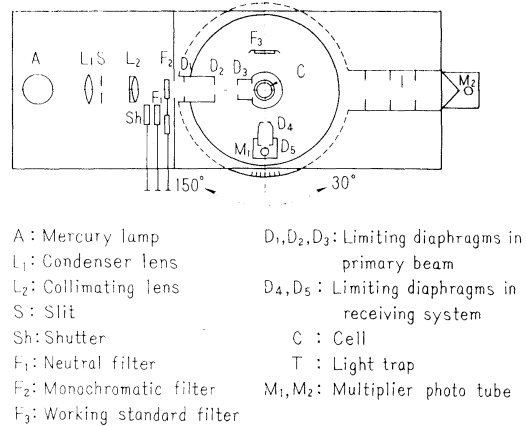


Fig. 8. Diagrammatic sketch of optical system of the apparatus.

a light-scattering photometer. As light source a high pressure mercury lamp is used. The light from the light source is made a parallel beam through lens and diaphragm and projected on a cell filled with sampled sea water. The incident light is made into monochromatic light by means of an interference-filter (wave length of $546 \text{ m}\mu$ or $436 \text{ m}\mu$) inserted into the light pass. The scattered light from the sampled sea water is received by a multiplier phototube of the receiver. The receiver can rotate around the cell, the angle of rotation being from $30^\circ \sim 150^\circ$. The output of the receiver is recorded by an electronic balance type recorder through direct current amplifier. In this apparatus the output from the receiver can directly be read on the galvanometer by change-over of switch. The cell filled with sampled sea water is a cylindrical shape made of pylex glass and the capacity is about 70 mL . In the present study all the data were arranged by the relative scattering function at a scattering angle of 90° . A factor of $\sin \theta$ was applied to the observed scatter to correct increase in the scattering volume. It is found that the deviation from $\sin \theta$ of F_{90}/F_θ in the range of the scattering angle from 30° to 150° is within 2% from fluorescein test. Reflections at the air-glass interface of the cell make corrections necessary. At the flat exit window of the cell nearly 4% of the transmitted primary beam is reflected, and scattered light from this redirected beam

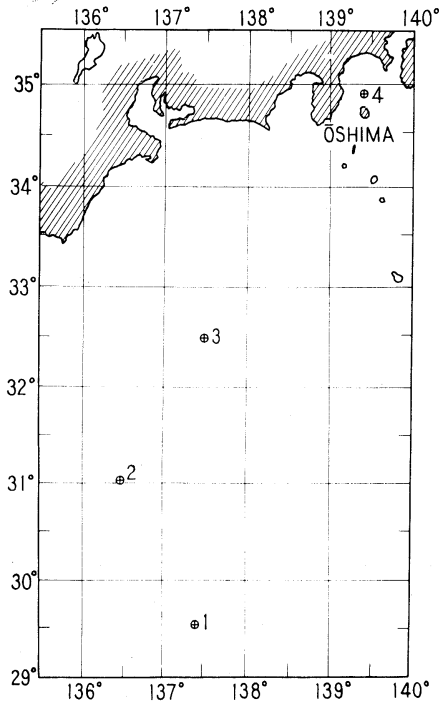


Fig. 9. Chart showing location of the stations where observations were made.

appears to be added to that scattered from the primary beam at the supplementary angle. In order to correct these effect we used following equation:

$$G_{\theta}' = G_{\theta} - G_{\pi-\theta} \cdot r_f,$$

where G_{θ}' is the corrected value, G_{θ} and $G_{\pi-\theta}$ are observed signals at the scattering angles of θ and $\pi-\theta$ respectively, and r_f is the correction factor of Fresnel reflection. We used $r_f=0.045$ in this study.

Fig. 9 shows four stations in the Kuroshio region, where deep sea water was collected during JEDS 10 and 11 (Japanese Expedition of Deep-Sea, Nos. 10 and 11). Each sample is 600 ml of sea water collected at each layer down to the depth of 4,000 m. The samples were kept in a dark cool place until they were measured. The time from sampling to measurement was about 15 days.

5. Results of measurements and discussion

Angular distribution of scattering functions

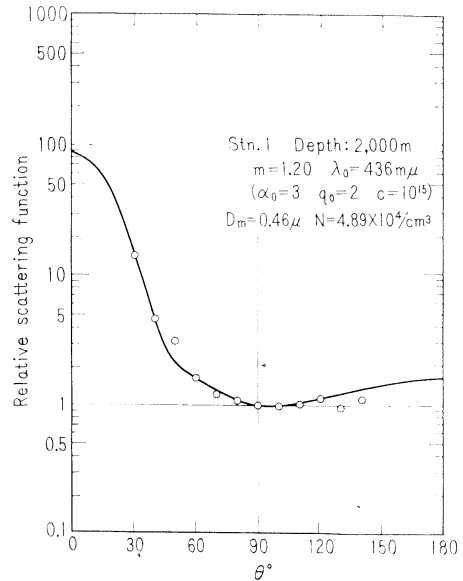


Fig. 10. Scattering function observed on the water sampled at the depth of 2,000 m at Station 1 and calculated on the assumption of $m=1.20$, $D_m=0.46 \mu$ and $N=4.89 \times 10^4/cm^3$.

obtained from the measurements made on the water sampled at a depth of 2,000 m at Stn. 1 is shown in Fig. 10, where mark \circ shows the measured value and the solid line shows a theoretical curve having the most resemblance to the measured values in case of relative refractive index is $m=1.20$, and $\alpha_0=3$, $q_0=2$ and $C=10^{15}$. The measurement was made between 30° and 150° of the scattering angle in steps of 10° . The measured values at scattering angles of 50° , 130° and 140° lie slightly away from the theoretical curve, however, other measured values have a considerably resemblance to the theoretical values. Accordingly it can be assumed that the modal diameter of suspended particles in this water is $D_m=0.46 \mu$ and the total particle number is $N=4.89 \times 10^4/cm^3$.

Fig. 11 shows measured values using water sampled at a depth of 1,000 m at Stn. 2 and a theoretical curve having a resemblance to the measured values. From this it can be assumed that suspended particles in this sample has such values as modal diameter $D_m=0.32 \mu$ and total particle number $N=1.10 \times 10^5/cm^3$.

Fig. 12 shows the values measured using sea water sampled at a depth of 4,000 m of the

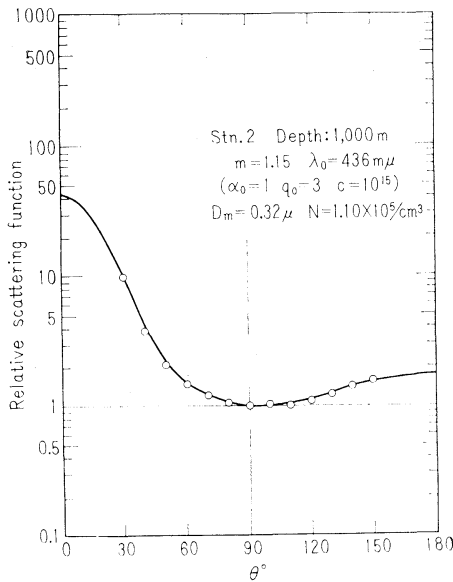


Fig. 11. Scattering function observed on the water sampled at the depth of 1,000 m at Station 2 and calculated on the assumption of $m=1.15$, $D_m=0.32 \mu$ and $N=1.10 \times 10^5/cm^3$.

same Stn. 2. The forward scattering has a considerable resemblance to the theoretical curve, however, measured value from the scattering angle of 130° in the backward scattering is larger than the theoretical values. We consider that this reason is because as described above large opaque particles are mingled in small particles and reflected light due to these large particles is added to the scattered light. The total particle number assumed from the theoretical value lies in the order of $10^4/cm^3$ and is smaller by one order in comparison with that at the upper layer, however, the value of modal diameter, $D_m=0.61 \mu$ is larger than that of the upper layer. From the value of $q_0=7$ it is seen that the width of the particle size distribution is considerable wider.

Figs. 13, 14 and 15 show values measured using samples collected at depths of 1,000 m, 2,000 m and 4,000 m respectively at Stn. 3. In the suspended particles of sea water sampled from upper layer at Stn. 3 both modal diameter and total particle number are not varied and it was assumed that the former lies in the range of $0.32 \sim 0.39 \mu$ and the latter lies in the order

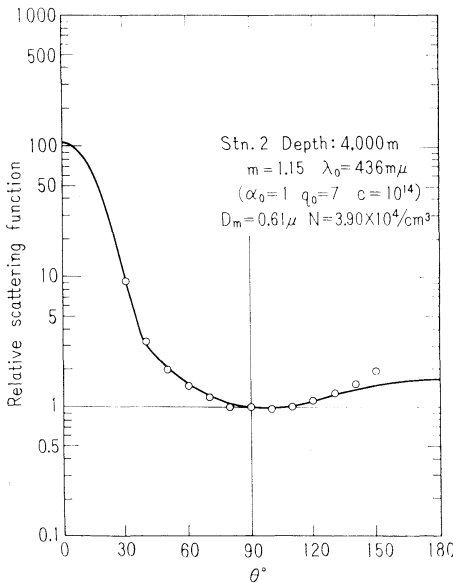


Fig. 12. Scattering function observed on the water sampled at the depth of 4,000 m at Station 2 and calculated on the assumption of $m=1.15$, $D_m=0.61 \mu$ and $N=3.90 \times 10^4/cm^3$.

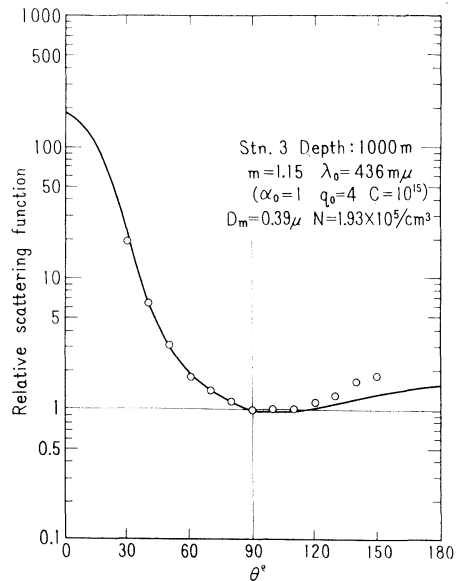


Fig. 13. Scattering function observed on the water sampled at the depth of 1,000 m at Station 3 and calculated on the assumption of $m=1.15$, $D_m=0.39 \mu$ and $N=1.93 \times 10^5/cm^3$.

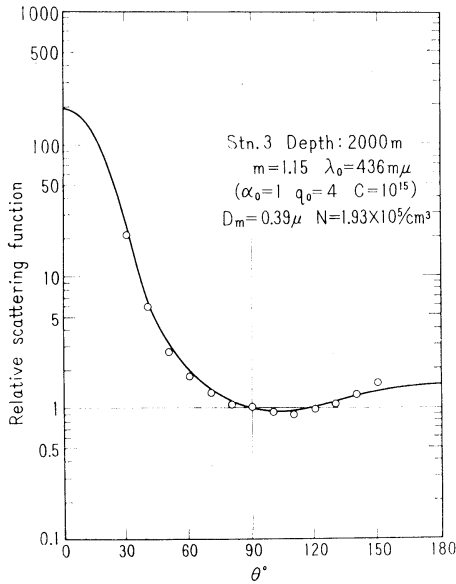


Fig. 14. Scattering function observed on the water sampled at the depth of 2,000 m at Station 3 and calculated on the assumption of $m=1.15$, $D_m=0.39 \mu$ and $N=1.93 \times 10^5/\text{cm}^3$.

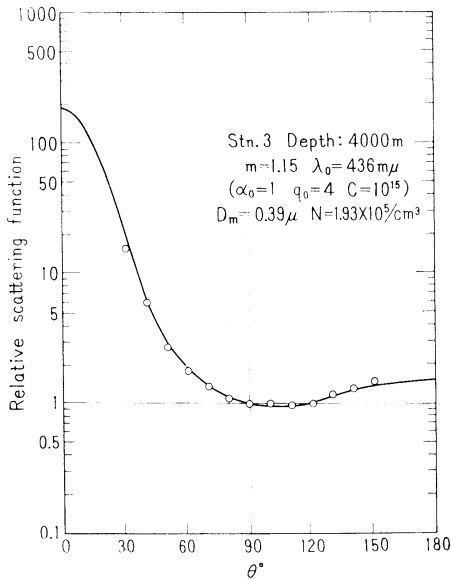


Fig. 15. Scattering function observed on the water sampled at the depth of 4,000 m at Station 3 and calculated on the assumption of $m=1.15$, $D_m=0.39 \mu$ and $N=1.93 \times 10^5/\text{cm}^3$.

of $10^4/\text{cm}^3$. Also at this Stn. 3 the measured values from the neighbourhood of the scattering angle of 130° in the backward scattering are larger than the theoretical values. But with increase in the depth the measured values approach the theoretical values. The reason why the measured values approach the theoretical values with increase in the depth may be considered to be because larger size particles decrease with increase in the depth.

Fig. 16 shows theoretical values using sea water sampled at a depth of 1,000 m at Stn. 4 near Izu Oshima and a theoretical curve having a resemblance to the measured values. As seen from the figure this sample has a considerable smaller forward scattering. Accordingly the total particle number lies in the order of 10^5 which is the same as that at upper layer, however, the modal diameter is $D_m=0.20 \mu$ and considerably smaller than that of upper layer. From the value of $q_0=1$ it is considered that the width of the particle size distribution of the suspended particles in this sea water is narrow.

In Tables 1 and 2 there are shown relative refractive index m , modal diameter D_m , half-

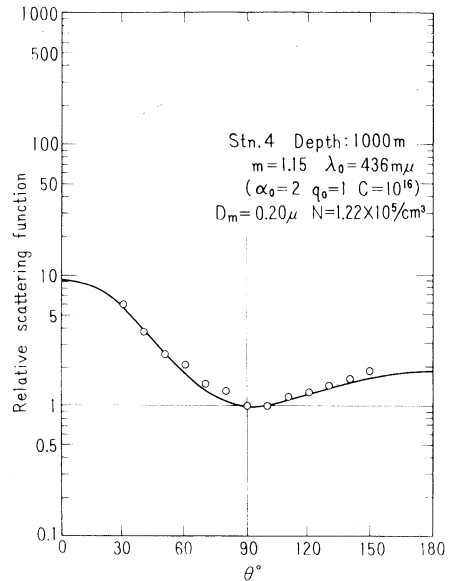


Fig. 16. Scattering function observed on the water sampled at the depth of 1,000 m at Station 4 and calculated on the assumption of $m=1.15$, $D_m=0.20 \mu$ and $N=1.22 \times 10^5/\text{cm}^3$.

Table 1. The vertical distribution of refractive index, modal diameter, half spread and total particle number of suspended particles and scattering coefficient and dissymmetry factor of sea water at Stations 1 and 2.

Stn. 1: Lat. 29°36'N, Long. 137°25'E

Depth (m)	m	D_m (μ)	$D_m - D_0$ (μ)	N (cm^{-3})	s (m^{-1})	Z
500	1.15	0.39	0.29	1.93×10^5	0.0312	2.12
1,000	1.15	0.39	0.29	1.93×10^5	0.0312	2.81
2,000	1.20	0.46	0.15	4.89×10^4	0.0177	2.27
4,000	1.20	0.46	0.15	4.89×10^4	0.0177	2.77

Stn. 2: Lat. 31°02'N, Long. 136°26'E

Depth (m)	m	D_m (μ)	$D_m - D_0$ (μ)	N (cm^{-3})	s (m^{-1})	Z
500	1.15	0.32	0.22	1.10×10^5	0.0115	2.40
1,000	1.15	0.32	0.22	1.10×10^5	0.0115	2.12
1,500	1.15	0.39	0.29	1.93×10^5	0.0312	3.77
2,000	1.15	0.47	0.37	2.77×10^4	0.0098	1.23
3,000	1.15	0.46	0.15	4.89×10^4	0.0124	1.50
4,000	1.15	0.61	0.51	3.90×10^4	0.0147	1.69

Table 2. The vertical distribution of refractive index, modal diameter, half spread and total particle number of suspended particles and scattering coefficient and dissymmetry factor of sea water at Stations 3 and 4.

Stn. 3: Lat. 32°29'N, Long. 137°36'E

Depth (m)	m	D_m (μ)	$D_m - D_0$ (μ)	N (cm^{-3})	s (m^{-1})	Z
500	1.15	0.32	0.22	1.10×10^5	0.0115	1.83
1,000	1.15	0.39	0.29	1.93×10^5	0.0312	2.70
1,500	1.15	0.32	0.22	1.10×10^5	0.0115	2.07
2,000	1.15	0.39	0.29	1.93×10^5	0.0312	3.22
3,000	1.15	0.39	0.29	1.93×10^5	0.0312	3.12
4,000	1.15	0.39	0.29	1.93×10^5	0.0312	2.72

Stn. 4: Lat. 34°57'N, Long. 139°23'E

Depth (m)	m	D_m (μ)	$D_m - D_0$ (μ)	N (cm^{-3})	s (m^{-1})	Z
500	1.15	0.61	0.51	3.90×10^4	0.0147	1.86
1,000	1.15	0.28	0.08	1.22×10^5	0.0068	1.81

spread ($D_m - D_0$), total particle number N and scattering coefficient of sea water calculated from the theoretical values of volume scattering function. The value of m at depths of 2,000 m and 4,000 m at Stn. 1 is 1.20, however, that at all other stations is 1.15. At all the stations except Stn. 3 the particle size at lower layers is slightly larger than that at upper layers, while the particle number at lower layer is less than that at upper layers. The scattering coefficient of deep sea water in the Kuroshio region found in the present report in a range of $0.0068 \text{ m}^{-1} \sim 0.0312 \text{ m}^{-1}$ and not so different from the value of the scattering coefficient measured by TYLER in the Pacific offshore water except that of water sampled at a depth of 1,000 m off Izu Oshima, which is 0.0068 m^{-1} .

Using a light-scattering photometer similar to our instrument, MOREL (1965) measured the volume scattering function of sea water sampled from the Tyrrhenian Sea and the Mediterranean Sea. And, in order to compare the dissymmetry of the volume scattering function curve he computed the value of the dissymmetry factor $Z = \sigma(45)/\sigma(135)$ for these samples. According to his results the value of the dissymmetry factor is $Z = 4.45$ and $Z = 2.95$ for the samples collected at a depth of 800 m at Mediterranean Sea and $Z = 2.25$ for the sample collected at a depth of 2,500 m at Tyrrhenian Sea, and largest value obtained in surface layer is $Z = 11.40$.

In Tables 1 and 2 there are shown values of dissymmetry factor Z found by present measurements of the Kuroshio region. As seen from the table these values lie in a range of $3.77 \sim 1.23$ and are considerably smaller than that of surface layer at Mediterranean Sea which has been measured by MOREL. But in deep layer there is no large difference between the Kuroshio region and Mediterranean Sea.

6. Conclusion

Comparing the measured scattering function curve with that theoretically found the measured forward scattering has a considerable resemblance to that theoretically found, however, in most cases the measured values of the backward scattering are larger than those theoretically found.

FUKUDA (1964) calculated the shape of the scattering function curves for polyhedral large particles by means of geometrical optics and statistics. It is found that scattered light becomes very large from the angle of about 40° at small scattering angle but backward scattered light is not so much change by the scattering angle. So we consider that large backward scattering found by measurements is not due to the effect of the transparent particles larger than 1μ , and that it is caused by reflected light due to the opaque particles larger than 1μ mingled into the transparent particles. However, since the backward scattering is considerably smaller than the forward scattering, the error from the theoretical value of total scattering coefficient assumed that suspended particles is transparent particle seem to be not so large. Also we consider that since particle number of these large opaque particles are not so much than transparent particles, the modal diameter of suspended particles found in the deep sea water at several depths in the Kuroshio region is less than 1μ and the number of particles is $10^4/\text{cm}^3 \sim 10^5/\text{cm}^3$.

Acknowledgements

The authors wish to express their hearty thanks to the officers and crew of R.V. Ryofu-Marui of the Japan Meteorological Agency and to members on both cruises of Japanese Expedition of Deep-Sea, Nos. 10 and 11 for their cooperation aboard ship. Thanks are also due to their colleagues in the Physical Oceanography Laboratory of the Institute of Physical and Chemical Research as well.

References

- BRICE, B. A., M. HALWER and R. SPEISER (1950): Photoelectric light-scattering photometer for determining high molecular weights. *Jour. Opt. Soc. Amer.*, **40**, 768-778.
- BURT, W. V. (1955): Interpretation of spectrophotometer readings on Chesapeake Bay waters. *Jour. Marine Res.*, **14**, 33-46.
- FUKUDA, M. (1964): A calculation of the light scattering function for small polyhedral particles. *Physical aspects of light in the sea*. University of Hawaii Press, pp. 61-64.
- HELLER, W. and M. L. WALLACH (1963): Experimental investigation on the light scattering of colloidal spheres. V. Determination of size distribution curves by means of spectra of the scattering ratio. *Jour. Phys. Chem.*, **67**, 2577-2583.
- JERLOV, N. G. (1955): The particulate matter in the sea as determined by means of the tyndall meter. *Tellus*, **7**, 218-225.
- JERLOV, N. G. (1961): Optical measurement in the North Atlantic. *Medd. Oceanogr. Inst. Göteborg*, **30**, 1-40.
- KULLENBERG, B. (1953): Absolute chronology of deep-sea sediments and the deposition of clay on the ocean floor. *Tellus*, **5**, 302-305.
- OCHAKOVSKY, Yu. E. (1965): Comparison of measured and calculated volume scattering function of the sea water. *Tr. Inst. Okeanol., Akad. Nauk, USSR*, **77**, 125-130.
- PANGONIS, W. J. and W. HELLER (1960): Angular scattering function for spherical particle. Wayne State Univ. Press.
- SASAKI, T., N. OKAMI, G. OSHIBA and S. WATANABE (1960): Angular distribution of scattered light in deep sea water. *Records Oceanogr. Wrk. Japan*, **5**, 1-10.
- SASAKI, T., N. OKAMI, G. OSHIBA and S. WATANABE (1962): Studies on suspended particles in deep sea water. *Sci. Pap. Inst. Phys. Chem. Res.*, **56**, 77-83.
- SPIHLHAUS, A. F. (1965): Observations of light scattering in sea water. Ph.D. thesis, MIT, pp. 1-196.
- TYLER, J. E. and W. H. RICHARDSON (1958): Nephelometer for the measurement of volume scattering function *in situ*. *Jour. Opt. Soc. Amer.*, **48**, 354-357.
- TYLER, J. E. (1961): Scattering properties of distilled and natural water. *Limnol. Oceanogr.*, **6**, 451-456.

黒潮流域の深層海水の scattering function について

佐々木忠義 岡見 登 松村皐月

要旨：黒潮流域の深さ4,000 mまでの各層から採取した深海水について、光散乱光度計を用いて volume scattering function の測定を行なった。測定によって得た scattering function curves と深海水中の懸濁粒子による光散乱に MIE の散乱理論を適用して理論的に求めた scattering function curves とを比較した。MIE の理論の適用に際しては深海水中の懸濁粒子について次のような仮定をした。

- 1) 懸濁粒子は同質の透明な球形粒子である。
- 2) 懸濁粒子は不均一分散系の粒子でその粒径分布関数は次式で表わされる。

$$f(r) = (r - r_0)e^{-(r - r_0/b)^3}$$

ここで、 r は粒子の半径、 r_0 は分散系の最小粒径、 b は modulus parameter である。

Relative volume scattering function の測定値と理論値を比較してみると前方散乱はかなり良く一致するが、後方散乱は散乱角 130° 付近から測定値が理論値より大きいものがいくつかあった。これは試水中に 1μ 以上の大粒の不透明粒子が混入していて、これらの粒子からの幾何学的反射光が透明体粒子からの散乱光に加わるためではないかと考える。このような不透明粒子を無視すれば、黒潮流域の懸濁粒子の最頻直径 (modal diameter) は 1μ より小さく、粒子総数は 1 ml あたり $10^4 \sim 10^5$ 個の order であると推定される。

また、測定値から求めた scattering function curve に最も良く近似する理論曲線から求めた深海水の散乱係数の値は $0.0068\text{ m}^{-1} \sim 0.0312\text{ m}^{-1}$ の範囲にあった。

日本海における鉄・アルミニウムの 分布とその海洋学的意義*

杉浦吉雄** 山本克己***

Distribution du fer et de l'aluminium à la mer du Japon et leur signification océanographique

Yoshio SUGIURA et Katsumi YAMAMOTO

Résumé: Alors que les distributions du fer et de l'aluminium sont similaires l'une à l'autre à la mer du Japon, elles en sont très différentes de la distribution de la chlorinité. Cette différence s'expliquera facilement si le fer et l'aluminium existent en particule. Leur concentration est plus haute à la partie sud qu'à la partie nord de la mer du Japon. Elle est plus haute à l'ouest qu'à l'est en couches de surface à la partie sud, tandis qu'elle est plus haute à l'est qu'à l'ouest en couches de surface à la partie nord. Elle est généralement haute en surface et basse en profondeur. L'irrégularité de la distribution est plus remarquable en surface qu'en profondeur. Une discussion porte, au moyen de ces faits, sur le mouvement de l'eau de la mer du Japon. Il est possible qu'augmentent les dimensions et la densité des matières comprenant le fer ou l'aluminium.

1. はし が き

GOLDBERG と LEWIS (1954) は、北太平洋の海水中の鉄 (Fe) を研究し、次のようなことを述べている。粒径が 0.5μ 以下の Fe (彼らはこれを可溶体の Fe と呼んだ) は、沿岸水と外洋水、表層水と深層水とを問わず、濃度はほぼ等しく $3 \mu\text{g/l}$ の程度である。これは有機物と結合する Fe やコロイド状の水酸化第二鉄あるいはリン酸第二鉄と考えられる。 0.5μ 以上のいわゆる粒子状 Fe は、可溶体の Fe と同程度かあるいはそれ以上の濃度で存在する。

濃度にはかなりのムラがあるから、観測事実を客観的に表現するには、観測値の統計的処理が必要である。かかる見地に立って、彼らは、ある深さたとえば 100 m で、 5 m おきに三つの層の水を採り、それぞれの濃度を求めた。それら三つの層

の濃度はほぼ同程度の値を示すことも、その中の一つだけがとりわけ高かったり逆に低かったりしたこともあった。そのような出現特性がある一方で、ある測点では明らかに他の測点に比べて、深さ 10 m より $2,000 \text{ m}$ に及ぶ全層において、粒子状 Fe の含量が高いこともあった。深さ 10 m から 200 m の表層では、それ以深の層より含量が高い場合が比較的多かった。彼らは、その結果から、表層で粒子状 Fe の濃度が高いとし、その原因を生物の引き留め作用に求めた。

この GOLDBERG らの研究は、アジア、アメリカの両大陸にまたがる北太平洋の広大な海域の中に、わずか 9 個の測点を設けて行なわれたに過ぎない。従って、彼らの結論には、いろいろ検討の余地があると思う。しかし、著者らが、彼らの結果に対して特に興味を感じたのは、北太平洋の米国寄りに比べて、日本寄りの測点で Fe 含量が低い、という点である。ここに示された地域差は、水塊の指示要素としての Fe の有望さをほのめかすものである、と考えた。

* 1968年5月29日受理

** 気象研究所 Meteorological Research Institute

*** 舞鶴海洋気象台 Maizuru Marine Observatory

GOLDBERG (1965) の表によると, Fe の濃度は $10 \mu\text{g/l}$, 滞留時間は 140 年である。同じ表で, アルミニウム (Al) は濃度, 滞留時間ともに Fe とほぼ等しいことがわかる。Fe と Al は, 海水に対する供給源の点においても, ほぼ等しいと考えられる。従って, Fe に期待されることは, Al についても期待されるであろう。それならば, Fe の結果から帰納される事柄は, Al の結果を得て一層明確化されるかもしれない。かかる見地から, Fe と Al を同時に観測し, 日本海の海洋構造を探究することを試みた。

2. 分析法

試水は, 次に述べる橋谷一山本の方法 (1959) によって分析した。試料海水 1 l に, 濃塩酸 5 ml, 硫酸ベリリウム溶液 (1.3 mg Be/ml) 10 ml を加え, 48 時間以上放置した後, ろ紙 (No. 5 A) でろ過する。ろ液 250 ないし 330 ml をメスシリンダーでビーカーにとる。オキシソル溶液 (1%, 酢酸溶液), 酢酸アンモニウム溶液 (2 N) 3 ml を加え, アンモニヤ水 (2 N) を滴加し pH を 5.0~5.5 に調節する。次いで, 溶液を分液ロートに移し, 全量を 400 ml とし, クロロホルム 10 ml を加えて 1 分間はげしく振りまぜ, Fe, Al などのオキシソル錯体を抽出する。クロロホルム抽出液は, 約 10 ml のシアン化カリウムの逆抽出液 (塩化アンモニウム (4 N) を添加して pH を 8.5~9.0 に調節したシアン化カリウム溶液 (0.1 N) を約 10 ml のオキシソル・クロロホルム溶液, 次いで, クロロホルムでそれぞれ数回ずつ振りまぜ, 不純物を除去するとともに, クロロホルムを飽和した溶液をぬれたろ紙でろ過し, 使用の都度, 調製して用いる) を入れた別の小形分液ロートに移し, 再び 1 分間激しく振りまぜて, 銅, ニッケルなどを除いた後, 約 1 g の無水硫酸ナトリウムを入れた小型共栓びんに取り, 混入する水を除き, ブランクを対照として, 390 および 470 $m\mu$ の吸光度を測定する。この吸光度から, 次式により Al および Fe の濃度を定める。

$$C_{\text{Al}} = \frac{A_{390} - A_{470} \cdot a_{370}^{\text{Fe}} / a_{470}^{\text{Fe}}}{a_{390}^{\text{Al}}} = \frac{A_{390} - 0.746 \cdot A_{470}}{0.0310}$$

$$C_{\text{Fe}} = A_{470} / a_{470}^{\text{Fe}} \cdot A_{470} / 0.0134$$

ただし, C_{Al} , C_{Fe} はそれぞれ Al と Fe の量 (μg), A_{390} と A_{470} は, それぞれ 390 および 470 $m\mu$ における吸光度とする。また, a_{390}^{Al} , a_{470}^{Fe} , a_{390}^{Fe} は, それぞれ, 390 および 470 $m\mu$ における Al, Fe のおのおの $1 \mu\text{g}$ あたりの吸光度であり, この値は, Al と Fe の標準溶液について実験的に求められる。なお, ここでは次の値を用いている。

$$a_{390}^{\text{Al}} = 0.0310, \quad a_{390}^{\text{Fe}} = 0.099, \quad a_{470}^{\text{Fe}} = 0.0134$$

以上の方法で定量される Fe と Al は, 以下に述べる点を考慮すると, GOLDBERG のいわゆる可溶体に粒子状の Fe の寄与がかなり加わったものとみることができる。海水に濃塩酸 (250 ml について 1 ml の割で) を添加した後常温で放置すると, 放置時間に応じて Al, Fe の定量値は増大する。さらに加熱することにより著しく増大する。しかし, いったん煮沸した後は, その後の加熱時間に関係なく一定となる。一方, 塩酸処理後 40 時間以上経過したものは, 冬季においても, 定量値が加熱処理のものとはほぼ一致した。

3. 結果と考察

ここで考察の対象とする資料は, 1959 年 7 月 1 日から 3 日までに観測した 7 測点, 1961 年 6 月 11 日より 19 日までの 10 測点, 1964 年 9 月 2 日より 6 日までの 5 測点, 1967 年 8 月 6 日より 7 日までの 4 測点に関するものである。測点の位置を Fig. 1 に示す。以上に示すように, 試料ごとに採水の時期がかなり違うものがある。MENZEL と SPAETH (1962) によれば, 海水中の Fe 含量には四季の変化が認められない, ということであるから, ここでは, 採水時の違いを度外視して, 以上の全資料をひとまとめにして考察することにした。

1) 塩素量によって識別される三種の水

日本海を, 大陸に近い北側と日本本土に近い南側の二つの海域に分け, それぞれにおける海水の塩素量の鉛直分布を求めると, Fig. 2, 3 に示すようになる。これを見ると, 二つの海域について, 鉛直分布の傾向は次のように表現することができ

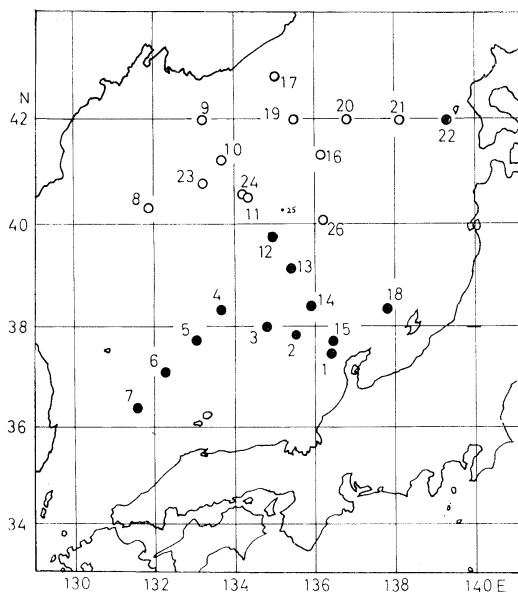


Fig. 1. Location of sampling sites. Surface waters (depth < 200 m) having higher chlorinities ($>18.85\text{‰}$) were collected at sampling sites shown by solid circles and those having lower chlorinities ($<18.85\text{‰}$), at sampling sites shown by open circles.

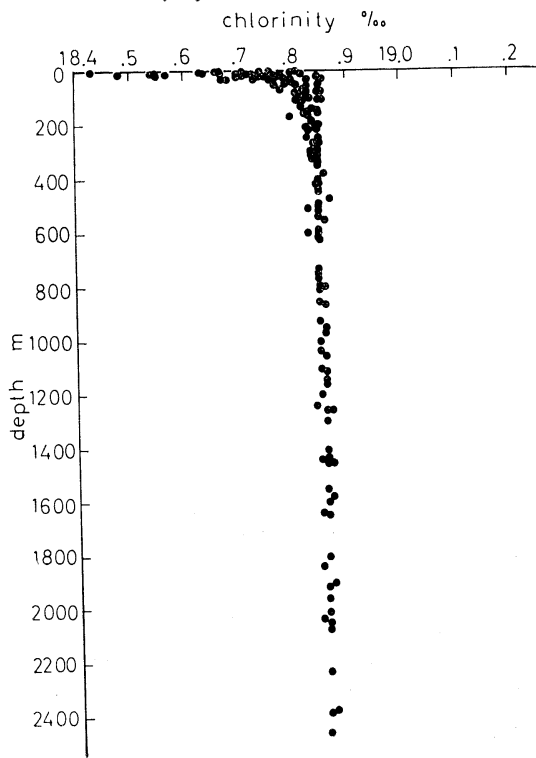


Fig. 2. Vertical distribution of chlorinity at the northern side of the Japan Sea.

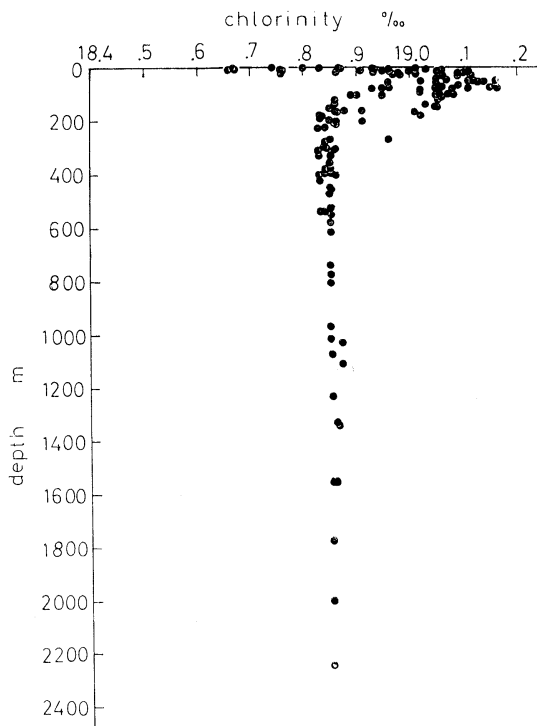


Fig. 3. Vertical distribution of chlorinity at the southern side of the Japan Sea.

る。すなわち、南側では表層の塩素量は比較的高く 19.0‰ 前後であるが、深さとともに次第に低下して 200 m あたりから下方では、ほぼ一定の値 (18.85‰) に達する。これに対して、北側では逆に、表層で低く 18.7‰ 前後の値をとるが、深さとともに次第に増して、200 m あたりから下方ではほぼ一定値 (18.85‰) に達する。以上の結果から、日本海は、表層 (ほぼ 200 m 以浅) では南と北の二つの海域が区別できるが、深層 (200 m 以深) では区別することが困難である。換言すると、日本海の水は、塩素量の値をもとにして三つのタイプに分類することができる。1. 南側の表層水, 2. 北側の表層水, 3. 深層水, である。従来の研究によると、ここでいう南側の表層水とは、対馬暖流の水である。

以下の考察において、表層 (200 m 以浅) について南側の水とは、原則として、塩素量が 18.85‰ 以上の水を指すことにしているが、とくに深さ 0 m と 10 m の水については、しばしば塩素量が

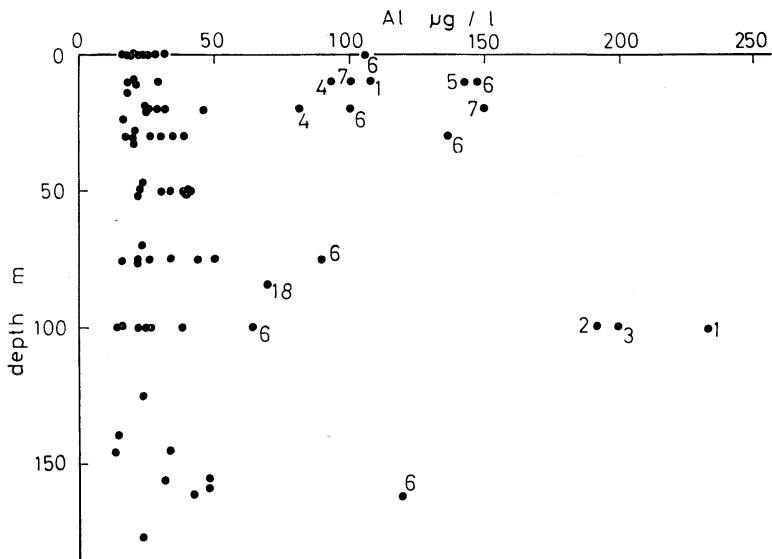


Fig. 4. Vertical distribution of aluminum in the surface water at the southern side of the Japan Sea. Figures by solid circles show the station number.

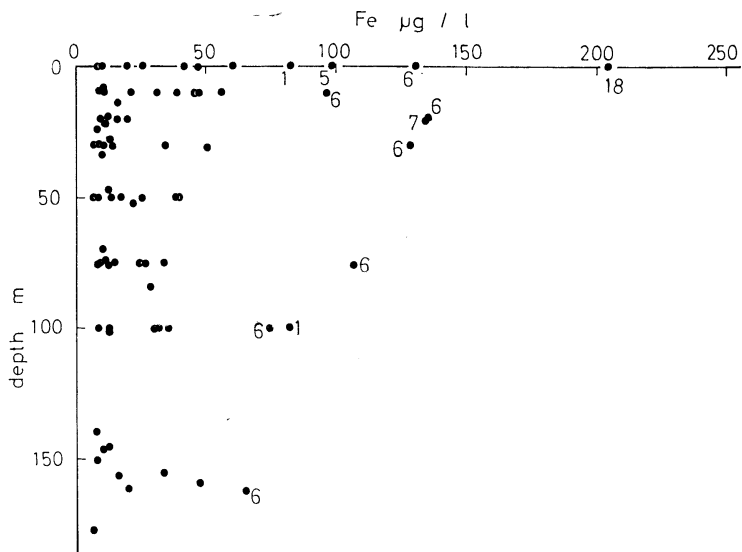


Fig. 5. Vertical distribution of iron in the surface water at the southern side of the Japan Sea. Figures by solid circles show the station number.

18.85% 以下の水でも、南側の水とみなすことがあった。すなわち、観測点の位置が、南西より北東に向かって日本海のほぼ中央を貫通する直線の南方にあって、18.85% 以上の塩素量をもつ水が深さ 10 m を越える下層を占拠している場合には、18.85% 以下の塩素量をもつ 0 m、10 m 層の水

でも南側の水とみなした。この場合、塩素量が低いのは、元来、塩素量の高い南側の水が淡水と混合して局部的に希釈されたためである、と判断したからである。

2) 三種の水についてみられる Al, Fe 分布の特徴

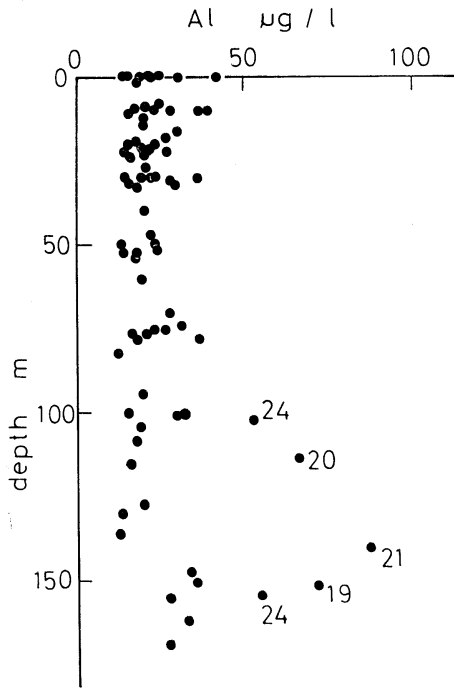


Fig. 6. Vertical distribution of aluminum in the surface water at the northern side of the Japan Sea. Figures by solid circles show the station number.

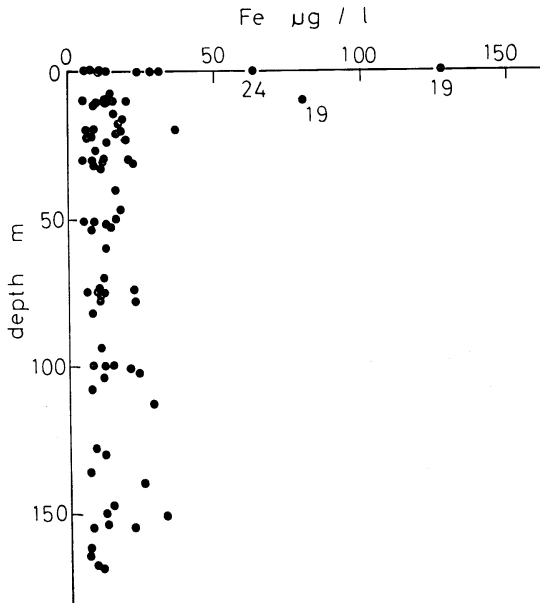


Fig. 7. Vertical distribution of iron in the surface water at the northern side of the Japan Sea. Figures by solid circles show the station number.

前述のように、塩素量については、表層の南・北二種と深層の一種の計三種の水を区別できた。そこでまず、表層の二種の水について、Fe, Al の鉛直分布をみることにしよう。Fig. 4, 5 は、南側の水について、それぞれ Al と Fe の含量を深さ別に示したものである。これに対して、北側の水の Al, Fe の含量を深さ別に示したものが、Fig. 6, 7 である。これら四つの図を比較すると、Al と Fe のいずれについても、50 µg/l 以上の高濃度は、北側の水より南側の水においてきわだって度々観測されていることがわかる。図上、高濃度 (50 µg/l 以上) を表わす点には、その脇に測点番号を示し、高濃度の出現と地理的位置の関係を見やすくした。これをみると、南側においては、13 の測点のうち 9 か所で、高濃度が観測されている。

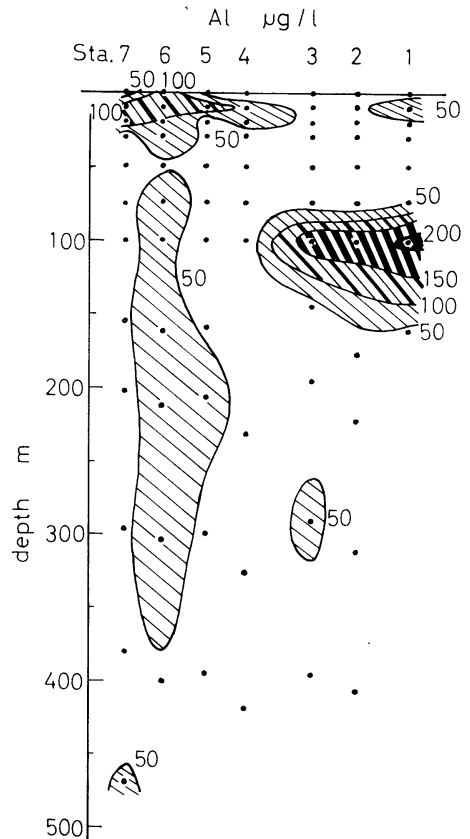


Fig. 8. Patches of the higher concentration of aluminum. Figures show the aluminum concentration in µg/l.

そのうちの4か所では、深さ0 mか10 mあるいはその双方において、塩素量が18.85%以下で、かつ塩素量の低い層で高濃度が観測された。このことは、高濃度の出現が陸水に起因することを暗示しているようにみえる。北側では、12の測点のうち4か所で高濃度が観測されている。以上、南北いずれを問わず、高濃度出現の確率が陸により近いところより高いといった単純な傾向を見出すことができなかった。これに関連して思い出されるのは次のことである。かつて、著者の1人は米国のビキニ環礁上における水爆実験後、同環礁の西方洋上において、海水の β 放射能の分布を観測したことがある(三宅, 杉浦, 亀田, 1954; 杉浦, 1955)。そのとき、ビキニ環礁の西方150 kmから

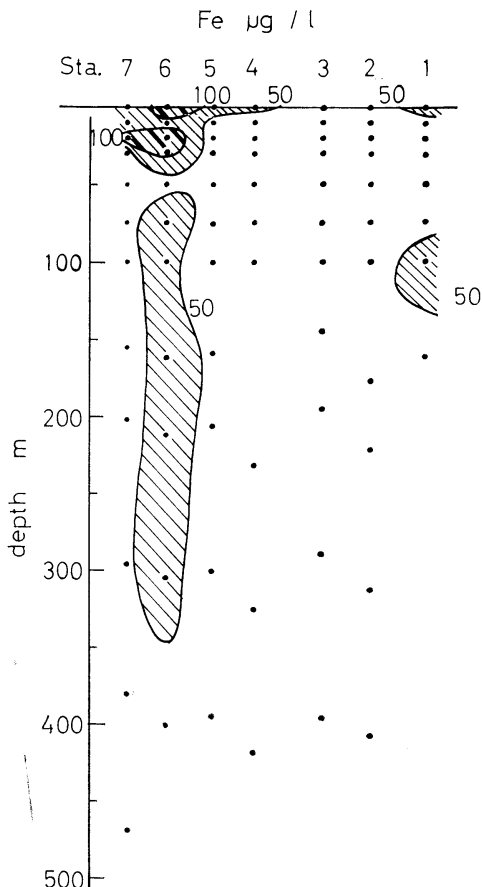


Fig. 9. Patches of the higher concentration of iron. Figures show the iron concentration in $\mu\text{g/l}$.

1,300 km にわたる洋上では、ちょうど Fig. 8, 9 に見る Al, Fe 濃度のように濃淡がモザイク状に入り乱れていた。そこでは比較的狭い範囲についてみると、濃度勾配の向きを指示するのが困難であった。しかし、一段と広域に目を転ずると、高濃度出現の確率はある方向に向かって漸減していることがわかった。日本海の Fe, Al の分布は、ちょうどこれに似ている。

次に、深層について同様に、Fe, Al の鉛直分布を描いてみる。深さ200 m から500 m におよぶ深層の上部では、Fig. 4, 5, 6, 7 に示したのと類似の分布をしていることがわかった。すなわち、高濃度の出現確率はやはり南側で高い。ところが、500 m 以深になると、そのような傾向が認められない。南北ともに高濃度出現確率がきわめて低い。その様子を表示したのが Table 1 と Table 2 である。表では、塩素量による区分における深層(深さ, >200 m)をさらに細分して、中層(深さ, 200~500 m)と深層(深さ, >500 m)とした。これは、上述の高濃度出現特性を考慮してのことである。

Table 1 は、ほぼ生の資料そのままであるが、Table 2 では、濃度区分を二つにしぼった上で、それぞれの水の群れに対して、Al, Fe のおのおのについて、指定濃度の出現件数の和がすべて100となるように計算し直してある。これによって、それぞれの水の群れにおける高濃度の出現特性が比較しやすくなっている。Table 2 によれば、

- (1) 表層(深さ, 0~200 m)では、南側で高濃度出現確率が高い。
- (2) 中層(深さ, 200~500 m)でも、南側で高濃度出現確率が高い。
- (3) 深層(深さ, 500 m 以上)では、南北ともに高濃度出現確率が低い。

Table 1 をみると、高濃度(>50 $\mu\text{g/l}$)の出現確率が高い水では、0~50 $\mu\text{g/l}$ の濃度範囲における各区分濃度の出現件数の内訳についてみても、比較的高い濃度区分の件数が多いことがわかる。つまり、この場合、平均濃度の高低を決めるものが、特にマークされた高濃度の寄与のみにあるのではなく、全般的に濃度が高い、ということを表

Table 1. Frequency of occurrence of waters with the concentration within each concentration range at the southern and the northern side of three layers of the Japan Sea.

Conc'n range $\mu\text{g/l}$	Surface (0-200 m)				Intermediate (200-500 m)				Deep (>500 m)				S+N	
	South		North		South		North		South		North		Al	Fe
	Al	Fe	Al	Fe	Al	Fe	Al	Fe	Al	Fe	Al	Fe		
0-10	0	24	0	38	0	6	0	12	0	1	0	29	0	30
10-20	23	44	38	44	4	18	10	21	5	18	30	35	35	53
20-30	40	13	35	12	11	5	13	3	17	7	28	11	45	18
30-40	14	9	14	3	4	0	7	2	4	1	8	3	12	4
40-50	8 85	6 96	1 88	0 97	4 23	2 31	1 31	1 39	2 28	0 27	2 68	2 80	4 96	2 107
50-60	4	2	2	0	2	0	2	0	0	1	1	2	1	3
60-70	2	2	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1
70-80	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
80-90	1	3	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
90-100	3	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
100-150	10	5	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
150-200	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
200-250	1 24	1 16	0 5	0 3	0 6	0 2	0 2	0 0	0 0	0 0	1 0	1 0	3 0	1 0 4
Total	109	112	93	100	29	33	33	39	28	28	69	83	97	111

Table 2. Percent frequency of occurrence of waters with the concentration within each of two concentration ranges at the southern and the northern side of three layers of the Japan Sea.

Conc'n range $\mu\text{g/l}$	Surface (0-200 m)				Intermediate (200-500 m)				Deep (>500 m)				S+N	
	South		North		South		North		South		North		Al	Fe
	Al	Fe	Al	Fe	Al	Fe	Al	Fe	Al	Fe	Al	Fe		
0-50	78	86	95	97	79	94	94	100	100	96	99	96	99	96
>50	22	14	5	3	21	6	6	0	0	4	1	4	1	4

Table 3. Averages and standard deviations of Al and Fe concentration at the southern and the northern side of three layers of the Japan Sea in the case where the data of the higher concentration (>50 $\mu\text{g/l}$) were included.

Layer	Al $\mu\text{g/l}$		Fe $\mu\text{g/l}$	
	South	North	South	North
Surface	45.8±42.07	25.0±12.42	29.5±33.44	16.5±15.59
Intermediate	36.2±23.00	26.3±11.08	21.5±18.34	15.1± 8.99
Deep	25.9± 7.93	22.8± 7.97	18.8± 9.12	16.4±12.33

わしている。この辺の事情を明示するために、Table 3 と 4 を掲げる。Table 3 は、高濃度の資料も含めた結果であり、Table 4 は、高濃度の資料

を除外したときの結果である。これをみると、高濃度を入れようと入れまいと、相対的にみて、平均値の高低の大勢には影響がないことがわか

Table 4. Averages of Al and Fe concentration at the southern and the northern side of three layers of the Japan Sea in the case where the data of the higher concentration ($>50 \mu\text{g/l}$) were excluded.

Layer	Al $\mu\text{g/l}$		Fe $\mu\text{g/l}$	
	South	North	South	North
Surface	28.2 ₅	22.6	18.4	14.2
Intermediate	27.6	24.1	17.5	15.1
Deep	25.9	22.3	17.6	14.8

る。ここで、注目すべき点は、

- (1) 各層間の比較では、濃度の平均値(算術平均)は、表層と中層において、概して、深層におけるよりも高い。
- (2) 各層を問わず、南側では北側より平均値が高い。
- (3) 標準偏差は、南側では、表層・中層・深層の順に減少している。北側では、南側ほど明瞭ではないにしても、前記の傾向がやはり認められる、の三つである。

ここに示した標準偏差は、さきに述べた濃度のムラを量的に示すものである。この値が深さとともに低下することは、深さとともに分散の均一化が進むことを意味する。

3) 東西方向に沿った Al, Fe 分布の特徴

南側、北側をそれぞれ東西に二分し、各区分について表・中・深層の平均濃度を求めた結果を、Table 5 に示す。これによって、表層の Fe, Al 濃度は、南側では西高東低、北側では逆に東高西

低であること、以上の表層での傾向は、南側の中層、北側の中・深層についても認められるが、ただ一つ、南側の深層では通用しないようにみえること、そこでは、東部が西部よりやや高濃度であることが明らかとなった。なお、全層の平均についてみると、表層での通則が当てはまることになる。

4) Al, Fe の粒子状存在状態の証拠

i) 中・深層における Al, Fe 分布と塩素量分布の違い

塩素量の値は、深さ 200 m より下方では、東西南北いずれの側においても同一の値 (18.85%) をとるのに、Fe, Al の濃度の方は、前節までに指摘したように、明らかに異なる。このことは、看過できない重要な点である。塩素量が中・深層において、いたるところで一定値をとるのは、日本海の中・深層が生成環境を同じくする水を素材としているからである。一つの生成環境の水が、別の生成環境の水と上下に積み重なっているとすれば、その間に成分の濃度勾配を生ずることは当然である。ここで特に注目したいのは、濃度勾配の見出される深さが、塩素量と Fe, Al について一致しない点である。すなわち、塩素量では、深さ 200 m よりも浅いところに勾配があり、その下の層では鉛直方向にも水平方向にもすでに一定値をとっているのに対して、Fe, Al については、Table 3, 5 に示すように、平均濃度の勾配は中・深層にまで及ぶばかりでなく、水平方向にも、規則的な勾配が認められている。

Table 5. Average concentration of Al and Fe at the eastern and the western part of the northern and the southern side of three layers of the Japan Sea.

Layer	South				North			
	West		East		West		East	
	Al $\mu\text{g/l}$	Fe $\mu\text{g/l}$	Al $\mu\text{g/l}$	Fe $\mu\text{g/l}$	Al $\mu\text{g/l}$	Fe $\mu\text{g/l}$	Al $\mu\text{g/l}$	Fe $\mu\text{g/l}$
Surface	57.7 ₅ (50)	37.0 (50)	38.8 (50)	22.2 (50)	22.4 (44)	14.6 (51)	29.1 (40)	20.8 (40)
Intermediate	42.1 (16)	26.9 (16)	28.9 (13)	14.9 (13)	21.6 (12)	13.0 (17)	34.6 (11)	19.7 (11)
Deep	24.2 (2)	11.8 (2)	26.0 (26)	19.3 (26)	19.4 (28)	16.7 (40)	26.2 (30)	17.6 ₅ (35)
Average	41.3 ₅	25.2	31.2	18.8	21.1	14.8	30.0	19.4

Note: Figures in parentheses show the number of samples under consideration.

Fe, Al が、もし、100% 可溶体として存在するならば、その分布は塩素量のそれと一致しなければならぬ。観測事実がこの期待に反するのは、Fe, Al が 100% 可溶体ではなく、相当の部分が、水に対して鉛直方向に相対速度をもつ粒子状で存在するため、と解せられる。

ii) 表層における Fe, Al 分布と塩素量分布の違い

Table 6 は、表層における塩素量分布の特徴を示す。これをみると、塩素量の差は東西方向にはきわめて少なく、南北方向に大きいことがわかる。Table 6 の結果を Table 5 と比較することは興味深い。東西の差は、北側では、塩素量について 0.16% であるのに、Al で 23.0%, Fe で 29.8%, 南側では、塩素量について、0.05%, Al で 32.8%, Fe で 40.0% と、いずれも塩素量の東西間の差に比べて、Al, Fe の差がきわめて大きいことを示している。Fe, Al が粒子状で存在すると仮定すれば、流れに伴って粒子は沈降し、可溶体との間に鉛直方向のズレを生ずる。このため表層の濃度は次第に低下するとして、Table 5, 6 の結果を理解することができる。Table 5 において、表・中・深層のすべてを通じて全体の平均値が東西方向に減少することは、Al, Fe の沈降による海底への堆積を表わしている。

このように、東西方向に沿う濃度差が、Al, Fe 含有粒子の沈降の結果とすれば、表層の濃度は上流で高く下流で低いはずである。従って、Table 5

の結果は、南側では西方が上流、北側では東方が上流に当ることを示している。南側の東流は、もちろん、いわゆる対馬暖流である。北側の西流は、南北で塩素量が著しく違うことを考慮すると、同一起源の水ではなく、おそらく、津軽、宗谷の二つの海峡を通じて、対馬暖流水と入れ換って流入する北洋の水であろう、と考えられる*。以上のように、Fe, Al の分布は、海水の運動と密接な関係をもつことが明らかとなった。

5) Al, Fe 分布と日本海海水の運動

日本海は、水深わずか 200 m 足らずの海峡によって、出入口をすべてふさがれた、いわば内海である。Fig. 10 に示すような桶を考えてみよう。上部中央に間仕切りが設けられている。間仕切りのどちらか片側の左右にそれぞれ出入口の導管がついている。桶の底を冷却する。温水を左の口から注入し、右の口から排出する。そのまましばらく水の流通を続けると、流通する水の下層を占める水も一しょに動き出す。この水は出口をもたないから、桶の中を環流するであろう。流れは、上層で速く下層で遅いであろう。桶の底の摩擦のためである。日本海の中・深層における水の動きは、およそこのようなものであろう。

従って、中・深層の水に着目すると、表層の水が次から次へ、新たに日本海に流入しては、深層水の頭上を通り抜けて流れ去ってゆく。その間、絶えず Al, Fe の雨が降り注ぐ。この場合、もし、

Table 6. Chlorinity at the depth of 50 m in the Japan Sea.

	South				North			
	West		East		West		East	
Sta. No.	Cl ‰	Sta. No.	Cl ‰	Sta. No.	Cl ‰	Sta. No.	Cl ‰	
2	18.96	22	19.12	10	18.81	17	18.77	
3	19.06	1	19.14	11	18.83	21	18.79	
4	19.07	13	19.02	23	18.81	16	18.81	
5	19.16	14	19.05	24	18.85	19	18.81	
6	19.11	15	19.13	9	18.83	20	18.81	
7	19.11	18	19.05	8	18.85	—	—	
Av.	19.07 _s		19.08 _s		18.83 _o		18.79 _s	

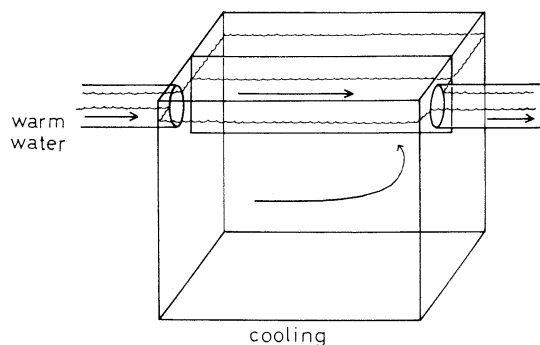


Fig. 10. A model of the circulation in the Japan Sea.

* これと全く同じ結論が、日本海表層水中の AOU の分布からも出てくる(杉浦, 1968).

表層水だけが流れ、中・深層の水は完全に静止しているとしたら、表層水の流動が永く続いた後では、中・深層での Fe, Al の濃度は南側西部で高く東部で低いと考えられる。然るに、Table 5 の南側深層水についてみると、西部に比べて東部ではいくぶん高い値を得ている。すなわち、Al, Fe の雨は、西部深層の頭上を乗り越えて東部へ流れ込んでいる。このことは、中層水が表層水よりはいくぶん遅いけれどもなおかつ、深層水に対して若干の相対速度をもって水平方向に流れていることを示すものである。もう一つ、中層水が深層水に対して、反時計式の循環流をしている証拠がある。それは、Table 5 の北側東部の中層で、Al の濃度が表層におけるよりもかえって高いことである。

Al, Fe の流入口に当る南側西部では、中層水の濃度は表層水よりかなり低い。それならば、もう一つの流入口に当る北側東部でも同様のことが観測されてもよい。もし、ここで前述の桶の推理を用い、中層水の反時計式循環を仮定すれば、上の結果は理解しやすい。すなわち、この流れによって、南側の高濃度が一部北側の東部に搬送され、その上に、さらに表層からの落下物が加わるから濃度が高くなるのである。これに関連して、簡単な計算を試みよう。

流入口付近における Al, Fe の表層と中層とにおける相対的な分布は、反時計式循環の影響がないとすれば、南側西部と北側東部とにおいてそれほど大きな違いがないと仮定してもあまり不自然ではない、と思う。それならば、Table 5 の数字を基にして、予想される北側東部の中層水中 Al, Fe 濃度は、

$$\text{Al: } 29.1 \times \frac{42.1}{57.7_5} = 21.2 \mu\text{g/l}$$

$$\text{Fe: } 20.8 \times \frac{26.9}{37.0} = 15.3 \mu\text{g/l}$$

となる。これに対して、観測値の平均は、Table 5 に示すように、Al で 34.6, Fe で 19.7 $\mu\text{g/l}$ であるから、その差、Al: 13.4 $\mu\text{g/l}$, Fe: 4.4 $\mu\text{g/l}$ は、南側から持ち込まれたものと考えられる。

なお、中層水の反時計式循環の影響は、Fig. 11 の中層付近における水温分布にも現われている。

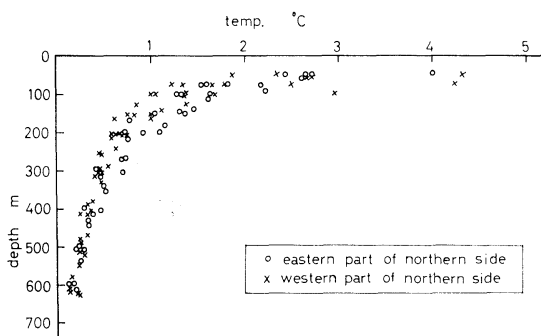


Fig. 11. Comparison of the vertical distributions of water temperature between at the eastern and at the western part of the northern side of the Japan Sea.

Fig. 11 は北側西部と北側東部の中層における水温の鉛直分布を示す。これによれば、深さ 100 m 以浅と 500 m 以深では、水温は両者においてほぼ等しいのに、その中間の深さ 100 m から 300 m の辺りにかけては、明らかに東部の方が西部より水温が高いことがわかる。これは、東部中層へ南側の高温中層水が廻り込んでいることを示すもの、と考えられる。

日本海の中・深層海水が、その発生地では同じ生成環境に置かれた水であることを、前に述べたが、日本海が水平方向の流通部分を 200 m 以浅にしかもたない内海であることを思うと、深層水の素材は表層水をおいて外にないことがわかる。従来の研究 (たとえば、FUKUOKA, 1965) によると、日本海の深層水は、冬季、日本海の北方海域で沈降した水である。すなわち、日本海の深層水の素材は、Fe, Al 含量の少ない北側表層水である。従って、その Al, Fe 含量は、表層からの Al, Fe の落下による供給がなければ、中・深層における塩素量のように、かなり均一で、冬季沈降時における北側表層水の特徴をかなり忠実に表わすものと考えられる。然るに実際は、粒子の重力による沈降が起きて Fe, Al がそれに伴われるために、すでに指摘したような分布となったのである。

Fe, Al の高濃度出現確率あるいは濃度の標準偏差が、深さとともに逓減することは、濃度の均一化が、粒子の沈降に要せられる時間の経過とともに、進行することを示している。この均一化を

促進させる機作としては、強い定常流を期待し難い深層にあっては、潮流と凹凸のある海底構造がもたらす乱れが有力視される、と思う。

濃度のムラは、特別の理由がなければ、供給源からの Fe, Al の投入後の時間とともに解消するであろう。粒子の沈降速度はほぼ一定であるから、日本海の中・深層にあっては、時間を深さによって置き換えることができる。従って、深さとともに標準偏差が減ることが期待される。Fig. 12 の、観測結果を見ることにしよう。これは、200 m 以深 2,000 m までの深さを 300 m ずつに区切って、各層の平均値と標準偏差をプロットしたものである。観測結果は必ずしも上の期待通りにはなっていない。Al と Fe のピークは一致しないが、Al と Fe のいずれについても平均値と標準偏差のピークは一致している。このようなピークは、海底に一たん堆積した Fe, Al が新たな供給源となることを示すものと考えられる。

次に、中・深層における水の流動が、Fe, Al の分布と数字的にいかに結び付けられるかを具体的に考えてみたい。Fe, Al 含有粒子は重力による自然落下の途次、各層において次々に、次第に遅い車に乗り換えながら落下を続ける、と考えることができる。深さ 1,000 m に到達するまでに、どれだけ水平距離 (L) を行くことになるか。Table 5 の結果によると、深層では南側東部、北側東部において濃度が比較的高い。このことは、

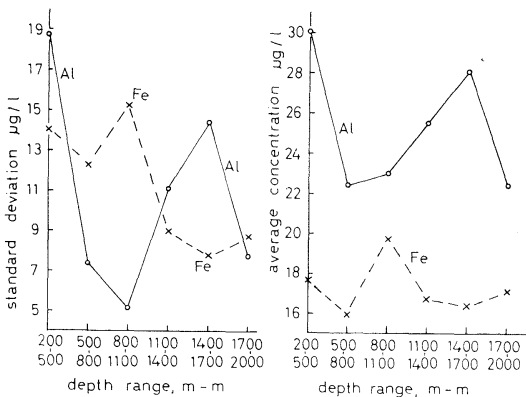


Fig. 12. Distributions of average and standard deviation of Al and Fe concentrations at intermediate and deep layers in the Japan Sea.

日本海を一循するルートのほぼ真中辺で粒子の深層に到達する沈降が目立つことを示している。その距離は、対馬海峡の日本海側の端からおおよそ 1,500 km に当る。

重力による粒子の自然落下における終末速度, u は

$$u = \frac{2gr^2(\rho - \rho')}{9\eta}$$

で与られるとしよう。ここで、 g は重力の加速度、 r は粒子の半径、 ρ, ρ' はそれぞれ粒子および水の密度、 η は海水の粘性係数とする。 $\rho = 2, \rho' = 1, \eta = 18 \times 10^{-3}$ cgs u . として計算する。 $r = 1 \mu$ とすると、1,000 m を落下するのに 8.25×10^8 sec (26 年) を要する。次に、流速の鉛直分布を、深さ 50 m で 50 cm/sec, 1,000 m で 0 cm/sec, 50 m と 1,000 m の間では深さとともに直線状に減速するとすると、 $L = 1.96 \times 10^5$ km となる。因みに、日本海を一循すると約 3,000 km であるから、これでは 1,000 m の深さに到達するまでに日本海を 65 回循環することになる。次に、流速の鉛直分布は前と同じとし、 r をいくらにしたら $L = 1,500$ km となるかを計算してみた。 $r = 11.4 \mu$ と出る。これは、平均粒径としては少し大きすぎる (佐々木, 岡見, 1968)。

深さ x m で流速が 0 となるような直線型減衰分布を仮定し、粒径を 5μ とすると、 $L = 1,500$ km を得るには $x = 230$ m となる。これは少々浅すぎるのではないか。次に、流速は深さとともに指数関数的に減衰するとし、減衰係数を求めるために深さ 550 m で深さ 50 m の流速の約 1/200 となるとし、深さ 50 m では流速 50 cm/sec. 粒径 5μ とすると、 $L = 1,560$ km となる。

以上の計算でもわかるように、もし、日本海の深さ 1,000 m における Fe, Al 含有粒子の密度と粒径の大きさがわかれば、日本海の中・深層における流速の鉛直分布が推定できることになる。あるいは逆に、日本海の中・深層における流速分布を知って、Fe, Al 含有粒子の性質をうかがい知ることができる。

6) Al, Fe 含有粒子の沈降速度の変化

日本海の中・深層に落下した粒子は、海底に沈

積するまでの間は、中・深層の中に留まる以外に途はない。その中・深層の中では、細かくみれば、すでに述べてきたような差が認められた。しかし、日本海全体のスケールで物を考える場合には、中・深層の濃度は互に等しくなければならない。そう考えて、Table 3 をみると、深層では Al についても Fe についても、中層におけるより、いくぶん低濃度であることがわかる。因みに、日本海全体としての三層の平均濃度は、

	Al $\mu\text{g/l}$	Fe $\mu\text{g/l}$
表層	35.4	23.0
中層	31.3	18.3
深層	24.4	17.6

である。このことが、何を意味するかを、次に考えてみたい。

いま、海水中に一つの柱状体を仮想しよう。それは、単位面積の直断面をもつとする。この柱状体の上面を通して、体内に入る粒子の沈降の速さを V_u 、濃度を C_u とし、下面を通して体外に出る粒子の沈降の速さを V_l 、濃度を C_l としよう。定常状態では、

$$C_u \cdot V_u = C_l \cdot V_l$$

でなければならぬ。従って、もし、 $V_u < V_l$ であると仮定すれば、 $C_u > C_l$ となる。つまり、深層において何らかの原因により、中層におけるよりも粒子の沈降速度が増大することがあれば、深層における濃度は中層における濃度より低くてもよい。このように、濃度の期待値と実測値を比較することにより、Fe, Al を含む粒子の沈降速度の変化を推定することができる。

粒子の沈降速度は、水の粘性係数が大きいと遅く、粒径が増すか粒子の密度が大きければ速くなる。海水の粘性係数は、塩分とともに増し、水温の低下とともに増す。また、水圧の増加とともに、わずかではあるが低下する。塩分、水温、水圧の効果の中では、水温の効果がもっとも大きい。しかし、いま問題とする日本海の中層と深層とでは、水温差はわずかに 1°C 足らずで、これによる粘性係数の差はわずかに 3% 程度である。しかも、この場合、深層での粘性係数は中層より高く、従って、粘性係数の点だけから言えば、深層では中層

より沈降速度は低下することになる。従って、前記の計算例のように、沈降速度を速めたい場合には、粒子の大きさあるいは密度のいずれか、または双方を増さねばならぬ。すなわち、粒子の大粒化あるいは密度増大が深層において行なわれるとすれば、定常状態において深層での濃度は中層の値から期待されるものより低いことになる。

4. 結 び

日本海の海水の Al, Fe 分布には、次の特徴が認められる。

- 1) 濃度にはかなりのムラがあり、比較的狭い領域内では、濃度勾配の向きを定め難い。
- 2) しかし、南側表層水と北側表層水を比較すると、高濃度 ($>50 \mu\text{g/l}$) の出現確率や平均濃度には、著しい差がある。すなわち、南側で高い。深層水では、高濃度出現確率も平均濃度も低い。
- 3) Al, Fe の平均濃度は、概して表層と中層において高く、深層で低い。各層を問わず、平均濃度は南側で高い。
- 4) 濃度の標準偏差は、概して、表・中・深層の順に減少する。
- 5) 日本海全体として眺めたとき、平均濃度は、表・中・深層の順に低下する。
- 6) 表層の Fe, Al 濃度は、南側で西高東低、北側で東高西低である。中・深層もだいたいこれに準ずる。ただ一つ、南側深層では東高西低の傾向がうかがわれる。
- 7) 北側東部中層では、これに似た条件の南側西部中層に比べて、中層における濃度が表層における濃度の割には高い。

以上の分布特性に基づいて、Al, Fe は、かなりの部分が粒子状で存在すること、日本海の南西端から流入する対馬暖流水が、Al, Fe をかなり多量に日本海に運び込んでいること、対馬暖流の東流に伴い Al, Fe の雨が、南側の中・深層に降り注いでいること、対馬暖流水はかなりの部分が津軽、宗谷海峡から流出し、代って、北洋の水が流入し北側を占めていること、この表層における反時計式の環流は、中層水にも引き継がれていること、北洋の水は対馬暖流よりは少ないが、Al, Fe を日

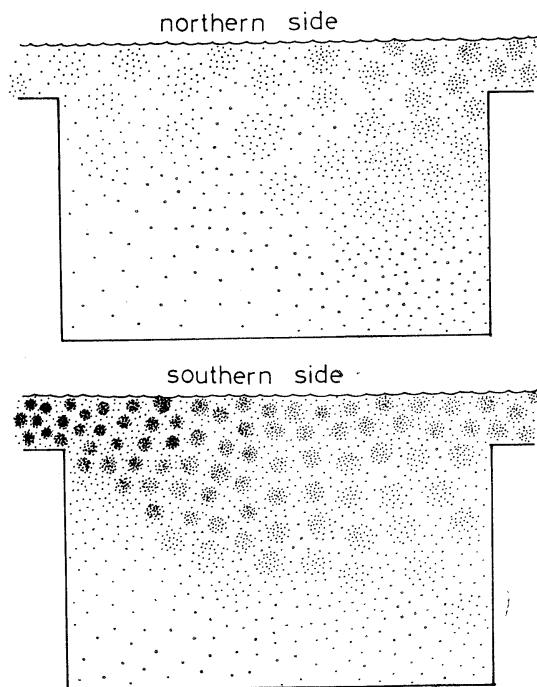


Fig. 13. A schematic drawing of the distribution of Al and Fe in the Japan Sea. Distribution density of dots stands for the approximate trend in the relative concentration of iron or aluminum.

本海に運び込んでいること、Al, Fe は環流に沿って海底に逐次堆積していること、深層でも海水は静止せず何らかの原因によって、適度の乱れが保たれ、それによって濃度の均一化が進行していること、深層で Al, Fe 含有粒子の大粒化あるいは密度増加の可能性があること、を明らかにした。

以上の研究結果に基づいて、Al, Fe の分布の模

式図を描くと、Fig. 13 のようになる。

図では、点の分布密度が Fe あるいは Al の濃度を定性的に示している。濃度のムラの分布にも留意されたい。

最後に、御討論いただいた三宅泰雄教授（東京教育大学）に感謝致します。

参考文献

- FUKUOKA, J. (1965): Hydrography of the adjacent sea (1)—The circulation of the Japan Sea. *Jour. Oceanogr. Soc. Japan*, **21**, 95-102.
- GOLDBERG, E. D. (1965): Minor elements in sea water. in "Chemical Oceanography". J. P. RILEY and G. SKIRROW eds. Vol. 1, pp. 712. Academic Press, London.
- 橋谷 博, 山本克巳 (1958): 海水中の微量の鉄およびアルミニウムの同時定量, *日本化学会誌*, **80**, 727-731.
- LEWIS, G. J. and E. D. GOLDBERG (1954): Iron in marine waters. *Jour. Mar. Res.*, **13**, 183-197.
- MENZEL, D. W. and J. P. SPAETH (1962): Occurrence of iron in the Sargasso Sea off Bermuda. *Limnol. & Oceanogr.*, **7**, 155-158.
- 三宅泰雄, 杉浦吉雄, 亀田和久 (1954): ビキニ海域における人工放射能の分布とその海洋学的考察. *科学*, **24**, 61.
- 佐々木忠義, 岡見 登 (1968): 深海水中の懸濁物について. 第7回深海研究に関するシンポジウム, *うみ*, **6**(1), 73-80.
- 杉浦吉雄 (1955): 海水の人工放射能について. *測候時報*, **22**, 66-73.
- 杉浦吉雄 (1968): 日本近海における表面海水の AOU 分布とその意義—大気, 海洋間気体交換の遅れ. *うみ*, **6**(1), 9-16.

漁業における火光の集魚効果とその操法の研究 (III)*

今 村 豊**

Etude de l'effet du feu dans la pêche et de son opération (III)

Yutaka IMAMURA

Résumé: Dans le but d'examiner l'effet du feu, nous analysons l'opération de la pêche à la perche et de la pêche à la ligne du maquereau et celle de la pêche au cordeau à main du *parapripoma trilineatum* et de la brème. Il est montré par quelques exemples que l'intensité lumineuse du feu devrait être déterminée en fonction des température et transparence de l'eau et des profondeur et mœurs du poisson.

III. 漁 業

1. 火光利用の釣漁業

火光を用いて行なう釣漁業には次の2型態がある。その一つは水面下深いところ生息している魚を火光を利用して水面近くまで誘い、浮上させ、これを釣獲する趣向の漁法である。イカ、サバなどの竿釣漁業はこの部類である。他の一つは海底近くの深層に生息している魚を火光を利用して集め、これをある程度まで浮上させ、釣獲の操作を容易にすると共に魚の餌付を促がす趣向のものである。この部類にはサバ、イサキ、タイなどの手釣漁業が含まれている。火光利用の釣漁業において、火光の用途は魚を釣具の操作範囲内に集め釣りの効果を高くするということのほかに魚の餌付を促すというねらいがある。

1) サバの手釣漁業

釣漁業は普通他の漁具に比べ構造が簡単で軽快性に富み、その規模も比較的小さくなっている。したがって、就業も他の漁業に比べ容易である。しかし反面、操業に当り、その漁果は大きく各人の釣り技に左右される傾向が強い。

手釣漁業は比較的深い水域に生息している魚を対象に行なわれるものである。この漁業では、一般に釣竿の代りに天秤と呼ばれる Fig. 47 に示す

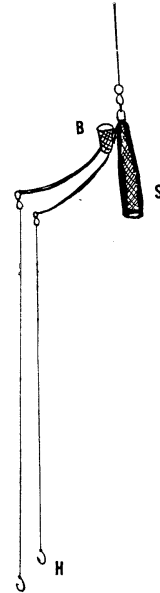


Fig. 47. Hand gear for mackerel. S means a sinker, B a baited basket and H hooks.

ような漁具を用いている。この天秤は釣竿と同じ役をなすもので、弾力性に富んだ強い材料、すなわち、真ちゅう線、鯨のヒゲなどでじょうずに製造されている。この天秤のことを普通は天秤竿と呼んでいる。天秤竿には、竿が対になっているものと1本だけのものがある。前者を両天秤、後者を片天秤と呼んでいる。サバ釣りに用いる天秤には沈子と餌袋の用を兼ねた金網の袋状のものがある。型状がアンドンに似ている点からこれをア

* 1968年6月1日受理

** 東京水産大学 Tokyo University of Fisheries

ンドンビシと呼んでいる。これは餌入れと沈子との役をなす。すなわち、漁具を上下に操作する度ごとに金網の内に詰められた魚の碎肉が四方に散布され、広い範囲から魚を集める趣向のものである。サバの手釣漁法は古くから各地で行なわれてきた。この漁法はサバが表層、すなわち竿釣りの可能な範囲まで浮上しない場合に行なわれる。この漁法は昼夜の別なく随時行なわれる。昼間の操業は魚の碎肉、アミ(こませ)などを連続的に散布しながら魚を集めて行なう。夜間の操業はもっぱら火光を用いて魚を集め、または餌料を併用して行なう釣漁法である。

ここでは、和歌山県田辺市の周辺で行なわれているサバの手釣り(天秤釣り)について、特に夜間の灯火の効用について調べた。

(1) 漁業の概要

この地方で、この漁業に使用されている漁船は3~7トンの発動機船である。この船の乗組員は1隻当り5~7名である。この船の操業範囲は潮ノ岬から日ノ岬に至る紀伊水道の距岸5~6哩内の水域である。漁期は4月から10月の間で、盛漁期は4月下旬から5月下旬までの約1か月である。この間に漁獲されるサバは産卵期の大型のマサバである。この釣りの漁獲物は他にアジ類、イサキなどが混獲される。

この漁業の漁獲はこの漁場の潮流によって大きく影響されている。すなわち、外洋から黒潮流が強く流入するときはおおむね好漁であるが、逆に瀬戸内海から流出する潮流が強い場合は概して不漁になる傾向がある、という。漁期中、表層の水温が $18^{\circ}\sim 22^{\circ}\text{C}$ ぐらいに上昇すると漁獲は一段と良くなるという。この海区のサバの生息深度は漁期間を通して水面下35~50mである。この釣漁法は水面下35~50m層に生息するサバを火光を利用して水面下20~30mぐらまで浮上させて行なう漁業である。この漁場で、サバは灯火に誘われて水面下5~8mぐらまで浮上することもあるという。

(2) 漁業設備

i) 集魚灯 この漁業に使用される集魚灯は白熱電球($5\times 10^2\sim 2\times 10^3\text{W}$)を水上灯として点灯

したもので、すなわち小型の漁船は500Wの電球1個、7トン以上の大きい船は 10^3W の電球を両舷に1個づつ計2灯を点灯している。

ii) 釣具 Fig. 47に示すような天秤竿の道具を使用する。釣糸は道糸に麻糸、絹糸または化繊の糸が使われ、長さは60~80mである。はりす(ちもと)にはテグスまたはナイロン糸が使われている。長さは50~80cmぐらである。釣糸の太さは対象魚の魚体の太さにしたがい、漁業者は任意に変えて用いる。釣糸はあらかじめ糸枠に巻き納め、漁場で魚の深さに応じて自由に伸ばして使用される。漁業者は1人であらかじめ3~4個の釣具を準備して出漁する。

iii) 餌料 餌は魚を希望する水域内に誘い集めるための“まき餌”と釣針に装着し、直接魚に喰わす釣餌の2種類がある。“まき餌”はイワシ、サバ、アジ、サンマなどの碎肉に適當のぬかなどを混ぜて粘土状にして使用する。漁業者は既に火光に集まってきた魚が時間の経過にしたがって分散、逃避することを防ぐために“まき餌”を連続的に適量を投下する。釣針に刺す餌料はサバの切身を皮付のままに細長くたんざく型に切って用いる。このような、漁獲する魚と同じ種類の魚を餌とした場合、これを友餌という。

iv) 光源 光源の白熱電球には各船とも笠を付けて、光の天空への拡散を防ぐと共に光束に指向性をもたせ水中への光の透過を良くするために、光束を絞っている。各船の光源の高さはほとんど水面から1mであった。

(3) 灯火による水中の明るさ

今日、灯火による水中の明るさは水中照度計によって測定されている。しかし、水中照度計の使用は海況、測定する深さなどで操作の面から大きな制限を受けている。したがって、照度計の測定値は必しも100%の正確な保証は何もない。照度計の使用不能な条件の海において、希望する点の明るさを物理的条件にしたがって計算によって近似的に求めることは火光利用の漁業ではきわめて有意義なことであり、かつ不可欠の条件でもある。そこで、水中の明るさを次の方法で求める。

(Fig. 48 参照) 水面上 $h\text{ m}$ の高さにある $C\text{ cd}$

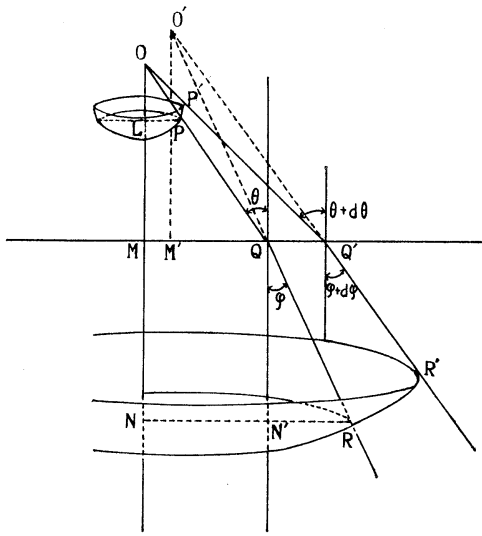


Fig. 48. Calculation form of illuminated water by the lamps situated over the water.

の点光源から放射され、入射角が θ から $\theta+d\theta$ の範囲で海面から屈折率 n の海水の中に入射した光の一部 k_φ が屈折角 φ から $\varphi+d\varphi$ の範囲で屈折して海中を 1 m 進んだ場合、点光源から 1 m の距離における照度を I_θ 、波面の面積 (図において上部円錐台様の側面積) を A_θ とする。海面から rm だけ進んだ点における照度を I_φ 、波面の面積 (図において下部円錐台様の側面積) を A_φ とすると、光の量は途中の海面の反射によって k_φ 割、光が海水中を rm だけ進んだために海水の吸収によって $e^{-\mu r}$ 割になるから、

$$I_\theta A_\theta k_\varphi e^{-\mu r} = I_\varphi A_\varphi \quad (1)$$

図から $A_\theta = 2\pi \sin \theta d\theta$ である。したがって、

$$A_\varphi = 2\pi \left(h \frac{\sin \theta}{\cos \theta} + r \sin \varphi \right) \left(nh \frac{\cos^2 \varphi}{\cos^3 \theta} + r \right) d\varphi^*$$

μ は海水の光吸収率を示す。(1) 式は次の (2) 式のように改変される。

$$\begin{aligned} I_\varphi &= I_\theta \cdot \frac{\sin \theta d\theta k_\varphi e^{-\mu r}}{\left(h \frac{\sin \theta}{\cos \theta} + r \sin \varphi \right) \left(nh \frac{\cos^2 \varphi}{\cos^3 \theta} + r \right) d\varphi} \\ &= I_\theta \cdot \frac{k_\varphi e^{-\mu r}}{\frac{h^2}{\sin \theta} \cdot \frac{\cos \theta}{n \cos \varphi} \cdot \left(\frac{\sin \theta}{\cos \theta} + \frac{r}{h} \cdot \sin \varphi \right) \left(n \frac{\cos^2 \varphi}{\cos^3 \theta} + \frac{r}{h} \right)} \\ &= I_\theta \cdot \frac{k_\varphi e^{-\mu r}}{h^2 \left(\frac{1}{\cos \theta} + \frac{r}{hn} \right) \left(\frac{\cos \varphi}{\cos^2 \theta} + \frac{r}{hn} \cdot \frac{\cos \theta}{\cos \varphi} \right)} \end{aligned} \quad (2)$$

また、 $I_\theta = C$ であるから、(2) 式は (3) 式になる。

* 第 48 図参照

$OM = h, QR = r$ とすると
 $MO = h \tan \theta, MQ' = h \tan(\theta + d\theta)$ であるから
 $QQ' = MQ' - MQ$
 $= h \{ \tan(\theta + d\theta) - \tan \theta \}$
 $= h \left(\tan \theta + \frac{1}{\cos^2 \theta} \cdot d\theta - \tan \theta \right)$
 $= \frac{h}{\cos^2 \theta} \cdot d\theta$

同様に $QQ' = \frac{O'M'}{\cos^2 \varphi} \cdot d\varphi$

これらの 2 式から

$$\begin{aligned} O'M' &= \frac{h}{\cos^2 \theta} \cdot d\theta \Big/ \frac{1}{\cos^2 \varphi} \cdot d\varphi \\ &= h \cdot \frac{\cos^2 \varphi}{\cos^2 \theta} \cdot \frac{d\theta}{d\varphi} \end{aligned}$$

屈折の法則で $\sin \theta = n \sin \varphi$ 。これから

$$\frac{d\theta}{d\varphi} = n \frac{\cos \varphi}{\cos \theta} \quad \text{これを上式に代入して}$$

$$O'M' = h \cdot n \cdot \frac{\cos^3 \varphi}{\cos^3 \theta}$$

$$\overline{OQ} = \overline{O'M'} / \cos \varphi$$

$$= h \cdot n \cdot \frac{\cos^3 \varphi}{\cos^3 \theta} \Big/ \cos \varphi = h \cdot n \cdot \frac{\cos^2 \varphi}{\cos^3 \theta}$$

よって

$$\overline{O'R} = \overline{O'Q} + \overline{QR} = h \cdot n \cdot \frac{\cos^2 \varphi}{\cos^3 \theta} + r$$

$$\overline{NR} = \overline{MQ} + \overline{N'R} = h \cdot \frac{\sin \theta}{\cos \theta} + r \sin \varphi$$

$$I_{\varphi} = \frac{k_{\varphi} e^{-\mu r}}{h^2 \left(\frac{1}{\cos \theta} + \frac{r}{hn} \right) \left(\frac{\cos \varphi}{\cos^2 \theta} + \frac{r}{hn} \cdot \frac{\cos \theta}{\cos \varphi} \right)} \cdot C \quad (3)$$

(3) 式において、光源の直下では

$$\theta = \varphi = 0$$

$$\text{故に, } k_{\varphi=0}^* = \frac{4n}{(n+1)^2} = \frac{4 \times 1.33}{(1.33+1)^2} = \frac{5.32}{5.42} \doteq 1$$

そこで、(3) 式は (4) 式のようになる。

$$I_{\varphi=0} = \frac{e^{-\mu r}}{\left(h + \frac{r}{n} \right)^2} \cdot C \quad (4)$$

灯船のような小型の船の光源の高さは 1 m ぐらいなので、 h の値を無視すると、(4) 式は (5) 式のように示すことができる。

$$I_{\varphi=0} = \frac{e^{-\mu r}}{\left(\frac{r}{n} \right)^2} \cdot C \quad (5)$$

海水の屈折率、 n の値は 1.33 であるから、(5) 式は (6) 式のように改められる。

$$I_{\varphi=0} \times \frac{r^2}{(1.33)^2} \times e^{\mu r} = C \quad (6)$$

光の消滅係数 (吸収係数) μ と海水の透明度 D_m

* k_{φ} の求め方 今、水面が平滑であるとき、 I_0 なる強さの光が空気中より投射するものとし、 θ, φ をそれぞれ入射角および屈折角、 n_1, n_2 をそれぞれ空気および水の屈折率とすると Fresnel の式によって反射される光の量は次の式で与えられる。

$$I_r = \left[\left(\frac{n_2 \cos \theta - n_1 \cos \varphi}{n_2 \cos \theta + n_1 \cos \varphi} \right)^2 + \left(\frac{n_1 \cos \theta - n_2 \cos \varphi}{n_1 \cos \theta + n_2 \cos \varphi} \right)^2 \right] \cdot I_0$$

したがって、屈折して水中に入る光の量 I_D は

$$I_D = I_0 - I_r$$

k_{φ} は上式により $\frac{I_D}{I_0}$ で与えられる。

$$k_{\varphi} = 1 - \frac{1}{2} \left[\left(\frac{n_2 \cos \theta - n_1 \cos \varphi}{n_2 \cos \theta + n_1 \cos \varphi} \right)^2 + \left(\frac{n_1 \cos \theta - n_2 \cos \varphi}{n_1 \cos \theta + n_2 \cos \varphi} \right)^2 \right]$$

光度 (I) は単位立体角あたりに発散される光束。

すなわち、 $I = dF/d\omega$ で単位は cd で示す。光束

(F) は単位時間あたりに通過する光量。光束の単位は lm で示す。照度 (E) は単位面積あたりに入射する光束。すなわち、 $E = dF/dA$ で単位は lux で示す。

との関係は POOLE and ATKINS の $\mu = \frac{1.7}{D}$ 式で示される。

(4) 火光の効用

紀伊水道の 4~5 月は比較的に透明度は高く、 D の値はほぼ 30 m ぐらいになる。したがって、当海辺の光の消滅係数 μ の値は $\frac{1.7}{D}$ から 0.05 ぐらいである。10³W の白熱電球 (光束、 $2 \times 10^4 lm$) に笠をかぶせ、光束を $\frac{1}{4}$ にしぼって点灯すると、サバが火光の明るさを認めると推定される低い方の値、数 lux (1~10) の明るさの深さは前項の 6 式から求めることができる。すなわち、

$$I_{\varphi=0} = 1 \sim 10 \text{ lux, } \mu = 0.05.$$

$$C = \frac{(2 \times 10^4)}{4\pi} \times 4 \text{ (cd)}$$

上の値を前項 6 の式に代入すると

$$(1 \sim 10) \times r^2 / (1.33)^2 \times e^{0.05 \times r} = \frac{(2 \times 10^4)}{\pi}$$

$$r \doteq 50 \sim 28 \text{ m}$$

これより、10³W のこの船の集魚灯で、1 lux の照度は灯直下で水面下 50 m、10 lux の照度は同じく 28 m の深さにあることがわかる。集魚灯が 500W の白熱電球では、光束が $9.6 \times 10^3 lm$ で、これを $\frac{1}{4}$ にしぼると、光度 C は $3 \times 10^3 cd$ になる。この場合、1 lux の照度は、40 m、10 lux は 18 m の深さの所に計算される。7 トン以上の船は集魚灯として 10³W の白熱電球 2 個を点灯している。この場合、二つの電球を一応点光源とみてとり扱ふと、この光源で、灯直下における数 lux (1~10) の照度は次の深さに計算される。

$$(1 \sim 10) \times \frac{r^2}{(1.33)^2} \times e^{0.05 r} = \frac{(2 \times 10^4)}{\pi} \times 2$$

$$r \doteq 58 \sim 35 \text{ m}$$

海には常に風、波があって海面は平滑ではない。したがって、光源から海中へ入射する光の角度は必ずしも一定ではない。一般に光の到達点の深さ、 r の計算値は実際より多少深くなっているものと考えてよい。

(5) 漁法的考察

紀伊水道の4~5月のサバの生息深度はおおむね水面下35~50mである。したがって、この深さのサバ魚群に対し、500Wの白熱電球を点灯して集魚に当たると、前項の計算から集魚灯の火光はサバの生息層にかろうじて到達する程度の光である。10³Wの白熱電球の場合でも、1~10 luxの明るさは50~28mの深さまで、ようやく到達するすぎない。サバが光刺激を受けて、この光になんらかの反応を示し、新しい行動に移るために必要な明るさ、すなわち、10 lux以上の明るさの水域は500Wの集魚灯で水面下18m、10³Wで28m、および2×10³Wで35m以浅の深さの層にすぎない。

以上の点から、当漁場で使用されている集魚灯のうち、サバ魚群に対し効果的に作用していると考えられる集魚灯は2×10³Wの場合に限られていて、10³Wと500Wの光源ではいずれも魚の生息する深さに対してその光力は不足している。特に500Wの集魚灯では魚群が浮上する、ある時期にかぎり集魚効果があるにすぎない。他の時期、すなわち、魚の生息層が深い時期には、この灯火で魚を効果的に集めることは非常にむづかしいと考えてよいであろう。当漁場の漁況は外海から黒潮が強く流入する場合に好漁になり、潮流が内海から強く外洋に流出する場合に一般に不漁になるといふ。このことは次のように説明してよいであろう。瀬戸内海からの潮流が強い場合は当漁場は全面的に濁る傾向がある。このために当漁場の透明度 D の値は小くなる。したがって、光の水中への透過は一般に悪くなる。すなわち、光の消滅係数 μ の値は大きくなる。逆に外海からの潮流が強い時は D の値は大きく（澄澄により） μ の値は小さくなる。同じ漁場で、同じ火力の光源を点灯しても、 μ の値が大きくなるにしたがって光の到達する距離は短くなる。この漁場の漁況が潮流の方向によって左右されるのはこの現象によるものと判断される。当漁場では外海から潮が流入すると水温は上昇するが、瀬戸内海から外洋へ流出する潮流が強い時は水温は下降する、などの傾向がある。前者の場合はサバはよく浮上して灯火に

集まるが、後者の場合はサバは深く沈み、火光に向って浮上することはあまりないという。

当漁場では、漁況は潮流と水温の影響に大きく支配されていると認めてよい。集魚灯の集魚効果の面から述べると、当漁場での集魚灯の光力は幾分小さいことがわかる。

2) イサキ、タイの手釣漁業

火光を利用して海底深くに生息するイサキ *Parapristipoma trilineatum* を手釣り漁することは東京湾をはじめ各地において古くから行なわれてきた。この釣り漁法を用いてタイ *Chrysophrys major* の釣漁業が昭和30年(1956)ごろから九州北西海区で行なわれるようになってきた。これは漁業者の関心を集めている。

(1) 佐賀県下の漁法の概要

佐賀県唐津市周辺において、夜間イサキを釣るのに火光を用いるようになったのは昭和20年(1946)ごろからである。次いで、この操法でタイ釣りを行なうようになった。この釣りは一本釣りと呼ばれる手釣り漁法である。

i) 釣具 釣糸は道糸と枝糸の部分からなり、道糸は麻糸、絹糸などが使われている。道糸の長さは100mぐらいで、これを糸枠に巻き、水深に応じてこれを伸ばして用いる。道糸の先端に撚戻しを付け、それを経て長さ、10~15m、径0.3mmのナイロン糸をはりす糸として結付している。はりす糸の先にイサキ用には、200~400g、タイ釣り用には100~200gの円錐型の鉛を沈子として付けている。はりす糸の部分に枝糸(長さ30~55cm、はりす糸と同じナイロン糸)5~10本を結び付ける。鉛は糸の流れを防ぐためのもので、潮流の強弱によって重さを加減する。餌はイサキ、タイの区別なく活きた赤エビを使用している。

ii) 漁場 この釣りの漁場は長崎県大島の西方海域、および馬渡島西方の海域である。これらの漁場の水深はおおむね50~70mである。この海域の漁期は4~10月の間である。

iii) 灯火 この釣漁に使用する集魚灯は白熱電球で、イサキ用の集魚灯は10³~2×10³Wの電球1個、タイ釣り用の集魚灯は2×10³Wの電球1個をいずれも水上灯として点灯している。これらの

集魚灯で海底近くに生息しているイサキ、タイを水面下 25~35 m まで浮上させ、これらを効果的に釣り上げる趣向の漁法である。光力は県の規定で制限されている。

(2) 志賀の島の釣漁法

福岡県の志賀の島(博多湾内)では、前項の唐津方面からこの漁法を導入してから、イサキ、タイの釣りは次第に火光を利用して夜間に操業するようになった。この漁業の漁具、漁法はおおむね長崎、佐賀の各県のものと同じである。漁場は志賀の島の周辺で、水深は 13~25 m の水域である。すなわち、当漁場の水深は前項の長崎方面に比べて浅く、およそ 1/2 以下になっている。当漁場で、火光を用いて行なう釣りの期間は 5~9 月の間と規定されている。釣りの餌は活きた赤エビである。この漁場のイサキ、タイの魚体は長崎、佐賀方面の魚体に比べ小型で、平均体長は 20 cm である。

漁船の集魚灯の光力は県の規定で 1 隻当り 150 W の白熱灯 1 個を水上灯として許可している。漁業者は電球に笠をかぶせ、光束をおおむね 1/4 ぐらいにしぼり、灯火に指向性をもたせるようにしている。

(3) 火光の効用

i) 唐津方面の集魚灯 この方面の海域の透明度は一般に低く、太平洋海区に比べ濁っている。この海区は海が澄んでいる場合でも透明度は 20 m 位いにすぎない。したがって、当海区の光の消滅係数は、すなわち、 μ の値は 0.08 ぐらいになる。

10³W の白熱灯で、イサキ、タイを釣る場合、これらの魚が火光に何らかの反応を示す低い方の明るさ、すなわち、数 lux (1~10) の構成される集魚灯直下の深さの値は前節の(6)式から $r \approx 38 \sim 23$ m、2×10³W の集魚灯では、 $r \approx 45 \sim 28$ m である。したがって、10³W の集魚灯がイサキ、タイに効果的に作用する火光の限界の深さは 38 m 以浅、2×10³W の集魚灯では水深 45 m 以浅とみてよい。

ii) 志賀の島方面の灯火 この漁場で許されている集魚灯の光力は白熱灯の 150W 以下である。150W の水上灯で、魚に何らかの作用をする低い

方の明るさ、数 (1~10) lux は灯直下において $r \approx 22 \sim 8$ m と計算されている。($\mu = 0.08$)

(4) 漁法的考察

i) 佐賀県下の漁法について

佐賀、長崎方面のように、水深 50~60 m の深さに生息しているイサキ、タイを対象に 10³W の白熱電球を水上灯として点灯した場合、光束を効果的にしぼってみても、この灯の火光は水面下 40 m ぐらいで消滅してしまう。一般に、海面は風浪によって平坦ではない。この場合、灯の火光は水面下 40 m に到達するまでに消失してしまうことになる。したがって、10³W の水上集魚灯は当漁場の魚に対して十分に効果的に働いていないことになる。すなわち、10³W の水上集魚灯の光力は当漁場のイサキ、タイに対しては弱すぎるといえる。10³W の水上集魚灯はわずかに水面下 40 m 以浅に魚が浮上してくるときだけを対象にしているにすぎない。2×10³W の光源でさえも、水深 50 m の海底に生息している魚に対し、効果的な光はほとんど到達していない。たまたま漁場内がよく澄んだ場合に限り、2×10³W の水上集魚灯の光はようやく水面下 50 m の深さに 1 lux ぐらいの明るさが到達する程度である。イサキは II, 1, (5) の実験で述べたように、火光に対して積極的な反応を示す魚種ではない。この漁業において、火光を使用する目的は、イサキ、タイが火光による水中の明るさをうまく利用して餌をさがし、この索餌行動が結果として集魚灯に集まることになる。魚が索餌するのに都合のよい明るさは少なくとも 10 lux 以上の明るさが適当であろう。そうすれば、10³W の水上集魚灯で水面下 20 m、2×10³W の場合で同じく 30 m ぐらいまでイサキ、タイが浮上することが釣獲の前提になる。当漁場で、集魚灯として 2×10³W を点灯した場合、その漁獲量は 10³W を用いた場合に比べ 2 倍以上になるといえる。とくに、タイの漁獲は 10³W 以下の光力ではほとんどないという。

当漁場でイサキ、タイの釣獲はほぼ集魚灯の光力に比例して示される。当地方で、この漁業に用いられている集魚灯の光力はイサキ、タイの生息深度に対して小さいことがわかる。したがって、

この漁場で、釣獲の性能を高くするためには、集魚灯の光力をより強くするか、水中灯の利用を考えるか、などが必要になってくる。

ii) 志賀の島方面の漁法について

当海区の水深は13~25 mである。したがって、150Wの白熱電球を水上集魚灯として点灯すれば一応この漁場のイサキ、タイに対しては集魚効果があるとみてよい。福岡の水産試験場の船が当漁場で150Wの白熱電球2個を点灯して操業したところ、タイの釣獲尾数は同夜、同水域で150Wの光源で操業した他の漁船に比べ3倍以上であったという。2×150Wの白熱電球で、灯直下の1~10 luxの明るさは水面下28~12 mの範囲に計算される。この明るさはイサキ、タイに対し、150Wの電球1箇の場合に比べはるかに有効なことがわかる。

iii) 結び

イサキ、タイの釣漁業に火光を用いる場合、光源の光力は漁場の深さに応じて選ぶ必要がある。また、この場合海の透明度に応じて、すなわち、海が濁った場合は光力を更に強大にする必要がある。上記の唐津、志賀の島のいずれの場合も、この意味から集魚灯の光力は不充分である。上記の漁場ではいずれも光力の大きさが制限されていて、漁業者は光力を大きくすることはできない。しかし、漁法の面から述べれば、光源の光力を概ね2倍の強さにすることでこの漁業の漁獲は一段と多くなるであろう。しかし、イサキに対しては、いたずらに光力を大きくすることは魚を集めるのに逆効果となる。おそらく、タイの場合も既に述べたイサキの水槽実験の場合とおおむね同じであろう。イサキ、タイ釣用の集魚灯の光力は魚が餌を容易に見ることができる程度の明るさで、しかも魚が光に対して逃避現象を示さないくらいの明るさが魚の生息水域に到達することが肝要である。

3) イカ釣漁業

この釣漁業で、おもなる対象魚はスルメイカ (*Ommastrephes sloani pacificus*) である。日本で1953年度、スルメイカの全漁獲量中、89%はこの漁法で漁獲されていた。火光を利用して行なう釣漁業は日本海側の北海道南部から佐渡ヶ島を経て隠岐の島に至る海域、北海道から九州に至る

太平洋の沿海、および、五島、対馬を中心とする九州北西海区で活発に操業されている。この漁業は火光利用の漁法として昔から日本の各地で行なわれてきた代表的なものである。

(1) 漁法の概要

スルメイカの釣り漁は昼夜の別なく操業されてきた。しかし、漁獲量は火光を利用して行なう夜間操業の方が昼間操業に比べてはるかに多くなっている。スルメイカは昼間100 m ぐらいの海底に生息していて夜間に浮上し、イワシ、小アジなどの小魚をねらって索餌行動するという。この漁法の趣向は、イカが夜間に浮上して索餌する性質と、火光に対して積極的に反応を示し、灯火に集まる習性をうまく利用することである。

i) 漁具 この釣漁業は古くから各地で行なわれてきた。そのため、漁具は長い年月の間にいろいろと変化して、その形状も雑多になっている。古くから各地で使われてきた漁具の代表的なものに2又になっている“はねご”天秤方式の“とんぼ”などがある。これらの漁具は漁業者1人で2具を同時に操作できるようにできていた。しかし、この夜間の釣漁業においても、近頃のように集魚灯の光力が急激に大きくなるにしたがい、イカの灯火に集まる範囲もこれにしたがって拡大され、旧来の“はねご”“とんぼ”では充分な成果を収めることが困難になってきた。このため、漁具はこの変化に対応して順々に改変されてきた。その一例を Fig. 49 に示す。この漁具を浅利式、連結式のイカ釣具と呼んでいる。旧来の釣具が単針方式であったのに対して、これらは1具多針の方式となっている。旧来の漁具が手動方式であったのに対してこれらの新しい漁具は動力による操作を採用している。これらの新型の漁具はいずれも単位時間により多くの漁獲を収め、あわせて、より深い層に生息するイカを漁獲する目的で作成されたものである。この漁具は津軽海峡を中心に北海道、青森方面に普及している。

ii) 漁船 イカ釣船は小さいものは4~5 トン、大きいものでは60 トンぐらいのものまである。普通の標準船は10 トン前後のもので、この型の船が主体をなしている。1隻当りの乗組員は5~

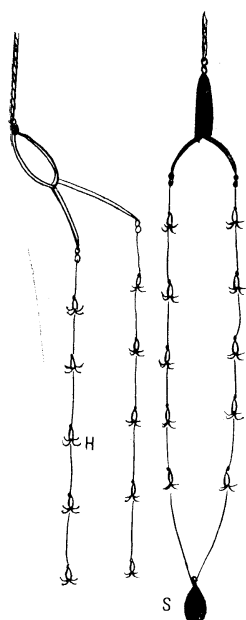


Fig. 49. Hand gear for squid. S means a sinker and H hooks.

30人ぐらいである。船には舷側に突出部を設け、揚縄用のローラがついている。そのほか、発電機、魚群探知機などを設備している。

iii) 漁法 漁船は日没ごろ漁場に到達し、まず船を三角帆または海錨を用いて風に向って立て、各人が両舷、船尾で容易に支障なく操業できるようにじょうずに操船しながら船が風、潮に対して安定するように努める。漁船はエンジンを止め点灯して操業をはじめ。操業は旧来の各人が各自に行なう方法と動力を用いて一船当り4~5具を使用する方法とがある。操業はおおむね終夜にわたって行なわれている。

(2) イカ釣りの灯火

この漁業の歴史は古く、したがって光源はいろいろと変わって今日に至っている。すなわち、かがり火、石油灯、アセチレンガス灯が順々に用いられ、遂に今日のようにすべて電化されるに至った。この漁業の集魚灯は例外なく水上灯である。この漁業の集魚灯の光力は他の火光利用の漁業と同様に次第に大きくなる傾向が強い。現今、この漁業の集魚灯の光力は地方によって、船の大小に準じていろいろで、2~10 KWになっている。集

魚灯の配列は船によってまちまちであるが、一般に主灯で船の全域を照射するようにし、副灯で各釣り人の周辺を照射するように並列に配している。集魚灯は光の天空への拡散を防ぎ、水中への透過をよくするために灯具の上部を笠で深く被っている。

照射された明るい海中で、イカの行動を船上から透視すると次のようであった。イカは水中で赤味をおびた半透明体に見える。イカが上下する釣針に向かって飛びつく場合、釣針の50~100 cmところで一瞬、イカは突進を止め、次の瞬間すばやく釣針に飛びかかる。このとき、イカは釣針を抱くようにする。このように針に掛かったイカは釣糸を緩めないかぎり自分から針をはなれて逃げることはない。一般に、イカは吃水の深い船、集魚灯の光力の大きい船ほどよく集まるといふ。しかし、この場合でもイカは舷側のあまり明るい船、および火光の直射する水域を避けて、この明るい水域の隣に生ずる船体の陰影部などに好んで集まる。イカの集魚の水域を模式的に示すと Fig. 50 のようになる。

イカの火光に対して示す反応行動は先に述べたアジ、サバの対光反応と同じように、光の直射する明るい水域を避けて直射光によって対照的に生ずる薄明るい水域内に比較的によく集まる。この水域の明るさはイカが釣針を容易に認めうる程度のものである。イカ釣船の集魚灯の光力の増大に伴って、これまでの簡単な“はねご”、“とんほ”などの漁具では漁獲が困難になり、その結果、新しい漁具が必要になっている。

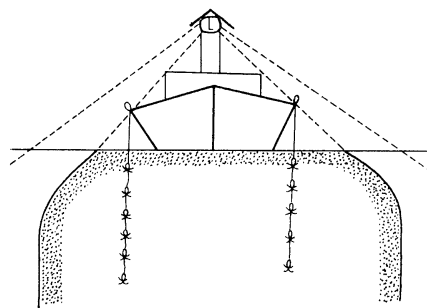


Fig. 50. Diagrammatic view of squid fishing with a lamp. The area circled with dot shows shaded area by the lamp.

すなわち、イカ釣船の集魚灯の研究に当って、イカが最も多く関心を示す明るさ、その明るさと釣具の操作範囲との相互関係を明らかにすることが肝要である。

4) サバのはね釣漁業

(1) 漁業の概要

この漁法は太平洋側で、特に千葉、神奈川、静岡の各県下においてサバの浮上し易い時期をねらって行なう竿釣りの1種である。この漁業は昭和10年(1935)ごろから火光を利用する夜間操業に切換えられた。この漁法はサバの浮上する時期をねらって行なわれる。この漁法による漁獲量は1965年度においてはサバの釣獲量のおおむね75%を占めていた。この漁業の漁船の規模は年々大きくなり、30~80トン級の船がその大半を占めている。1隻当りの乗組員は船の大小によって差があるが、平均して30名ぐらいである。この漁業が本格的に発展したのは第2次大戦以後のことである。この漁業の利点は漁業用の資材が他の漁業に比べて少なくてよいということである。また、漁業の規模に弾力性がある、就業が容易であるということである。この漁業は漁獲の性能が高く、短時間内に大量の釣獲が可能である、などの利点がある。

この漁業は初めのうちは沿岸水域を中心に操業されていたが、近年漁船が大型化されるにしたがい、漁場は次第に沖合に向かって拡大されてきた。すなわち、この漁業は今までの沿岸漁業の色彩から沖合漁業の色彩を帯びるようになった。操業は、あらかじめ定めた漁場に至り、日没と同時に漁船は一斉に集魚灯を点灯する。まず、魚群探知機を用いて魚群を探し、魚群を認知したら船を止め、餌を投下しながら魚の浮上を促す。釣人は魚の深さに応じて釣糸を延ばしながら手釣を開始する。魚群が火光、および餌に誘われて順次、浮上してくると釣人は手釣を止めて一斉に竿釣(跳ね釣り)に移る。釣人は魚を舷側近くに引寄せさせるため、餌をまき続ける。この間、漁労長は常に船が風に向かって立つように船尾の三角帆、および舵を操作する。このように操船すると、船は散布した餌と一緒に潮に乗って流れる。この場合、釣

人は散布した餌を時間的に長く効果的に使うことができる。また風浪の影響を減殺して操業が順調にできる。

この漁業の漁獲は千葉県、神奈川県、静岡県、鹿児島、長崎県の順になっている。この漁法の本質はサバの走光性と索餌本能との両方をうまく利用したものである。

この釣具は簡単なもので、釣竿は0.9~1.8mの竹である。また、釣糸は0.4~0.2mmのナイロン糸で、その長さは釣竿の長さと同様である。釣糸の先端に撚戻しを付け、その先に人造テグス30~40cmをはりす(ちもと)として付ける。この人造テグスは紺色などに染色したものが多く使用されている。釣針は3.6~5cmの角と丸型との2種類が用いられている。この釣具は浮子、沈子を欠いている。針に装着する餌はイワシ、サバの生の切身をたんざく型に切り、皮付のままで使用される。

竿の操作は、まず水面近く魚を舷側まで誘い、次に魚が釣り餌に向かって直進してくる様子を釣人は船上から透視しながら、魚と針との相対距離

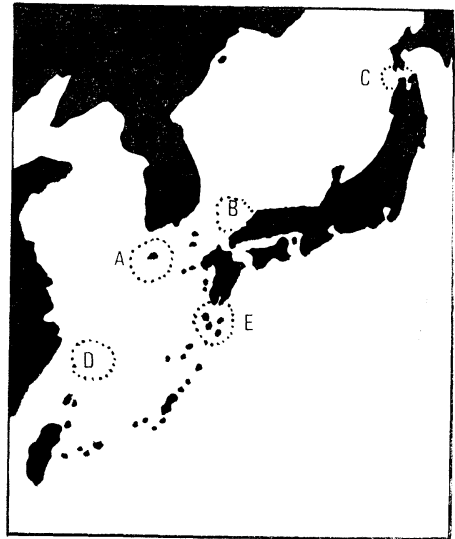


Fig. 51. Mackerel fishing grounds in the Japan Sea and the China Sea.

A: Saishuto ground. B: Off Senzaki ground C: Tsugaru Straits ground. D: China Sea ground. E: Satsunan channel ground

Table 47. Elements and catch of mackerel pole and line fishing at the Saishutō fishing ground.

Month	Water temperature (°C)	Name of boat	Fishing lamp	*Image of fish finder	Number of operation	Number of angler	Catch per one operation (kg)		
							Mean	Min.	Max.
June	20.5~22.5	Enoshima maru	500W×22	thick	6	20	3,067	1,500	6,000
				thin	4	20	930	600	1,600
				non	4	20	95	20	200
July	22.4~28.4	Enoshima maru	500W×22	thick	12	20	3,348	1,200	5,800
				thin	12	20	1,242	0	2,800
				non	0	—	—	—	—
		Shirasagi maru	100W×12	thick	0	12	393	240	800
				thin	6	12	334	180	600
				non	0	12	—	—	—
August	23.8~29.8	Enoshima maru	500W×22	thick	9	20	4,533	1,200	7,200
				thin	11	20	1,340	40	3,600
				non	2	20	60	0	120
		Maizuru maru	200W×18	thick	4	15	318	130	570
				thin	0	—	—	—	—
				non	1	15	0	0	0
September	23.4~27.8	Enoshima maru	500W×22	thick	21	20	3,745	1,600	5,600
				thin	1	20	1,600	—	—
				non	0	—	—	—	—
		Maizuru maru	200W×18	thick	2	15	950	—	—
				thin	1	15	760	—	—
				non	0	—	—	—	—
		Shyoyo maru	60W×12	thick	0	—	—	—	—
				thin	1	0	0	0	0
				non	0	—	—	—	—
October	23.2~25.4	Enoshima maru	500W×22	thick	0	—	—	—	—
				thin	11	20	1,380	80	3,600
				non	2	20	110	20	200

* Density of fish school estimates from the thickness of the recorded image of fish finders, and the images are divided into three stages of density, here; thick, thin and non.

が5~3cmになった瞬間に魚を針に合わせる。すなわち、この釣は魚の突進力を巧みに利用しながら魚を船上に跳ね入れる趣向のものである。この一連の動作から跳ね釣りの名称が生まれた。この釣は漁況によって1人1時間あたりの漁獲は400~500kgにも達する能率の高い漁法である。

(2) 跳ね釣りと火光との関係

この漁法の成果は火光によって大きく左右され

る。そこで、この漁法と火光との関係を次のようにして調べた。

1951~1955年にわたる各県の水産試験場の調査船のサバ跳ね釣り操業記録を調べ、その内の(A) 濟州島近海の漁場、(B) 山口県仙崎沖合の漁場、(C) 津軽海峡付近の漁場、(D) 東支那海の漁場、(E) 薩南海区の漁場などについて各々の漁況からサバの釣獲量と火光との関係を比

較検討した。上記の漁場は Fig. 51 に示す。

(A) 済州島近海の漁場 この漁場で操業した各調査船の記録から Table 47 を作成した。この表からわかるように江の島丸は魚群探知機の魚の記録が濃い場合は記録の淡い場合に比べ、漁獲量はほぼ3倍になっている。このときの江の島丸の集魚灯は500W×12であった。舞鶴丸の魚探記録は魚の影像の濃淡が明確に示されていなかった。このときの集魚灯は200W×18であった。白さぎ丸の集魚灯は100W×12, 照洋丸の集魚灯は60W×12であった。白さぎ丸, 照洋丸の集魚灯は江の島丸, 舞鶴丸に比べ著しく弱くなっていた。白さぎ丸, 照洋丸の漁獲量が他の船に比べて劣るのは、この両船の集魚灯の光力が著しく弱いため漁場でサバを集めることが困難であったと考えられる。

江の島丸の記録から、魚探の記録が濃く、しか

Table 48. Seasonal variation of the occurrence of thick recorded images by the fish finder of the Enoshima maru. These images were assumed as mackerel.

Month	Recorded image of fish finder		B/A (%)
	Total (A)	Thick image (B)	
June	14	6	43
July	25	12	48
August	22	9	41
September	22	21	96
October	13	0	0
Total	96	48	50

も漁獲の多かった場合の季節的な変化を調べると Table 48 に示すようになる。この表からわかる

Table 49. Elements and catch of mackerel pole and line fishing at the Senzaki fishing ground.

Month	Water temperature (°C)	Name of boat	Fishing lamp	Image of fish finder	Number of operation	Catch per one operation (kg)		
						Mean	Min.	Max.
May	18.2~20.1	Nisshin maru	200W×4	with*	0	—	—	—
				non	1	12	—	—
		Omijima maru	200W×7	with	4	15	20	12
June	18.3~22.6	Nisshin maru	200W×4	with	6	137	420	44
				non	17	81	400	0
		Omijima maru	200W×7	with	14	121	920	0
July	21.4~27.8	Nisshin maru	200W×4	with	16	95	250	8
				non	5	102	280	12
		Omijima maru	200W×7	with	11	135	350	0
August	25.3~28.6	Nisshin maru	200W×4	with	9	132	320	9
				non	3	61	120	8
		September	24.2~26.7	Nisshin maru	200W×4	with	11	36
October	20.5~24.4	Nisshin maru	200W×4	with	2	2	2	0
				non	0	0	—	—
		Omijima maru	200W×7	with	2	250	300	200
				non	0	—	—	—

* "With" means the recorded image of fish-finder.

ように、魚探に濃い魚の記録が出る割合は通年では 50% であるが、9月に極大値の 96%、10月に極小値の 0 がでている。したがって、当海区では 10 月以降のサバの浮上は減少して跳ね釣りの漁期は終ることがわかる。操業 1 回当りの漁獲量は舞鶴丸は江の島丸の 61%、そのときの集魚灯の光力は舞鶴丸は江の島丸の 32.7% にすぎなかった。すなわち、集魚灯の光力が 500W×12 から 200W×18 のように 1/3 以下に減少すると操業 1 回当りの漁獲量はおよそ 1/6 に減少していた。集魚灯の光力が弱い白さぎ丸 (100W×12)、照洋丸 (60W×12) の場合は当海区において魚を十分に集めることはきわめて困難のようである。したがって、この両船の漁獲は他の船に比べ少なかったものと考えられる。当海区のサバの生息深度は全漁期を通して水面下 50~80 m で、季節的に若干の変化がみられるが、普通 60 m ぐらいが当海区のサバの標準の深さであった。

(B) 仙崎沖合の漁場

この海区に操業した各船の記録によって Table 49 を作成した。この表から、5~6 月の表面水温が 23°C 以下の場合には日新丸 (集魚灯は 200W×4) の集魚効果は青海島丸 (集魚灯は 200W×7) に比べ、Table 49 および Fig. 52 に示されるようになりかなり小さくなっている。しかし、9~10 月、当海区の水温が次第に下降しはじめる時期には日

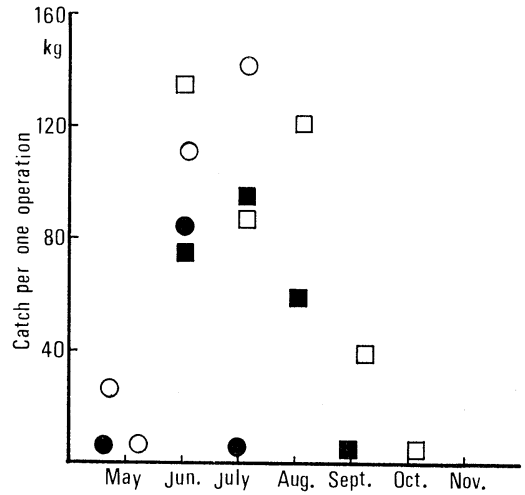


Fig. 52. Comparison of the catch between the operations with the aid of a fish finder (shown with marks of ○ and □) and with no aid of it (shown with marks of ● and ■) in the fishings of the Omijima-maru (with circle) and the Nisshin-maru (with square).

新丸の集魚灯でも集魚効果はある程度認められている。このことは、この期間に漁場の水温の低下によってサバの生息層がいくらか浅くなるためと考えられる。魚群探知機による魚の記録反応と操業回数との関係を月別に調べると Table 50 のように示される。一般に当海区のサバは 5~8 月の

Table 50. Frequency of the fishing by the aid of fish finders in the operations of two mackerel pole and line fishing boats.

Name of boat	Nisshin maru			Omijima maru		
	Number of operation in all (A)	Number of operation by the aid of fish finder (B)	B/A(%)	A	B	B/A(%)
May	1	0	0	4	4	100
June	23	6	26	20	14	70
July	21	19	76	20	11	55
August	13	9	69	—	—	—
September	11	11	100	—	—	—
October	2	2	100	2	2	100
Mean			62			80

Table 51. Elements and catch of mackerel pole and line fishing at the Tsugaru Straits fishing ground.

Month	Water temperature (°C)	Name of boat	Fishing lamp	Image of fish finder	Number of operation	Number of angler	Catch per one operation (kg)		
							Mean	Min.	Max.
August	20.6~22.0	Enoshima maru	500W×22	with*	3	22	3,333	1,200	6,000
				non	0	—	—	—	—
		Oyashio maru	200W×7	thick	2	10	940	610	1,270
				thin	1	10	259	—	—
				non	0	—	—	—	—
September	19.8~22.6	Enoshima maru	500W×22	with	14	22	1,569	400	5,400
				non	3	22	573	200	800
		Oyashio maru	200W×7	thick	5	10	771	0	1,310
				thin	5	10	158	0	430
				non	0	—	—	—	—
October	15.4~19.2	Enoshima maru	500W×22	with	3	22	1,013	440	1,400
				non	0	—	—	—	—
		Oyashio maru	200W×22	thick	1	10	1,140	—	—
				thin	4	10	240	111	430
				non	0	—	—	—	—

* "With" means the recorded image of fish-finder.

間、よく火光に集まる。しかし、この期間においても集魚灯の光力の差によって集魚効果にも相違が認められていた。すなわち、集魚灯の光力の大きい青海島丸では魚探記録の反応に基づく操業は81%を占めていたのに対して、日新丸では62%にすぎなかった。操業1回当りの平均漁獲量とまき餌の量との関係は日新丸で漁獲量99kgに対し投下した餌の量は55kgに達していた。これに比べ、青海島丸は漁獲量115kgに対し使用した餌の量は58kgであった。このことは、日新丸は操業に当って集魚灯の光力の不足をまき餌の量で補っていたと考えてよいであろう。当海区の操業では、全漁期を通じて日新丸の集魚灯(200W×4)より青海島丸の集魚灯(200W×7)の方がサバに対する集魚効果はすぐれていることがわかる。しかし、9~10月以降において、すなわち当海区の終漁期に当っては両船の光力差による漁獲への影響は次第になくなっていった。当海区の終漁期には水温が下降し、サバの深度はこれに比例して浅くなっている。

(C) 津軽海峡付近の漁場

当漁場で操業した江の島丸(集魚灯, 500W×22)と親潮丸(集魚灯, 200W×7)の操業記録をTable 51に示す。

両船の操業の状態を調べると、江の島丸では、魚群探知機に反応が現われた時の漁獲回数と操業回数との比は26:29であって、反応がない場合は原則として操業していなかった。ただ、江の島丸は9月中に3回だけ魚探の反応がないまま操業していくらかの漁獲を収めていた。親潮丸の操業は江の島丸と同様にあらかじめ魚探の反応によって実施していた。親潮丸は魚探に反応が出た場合はその操業において必ずいくらかの漁獲を収めていた。

当海区のサバの生息層は他の海区に比べて浅くなっている。そのため、親潮丸の集魚灯の光力(200W×7)でもサバ魚群に対して効果的に働いていたと考えられる。操業1回当りの漁獲量は魚探反応の有無による変化が判然としていた。すなわち、江の島丸は反応があった場合はなかった場合に比べ漁獲量は3倍近くに示されていた。親潮丸は反応の濃淡の割合が8:10で示されていた。この場合、操業1回平均の漁獲量はおおむね4:

Table 52. Elements and catch of mackerel pole and line fishing in the East China sea.

Month	Water temperature (°C)	Name of boat	Fishing lamp	Image of fish finder	Number of operation	Number of angler	Catch per one operation (kg)		
							Mean	Min.	Max.
September	24~25	Shyoyo moru	60W×12	thick	0	—	—	—	—
				thin	1	20	0	—	—
				non	6	23	21	16	28
October	21~21.8	Shyoyo maru	60W×12	thick	3	20	2,167	1,800	2,400
				thin	0	—	—	—	—
				non	1	23	23	—	—
November	19.5~20.1	Shyoyo maru	60W×12	thick	1	20	3,200	—	—
				thin	4	23	1,250	400	2,000
				non	0	—	—	—	—

1 で示された。江の島丸と親潮丸との集魚灯の光力比は、8:1、両船の操業1回当たりの漁獲量の比は3:1、になっていた。当海区では、漁期が8月以降から終末に近づくにしたがい、両船相互の間で集魚灯の光力差による漁獲量の差はほとんど認められなくなる。なお、当漁場のサバの生息層は水面下15~40mの深さに魚探で記録されていた。

(D) 東支那海の漁場

この漁場水域は北緯27~29度、東経123~125度の範囲を指す。この海区で操業した照洋丸の日記からTable 52を作成した。このときの照洋丸の集魚灯は60W×12であった。この船の操業で、9月中に漁獲があったのは魚探に反応が認められない場合で、反応が出ても必ず漁獲があるとは限らなかった。しかし、10~11月になると、魚探に反応が出た場合の操業は必ず漁獲をみている。10~11月中の操業において、濃い魚群反応が出ていた4回の操業で、1回平均の漁獲量は2.43×10³kg、薄い反応が出ていた4回の操業で1回平均の漁獲量は1.25×10³kgでほぼ前者の1/2に当たっていた。魚探反応がなかったときの操業では、その1回平均の漁獲量は80kg、すなわち、濃い反応が出た場合の漁獲量のわずか4%にすぎなかった。当水域の漁期は10月ごろ、水温が20°Cぐらいまで低下してからはじまるようである。

(E) 薩南海区の漁場

当海区のサバは島および魚礁を中心に分布する

魚群と沖合に広く分布生息する群との二つの型がある。この海区に操業した各県の試験船の操業記録をTable 53に示す。すなわち、兵庫丸(集魚灯, 100W×8)、白さぎ丸(集魚灯, 100W×12)、おおとり丸(集魚灯, 100W×2+60W×9)、および江の島丸(集魚灯, 500W×22)の操業日誌について調べた。当海区における各船の操業で、魚群探知機の反応を認めてからの操業は33回、反応を認めないままの操業は5回あった。反応を認めた場合の操業と認めない場合の操業との1回当たりの漁獲量の比はおおむね2:1になっていた。各船の操業1回あたりの漁獲量は5~6月が最高であった。本海区で集魚灯の光力が10³Wから10⁴Wのように大きくなると、これにしたがい漁獲量は必ず増加するという事はなかった。

(3) 火光の効果

前項の各漁場において操業した各船の集魚灯について、集魚灯の物理的な明るさと、これに対する魚群との相互関係を調べた。

(A) 済州島近海の漁場

この漁場におけるサバの生息層は6~10月の期間、魚群探知機の記録から判定すれば60mより浅い。6~10月の間、当海区の透明度はおおむね20mぐらいである。したがって、この海区における光の消滅係数、μの値は $\frac{1.7}{D}=0.08$ ぐらいである。そこで、I. (3)に示す6式、すなわち

$$I_{e \rightarrow 0} \times \frac{r^2}{(1.33)^2} \times e^{\mu r} = C$$

Table 53. Elements and catch of mackerel pole and line-fishing at the Satsunan fishing ground.

Month	Water temperature (°C)	Name of boat	Fishing lamp	Image of fish finder	Number of operation	Number of angler	Catch per one operation (kg)		
							Mean	Min.	Max.
March	21.3~21.6	Hyogo maru	100W×8	thin	3	20	263	121	520
				non	2	20	28	0	56
April	22.9~23.8	Hyogo maru	100W×8	with non	2 0	20 —	344 —	72 —	615 —
May	20.0~22.8	Shirasagi maru	100W×12	thick thin	1 1	8 8	1,100 1,888	— —	— —
		Enoshima maru	500W×22	with non	7 0	21 —	1,903 —	120 —	4,000 —
June	22.7~26.0	Shirasagi maru	100W×12	thick thin	4 8	15 15	1,373 42	562 —	2,650 —
		Otori maru	60W×9 + 100W×2	thick thin	3 4	16 16	2,635 2,300	106 —	4,200 —
		Hyogo maru	60W×2	thick thin	1 2	20 20	500 180	— 0	— 360

上式を用いて、水面下 60 m の深さに生息しているサバ魚群に対して数 lux(1~10) の明るさを感知させるための水上灯の光度を計算すると次のようになる。 $I_{\varphi=0}=1\sim 10$ lux. $r=60$ m. $\mu=0.08$

$$(1\sim 10) \times \frac{60^2}{(1.33)^2} \times e^{0.08 \times 60} = C$$

$$C = 24.7 \times 10^{4-5} \quad (cd)$$

白熱電球の 500W の光束 (9600 lm) を笠で $\frac{1}{4}$ にしぼると単位立体角内の光度、C の値は 3.06×10^3 であるから、

$$(2.47 \times 10^{4-5}) \div (3.06 \times 10^3) \div 8 \sim 80$$

すなわち、500W の白熱電球を水上点光源として点灯した場合水面下 60 m のところで 1~10 lux の明るさを維持するためには、500W の白熱電球 8~80 個以上を点光源として $\frac{1}{4}$ 以上に光束をしぼって点灯せねばならない。しかるに、江の島丸の集魚灯は 500W の白熱電球 11 個を片舷に 1 m ごとに配置し、計 22 灯を点灯していた。仮に、この船の集魚灯 (22 灯) を点光源と考え場合の単位立体角内の光度は

$$(3.06 \times 10^3) \times 22 = 6.7 \times 10^4 \quad (cd)$$

にすぎない。この光源で 1~10 lux の明るさは灯

直下において、 $r=55\sim 35$ m である。したがって、江の島丸の集魚灯で 1 lux の照度は水面下 55 m, 10 lux の明るさは水面下 35 m よりはるかに浅いところにある。この点からみて、60 m の深さに生息しているサバ魚群に対し、江の島丸の集魚灯の光力は不足していたといえる。舞鶴丸の集魚灯 (200W×18) を点光源として、光束を $\frac{1}{4}$ にしぼった場合の C の値は 11.4×10^2 cd である。したがって、この漁場において操業した江の島丸を含めて、各船の集魚灯の光力は魚群に対してあまり効果的でなかったことがわかる。そのため、当漁場では充分な集魚効果が各船とも収められなかったものと考えられる。

(B) 仙崎沖合の漁場

当海区で 5~10 月の漁期中、サバの生息深度は魚群探知機の記録によると 35~40 m であった。当海区の透明度は済州島近海漁場とほぼ同じである。それで一応、光の消滅係数の値を 0.08 とすると当海区で水面下 35 m に生息しているサバ魚群がその点で数 (1~10) lux の明るさを感知するために必要な水上光源の単位立体角当りの光度 C の値は $11.3 \times 10^3 \sim 11.3 \times 10^4$ cd が必要になる。

500Wの白熱電球を笠で光束を $\frac{1}{4}$ にしぼったときの C の値は $3.06 \times 10^3 \text{ cd}$ なので、水面下35mの所が1~10 luxであるためには500Wの電球4~40個が必要になる。青海島丸の集魚灯は200W \times 7であるから、一応これを点光源とみて、光束を $\frac{1}{4}$ にしぼった場合の C の値は $(11.4 \times 10^3) \times 7 \text{ cd}$ である。この灯の直下で1~10 luxの明るさの水域は、すなわち r の値は40~24mの深さに計算される。このことから、青海島丸の集魚灯は当海区のサバ魚群に対して一応その集魚効果があったことがわかる。同様に、日新丸の集魚灯は200W \times 4であるから、この光束を $\frac{1}{4}$ にしぼった場合は、光源直下で1~10 luxの照度は35~20mの深さに計算される。したがって、当海区で操業した両船の集魚灯の集魚効果は日新丸は青海島丸に劣るが、魚群に対してはある程度の集魚効果があったものと考えられる。魚の生息層が浅くなった場合、両船の集魚効果が均一化することもこれから充分に了解することができる。

(C) 津軽海峡の漁場

8~11月、当海区のサバの生息層は他の漁場に比べ最も浅く、魚群探知機の記録によると水面下20mぐらいである。また、当海区の8~11月の透明度は17mぐらいで、この場合の光の消滅係数は0.1になる。水面下20mの深さのところは1~10 luxの明るさになるための水上光源の単位立体角当りの光度 C の値は $16.7 \times 10^3 \text{ cd}$ に計算される。500Wの白熱電球の光束を $\frac{1}{4}$ にしぼった場合の単位立体角内の光度 C の値は $3.06 \times 10^3 \text{ cd}$ であるから、この場合、500Wの電球1個で当海区において必要とする光度のおよそ2倍の明るさになる。江の島丸の集魚灯は500W \times 22であるから、仮にこれを点光源とみた場合は、20mの深さの水域の明るさは40 luxとなる。実際には、500Wの各電球は江の島丸の場合は22個を両舷に1mごとに配列して点灯するので40 luxよりいくらか暗くなる。しかし、この明るさは10 luxより明るいことは確かである。したがって、江の島丸の集魚灯は当海区の魚群に対して一応過大光力になっていたと判定される。しかし、この過大

光力による漁獲量の減少は格別に認められなかった。親潮丸の集魚灯は200W \times 7であるが、これを点光源とみて計算したとき(光束を $\frac{1}{4}$ にしぼる)、光源直下において1~10 luxの明るさの水域は水面下40~24mの深さのところになる。したがって、親潮丸の集魚灯でも本海区の魚群に対して、その集魚効果は一応充分にあったと認められる。

(D) 東支那海漁場

当水域の9~11月のサバの生息深度は魚群探知機の記録によると65mぐらいである。なお、当水域のこの期間の透明度は15~18mぐらいなので、光の消滅係数 μ の値を0.1にとると、当水域で光源直下で、1~10 luxの明るさが水面下65mに到達するためには、水上点光源の単位立体角の光度 C の値は $1.59 \times 10^5 \text{ cd}$ と計算される。この値は 10^3 W の白熱電球の光束を $\frac{1}{4}$ 笠でにしぼっても(1KWの電球の光束を $\frac{1}{4}$ にしぼると、 C の値は $6.2 \times 10^3 \text{ cd}$)点光源として一応25個以上の電球を必要とする。したがって、当海区でこの期間に操業する漁船の集魚灯の光力は前記の各漁場の場合に比べてはるかに強力なものにする必要がある。当海区で操業した照洋丸(集魚灯、60W \times 12)の漁獲が少なかったのは集魚灯の光力が当海区で必要とする光力に比べあまりに小さかったことによるとみてよい。

(E) 薩南海区の漁場

当海区の漁場は前記の各漁場に比べ、いろいろと複雑になっている。すなわち、魚礁を中心に100m以浅の漁場で操業する船と、沖合の水深200m以深の水域で操業する船とがある。魚礁付近の漁場に出現するサバ魚群の深度はおおよそ水面下20~30mである。沖合漁場の魚群の生息層は水面下40~50mである。この海区の透明度は高くおおよそ35mぐらいである。したがって、光の消滅係数 μ の値はおおよそ0.05ぐらいである。魚礁を中心に操業する場合、水深20mの水域が数(1~10) luxの明るさになるための水上点光源の単位立体角内の光度は $6.14 \times 10^2 \text{ cd}$ であることが必要である。沖合操業の場合は、水面下40mの水域を数(1~10) luxの明るさにするために必

要な水上点光源の単位立体角内の光度 C の値は $6.68 \times 10^3 \sim 4 \text{ cd}$ である。

兵庫丸、白さぎ丸の集魚灯は各々100W×8であった。この集魚灯を仮に点光源とみて、この光束を笠で $\frac{1}{4}$ にしぼった場合の光源の単位立体角内の光度 C の値は $4.33 \times 10^3 \text{ cd}$ にすぎない。したがって、この集魚灯では魚礁付近の浅い魚群に対する集魚効果は一応認められるが、沖合の深い魚群に対してはこの集魚灯は必要光度の65%にすぎない。そのため、両船の集魚灯の光力では沖合魚場の魚群に対して、十分な集魚効果は期待できなかったものと判定される。これに反して、江の島丸(集魚灯, 500W×22)の集魚灯は沖合魚場の群に対しても十分に集魚の成果があったものと考えられる。

(4) 漁法的考察

上記の調査各漁場内のサバ魚群の組成はおおむね次のようである。(A) 済州島近海の漁場ではゴマサバ82%, ホンサバ18%の割合で漁獲がある。(B) 仙崎沖合の漁場では、漁獲はゴマサバ50%, ホンサバ50%と相半している。(C) 津軽海峡付近の漁場では、ホンサバだけが漁獲され、ゴマサバの漁獲はほとんどなかった。(D) 東支那海の漁場では、ゴマサバだけが漁獲され、ホンサバの漁獲はほとんどなかった。(E) 薩南海区ではゴマサバは漁獲の90%を占め、ホンサバは10%の割合で漁獲されていた。

ゴマサバとホンサバとの火光反応の相違は明らかでない。サバの跳ね釣りを効果的に行なうためにはあらかじめ漁場で、まず魚群の存否を魚群探知機で確かめ、次いで集魚灯の光力と魚の深度との関係を考えながら点灯、集魚に当ることが肝要である。

済州島近海、東支那海の漁場ではサバの生息する深度は大きく、そのうえ、海の透明度は著しく低くなっている。したがって、これらの漁場で操業する船は集魚灯の光力を他の漁場で操業する場合に比べ一段と大きくする必要がある。仙崎沖合の漁場では、一般に魚群の生息深度は前述の漁場の場合に比べて浅く、しかも海はいくらか清澄である。したがって、当海区に操業する船の集魚灯

の光力は前記の漁場に操業する船に比べ小さくてもよいことになる。津軽海峡付近の漁場は透明度が仙崎沖合より更に低くなっている。しかし、当漁場の魚群の生息層は親潮潜流などの影響から他のいずれの漁場よりも浅くなっている。したがって、当海区に操業する船の集魚灯の光力は意外に小さくても一応十分な集魚効果があることがわかる。

薩南海区の漁場では、魚礁を中心に操業する船の集魚灯の光力は沖合漁場に操業する船の集魚灯に比べ、光力はその $\frac{4}{7}$ ぐらいいもよいことになる。これまで述べた各漁場の操業でわかるように、この漁法は漁場の透明度、および魚群の深度に照応して集魚灯の光力を吟味することが大切である。集魚灯の集魚効果は魚群の深度、海の清澄の度合および海面の状態によって大きく左右される。したがって、操業に当ってはまず魚群の深度を確かめ、海の濁りの度合を調べることが大切である。次いで、これらの資料に対応して集魚灯の光力を決め、同時に各集魚灯の配光を念頭において光束のしぼりの程度および配置を適切にすることが肝要である。このほかに光に関連するものとして、漁業においては魚の灯付の良否の現象および餌付の良否の問題も漁獲の要素として充分吟味されなければならない。更に、水中の明るさに対する魚の安定度についても注意する必要がある。すなわち、魚に対する火光刺激の過大、または過小による魚の不安定な行動を予防するための適正な光力の決定は重要なことである。この漁業においては、光源の種類、その使用の方法、漁場の各種の条件などに対応する魚の生理、生態などを総合的に考慮判断しながら集魚灯の各種要素を効果的に決めることが必要である。

2. 火光利用の網漁業

1) 火光利用の網漁業の種類

火光を利用して行なう網漁業は主としてイワシ類、サバ類、アジ類を対象にしている。網漁具のおもなものは各種の敷網類、まき網類および張網類などがある。これらの漁業に用いられる光源は水上灯、水中灯の両方がある。漁場、魚類および漁法によっていずれかを選び、ときには両者を

併用することもある。これらの光源は 1935 年以降、ほとんどが電化されている。

火光利用の網漁業はおもに次の各地で操業されている。すなわち、九州沿海、四国の西部から北部に至る海区、太平洋に面した本土沿海、および日本海沿海の北陸以西の海区において盛んである。しかし、これらの海区内においても、火光利用の漁業は県によって行政的に禁止されているところも少なくない。

(1) むい切網漁業

むい切網 Lampara-net はイワシを漁する漁具として古くから使用されてきたもので、漁具の型は敷網とまき網の性能を兼ね備えたものである。

長崎県下の、むい切網を例示すると、漁船は網船 2 隻、引船 2 隻、および灯船 2 隻をもって 1 箇統の網が編成されている。各灯船の集魚灯はすべて水上灯である。この漁業において、灯船 1 隻の集魚灯の光力は 1 KW 以下に規定されている。漁獲物はイワシ、アジなどがおもなものである。本漁業の漁法、漁具の概要を Fig. 53 に示す。

(2) 八田網漁業

鹿児島県山川港の八田網について述べる。この網 1 箇統の漁船の編成は大船 (4 トン)、下船 (大船と同じ大きさ) の各 1 隻、平船 (1.5 トン) 2 隻、および灯船 (1 トン) 2 隻から成っている。このほかに魚探兼用の運搬船 1 隻が配置されている。網 1 箇統の作業員は 35~40 名である。漁期は

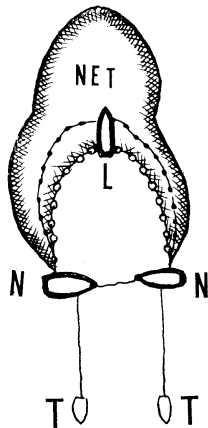


Fig. 53. Operating view of Nuikiri-Ami, which is very similar to lampara-net. L means a lighting boat, N net boats and T tug boats.

2~5 月と 7~12 月との 2 期に分かれている。夏網 (7~12 月) の漁場は水深 25~30 m、冬網 (2~5 月) は水深 50~60 m の水域を漁場としている。集魚灯の光力は県の規定によって、夏網の場合は水中灯 200W 以下、冬網の場合は 2 KW 以下の水中灯に制限されている。この漁業の漁獲物はイワシ、アジの類である。この漁獲物の内、カタクチイワシ、アジは中層を遊泳するがウルメイワシは海底に沿って泳いでいるという。

熊本県牛深港の八田網は灯船の光力は 3 KW に制限され、しかも集魚灯は水上灯だけに規定されている。この漁業の漁獲物はマイワシ、ウルメイワシ、サバ、ムロアジなどである。この網の操業に当って、潮流が速い場合は魚の灯付は悪くなるという。この網の操業の概要を Fig. 54 に示す。

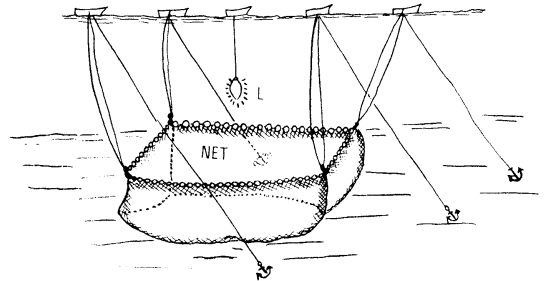


Fig. 54. Diagrammatic view of Hachidaami, one kind of lift net. L means an underwater lamp.

(3) 八そう張網漁業

石川県西海町の八そう張網の火光の利用法について述べる。この網 1 箇統の漁船の編成は網船 (9~10 トン) 1 隻、揚網船 8 隻、灯船 6 隻となっている。灯船は指揮船 (2 KW×4) 1 隻と誘導船 (2 KW×2) 5 隻に区分され、灯火はすべて水中灯である。各灯船は各々魚群探知機を備えている。

この漁業において、網 1 箇統の昭和 35 年度の漁獲高は 1.7×10^8 トンに達していた。その内訳は、アジ類が 42%、サバが 16%、イワシ類が 30%、ブリ (方言、フクラギ) が 5.8%、タイ類が 1.8%、ほかにメジ、タチウオなどが 4.4% になっていた。

この網の直径は 46 m で、操業は錨を用いて網

を海底に接着させる方法と網を中層に浮上させて行なう方法とがある。この網でブリ、タイなどが漁獲されることは注目すべきことである。この漁場では、ブリの遊泳層は水面下 50~60 m の水域である。この水域のブリの魚群を火光で水面下 20~35 m ぐらいまで浮上させ、じょうずに散逸させないようにして網の上まで誘導し、漁獲することがこの漁業の趣向である。この漁業において、火光にブリが集まってくると、それまで火光に集

まっていたイワシ類は追われて沈降することが魚群探知機に判然と記録されていた。揚網に当たって漁業者はまず集魚灯の電圧を 120V から次第に低下させて 50V ぐらいまで減圧する。これによって、水中灯の明るさを暗くし、魚の広い分散を集約するようになる。また、漁業者はこの間において次第に水中灯を順次に水面近くまで引き揚げながら魚群の浮上、集中を計る。漁業者は最後に水中灯をすべて水上灯に切替えている。

沿岸における安定海水泡沫の生成と飛散*

阿部 友三郎** 福地 直樹**

Production of the Stable Sea Foam and its Transport at a Seashore

Tomosaburo ABE and Naoki FUKUCHI

Abstract: For past ten years, one of the authors (ABE) has made a study on the formation and the various physical properties of the extraordinary stable sea foam produced along the Fukura shoreline, Yamagata Prefecture, during the season of prevailing westerly winds. Then he obtained the following results: The examination of the liquid which was obtained when the stable sea foam had decayed showed that it contained enormous amounts of coastal phytoplankton and small fragments of sea weed. Apparently these substances were surface active materials which caused the production of the stable foam when the water was in foaming states at the shoreline.

In this paper, the following articles are mainly investigated and discussed. The data of three years *i. e.* 1965, '66 and '67 are treated as a tentative analysis.

1. *The feature of the production and transport of the stable sea foam.* The grades of the transport are divided into 3 groups for convenience' sake, that is, Large scale, Medium scale and Small scale transport. Their probabilities of occurrences, and seasonal changes of them are discussed (2, A).

2. *The size distribution of transported foam masses in an atmosphere.* Data are obtained with a still and movie camera. The foam size is indicated by diameter of sphere whose volume is equal to that of an amorphous shape of foam masses. The range of the size is from several cm in diameter up to 22 cm, and the mode of it is 6 cm, the amount of transport of the foam masses by wind will invariably occur at velocities greater than 7~8 m/s. It will be considered that the feature of the transport depends not only on the air temperature, the wind velocity, its change, *i. e.* the wind structure, but the physical properties of the liquid of membrane of a bubble (2, B).

3. *The wind and the production of stable foam.* In the case of the production, there are two types of wind structure, α and β respectively (3).

4. *The production of the foam and the disturbance of water masses near the shore.* Previously ABE has introduced a certain physical index "Foaming Factor" ($h_0\tau$), where h_0 and τ are the initial height of foam layer and the half life respectively, in order to evaluate the degree of a production of whitecaps on waves. Subsequently the Factor is also valid in analysis of underwater foam conditions, and there are some possibilities indicating movements of sea water masses containing more or less surface active materials. It is analysed fairly good by the Factor that amounts of surface active materials are gradually increased in the sea by wind and wave actions, and at last stable foam appears there (4).

1. 緒 言

これまで著者の1人阿部により季節風卓越時に

発生する異常に安定な海水泡沫について現場と実験室における観察、観測と実験によって、この安定化の主な要因、泡沫体の示す物理的諸性質、これによる災害等の概要が判明した¹⁾²⁾。

かような安定海水泡沫は季節風卓越時に限らず、台風来襲時にも大規模に発生飛散して、各種の災害を直接間接に起こしている。われわれは約

* 1968年7月1日受理

** 東京理科大学理学部物理学教室 Department of physics, Faculty of Science, Science University of Tokyo

10年来、山形県飽海郡遊佐町吹浦湯の田海岸をモデル観測地点として選び、この泡沫につき、各種の調査研究を行ない、泡沫体の物性とこれによる災害防止の基礎資料を目下蓄積中である。

本報告では上記泡沫発生規模程度、およびその季節的消長、発生の Probability、災害発生に深い関係のある沿岸に蓄積された泡沫体からいかなる様相で泡沫塊が引きち切れ、大気中に飛散されるか、これと沿岸の風や波浪との関係等につき得られた結果の概要を述べる。特に波浪等との関係については、阿部が以前海水の泡立ちの良否、その程度を予想する目的で初めて導入した物理量 Foaming Factor (以後略して F.F.)³⁾⁴⁾ を利用して予備的解析を行なって興味ある結果を得たのであわせて報告する。利用した資料は 1965 年から

'67 年までの3か年間の季節風卓越時に観測したものであり、統計資料については湯の田駐在警察官會田章氏による目視観測の貴重な資料を利用して頂き、泡沫飛散状況の一般的特徴を考察した。

2. 安定海水泡沫の飛散

まず、安定海水泡沫発生飛散の消長が季節時どのようなものであるかを調べてみる。発生飛散回数とその規模程度を示せば Table 1. のとおりである。ここで、小規模飛散 Small Scale Transport (略して S, 他の場合もこれにならう) とは海岸から駐在所付近まで風により泡沫塊 (大きさは問題にせず) が輸送された場合であり、中規模飛散 Medium Scale Transport とは国道まで輸送された場合であり、大規模飛散 Large Scale Transport とは鉄

Table 1. Transport of stable foam masses of sea water, its frequency and grade (Fukura).

Month	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Day	'65'66'67	'65'66'67	'65'66'67	'65'66'67	'65'66'67	'65'66'67	'65'66'67	'65'66'67
1				L	M S	S S	L	
2				S	L	M M	L	S
3				S	S	S	S	S
4				S	L	M		
5					M M	L		
6				M M	L	S		
7				M	S	M L		
8	S			S	L S S	M	L	
9			S L	M	S S		M	
10	M		S L	M	L S S		M	
11			M M			S		M
12			S L	S		M		
13			S S S	S L S			M	
14			S L S	L S S		S S	M	
15				L L S		L		L
16				L		M		L
17			M		S	M L		L
18	L				L	L		L
19					L	L	M	S
20				S	L	L	L	
21			L L	S	L	S	M	
22			L		S	M	M	
23						L L		
24				S M	S	M L		
25		M L	S L	S L M	S	M		
26			L S			M	M	
27					S	L	M	
28					L			
29		L S					S	
30				M	M		L	
31								

Notes S : Small Scale Transport L : Large Scale Transport
M : Medium Scale Transport

道線路を越え岡まで輸送された場合を言う。ただし、夜間観測者が熟睡中、たまたま泡沫塊が飛散する場合ももちろんあり得るわけで、この時は観測はできないと考えるべきであるから、この表は期間中、実際に起こった回数より少ない回数を示すものであろう。また、この scale は會田氏が便宜的にきめたもので特に学問的意味はない。

これまで阿部らの報告²⁴⁾によれば、海水中に沿岸 plankton (ここでは主に珪藻種)、付近に生育する海藻類等に根源をもつある種の有機物質が溶混入すると、もともとこれらの物質は表面活性物質であり、海水の表面張力は低下するため、泡沫は生成されやすくなる。

一方海水の粘性はこれら物質により更に大になり、泡膜は一層強靱になるためか、生じた泡沫は長時間の寿命をもつようになり、生成された場所に長時間停滞する。または風や波浪の作用により沿岸の適当な場所まで移動され堆積して行く。

堆積がはなはだしい場合には 1 m 余りの高さにもなる。これらが風力により引き切られて飛散するのである。また、沿岸砕波帯等で生成された泡沫は風系、波浪状況によっては海上を運動中、海上から直接引き切られて飛散空中を飛翔することもある。

A. 飛散頻度とその規模程度

一般的に言えば、11 月中旬から小規模な飛散が始まる。日時の経過と共にその回数は次第に増し、その規模程度も次第に著しくなり、1 月末頃には、その規模程度は最もはなはだしくなる。2 月下旬頃からはその規模程度は減少して行くこともわかる。稀に 8 月(台風時)、4 月にも飛散することもある。次にこの泡沫が発生し飛散する様相を月別、程度別に分けて概観してみると、Fig. 2 のとおりである。各規模とも 11 月から翌年 2 月までの 4 か月間に集中して発生している。この期間の回数は概ね 30 (日数) × 4 (月数) = 120 日であり、S,M,L の発生する回数はそれぞれ $\frac{43}{3}$, $\frac{27}{3}$, $\frac{36}{3}$ すなわち 14.3, 9.0, 12 であるから (Table 1. 参照), それらの発生する probability を概算すれば次のとおりである。ただし、 p_s は S 発生 probability とし、他の場合もこれにな

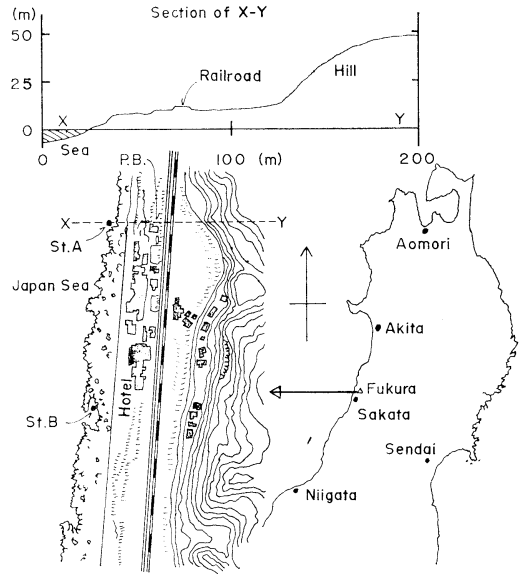


Fig. 1. Map of location.

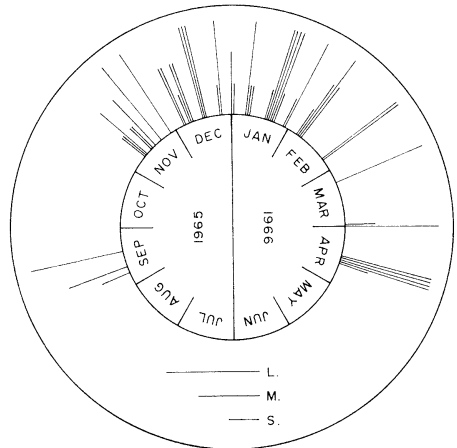


Fig. 2-A. Transport of stable foam masses of sea water (Fukura).

らう。
すなわち、

$$p_s = \frac{14.3}{120} \doteq 0.12, \quad p_m = \frac{9.0}{120} \doteq 0.075,$$

$$p_l = \frac{13}{120} \doteq 0.11$$

規模の大小は問わず飛散が起こることだけを考えれば、その probability p は

$$p = 0.12 + 0.075 + 0.11 \doteq 0.31$$

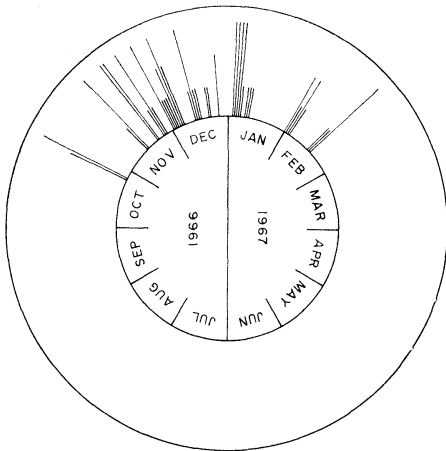


Fig. 2-B. Transport of stable foam masses of sea water (Fukura).

$p \approx 0.31$ すなわちこの4か月の期間では10日間に3日,あるいは約3日ごとに飛散が起きていることを示している。

規模は問題にせず, 9月から翌年4月までの8か月につき発生飛散状況を概観するため, その p を計算し図示すれば Fig. 3 のとおりである。すなわち, 9月, 10月では稀に発生することもあるが共に p は小さく0.04位であり, 季節風が吹き出す11月頃から発生は顕著になり始め, p は0.24, 12月, 1月と増加し, 1月下旬から2月上旬頃が最盛期となっている。2月下旬頃から減少し始め, 3月になると発生は激減している ($p = 0.17$)。4月では非常に発生は少ない ($p = 0.09$ 位), 5月に至っては全然発生していない。安定泡沫の発生には, 水温, 気温が適当に低いこと, 季節風の精力が適当に大きいことが, 必要であるが, 詳しくは後日の研究にまきたい。

B. 飛散泡沫塊

次に, 35 mm の一眼レフ Camera, 8 mm の Movie Camera で飛散状況を撮影した資料から, 飛散する泡沫塊の大きさ等を調べてみる。

一般的に言えば, この海岸に集積した泡沫は平均風速 7~8 m/s で吹いていた海よりの風が僅か (1 m/s 以下) 速さが増すとち切れて空中に飛散し飛翔している⁵⁾。稀に堆積泡沫は 2 m/s 位の風が吹いただけでもち切れることはあるが, 空中には飛散するまでには至らない。この飛散が顕著に

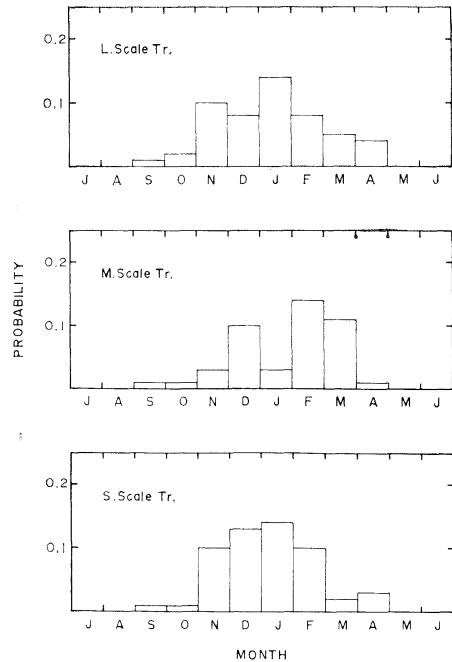


Fig. 3-A. Monthly change of transported stable foam masses (Fukura).

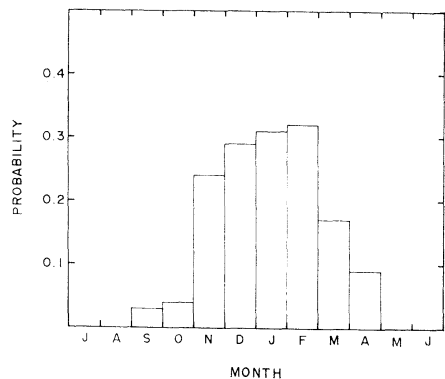


Fig. 3-B. Monthly mean change of transported stable foam masses 1965~1967 (Fukura).

起った5回の資料につき (共に平均風速 WNW-8 m/s 以上), 飛散泡沫塊の大きさの実測をしてみると Table 2 のとおりである。

塊の形状は不定形であるので, 便宜上, 同一体積の球体を仮想してその直径を示してある。

すなわち, 小は約 2 cm から大は約 22 cm 位のものまでである。直径 42 cm 位の非常に大きいものもあったが, これは極めて稀にしか起こらないの

Table 2. Size distribution of transported foam masses of sea water (Fukura).

Range of dia. (cm)	Number of case	Percentage (%)	%
0.0~0.9	0	0.0	0
1.0~1.9	4	3.0	7.5
2.0~2.9	6	4.5	
3.0~3.9	9	8.8	
4.0~4.9	9	6.8	13.6
5.0~5.9	18	13.4	
6.0~6.9	18	13.4	26.8
7.0~7.9	8	6.0	
8.0~8.9	14	10.5	16.5
9.0~9.9	12	9.0	
10.0~10.9	7	5.2	14.2
11.0~11.9	3	2.2	
12.0~12.9	5	3.7	5.9
13.0~13.9	4	3.0	
14.0~14.9	2	1.5	
15.0~15.9	1	0.7	2.2
16.0~16.9	2	1.5	
17.0~17.9	5	3.7	6.7
18.0~18.9	4	3.0	
19.0~19.9	0	0.0	0.7
20.0~20.9	1	0.7	
21.0~21.9	1	0.7	1.4
22.0~22.9	1	0.7	
Total →	134	100.0	100.0

で資料から除外した。これから大きさの頻度分布を図示すれば Fig. 4 のとおりである。最もしばしば切れ飛んでいる大きさは 6 cm 位のものであり、飛散塊全体の 26.8% すなわち約 27% を占めている。飛散塊の個別の大きさ、その量等は気温、風速、その変化いわゆる風の息等風の構造によることはもちろんであるが、泡沫内にある泡沫液の粘性、表面張力その他の物理的特性に深い関係をもつものである。これらの点の解明に関しては今後現場観測、室内実験の結果を比較検討して調査して行かなければならない興味ある問題

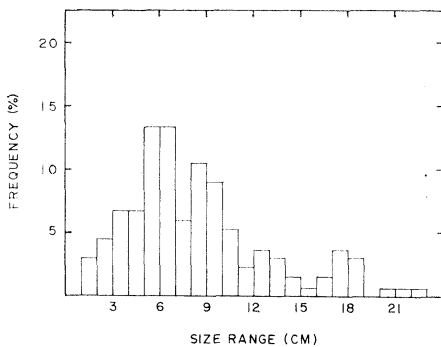


Fig. 4. Size distribution of transported stable foam masses (Fukura).

である。また、この頻度分布の形態（たとえば、Mode 値が 6 cm であること）についての物理的意味の解析もして行かなければならない。なお飛翔中泡沫塊の分割や、小塊の合体等はわれわれの観測中には殆ど起こっていない。

3. 泡沫発生と風系

吹浦海岸に安定泡沫が発生する状況と風系との関係を調べてみる。

発生飛散の時期は主に季節風卓越時すなわち11月頃から翌年2月頃までであり、風は始めSEよりの弱い陸風(1.0 m/s 以下)から風向が変わり、WNより 6 m/s 以上の海風になり、しばらくすると海岸の砕波帯辺に安定な泡沫が生成され始めてくる。これら生成した泡沫は磯波または風力により岸方向に移動され、岸の適当な場所に堆積し始める。吹浦の風についてわれわれの観測数は少ないので、やむを得ず吹浦から南方向、約 18 km の所にある酒田測候所の風の資料も利用した。酒田吹浦の風についての同時観測記録は少なくともわれわれが現場観測中の分だけは確実に入手し、両者を比較検討して一般的相関を求める必要がある。資料が僅少で不十分ではあるが、一応考察した結果を述べる。まず吹浦と酒田の立地状況の特徴、すなわち、地形的特殊性を挙げれば、吹浦では海岸から 100 m 位内陸に小高い岡(高さ 50 m 位)が海岸線にほぼ平行してつらなり、更に、内陸は鳥海山系の高台につながっている。一方、酒田測候所は比較的平坦な最上川の近くにあり、庄内平野に続いている。このためか、吹浦の風は酒田と比較して、北方向に若干(10 数度位)偏り(風速風向により異なる)、風速は若干弱まる傾向にある。

まず、酒田の風と吹浦海岸に発生する泡沫の飛散現象とを比較考察する。飛散の起こった日から2日前までの風系状況を調べてみると、二つの代表的変化形式がある。(これを α -型、 β -型と名づける、Fig. 5) すなわち、初め 10 数 m/s の海風がしばらく吹き、次に比較的弱い陸風が1日程吹送した後、再び海風 10 数 m/s になり、しばらくすると安定泡沫発生、飛散が起こる (α -型)。次

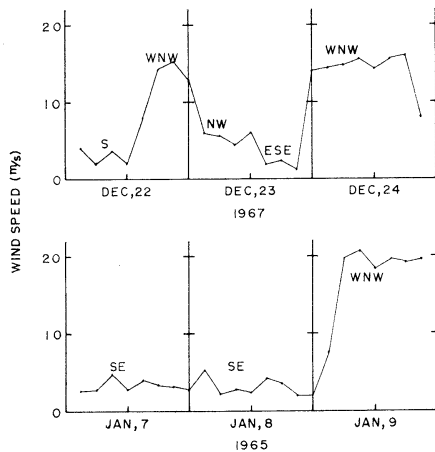


Fig. 5. Wind patterns on the case of the transport (Sakata). upper: α -Type, lower: β -Type

に、初め2日間位弱い陸風が吹いた後、10数m/sの海風が吹くと発生、飛散が起こる(β -型)。この3か年間の資料につき回数を調べると、 α の方が β より多少多く起こる傾向にある。

4. 沿岸水塊の擾乱と泡沫生成

これまでの観測資料の解析から、一般的に次のように考えられる。安定泡沫の生成には、風、波浪等により供給された力学的 energy によって沿岸水が擾乱、泡立たせられるのである。この力学的擾乱作用によって、その近傍海水中にもともと存在していたか、または近傍に生育していた生物体に根源をもつ表面活性物質がこの海水中に新たに供給され、生成された泡沫はいわゆる安定化されると考えてきた。この力学的 energy、表面活性物質の量、質の状況に応じて、種々な程度の安定度の泡沫が生ずるものと考えた。

今、沿岸水の擾乱の程度は「風の連続記録と海面状態の目視観測」とを総合して決め、一方、海水について泡沫生成の良否の判定はその沿岸水について実験的に決め得る物理量 F.F. を測定して決定することができる。この物理量については以前阿部が導入し「外海の波頭上に風等によって白い泡沫が生成される Mechanism の解析」また、

Table 3. Calculation of foaming factor (F.F.) of sea water.

No.	Date	Water temp. $\theta^\circ\text{C}$ in situ	Water temp. $\theta'^\circ\text{C}$ in bottle	$\theta' - \theta$ $^\circ\text{C}$	h_{00}' mm	h_{00} mm	$\tau_{\theta'}$ sec	τ_{θ} sec	F.F. mm \cdot sec	Wind m/s mean	Sea state, stable foam production
2'	20/Dec.	10.9	10.9	0.0	11.0	11.0	3.2	3.2	35.2	SE-0.9	Quasi-calm
2			11.2	0.3	12.0	11.9	2.8	2.8	33.2		
3			10.7	-0.2	13.0	13.0	3.0	3.0	39.0		
3'			11.0	0.1	18.0	18.0	2.3	2.3	41.4		
6	20/Dec.	12.3	13.9	1.6	12.0	11.7	3.2	3.1	26.3	SW-1.4	Quasi-calm,
7			12.9	1.6	18.0	17.7	2.4	2.3	40.7		
8'			12.9	1.6	12.0	11.7	4.1	4.0	46.8		
9'			13.5	1.2	17.0	16.8	2.9	2.9	49.7		
11	23/Dec.	9.3	5.3	-4.0	16.0	16.7	2.4	2.6	43.4	N-7.0	Quasi-storm,
11'			4.8	-4.5	14.0	14.8	2.5	2.7	40.0		
12			5.6	-3.7	13.0	13.7	4.6	4.8	65.8		
12'			5.2	-4.1	19.0	19.7	2.0	2.2	43.4		
31	24/Dec.	10.0	5.3	-4.7	20.0	20.9	5.8	6.0	125.	N-8.0	Quasi-storm,
32			5.0	-5.0	17.0	17.9	4.0	4.2	75.2		
32'			4.6	-5.4	18.0	19.0	5.5	5.7	108.		
33			4.4	-5.6	23.0	24.0	5.1	5.4	130.		

The following empirical formulae are used,

$$h_{00} = h_{90}' + \frac{dh_{00}'}{d\theta}(\theta' - \theta) = h_{90}' - 0.185(\theta' - \theta)$$

$$\tau_{\theta} = \tau_{\theta'} - 0.0455(\theta' - \theta),$$

where h_{00} and h_{00}' are initial mean height of foam layer at θ° and $\theta'^\circ\text{C}$ respectively, and symbol τ_{θ} is a mean half life at $\theta^\circ\text{C}$ when a foam layer decays.

Table 4. Change of the foaming factor ($h_0\tau$) of sea water (Fukura).

Time, day	Air temp. °C	Water temp. (shore) °C	Wind direction-m/s	Sea state	Value of F.F. mm·sec	Stable foam production
1020, 20/Dec.	7.0	10.9	SE-0.9	Quasi-Calm	37.1	none
1220, 20/Dec.	10.0	12.3	SW-1.4	Quasi-Calm	43.4	none
1000, 23/Dec.	1.6	11.0	N-7.0	Quasi-Storm	48.2	none
1000, 24/Dec.	2.1	9.3	N-8.0	Quasi-Storm	109.4	occur

「内部波に伴い生ずる slicks 近傍の水塊の移動の解析」を行ない興味ある結果を得ている¹³⁾。

1967年12月20, 23, 24日の3日間、現場での測定結果を示せば Table 3 のとおりである。ただし、 $h_{0\theta}$, $h_{0\theta'}$ はそれぞれ採水時の水温 $\theta^\circ\text{C}$, shaker による測定時の水温 $\theta'^\circ\text{C}$ における初期泡沫層の高さ (単位 mm) である。 $h_{0\theta}$ の値は近似的に次の式により計算した。

$$h_{0\theta} = h_{0\theta'} + \frac{d h_{0\theta'}}{d\theta} (\theta' - \theta)$$

また τ_θ についても同様な考えで計算した。

さて、現場の波浪の目視観測と風速日記記録より海面状況は便宜上、次の2種類となった。

すなわち、準平穏 Quasi-Calm
準擾乱 Quasi-Storm

沿岸付近の海水の動揺擾乱状況は沿岸に自記波浪計を設置して、その連続記録と風速連続記録から判定することが望ましいが、今回は上記の方法で満足することにした。ここで、この準平穏とは具体的には沿岸平均風速 SE-1 m/s 以下で、沖の波は波頭がなだらかで、波高は数 10 cm 以下の場合 (風浪階級 1 或は 2) であり、この準擾乱とは沿岸での平均風速は 7 m/s 以上で沖の波の波頭は砕けて白波がかなり多く現われている状況、波高は 1 m 以上 (階級では 3 または 4) の場合であった。Table 4 によると、準平穏時 20 日 10 時 20 分では平均風速 SE-0.9 m/s で F.F. は平均 37.1 mm·sec であり、安定泡沫は岸に生成されていない。同日 12 時 20 分には F.F. は多少増し、1.17 倍の 43.4 mm·sec になっているが、依然安定泡沫は生成されていない。21 日から 22 日まではおおむね 20 日と同様な準平穏状況であり、泡沫は現われていない。また、F.F. の測定は欠測であるので示さない。23 日 10 時 00 分になると、

海は多少荒れ始め、平均風速は N-7.0 m/s 程にもなり、海況は準擾乱状況であるが、海中内部まで混合が起こる真の擾乱状況には未だ立ち至っていないことは、F.F. が増加してはいるが、48.2 mm·sec で未だ安定泡沫は出現していないので判断できる。Fig. 5 の α -型に示すように海はますます荒れ、翌 24 日 3 時頃になると安定泡沫が沿岸の所々に現われ磯方向に移動を始めたのを観測している。同日 10 時 00 分、平均風速 N-8.0 m/s、海況は依然擾乱状況であり、安定泡沫は多量に生成され、F.F. は著しく増加し 109.4 sec、すなわち、23 日の値の約 2.3 倍になっており、この頃から泡沫塊の飛散が沿岸各地で顕著に起こっている。以上の事実から、次のように推察できる。すなわち、平均風向は N または WNN で風速が適当な大きさ、7~8 m/s 以上で適当に長時間吹送すると近傍の海水は内部まで擾乱混合を起こし、沿岸 plankton や海藻から新しく表面活性物質が海水中に供給され、適当に溶混入される。あるいは、海水中または海底に元来存在していた同様な成分が、上部海水中に拡散される。そのため、砕波帯その他で生成された泡沫は極めて安定なものとなり、磯波等の作用で岸に移動堆積するのであろう。この堆積泡沫がち切れ空中に飛散されることについては、更に多数の資料を得て正確な Mechanism を考えたい。ただ、F.F. が海水混合のよい Indicator であることは以上の事実からもうなづけよう。

5. 今後の課題

沿岸付近で波浪の自記連続記録を求め、水塊混合の様相を明らかにし、同時に並行して沿岸水の F.F. の測定も行ない両者の結果を比較し相関を求める。更に、根本的に F.F. と表面活性物質の

質と量との関係は、解析困難な問題であるが追究したい。沿岸に堆積している安定泡沫が風力によりちぎれる Mechanism, 地物により捕促される Mechanism 等も追及する価値のある問題であり、また、吹浦と酒田の風につき比較検討は速かに行なわなければならない。

終りに、本研究実施中、終始深い御理解と御激励を頂いた本学二部理学部長野附誠夫博士に深甚な敬意を表します。現場観測中、多大の御援助を頂いた酒田測候所長石山耕一氏、湯の田坂口信雄氏、貴重な資料を快く提供して下さった湯の田駐在警察官會田章氏、きびしい自然環境内で熱心に観測、資料整理を手伝って頂いた本学物理学科42年度卒業研究生の諸君、写真計測の煩わしい仕事を誠実に行なってくれた現物理学科学生福田直弘君に感謝します。

本研究費の一部は文部省科学研究費により支弁した。

文 献

- 1) 阿部友三郎 (1962): 海水泡沫と災害. 科学 (岩波) **11**, 586-593.
- 2) 阿部友三郎, 小野光昭, 岸野元彰 (1963): 海水泡沫による災害の防止に関する基礎的研究. 日本海洋学会誌, **18**, (4) 185-192.
- 3) ABE, T. (1962): On the Stable foam formation of sea water in seas. Jour. Oceanogr. soc. Japan. 20 th anniv. vol. 242-250.
- 4) ABE, T. (1963): In situ formation of stable foam in sea water to cause salty wind damage. Pap. Met. Geophys., **14** (2), 93-108.
- 5) ABE, T. and A. Watanabe (1965): In situ formation of stable foam in sea water to cause salty wind damage (II), —Wind transport of stable foam masses—. *ibid*, **16** (2), 77-83.

資 料

三 島 の 化 粧 水*

L'analyse chimique de l'eau à Mishima, Shizuoka, Japon

岡 部 史 郎**

「三島女郎衆はノーエー」の歌で親しまれてきた三島の化粧水はこの地方にこんこんと湧き出ている泉のことである。年間を通じて水温が約 16°C という値を示し、夏でも手を入れると数分間しかもたない冷たいいわゆる清水であって、ところによっては鱒の養殖を行なっている。このような湧水が 1 日に約 180 万トン、静岡県の東部にみられる。この湧水の起源と行く方を物理化学的知識を交えて訪ねてみることにする。

富士山は真夏の 7~8 月を除くと、ほとんど 1 年中雪を被っている。しかし、この雪は南極や北極地方の万年雪と違って 1 年雪である。雪は下の方から段々と溶けてゆく。溶けた雪水は富士山の溶岩地帯に染み込んで山麓地域の平野部に移ってゆく。ところが富士山の溶岩は駿河湾の海岸近くまで達している。平野部に移っていった雪水はこの地下の溶岩層にもぐり込み、地下川となって流下し、溶岩の末端で初めて地表に顔を出すのである。この地表に現われた水が泉であって、もとをただせば富士山の美しい雪である。普通みられる平野の地下水は地下のいろいろの物質を溶出するために、又人為的影響によってかなり汚染されているが、三島地方の泉は非常にきれいで都市の水道水よりも遙かに水質がよい。

「白糸の滝」というのは昔よく芝居で見た水芸の一つである。富士山の山麓で山梨県に近いところに「白糸の滝」がある。なるほど行ってみると糸のような美しい滝が数限りなく落下している。日光の中禅寺湖の水を落としている華厳の滝は渇水期になると干上がって観光地として面目を失う。しかし、白糸の滝が干上がったということは聞かない。年中大差なく水を落としている。その理由は、三島地方と同じように富士火山帯の地下水が溶岩の末端で切れ、滝として落ちているからである。しかしながら、三島の湧水にしる又白糸の滝にしる、その水量は年中同じかというところではない。ここに自然の妙味がある。冬が終り雪溶けが始まって約 2 か月を経過し

た 5 月から 7 月にかけて、毎年その湧出量は明らかに増加し、これに対して 11 月から冬にかけてはやや減少している。又、湧出量は台風とも関連性をもっている。富士山を中心とする火山帯が兩台風に襲われた年の翌年はきまって湧出量が大きくなっているという。実に水は地球上のあらゆる現象に支配されて動いているということがいえる。

少し見方を変えて、私がどうして最近あまり科学者に興味をもたれていない湧水を考え出したかについて話を進めよう。

今から 12 年前の昭和 31 年の春、名古屋大学の地球科学雑誌に「天然水のバナジウムの地球化学的研究」という一つの論文が掲載された。著者は同年の 10 月、27 才の若き生命を長野県木崎湖で湖沼調査中に閉じた内藤さんと、その師の菅原博士であった。内藤さんは名古屋市に降る雨、北陸地方の雪、又木曾川や長良川などの河水、長野県の湖水など陸上のあらゆる水、更に海水をそれぞれ 20 l 採取して初めて水の中のバナジウム量を正確に決定したのである。この研究はその後私達が追試し、新しい方法を用いてもその値は一致するという驚くべき優秀な研究であった。

その後数年経過してから、菅原博士は私にふと「内藤君の弔合戦をやらないか」とのことであった。しかし、直ぐ返事は出来なかった。というのは試料の量に問題があったからである。何様一つの測定値を出すのに水が 10 l のポリエチレン瓶で 2 杯も必要だということは私のようなものぐさには到底仕事をやる自信もなかった。又、当時の科学者のあこがれであった南極観測船「宗谷」によって採取された南極地方の水物質の研究も、20 l ではとても誰も相手にしてくれなかったからである。一方、それでもなんとか内藤さんの仕事を発展させたいという気はあった。名古屋大学の田中博士の協力ですべて 2 年の歳月は要したが、試料の量は 1/10 の 2 l に減少した。その新しい方法で北はベーリング海から南は南極洋に至る海域およびインド洋などの海水のバナジウムを測定したが、ここにもまだ問題が残った。それは海水のバナジウ

* 1968年6月20日受理

** Shiro OKABE 東海大学海洋学部 The College of Marine Science and Technology, Tokai University

ムを測定はしたものの、海の表面の値しか分らないという悲しさである。海の深い所、たとえば5,000mの深さの水を採るのに4時間から5時間もかかるのにバナジウム一つではどの観測船もよろしいとは決していかなかった。ちょうど、このような問題をかかえていたとき、東海大学海洋学部に赴任して来たのである。私は新しい海洋化学教室の建設などで追われていたが、助手の森永さんは田中博士の指導の下に1年余りのたゆまぬ努力を重ねた結果、海水では僅か250 ml、又、ある種の水では5 mlでバナジウムが測定出来る新しい分析法を完成した。

この方法は内藤さんや私が従来やってきた方法とは全く異なっている。水の中のある元素を分析するには二つの方法がある。菅原博士によって発展した方法は水の中から鉄かマンガンの水酸化物によって、分析しようとする元素を共沈させて取り出す共同沈殿法と、もう一つの方法は直接水の中から抽出する方法であった。彼女はこの後者の方法を用いて成功したのである。方法が確立したので直ちに海の仕事に乗り出した。たまたま、CSKが開始され、フィリピン諸島の東方海域から台湾の近くを通り、更に東支那海を通りぬけて北上する黒潮を三陸沖まで追跡する機会に恵まれた。私達が交代で観測船に乗って遠く三陸沖までゆき10,000 m近くまでの深海の水を自分達で採水した。又、真黒くなって沖繩近くの黒潮主軸の海水を日本の海洋化学者達と共同で採水し、それぞれの分野で研究を続行した。私達の研究室ではこの海水のバナジウムおよびモリブデンの分析を行ない、バナジウムについてはフィリピン諸島の東方海域の1.40 $\mu\text{g/l}$ の値は黒潮の北上と共に高くなり、九州南方では1.67 $\mu\text{g/l}$ 、更に三陸沖においては1.87 $\mu\text{g/l}$ の値が得られた。黒潮は北上するにつれてバナジウムの含有量が高くなっていることが初めて明らかになった。三島の化粧水の話が横道にそれて黒潮までいったが本論に帰ろう。

昨年静岡県公害課は経済企画庁の委託を受けて狩野川の水質調査を行ない、これに関連して県当局は狩野川河口水域の汚染調査の協力を私達の研究室に依頼してきたのでこれに協力することにした。せっかく河口調査をやるからには狩野川の水質を明らかにしたいと思って上流から海までのバナジウムの分析を並行して行なった。同時に1昨年から調査研究してきた富士川についても改めてバナジウムの知識を得ようと試みたのである。

狩野川の上流ではバナジウムの値が約2 $\mu\text{g/l}$ でわが国の河川の平均値に等しい。ところが河口近くなると急激に高くなり上流の約10倍であった。河川水の微量元素

素の含有量が急激に変動することは鉾山の廃水が流入するなどを除きあまりみられない現象である。ましてバナジウム量が高いことは常識では考えにくい現象である。このことは狩野川のみでなく富士川についてもみられた。そのため私はいろいろのことを考えてみた。まず最初に河川流域の土壤岩石などからバナジウムが溶け出しはしないだろうかと考えて土壤の分析を行なった。岩崎博士らの研究結果と一致して、明らかに富士火山地帯を流れる河川の土壤のバナジウムの含有量は高いが川の水の値を10倍も高くする程溶出するとはどうしても考えにくい。そこで狩野川の流量を改めてみると、1秒間に50トンの川水の2/3は三島地方の湧水であることが文献から分かった。それではということで狩野川に直接流れ込んでいる湧水や支流のバナジウムを測定してみると想像もしていなかった40 $\mu\text{g/l}$ という値が得られた。そこでこの川の上流、中流、更に湧水の流量とバナジウム含有量とからその地点を1秒間に通過するバナジウムの量を求めた。するとその値と川の末端におけるそれらの値とが極めてよく一致し、狩野川の異状に高いバナジウムは一応三島の湧水による寄与であることが判明した。

一方、この現象は他の川についてもいえるかどうか確かめるために富士川についても実験を行なった。白糸の滝や、富士宮浅間神社の泉を分析すると85 $\mu\text{g/l}$ と77 $\mu\text{g/l}$ という三島でみられない驚くべき高い値が得られたのである。すなわち、富士川流域にも逆に湧水が流れ込んでいるのであろうという推定がなされたのである。

次に少し眼を海に向けてみよう。河口近くでは塩素量は著しく低いが沖合に行くと次第に増大し駿河湾の奥部では遂に19%になる。狩野川と富士川の沖合でも大体2, 3 kmの所でこの値になる。そこで陸岸から沖合に向かって等塩素量線を描いて陸の水がどの辺まで拡散してゆくかの目安を立てることが現在まで行なわれてきた。

一方、川の水のバナジウム量は海に入ると次第に減少し沖合では外洋の平均値2 $\mu\text{g/l}$ となる。縦軸にバナジウム、横軸に塩素量をとると、この二者の間に明白な負の相関がみられたのである。この関係は地球化学的にみた微量元素の行動としては特徴的な挙動であった。これを用いて河川水と海水との混合拡散の模様を明らかにしようというのが私達と共同研究者の杉浦博士の考え方である。杉浦博士とアメリカの共同研究者達はコロンビア河々口においてこの仕事に着手した。コロンビア河は上流から絶えず放射性物質が海に投入されているので、生物学的見地からも河川水の混合拡散を明らかにする必要にせまられている。そこで彼等は放射性物質を用

いないで普通の元素によってこのことを解明したのである。狩野川はコロンビア河に比べて水量は1/1,000という規模は小さい川であるが、前に述べた塩素量とバナジウムとの関係から河川水と海水の混合拡散を説明することが可能となった。私達は更に富士川河口海域においても同じような試算を行なっている。

よくよく考えてみると、この仕事は「三島の化粧水」といわれる美しい湧水に起源がある。自然科学者は研究対象としている自然の事物に謙虚に取り組まなくてはならないことを私に教えてくれた。

最後に一つの話をつけ加えよう。狩野川河口沖合に湧

水があるという説である。この海の中に出る湧水付近が漁場として大いに利用されているという漁師の話が伝わっている。真偽の程は明らかでないが富士の雪水が地下の溶岩層を通りぬけて駿河湾中で初めて顔を出すことも十分考え得ることである。

日本各地で臨海工業地帯の開発等により、沿岸の利用は非常に重要になってきた。しかし、一方では「山紫水明」といわれた美しい川と山との調和も段々と失われてゆく。三島の化粧水もやがて地上から消える日が来るかもしれない。しかし、その日まで大切に保存してゆきたいものである。

フランス海洋学者の仕事紹介二つ*

Deux travaux des océanographes français

富 永 政 英**

ROMANOVSKY, V.: Étude des couches d'eau près du fond dans les grandes profondeurs méditerranéennes. Disposal of Radioactive wastes into seas, oceans and surface waters, International Atomic Energy Agency, Vienna, (1966)

この論文はウィーンにおける国際原子エネルギー機関において1966年にROMANOVSKYが発表したもので、上記の如き雑誌に掲載された。ROMANOVSKYはCentre de Recherches et d'Étude Océanographiques (海洋学調査研究センター)においておもに化学分析とか海水による海中構造物の侵蝕などを研究している。この論文は発表年の数年前に地中海コルシカ島とフランス海岸の間の海底の平なところで底に接した流れの状況を調べたものである。測定器は“Cadre polyvalent”つまりいろいろな物理量を測定する組枠であって、底面積4cm²、高さ2mのピラミッド型をしており、次のように測定器を設備する。

1. 底面から20 cm, 100 cmの高さの2箇所流速計を置く。この流速計は敏感な風杯式のもので、組枠が底に着くと回転し始め、底から引き上げると停止するようになっている。大西洋の海底で実測したときは比較的著しい底流があったのでこの装置でよかったが、地中海の深海底では流速1 cm/s以下でうまくゆかなかった。

2. ナンゼン採水器にてん倒温度計を付属して流速計と同一の高さに置く。

3. 映写機

地中海底の流速の微弱な所では海水よりやや比重の軽い色素ロダミンBを流し、その航跡をカメラで写し流速を判定した。

以上の器械を装置した組枠をナイロンケーブルで吊して沈め、ケーブルの上端はうきに結んでおく。船はこのうきの近くに位置する。このようにして測定したコルシカとフランス地中海沿岸の間の海底流速は次のようであった。

(a) 0~500mの海底: 底の流れは変化し易く、流速が20 cm/sを越えることもあった。

(b) 500m~1,500mの海底: 流速はいくらか弱くなり、大体2 cm/sないし10 cm/sの間を規則正しく変動した。

(c) 1,500m~2,200mの海底: 流れは弱く0 cm/s~5 cm/s。

(d) 2,200m以上の海底: 深海底に接しては流れはない。この深さで特に慎重に多くの測定を行なった。そして、この無流の底から150 cmの高さまでには極めて弱い流れのshearが存するようである。

次に5個の採水器を組枠につけて採水し、溶在酸素量を精密に測定した。これら5個の採水器は底面から10 cm, 30 cm, 50 cm, 70 cm, 100 cmの高さに水平に吊し、海底に達したとき、上から引っぱると上から順に蓋が開いてその水を採るようになっている。酸素量の測定結果は次のようになる。

海底の深さ	海底からの高さ	10 cm	30 cm	50 cm	70 cm	100 cm
50m		7.4	7.6	7.8	7.8	7.8
90m		8.1	8.1	8.2	8.2	8.2
750m		4.1	4.7	4.8	4.8	4.9
1,750m		2.1	2.5	2.7	3.2	3.9
2,200m		2.6	4.6	5.2	5.8	6.1
2,600m		4.3	4.8	5.2	5.6	5.7

単位は海水1 l中の酸素量をmgで表わした。深海底ではかなり顕著な酸素量のgradientが認められる。塩分については、このようなgradientは測定誤差の範囲内に入るのでよくわからなかった。

GONELLA, M. J.: Observation de la spirale d'Ekman en Méditerranée occidentale. Comptes Rendus d'Académie Science, Paris, t. 266 p. 205-208 (15 janvier 1968), Série B.

これも例のコルシカと地中海沿岸ニースの中間(北緯

* 1968年7月11日受理

** Masahide TOMINAGA 東京学芸大学 Université de Gakugei, Tokyo

42°47', 東経 7°29') にある深さ 2,680m の海底に網で固定したうき観測塔 (La Bouée-laboratoire) を使い、海の物理的条件や気象状況が数日に亘って一様であるようなときを選んで 10m, 25m, 75m 深さの流向, 流速を精密に測定したもの。その結果から, Ekman 流を見出した興味深い結果である。もちろん, うき塔も動くが, その動きは電波によって陸の固定点に対して逐次きめられる。測定期間は1966年5月12日から21日までで, この間表層水はほぼ一様で表面水温は 14°C から 16°C であった。また5月12日9時から15日23時までには風も一様で風向 80°, 風速 14.0 m/s であった。この風は地中海南部にあった低気圧によるもので, この低気圧は86時間 (この地点の慣性周期17.6時間のほぼ整数倍にあたるが) も同一点に停滞し同じ強さで持続した。この間12日11時

第 1 表

深 さ	流 向	流 速
10m	14°	16.4 cm/s
25m	32°	15.0 cm/s
75m	61°	9.4 cm/s

より15日8時までの慣性周期四つにあたる間の流速は第1表のようになった。

5月16日になると風は弱まり, 風向が変り易くなった。以後6日間の間の一般流は次のようになる。

第 2 表

深 さ	流 向	流 速
10m	81°	16.5 cm/s
25m	81°	15.2 cm/s
75m	79°	7.4 cm/s

従って, 第1表の値から Ekman 流のない第2表の値を引き去ると Ekman 流として次の値を得る。

つまり風向 80° に対して深さと共に右回りに流向は変化しているから, 風向と流向のなす角 α は表面流向を α_0 , 深さを z として

第 3 表

深 さ	流 向	流 速
10m	317°	18.1 cm/s
25m	326°	12.4 cm/s
75m	16°	3.7 cm/s

$$\alpha = \alpha_0 + az, \quad \alpha_0 = \frac{\pi}{4} \quad (1)$$

また, 流速 u は

$$u = u_0 e^{-az} \quad (2)$$

最小二乗法により第3表の値を利用して (1) より

$$a = 0.16 \times 10^{-3} \text{ c.g.s.},$$

$$\alpha_0 = 45^\circ 5' \text{ (平均二乗誤差 } 2^\circ)$$

(2) より $u_0 = 0.24 \times 10^{-3} \text{ c.g.s.},$
 $u_0 = 23.0 \text{ m/s (平均二乗誤差 } 0)$

a の値は(1)および(2)から求めたものが若干異なるが, 深さによる u と α の値の変化は Ekman の理論と大変よく一致するといわざるを得ない。このようにして摩擦深度 D を計算すると $D = \frac{\pi}{a} = 155 \text{ m}$ (a としては $0.20 \times 10^{-3} \text{ c.g.s.}$ をとる), 渦動粘性係数は $\nu = 1.2 \times 10^8 \text{ c.g.s.}$ となる。

海上を吹く風のストレスは流れの shear とつり合うから

$$\sqrt{2} \rho_w a \nu u_0 = \rho_a C_{10} V^2$$

ここに ρ_a, ρ_w はそれぞれ空気および水の密度, V は anemometer level における風速, C_{10} は drag coefficient である。以上の測定値から C_{10} を求めると

$$C_{10} = 26 \times 10^{-4}$$

となり Ekman の求めた $20 \sim 30 \times 10^{-4}$ に一致する。

このような観測は海流や気象の変化の大きい日本付近ではやり難い。GONELLA 氏はフランス国立博物館の海洋物理研究室で, 意欲的に水面上の風のストレスや, うき観測塔を使って慣性流, Ekman 流, さらに長周期の内部波などを観測研究している若手の海洋物理学者である。紹介者も先年親しく同氏と discussion をやり, 現在も論文交換などを行っている。

フランスの海洋開発科学技術協会について*

Association Scientifique et Technique pour l'Exploitation des Océans en France

佐々木 忠義**

さいきん、わが国においても、国をあげて「海洋開発」の推進が強く要望されつつある。

このような時点において、フランスの海洋開発推進の近況を知ることは甚だ意義深いものがあると思われる。そういう意味でここに、フランスの「海洋開発科学技術協会」について紹介する。

C.N.E.X.O. のために産業界の結集：

海洋開発科学技術協会 (A.S.T.E.O.)

会長 シャルル・クリストフィニ

海洋学界にも実業家の集団ができた。海洋開発科学技術協会である。

この協会は、国家的な機関であるが、1967年11月20日、ボルドーで誕生した。(1)

政府提案の C.N.E.X.O. (国立海洋開発センター) 創設法を、国会が採決してから実に、13ヶ月になる。此間、産業界では、Compagnie générale d'électricité, France-Gironde, Gespa, Electronique Marcel-Dassault, Intertechnique, Bertin, Nord-Aviation, Messier, Sagem, les Chantiers de Bretagne, Doris の各社が、J. Chaban-Delmas 氏の主宰する Comité d'expansion aquitaine の示唆で、商売気抜きで、海洋開発の新技術が提起する諸問題を、検討するため、クラブの結成を決めた。

協会の目的達成には、まず、この領域の代表団体とすること、したがって、できるだけ多くの関係会社に門戸を開き、専門学者及び研究機関との接触を容易にすることであった。

これが企画の下図であった。

障害があったことは言うまでもない。中央政権筋には、地方で着想した協会では、この種の活動に不可欠の

国家的な性格が発揮できないのではないかと疑う向きがあった。

C.N.E.X.O.が、年内にはプログラムを決定する筈で、業界は、それ以前に態度を表明することを控えた。しかし業界は、中央が思い及ばない程の強い意欲を持っていた。

Comité d'expansion aquitaine の仲介で地方の排他主義を完全に締め出し、Schlumberger, Chambre de commerce de Bordeaux, C.N.I.M., C.OMEX, C.D.C., SINTRA, S.N.E.C.M.A., S.O.G.R.E.A.H., Sud-Aviation, Technocéan, S.F.I.M., Messageries maritimesを加えて全国的な団体を結成できる状況となった。そこで、これら有志会社は、完全な問題意識をもって、C.N.E.X.O.の将来計画(第Ⅵ期)及び、構成員の自主権を尊重しながら、協調的活動を目論む柔軟な規則とプログラムに同意した。

政府筋が必要目録を、また、業界が供給能力目録を設定する1ヶ年の過渡期間、A.S.T.E.O.は、会長と、これを補佐する書記1名、会計係1名の小事務局が管理する。(2)

協会員はすべて、予定の活動に協同できる隣接諸外国の産業も含めて、フランスの能力棚卸表作成、ひいては科学的及び技術的参考資料作成に、職分に応じ参加を要請されている。

棚卸表作成に必要な基礎情報をととのえるため、専門作業グループが質問表を作った。Bertin, Electronique Marcel Dassault, Sagem, Gespa, Sud-Aviation, Intertechnique, Messier, Technocéan, Doris, Hispano 等グループの成員は、自分達をもつ第1の要素を総合する。

最初の対校検討で、このグループは、海洋学的(物理学と化学)要求をみたすのに、環境の変化、地質学と地球物理学、生物学、漁業、海上及び工業労働等を利用する方法を決定した。

Transat のような大手の海運会社は、海洋調査船や開発船の委託を受けて、自社の乗組員に新規の専門技能を身につけさせたいとの意向を示した。

「海洋開発は科学的調査の発達を促し、適用する調査

* 1968年8月31日受理

** Tadayoshi SASAKI 東京水産大学, 理化学研究所
Tokyo University of Fisheries, The Institute of
Physical and Chemical Research

の研究を必要とし、在来の技術と海洋工学を活用する新機材の建造を促進する」という意見にしたがえば、A.S.T.E.O. がきめた情報活動の場に於て、35の現会員も、今後の新会員も、みな独自の位置を占めることになる。

宇宙の場合と全く同様に、海洋の調査、開発には、膨大な手段が必要である。米国の目ざましい活動現況に対し、今回の仏、独、伊、英の規模では、むしろ各国産業が協調連繫して豊かな成果をあげることが望ましい。だが、そのために米国との接触を無視してはならない。

このような国際的連繫の可能性を見越して、A.S.T.E.O. が、それを規約の中に取り入れたのは、海洋開発にふさわしい規模を与え得るものが、この連繫以外に無いからである。そうして、既にこのための予備折衝を行なった。

数ヶ月間は活動をすべて、会員の精力と無私とだけに期待せねばなるまいが、この重要な仕事によって、A.S.T.E.O. は国立海洋開発センターにとって効果的な産業手段となるであろう。

(1) A.S.T.E.O. の住所は Bordeaux 市で、2, place de la Bourse.

(2) 書記: Comité d'expansion aquitaine (ベルナル・ディモン氏)。会計係: C.G.E. (レミ・シュブリヨン氏)。

“Le Monde diplomatique”

1968年 2月号 15頁から

(岡崎 洸訳)

録 事

1. 昭和 43 年 7 月 11 日, 理化学研究所において編集委員会が開かれ, 第 6 卷第 3 号の編集を行なった。

2. 下記の諸氏が入会された。

氏 名	所 属	紹 介 者
平 沢 豊	東水大	宇野 寛
野 崎 哲 郎	日立製作所	大柴五八郎
早 川 康 信	岐阜県関市稲河町 9	佐々木忠義
大 平 辰 秋	海上電機 K K	"
棚 橋 善 克	東北大・医	野村 正
富 田 廣	東北大・水産	"
関 川 正	茨城・漁協組合・ 那珂湊船泊機関工場	大柴五八郎
植 村 泰 治	東海大・海洋	"
小 竹 康 之	東理大・理	阿部友三郎
中 村 武 英	日本大洋海底電線 研究開発室	大柴五八郎
池 田 豊	東水大	吉永勝秀
永 沢 一 夫	"	"
植 松 健 児	経済企画庁総合 開発局	大柴五八郎
奥 田 真 司	東海大・海洋	"

3. 下記の会員が退会された。

仁瓶康三 川崎重工業 K K 造船事業部

4. 会員の住所, 所属の変更。

氏 名	新住所または新所属
浜島謙太郎	Research Department South-east Asian Fisheries Development Center Changi, Singapore
苛原 暲	東亜港湾工業 K K
黒沼 勝造	国分寺市内藤 2-43-6
天野 宏	小田原市南町 1-6-34 小田原城内高校
末広 恭雄	京急油壺マリンパーク
小泉 政美	気象庁海洋課

5. 交換および寄贈刊行物。

- 1) 日本航海学会 20 年の歩み (特集号)。
- 2) 港湾技術研究所報告, 7 (1)。
- 3) 港湾技研資料, No. 43~46。
- 4) 科学博物館研究報告, 11 (1, 2)。
- 5) 農業土木試験場報告, 43 年, 6 号。

6) 農業土木試験場年報, 昭和 41 年度。

7) 農業土木試験場技報, F (総合) 2 号, E C (電算研究) 1 号, D (水産土木) 4 号。

8) 魚類学雑誌, 14 (1/3 号)。

9) 東大海洋研業績集, 昭和 42 年。

10) 科学博物館専報, 1 号。

11) 水産孵化場研究報告, 22 号。

12) Science et Pêche, Nos 166~168, 1968。

13) Revue des Travaux de L'institut des Pêches Maritimes, Tom XXXI Fasc. 4, Decembre 1967。

14) Cahiers Océanogr., Nos 4, 5, 1968。

15) Special contribution of the geophysical institute Kyoto Univ., No. 7, 6。

16) Bulletin of the Ocean Research Institute, Univ. of Tokyo, No. 1, 2。

日仏海洋学会役員

顧 問 ルネ・カピタン ユベール・ブロッシェ ジヤン・デルサルト

名誉会長 ジャック・ロベール

会 長 佐々木忠義

常任幹事 大柴五八郎, 永田 正, 村上 脩

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, 松尾邦之助, 丸茂隆三
森田良美, 山中鷹之助 (50音順)

監 事 高山重嶺, 三宅泰雄

評 議 員 赤松英雄, 阿部友三郎, 阿部宗明, 新崎盛敏,
池松正人, 石野 誠, 市村俊英, 井上直一,
井上 実, 今井丈夫, 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, 内田清一郎, 宇野 寛, 江上不二夫,
大内正夫, 大久保 勲, 大島泰雄, 大柴五八郎,
大村秀雄, 岡部史郎, 小沢敬次郎, 小野弘平,
梶浦欣二郎, 金谷太郎, 川合英夫, 川上太左英,
川村輝良, 川村文三郎, 川口守一, 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, 黒木敏郎, 黒沼勝造, 久保田 穰,
小林 博, 小牧勇蔵, 近藤 仁, 西条八束,
齋藤泰一, 齋藤行正, 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, 須藤英雄, 高野健三, 高橋淳雄, 高
山重嶺, 高木和徳, 田畑忠司, 田村 保, 千
葉卓夫, 辻田時美, 土屋靖彦, 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, 永野泰一, 奈須敬二,
奈須紀幸, 南日俊夫, 新野 弘, 西村 実,
新田忠雄, 根本敬久, 野村 正, 花岡 資,
速水頌一郎, 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, 藤田亀太郎, 星野通平,
増沢謙太郎, 松井 魁, 松江吉行, 松尾邦之
助, 松崎卓一, 松平近義, 松平康男, 丸茂隆
三, 溝口哲夫, 三宅泰雄, 宮崎千博, 宮崎正
衛, 村上 脩, 元田 茂, 森川光郎, 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, 渡辺信雄 (50音順)

モーリス・アンコントル, アンドレ・エービ
ー, マルセル・ジュクラリウス, イヴ・ド・
ムクシー, ロジェ・ペリカ, コンスタンタ
ン・エコノムー

投稿に際してのお願い

1. 論文は和文または欧文（原則として英語または仏語）のいずれでも良い。
2. 論文が和文の場合は和文と仏文（英文）の要旨、英文の場合は英文と和文の要旨、仏文の場合は仏文と和文の要旨を必ず付けること。
3. 挿図はそのまま凸版原図になるように、黒インクまたは墨汁で純白質紙またはトレーシングペーパーに、線の太さ、記号など印刷仕上りを考慮して作製すること。
4. 原図の縮尺率は $\frac{2}{3}$ ないし $\frac{1}{2}$ とすると良い効果が得られる。簡単なグラフなどの場合は $\frac{1}{3}$ に縮小することも考慮されたい。
5. 同じ報文中の挿図群の間で、図中に使わている文字の型が不統一であったり、文字の大きさが必要以上極端に不揃いになるのは好ましくない。
6. 写真原図は中間調以上の光沢紙に焼付けたものが良い。軟調ぎみの印画を原図とするのは望ましくない。
7. 原図がそのまま凸版原図にならない場合は作り直すことがある。その場合は著者に実費を申し受ける。

海洋開発5か年計画

海洋科学技術審議会(内閣総理大臣の諮問機関)は昭和43年9月12日、霞山会館(東京・虎ノ門)において新メンバーによる初の会合を開き、会長に速水頌一郎東海大学教授(日本海洋学会会長)を選ぶとともに、審議課題として 1. 長期5か年計画の策定 2. 早急に開発すべき課題の選定 の二つを取り上げることを決めた。10月21日の次回会合で正式に諮問を受け、ただちに審議にはいる。

海洋開発は原子力、宇宙開発につぐ第3のビッグサイエンスとして脚光をあびているが、各省庁でバラバラに行なわれているため、国として長期計画やその開発体制などを早急に決める必要がある。

長期5か年計画では同審議会がこれまでに答申した基本方針に基づいて、それを具体的に開発していくため、開発利用面に重点を置く予定である。ただ、5か年計画の結論を出すのに約1年はかかるかと予想されるので、この間の空白を埋めるため、これと並行して緊急に開発すべき課題を審議する。

海洋科学技術審議会委員(定員20名)は次のとおりである。(50音順)

氏 名	職 業	勤 務 地
井 上 啓次郎	科学技術事務次官	千代田区霞ヶ関 3-2-2
大 口 駿 一	農林事務次官	千代田区霞ヶ関 1-2-1
大 島 泰 雄	香川大学教授(農学部)	香川県木田郡三木町大字池戸 2393
小 幡 久 男	防衛事務次官	港区赤坂 9-7-45
熊 谷 典 文	通商産業事務次官	千代田区霞ヶ関 1-3-1
齊 藤 正	文部事務次官	千代田区霞ヶ関 3-2-2
佐々木 忠 義	東京水産大学教授(水産学部)	港区港南 4-5-7
佐 藤 尚	日本造船研究協会会長	港区芝罘平町 35 船舶振興ビル内
杉 本 正 雄	(株)日立製作所技術管理部長	千代田区大手町 2-8 日本ビル内
中 井 春 雄	日本水産(株)社長	千代田区大手町 2-8 日本ビル内
西 脇 昌 治	東京大学教授(海洋研究所長)	中野区南台 1-15-1
速 水 頌一郎	東海大学教授(海洋学部長)	静岡県清水市折戸 1000
原 田 常 雄	東京芝浦電気(株)専務取締役	千代田区内幸町 1-1
藤 井 清 光	東京大学教授(工学部資源開発)	文京区本郷 7-3-1
堀 武 夫	運輸事務次官	千代田区霞ヶ関 2-1-3
本 間 仁	東洋大学教授(工学部土木)	埼玉県川越市鯨井中の台 2100
松 沢 達 雄	日本海洋掘削(株)専務取締役	港区西久保明舟町11 第11森ビル内
山 内 肇	石油開発公団理事	港区赤坂 1-9-13 三会堂ビル内
山 下 三 郎	山下新日本汽船(株)社長	千代田区竹平町 パレスサイドビル内
吉 沢 武 雄	東京大学教授(工学部機械)	文京区本郷 7-3-1

お 知 ら せ

このたび、各位のご要望にこたえて「英仏和、海洋・水産学用語集」(B5判45ページ)ができました。ご要望の方は下記へ「ハガキ」にてお申し込み下さい。

頒布価格 350 円(送料共)

記

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

1969年度フランス政府給費留学生選考試験要項

フランス政府は毎年フランス政府給費留学生を招致しているが、このたび1969年度（1969—1970大学年度）留学生として、日本人学生約40名を募集する。給費の対象となるのは文学、法経、科学、芸術の各部門である。

I 出願について

A) 出願資格

(a) 出願者の年齢は以下のとおり

第一部門（仏語、仏文学、演出）の者は30才未満（1939年1月1日以後出生の者）

医学を専攻する者は35才未満（1934年1月1日以後出生の者）

その他の部門に関しては33才未満の者（1936年1月1日以後出生の者）

尚、音楽関係受験者は、パリ国立音楽院の年齢制限規定参照のこと。

(b) 日本人であつて二重国籍を持たない者。

(c) すでに大学を卒業した者、及び1969年3月卒業見込の者。

東京日仏学院、関西日仏学館のフランス文明講座を卒業した者、又はアテネ・フランセのブルヴェを持っている者。旧制専門学校卒業者と大学（4年制以上）の専任講師の職にある者。医学の専攻者は医師国家試験合格者であること。但、芸術を専攻する者は学歴を問わない。

(d) フランスの大学において学習するに足る十分な仏語学力を有する者。

但、第三及び第四部門の出願者に対しては、なお勉強の上出発前に語学テストを受けるならば、選考試験時においてこの条件が緩和される。

(e) 心身ともに健全な者。

B) 出願手続

出願者は、国公立大学長、又は、日仏会館長、アテネ・フランセ校長、東京日仏学院長、関西日仏学館長から推せんされた者でなければならない。その他必要と思われる推せん状は何種類出してもさしつかえない。

芸術を専攻するものは、その師事する教師から推せんされたものであること。

出願書類の提出については以下のとおり：—

提出先： 文部省大学学術局長宛

（郵便番号 100 千代田区霞ヶ関

3-2-2文部省大学学術局留学生課）

受付期間： 1968年8月14日から

1968年10月14日まで

（提出書類については、付属書Aを参照のこと）尚、例年どおり、今回の給費留学生のうちからも、試験の結果発表後自費でフランスに留学することを希望する者は、フランス政府保護留学生の申請を行うことができる。規定の成績を得たものは、別に行なわれるフランス政府保護留学生試験を免除される。

（保護留学生は、フランス政府から財政的援助は与えられないが、フランス政府が、その研究指導を行なうことになっている。希望者は、結果発表後フランス大使館文化部留学生係へ申し込むこと。）

II 選考試験

選考試験は二次にわたって行なわれる。

1) 予備審査

この予備審査は、東京及び京都の二ヶ所で行なわれる。

出願者はこれら二ヶ所のうち、いずれかで試験を受けることができる。

この指定は文部省へ提出する出願書類（付属書A参照）に明記すること。

この予備審査の後、東京及び京都の各日仏合同審査委員会は次に行なわれる最終審査の受験資格者を発表する。

2) 最終審査

最終審査は東京で行なわれる。この審査委員会の委員は、東京及び京都で行なわれた予備審査の選考委員から選ばれる。

最終審査の後、フランス政府に対し、正式に奨学金の支給が申請される合格者の氏名が発表される。

申請中のものが出発前に給費を辞退した場合のために審査後補欠リストを作成する。1968年12月から1969年5月15日の間に給費辞退者が出れば補欠に対して給費の申請を行なうから、申請の可能性のあるものはその間語学力の向上に一層務める事が必要である。

III 最終決定通知

日仏合同の最終審査合格者は、駐日フランス大使館

を通じて、フランス政府に推せんされるが、その結果は、フランス本国から、決定の通知があり次第直接本人及び日本の外務省を通じて、文部省へ通達される。

Ⅳ その他

フランスに於ける滞在条件などについては、付属書 C を参照のこと。

1969年度フランス政府給費留学生試験出願書類 (付属書 A)

I 願 書

- (1) 受 験 地 (東京又は京都: 出願者は、左のいずれかの地を指定し明記すること)
- (2) 氏 名 (和文にはふりがなをつけること)
- (3) 性 別
- (4) 生年月日
- (5) 出 生 地
- (6) 本 籍 地
- (7) 郵便番号・ (和文にはふりがなをつけること。
現 住 所 郵便番号が記されていない場合は通知をさしあげない事があります)
- (8) 現 職 (勤務先があれば書くこと)
- (9) 最終学歴 (卒業又は見込み学校、学部、学科及び年月日)
- (10) フランスで専攻を希望する学科及び予定留学期間 (たとえば古典文学、原子核物理学等)
- (11) 希望するフランスの学校又は研究所名 (注意……留学志望地としては、少なくとも第一志望地、及び第二志望地として、パリ以外の大学区を挙げておくこと)

II 学 歴 書

学んだ学校名、研究所名、学歴、研究経歴、職歴、取得した学位、資格及び年月日等をくわしく記載すること。

III 留学中の研究計画書

フランス留学中の研究計画を正確に記述し、帰国後の職業、地位等についてくわしく記載すること。また1969-1970大学年度後留学を延長する予定があるかどうかを明示すること。

VI 最終学校の学業成績証明書

日本の学校のもの、和文オリジナル1通、和文コピー9通、及び仏文の訳文6通。

東京日仏学院、関西日仏学館、アテネフランセのものは、仏文オリジナル1通、仏文コピー5通、及び和文10通を提出のこと。

(第一部門の出願者は後記の「特別注意事項」を参照のこと。)

大学以上の学歴のあるものはその証明書類も、同様にして提出すること。

V 推 せん 状

推せん状は出願書類Ⅳと同様にして提出すること。

VI 過去の業績、賞歴に関する資料

論文、研究報告、記事などを刊行物に掲載したことのある者は、提出すること。できれば、仏語で要約したものも提出すること。

芸術部門の出願者については作品の提示、又は実技などが必要な場合もある。

戸籍抄本、卒業証明書、免許書類

すべての出願者は、文部省宛に送る出願書類とは別に、駐日フランス大使館文化部留学生係宛(郵便番号 106 東京都港区南麻布4丁目11-44)に、1968年10月14日までに、以下の書類を提出すること。

- 1) 戸籍抄本 1通 (6ヶ月以内に交付されたもの)
- 2) 旧制、又は新制の高等学校、もしくは旧制の専門学校の卒業証明書(成績証明書ではない) 1通
- 3) 大学卒業証明書 1通 (大学院で学位を与えられたものは、その証明書も提出すること)
- 4) 免許証類(医師、薬剤師、建築士などの国家試験合格者は、その合格証明書又は合格証書のフォト・コピー各1通を提出すること)

注意: すべての固有名詞にふりがなをつけること。

フランス政府給費留学生選考試験 (付属書 B)

I 予備審査

予備審査は東京及び京都の2ヶ所で行なわれる。

第一部門 仏語・仏文学・演出

1) 筆記試験

作文 仏文学又は仏文明に関し、一つの題目を選び仏語で論文を書く。30

和文仏訳 10

仏文和訳 10

仏文書取 10

2) 書類審査 60

(注意：演出専攻の出願者は、文学関係の者は第一部門に、演出技術者は第二部門に属する)

第二部門 哲学・歴史学・古典文学(ギリシヤ・ラテン)・法学・経済学・演出

1) 筆記試験：作文 20

仏文和訳 20

2) 書類審査 80

第三部門 a) 数学・物理・化学・生物

b) 医学

1) 筆記試験：問題(用語はフランス語) 60

2) 書類審査 60

第四部門 a) 美術(絵画・彫刻・建築・装飾美術等)

b) 音楽

1) 口述試験：審査員との会話(用語は、日本語、英語、仏語のうち出願者の選択による)

2) 作品提示又は実技 120

(注意：建築関係の出願者は、技師の場合は第三部門に、美術専攻の場合は第四部門に属する)

II 最終審査

最終審査は東京で行なわれ、その日仏合同の審査委員会は先に行なわれた東京及び京都の各予備審査委員会の委員から選ばれる。

第一部門 1) 仏語による一般教養に関する質問 30

2) 仏語テキストの仏語による説明 30

予備審査の筆記試験における得点を加算 60

第二部門 1) 専攻分野の一般的問題についての仏語による口述 30

2) 仏語テキストの仏語による説明 30

予備審査の筆記試験における得点を加算 60

第三部門 1) 専攻分野の一般的問題についての質問 60

2) 仏語学力のテスト /

第四部門 1) 作品提示又は実技 60

2) 仏語学力のテスト /

この最終審査の後、フランス政府に対し、正式に奨学金の支給が申請される合格者の氏名が発表される。

特別注意事項

1) 第一部門の出願者は、出願書類 I ~ V までを和文10通、仏文8通提出すること。その他の第二、第三及び第四部門の者は和文10通、仏文6通を提出すること。

出願書類 VI については、和文2通及び仏語に要約したもの2通を提出すること。

2) 出願書類はすべて各頁毎に本人の氏名を明記しておくこと。

3) 用紙は、B-5判を使用のこと。

4) 写真(台紙なし、6×6cm、無幅、上半身、6ヶ月以内に撮影されたもの)10枚

最終審査の合格者は、直ちにフランス大使館にこの写真を提出しなければならないから、あらかじめ用意しておくこと。

フランス政府給費留学生制度に関する一般的事項 (付属書 C)

I 給費額

給費月額、1968年9月1日から500フラン(邦貨約36,500円)(場合により750フラン、邦貨約55,000円)となる。

給費期間は8ヶ月か8ヶ月半、又は9ヶ月で、受け

入れ先学校の事情により、1969年10月又は11月からを原則とする。

給費期間は場合により更に一学年度間更新され得ることもあるが、この特典は少数の者にのみ与えられる。

更新の申は、選考試験の請成績、留学計画及びフランスにおける第一年目の成績の結果を基準として行なわれる。

給費更新の可能性ある留学生は、出発前にその旨を知らされる。それ以外の留学生で、給費期間終了後なお留学を継続する予定の者は出発前に延長期間中の滞在費は本人が負担する旨の誓約書をフランス大使館に提出せねばならない。

II 旅 費

往路旅費は本来留学生の負担であるが、場合によりフランス政府が支給する。帰国旅費はすべてフランス政府が支給する。

III 滞 在 条 件

最近パリに留学生が集中するために、学生生活の上で色々困難な問題が起きている。従って、勉学のために特別な事情のある者を除き、すべての留学生は留学志望地として、パリ以外の大学区を選ぶことが必要である。パリを第一志望地とする出願者は、第二志望地に必ずパリ以外の大学区を明記しなければならない。パリを第一志望地として申請しても受け入れられることは非常に稀であり、最終的に合格者

の留学地を決定する権利は、フランス政府に存する。パリに於ける留学生の居住地は、原則として大学都市で、日本館は空室があれば、33才未満の給費留学生を受け入れる。女子学生は、29才まで大学都市への入居を認められる。

地方での事情はパリよりもよく、生活費も安い。家具付のアパートはパリよりも多く、又、一般家庭に間借りすることも比較的容易である。

IV 学 費

留学中の授業料はフランス政府によって支給される。但し図書購入費は支給されない。

V 在 仏 中 の 居 住 地

フランス政府によって、奨学金支給が決定されるときに定められる留学地は、原則として、変更することは認められない。

VI 外 国 人 留 学 生 の 受 入 れ 機 関

留学生は、フランス到着と同時に、各大学区の外国人受入れ委員会の責任の下に置かれる。それら受入れ委員会の所在地は、駐日フランス大使館文化部留学生係に問い合わせること。

1969年度フランス政府給費留学生試験日程

1968年9月初旬	試験予告	11月21日(木)	予備審査委員会 京都
9月14日(土)~10月14日(月)	願書受付(文部省)	12月2日(月), 3日(火)	最終審査 (東京)
	戸籍抄本, 卒業証明書	12月4日(水)	最終審査委員会(日仏会館)
	類提出(フランス大使館文化部)	12月5日(木)	合格者発表
10月28日(月)	審査委員会(日仏会館)		合格者召集
11月13日(水), 14日(木)	予備審査 東京・京都		合格者身体検査
11月20日(水)	予備審査委員会 東京		

賛 助 会 員 (50音順)

井 出 利 明	鉦路市白金町 11
伊 藤 精 機 株 式 会 社	東京都千代田区神田神保町 1-65 共益ビル
内 田 悟	東京都千代田区九段北 1-2-1 株式会社内田老鶴園新社
梅 林 弘 直	東京都千代田区大手町 2-4 新大手町ビル7階 極東貿易株式会社 第2産業機械部
小 樽 船 用 電 機 株 式 会 社	小樽市色内町 1-20
海 上 電 機 株 式 会 社	東京都千代田区神田錦町 1-19
暁 東 電 子 株 式 会 社	東京都港区芝新橋 1-30 新幸ビル
協 同 低 温 工 業 株 式 会 社	東京都千代田区神田佐久間町 1-21 山伝ビル
協 和 商 工 株 式 会 社	東京都豊島区目白4丁目 24-1
小 松 川 化 工 機 株 式 会 社	東京都江戸川区西小松川 1-2645
株 式 会 社 光 電 製 作 所	東京都品川区大崎 2-10-45
小 山 康 三	東京都文京区本駒込 5-13 英和印刷社
株 式 会 社 産 研	沼津市千本郷林 1907
三 信 船 舶 電 具 株 式 会 社	東京都千代田区神田司町 1-23
三 洋 水 路 測 量 株 式 会 社	東京都港区新橋 5-23-7 三栄ビル
シュナイダー財団極東駐在事務所	東京都港区琴平町 38 日本ガス協会ビル
昭 和 電 装 株 式 会 社	高松市福岡町 467
大 洋 電 機 株 式 会 社	東京都千代田区神田錦町 3-16
株 式 会 社 泰 和 電 器	東京都港区芝荻手町 7
株 式 会 社 鶴 見 精 機 工 作 所	横浜市鶴見区鶴見町 1506
東 京 工 材 株 式 会 社	東京都中央区築地 4-2 築三ビル
帝 国 酸 素 株 式 会 社	神戸市兵庫区高松町 22 の 1
東 京 海 上 火 災 保 險 株 式 会 社	東京都千代田区丸ノ内 3-12
東 京 営 業 第 2 部	
株 式 会 社 東 京 本 山 商 会	東京都豊島区池袋 5-225
東 京 レ プ 株 式 会 社	東京都豊島区池袋 2-1120 ローズマンション 302 号
東 芝 機 械 株 式 会 社 研 究 所	沼津市大岡 2068-3
株 式 会 社 東 邦 電 探	東京都杉並区上高井戸 5-327
日 本 ア ク ア ラ ン グ 株 式 会 社	東京都豊島区巢鴨 6-1344 大塚ビル
日 本 海 事 広 報 協 会 海 の 世 界 編 集 部	東京都港区琴平町 35 船舶振興ビル
有 限 会 社 日 本 ダ イ ビ ン グ ス ポ ー ツ	神戸市兵庫区神田町 3
日 本 テ ー ラ ポ ッ ド 株 式 会 社	東京都港区新橋 2-1-3 新橋富士ビル
日 本 無 線 株 式 会 社	東京都港区芝桜川町 25 第五森ビル
船 用 電 球 株 式 会 社	東京都目黒区下目黒 1-105
有 限 会 社 ハ ラ ダ 電 機 製 作 所	東京都豊島区池袋 8-3292
ヒ ャ ン 電 工 株 式 会 社	堺市松屋町 1-3
福 永 時 男	広島市観音町 9-1 福永書店
藤 田 潔	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
藤 田 峯 雄	東京都江東区南砂 1-3-25 株式会社中村鉄工所
フ ラ ン ス 物 産 株 式 会 社	東京都千代田区神田錦町 1-6 教文館内
古 野 電 気 株 式 会 社	西宮市葺原町 85
株 式 会 社 吉 田 製 作 所	東京都台東区上野 3-13-9
吉 野 計 器 製 作 所	東京都北区西ヶ原 1-14
株 式 会 社 離 合 社	東京都千代田区神田鍛冶町 1-2 丸石ビル
株 式 会 社 渡 部 計 器 製 作 所	東京都文京区向丘 1-7-17

Murayama

水中濁度計
水中照度計
電導度計

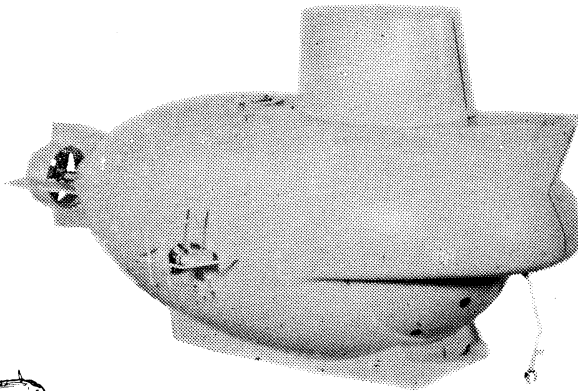
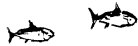
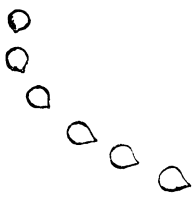


株式 村山電機製作所

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が期待される川崎重工の潜水調査船

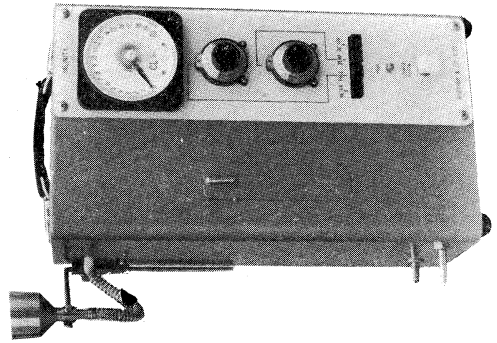


川崎重工

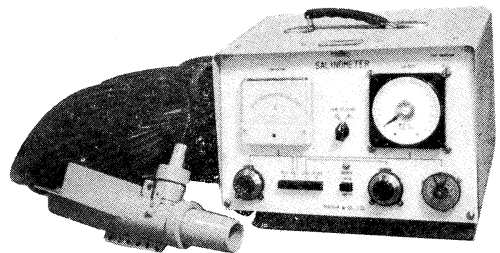
本社 神戸市生田区中町通 2-16-1
日生川崎ビル 3~7階
東京支店 東京都港区新橋 1-1-1

交直両用・オールトランジスタ
0~20‰ Cl直読リゴサリノメーター(塩分計)

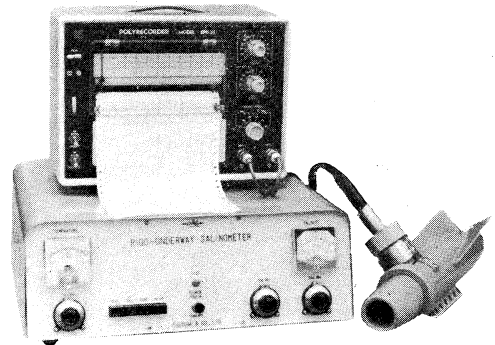
実験室 (AC100V) : 携帯用 (DC12V) 兼用
 塩素量 0~20‰ Cl 直読
 温度補償回路付
 2704A RIGO-SALINOMETER



曳航式 ケーブル 50 m
 塩素量 0~20‰ Cl 水温-5~35°C
 現場用 (DC12V).
 2704B UNDERWAY-SALINOMETER



曳航式 ケーブル 50 m
 記録計 (2 ペン) 装備
 塩素量 0~20‰ Cl : 水温-5~35°C
 2704C UNDERWAY-SALINOMETER



RIGOSHA & CO., LTD.



2 KAJICHO ICHOME KANDA
 CHIYODAKU TOKYO JAPAN

本 社
 東京都千代田区神田鍛冶町 1-2 株式会社
 電話 東京 (03) 252-1511(代)

離 合 社

大阪営業所
 大阪市北区北同心町 1丁目15
 電話 大阪 (06) 351-7346・8019

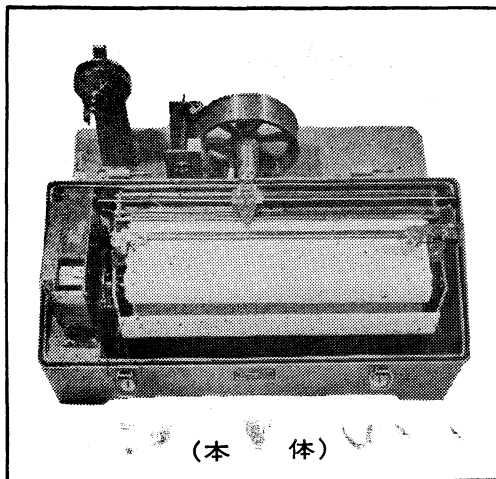
ストレングージ型波向計 (SGWD)



(受感部)

(記録器)

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
 白記水位計
 港施型土圧計
 理研式水中カメラ
 その他海洋視測諸計器

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

TEIKOKU SAN SO K.K.

(Filiale de L'AIR LIQUIDE, Paris)

Ses 23 Usines, 23 Agences et Bureaux de vente, 22 filiales,
100 distributeurs produisent et distribuent :

Gaz Industriels : Oxygène, Azote, Acétylène dissous, Argon,
Néon, Hélium, Xénon, Krypton, Propane, Butane.

Matériels et produits pour la soudure

**Installations de séparation et de purification de gaz à basse
température**

Son Département Développement représente au Japon les procédés
de nombreuses sociétés. entre autres,

L'AIR LIQUIDE

Société Chimique de la GRANDE PAROISSE

Société d'Electro-chimie, d'Electro-métallurgie et des Aciéries
électriques d'UGINE

Compagnie de Filage des Métaux et des Joints Curty (CEFILAC)

Compagnie PECHINEY-SAINT-GOBAIN

Compagnie de Produits Chimiques et Electro-métallurgiques PECHINEY

Société KLEBER-COLOMBES

Le Méthane Liquide

Société des Très Basses Températures

Société PRAT-DANIEL

Institut Français du Pétrole

Compagnie Générale de Télégraphie Sans Fil

Compagnie des Compteurs

Société POCLAIN

Société HISPANO-SUIZA

Société NADELLA

Société GURY

Société HYDRO-MECA

Société de Forgeage de Rive de Gier

ete. etc....

22/1 Takamatsu-cho, Hyogo-ku, Kobe, Japan

P. O. BOX No. 522, KOBE PORT JAPAN

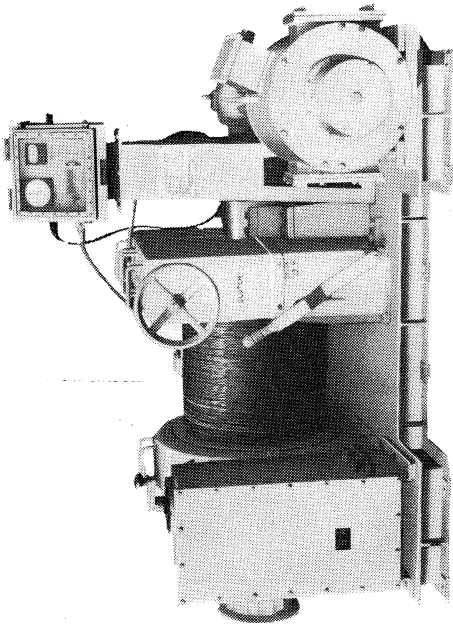
(Siège Légal : Nihon Gas Kyokai Bldg. 38, Kotohira-cho. Shiba,
Minato-ku, Tokyo, Japan)

Exploiting the Ocean by...

T.S.K.K.

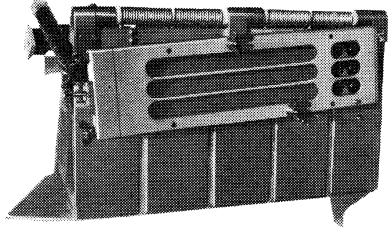
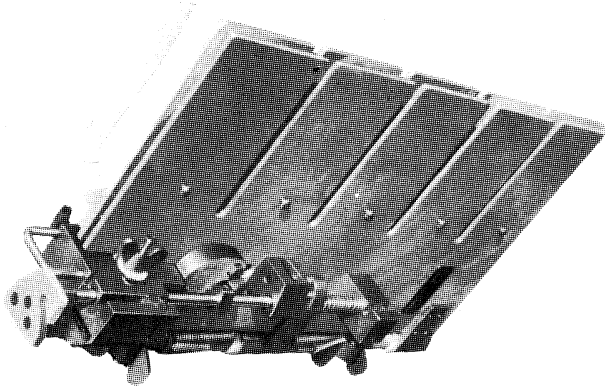
T.S.K.K.

OCEANOGRAPHIC INSTRUMENTS



SPAIN Instituto Espanol de Oceanografic 向け

- 装備ワイヤー 4.6 m/m 6,000 m
- D.C. 7.5 Kw 電動機。張力。線速。
線長指示計付 (電磁ブレーキ)



T.S.一バケテリヤ採水器 (ニスキン型)

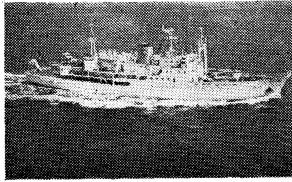
- 連装可能, 顛倒寒暖計付。
- 全プラスチック製 ○ 容量 3.5 l
- 重量 4.5 kg

THE TSURUMI SEIKI KOSAKUSHO CO., LTD.

No. 1560, Tsurumi-cho, Tsurumiku, Yokohama, Japan Phone: Yokohama (521) 5252~5

Sales Representative in the U.S.A. CM³, INC. 193 Constitution Drive, Menlo Park California 94025, U.S.A.

活躍する新鋭観測船



12,000メートルの深海をはかる

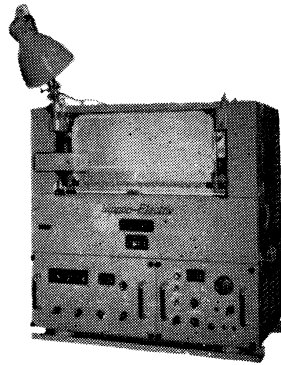
極深海精密音響測深機(P. D. R.)

PRECISION ECHO SOUNDER

FOR DEEP SEA RESEARCH

12,000 meters below the sea surface can be sounded with a good accuracy.

海洋観測船等に装備して12,000mまでの深海を精密に、かつ連続測深・記録する装置です。測深のほか各種の観測データの記録器としても使用できる設計です。特にソナー・ピンガー用の記録器としての使用に便利な構造を有し、連続測深ができます。



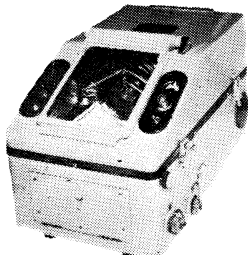
This equipment is for sounding sea bottom as deep as 12,000 meters from a marine research ship with very high accuracy. It has various ranges of scale; however, the scale range is automatically shifted from one to another with the sudden change of depth. The recorder is so designed that it can co-work with other equipments for recording various kinds of data, especially with sonar pinger.

特長 Feature

- ① 特殊送信方式・拡大測深レンジのため記録上の読みとりで真の深さを測定できる。
- ② 内蔵の水晶時計による制御で記録精度は抜群。
- ③ 0~1,000、0~6,000、0~12,000mのフルレンジで深度変化がひと目でわかる。
- ④ 副記録器は何台でも同期運転ができる。
- ⑤ 読みとりの容易な486mmの乾式記録紙を採用。
- ⑥ 送受信記録器はコンソール・タイプにも、また別々に設置することもできる。

- 1) The special transmitting system and the magnification of range scale enable the operator to take direct reading from the record.
- 2) The self contained crystal watch improves the accuracy of recording.
- 3) The recording device has three ranges, 0 to 1,000 meters, 0 to 6,000 meters, and 0 to 12,000 meters. Their full range scales make reading of the change of depth easy.
- 4) Multiple number of recorders can be operated in parallel.
- 5) 486 mm width dry type recording paper is adopted, which makes reading easy.
- 6) The transmitter and the receiver can be installed in consol or in seperated areas as desired.

極浅海精密音響測深機



浅海・湖沼・河川・ダム等の精密測深に！

PRECISION ECHO SOUNDER
FOR SHALLOW

for surveying shallow sea, harbors, lakes, dames, rivers.

実績が築いた



信頼のマーク

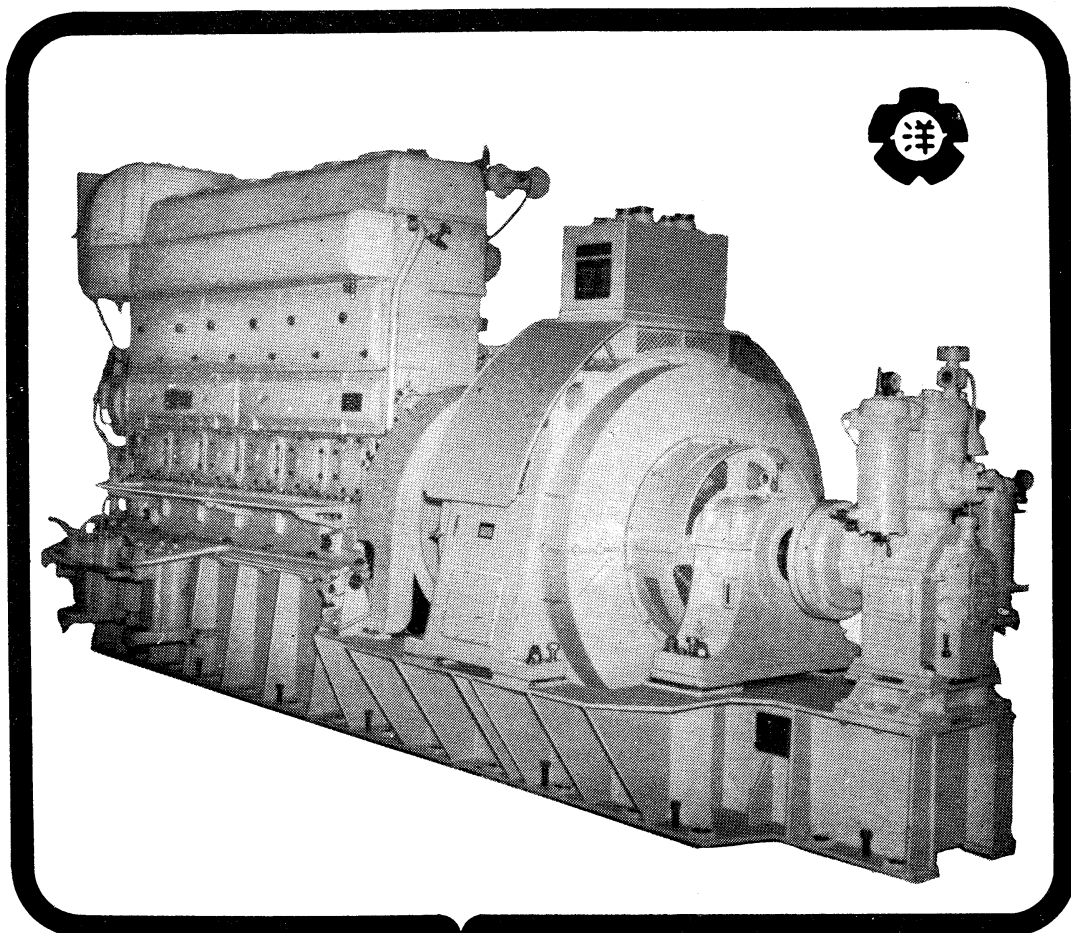
海上電機株式会社

東京都千代田区神田錦町1丁目19番地
電話 03 (291) 2611 (代表)

MARINE INSTRUMENTS CO., LTD.

1-19 KANDA NISHIKI-CHO, CHIYODA-KU, TOKYO.
CABLE ADDRESS "MARINEINSTRU" TOKYO

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

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. ダイバーズ社

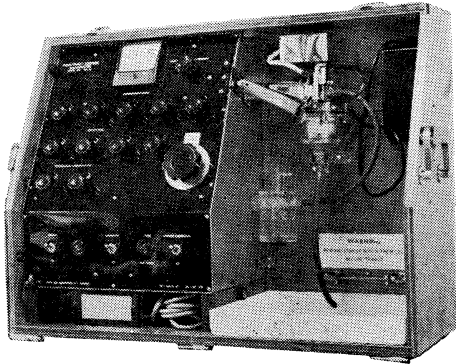
日本アクアラング株式会社

九州営業所 福岡市鳥飼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

東京営業所 東京都豊島区巣鴨6の1344
(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)

AUTO-LAB INDUCTIVE SALINOMETER



オーストラリア C.S.I.R.O. の BROWN 及び HAMON 両氏によって開発された、ポータブルで恒温槽不用の劃期的精密塩分計。

仕 様

測定範囲 : 標準品は 27.8~42‰ S
(御注文により 0~42‰ S 可能)

感 度 : 0.0004‰ S

確 度 : ±0.003‰ S

所要水量 : 55 cc

消費電力 : 最大 25 W

寸 法 : 30×68×50 cm

重 量 : 32 kg

製 造 品 目

転倒温度計各種
標準温度計各種
水温計各種
気象用・理化学用温度計

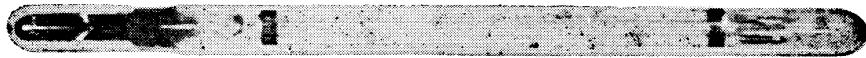
日本および アジア総代理店



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) 5954, 0044 (812) 2360

REVERSING THERMOMETER



Protected



Unprotected

Patented parallax-free back scale, opal glass
back sheath enable precise measurements.

Write for details

YKS

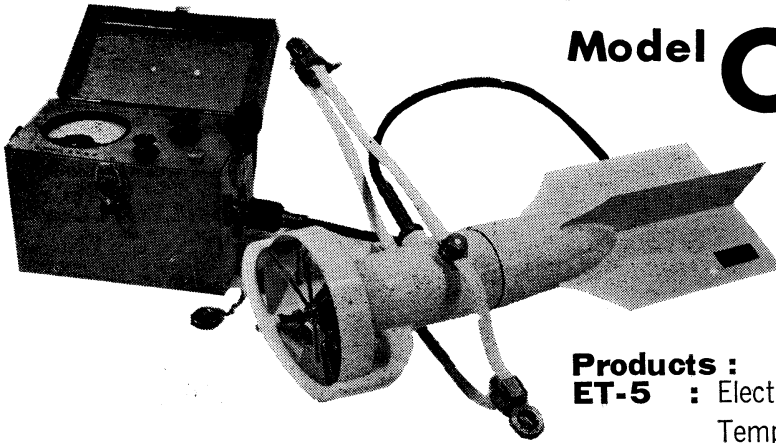
Yoshino Keiki Co.

1-14, NISHIGAHARA KITA-KU
TOKYO JAPAN

[Standard Thermometer
Precise Thermometer
Mercury Barometer
Hydrometer]

Direct-Reading Current Meter

Model **CM-2**



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

Products :

ET-5 : Electric Meter of Water Temperature

ECT-5 : Salinity Detector

WE-2 : Pressure Type Wave Gauge

TOHO DENTAN CO., LTD.

Office : 1-309, Kugayama, Suginami-ku, Tokyo Tel. Tokyo (334) 3451~3

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

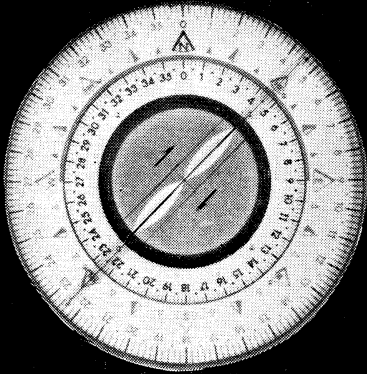
電話 (432) 2971~4

ENSURE

Safety

with

Koden Radio Navigation Instruments



Bearing Indication of Radio Direction Finder

- Radio Direction Finder
- Loran Receiver
- Echo Sounder
- Fish Finder
- Facsimile Receiver
- Morse Teletype Converter
- Morse Code Selector

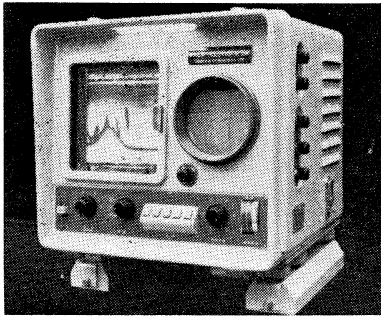


Koden Electronics Co., Ltd.

10-45, Kamiosaki 2-chomé, Shinagawa-ku, Tokyo, Japan

Tel: Tokyo 441-1131

Cable Address: "KOELEC TOKYO"



2周波デラックス

サンケンの魚群探知機

- 底曳き用
- カツオ・マグロ用
- 鮭・サマ用

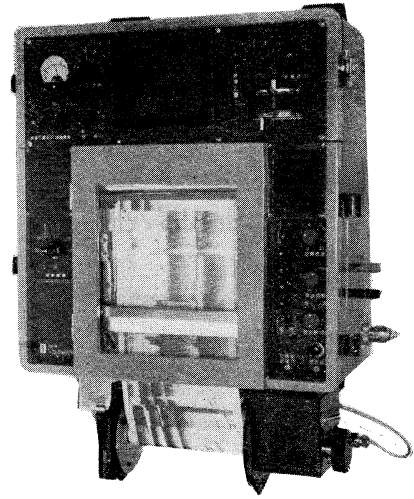


株式会社 産 研

本社・工場	沼津市千本郷林1907	TEL (沼津) (代表) (3) 4411
研究所	産業科学研究所 (全所)	
東京営業所	東京都千代田区神田鍛冶町2の2 (今川橋ビル内)	TEL (東京) (代表) (256) 1871
札幌営業所	札幌市北四条西7丁目 (北瀬連ビル内)	TEL (札幌) (24) 3236~8
下関出張所	下関市新地町149の3	TEL (下関) (22) 0275
長崎出張所	長崎市旭町3丁目3	TEL (長崎) (2) 4631
函館連絡所	函館市鶴岡町3番地の7	TEL (函館) (3) 4730
釧路連絡所	釧路市末広町2丁目8 (橋北ビル内)	TEL (釧路) (2) 6142
稚内連絡所	稚内市港町4丁目59	TEL (稚内) 3674
福岡連絡所	福岡市大手門町3丁目8-14	TEL (福岡) (75) 6960



自動遠尾方式ロラン受信機
(日、英、仏、加 特許)



ニュービデオグラフ
トランジスター式、二周波魚群探知機

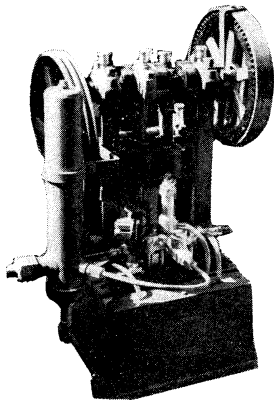


古野電気株式会社

西宮市芦原町85 電(3)1051

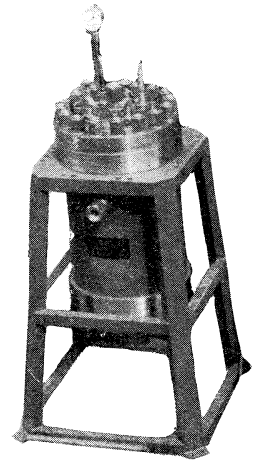
東部支社：東京都品川区五反田1~423 Tel.(447)2311代表
西部支社：長崎市大黒町2~1 Tel.(2)3261代表

ヨシダの海洋試験機



超高压テストポンプ

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



高圧テスト容器

☆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



潜水器具総合メーカー

日本ダイビングスポーツ

本 社 神戸市兵庫区神田町3番地

TEL 神戸 078 (34) 7959
9451

原稿募集

本学会誌「ろみ」は会員各位のご協力により、ますますその内容が充実されつつあります。なんといっても学会誌は学会活動の本命であります。第4巻より会員各位のご協力により年間4冊発行の目標も達成され、更にいっそう立派なものにしたいとお願いいたしております。最近フランスを始めイギリス、ドイツ、アメリカなどの関係機関から講読あるいは交換図書の申込みがあります。このように「ろみ」は広範囲にわたり関係者の注目を引くようになりました。ご同慶の至りであります。

つきましては、各位のご研究の発表や寄稿、資料欄などに奮ってご投稿下さいますようお願いいたします。

原稿締切： 第6巻第1号 42年12月末、2号 43年3月末、3号 6月末、4号 9月末

昭和43年8月15日印刷
昭和43年8月31日発行

う み 第6巻
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
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

第 6 卷 第 3 号

目 次

原 著

- 黒潮流域の深層海水の scattering function について
.....佐々木忠義・岡見 登・松村皐月 165
- 日本海における鉄・アルミニウムの分布とその
海洋学的意義.....杉浦吉雄・山本克巳 177
- 漁業における火光の集魚効果とその操法の研究 (III)今 村 豊 190
- 沿岸における安定海水泡沫の生成と飛散.....阿部友三郎・福地 直樹 209

資 料

- 三島の化粧水.....岡部 史郎 217
- フランス海洋学者の仕事紹介二つ.....富永 政英 220
- フランスの海洋開発科学技術協会について.....佐々木 忠義 222

- 録 事..... 224
- 海洋開発5か年計画..... 226
- 1969年度フランス政府給費留学生選考試験要項..... 227

Tome 6 N° 3

SOMMAIRE

Notes originales

- Scattering Functions for Deep Sea Water of the Kuroshio
..... Tadayoshi SASAKI, Noboru OKAMI and Satsuki MATSUMURA 165
- Distribution du fer et de l'aluminium à la mer du Japon
et leur signification océanographique
..... Yoshio SUGIURA et Katsumi YAMAMOTO 177
- Etude de l'effet du feu dans la pêche et de son opération
(III) Yutaka IMAMURA 190
- Production of the Stable Foam and its Transport at a
Seashore Tomosaburo ABE and Naoki FUKUCHI 209

Miscellanées

- L'analyse chimique de l'eau à Mishima, Shizuoka, Japon Shiro OKABE 217
- Deux travaux des océanographes français Masahide TOMINAGA 220
- Association Scientifique et Technique pour l'Exploitation
des Océans en France Tadayoshi SASAKI 222

Procès-Verbaux 224

- Programme longue échéance en pour l'exploitation
des océans au Japon 226
- Concours des bourses du Gouvernement français..... 227