

---

Tome 15

*Août*

1977

Numero 3

---

う み

**La mer**

昭和 52 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 冨永政英 (鹿児島大学)  
委員 星野通平 (東海大学) 井上 実 (東京水産大学) 森田良美 (東京水産大学) 永田 正 (東京水産大学) 西村 実 (東海大学) 杉浦吉雄 (気象研究所) 高木和徳 (東京水産大学) 高野健三 (理化学研究所) 宇野 寛 (東京水産大学) 山路 勇 (東京水産大学) 今村 豊 (東京水産大学) 神田献二 (東京水産大学) 半沢正男 (気象庁) 増田辰良 (東京水産大学) 柳川三郎 (東京水産大学)

## 投 稿 規 定

1. 報文の投稿者は本会会員に限る。
2. 原稿は簡潔にわかりやすく書き、図表を含めて印刷ページで12ページ以内を原則とする。原稿 (正1通, 副1通)は、(〒101)東京都千代田区神田駿河台2-3 日仏会館内 日仏海洋学会編集委員会宛に送ること。
3. 編集委員会は、事情により原稿の字句の加除訂正を行うことがある。
4. 論文 (欧文, 和文とも) には必ず約200語の英文 (または仏文) の Abstract (Résumé) をつけること。欧文論文には英文 (又は仏文) の Abstract (Résumé) のほかに必ず約500字の和文の要旨をつけること。
5. 図及び表は必要なものみに限る。図はそのまま版下になるように縮尺を考慮して鮮明に黒インクで書き、論文の図及び表には必ず英文 (又は仏文) の説明をつけること。
6. 初校は原則として著者が行う。
7. 報文には1編につき50部の別刷を無料で著者に進呈する。これ以上の部数に対しては、実費 (送料を含む) を著者が負担する。

---

Pédacteur en chef Masahide TOMINANAGA (Kagoshima University)  
Comité de rédaction Michihei HOSHINO (Tokai University) Makoto INOUE (Tokyo University of Fisheries) Yoshimi MORITA (Tokyo University of Fisheries) Tadashi NAGATA (Tokyo University of Fisheries) Minoru NISHIMURA (Tokai University) Yoshio SUGIURA (Meteorological Research Institute) Kazunori TAKAGI (Tokyo University of Fisheries) Kenzo TAKANO (Institute of Physical and Chemical Research) Yutaka UNO (Tokyo University of Fisheries) Isamu YAMAZI (Tokyo University of Fisheries) Yutaka IMAMURA (Tokyo University of Fisheries) Kenji KANDA (Tokyo University of Fisheries) Masao HANZAWA (Meteorological Agency) Tatsuyoshi MASUDA (Tokyo University of Fisheries) Saburo YANAGAWA (Tokyo University of Fisheries)

## RECOMMANDATIONS A L'USAGE DES AUTEURS

1. Les auteurs doivent être des Membres de la Société franco-japonaise d'océanographie.
2. Les notes ne peuvent dépasser douze pages. Les manuscrits à deux exemplaires, dactylographiés sur papier fort, doivent être envoyés au Comité de rédaction de la Société franco-japonaise d'océanographie, c/o Maison franco-japonaise, 2-3 Kanda, Surugadai, Chiyoda-ku, Tokyo, 101 Japan.
3. Le Comité de rédaction se réserve le droit d'apporter, le cas échéant, des modifications mineuses aux manuscrits ainsi que de demander aux auteurs de les corriger.
4. Des résumés en langue japonaise ou langue française sont obligatoires.
5. Les figures au trait seront tracées à l'encre de Chine noire sur papier blanc ou sur calque. Les légendes des figures et des tableaux sont indispensables.
6. Les premières épreuves seront corrigées, en principe, par les auteurs.
7. Un tirage à part des articles en cinquante exemplaires est offert gratuitement aux auteurs. Ceux qui en désirent un plus grand nombre peuvent les faire établir à leurs frais.

## On Acoustic Analogy for Oscillations in Harbours and Bays\*

Shigehisa NAKAMURA\*\*

**Abstract:** An acoustic model is introduced to solve the problems concerned with oscillations in harbours and bays. At first, a theoretical consideration is given to the acoustic analogy of water waves. By the use of the electronic equipments, a uniform acoustic field is prepared and assured in order to find out the frequency characteristics of amplification factor in models of harbour and bay. The experimental results of the acoustic models for Longbeach Harbour, California, U.S.A. and for a rectangular harbour are compared to the results of the hydraulic and theoretical models presented by LEE (1971) and by HWANG and TUCK (1970) to find a good correspondency in the amplification factor. The necessary and limiting conditions are also considered for the acoustic models to clarify that the acoustic analogy is useful for solving the problems of oscillations in narrow-mouthed harbours and bays.

### 1. Introduction

There have been many experimental studies on water waves by the use of water tank. Especially, the problems on oscillations in harbours and bays have been mainly solved by hydraulic and numerical simulations. The author introduces an acoustic model in this article to solve the problems concerning to oscillations in harbours and bays. The acoustic model make ease to solve the problem in a short time with low cost.

An idea of the acoustic model for water wave in coastal zones was proposed by MORROW (1963) and applied in practice for a wave resonator at the entrance of a harbour model by JAMES (1968). SHAW and PARVULESCU (1971) have developed also their acoustic model for water waves. The author have learned the previous acoustic models to assure whether or not the acoustic model is useful in the study of oscillations in harbours and bays. This article includes the theoretical back-ground of acoustic analogy and acoustic model experiment.

### 2. Analogy

Wave on the water surface is one of the surface wave or a wave propagating on an interface of the water and the air, on the other

hand, the acoustic wave propagates in the medium as a wave of condensation and rarefaction. The water wave is physically different from the acoustic wave. Although, both of the two waves is similar to each other phenomenologically. And the basic equations governing the two waves are quite similar or same to each other in form under some given conditions. These similarities give a base that an acoustic model is useful in solving the problems of oscillations in harbours and bays. A consideration and conditions are introduced as follows (cf. NAKAMURA and KOGE, 1977).

When an acoustic field is composed of a gas (for example, air), the equation of state should also be introduced as well as the equations of motion and continuity. For a convenience of the consideration in this article, an isothermal process is considered in the acoustic field to hold the Boyle-Charles' law. In practice, it might be prefer that the acoustic field is kept in higher temperature so as that the gas acts as an idealized gas. And, it is necessary that the amplitude of acoustic pressure  $p_s$  is sufficiently small compared with the mean pressure of the gas  $p_0$  in the acoustic field, *i.e.*, the amplitude of the density variation caused by the acoustic wave is sufficiently smaller than the mean density of the gas, in order to hold the similarity phenomenologically and theoretically. Another extreme example of the water

\* Received May 30, 1977

\*\* Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, Uji, Kyoto 611, Japan

wave is a breaker which corresponds to a shock wave in acoustics. This should be solved considering energy balance, under a consideration of an adiabatic process to hold an analogy between them, though the breaker is not included in this article. As a necessary condition, uniformity and homogeneity of the acoustic field are considered which correspond to those of the water wave field. Adding to that, it is necessary to remark that the water waves are two dimensional so that a two dimensional analogy of acoustic model should be established in advance. That is to say, a thin layer of the acoustic field bounded by two solid wall might be taken to simulate the water wave field. Acoustic theory suggests that the layer of the acoustic field is as thin as possible in order to obtain an accurate acoustic analogy of the water wave.

Now, giving suffices  $w$  and  $s$  for the notations concerning to the water wave and the acoustic wave respectively, the equations of motion for the two fields are described as follows,

$$\frac{d\mathbf{v}_w}{dt_w} = -\frac{1}{\rho_w} \text{grad } p_w + \nabla_w(\nu_w \nabla_w \mathbf{v}_w) \quad (1)$$

$$\frac{d\mathbf{v}_s}{dt_s} = -\frac{1}{\rho_s} \text{grad } p_s + \nabla_s(\nu_s \nabla_s \mathbf{v}_s) \quad (2)$$

where the notations  $\mathbf{v}$ ,  $p$ ,  $\rho$  and  $\nu$  are velocity, pressure, density, radial vector and kinetic viscosity respectively. And

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} &= \frac{\partial}{\partial t} + u \frac{\partial}{\partial x} + v \frac{\partial}{\partial y} \\ \nabla &= \frac{\partial}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} \\ \mathbf{v} &= (u, v) \end{aligned}$$

The co-ordinate  $O-xy$  is chosen to correspond to the surface of the water wave so as that the acoustic analogy ratios of length and time are introduced.

$$X_s = r_L X_w, Y_s = r_L Y_w, t_s = r_t t_w \quad (3)$$

where  $r_L$  and  $r_t$  mean proportional constants for length and time respectively as the acoustic analogy ratios. Using the relations in (3), the analogy ratio of velocity is described as follows

$$r_u = \frac{r_L}{r_t} = \left( \frac{L_s}{L_w} \right) \left/ \left( \frac{t_s}{t_w} \right) \right. \quad (4)$$

And, the pressure gradient terms in the equations (1) and (2) lead to obtain the following relations

$$\rho_s = r_\rho \rho_w, p_s = r_p p_w \quad (5)$$

where  $r_\rho$  and  $r_p$  are proportional constants respectively. The viscous effect in the field is assumed to be negligible in this article.

As for the vertical velocity of the water surface,

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t_w} + \mathbf{v}_w \cdot \nabla_w \zeta = 0 \quad (6)$$

which corresponds to the equation of continuity in the acoustic field,

$$\frac{D\rho_s}{Dt_s} = \frac{\partial \rho_s}{\partial t_s} + \mathbf{v}_s \cdot \nabla_s \rho_s = 0$$

As for the isothermal process of the gas, the pressure  $p_s$  is proportional to the density, so that the above equation of continuity in the acoustic field in term of the density  $\rho_s$  is rewritten in term of the pressure  $p_s$ .

$$\frac{\partial p_s}{\partial t_s} + \mathbf{v}_s \cdot \nabla_s p_s = 0 \quad (7)$$

Therefore, the elevation of the water level  $\zeta$  in (6) corresponds to the amplitude of the acoustic pressure  $p_s$  in (7) formally. In order to establish the relation between  $\zeta$  and  $p_s$  it is useful to introduce a ratio  $r_\zeta$  as follows:

$$p_s = r_\zeta \zeta \quad (8)$$

If the relations  $p = p_0 + p_s$  and  $H = h + \zeta$  ( $h$  is the mean depth) are given a priori, we have

$$(p_0 + p_s) = r_\zeta (h + \zeta) \quad (9)$$

then, we have

$$p_0 = r_\zeta \cdot h \quad (10)$$

Referring to the relations (8) and (10), we can find that the exact acoustic analogy is established when  $(\zeta/h) = (p_s/p_0)$ . Nevertheless, actually it is scarcely possible to have the above relation



in the acoustic field with the mean pressure of 1 atm. and the temperature of 15°C of the medium and in the wave field with the wave basin of 10 cm depth. Usually the ratio ( $\zeta/h$ ) is larger than the ratio ( $p_s/p_0$ ). This fact shows a limit of reliability in the acoustic analogy of water waves. And this limit will be relaxed by an approximation through an acoustic model experiment.

**3. Uniform acoustic field**

An effort has been focused to produce an uniform acoustic field in order to carry out a model experiment of oscillations in harbours and bays in acoustic analogy.

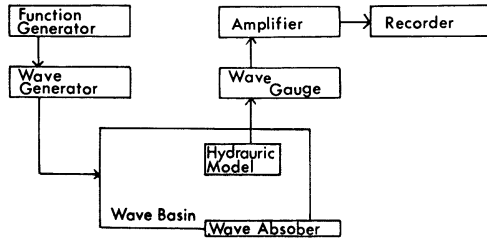
*(1) Conditions for an acoustic model experiment*

The merit of an acoustic model for water waves is to make ease to obtain a result in a certain accuracy. When the acoustic frequency band for the experiment is selected to be in an audible frequency band of acoustic waves, the generator of acoustic waves consists of a loudspeaker of 10 cm in radius which is driven by a commercial power amplifier and some inexpensive microphone of capacitance type can

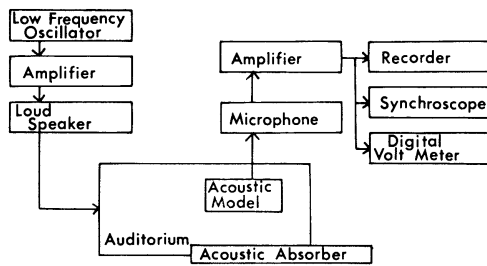
be installed in the walls or ceil of the acoustic model to measure the pressure at numerous points of interest. Then, we can make ease to carry out an effective experiment in a short time with a little labour and low cost. The acoustic model is so inexpensive that this may be introduced for a preliminary test of designing in relation to oscillations in harbours and bays.

*(2) Equipments and facilities*

The facilities of an acoustic model and a hydraulic model are compared each other, for example, as shown in Fig. 1. In this case, a space of 0.8 m high, 1.0 m wide and 2.0 m long is prepared for an acoustic field confined by the walls of uretan-foam rubber sheet (10 cm thick). A loudspeaker is located at S in Fig. 2. The frequency of the acoustic wave is selected by a low frequency oscillator. And the sinusoidal signals from the oscillator are amplified and lead to emit at the loudspeaker. The signals detected by the microphones are amplified to lead to a recording system. Reading on a digital voltmeter and monitoring by a synchroscope are also utilized.

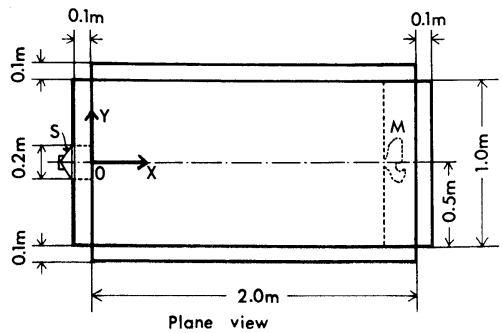


(a)

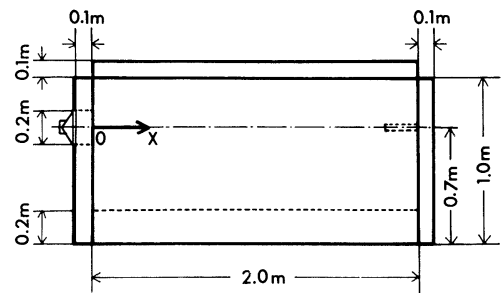


(b)

Fig. 1. Block diagram of experiments in hydraulic and acoustic models



Plane view



Front view

Fig. 2. Acoustic field: S is a loudspeaker and M is an acoustic harbour or bay model

(3) *Uniform acoustic field for the experiment*

In order to prepare an uniform acoustic field, what is the characteristics of the acoustic waves is studied. 1) At first, the intensity of the signal picked up by the microphone is observed as a function of the distance from the loudspeaker. When the out-put of the loudspeaker is constant, the in-put signal picked up by the microphone decreases with the distance from the loudspeaker as we have learned in the theory of sound, As shown in Fig. 3, we can see that a uniform field is formed in front of the loudspeaker between 1.6 and 1.9 m in dis-

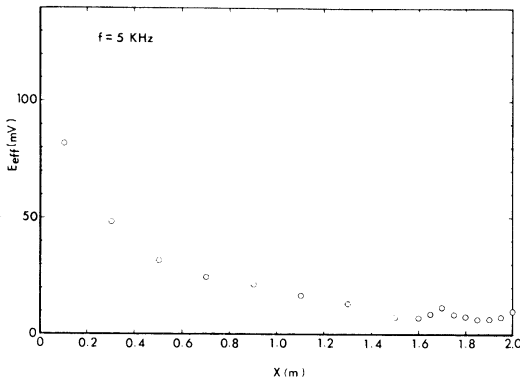


Fig. 3. Intensity of acoustic wave as a function of distance from loudspeaker

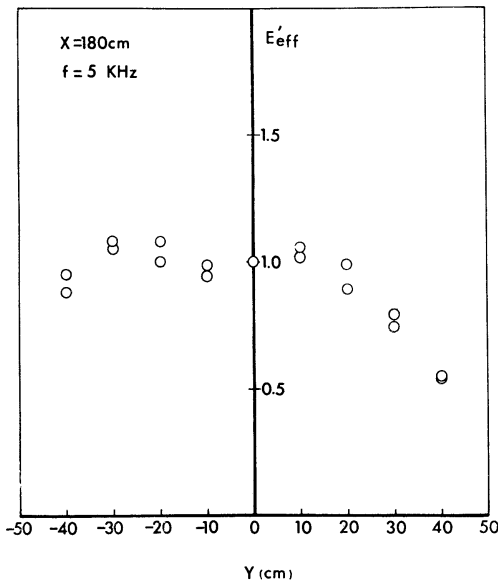


Fig. 4. Lateral uniformity of acoustic field

tance, which was also suggested by a potential theory of sound propagation from a point source. 2) And the intensity of the signal from the loudspeaker is proved to be proportional to the signal picked up by the microphone. 3) Lateral uniformity of the acoustic field is found by a simple experiment as shown in Fig. 4. 4) Frequency characteristics of the loudspeaker-microphone system in the acoustic field is checked and calibrated. 5) Emission of a sinusoidal sound from the loudspeaker results in the generation of a sinusoidal acoustic wave with different wave height.

Adding to that, an acoustic model for oscillations in harbours and bays requires the condition that the acoustic field is uniform and homogeneous, so that the above results should be referred through the acoustic model experiment.

4. **Acoustic model**

The purpose of this article is to clarify whether an acoustic analogy for oscillations in harbours and bays is possible as it has been for the hydraulic similarity. The author has tried to find out how accurate the acoustic model in reproducing by an comparison of an acoustic model of Longbeach Harbour (California, U.S. A.) and of a rectangular harbour, the theoretical oscillations of the harbours and their hydraulic experiments presented by LEE and RAICHLEN (1971), by LEE (1971) and by HWANG and TUCK (1970). The dimension of the acoustic model of Longbeach Harbour is taken as shown in Fig. 5, that is, the acoustic model of Longbeach Harbour is cut out of five acrylite plates of 1 m wide, 0.2 m long and 0.5 cm thick. The acoustic model is 1/3.99 of Lee's hydraulic model and is 1/18753 of the proto type in scale.

In the acoustic harbour model, the acoustic wave length  $L_s$  is determined by the given

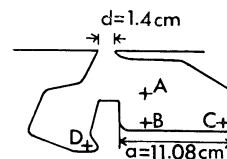


Fig. 5. Acoustic model of Longbeach Harbour

velocity of the sound  $c_s$  and the acoustic frequency  $f_s$  (or the acoustic period  $T_s$ ) as follows:

$$L_s = c_s \cdot T_s = c_s / f_s \quad (11)$$

where the velocity of the sound  $c_s$  in m/sec is a function of the air temperature  $\tau^\circ\text{C}$ , *i.e.*,

$$c_s = 331.0 + 0.6\tau \quad (12)$$

On the other hand, water waves in the basin are approximated and assumed to be long wave and

$$c_w = \sqrt{gh} \quad (13)$$

to reduce the wave length  $L_w$  by the use of  $c_w$  for the given water depth  $h$  and the given period  $T_w$  or the given frequency  $f_w$ . And then,

$$r_L = \frac{L_s}{L_w} = \frac{c_s \cdot T_s}{c_w T_w} = \left( \frac{c_s}{c_w} \right) \cdot \left( \frac{T_s}{T_w} \right) = r_c \cdot r_T \quad (14)$$

where  $r_c = r_v$  and  $r_T = r_l$ .

Now, assume  $h = 30$  cm to obtain  $c_w = 172.8$  cm/sec for the hydraulic model and  $\tau = 15^\circ\text{C}$  th obtain  $c_s = 340$  m/sec for the acoustic model, then, we have the constant

$$r_c = 196.7$$

The scale of the length for Longbeach Harbour is taken to be

$$r_L = 1/3.99$$

And we obtain the following value, *i.e.*,

$$r_T = \frac{r_L}{r_c} = 1/784.8 = 1/r_f \quad (15)$$

When the nondimensional wave number of the acoustic model corresponds to that of the hydraulic model, the relation should hold

$$k_w a_w = k_s a_s \quad (16)$$

And then,

$$\frac{2\pi r_a}{r_L} = \frac{2\pi r_n r_f}{r_c} = 1 \quad (17)$$

The existing acoustic waves emitted by the loudspeaker propagate in the three dimensional

space to form a spherical front. What is the best way to get an acoustic analogy? There should be several barriers to overcome through the acoustic model experiment. The height of the acoustic harbour model, *i.e.*, the distance between the ceiling and the bottom in the acoustic model is taken as a variable parameter  $b$ . The height denoted by  $b$  is obtained by piling the acrylite plates prepared for the experiment. And the acoustic model experiments were carried out for  $b = 0.5, 1.0, 1.5, 2.0$  and  $2.5$  cm respectively. Two acrylite plates of rectangular were used to form the ceiling and the bottom floor of the acoustic harbour model. The entrance of the harbour in the model is located so as to face the loudspeaker. And a microphone is installed in the plate for the ceiling.

The four stations, *i.e.*, A, B, C and D are taken as shown in Fig. 5 to observe and compare the acoustic model to the hydraulic model and to the theoretical model. The amplification factor are reduced as follows. At first, the intensity of the acoustic wave  $I_0$  in front of the harbour entrance is observed for the acoustic frequency ranging from 50 to 4000 Hz when the harbour entrance is closed. After that, the intensities of the acoustic waves at the stations  $I_A, I_B, I_C$  and  $I_D$  are observed for the same acoustic frequency band of  $I_0$  to reduce the ratio, for example,

$$R_A = I_A / I_0 \quad (18)$$

This ratio  $R_A$  is defined as an acoustic amplification factor at the station A. The ratio  $R_A$  is a function of the acoustic frequency as well as the observed values  $I_A$  and  $I_0$  are. In Fig. 6, the reduced ratio  $R_A$  for  $b = 2.0$  cm is shown by circles. The theoretical response function obtained by LEE (1971) is also drawn by a full-lined curve in Fig. 6. As for  $b = 0.5, 1.5$  and  $2.5$  cm, the ratio  $R_A$  is obtained to show as in Figs. 7 to 9 and to find out that the theoretical anticipation suggested the height  $b$  must be small, though the reduced ratios showed that the acoustic analogy held much better when  $b = 2.0$  or  $2.5$  cm than when the value of  $b$  is smaller. Judging from the result shown in Fig. 6, the discrepancy between the acoustic and the

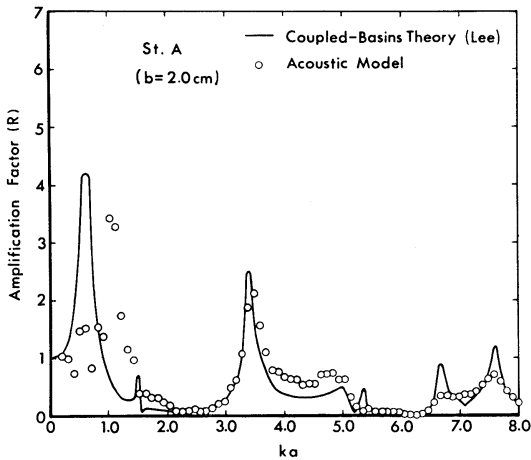


Fig. 6. Amplification factor of Longbeach Harbour in acoustic model at St. A ( $b=2.0$  cm)

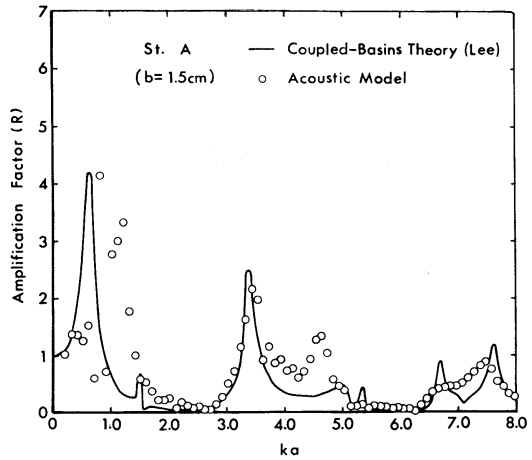


Fig. 8. Amplification factor for  $b=1.5$  cm at St. A in Longbeach Harbour model

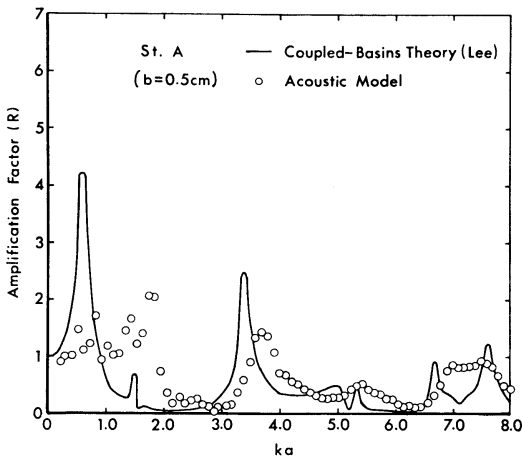


Fig. 7. Amplification factor for  $b=0.5$  cm at St. A in Longbeach Harbour model

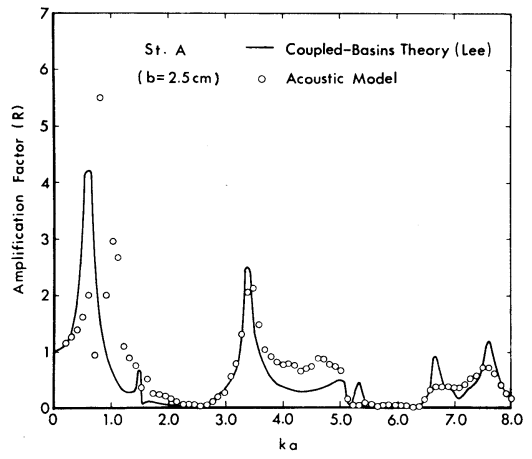


Fig. 9. Amplification factor for  $b=2.5$  cm at St. A in Longbeach Harbour model

theoretical models is caused by three significant causes, *i.e.*, 1) in the range of  $6.0 < ka < 8.0$ , the amplification in the acoustic model is much smaller than that in the theoretical model. This fact should be caused by the acoustic waves in this frequency range corresponding not to long waves but to deep water waves, 2) in the range of  $ka < 1.5$ , the disagreement between the experiment and the theory might be caused by the exact difference of the approximated boundary conditions in the model, 3) and the other causes of the error through the experiment depends on the accuracy of the instruments and the procedure. An important factor is the error

in selecting of the acoustic frequency for  $I_A$  and  $I_0$ . The error affects the accuracy of the amplification factor  $R_A$ .

In Fig. 10, the relation  $b/d$  and  $ka$  is shown for St. A. From this diagram, two types of the effects are found, *i.e.*, the one is that the value of  $ka$  at the resonance varies against the value of  $b/d$  and the other suggests that the scale effect of the acoustic field is significant when the value of  $ka$  is nearly equal to 0.7. The similar diagrams for the other stations are drawn to obtain the similar results. Figs. 11 to 13 for the stations B, C and D correspond to Fig. 6 for the station A.

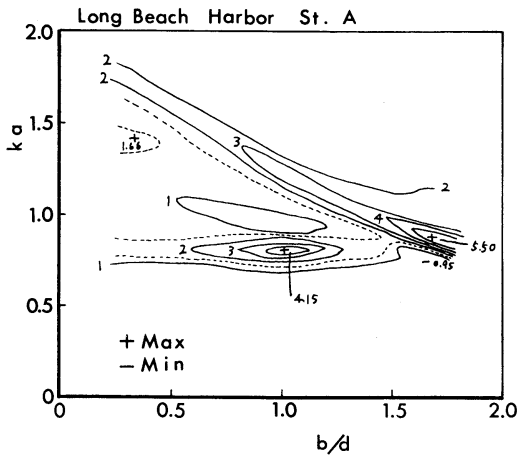


Fig. 10. Relation between  $b/d$  and  $ka$  at St. A in longbeach Harbour model  
Parameter is amplification factor

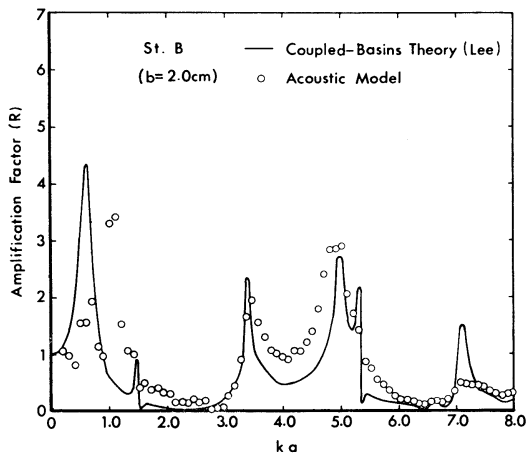


Fig. 11. Amplification factor of Longbeach Harbour in acoustic model at St. B ( $b=2.0$  cm)

A similar acoustic experiment is carried out for a rectangular bay of a constant depth as shown in Fig. 14. The author concludes that the acoustic analogy holds well for a narrow-mouthed bay or harbour after comparison of the acoustic model with the hydraulic models by LEE (1971) and by HWANG and TUCK (1970) as shown in Figs. 15 and 16 for the two stations A and B in the rectangular bay.

### 5. Conclusion

As the conclusions, at first, the author proved the theoretical possibility of analogy in an

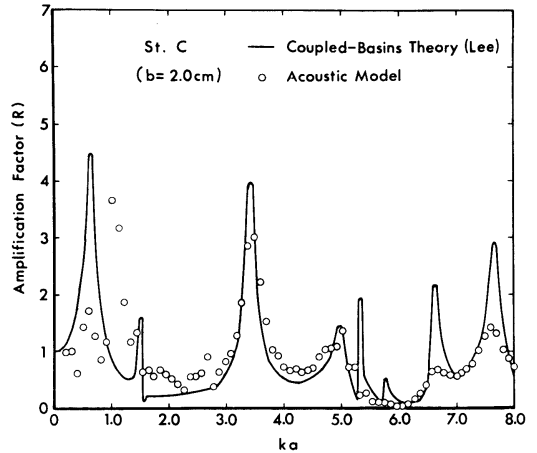


Fig. 12. Amplification factor of Longbeach Harbour in acoustic model at St. C ( $b=2.0$  cm)

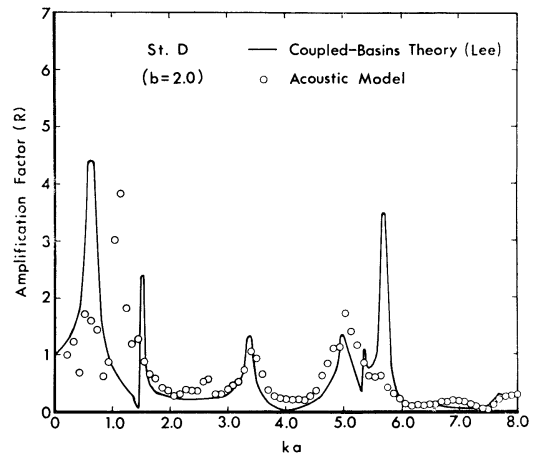


Fig. 13. Amplification factor of Longbeach Harbour in acoustic model at St. D ( $b=2.0$  cm)

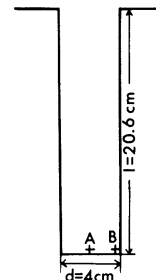


Fig. 14. Acoustic model of a rectangular bay

acoustic harbour model for an approximated long waves. Secondly, the conditions to realize a uniform acoustic field are studied referring

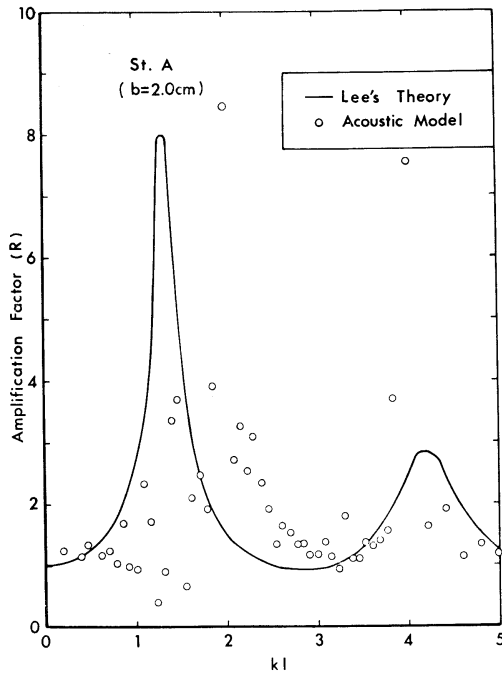


Fig. 15. Amplification factor of rectangular bay in acoustic model at St. A ( $b=2.0\text{cm}$ )

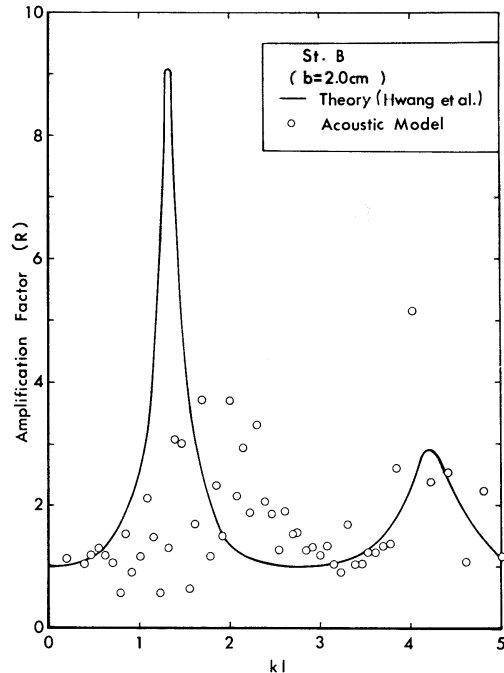


Fig. 16. Amplification factor of rectangular bay in acoustic model at St. B ( $b=2.0\text{cm}$ )

to the acoustic theory and experiments. An acoustic uniform field is necessary for a study of oscillations in harbours and bays. Thirdly, the acoustic harbour models are compared to the previous hydraulic and theoretical models which had been developed by LEE (1971) and by HWANG and TUCK (1970) to find a good correspondency in the amplification factor for Longbeach Harbour but for a rectangular bay. Adding to that, the necessary and limiting conditions are also considered for the acoustic harbour and bay model. As the result, the acoustic analogy is useful for solving the problems of oscillation in narrow-mouthed harbours and bays with the expectation of the future refinements of the experiment.

#### Acknowledgements

The author expresses an acknowledgement to Professor Yoshito TSUCHIYA of Kyoto University for his encouragement through the study and to Professor Yuichi IWAGAKI of Kyoto University and to Professor Fredric Raichlen of California Institute of Technology for their valuable discussions and comments on the

acoustic model experiment. And Professor Akira KAWABATA of Kyoto University gave suggestions and advices to the author in preparation of the acoustic field and model. The experiment was partly helped by Mr. Shigeo FUJIKI and by Mr. Masayoshi KOGE.

Lastly, the author has to give a remark that this study was started after the stimulation and discussions for the acoustic model of water waves by Professor Richard P. Shaw of State University of New York, and that this article is completed after the critical reading by Professor Masahide TOMINAGA of Kagoshima University.

#### References

- HWANG, L.S. and E.O. TUCK (1970): On the oscillations of harbours of arbitrary shape, *Jour. Fluid Mech.*, **42**, 447-467.
- JAMES, W. (1968): Rectangular resonators for harbour entrances, *Proc. 11th Conf. Coastal Eng.*, Chap. **98**, 1512-1530.
- LEE, J.J. (1971): Wave induced oscillations in harbours of arbitrary geometry, *Jour. Fluid Mech.*, **45**, 375-394.
- LEE, J.J. and F. RAICHLIN (1971): Wave induced

- oscillations in harbours with connected basins, W.M. Keck Lab., Hydraulics and Water Resources, Div. Eng. and Appl. Sci., CIT, Rep. No. KH-R-26, 1-135.
- MORROW, C.T. (1963): The marina as a two dimensional auditorium, Jour. Acoustical Soc. Amer., **35**, 1169-1172.
- NAKAMURA, S. and M. KOGE (1977): On an acoustic model experiment for sheltering water waves, Proc. 24th Conf. Coastal Eng. in Japan, 226-229.
- SHAW, R.P. and A. PARVULESCU (1971): An acoustic model for the experimental study of water wave problems, Jour. Acoustical Soc. Amer., **50**, 1443-1446.

## 港湾振動の音波モデルについて

中 村 重 久\*

要旨: 音波モデルによって港湾振動の問題を検討した。まづ最初に、音波モデルと水槽モデルとの間の相似関係を、運動方程式と連続方程式についてもとめ、相似関係の成立ったための条件を明らかにした。さらに、電子・音響機器系を用いて一様な音場をつくり、そこで港湾の音波モデルに関する振動特性を実験的に明らかにした。モデルとしては、カリフォルニアのロングビーチ港と長方形湾をえらび、音波モデルの実験結果を LEE (1971) や HWANG ら (1970) の水槽実験や理論の結果と比較して、その一致の程度と問題点を検討した。

---

\* 京都大学防災研究所, 宇治市五ヶ庄

## 南海舟状海盆及びその近傍の海底土の 物理, 化学, 粘土鉱物的性質\*

青 木 三 郎\*\*

### Physical, Chemical and Clay Mineralogical Properties of the two Sediments from Nankai Trough and its Environs

Saburo AOKI

**Abstract:** Physical, chemical, and mineralogical properties of the two sediments taken at Nankai trough are examined by means of various methods. Results are that their properties are fundamentally concordant with those of shallow water sediments of coastal bay or harbour of Japanese Islands. This may be due to near-shore samples, though the sediments were collected from the depth deeper than 1,000 m.

#### 1. はしがき

日本列島周辺の浅海底土の諸物性を明らかにした研究報告は最近増加の一途をたどっている。しかし、1,000 m を越える大水深下の海底土のこととなると土木工学的意義が減少する為か調査、研究例は極めて少ない。先に青木(1977)<sup>1)</sup>は、4,000~6,000 m の水深を示す中央太平洋海盆底の柱状土を調べ、底質または海域によって土の物理的、鉱物的性質が異なることを報告した。本報告では、水深 3,000 m を越す舟状海盆底とその近傍の海底から採取された 2 試料の物理、化学、粘土鉱物的性質を明らかにすることができたので、その結果について若干の考察を加えて述べる。

#### 2. 試料と試験

試験に供した海底土は、1974年金属鉱業事業団所属の地質調査船白嶺丸(1,822 ton)により、伊豆半島南西沖の南海舟状海盆底(St. 1, 水深 3,500 m)とその近傍、銭州堆北西の海底(St. 2, 水深

1,350m)の2地点で採泥されたものである。St. 1では改良型オケアングラブサンプラーが、St. 2では円筒式採泥器が使用された。丸山(1976, 私信)によれば、底質は St. 1 が灰緑色のシルト質粘土、St. 2 は有孔虫遺骸を含む泥と集塊岩状砂岩(湯ヶ島統?)及び同定されない緑色岩である。

試験項目は物理試験として、含水比  $w$ , 比重  $G_s$ , 液性限界  $w_L$ , 塑性限界  $w_P$ , 収縮限界  $w_s$ , と 2 ミクロン以下の重量百分率を求めた。化学試験はケイ酸塩分析と重クロム酸法による有機物含有量を、鉱物試験には X 線回析と示差熱分析を実施した。

#### 3. 試験結果

##### 3.1. 物理的性質

物理試験結果を Table 1 に示した。得た結果を日本周辺の浅海底土を調べた松本・小川(1969)<sup>2)</sup>の報告、駿河湾底土を調査した中村・大草(1975)<sup>3)</sup>の報告と比較検討した。

本試料の含水比は 64% (St. 2) と 76% (St. 1) であるがこれらの値は日本の港湾底土の平均値 69% とほぼ等しい。しかし、同じ港湾底土でもヘドロとなると 300% 以上を示し(松尾・嘉門, 1973)<sup>4)</sup>,

\* 1977年6月10日受理

\*\* 東洋大学自然科学研究室, 東京都文京区白山5-28-20  
Natural Science Laboratory, Toyo University 5-28-20, Hakusan Bunkyo-ku Tokyo 112, Japan.



また深海底土の例では中央太平洋海盆底の表層土は250~300%を示し(青木, 1977)<sup>1)</sup>, 底質により含水比がかなり違っている。

Fig. 2 に比重-水深相関図を示す。一般に海底土中の粒子比重は水深の増大と共に大きくなるといわれているが, 本試料でもその傾向がうかがえる。駿河湾の試料は1,400 m 以浅で採取されたものでその土粒子比重は2.685であり, 日本周辺の

浅海底土の平均値2.69に等しいが, いずれも本試料の平均値2.710よりも幾分小さい。次に土粒子比重値は有機炭素量と負の相関性があるといわれるが, 本試料では逆の結果が得られた。

本試料では2ミクロン以下の重量%は水深, 底質によって差異は認められない。

コンシステンシー特性には差異が認められる。St. 1はSt. 2よりも液性, 塑性, 収縮限界値がともに小さい。いっぽうこの測定値の差異をカサグラन्दの塑性分類図(Fig. 3)上に照合してみる

Table 1. Physical property of the present samples

	St. 1	St. 2
Water content ( <i>w</i> )	76 %	64 %
Specific gravity ( <i>G<sub>s</sub></i> )	2.728	2.691
Liquid limit ( <i>w<sub>L</sub></i> )	38 %	61 %
Plasticity limit ( <i>w<sub>P</sub></i> )	25 %	30 %
Plasticity index ( <i>I<sub>p</sub></i> )	12 %	31 %
Shrinkage limit ( <i>w<sub>s</sub></i> )	20 %	26 %
Clay fraction less than 2 micron	20 %	18 %
Organic carbon	1.59 %	1.30 %
Activity (A)	0.6	1.7

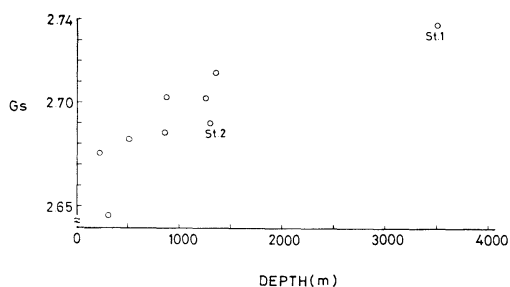


Fig. 2. Relationship between specific gravity (*G<sub>s</sub>*) and water depth. Data except samples St. 1 and 2 are reported by Nakamura and Ohkusa (1975).<sup>③</sup>

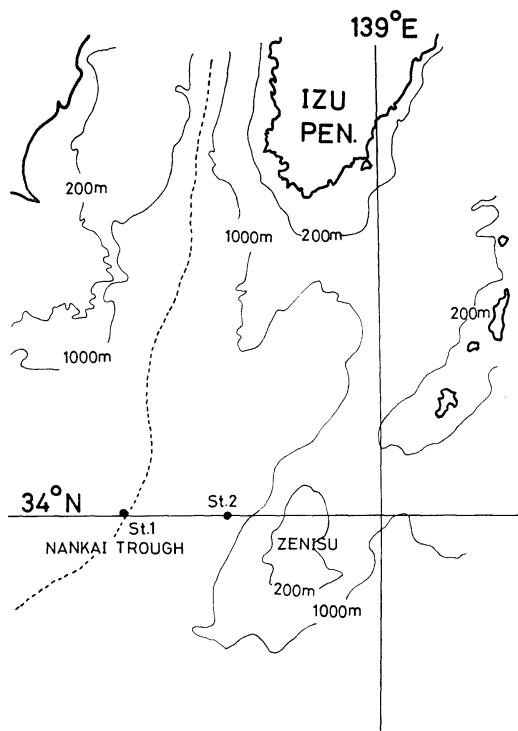


Fig. 1. Location of sample

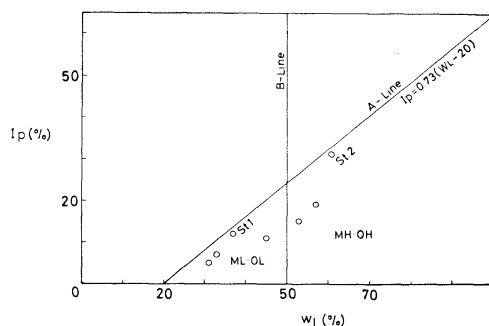


Fig. 3. Relationship between plasticity index (*I<sub>p</sub>*) and liquid limit (*W<sub>L</sub>*). Data except samples St. 1 and 2 are reported by Nakamura and Ohkusa (1975).<sup>③</sup>

ML means inorganic silt, very fine sand and silt of very low plasticity

OL means organic silt or clay of low plasticity

MH means inorganic silt, micaceous or diatomaceous silty clay and elastic silt contained fine sand

OH means organic clay or silt of middle to high plasticity

と、St. 1はA線上のML・OLの中間にプロットされるのに対して、St. 2はA線上にのるものの、MH・OHの中間に位置する。しかし、両試料共無機質粘土に属することを示す。とくに St. 1は雲母質粘土に分類されるものであるが、後述するX線分析の結果は同試料が雲母(イライト)に富む海底土であることを示した。また塑性指数Ipを粘土分含有量で割った値で示される活性度Aは両試料で異なり、鉍物種量の微妙な変化を暗示しているのかもしれない。

3.2. 化学的性質

有機炭素量, 灼熱減量, 土粒子比重の間には一般に有意な関係が認められている。本試料でも有機炭素量と比重の間には負の相関性が認められる。しかし、有機炭素量と灼熱減量の間には駿河湾底土の場合に認められた相関性はなかった(Fig. 4)。St. 2の有機炭素量が1.3%に対して灼熱減量が11.0%と大きな値を示したのは、やや粗粒な有孔虫遺骸の炭酸カルシウムの灼熱減量によるものと思われる。このことは後述するDT, TG曲線から認められ、また粘土分含有量と灼熱減量の間(Fig. 5)に相関性が認められなかったことも以上のことを裏づけている。

重量法による粘土分(<2μm)のケイ酸塩分析結果をTable 2に示した。両試料間での各元素の重量比の違いは、SiO<sub>2</sub>, CaO, 灼熱減量で認めら

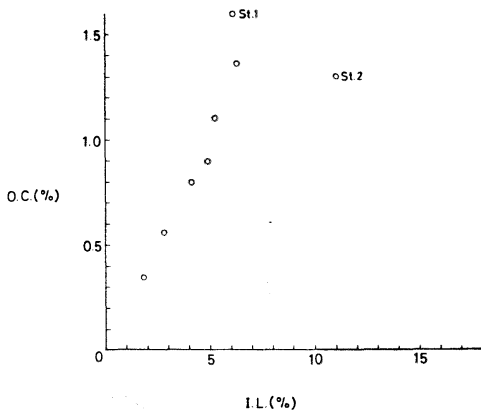


Fig. 4. Relationship between the content of organic carbon (OC) and ignition loss (IL). Data except samples St. 1 and 2 are reported by Nakamura and Ohkusa (1975).<sup>③</sup>

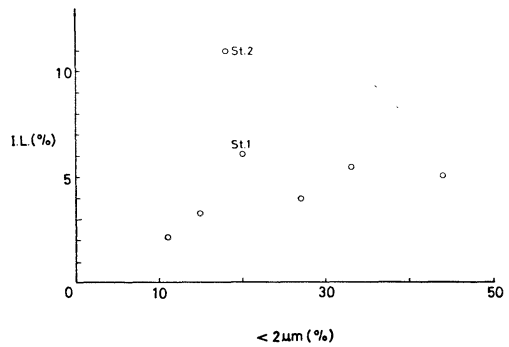


Fig. 5. Relationship between ignition loss (IL) and weight percent of the clay fraction less than 2 micron. Data except samples St. 1 and 2 are reported by Nakamura and Ohkusa (1975).<sup>③</sup>

Table 2. Chemical composition of clay fraction (<2 μm)

	St. 1	St. 2
SiO <sub>2</sub>	64.87	55.02
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.30	11.83
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7.55	7.40
TiO <sub>2</sub>	0.78	0.57
MnO	0.03	0.03
CaO	1.78	0.03
MgO	2.28	9.55
Na <sub>2</sub> O	1.62	1.09
K <sub>2</sub> O	1.45	1.09
H <sub>2</sub> O(-)	1.31	1.85
lg. loss	4.11	9.23
Total (%)	99.08	99.97

れる。これは両試料間の含有鉍物種の違いによるものであることは明らかで、St. 1は粘土鉍物を主としたケイ酸塩鉍物が圧倒的に多いのに対して、St. 2は有孔虫遺骸をかなり含む為方解石が主要鉍物成分の1つとなっている。アルカリ元素がSt. 1に相対的に多いのも上述したことを物語っている。化学分析値全体のことでいえば、Aoki(1973)<sup>④</sup>がこれまで分析したものの中では日本海海底土の分析値に近い。つまりより碎屑性起源の物質といえよう。

3.3. 粘土鉍物的性質

粘土分(<2μm)のX線回析結果をTable 3に示す。両試料の未処理, 各種処理後のX線回析パターンをFig. 6に示した。試料中の鉍物種につ

Table 3. Clay mineral composition and non-clay mineral species in clay fraction (<2 μm)

	St. 1	St. 2
Montmorillonite	7 %	12 %
Chlorite	14 %	20 %
Illite	71 %	63 %
Kaolinite	8 %	5 %
Quartz	present	present
Feldspar	present	present
Calcite	none	present

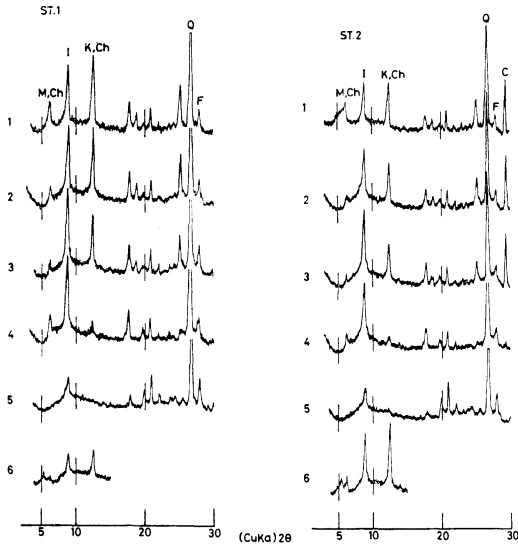


Fig. 6. X-ray diffraction patterns of clay fraction (<2 μm). 1. Untreated. 2. Heated at 300°C. 3. Heated at 450°C. 4. Heated at 550°C. 5. Treated with hydrochloric acid. 6. Treated with ethylene glycol.

M: montmorillonite Ch: chlorite K: kaolinite I: illite Q: quartz F: feldspar C: calcite

いていえば, St. 2 に含まれる方解石を除けば両試料共全く同じ鉱物相である。粘土鉱物の量比(Oinuma, 1968)<sup>6)</sup> についていえば両試料共モンモリロナイトの少量さが目立つ。Oinuma and Kobayashi (1966)<sup>7)</sup> によれば, 日本列島に沿う太平洋の海底土は一般にモンモリロナイトが卓越している。青木 (1975)<sup>8)</sup> も房総沖の柱状土を調べモンモリロナイトがもっとも多く含まれていると報告した。本試料ではイライトがもっと優勢な鉱物となっている。このことは海域によって粘土鉱物の量比が様々であることを示す一例であろう。

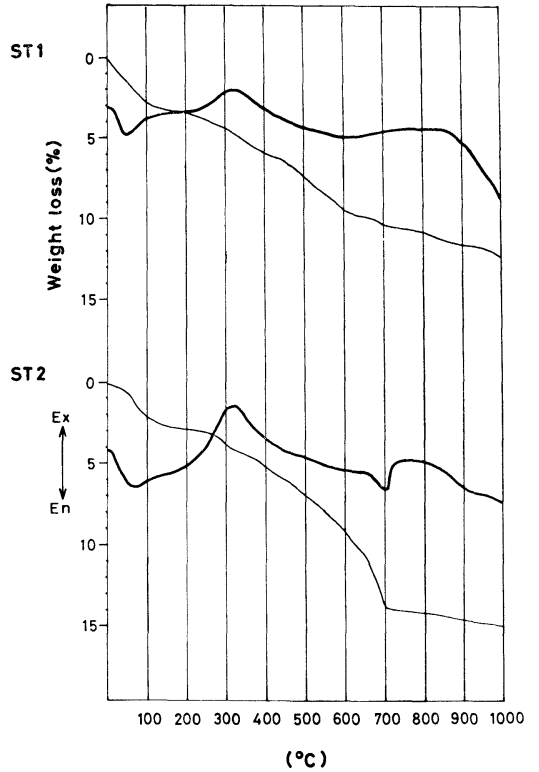


Fig. 7. Differential thermal curves and the weight-loss curves. Ex (exothermic peak); En (endothermic peak)

Fig. 7 は両試料の DT, TG 曲線である。曲線の 300°C 附近の発熱反応は有機物によるものである。St. 2 の 700°C 附近の吸熱ピークは方解石によるもので, この温度以上では減量曲線は横ばいとなっている。

#### 4. あとがき

水深 3,000 m を越す舟状海盆とその近傍の斜面から採取された大水深下の海底土の物性を明らかにすることができた。結果は物理, 化学, 粘土鉱物学的性質は, 隣接する駿河湾や日本周辺の浅海底土と異質なものでないことが判った。このことは, 1,000 m を越える大水深下の海底土であっても採泥地点が陸地に近接していることに関連しているものといえる。今回の物理試験は純水のみで実施したが, 海水による試験結果とは一般に異なることが指摘されているので, 今後, 同試験には

純水、海水の両方で実施するつもりである。

報告をまとめるにあたり日頃ご指導をいただいています東洋大学の生沼郁教授と、貴重な資料を提供して下さった通産省地質調査所丸山修司主任研究官に厚くお礼申し上げます。

#### 参 考 文 献

- 1) 青木三郎 (1977): 深海底土の物理、鉱物的性質(中央太平洋海盆底土を例として). 土と基礎, 25 (5), 21-28.
- 2) 松本一明, 小川富美子 (1969): 港湾地域における土の工学的諸係数の相関性について. 港湾技研資料, No. 71, 40 p.
- 3) 中村隆昭, 大草重康 (1975): 駿河湾における海底土の物理化学的性質. 第10回土質工学研究発表会, 63-66.
- 4) 松尾新一郎, 嘉門雅史 (1973): 物理化学的見地からのいわゆるヘドロの工学的性質について. 土木学会論文集, 209号, 103-113.
- 5) AOKI, S. (1973): Study on clay minerals in marine sediments. A thesis for a doctorate dedicated to Tokyo University of Education, 103 p.
- 6) OINUMA, K. (1968): Method of quantitative estimation of clay minerals in sediments by X-ray diffraction analysis. J. Toyo Univ., General Education (Nat. Sci.) (10), 1-15.
- 7) OINUMA, K. and KOBAYASHI, K. (1966): Quantitative study of clay minerals in some recent marine sediments and sedimentary rocks from Japan. Clays and Clay Minerals, Proc. of 14th. Nat. Conf., 209-219, Pergamon Press.
- 8) 青木三郎 (1975): 房総半島南西沖海底から採取された一柱状堆積物中の粘土鉱物と石膏. うみ, 第13巻, 第1号, 15-19.

## Some Examples of the Effect of the Resolution of the Bottom Topography on the Finite Difference Solution of the Barotropic General Circulation\*

Kenzo TAKANO\*\*

**Abstract:** Two particular cases are taken as examples showing how fine the horizontal and vertical grid distances should be to resolve the bottom topography for the finite difference solution of the general circulation in a homogeneous ocean. In the first case, the ocean depth is assumed to increase with latitude so that the planetary vorticity advection is completely canceled out, though there is in reality no such a large scale, well organized bottom topography. Comparison of the finite difference solution with the exact analytical solution shows that the topographic effect, unrealistically magnified by assuming the constant density, is not readily simulated. The second case is concerned with a ridge rising in the western boundary region in an ocean of constant depth. Various resolutions of the ridge do not lead to significantly different results.

### 1. Introduction

The irregular bottom topography is usually approximated by a number of steps in most of the numerical studies on the ocean circulation. Although an infinite number of steps could make a smoothly sloping bottom, practically a limited number of steps are used under restriction of the computer facilities, so that they make a terraced bottom with mural cliffs.

Very little is known about to what degree such a stepwise representation of the bottom is capable of simulating its effect on the general circulation. The degree of approximation depends not only on the grid point arrangement but also on the scale and baroclinicity of water motion and the scale of the bottom irregularity.

The present note does not deal with the general principles of the resolution of the bottom topography but with only a few examples in two particular cases to show the effect of the resolution on the barotropic general circulation in terms of the stream function for the vertical integral of the horizontal velocity. In the first case, the ocean depth is assumed to increase with latitude as a sinusoidal function

of latitude. In the second case, the depth is constant except on a ridge rising by the western boundary.

The general circulation model used is almost the same as that described in a previous note (TAKANO, 1974) except for the ocean depth which is assumed there to be constant but variable in the present study.

A coarse grid of  $1^\circ$  to  $4^\circ$  is set up. The momentum advection is neglected, because it has no significant effect for a grid size greater than about 100 km. The meso-scale eddies are consequently neglected. As far as the present purpose is concerned, this simplification should not be of crucial importance.

Although the model is a three-dimensional model, only a homogeneous ocean is dealt with here, which makes it easy to evaluate to what extent the finite difference solution is close to the exact one. Then, there would be no necessity for solving the momentum equations as is done here. A more efficient and straightforward way is to solve only the vorticity equation as a two-dimensional problem. However, since the homogeneous density case serves as a good test of the behaviour of the three-dimensional model relevant to the non-homogeneous density case, we use a three-dimensional baroclinic model, of which one component

\* Received June 29th, 1977

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

is the vorticity equation for the vertical average of the horizontal component of the velocity.

The model ocean is bounded by two parallels of 10°N and 50°N, and two meridians apart 38° in longitude. The wind stress  $\tau$  is westward in the southern half and eastward in the northern half as given by

$$\tau = -\cos \pi \frac{\varphi - 10^\circ}{40^\circ}, \quad (1)$$

where  $\varphi$  is the latitude.

The boundary conditions are as follows. The surface momentum flux is given by the prescribed wind stress (1). There is no slip along the lateral boundary, no friction at the bottom. The coefficient of horizontal eddy viscosity is taken as  $5 \times 10^8 \text{ cm}^2/\text{s}$ . The coefficient of vertical eddy viscosity is  $1 \text{ cm}^2/\text{s}$ . The latter has

anyway no effect on the stream function for the vertical integral of the horizontal velocity.

### 2. Case I

The ocean depth is given by

$$H = H_0 \sin \varphi, \quad (2)$$

where  $H_0$  is a constant, taken as 7526 m.

The depth is 1307 m at the southern boundary and 5765 m at the northern boundary.

It is readily shown that the planetary vorticity advection ( $\beta$ -term) due to the variation of the Coriolis parameter is canceled out by the vorticity advection generated by the change of depth (2). Hence, no western boundary current appears anymore. The stream lines for the vertical integral of the horizontal velocity are distributed almost symmetrically with respect

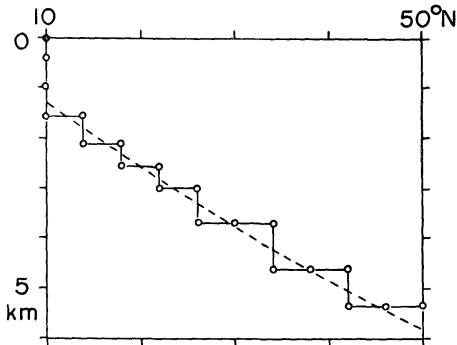


Fig. 1a. Model depth in Example 1.

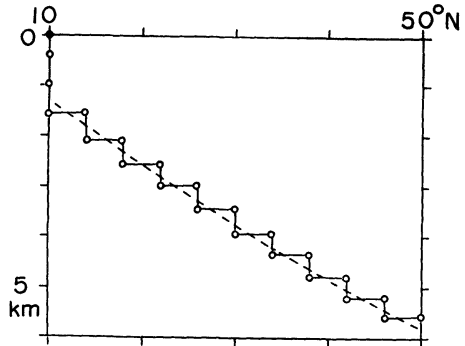


Fig. 2a. Model depth in Example 2.

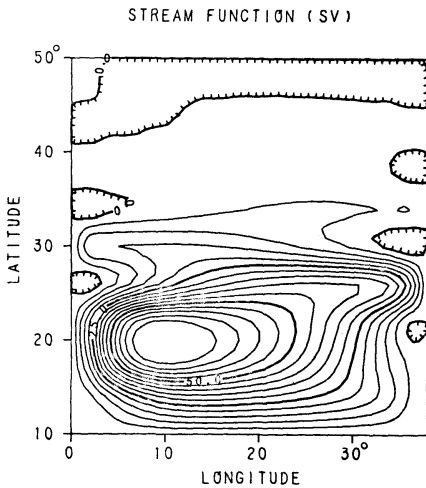


Fig. 1b. Stream lines in Example 1.

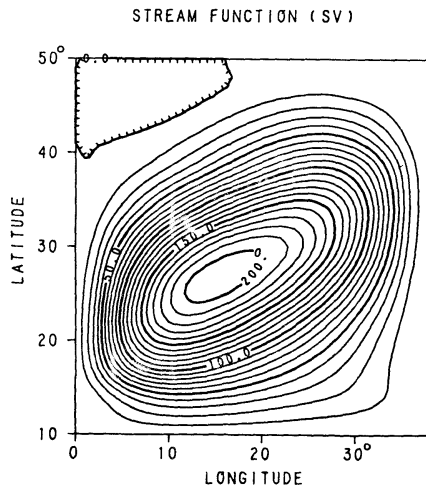


Fig. 2b. Stream lines in Example 2.

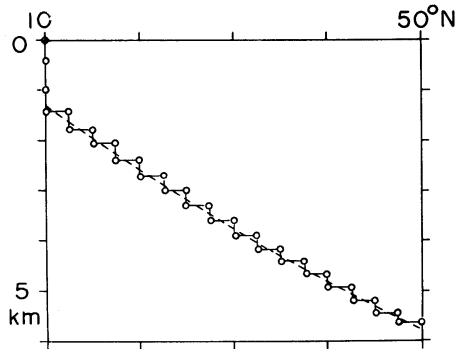


Fig. 3a. Model depth in Example 3.

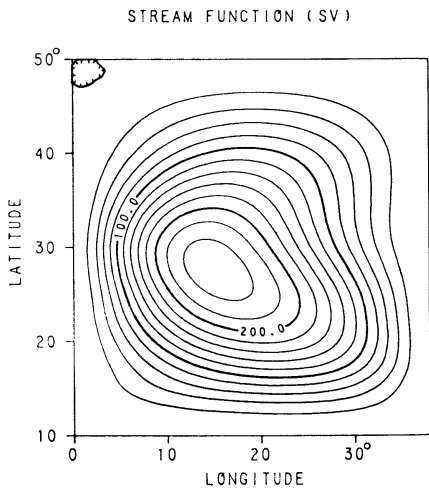


Fig. 3b. Stream lines in Example 3.

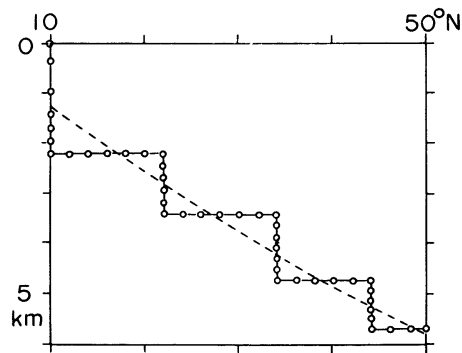


Fig. 4a. Model depth in Example 4.

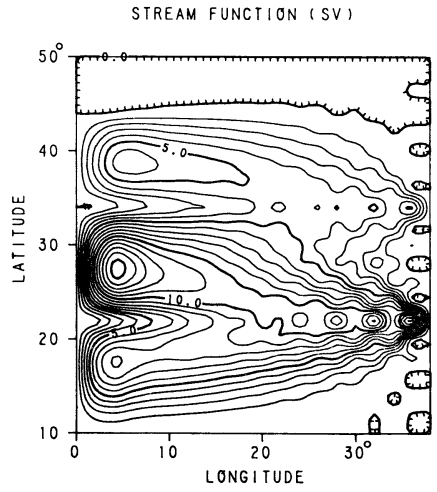


Fig. 4b. Stream lines in Example 4.

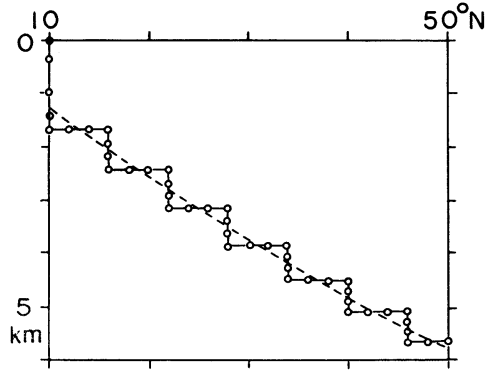


Fig. 5a. Model depth in Example 5.

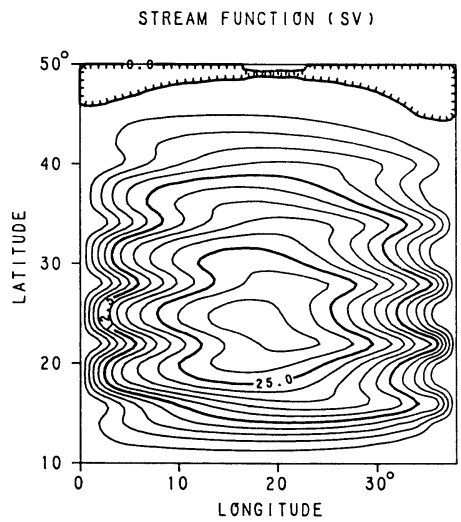


Fig. 5b. Stream lines in Example 5.

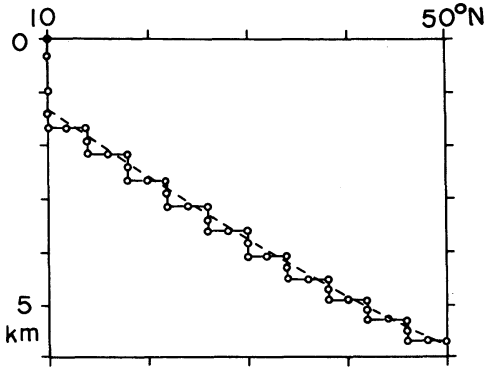


Fig. 6a. Model depth in Example 6.

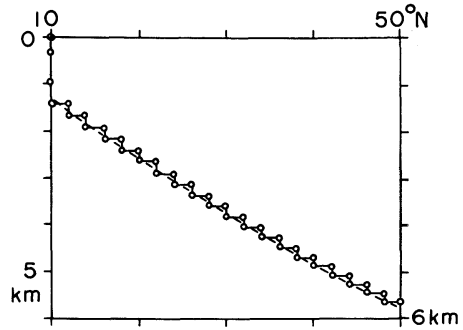


Fig. 7a. Model depth in Example 7.

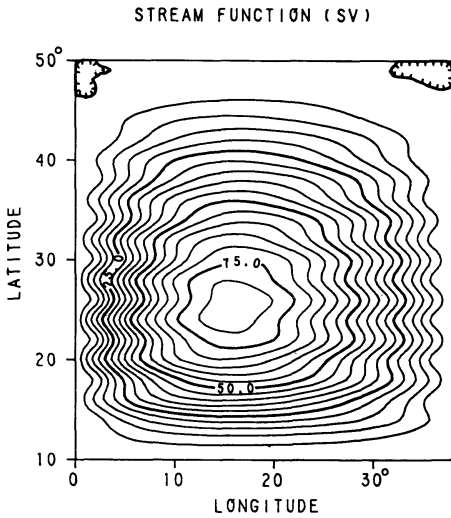


Fig. 6b. Stream lines in Example 6.

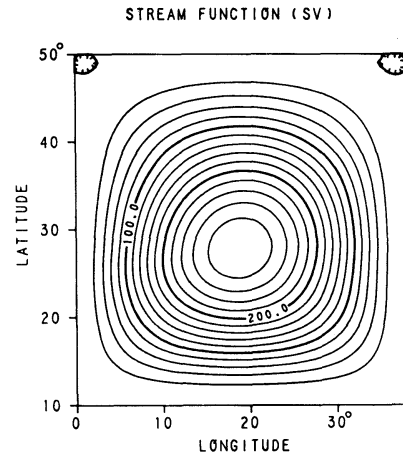


Fig. 7b. Stream lines in Example 7.

Table 1. Features of the examples in Case I

Example	levels	grid size (latitude)	model depth	stream lines	total transport
1	9	4°	Fig. 1a	Fig. 1b	73.5 sv
2	12	4°	Fig. 2a	Fig. 2b	208 sv
2'	12	4°			354 sv
3	18	2.5°	Fig. 3a	Fig. 3b	252 sv
4			Fig. 4a	Fig. 4b	15.2 sv
5			Fig. 5a	Fig. 5b	31.1 sv
6	22	2°	Fig. 6a	Fig. 6b	82.0 sv
7			Fig. 7a	Fig. 7b	296 sv
7'				Fig. 8	299 sv

to the center of the ocean. The problem is, therefore, to show to what extent a finite difference solution can simulate such a circulation which is analytically anticipated.

A number of experiments are carried out for

various model depths and grid sizes. We shall present below nine of them. The model depths are given in Figs. 1a to 7a. Open circles represent the grid points at the lower and southern boundaries where the vertical component of the



velocity is defined.

Starting from an initial state, the time integration of the momentum equations and of the vorticity equation is forwarded with a time step of 3 hours until an almost steady state is reached. A period of 100 to 300 days is long enough.

Table 1 gives the number of the levels, the grid size in latitude, the number of the figure showing the model depth, the number of the figure showing the resulting stream lines, and the maximum value of the stream function (total transport) for each experiment. The grid size in longitude is  $2^\circ$  in all the examples. Examples 2' and 7' are somewhat fictitious cases where the depth is constant everywhere but there is no variation of the Coriolis parameter with latitude in the vorticity equation, while the Coriolis parameter is kept variable in the equations of momentum. The circulation in these two examples is practically identical with the analytically anticipated circulation where the planetary vorticity advection is completely canceled out by the change of the ocean depth.

Figures 1b to 7b show that Example 7 gives the best result. The circulation is quite similar to that in Example 7' shown in Fig. 8. Its total transport differs very little from that in Example 7'. Example 3 gives a good result, too. However, the effect of the planetary vorticity advection leaves its trace. Still retaining

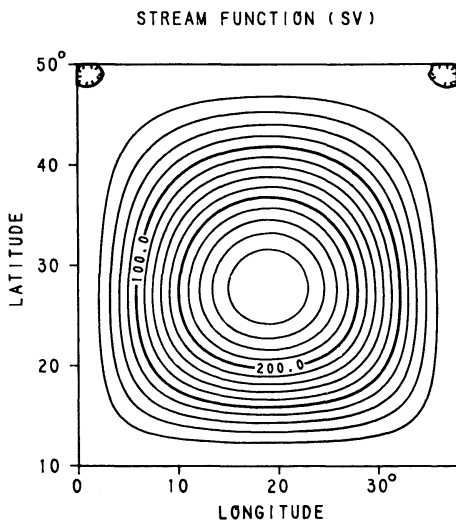


Fig. 8. Stream lines in Example 7'.

traces of the western boundary current, the stream lines are cloudy in the western to north-western part of the ocean basin. Moreover, each stream line is of irregular shape compared with that in Fig. 7b. The total transport is strikingly smaller (252 sv), and the center of the circulation is shifted a little to the west. A grid size of  $2.5^\circ$  in latitude and 18 levels in the vertical are certainly not fine enough.

However, the decrease of the grid size in latitude does not always bring about a better result unless the vertical resolution is correspondingly improved. In other words, the optimum horizontal resolution is closely related with the vertical resolution. Figures 4 to 6 are examples of the wrong choice of the vertical resolution for a given horizontal resolution, and of the wrong choice of the horizontal resolution for a given vertical resolution.

The stream lines meander in Fig. 6b. Reflecting the sharp change of the model depth at a mural cliff between two adjacent steps, the northward flow in the western region deflects eastward and the southward flow in the central and eastern regions deflects westward. Although the general aspect of the circulation is not very fallacious in a sense that no western boundary current develops, the total transport is only 82.9 sv, much smaller than in Examples 7 and 7'.

Such a meander further develops in Fig. 5b. The meander becomes so strong that the weak western boundary currents and weak eastern boundary currents appear alternatively every other three grid points. Since there are two grid points on the step between two adjacent cliffs as shown in Fig. 5a, the current hardly realizes the depth change (2) at these grid points on the flat portion of the model depth, and then the western boundary currents tend to develop on each step. At a mural cliff on the edge of the step, however, the change of the model depth is much steeper than that given by (2), so that the variation of the Coriolis parameter with latitude is over-canceled, which gives rise to the eastern boundary current as if the rotation of the earth were inverted. The maximum value of the stream function is decreased to 31.1 sv, though it is still located

near the center of the ocean basin.

Example 4 thoroughly fails in simulating the effect of the bottom topography given by (2), whereas the circulation in Fig. 4b is probably a good approximate solution for the prescribed stepwise change of the model depth shown in Fig. 4a. The horizontal and vertical resolutions do not match well each other. They are to be chosen in such a way that the gradient of the model depth is as close as possible to that prescribed by (2) at most of the grid points. Example 6 is an example of the wrong choice, too. Both examples 2 and 6 are concerned with a similar model depth, but the result in Example 2 using a coarser grid is much better. The total transport is 208 sv in Example 2 but only 82.9 sv in Example 6. This might be interpreted by the fact that the gradient of the depth (2) is properly approximated at all the grid points in Example 2, whereas it is not so in Example 6 where the horizontal grid size is too small for the vertical grid size.

When there is no planetary vorticity advection in the ocean of constant depth, the total transport is 354 sv in Example 2' and 299 sv in Example 7'. This difference of the transport between Examples 2' and 7' should be mainly attributed to the coefficient of horizontal eddy viscosity. The total transport is inversely proportional to the coefficient of horizontal eddy viscosity, because the external forcing (wind stress curl) is balanced with the vorticity diffusion alone in the vorticity equation. Although the coefficient of horizontal eddy viscosity is to be made large with the grid size, a constant value of  $5 \times 10^8 \text{ cm}^2/\text{s}$  is used in all the examples. Therefore, 354 sv by a coarser grid in Example 2' would be decreased if a larger coefficient be correspondingly taken, and 299 sv in Example 7' would be increased if a smaller coefficient be properly taken. The difference between Examples 3 and 7 is interpreted in a similar way.

In Example 1 where only nine levels are set up, a broad boundary current develops along the southern half of the western boundary. There are weak western and eastern boundary currents which alternatively appear in the northern half of the ocean basin as in Fig. 5b,

but they are too weak to be illustrated in the figure.

In all the above examples, the mural cliffs are made frictionless, consistent with the condition at the bottom assumed to be frictionless. Supplementary calculations are carried out on the assumption that there is no slip along the mural cliffs as is along the lateral boundary. The total transport is decreased by about 10 to 20 %; for instance, it is decreased from 73.5 sv to 67.8 sv in Example 1, from 208 sv to 186 sv in Example 2, and from 252 sv to 209 sv in Example 3. However, there is practically no qualitative change in the pattern of the stream lines.

### 3. Case II

A smaller scale bottom irregularity is set up in an ocean geometrically similar to the ocean in Case I. The depth is constant (4000 m) but a ridge rising in the western boundary region. Four experiments are carried out for four different model ridges. The top of the ridge is 400 m deep. Its geometry is shown in Fig. 9 and Table 2 for Examples 1 to 3, and in

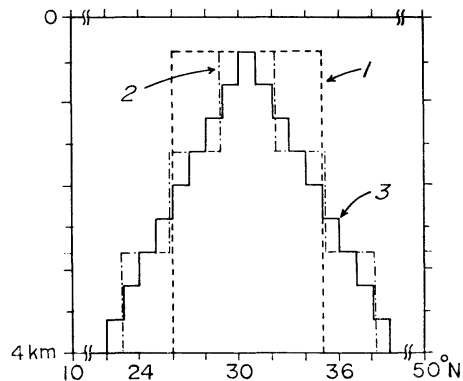


Fig. 9. Meridional section of the ridge for Examples 1 to 3 in Case II.

Table 2. Model ridges in Case II

Example	width (longitude)		length (latitude)	
	bottom	top	bottom	top
1	6°	6°	9°	9°
2	6°	6°	15°	3°
3	6°	6°	17°	1°
4	10°	2°	17°	1°

Table 3. Depth of the ridge in Example 4.  
The portion north of 34°N is left out.  
(units: 100 m)

34°	12	12	16	36	40	40	
33	8	8	12	35	40	40	
32	4	8	12	32	36	40	
31	8	8	12	36	40	40	
30	12	12	16	36	40	40	
29	16	16	20	36	40	40	
28	20	20	20	40	40	40	
27	24	24	24	40	40	40	
26	28	28	28	40	40	40	
25	32	32	32	40	40	40	
24	36	36	36	40	40	40	
23	40	40	40	40	40	40	
22							
	0	2	4	6	8	10	12°

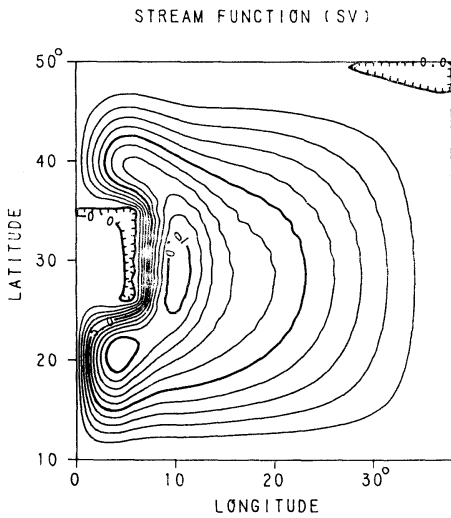


Fig. 10. Stream lines in Example 1 in Case II.

Tables 2 and 3 for Example 4. The model ridge, symmetric with respect to a parallel of 31.5°N, is a parallelepiped block standing vertically in Example 1, a hill gently sloping to both the north and south but precipitously sloping to the east in Examples 2 and 3, and a gentle hill sloping to the north, east and south in Example 4. The volume of the ridge is almost equal to each other. The grid size is 1° in latitude, and 2° in longitude. The horizontal

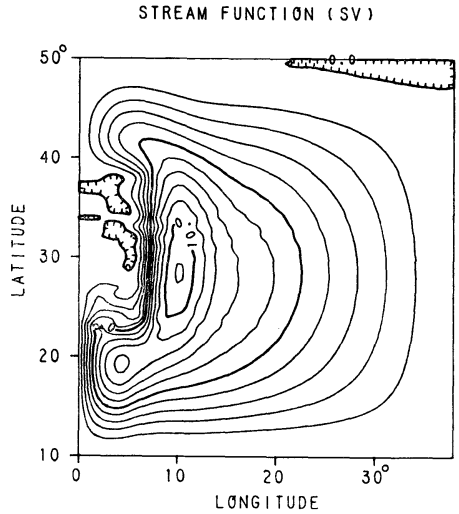


Fig. 11. Stream lines in Example 2 in Case II.

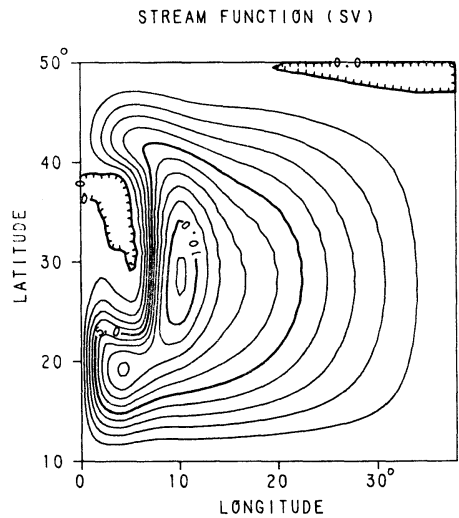


Fig. 12. Stream lines in Example 3 in Case II.

components of the velocity are calculated at eleven levels at almost equal intervals. The wind stress is given by (1). The time integration of the equations of momentum is carried forward over about 300 days with a time step of 3 hours. Figures 10 to 13 show the stream lines in four examples.

Approaching the ridge, the northward western boundary current turns to the east as expected. The turning point in Examples 3 and 4 is located a little to the north compared with Examples 1 and 2, although the foot of the hill

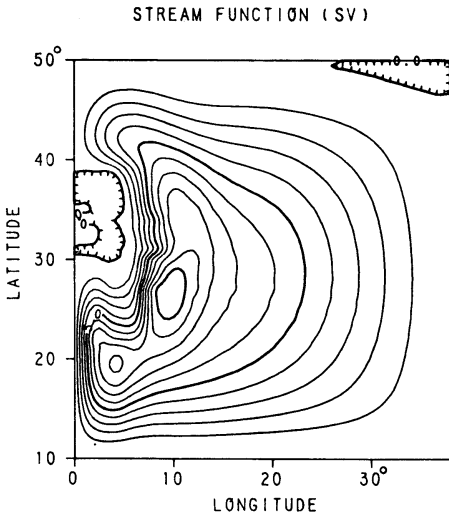


Fig. 13. Stream lines in Example 4 in Case II.

is located a little to the south compared with Examples 1 and 2. The transport of the western boundary current and the location of the maximum value of the stream function are slightly different from each other. The boundary current east of the ridge is a little broader in Example 4 than in the other Examples, probably due to the effect of the east side sloping eastward. There is, however, no significant difference between the results of the four examples. This presents a striking contrast to Case I. The large scale circulation and the western boundary current are insensitive to the resolution of such a small scale bottom irregularity.

#### 4. Summary

Since the present study is concerned with the barotropic circulation, the bottom currents are unrealistically intensified, which in turn overstates the effect of the bottom topography and the resolution of it on the finite difference solution.

In Case I, about 20 levels are required for the vertical resolution in order that the step-wise approximation of the bottom irregularity  $H=H_0 \sin \varphi$  has a correct effect. Special attention should be paid to the vertical and horizontal resolutions which are closely interdependent. A finer horizontal resolution does not always bring about a better result unless a finer vertical resolution is correspondingly used. In this regard, it is useful to vary, according to the bottom slope, the thickness of the lowermost layer so as to correctly simulate the bottom slope at most of the grid points irrespective of the horizontal and vertical resolutions.

The effect of the resolution appears to be of no great importance for the small scale bottom topography in Case II.

#### Reference

- TAKANO, K. (1974): A general circulation model for the world ocean. Num. Simul. Weather and Climate, Tech. Rept. No. 8, Dept. Meteorol., UCLA, 46 pp.

### 海底地形の近似の度が大循環の数値解に及ぼす影響

高野 健三

要旨: 密度が一様な海についていくつかの例を示す。惑星渦度の移流を打消すように海が緯度とともに深くなる場合、このような大規模な地形変化——実際には存在しないが——の効果を正しくあらわすのは、層の厚さを水平方向に変えないかぎり、容易ではない。格子間隔を水

平方方向に狭くするときには、それに応じて鉛直方向にも狭くしないと数値解はかえって悪くなる。これに反し、深さ一定の海の西側境界層に海嶺をおいた場合には、海嶺の形をどのように近似しても結果はだいたい同じである。

## 定置網漁場と魚群分布—II\*

魚探機の映像による魚群型

井 上 喜 洋\*\*

### The Fishing Ground of Set Net and the Distribution of Fish Schools—II Types of Fish Schools from the Image of a Fish Finder

Yoshihiro INOUE

**Abstract:** Similar to the previous paper, the distribution of fish schools coming to the fishing ground of the set net in Sagami Bay was studied from the images of a fish finder equipped on a research boat. The results obtained are summarized as follows:

1) Fish schools are divided into two distinct F and G types. The G type schools are found in the coastal shallower regions where the set net have been set, and the F type schools are found in the offshore of deeper water. The size of the F type is larger than that of the G type.

2) The difference of the F and G types fish schools does not depend on the species, but is due to the behaviour of fish schools coming to shallower or deeper regions.

#### 1. 緒 言

定置網漁場における魚群の行動を知るため前報<sup>1)</sup>と同様定置網漁場および周域を調査海域とし、先ずこの海域における魚群分布に見られる特徴を魚群探知機(以下、「魚探機」とする)を使用し調査した。前報<sup>1)</sup>では魚群の大きさによる等質化を行なうことにより定置網と魚群の分布、あるいは魚群の規模などに関連する知見を得ることができた。今回は魚探機記録紙上の映像型(以下、「映像型」とする)から魚群の分類を行なったところ、さらに魚群の性状、分布等について幾つかの興味ある観察結果が得られたので、概観的ではあるが、今後の参考事例として報告する。

#### 2. 調査方法

神奈川県小田原市江の浦地先の定置網漁場を調

\* 52年7月5日受理

神奈川県水産試験場相模湾支所業績

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

査海域とし、Fig. 1 に示すように一区画をほぼ300m×200m(A区画は網があるので450m×200m)として全体を33区画に分け調査を行なった。魚群の探索は魚探機を装備した船を約5ノットで航走させ、各区画の中央を東西方向(岸にはほぼ直角で沖~丘の方向)に通るコース間隔300m(AB間は450m)の平行探索とした。一回の探索航程は約50分で9時から12時までの午前中に連続して同じコースを2回探索し1日の調査とした。調査日は毎月1~2日間とし、海況の良い日を選び調査を行なった。

なお、調査に使用した魚探機は光電製マルチペンSRM-682C型で、その主要性能は次に示すとおりである。

測深範囲: ① 0~50 m, ② 0~100 m

③ 0~200 m, ④ 0~400 m

送信出力: 1 kW

周波数: 200 kHz

指向角: 17°×7.6°(半減全角)

音波発射回数: ① 450回/分, ② 225回/分

③ 112回/分, ④ 56回/分

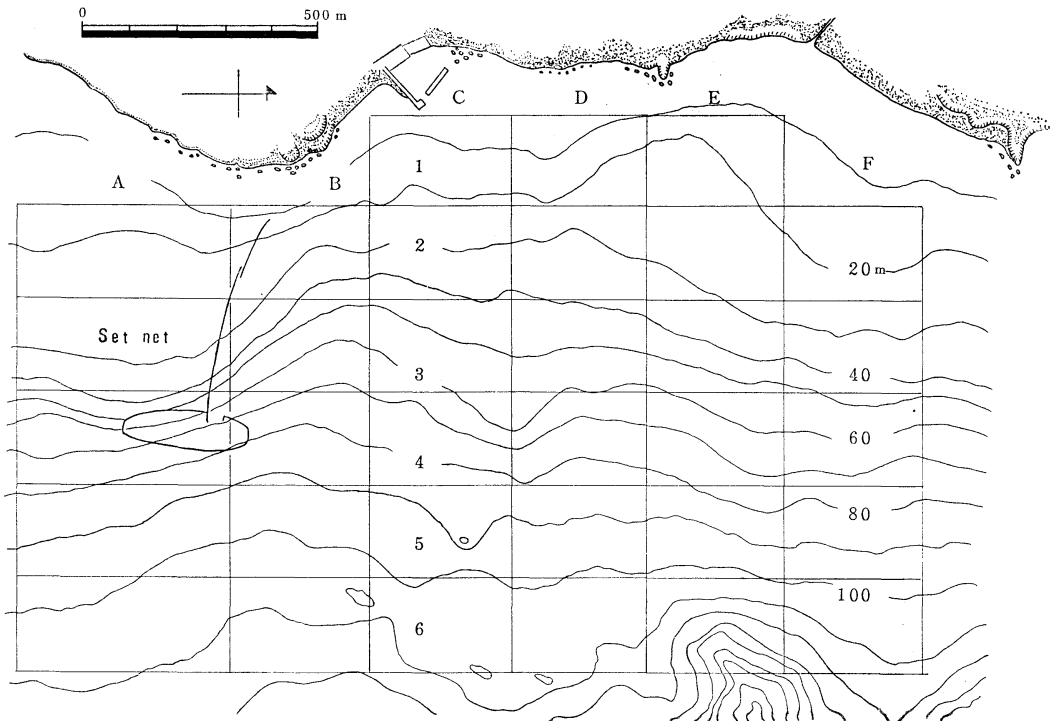


Fig. 1. Sea-area for research of fish school.

紙送り速度: ①②③ 20 mm/分

④ 10 mm/分

記録方式: マルチペンによる直線記録方式 湿式  
記録紙 (150 mm × 15 m)

電源: AC 100 V, 50 VA

### 3. 結 果

調査は1974年7月から1976年6月までの間に29日間、延べ57回の魚群探索を行なった。解析は前報<sup>1)</sup>と同様記録紙上の映像が実際の魚群の断面積に比例しているものとして取扱い、厚さをH、長さをLとし、 $H \times L$ を魚群量指数とした。魚探機の映像には種々の形状が見られるが、それらから魚種の判別を行なうのは経験的にある程度可能とされ、横田<sup>2)</sup>、能津<sup>3)</sup>らは魚種別に映像型を整理し魚種の判定を行なっている。しかし、すべての映像型についてそれぞれ魚種を判定するのは大変むずかしいので、Fig. 2に示すように魚群が表層に浮いた遊泳移動状態と思われる映像型—「移動型」(F)とする一、海底に接するような根付き状態

と思われる映像型—「根付型」(G)とする一の2つに分類し、さらに前報<sup>1)</sup>同様魚群の大きさによる整理も行ない比較、検討を行なった。

#### 1) 魚群の規模

魚群の規模は、Fig. 3に示すような分布をしている。魚群量指数から見ると指数20,000に達する大きな群も出現しているが、全魚群の約74%に当る群の大きさが魚群量指数100以下の群によって占められており、大きな魚群の出現はまれである。これを移動型と根付型の魚群に分けそれぞれの規模を見ると、Fig. 4(差を明確にするため魚群量指数を対数値で示す)に示すようにその分布には較差が認められる。また、映像型による群の大きさの較差についてTable 1に示すような分割表を作り $\chi^2$ 検定を行なったが、有意水準1%以上で有意となった。次に魚群の厚さと長さの関係について映像型別に見ると、Fig. 5に示すように根付型魚群は移動型に比べてその分布する範囲が狭く大部分の群が厚さ10m、長さ50mの範囲内に収まる。これに対し移動型魚群では厚さ50m、

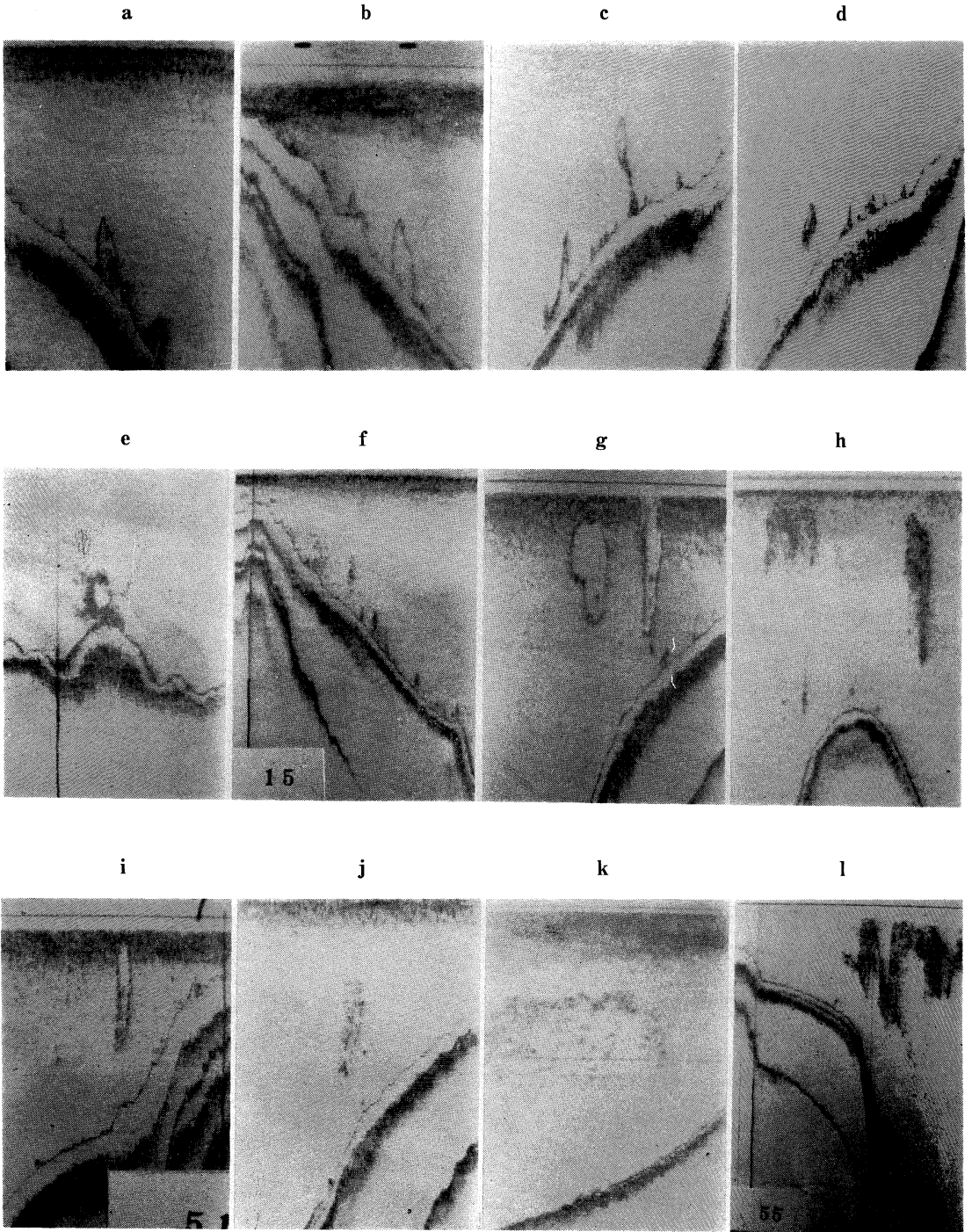


Fig. 2. Fish schools from the fish finder images.  
a~f: G type fish schools. g~l: F type fish schools.

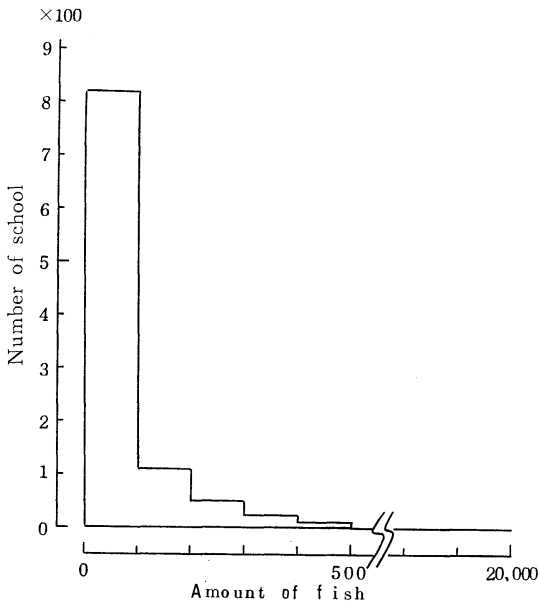


Fig. 3. The number of schools and the amount of fish.

Table 1. Image types and amounts of fish schools.

Fish amount (log)	0~1	~2	~3	~4	~5
Image type					
G type	174	521	108	1	0
F type	14	114	117	50	11

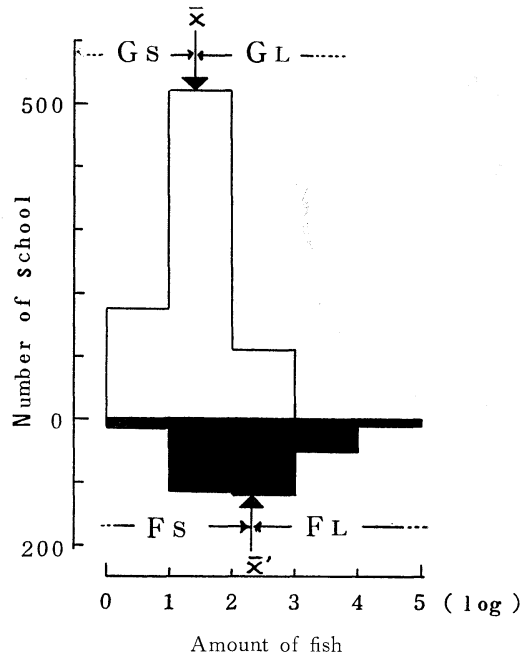


Fig. 4. Division of the fish schools by the types and the size of fish school.

Gs: Small sized groups of G type fish school.  
 Gl: Large sized groups of G type fish school.  
 Fs: Small sized groups of F type fish school.  
 Fl: Large sized groups of F type fish school.  
 $\bar{X}$ ,  $\bar{X}'$ : Mean.

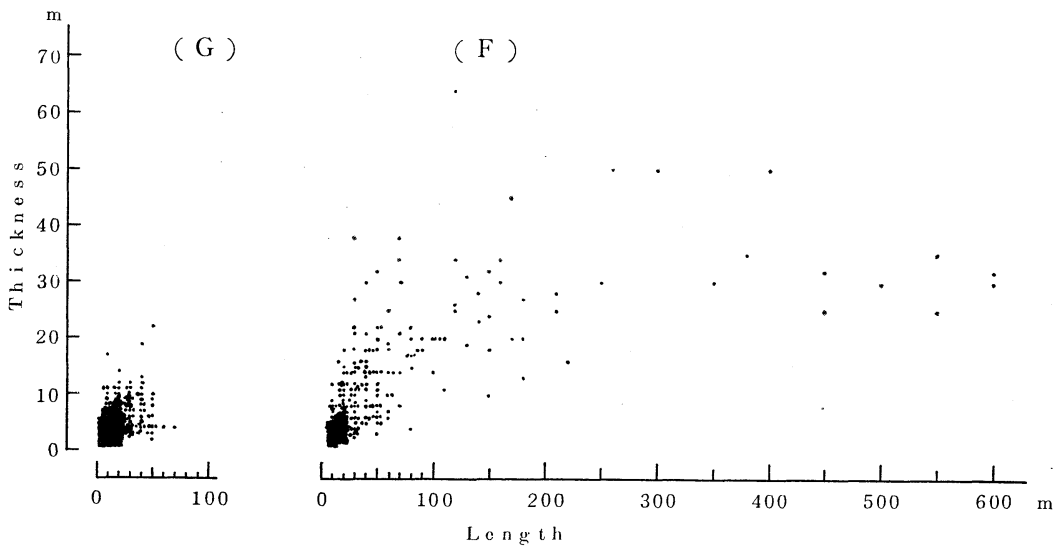


Fig. 5. Thickness and length of fish schools.



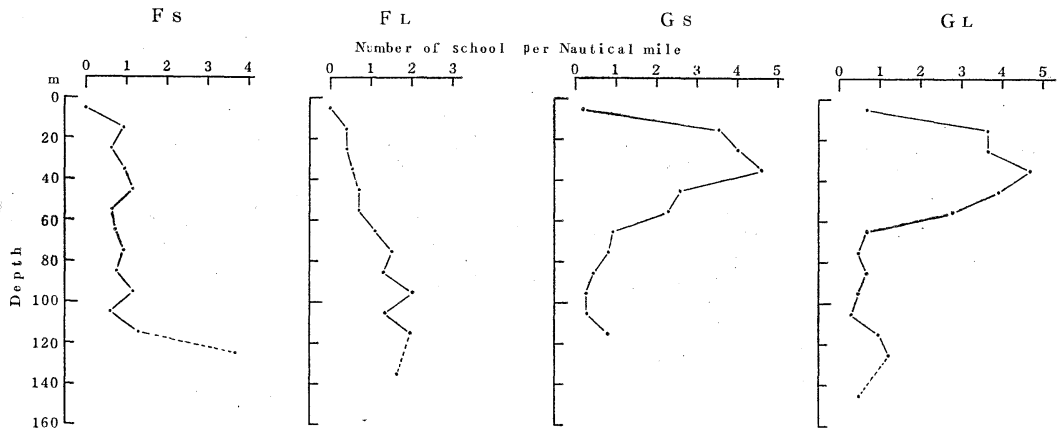


Fig. 6. Vertical distribution of fish schools.

長さ 600 m とその範囲が広いが、長さの長い群でも短い群でも厚さに関しては比較的バラツキが少ない傾向が見られる。前報<sup>1)</sup>で示したように群の大きさで分布に差が認められたので、今回も各映像型の魚群ごとにその魚群量指数から平均以上の大きさの群を大群、平均以下の群を小群として区別して扱うことにした (Fig. 4)。

## 2) 魚群の分布

### a. 調査海域の概要

調査海域は、Fig. 1 に示した通りで、港の南東には江の浦漁場の定置網が張り建てられ主に 6 月から 12 月まで操業されている。海底地形は全般的には等深線が陸岸にはほぼ平行に走っている。しかし、詳しく見ると定置網の身網が張り建てられている水深 30~60 m にかけて傾斜が急になっている外、B6, E6 の各区画には沖から深みが差し込んでいる。また、根については比較的大きなものが、B6, C5, C6, D6 の各区画にある。

### b. 魚群の垂直分布

探索調査で発見した魚群数は水深別に見るには探索距離が異なるので、水深 10 m 毎に距離の補正を行ない、1 海裡当りの魚群数に換算し映像型別および群の大、小別に整理をすると、Fig. 6 に示すようになる。根付型の魚群では群の大、小による差は見られず水深 20~60 m にかけて魚群数が 4~5 と高い値を示し水深 60 m 以深の値の 3~4 倍となっている。移動型の魚群では小群の水深に

よる差は少なく魚群数も 1 前後の値を示している (水深 120~130 m の値が高くなっているが、この水深の海域は極めて狭く誤差的要素が強いので除く)。一方、大群は根付型魚群ほど顕著な差ではないが、水深が深くなるに従い魚群数が増加し 70 m 以深では魚群数 2 と浅い水深における魚群数の約 2 倍の値を示している。

### c. 魚群の水平分布

各区画の魚群数の値から調査海域の魚群分布を見るため映像型および群の大、小別に整理すると、Fig. 7 に示すようになる。根付型魚群は群の大きさによる分布の大きな違いは認められず、いずれも定置網前面の岸より浅海域に広く分布している。特に魚群数の多い B<sub>2</sub>, C<sub>2</sub> 区画は人工魚礁が投入されている天然の礁が多い海域である。一方、移動型の魚群には大きさによる分布の差が見られるが、全体としては根付型魚群の分布している海域の沖合全域に分布し、定置網身網に近い海域に魚群数の多い区画がある。大きさ別に分けるとこの傾向は大群に強く表われており、小群はむしろ調査海域全域に散在している。

## 4. 考 察

今回の調査では魚群の映像を移動型と根付型の 2 種類に分類し整理を行なった。この 2 種の映像型では魚群の規模が異なり移動型魚群の方がより大きな群が多く、根付型魚群は、その大部分が移

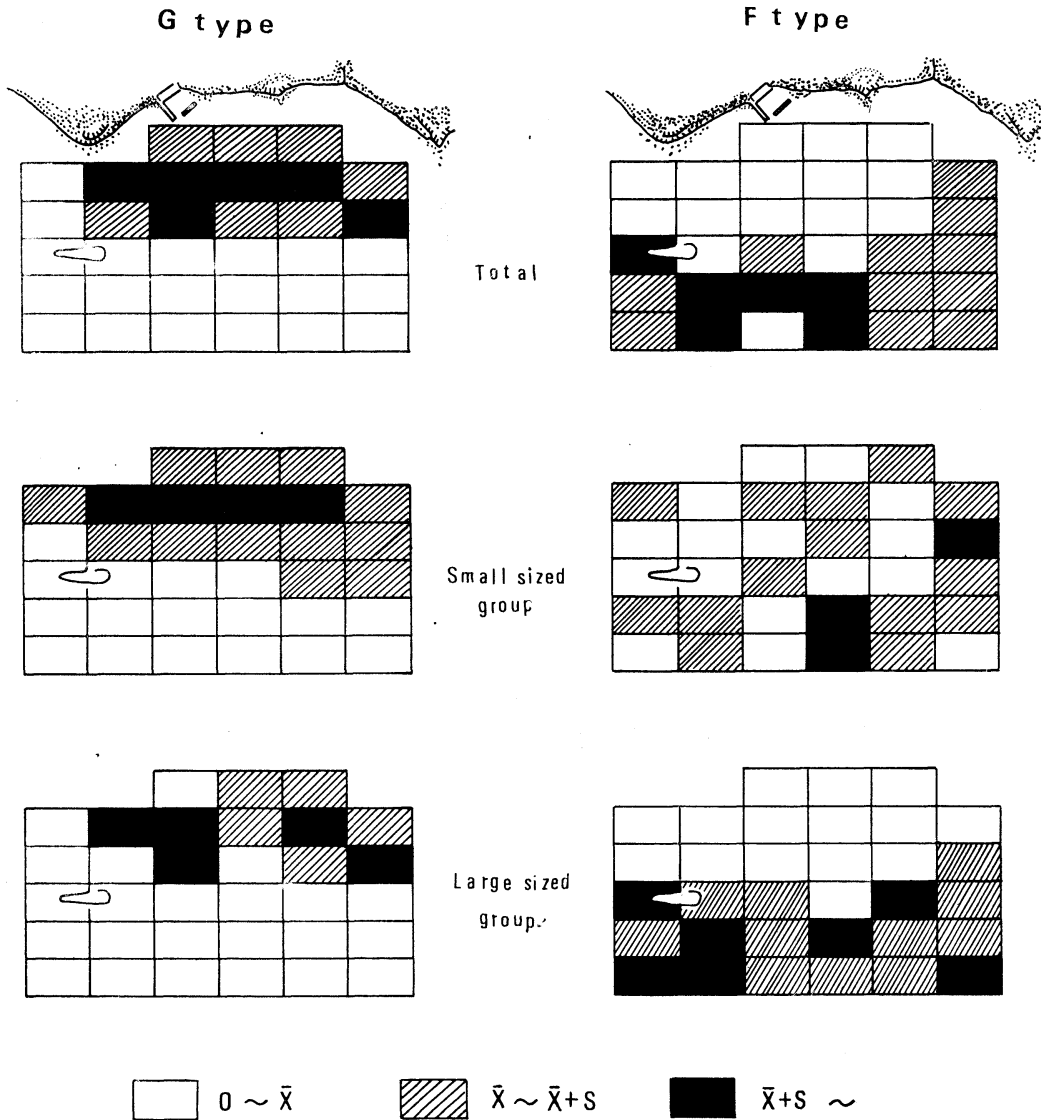


Fig. 7. Horizontal distribution of fish schools (The number detected in each section by fish finder.)  
 $\bar{X}$ : Mean, S: Standard deviation.

動型の小群に当る比較的小きな群が多い。また魚群の厚さと長さの関係を見ると群の長さが長いものでも厚さに関しては他の長さが短い群とあまり差が無いものが多く、厚さにはある程度限界があるように思われる。次に垂直、水平分布を映像型から見ると、全体としては調査海域を等深線にそって二分するように岸側に根付型、沖側に移動型の魚群がそれぞれ分布することがわかる。これを

定置網と関連させて見ると定置網の前面の水深20~40mの浅海域に根付型の大、小魚群が多く出現し、身網付近から沖合では主に移動型魚群の大群が多く出現する傾向が認められる。このように根付型と移動型の魚群ではその性状、分布にかなりの違いが見られる。一般には横田<sup>2)</sup>、能津<sup>3)</sup>らの報告にも見られるように魚種によりそれぞれの映像はほぼ一定と考えられ経験的に魚種の判別を行

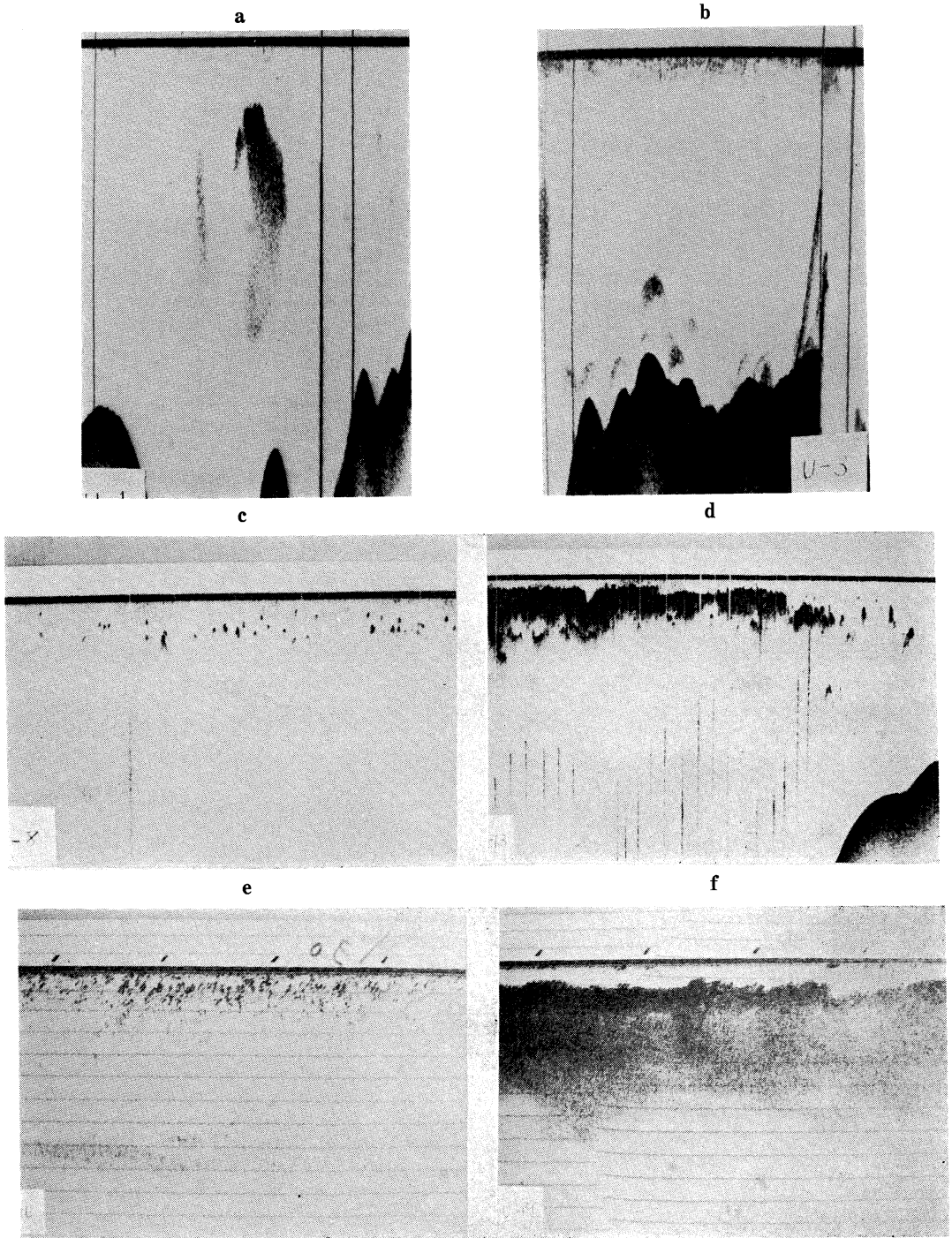


Fig. 8. The recorded images of file fish, *Navodon modestus* (Günther), in various conditions.

- |  |  |
|--|--|
| a: Image of F type                       | d: Large school detected in coastal area |
| b: Image of G type                       | e: Night image in set net                |
| c: Small school detected in coastal area | f: Day time image in set net             |

なっている。これに従えば定置網身網付近より岸側と沖側では魚種が全く異なり両海域の魚は関連があまり無いことになってしまう。しかし、魚探機映像についてはアジ、イワシ、タチウオ等の魚種について大渡<sup>4,5)</sup>、青山<sup>6)</sup>らの報告からその映像が夜間と昼間で変化することが知られているし、Fig. 8 に示す映像も形が異なっているが全てウマヅラハギと推定されるものである。このように同一魚種であっても魚の生理、生態、行動等のさまざまな要因によりその映像が変化することが窺え、今回の根付型および移動型の魚群も単に魚種の違いを表わしているというより、むしろ沖合から定置網の張り建てである浅海域へ来游した魚群の行動の違いを表わしている（例えば、魚群が沖合から浅海域に来ると移動型から根付型の状態に変化する）と考えられる。しかし、この点については今回だけの調査では充分ではないので、今後さらに多くの観察を行ない追究、検討して行きたい。

#### 謝 辞

本報告にあたり、有益な御助言と御校閲を賜わった東京水産大学教授井上実博士に深謝の意を表す。

#### 文 献

- 1) 井上喜洋 (1976): 定置網漁場と魚群分布—I. うみ, **14**(2), 51-57.
- 2) 横田滝雄 (1953): 日向灘、豊後水道のイワシ類の研究. 南海区水研報, **2**, 128-160.
- 3) 能津純治 (1965): 豊後水域におけるカタクチイワシの漁業生物学的研究. 大分県水試調研報, **5**, 112-146.
- 4) 大渡 敦・古野清孝・古野清賢 (1953): 魚群探知機によるアジ群の生態に就いて. 日水誌, **18**(8), 362-364.
- 5) 大渡 敦・古野清孝・古野清賢 (1953): 魚群探知機の記録から見たイワシ群の生態, 日水誌, **18**(12), 669-674.
- 6) 青山恒雄 (1960): 魚群探知機による魚群構造の調査—I. 日水誌, **26**(12), 1162-1166.

## 簡易長周期波計の製作について\*

森 谷 誠 生\*\* 阿 部 友三郎\*\*\*

### A Portable Long-Period Wave Recorder

Nobuo MORITANI and Tomosaburo ABE

**Abstract:** A compact portable long-period wave recorder is designed for the study of the low frequency waves covering the period spectrum between the swell and the tides, and some discussions are made on the response of the hydraulic filter of the wave recorder, based on some assumptions. This instrument is used both in the lakes and the shores being installed during one or two weeks without supplying electric powers and is made with low costs. The wave recorder can detect waves about 0.5 mm when it is used in lakes. When it is used in shore, it attenuates both swell and tides to about less than 20 per cent their relative amplitude, and it can detect wave about 0.5 cm for frequency at about one cycle per 1000 sec.

**要旨:** 湖沼や港湾その他海浜における数分~数時間程度の長周期波を、現場で測定するための簡易長周期波計を製作し、その特性につき若干の考察を行った。本器は、電力を使用せず、小型軽量でしかも廉価であり、1~2週間程度の水位観測を目的として製作されたものである。これを湖沼で使用の場合は、0.5 mm まで、海浜では、0.5 cm 程度の水位変化まで検出可能であり、潮汐波および波浪は 20% 以下に減衰される。

#### 1. 緒 言

筆者等は 1970 年に Fig. 1 に示されるような簡易長周期波計 1 号器を製作し、これを東京理科大学（理学部校舎）の前面に位置する牛込濠（江戸城外濠の一つ）に設置し、現在まで当濠における水位の観測を実施し興味ある静振の記録を得ている（MORITANI, N. and ABE, T. (1972)<sup>1)</sup>, (1973)<sup>2)</sup>）。筆者等の所属する研究室では、1969 年以

来、毎年冬期に山形県飽海郡遊佐町吹浦の海岸において、安定泡沫に関する諸現象の観測を一週間程度行っているが、1972年からは吹浦より約 6 km

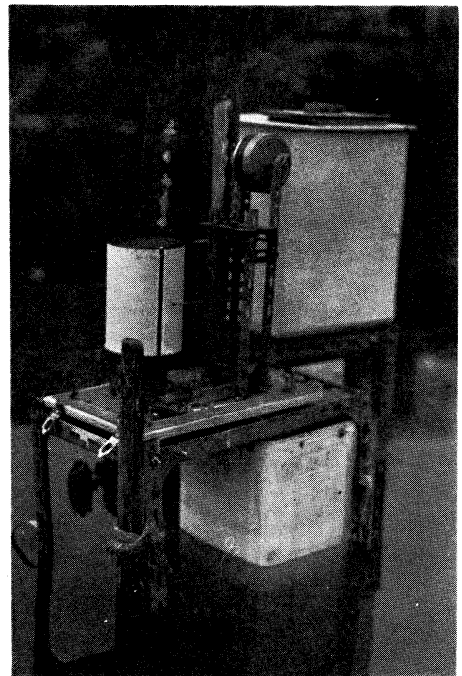


Fig. 1. Portable long-period wave recorder (I).  
It is installed in the Ushigomebori Moat.

\* 1977年6月29日受理

\*\* 日本気象協会東京本部  
Tokyo Center, Japan Wether Association.

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

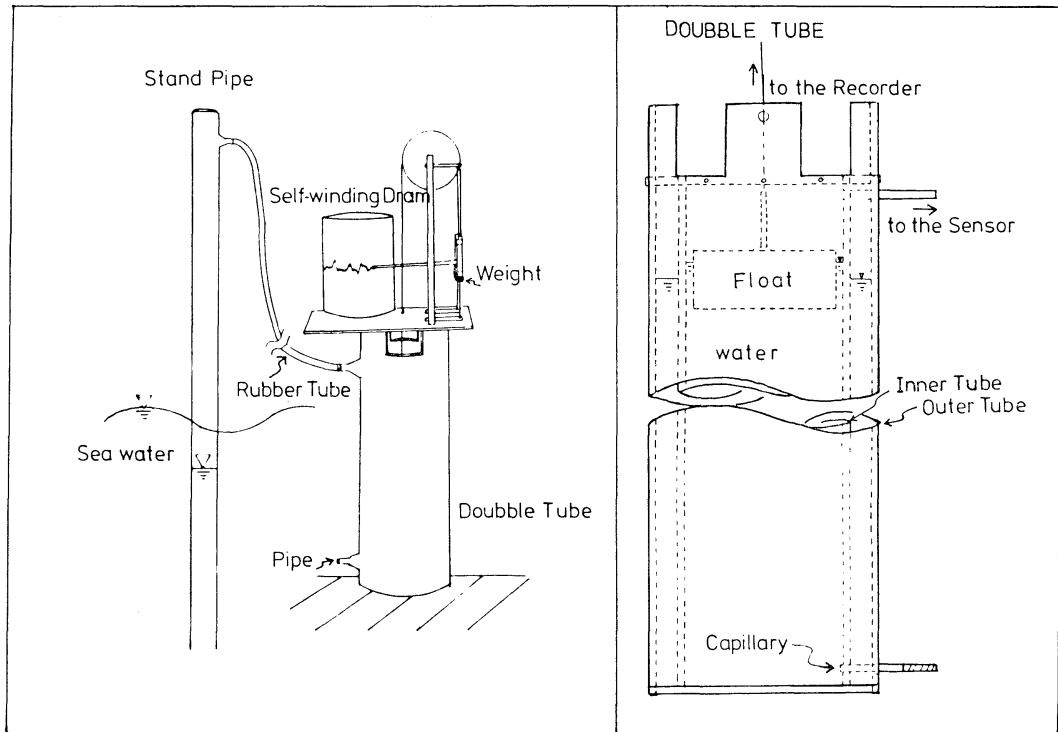


Fig. 2. A typical portable long-period wave recorder (III) installation.

北方にある秋田県の長磯湾における観測も開始した。この小規模な湾（幅約 500 m, 奥行約 500 m）における長周期波を観測するために試作したのが簡易長周期波計 2 号器である。本器は、以後 1974 年まで現場における経験を基に漸次改良され、1975 年には、湖沼と海浜のいずれにも使用可能な簡易長周期波計 3 号器を製作した。これまでも長周期波計、ないしは津浪計に関する多くの報告がある。VAN DORN, W.G. (1956)<sup>3)</sup>, (1960)<sup>4)</sup>, SNODGRASS, F. (1958)<sup>5)</sup>, 相田 (1962)<sup>6)</sup> は、海面の昇降をスタンドパイプ、ないしはゴム製ベローズにより水圧変化として捕え、これを U 字管、ないしは金属製ベローズと、内径の異なる二種の細管を組み合わせた流体圧波器により所要の帯域長周期波のみ検出する方式の長周期波計を製作している。これらの流体圧波器に内蔵されている細管は十分細長いため、細管両端における圧力差は管内を流れる流体の速度に比例する。従って、これら流体圧波器の応答特性は、これと等価な電気回路

に置換して求めている。

筆者らが製作した簡易長周期波計 3 号器は、二重管と細管とからなる流体圧波器をそなえているが、この細管は検出すべき長周期波の周期に応じて交換可能である。比較的内径の大きい細管を使用の場合は、流速の二乗に比例する動圧項が無視できなくなり、従って、この流体圧波器を、これと等価な電気回路で置換することは不可能となる。筆者等は、管内の流れが層流となる範囲内において、上記の流速に比例する項（粘性項）に加えて、流速の二乗に比例する動圧項を考慮して、流体圧波器の応答特性を求めた。

## 2. 装置と作動原理

簡易長周期波計の 1 号器と 2 号器の機能を兼ね備えた同 3 号器の概略図が Fig. 2 に示されている。図示のように本器は、受感部（スタンドパイプ）、水位検出部（二重管）および記録部とからなる。受感部は、円筒管の先端を一定水位まで海中

に沈め、干潮時にも底質の露出しない海浜に、岩場や防波堤等を利用して鉛直に取り付ける。海面の昇降に伴って管内に封入されている空気の圧力が変化し、これを導圧管(ゴム製)を用いて陸上に設置している水位検出部まで伝達する。この水位検出部は二重管の形状を成しているが、その機能は2号器のU字管と同様に、導圧管内の空気の圧力変化を水位変化とするものである。二重管としたのは、U字管より力学的に安定な形状であり、しかも工作が容易に行えるためである。二重管の中には一定水位まで水が入っており、細管によって外管と内管が連結されて、これが流体浮力器の働きを成す。この内管における水位変化を浮子の昇降とし、これを自記ドラムに記録するものである。

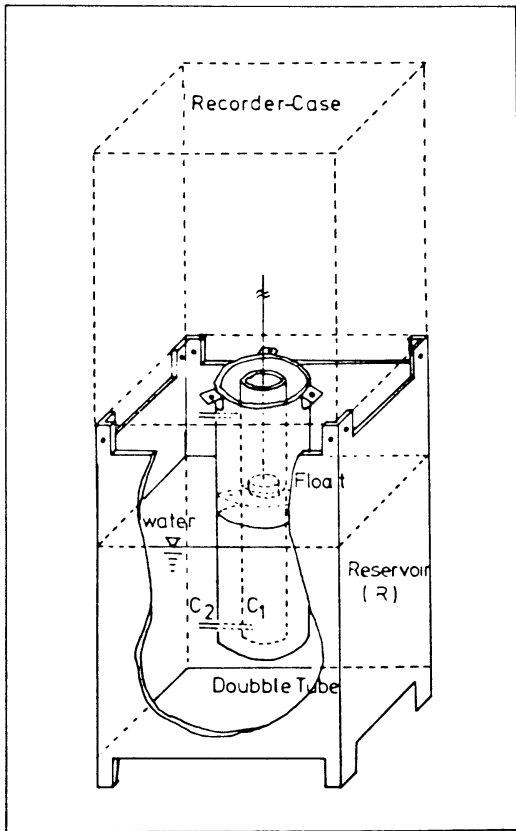


Fig. 3. Schematic diagram of new designed filter type wave recorder.  $C_1$  and  $C_2$  are capillaries.

本器に、1日ないしは半日周期の卓越する潮汐波を減衰する機能を持たせるには、Fig. 3 に示されるように、内管より10倍程度大きな断面を有する容器Rを取り付ける。この容器は図示のように、計器の支持台も兼ねており、内部にある水は、細管 $C_2$ を通して二重管内の水と連絡している。この細管 $C_2$ を、外管と内管を連結する細管 $C_1$ より十分細長くする。このとき、内管における水位変化は、周期数10秒以下の波浪に対しては細管 $C_1$ が作用し、周期10時間以上の潮汐波等に対しては細管 $C_2$ が働いて、これらの波を十分減衰することが可能となる。

本器を湖沼のような比較的水面の穏やかな場所で使用するときには、Fig. 2 の二重管の上下にある二つの導管を開放し、この水位計を一定水位まで水中に沈め、外部の水を直接内管に導入し、水面の昇降を浮子により検出する。

Table 1 は、これまで製作してきた簡易長周期波計1~3号器につき、その概要を表にまとめたものである。

### 3. 簡易長周期波計の特性

#### 1) 静特性について

Fig. 4 に示されているように、導圧管内の圧力が大気圧に等しくなっている水位計の受感部を水中に  $H^e$  だけ差し込み、平衡状態になるまで放置する。導圧管内の空気を理想気体であると仮定し、その温度を一定とすると次式が得られる。

$$P_0 V_0 = (P_0 + \rho g h) \{V_0 + h_{II} F_{II} - (H^e - h) F_{IV}\} \quad (1)$$

- ここに  $P_0$ ; 大気圧,  $P_0 = \rho g H_0^e$
- $V_0$ ; 受感部を水中に差し込む前に封入されている空気の体積
- $F_I, F_{II}, F_{IV}$ ; 管 I, II, IV の断面積
- $h$ ; U字管両端の水位差
- $h_I, h_{II}$ ; 管 I および管 II における水位変化量

$\rho$ ; 水の密度,  $g$ ; 重力加速度  
ところが、一般に  $H_0^e \gg h$  であり、また、管 I における水位変化は、 $h$  と次式の関係にある。

Table 1. 簡易長周期波計 (1~3号器) の概要

長周期波計の種類	区分	内容	記事
1号器	検出部	容器 (木製); 100×30×30 cm 浮子 (防蝕塗装の金属); 外径 26 cm; 高さ 4.0 cm	牛込濠における水位の定期観測用として製作
	浮波器	容器の底部に内径 3.0 cm の小穴を設けている	
	記録部	固定台 (木製); 50×40 cm, 滑車 (金属製); 外径 10 cm, 三角ペン (金属製) 自記回転ドラム; 外径 13 cm, 高さ 17 cm, 1日ないしは6時間で1回転	
2号器	受感部	水位変化受感用スタンドパイプ (塩化ビニール樹脂), 内径 4.0 cm, 高さ 1.7 m, 導圧管 (ゴム製, 市販のガス管); 内径 4.9 cm, 長さ約 20 m	長磯湾における長周期波の観測用として試作
	検出部	U字管 (塩化ビニール樹脂); 内径 10 cm, 高さ 30 cm 浮子 (防蝕塗装の金属); 外径 10 cm, 高さ 3.0 cm	
	浮波器	U字管に細管を設ける; 内径 0.2 cm, 長さ約 2 cm	
	記録部	1号器に同じ	
3号器	受感部	2号器に同じ	湖沼と海浜のいずれにも使用可, 細管の交換可能
	検出部	二重管 (塩化ビニール樹脂); 外管の内径 15.4 cm, 高さ 60 cm 内管の内径 10.8 cm, 高さ 50 cm 浮子; 1号器に同じ	
	浮波器	二重管を細管で連結する, 細管; 内径 0.075~0.20 cm, 長さ 2.0 cm	
	記録部	固定台 (金属製); 40×30×0.5 cm, 滑車 (ペークライト樹脂); 外径 10 cm, 他は2号器に同じ	

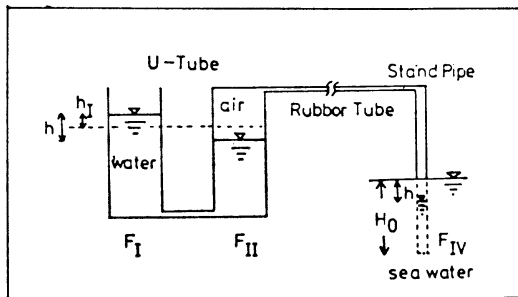


Fig. 4. Form of U-tube and stand pipe.

$$h_I = hF/F_I$$

ここに  $F = F_I F_{II} / (F_I + F_{II})$

よって, (1) 式は次のように変形される。

$$h_I = \alpha H^e \quad (2)$$

ここに  $\alpha = FF_{IV} / (F_{IV} + F/F_I + V_0/H_0^e) F_I$

従って, 受感部における水位変化  $H^e$  は,  $h_I$  と比例関係にある。

3号器の場合

$$h_I = 0.0992 H^e$$

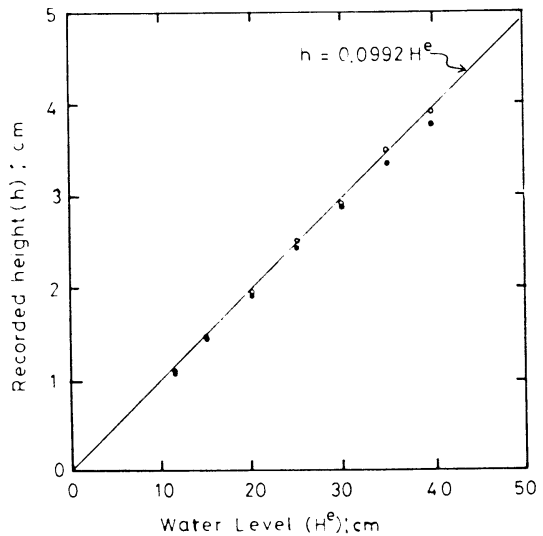


Fig. 5. Linearity of the portable long-period wave recorder (III). Recorded height  $h$  plotted against the water level  $H^e$ . The observed data is shown with the sign  $\bullet$  and  $\circ$ .



となり、受感部における水位変化は1/10程度に減衰されて内管に伝達される。Fig. 5 に理論直線を実線で、実験値を・印と○印で示した。実験値は理論値と概ね良好な一致が認められる。

次に、受感部を Fig. 4 の状態に保っておき、封入されている空気の温度が  $T_0$  から  $T_1$  に  $\Delta T$  だけ変化する場合を考える。このとき、導圧管内の空気の圧力と体積は殆んど変化しないから内管における水位の変動幅  $\Delta h_I$  は次式で与えられる。

$$\Delta h_I = \beta \Delta T \quad (3)$$

ここに、 $\beta = F/F_I T_0 \{ \rho g / P_0 + (F + F_{IV}) / V_0 \}$ ,

$P_0$ ; 温度が変化する前の圧力

$V_0$ ; 温度が変化する前の体積

3号器の場合

$$\Delta h_I = 0.08 \Delta T$$

となる。即ち、空気の温度が1度上昇(下降)すると、内管の水位は約1mm 上昇(下降)する。

### 2) 動特性について

細管により連結されているU字管(ないしは二重管)内の流体は、周期1分以上の十分緩慢な運動をする。従って、細管内における流れをハーゲンポアゼユ流とし、加速度項も十分無視できる(相田(1962)<sup>6)</sup>)とする。このとき Fig. 6 に示されるU字管内の流体の運動は、次式で示される。

$dh/dt > 0$  のとき

$$\left. \begin{aligned} P(t) &= \rho g h \\ &+ \frac{\rho F^2}{2F_{III}^2} \left( \frac{dh}{dt} \right)^2 + \frac{8\pi\mu l F}{F_{III}^2} \frac{dh}{dt} \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

$$\left. \begin{aligned} P(t) &= \rho g h \\ &- \frac{\rho F^2}{2F_{III}^2} \left( \frac{dh}{dt} \right)^2 + \frac{8\pi\mu l F}{F_{III}^2} \frac{dh}{dt} \end{aligned} \right\}$$

ここに  $F_I, F_{II}, F_{III}$ ; 管I, II, IIIの断面積

$h = H_I - H_{II}$ ,  $F = F_I F_{II} / (F_I + F_{II})$

$\mu$ ; 粘性係数 ( $\mu = 0.010$  cm/st)

$P(t)$ ; 管Iの水面に作用する圧力

である。なお、(4)式の第二項は、一般に  $\frac{\lambda \rho F^2}{2F_{III}^2} \left( \frac{dh}{dt} \right)^2$  であり、 $\lambda$ は通常1より若干大きい値で

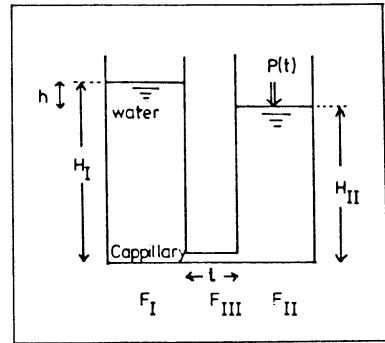


Fig. 6. Form of U-tube.

あるが、ここでは水位計の動特性の概要を見積ることを目的としているため、簡単に  $\lambda = 1$  とした。この(4)式を用いて、外力  $P(t)$  に対するステップ応答特性および周波数応答特性を求めてみる。

#### (1) ステップ応答特性

長周期波計のステップ応答特性を求めめるため

$$\begin{cases} P(t) = 0 & , \quad t < 0 \text{ のとき} \\ P(t) = \rho g H_0 & , \quad t \geq 0 \text{ のとき} \end{cases}$$

の条件のもとで(4)式を積分すると次式が得られる。

$$t = 2K(\sqrt{1+x_0} - \sqrt{1+x}) - K \left( \ln \frac{\sqrt{1+x_0} + 1}{\sqrt{1+x_0} - 1} \frac{\sqrt{1+x} - 1}{\sqrt{1+x} + 1} - \ln \frac{x}{x_0} \right) \quad (5)$$

ここに

$$\begin{cases} x_0 = \rho g H_0 / K_3, \quad x = \rho g h / K_3 \\ K = 8\pi\gamma l F / 2F_{III}^2 g, \quad \nu = \mu / \rho \\ K_3 = (8\pi\nu l)^2 / 2g^2 K^2 F_{III}^2 / F^2 \end{cases}$$

いま、 $H_0 - h = 0$  から  $H_0 - h = (1 - 1/e)H_0$  となるに要する時間を時定数  $T_e$  とすれば、(5)式より、

$$T_e = 2K(\sqrt{1+x_0} - \sqrt{1+x_1}) - K \left( \ln \frac{\sqrt{1+x_0} + 1}{\sqrt{1+x_0} - 1} \frac{\sqrt{1+x_1} - 1}{\sqrt{1+x_1} + 1} - 1 \right) \quad (6)$$

ここに  $x_1 = \rho g H_0 / eK_3$

となり、 $T_e$ は  $K$  および  $H_0, F, F_{III}$  に依存する。Fig. 7 は、3号器の場合につき求めた時定数の理論値と実験値である。図において  $r$  は細管の半径

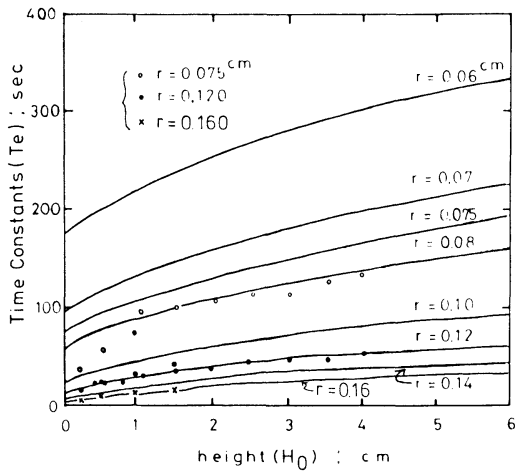


Fig. 7. Amplitude response of the hydraulic filter to the step function, for the variable radius of capillary. In the figure observed data is shown with open circle, solid circle and cross mark for the radius of capillary 0.075 cm, 0.123 cm and 0.140 cm, respectively.

であり、このとき細管の長さはすべて  $l=2.0$  cm とした。 $r$  の値が小さくなると時定数は急速に大きくなっていることがわかる。 $r=0.075$  cm の場合、実験値が小さい値を示しているが  $r=0.120$  cm および  $r=0.140$  cm の場合は、理論値との良好な一致がみられる。

(2) 周波数応答特性

長周期波計の周波数応答特性を求めるため入力を  $P(t)$  として

$$P(t) = \rho g H_0 \sin \omega t \quad (7)$$

なる正弦波を与えて、出力としての  $h(t)$  につき、(4) の微分方程式を解くのであるが、右辺の第2項に  $\left(\frac{dh}{dt}\right)^2$  なる流速の二乗に比例する項があるためこの方程式の厳密解は得られない。従って、 $h(t)$  を

$$h(t) = h_0 \sin(\omega t + \theta_0) \quad (8)$$

で近似し、これを(4)式に代入して最小二乗法により、未知の定数  $h_0, \theta_0$  を求めることにする。まず、(4)式に(7)、(8)式を代入し、両辺に  $\cos(\omega t + \theta_0)$  を乗じ、符号を考慮しながら  $\theta_0$  から  $\theta_0 + 2\pi$  まで積分し、得られた式を整頓すると

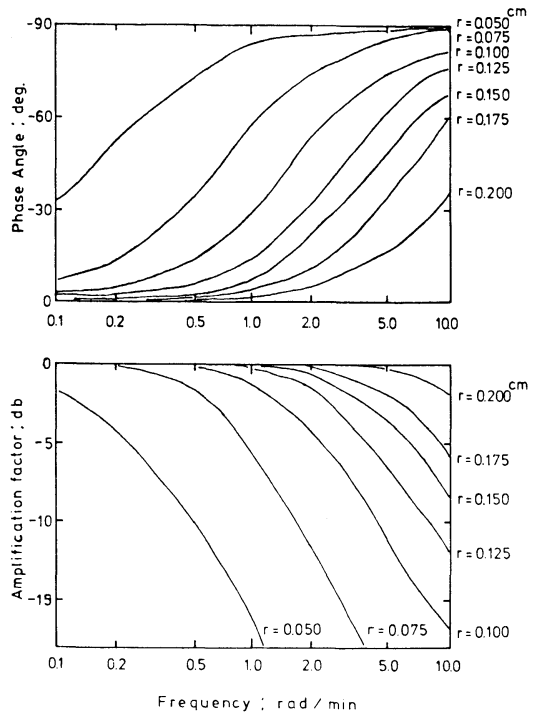


Fig. 8. Amplitude and phase response of the hydraulic filter for the variable radius of capillary. In this case the length of capillary and the amplitude of  $p(t)$  stated as 2 cm and 1 cm, respectively.

$$\sin \theta_0 = -\frac{\omega h_0}{H_0} \left( \frac{8}{3\pi} \frac{1}{2g} \frac{F^2}{F_{III}^2} \omega h_0 + \frac{2\pi \nu l}{g} \frac{F}{F_{III}} \right) \quad (9)$$

となる。同様に、 $\sin(\omega t + \theta_0)$  を乗じ、 $\theta_0$  から  $\theta_0 + 2\pi$  まで積分すると

$$\cos \theta_0 = \frac{h_0}{H_0} \quad (10)$$

を得る。(9) および (10) 式から次式を得る。

$$\frac{h_0^2}{H_0^2} \omega^2 \left( K_1 \omega \cdot \frac{h_0}{H_0} + K \right)^2 + \left( \frac{h_0}{H_0} \right)^2 - 1 = 0 \quad (11)$$

$$\begin{aligned} \text{ここに、} \quad K &= 8\pi \nu l F / 2g F_{III}^2, \\ K_1 &= 8F^2 / 3\pi \cdot 2g F_{III}^2 \end{aligned}$$

上式を満たす  $h_0/H_0$  の値が増幅率であり、これを(8)式に代入して得られる  $\theta_0$  の値が位相差である。Fig. 8 は、3号器の場合につき、 $H_0=1.0$

cm とし、種々の半径を有する細管に対する増幅率を下図にデシベルで示し、上図には、位相差  $\theta_0$  を示した。なお、細管の長さはすべて  $l=2.0$  cm

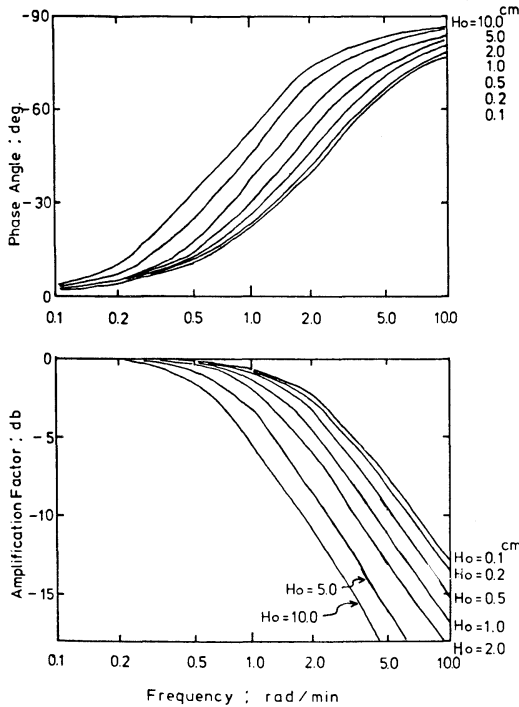


Fig. 9. Amplitude and phase response of the hydraulic filter for the variable amplitude of the pressure  $p(t)$ . In this case the length and the radius of the capillary stated as 2 cm and 0.10 cm, respectively,

とした。(10) および (11) 式から明らかなように、周波数応答特性は、前述の時定数のときと同様に  $H_0$  に依存する。Fig. 9 は、この  $H_0$  の値の変化に対する周波数応答特性を示すものである。入力  $P(t)$  の振幅  $H_0$  が小さくなると漸近的に一定の曲線に近づくが、これは (2) 式の速度の 2 乗の項を無視したとき得られる曲線である。

Table 2 は、長周期波計の動特性につき表にまとめたものである。細管の径が比較的大きく、長さも短い場合は、表記のように  $x \gg 1$  となり、U 字管両端における圧力差は動圧と均り合う。一方、細管が十分細長い場合は  $x \ll 1$  となり、この圧力差は細管内における粘性力と釣り合う。

### 3. 長周期波計の検定

長周期波計の周波数応答特性は、Table 2 に示されるように理論的に求められるが、これは細管内の流れがハーゲンポアゼユ流であり、U 字管全体につき層流であることを仮定したとき得られた結果である。しかし、実際の細管内における水の流れは複雑であり、これらの仮定が十分満たされているとは断定できない。従って、長周期波計の応答特性は次の検定法により求めるのが適当と考える。まず、観測の前後に受感部を一定の水位だけ水中に沈めてステップ応答曲線を記録し、これから本器の時定数  $T_e$  を求め、(6) 式より  $K$  の値を求める。次に、得られた  $K$  の値を (11) 式に代

Table 2. 長周期波計の動特性

	$x \gg 1$ (ベルヌーイ流)	$x \ll 1$ (ハーゲン・ポアゼユ流)	$x \sim 1$ (ベルヌーイ・ハーゲン・ポアゼユ流)
ステップ応答時定数	$2K(\sqrt{x_0} - \sqrt{x_1})$	$K$	$2K(\sqrt{1+x_0} - \sqrt{1+x_1}) - K \left( \ln \frac{\sqrt{1+x_1}-1}{\sqrt{1+x_1}+1} \cdot \frac{\sqrt{1+x_0}+1}{\sqrt{1+x_0}-1} - 1 \right)$
周波数応答	増幅率 $(h_0/H_0)$	$\sqrt{\frac{\sqrt{1+4K_1^2\omega^4H_0^2}-1}{2K_1^2\omega^4H_0^2}}$	$\frac{h_0^2\omega^2}{H_0^2} \left( K_1\omega H_0 \frac{h_0}{H_0} + K \right)^2 + \left( \frac{h_0}{H_0} \right)^2 - 1 = 0$
	位相角 $(\theta)$	$\cos^{-1}(h_0/H_0)$	$\tan^{-1}(K\omega)$

$$\begin{cases} K = \frac{8\pi\nu l}{2F_{III}g} \cdot \frac{F}{F_{III}}, & x_0 = \frac{\rho g H_0}{K_3}, & x_1 = \frac{1}{e} \frac{\rho g H_0}{K_3} \\ K_3 = \frac{(8\pi\nu l)^2}{2F_{III}^2}, & K_1 = \frac{8}{3\pi} \cdot \frac{1}{2g} \frac{F^2}{F_{III}^2} \text{である。} \end{cases}$$

入して、増幅率  $h_0/H_0$  を求め、これを (10) 式に代入して、位相差  $\theta_0$  を定める。

3号器が帯域濾波器を有する場合につき、その応答特性を求める。前図の Fig. 3 に示されるように、二重管と容器 (R) 内の水は、細管  $C_1$  および細管  $C_2$  によって連絡されている。いま、 $C_1$  と  $C_2$  の半径と長さをそれぞれ、 $r_1=0.10$  cm,  $l_1=2.0$  cm および  $r_2=0.03$  cm,  $l_2=2.0$  cm とする。

次に、外管の水面に作用する外力:  $P(t)=(\rho g H_0 \sin \omega t)$  の振幅  $H_0$  について考える。受感部における水位変化を  $H^e=H_0^e \sin \omega t$  するとき、潮汐波のように、周期の十分長い波に対しては、受感部における水位は導圧管内の気圧、外管、内管および容器 R 内における水位と常に準静的平衡状態にあると考えられるから

$$P(t) \doteq \rho g \alpha H_0^e \sin \omega t$$

とおける。ここに、 $\alpha$  は 3-1) の (2) 式より与えられる縮小率である。 $F_I/F_R=0.1$  とするとき、 $\alpha=0.01$  となるから、 $H_0^e \doteq 0.01 H_0^e$  である。従って  $H_0^e=1.0$  m の潮汐波の場合、 $H_0^e \doteq 1.0$  cm となる。よって、以下では  $H_0=1.0$  cm として計算する。

このとき細管  $C_1$  および  $C_2$  を各々相互に開閉した場合に得られる振幅応答特性は、Fig. 10 に実線で示されている。これは (11) 式より得られたものである。図示のように、細管  $C_1$  の増幅率は、

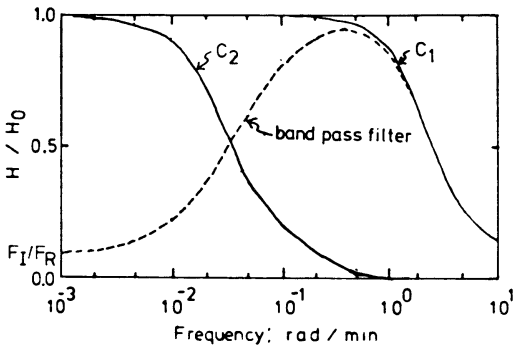


Fig. 10. Amplitude response of the new designed filter type recorder. In the figure solid line shows the amplitude response of hydrolic filter of capillary  $C_1$  and that of capillary  $C_2$ , respectively. The broken line shows that of hydrolic band-pass filter.

周波数  $\omega=10.0$  rad/min (周期 37.6秒) で 0.15,  $\omega=0.5$  rad/min (周期 12.3分) のとき 0.97 となっているのに対し、細管  $C_2$  の増幅率は  $\omega=0.5$  rad/min で 0.01 に過ぎず、 $\omega=0.01$  rad/min (周期 10.5 時間) のとき 0.97 となっている。これらの振幅応答特性を有する両細管  $C_1, C_2$  を組み合わせるとき、内管における水位変化の増幅率は、 $\omega \geq 1.0$  rad/min に対しては、細管  $C_1$  の特性と概ね一致し、 $\omega < 1.0$  rad/min に対しては、近似的に次式で与えられる

$$A(\omega) = A_1(\omega)(1 - A_2(\omega))F_I/F_R \quad (12)$$

ここに

- $A_1(\omega)$ ; 内管における細管  $C_1$  に対する増幅率
- $A_2(\omega)$ ; 容器 R における細管  $C_2$  に対する増幅率
- $A(\omega)$ ; 内管における細管  $C_1, C_2$  を組み合わせた場合の増幅率
- $F_I$ ; 内管の断面積,  $F_R$ ; 容器 R の断面積—外管の断面積

こうして得られた、二重管の内管における水位変化に対する振幅応答曲線が Fig. 10 に破線で示されている。 $F_I/F_R=0.10$  とすると図示のように、 $\omega \geq 10.0$  rad/min および  $\omega \leq 0.01$  rad/min の外力;  $P(t)$  の振幅は 20% ないし、これ以下に減衰されており、いわゆる帯域濾波器の特性を示している。

#### 4. まとめと謝辞

簡易長周期波計 1号器は、1970 年以来牛込濠における静振の観測に使用されている。同 2号器は、1972 年から長磯湾における長周期波の観測用として試作され、以来、漸次改良を重ねて製作されたものが、湖沼と海浜のいずれにも使用可能な、簡易長周期波計 3号器である。本器を湖沼で使用するときは、二重管内の水は細管を通じて直接外部と連結しているため、周期 1 分程度以上の長周期波に対しては、0.5 mm までの水位変化を検出可能である。本器を海浜にて使用のときは、導圧管内に封入されている空気のために波の受感部における水位変化は 1/10 程度に減衰されて二重管の内管に伝達される。従って、このとき検出可能な最少

の水位変化は、0.5 cm 程度であらう。

3号器に、帯域濾波器を装置すると、周期20秒以下の波浪と、周期10時間以上の潮汐波は、20%ないし、これ以下に減衰される。なお、封入されている空気の温度変化に伴って、外管の水面に作用する圧力が変化し、これが内管における水位の変化をもたらす。この温度変化は一般に十分緩慢であるため帯域濾波器を装置しておく、この水位変化をある程度まで小さくすることが可能である。

最後に、本器の製作に当り、有益なる助言を下された、東京理科大学、福地直樹助手に御礼を申し上げます。また、本器の製作と、荒天の冬期日本海沿岸の長磯湾における観測に御協力下さった当研究室、大学院生の高山晴光氏、森幹樹氏、卒業生の四家進氏、長谷川俊彦氏、原田治弘氏、他卒業生の皆様に感謝の意を表します。

#### 参 考 文 献

- 1) MORITANI, N. and T. ABE (1972): A geophysical consideration of the water in the Ushigomebori moat,—On the seiche of the moat—. The 2nd Int. Ocean Devel. Conf., Tokyo, 270-281.
- 2) MORITANI, N. and T. ABE (1973): A geophysical consideration of the water in the Ushigomebori moat.—On the seiche motion of the moat (II)—. *La mer*, 11(4), 196-204.
- 3) VAN DORN, W.G. (1956): A portable tsunami recorder. *Trans. Amer. Geoph. Union.* 37(1), 27-30.
- 4) VAN DORN, W.G. (1960): A new long-period wave recorder. *Joun. Geoph. Res.* 65(3), 1007-1012.
- 5) SNODGRASS, F. (1958): Shore-based recorder of low-frequency. *Trans. Amer. Geoph. Union.* 39(1), 109-113.
- 6) 相田 勇 (1962): 長周期波記録計の製作. *震研彙報* (40), 545-560.

## 福井県梶におけるバフンウニの漁業生物学的研究—I.

バフンウニ漁業\*

石渡直典\*\* 伏見 浩\*\*\* 前川邦輝\*\*\*\* 難波高志\*\*\*\*\*

### Studies concerning the Fishery Biology of the Sea Urchin, *Hemicentrotus pulcherrimus* (A. AGASSIZ) in Kaji, Fukui Prefecture—I.

#### Sea Urchin Fishery

Naonori ISHIWATA, Hiroshi FUSHIMI, Kuniteru MAEKAWA and Takashi NANBA

**Abstract:** The Japanese common littoral sea urchin, *Hemicentrotus pulcherrimus* (A. AGASSIZ) is an economically important species in Echizen district, Fukui Prefecture. Therefore, in this district several projects for the propagation of this animal have been carried out since 1910, and some ecological information has been published. However, the ecology of this animal is largely unknown, and the available data are insufficient for the purposes of planning the rational management of this resource. The present study covers an investigation of the fishery biology of this resource on the coast of Kaji during the years from 1966 to 1968, and a discussion of the methods of managing this resource based on the conclusions arrived at in this study.

The first report is a description of the sea urchin fishery carried out on the coast of Kaji during the years from 1966 to 1968. The results obtained are summarized as follows:

1. In Fukui Prefecture the period from July 21 to August 20 is designated the fishing season for the sea urchin fishery. However, on this coast the fishing season is shorter than elsewhere and was the period from July 21 to August 13 during these years (Table 1).

2. The fishing of the sea urchin is mainly carried out by women divers.

3. The fishing grounds of the sea urchin consist of six areas (Fig. 1, A-F). The pattern of the daily change of the fishing areas was very similar during each of these years (Fig. 2 and Table 2). The main fishing ground is in the western coastal waters (A-D), especially in water less than 2 m deep; the sub fishing ground is off Takase (E) and in the eastern coastal waters (F) (Fig. 3).

\* 1977年7月9日受理

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

\*\*\* 静岡県水産試験場浜名湖分場 静岡県浜名郡舞阪  
Hamanako Branch, Shizuoka Prefectural  
Fisheries Experimental Station, Maisaka,  
Hamana-gun, Shizuoka-ken, 431-02 Japan

\*\*\*\* 福井県庁農林部水産課 福井市大手3  
Fisheries Section, Agriculture & Forestry  
Division, Fukui Prefectural Office, Ote 3,  
Fukui-shi, 910 Japan

\*\*\*\*\* 福井県水産試験場 敦賀市浦底33  
Fukui Prefectural Fisheries Experimental  
Station, Urasoko 23, Tsuruga-shi 914 Japan

## 1. 緒 言

福井県越前地方は名産越前雲丹の生産地として古くから知られている。この雲丹の記録は遠く1601年(慶長6年)にさかのぼるといわれる(福井県, 1909<sup>1)</sup>) が、現在のように練り雲丹として優良な製品が作られるようになったのは、1900~1910年頃(明治末期)からのようである。したがって、この地方ではバフンウニ(*Hemicentrotus pulcherrimus* (A. AGASSIZ))の増殖を目的として投石事業が1910年(明治43年)から現在まで継続して実施され、同時に、この事業の生産効果判定に関する調査が行なわれ、それに関連して、生

態学的知見が報告されている（川名，1938<sup>2)</sup>；南沢，小川，1959<sup>3)</sup>；大島，1962<sup>4)</sup>；瀧，東田，1964<sup>5)</sup>など）。

従来，本種の生態については未知の点が多く，また，その資源を合理的に管理するための対策を立てるに必要な資料の集積もふじゅうぶんである。本研究は1966年(昭和41年)から1968年(昭和43年)にわたり，本種の主産地の一つである福井県坂井郡三国町梶漁業協同組合地先の資源を対象として，その性状について調べ，更に資源の管理について検討を行なった。

本文に入るに先だち，本研究に際して種々ご援助をいただいた梶漁業協同組合長新谷栄次郎氏，福井県水産試験場長丹羽正一氏，東京水産大学宇野寛教授に厚く感謝の意を表すると同時に，調査に際してご協力をいただいた福井県水産試験場浦谷秀雄氏，泉清一郎氏，東京水産大学山川紘氏，小池康之氏，海藻類の同定ならびに有益なご助言をいただいた東京水産大学片田実教授，三浦昭雄助教授に厚く謝意を表する。なお，本研究は水産庁の磯根資源調査研究費によって行なわれたことを付記し，ここに厚く謝意を表する。

ここではまず1966～1968年梶漁協地先においてバフンウニ漁業，特に漁場の利用状況について主に聞き取り調査により得た結果を報告する。

## 2. 結 果

### 1. 漁 期

福井県では漁業調整規則により7月21日から8月20日までの1か月間がバフンウニの漁期に定められている。しかし，本地先においては漁期は自主的に短縮され，1966～1968年の漁期は7月21日から8月13日までで，その間の出漁日数は14～18日間であった（Table 1）。なお，出漁時間は午前

Table 1. Fishing season of *H. pulcherrimus* on the coast of Kaji for the years 1966-1968.

Year	Fishing season		Actual fishing days
	Beginning	Close	
1966	July 23	Aug. 13	18
1967	July 21	Aug. 10	18
1968	July 21	Aug. 10	14

7時30分から10時30分までの3時間に制限されている。

### 2. 漁 法

本地先におけるバフンウニの漁法は「陸取り」と「もぐり取り」に分かれている。陸取りでは腰まで水中に浸り，箱めがねでのぞきながら，足または柄の付いたかぎで転石を起こして，採取する。主に老人・子供により解禁当初に行なわれている。もぐり取りではウエットスーツ，潜水マスクを付け，桶を携え，潜水し，転石を一つ一つ起こして，採取する。海女により漁期通して行なわれている。

### 3. 漁 場

本地先におけるバフンウニ漁場は6区(A～F)に分かれている（Fig. 1）。1966～1968年の漁期中，出漁者全員を対象として，出漁場所を毎日聞き取り，漁場の利用状況を調べた。

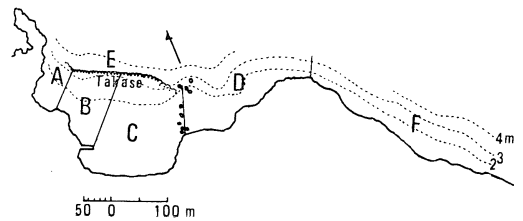


Fig. 1. Division of the fishing grounds of *H. pulcherrimus* on the coast of Kaji.

1966年の出漁場所の日変化は Fig. 2 に示す通りである。解禁初日には隣接する崎漁協と入り会いの越前松島の西側の水域へ，第2日目には東沿岸(F区)へ出漁する。この両日には西沿岸(A～D区)および高瀬沖(E区)の出漁が禁止されている。第3日目から全域へ自由に出漁することができるが，第3～6日目には西沿岸の水深2m以浅へ集中的に出漁し，その後沖合へ次第に進出する。沖合の進出とはほぼ並行して東沿岸へ分散し始め，第11日目頃から東沿岸の出漁が著しく増加する。1967，1968年について調べた結果も1966年の場合とほぼ同様の傾向を示した（Table 2）。

以上の出漁状況から見ると，本地先においては西沿岸，特にその水深2m以浅が主漁場として，高瀬沖および東沿岸が副漁場として利用されてい

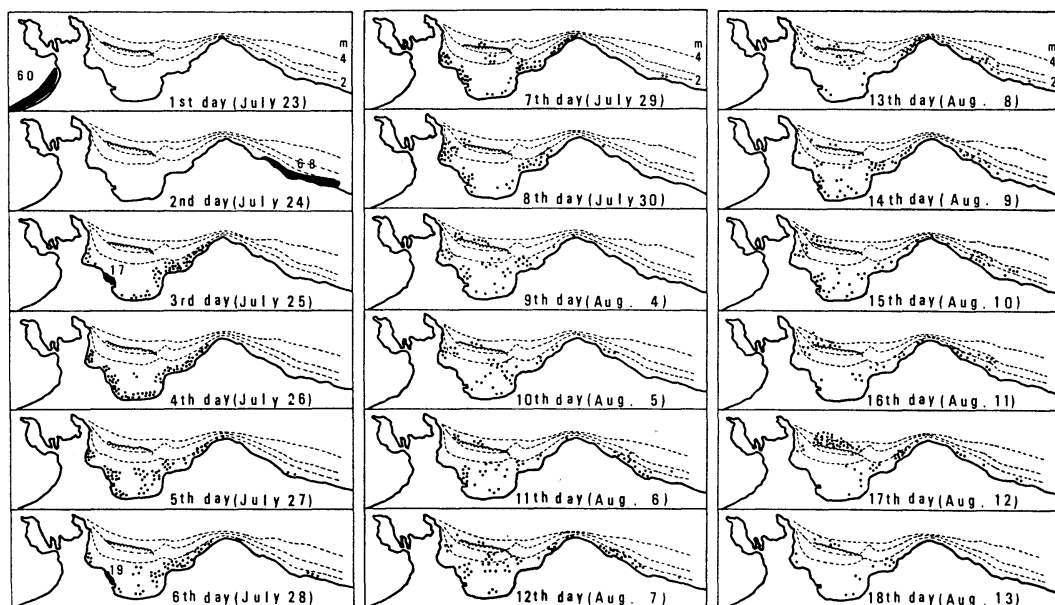


Fig. 2. Daily change of fishing areas of *H. pulcherrimus* on the coast of Kaji during the 1966 fishing season.

One dot equals one fisherman; arabic numerals indicate number of fishermen.

Table 2. Daily and annual change of fishing areas of *H. pulcherrimus* on the coast of Kaji during the fishing seasons for the years 1966-1968.

Date	Number of fishermen												
	Fishing area												
	A		B		C		D		A-D		E	F	A-F
	a	* b	a	b	a	b	a	b	a	b			
1966 July 24												68	68
25	6		17		17		28		68				68
26	9		12		25		23		69				69
27	7		13		27		18		65		2		67
28	4		19		20		23		66		5		71
29	9		10		7	5	25		51	5	3	2	61
30	11	5	7		7		17		42	5	4	1	52
Aug. 4	7		7		13	2	11		38	2	9		49
5	5	4			20	2	6		31	6	4	3	44
6			8		13		7		28		8	16	52
7	2	1	8		13	5	10		33	6	3	18	60
8	2				5	6	10		17	6	7	10	40
9	1	1	7		14	1	16		38	2	3	9	52
10	4	4	6		14		6		30	4	9	16	59
11	1	4	1		4		10		16	4	12	15	47
12	1	2			6		16		23	2	34	6	65
13	2				4		6		12		6		18
Total	71	21	115	115	209	21	232	232	627	42			942
		92				230			669		102	171	



Table 2. (Continued)

1967 July 22											88	88
23	18		23		16		39		96			96
24	23		19		19		35		96			96
25	4		18		22		41		85			85
26	12		8		35		20		75			75
27	9		11		30	6	17		67	6		73
28	12		4		21		11		48		6	54
29	20		2		14		14		50			50
31	5				27	1	8		40	1		41
Aug. 1	3		5		20		16		44		1 6	51
2	6	2	5		8		23		42	2	1 2	47
3	3		3		12		16		34		2 13	49
5					18	2	16		34	2	1 11	48
6	4	1	5		12		9		30	1		42
8	6	1	5		9		8		28	1	1 12	42
9	10	2	6		2		6		24	2		39
10	13	3					13		26	3		36
Total	148	9	114	114	265	9	292	292	819	18	6 169	1012
		157				274				837		
1968 July 22											78	78
23	22		33		14		28		97			97
24	11		16		24		36		87		1	88
25	13		16		24	1	23		76	1	6	83
27	12		10		24		19		65		2	67
28	19		3		14	5	24		60	5	1	66
29	10		4		10	5	24		48	5	4	57
Aug. 5	21		12		5		22		60		2	62
6	11		4		10	6	22		47	6	4 6	63
7	5		4		8	4	21		38	4	6 11	59
8	1		2		5	5	20		28	5	4 18	55
9			4		4	2	22		30	2	6 14	52
10	2				17	3	11		30	3	4 12	49
Total	127		108	108	159	31	272	272	666	31	28 151	876
		127				190				697		

\* a, waters less than 2 m deep; b, waters more than 2 m deep.

ることがわかる(Fig. 3)。このように西沿岸の水深 2 m 以浅が集中的に利用されているのは、採取が容易であるということばかりでなく、当業者が、この水域のバフンウニが大形であり、しかも、生殖巣量が多く、その色彩が良いことを経験的に確認しているからであろう。

ニ増殖効果認定について。昭和 31 年度福井水試事報, 124-139.

- 4) 大島泰雄 (1962): 浅海増殖事業, その生産効果. 海文堂, 東京, 133 p.
- 5) 瀧 襄, 東田 勇 (1964): 福井県におけるバフンウニの増殖を目的とした既往の投石効果調査と問題点の一・二. 水産増殖, 12(1), 37-47.

文 献

- 1) 福井県編 (1909): 若越小誌, 294 p.
- 2) 川名 武 (1938): バフンウニの増殖について. 水産研究誌, 33(3), 104-116.
- 3) 南沢 篤, 小川良徳 (1959): 投石によるバフンウ

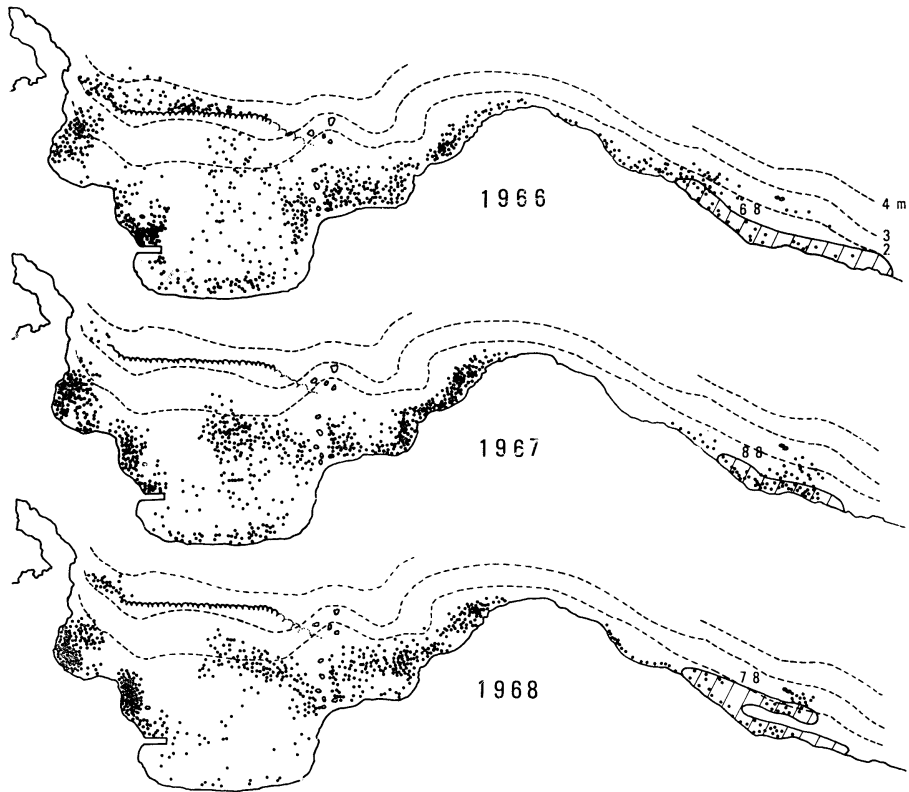


Fig. 3. Annual change of fishing areas of *H. pulcherrimus* on the coast of Kaji during the fishing seasons from 1966 to 1968.

One dot equals one fisherman. Oblique lines indicate fishing areas on 2nd day of the fishing season; arabic numerals indicate number of fishermen.

## 福井県梶におけるバフンウニの漁業生物学的研究—II.

生息場所の底質・海藻植生・大形底生動物群集\*

石渡直典\*\* 伏見 浩\*\*\* 今 攸\*\*\*\* 難波高志\*\*\*\*\*

### Studies concerning the Fishery Biology of the Sea Urchin, *Hemientrotus pulcherrimus* (A. AGASSIZ) in Kaji, Fukui Prefecture —II.

#### On the Substratum, Algal Vegetation and Macrobenthic Animal Community of the Habitat of the Sea Urchin

Naonori ISHIWATA, Hiroshi FUSHIMI, Tohshi KON and Takashi NANBA

**Abstract:** In the previous report<sup>1)</sup> an outline of the sea urchin fishery carried out on the coast of Kaji, Fukui Prefecture, was given. In the present study, the substratum, the algal vegetation and macrobenthic animal community were investigated in the habitat of the sea urchin on the coast of Kaji before the fishing seasons in 1966 and 1968.

The western waters are divisible into two zones, an inner zone less than 2 m deep (Sts. 1-13) and an outer zone more than 2 m deep (Sts. 14-42), with respect not only to the substratum but also to the algal vegetation and macrobenthic animal community of these waters. In the inner zone the sea bottom slopes gently from the shore, and there are many small stones about 30 cm in diameter on the sandy and gravelly bottom, while, in the outer zone the sea bottom slopes steeply, and many large and small stones of about 30 to 100 cm and rocks are found on the rocky bottom (Fig. 2 and 3). Also, in the inner zone the dominant algal vegetation is small perennial algae while in the outer zone it is large perennial algae (Table 1). The difference between these two zones is shown also in the composition of the macrobenthic animal community. The inner zone yields more *Ophioplocus japonicus* than *Hemientrotus pulcherrimus*, and in this zone *O. japonicus* is the dominant animal of the community. The outer zone yields more *H. pulcherrimus* than *O. japonicus*, and in this zone *H. pulcherrimus* predominates widely while *O. japonicus* is the subdominant animal in this community (Table 3).

On the other hand, in the eastern waters the sea bottom slopes steeply from the shore, and many large stones of about 100 to 200 cm and rocks are found on the rocky bottom (Fig. 2). The dominant algal vegetation in these waters is perennial algae (Table 2), and there are more *H. pulcherrimus* than *O. japonicus*. *H. pulcherrimus* predominates widely in these waters and is the dominant animal of the community (Table 4).

\* 1977年7月9日受理

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

\*\*\* 静岡県水産試験場浜名湖分場 静岡県浜名郡舞阪  
Hamanako Branch, Shizuoka Prefectural Fisheries Experimental Station, Maisaka, Hamanagun, Shizuoka-ken, 431-02 Japan

\*\*\*\* 福井県水産試験場 福井県敦賀市浦底23  
Fukui Prefectural Fisheries Experimental Station, Urasoko 23, Tsuruga-shi, 914 Japan

前報(石渡ら, 1977<sup>1)</sup>)では福井県梶地先におけるバフンウニ漁業の概要について述べたが、バフンウニのような比較的定着性の強い磯根資源生物の生長・生残・分布・加入・資源量・漁獲率などの漁業生物学的諸事項は生息場所と関係が深いので、ここでは梶地先のバフンウニ生息場所における底質・海藻植生・大形底生動物群集について調べた結果を述べる。

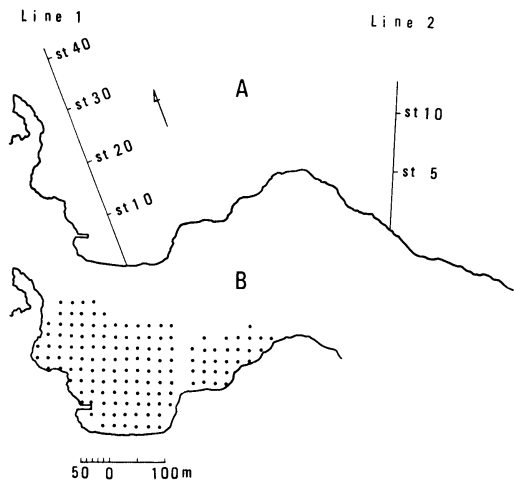


Fig. 1. Survey stations on the coast of Kaji before the fishing seasons in 1966 (A) and 1968 (B).

1. 調査方法

調査 1. 調査は1966年(昭和41年)漁期前(7月1~20日)福井県坂井郡三国町梶地先の東西両水域の各中央部においてスキューバーを使用して実施した。直径9cmのマニラロープを岸から沖合に向かって、西水域では真北に420m, 東水域では北北東に260m張り, 真ちゅう製のくいを打って, ロープを海底に固定し, それぞれ定線1, 2を設けた。それらの定線上に定線1では岸から10m間隔に42地点, 定線2では20m間隔に13地点を選定し(Fig. 1, A), 各地点に鉄製の方形わく(2×2m)を置いて, そのわく内の表生の大形底生動物を採集し, 同時に, 水深, 底質, 海藻の種類を調べた。ウニ類は計数後, 採集地点に放流し, その他の動物は10%ホルマリンで固定し, 実験室に持ち帰って, 同定・計数した。

調査 2. 調査は1968年(昭和43年)漁期前(6月28日~7月14日)同地先の西水域において行な

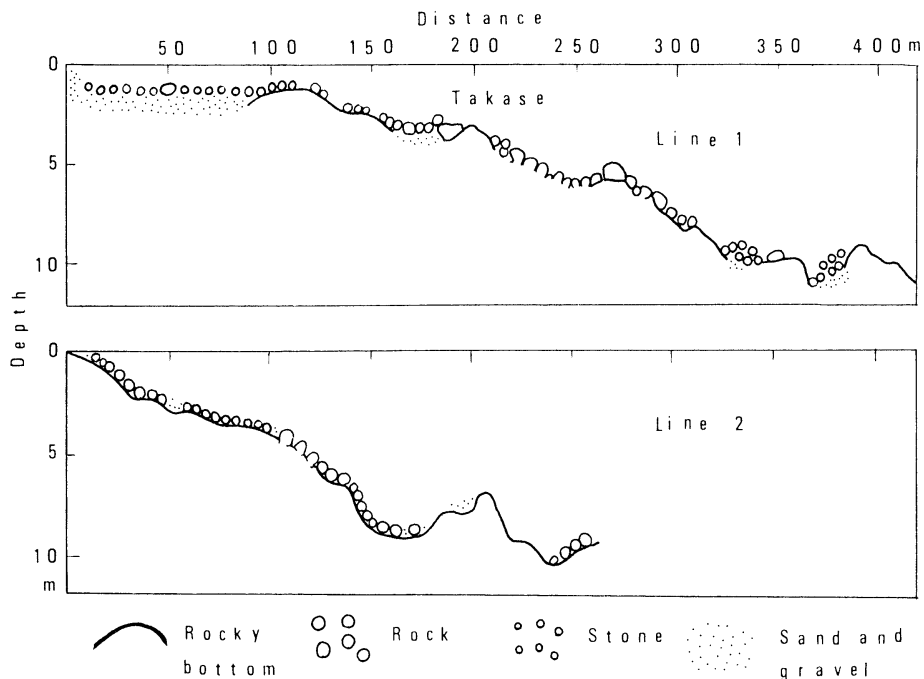


Fig. 2. Depth and substratum along the survey lines on the coast of Kaji.

った。汀線に沿って 20 m 間隔に、岸から沖合に向かって北北東に、前記のマニラロープを張り、それらのロープ上に岸から 20 m 間隔に 140 地点を選定し (Fig. 1, B), 各地点に前記の方形わくを置いて、全域の底質を調べた。

## 2. 調査結果

### 1. 水深と底質

本地先は東西に細長く、海岸線は約 1,000 m に達する。小湾口は北に向かって外海に開き、背後は緩斜面を形成し、西岸は断がい絶壁の越前松島

を境界として、崎地先に隣接し、東は浜地地先の砂浜に連なっている。東西両海浜の境界には起伏した岩礁が突出している。

定線 1 の各地点における水深・底質は Fig. 2 に示す通りである。西水域では地点 13 (距岸 130 m の地点) までは海底は緩傾斜で、水深は 1~2 m であるが、それ以遠では比較的急傾斜で、地点 16~20 では約 3 m, 地点 37 では最高の 11 m である。また、地点 1~10 では砂礫底に直径 30 cm ぐらいの小転石が多く、地点 11~28 では岩盤底に直径 30~100 cm ぐらいの大小の転石や大岩が存在

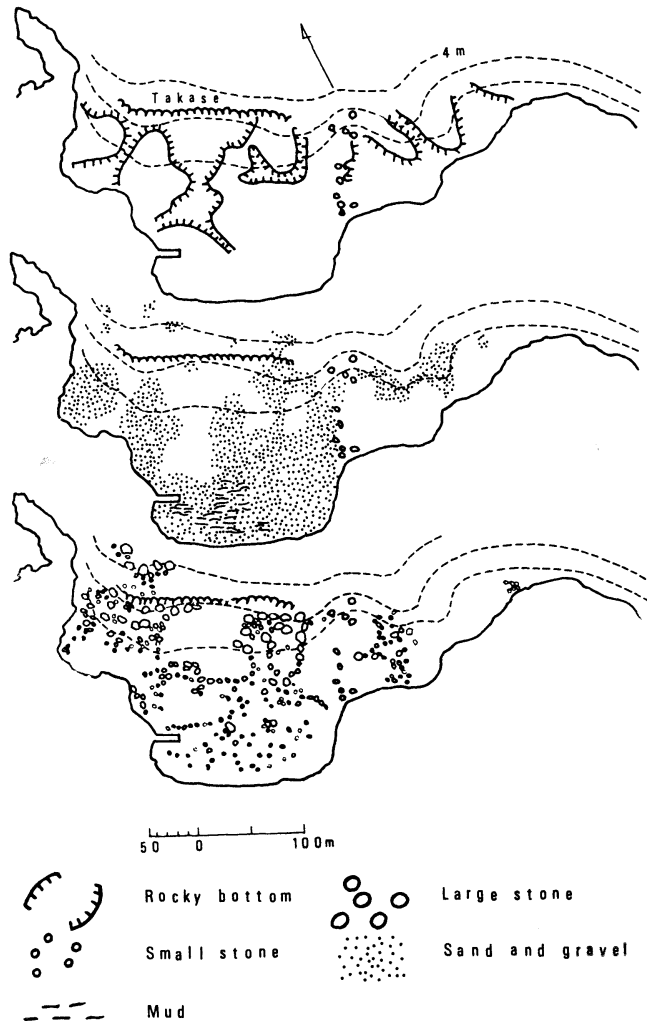


Fig. 3. Substratum in the western waters of Kaji.

する。地点 29 以遠では岩盤が発達し、その切れ間には砂礫や転石地帯がある。全域の底質は Fig. 3 に示す通りである。水深 2 m 以浅では基底は砂礫、それ以深では岩盤である。それらの基底上に水深 2 m 以浅では直径 30~50 cm ぐらいの小転石が多く、水深 2~3 m では 30~100 cm ぐらいの大小の転石や大岩が存在する。水深 3 m 以深（高瀬沖）では大岩が主体で、玉石場もある。なお、湾奥部には小川の運搬物らしい泥の堆積域が見られる。

一方、東水域では海底は急傾斜で、地点 6（距岸 120 m の地点）では水深は約 5 m、地点 8 では約 9 m であり、それ以遠では 8~9 m と多少浅く、

地点 11 付近から 9~11 m と再び深くなっている。また、この水域では起伏した岩盤底に直径 100~200 cm ぐらいの大転石・大石や大岩が錯雑し、その岩間には砂礫や小転石が存在する (Fig. 2)。なお、東西両水域の境界付近では海底はきわめて急傾斜であり、岩盤底に大岩が散在する。

## 2. 海藻植生

定線 1 の出現海藻は約 28 種、そのうち緑藻類は 3 種、褐藻類 11 種、紅藻類約 14 種である。各地点における海藻植生の生活型組成は Table 1 に示す通りで、全地点を通じて見ると、海藻植生の優占生活型は多年生海藻である。そのうち地点 1~6

Table 1. Composition of life-form of algal vegetation along the survey line 1

Life-form	Species	Occurrence															
		Station															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Perennials																	
Large	<i>Sargassum patens</i>		○				○				○	○	○	○		○	
	<i>S. tortile</i>		○									○	○				
	<i>Eisenia bicyclis</i>												○		○		
	<i>S. confusum</i>										○	○	○		○	○	
	<i>S. ringgoldianum</i>														○		
Small	Corallinoideae spp.	○	○								○		○		○	○	
	<i>Gelidium amansii</i>	○	○	○							○						
	<i>Laurencia nipponica</i>	○	○	○			○					○					
	<i>Carpopeltis affinis</i>	○	○														
	<i>Gymnogongrus flabelliformis</i>	○	○														
	<i>Lomentaria hakodatensis</i>	○									○						
	<i>Gracilaria textorii</i>																
	<i>Chondrus ocellatus</i>	○															
Semi-perennials																	
	<i>Dictyota dichotoma</i>			○			○					○	○		○	○	
	<i>Dictyopteris undulata</i>																
	<i>Padina arborescens</i>		○														
Annuals																	
	<i>Ceramium tenerrimum</i>	○	○	○								○	○			○	
	<i>Colpomenia sinuosa</i>			○							○	○	○		○	○	
	<i>Nemacystus decipiens</i>		○								○				○	○	
	<i>Cladophora</i> sp.																
	<i>Hydroclathrus clathratus</i>																
	<i>Ulva</i> sp.	○	○														
	<i>Chaetomorpha crassa</i>											○					
	<i>Callophyllis japonica</i>																
	<i>Meristotheca papulosa</i>	○															
	<i>Champia parvula</i>											○					
	<i>Acrosorium uncinatum</i>	○															
	<i>Polysiphonia</i> sp.		○														

ではウラソゾ・マクサなどの小形多年生海藻，地点 11~40 ではヤツマタモク・ヨレモク・アラメなどの大形多年生海藻が優占している。地点 11~25 (高瀬周辺) では小形多年生の有節サンゴモ類が発達している。更に，子細に見ると，地点25~26を境界として海藻植生が変化し，それ以遠では大形多年生のフンスジモクや小形多年生の有節サンゴモ類が著減し，また，準多年生のアミジグサが著減し，準多年生のシワヤハズに交替している。

定線 2 の出現海藻は約 20 種である。全地点を通じて見ると，海藻植生の優占生活型はやはり多年生海藻であり，ヤツマタモク・ヨレモク・アラメ

などの大形多年生海藻や有節サンゴモ類などの小形多年生海藻が優占している。その他準多年生のアミジグサ・シワヤハズ，1 年生のワツナギソウ・モズク・ケイギス・トサカノリなどが出現している (Table 2)。

### 3. 大形底生動物群集

定線 1 の各地点における大形底生動物の種類組成は Table 3 に取りまとめている。出現動物は 39 種，1 地点当たり平均種類数は 9.4 種，平均個体数は 83.7 (20.9/m<sup>2</sup>) である。そのうち棘皮動物の個体数は 88.9%，軟体動物 8.8%，甲殻類 2.3% である。また，棘皮動物は 40 地点 (出現率 95.2

in the western waters of Kaji before the 1966 fishing season.

Occurrence																									
Station																									
17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
○		○	○	○	○	○		○	○		○	○	○	○	○		○	○	○	○	○		○		
		○	○		○	○	○	○	○		○	○	○		○	○		○	○	○	○		○		
○		○	○	○	○	○	○		○			○						○	○	○					
○		○	○	○			○												○	○	○				
○						○		○	○								○				○				
○												○													
	○																								
		○	○	○		○	○	○	○				○												
		○	○																						
			○		○						○					○	○		○	○	○			○	
			○												○					○					
																				○	○	○			
○																									

%), 軟体動物 35 地点 (出現率 83.3%), 甲殻類 23 地点 (出現率 54.8%) に見られる。

出現動物のうちバフソウニの個体数は 41.9% で最も多く, 次にクモヒトデの 29.1%, ムラサキウニ 7.1%, アカウニ 4.7% と続き, その他の動物は 17.2% である。また, バフソウニは 34 地点 (出現率 81.0%) に出現し, そのうち 1, 6, 10, 12, 14, 16~28, 32~33 の 20 地点で優占し, 特に地点 11 以遠の岩盤底の転石地帯では 17 地点で優占している。クモヒトデは 37 地点 (出現率 88.1%) に出現し, そのうち 2~5, 7~9, 11, 13, 29~30, 34~35 の 13 地点で優占し, 特に地点 1~10 の砂礫底の転石地帯ではバフソウニより多数出現し, 7 地点で優占している。ムラサキウニ・アカウニは地点 11 以遠の岩盤底の転石地帯に多く, ムラサキウニは 39 地点 (出現率 92.9%) に出現し, そのうち 15, 39~42 の 5 地点で優占し, アカウニ

は 30 地点 (出現率 71.4%) に出現し, 32, 36 の 2 地点で優占している。

一方, 定線 2 の出現動物は 17 種, そのうちバフソウニはやはり 61.7% で最も多く, クモヒトデ 18.5%, アカウニ 7.0%, ムラサキウニ 4.8%, その他の動物 8.0% である。全地点を通じて見ると, バフソウニがやはり優占し, これに次いでクモヒトデが優占している (Table 4)。

### 3. 考 察

本地先の西水域は水深 2 m を境界として, 底質・海藻植生・大形底生動物群集が漸次移行し, 内側帯と外側帯に分けられ, また, 西水域と東水域はその境界の海底地形から明りょうに分けられる。

西水域の内側帯では海底は緩傾斜で, 砂礫底に小転石が多く, 外側帯では比較的急傾斜で, 岩盤底に大小の転石や大岩がある。従来, この水域で

Table 2. Composition of life-form of algal vegetation along the survey line 2 in the eastern waters of Kaji before the 1966 fishing season.

Life-form	Species	Occurrence												
		Station												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Perennials	Large	<i>Sargassum patens</i>		○	○	○	○	○	○		○	○		○
		<i>S. tortile</i>		○	○		○	○	○		○	○	○	
		<i>Eisenia bicyclis</i>		○	○		○	○				○		
		<i>S. confusum</i>	○				○	○						
		<i>S. ringgoldianum</i>				○								
	Small	<i>Echlonia kurome</i>				○								
		<i>Corallinoideae</i> spp.	○	○			○	○			○		○	
		<i>Gracilaria textorii</i>						○				○		
		<i>Gelidium amansii</i>									○			
		<i>Chrysiomenia wrightii</i>											○	
Semi-perennials	<i>Dictyota dichotoma</i>		○	○	○	○						○		
	<i>Dictyopteris undulata</i>									○	○	○	○	
Annuals	<i>Champia parvula</i>	○	○			○		○					○	
	<i>Nemacystus decipiens</i>	○			○					○				
	<i>Ceramium tenerrimum</i>		○					○			○			
	<i>Meristotheca papulosa</i>										○	○		
	<i>Cladophora</i> sp.		○											
	<i>Colpomenia sinuosa</i>		○											
	<i>Undaria pinnatifida</i>				○									
	<i>Callophyllis crispata</i>												○	



は投石が行なわれており、それらの転石の大部分は投石によるものと推測される。一方、東水域では海底は急傾斜であり、岩盤底に大転石・大石や大岩が錯雑している。

本地先全体を通じて海藻植生の優占生活型は多年生海藻である。西水域の内側帯ではそれは小形多年生海藻、外側帯では大形多年生海藻であり、一方、東水域でもそれは大形、小形多年生海藻である。片田(1963)<sup>2)</sup>は海藻群落の遷移系列を優占生活型群によって示し、一般に裸面が現れると、第1群(直立多季節海藻、一部の一季節海藻)、第2群(一年生殻状海藻、直立一季節海藻、真一年生海藻)、第3群(多年生直立海藻)の順で優占し、安定した環境においては、多年生海藻が最終的に優占して極相を呈するであろうという。このことから見ると、多年生海藻が優占している本地先の環境は大体安定した状態にあるように思われる。また、転石を起こして、バフンウニを採取している西沿岸(主漁場)にも多年生海藻が優占しており、覆石が海藻植生を低次の遷移段階にとどめているとはいえないように思われる。なお、KITCHING, EBLING(1961)<sup>3)</sup>、LEIGHTON, JONES, NORTH(1966)<sup>4)</sup>、CLARKE, NEUSHUL(1967)<sup>5)</sup>によると、藻食性のウニ類の採食は海藻植生の発達・消長に著大な影響を及ぼし、ウニ類の密度が高くなると、相観的に裸地に近くなるという。したがって、裸地に近い場所のすべてが、非生物的環境の不安定さを反映しているとは限らず、海藻植生から立地の特性を判断する場合には、藻食動物の採食をじゅうぶんに考慮する必要がある。

本地先全体を通じて大形底生動物群集中バフンウニが優占し、これに次いでクモヒトデが優占している。西水域の内側帯ではクモヒトデが優占しているが、外側帯ではバフンウニが広く優占し、一方、東水域でもバフンウニが優占している。この両種の生息場所はほぼ一致しているが、バフンウニは岩盤底の転石地帯に、クモヒトデは砂礫底の転石地帯に多数出現・生息している。川名(1938)<sup>6)</sup>は福井県下各地先においてバフンウニの生態を調べ、バフンウニの生息場所には必ずクモヒトデが多数生息していることに注目している。本調査の

結果も川名の結果と同様であるが、この両種はそれぞれ特定の生息場所を選択しているように思われる。なお、バフンウニの主食物は海藻類であることが知られている(川名, 1938<sup>6)</sup>; 大島, 石渡, 田中, 1957<sup>7)</sup>; 中村, 芳永, 1962<sup>8)</sup>) が、クモヒトデの食物については従来参考文献が見当たらない。しかし、外国産クモヒトデ類については、FELL(1966)<sup>9)</sup>、D'YAKONOV(1967)<sup>10)</sup>によると、その主食物はデトリタスであり、その他環虫類・甲殻類・軟体動物・棘皮動物などの小動物を食するという。したがって、藻食性のバフンウニとデトリタス食性のクモヒトデ類とは生態的地位が異なり、共存が可能であるように思われる。

#### 文 献

- 1) 石渡直典, 伏見 浩, 前川邦輝, 難波高志(1977): 福井県梶におけるバフンウニの漁業生物学的研究— I. バフンウニ漁業. うみ, 15(3), 146-150.
- 2) 片田 実(1963): 海藻の生活形と遷移. 日水誌, 29(8), 798-808.
- 3) KITCHING, J. A., and F. J. EBLING(1961): The ecology of Lough Ine XI, The control of algae by *Paracentrotus lividus* (Echinoidea). J. Anim. Ecol., 30, 373-383.
- 4) LEIGHTON, D. L., L. G. JONES, and W. J. NORTH(1966): Ecological relationships between giant kelp and sea urchins in southern California, p. 141-153. In E. G. YOUNG and J. L. MCLACHLAN (ed.) Proc. of the fifth int. seaweed symp. Pergamon Press, Oxford · London · Edinburgh.
- 5) CLARKE, W. D., and M. NEUSHUL(1967): Subtidal ecology of the southern California coast, p. 29-42. In T. A. OLSON and F. J. BURGESS (ed.) Pollution and marine ecology. John Wiley & Sons, New York · London · Sydney.
- 6) 川名 武(1938): バフンウニの増殖について. 水産研究誌, 33(3), 104-116.
- 7) 大島泰雄, 石渡直典, 田中二良(1957): ムラサキウニとバフンウニの食性. 水産増殖, 5(1), 26-30.
- 8) 中村達夫, 芳永春男(1962): 山口県外海産のウニについて. 水産増殖, 9(4), 189-200.
- 9) FELL, H. B.(1966): The ecology of ophiuroids, p. 129-143. In R. A. BOOLOOTIAN (ed.) Physiology of echinodermata. John Wiley & Sons, New York · London · Sydney.
- 10) D'YAKONOV, A. M.(1967): Ophiuroids of the USSR seas. (Transl. from Russian by R. FINE-SILVER). Israel Program for Sci. Transl., Jerusalem, 123 p.

Table 3-1. Composition of macrobenthic animal community along the survey

Station	1	2	3	4	5	6	7
Number of species	10	11	9	11	9	13	6
Number of animals	50	45	35	93	92	193	104
MOLLUSCA	7	4	2	7	5	6	
Polyplacophora	4	3	1	3	2	3	
<i>Ischnochiton comptus</i>		2	1			2	
<i>Lepidozona coreanica</i>	4	1		3	2	1	
<i>Rhyssoplax kurodai</i>							
<i>Lucilina amanda</i>							
Gastropoda				3	3	3	
<i>Sulculus diversicolor aquatilis</i>							
<i>Scutus sinensis</i>				2	2	2	
<i>Cellana toreuma</i>							
<i>Granata lyrata</i>							
<i>Omphalius rustica</i>				1			
<i>O. pfeifferi carpenteri</i>					1		
<i>Batillus cornutus</i>						1	
<i>Marmarostoma stenogyrum</i>							
<i>Astralium haematragum</i>							
<i>Purpuradusta gracilis</i>							
<i>Thais bronni</i>							
<i>Kellettia lischkei</i>							
<i>Pollia subrubiginosus</i>							
<i>Pusia hizenensis</i>							
<i>Aplysia parvula</i>							
Bivalvia	3	1	1	1			
<i>Arca boucardi</i>							
<i>Striarca symmetrica</i>							
<i>Modiolus agripetus</i>							
<i>Septifer keenae</i>	1	1	1	1			
<i>Spondylus cruentus</i>							
<i>Cardita leana</i>	2						
ARTHROPODA		1				1	
Crustacea		1				1	
<i>Paguristes barbatus</i>		1				1	
<i>Pagurus lanuginosus</i>							
<i>Hapalogaster dentata</i>							
ECHINODERMATA	43	40	33	86	87	186	104
Ophiuroidea	6	15	15	55	63	77	50
<i>Ophiothrix</i> sp.							
<i>Ophioplocus japonicus</i>	6	15	15	55	63	77	50
Asteroidea	5	6	4	10	9	11	3
<i>Asterina batheri</i>		1					
<i>A. pectinifera</i>	2	3	2	5	8	4	1
<i>Henricia nipponica</i>				2		1	
<i>Coscinasterias acutispina</i>	3	2	2	3	1	6	2
Echinoidea	31	15	13	15	14	91	50
<i>Mespilia globulus</i>							
<i>Pseudocentrotus depressus</i>	1		1			3	
<i>Hemicentrotus pulcherrimus</i>	29	12	11	14	11	87	49
<i>Anthocidaris crassispina</i>	1	3	1	1	3	1	1
Holothroidea	1	4	1	6	1	7	1
<i>Stichopus japonicus</i>	1	4	1	6	1	7	1

line 1 in the western waters of Kaji before the 1966 fishing season.

8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
17	14	8	6	13	14	7	5	14	16	12	17	16	12	10
168	95	126	34	125	78	34	52	125	180	299	172	137	227	128
11	13	5		45	12	1	4	9	17	18	22	11	9	5
4	4			30	4				6		8	2		
3	3			29	2				1		6	1		
1	1				2				4		2	1		
				1						1				
5	9	5		12	5		4	9	11	18	12	9	9	5
1	1											1		
												1		
2				1										
1				1	1			1	2	6	3	2	1	
	1			4	2			1	6	6	3	1	2	1
	6	5		3			4	6	1	5	6	4	6	3
										1				
	1													
														1
1				3	2			1	2					
2				3	3	1					2			
					1									
											1			
2				3	2	1					1			
4	3	1		1	1	1		4	8	2	13	14	2	3
4	3	1		1	1	1		4	8	2	13	14	2	3
1									1		6	5	1	
	2							2	2		4			
3	1	1		1	1	1		2	5	2	3	9	1	3
153	79	120	34	79	65	32	48	112	155	279	137	112	216	120
106	53	39	17	11	31	6	3	24	32	61	36	34	69	17
										1				
<b>106</b>	<b>53</b>	<b>39</b>	<b>17</b>	11	<b>31</b>	6	3	<b>24</b>	<b>32</b>	<b>61</b>	<b>35</b>	<b>34</b>	<b>69</b>	<b>17</b>
8	8	4	1	3	3	1		6	5	5	2	7	4	10
1					1	1		1						
5	3	2						1	2	3	1	6	3	8
2	5	2	1	3	2			4	3	2	1	1	1	2
37	16	77	16	65	29	25	45	81	118	206	99	70	140	93
			1											
1		2	1			1	2	8	4	8	5	3	11	3
35	15	<b>70</b>	<b>13</b>	<b>33</b>	27	<b>13</b>	<b>19</b>	<b>62</b>	<b>108</b>	<b>190</b>	<b>77</b>	<b>55</b>	<b>127</b>	<b>75</b>
1	1	5	1	32	2	11	<b>24</b>	11	6	8	17	12	2	15
2	2				2			1		7		1	3	
2	2				2			1		7		1	3	

Table 3-2. (Continued)

Station	23	24	25	26	27	28	29
Number of species	13	15	11	11	8	6	16
Number of animals	120	201	101	151	48	35	61
MOLLUSCA	5	32	3	3	2	2	6
Polyplacophora	1	19					3
<i>Ischnochiton comptus</i>	1	19					2
<i>Lepidozona coreanica</i>							1
<i>Rhysoplax kurodai</i>							
<i>Lucilina amanda</i>							
Gastropoda	4	13	2	2	2	2	3
<i>Sulculus diversicolor aquatilis</i>		1					
<i>Scutus sinensis</i>	1						
<i>Cellana toreuma</i>							
<i>Granata lyrata</i>							
<i>Omphalius rustica</i>							
<i>O. pfeifferi carpenteri</i>	1	6					1
<i>Batillus cornutus</i>	1	4	2	1	2	2	1
<i>Marmarostoma stenogyrum</i>		1					
<i>Astraliium haematragum</i>				1			1
<i>Purpuradusta gracilis</i>							
<i>Thais bronni</i>							
<i>Kellettia lischkei</i>							
<i>Pollia subrubiginosus</i>							
<i>Pusia hizenensis</i>		1					
<i>Aplysia parvula</i>	1						
Bivalvia			1	1			
<i>Arca boucardi</i>			1				
<i>Striarca symmetrica</i>							
<i>Modiolus agripetus</i>							
<i>Septifer keenae</i>				1			
<i>Spondylus cruentus</i>							
<i>Cardita leana</i>							
ARTHROPODA	4	3	1	4			6
Crustacea	4	3	1	4			6
<i>Paguristes barbatus</i>							2
<i>Pagurus lanuginosus</i>	1	1					
<i>Hapalogaster dentata</i>	3	2	1	4			4
ECHINODERMATA	111	166	97	144	46	33	49
Ophiuroidea	16	52	18	40	3	10	18
<i>Ophiothrix</i> sp.			1				2
<i>Ophioplocus japonicus</i>	16	52	17	40	3	10	16
Asteroidea	2	8	7	5	6	1	3
<i>Asterina batheri</i>							
<i>A. pectinifera</i>	1	7	6	4	5	1	1
<i>Henricia nipponica</i>							1
<i>Coscinasterias acutispina</i>	1	1	1	1	1		1
Echinoidea	93	105	69	95	34	22	27
<i>Mespilia globulus</i>							
<i>Pseudocentrotus depressus</i>	10	17	10	23	8	5	10
<i>Hemicentrotus pulcherrimus</i>	73	81	58	66	17	14	2
<i>Anthocidarid crassispina</i>	10	7	1	6	9	3	15
Holothroidea		1	3	4	3		1
<i>Stichopus japonicus</i>		1	3	4	3		1

30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	Total
8	6	7	8	12	7	1	1		6	5	1	2	394
56	13	31	15	42	15	1	2		13	11	3	3	3514
2	8		3	19	2		2		4	4			310
	3			6	1				1				108
	3			6	1				1				83
													23
													1
													1
2	5		3	12	1		2		2	4			181
													1
													10
													1
				1									4
			1	3									19
				3									40
2	4			3	1		2		2	3			80
													1
			1										4
			1										1
													1
										1			1
	1												2
													1
				5									15
				1					1				21
													1
													1
													1
				1									15
									1				1
													2
2		1		1									81
2		1		1									81
1													19
1		1											14
													48
52	5	30	12	22	13	1			9	7	3	3	3123
24	2	2	3	9	5				2	1			1025
													4
24	2	2	3	9	5				2	1			1021
		4	1	2									154
													5
		4	1	2									91
													4
													54
26	3	23	8	11	7	1			6	6	3	3	1888
										1			2
9	2	8	1	3	3	1						1	165
10		8	4	6	1								1472
7	1	7	3	2	3				6	5	3	2	249
2		1			1				1				56
2		1			1				1				56

Table 4. Composition of macrobenthic animal community along the survey line 2 in the eastern waters of Kaji before the 1966 fishing season.

Station	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Total
Number of species	13	12	9	8	6	10	4		5	3	5	4	4	83
Number of animals	367	301	347	174	43	39	16		22	4	10	5	15	1343
MOLLUSCA	12	28	6	3	3	3					1			56
Polyplacophora	2	24	1	2										29
<i>Ischnochiton comptus</i>	2	24	1	2										29
Gastropoda	10	4	5	1	3	3					1			27
<i>Scutus sinensis</i>		1												1
<i>Omphalius rustica</i>	2													2
<i>O. pfeifferi carpenteri</i>	2	2	2	1										7
<i>Batillus cornutus</i>	2	1	3		3	2					1			12
<i>Astraliium haematragum</i>						1								1
<i>Aplysia parvula</i>	4													4
ARTHROPODA	1	2				2					1			6
Crustacea	1	2				2					1			6
<i>Paguristes barbatus</i>	1	2				2					1			6
ECHINODERMATA	354	271	341	171	40	34	16		22	3	9	5	15	1281
Ophiuroidea	45	47	68	37	20	4	3		9	3	4	1	9	250
<i>Ophiothrix</i> sp.											2			2
<i>Ophioplocus japonicus</i>	45	47	68	37	20	4	3		9	1	4	1	9	248
Asteroidea	3	6	13	3	2	9			1			2		39
<i>Asterina batheri</i>		1												1
<i>A. pectinifera</i>	2	4	10	2	2	8			1			2		31
<i>Coscinasterias acutispina</i>	1	1	3	1		1								7
Echinoidea	305	218	260	131	18	20	13		10		5	2	6	988
<i>Pseudocentrotus depressus</i>	18	11	13	19	5	7	7		8		1	1	4	94
<i>Hemicentrotus pulcherrimus</i>	258	196	240	109	10	9	4		2		1			829
<i>Anthocardaris crassispina</i>	29	11	7	3	3	4	2				3	1	2	65
Holothroidea	1					1				2				4
<i>Stichopus japonicus</i>	1					1				2				4

## 日仏海洋学会賞受賞記念講演

### 藻類の生産に関する生理生態学的研究\*

有 賀 祐 勝\*\*

#### Recherches physio-écologiques sur la production organique par les algues\*

Yusho ARUGA\*\*

このたび日仏海洋学会賞を頂き誠に光栄に存じます。皆様のあたたかい激励に対し心から感謝いたしますと共に、この機会をお借りし、これまで研究生活において種々ご指導をいただいた諸先生方をはじめ、援助や便宜を与えて下さった多くの方々にお礼を申し上げます。

水界における有機物生産は微細な植物プランクトンと大型藻類(海藻など)によって行なわれている。海洋においては、その広大な面積の大部分を占める外洋では植物プランクトンが生産者として最も重要であるが、沿岸部では植物プランクトンと共に海藻が生産者としての地位を占めている。有機物生産の研究にあたってまず大切なことは、ある海域にいかなる量の植物が存在し(現存量)、それは生産に関してどのくらいの活性(光合成活性および呼吸活性)をもち、どのような環境の下で(環境条件)、どのくらいその活性を發揮してどれだけ有機物生産を具現しているかを明らかにしようとするところであろう。

植物プランクトンの生産に関しては、有機物生産の最も重要な基礎となる光合成の特性に関する研究をまず重点的に進めたが、本邦近海の黒潮および親潮海域においてクロロフィル現存量、光合成活性、光条件などの測定を実施し、それらの結果に基づいて一次生産測定のためのクロロフィル法を検討し、クロロフィル法で生産力の推定を行なった。親潮海域では現存量も光合成活性も黒潮海域に比べると高く、従って生産力も高い。すなわち、総生産は黒潮海域で  $0.2-0.3 \text{ g C/m}^2/\text{day}$ 、親潮海

域で  $0.6-0.8 \text{ g C/m}^2/\text{day}$ 、純生産は黒潮海域で  $0.1-0.2 \text{ g C/m}^2/\text{day}$ 、親潮海域で  $0.4-0.5 \text{ g C/m}^2/\text{day}$  と推算された。

水中のクロロフィル濃度と水中照度、有光層中のクロロフィル量、および生産量などとの関係を検討し、理想的な条件下での可能最大生産量を推定し、総生産  $24 \text{ g C/m}^2/\text{day}$ 、純生産  $19.5 \text{ g C/m}^2/\text{day}$  を得た。また、光合成と温度との関係について現場調査と室内実験などによって若干の検討を進めてきたが、陸上植物群落の場合と異なり海洋では温度条件よりも栄養塩条件の方がより大きな影響を有機物生産に与えているようである。

東シナ海から本州南方黒潮域において夏季しばしば赤潮状態で観測される外洋性浮遊藍藻 *Trichodesmium* について、クロロフィル現存量と光合成特性に関する調査研究を行ない若干の知見を得た。*Trichodesmium* が濃密に存在するときには表層において有機物生産にかなり貢献するとみられる場合があり、植食動物の直接的な餌となるよりはむしろ懸濁有機物および溶存有機物の供給において重要な意味をもつのではないかと推測される。

海洋の植物プランクトンの呼吸活性に関する資料は現在もお極めて乏しい。有機物生産に関する解析的研究を行なう際には、呼吸に関する情報は不可欠であるので、室内培養した植物プランクトンや湖沼の植物プランクトンで得られた資料に基づいて推定している場合が多いのが現状である。海洋植物プランクトンの呼吸速度に関する情報の集積は急務であろう。

近年富栄養化が著しく進んだ東京湾において、植物プランクトンのクロロフィル現存量と光合成・呼吸活性の季節変動を調査している。クロロフィル量は内湾全域にわたってかなり多いが、数年前のようにクロロフィル  $a$

\* 1977年5月30日、日仏会館(東京)にて講演  
Résumé de la conférence faite le 30 mai 1977  
après la remise du Prix de la Société franco-japonaise d'océanographie

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

が  $100 \text{ mg/m}^3$  を超えるような所はほとんどみられなくなっている。光合成活性は全体に著しく高いが、採水後直ちに測定して得られた値に対し、時間経過に伴って極めて急速に低下する傾向が認められるので、採水後直ちに測定した値でない信頼できないおそれがあり、測定値の比較には相当の注意を必要とする。また、沖縄県石垣島の川平湾におけるクロロフィル量の変動に関する調査の結果、このような小湾では潮汐に応じて湾内外の海水の交換がかなりあるため、湾中央から湾口にかけての水道部では顕著な時間的変動が認められた。すなわち、クロロフィル濃度は上げ潮時には低くなり、下げ潮時には高くなる傾向が明瞭に認められた。サンゴ礁海域の沿岸部や内湾では、植物プランクトンのほか比較的小型の附着性糸状藻類が多く、ちぎれて流出する傾向があり、これが水中のクロロフィル量や生産にどのどの程度貢献しているか検討する必要がある。一般に沿岸部における海藻群落からは海藻の破片などがデトリタスの形で水中に供給され、その量は決して無視できないものであり、これらが海の物質循環に占める役割は極めて重要である。従って、この面での研究は今後更に発展されなければならない。

海藻群落の生産に関しては、天然の海藻群落と共に扱い易さから養殖群落を主に用いて研究を進めてきた。養殖スサビノリ群落と養殖ヒロハノヒトエグサ群落について、生長に伴う現存量の変化と光合成特性や呼吸特性を調べ、それらの特徴を明らかにした。ヒロハノヒトエグサについては、個体群としての光合成や呼吸の特徴を更に明確にするよう研究を進める必要がある。

海藻群落の現存量は種や生活形の違いによって著しく異なり、また生育深度や季節によってもかなり大きく変動する。大型の褐藻を主とする密生した群落の現存量の季節極大は  $0.3-4 \text{ kg(d.w.)/m}^2$  (多くの場合  $2.5 \text{ kg(d.w.)/m}^2$  以上) とかなり高く、紅藻の群落では多いもので  $1 \text{ kg(d.w.)/m}^2$  程度で  $0.1-0.7 \text{ kg(d.w.)/m}^2$  くらいであり、緑藻の群落では全体に低い値を示し  $0.04-0.2 \text{ kg(d.w.)/m}^2$  であった。

5-6月の海藻試料で得られた  $20^\circ\text{C}$  における光飽和光合成速度 ( $P_g$ ) は  $2-21 \text{ mg O}_2/\text{g(d.w.)/h}$  の範囲のものが多く、マルバアマノリで  $38 \text{ mg O}_2/\text{g(d.w.)/h}$  の最大値が記録されている。また、 $20^\circ\text{C}$  における呼吸速度は多くの場合  $0.24-1.3 \text{ mg O}_2/\text{g(d.w.)/h}$  の範囲に入り、アラメで最高  $2 \text{ mg O}_2/\text{g(d.w.)/h}$  が得られている。養殖アマノリ属藻類では養殖初期に  $P_n$  で  $57 \text{ mg O}_2/\text{g(d.w.)/h}$  の極めて高い光飽和光合成速度を示したが、

葉齢が増すにつれて低下がみられ養殖後期には  $18 \text{ mg O}_2/\text{g(d.w.)/h}$  程度になった。養殖ヒトエグサ属藻類でも養殖初期には光飽和光合成速度は高く ( $P_n$  で  $35 \text{ mg O}_2/\text{g(d.w.)/h}$ )、生長に伴って徐々に低下し  $10 \text{ mg O}_2/\text{g(d.w.)/h}$  くらいになった。呼吸速度はアマノリ属でもヒトエグサ属でも  $2-5 \text{ mg O}_2/\text{g(d.w.)/h}$  であった。

海藻群落の一次生産の測定に関しては、流失量や動物による摂食量などの算定に困難な問題点が残されているが、いくつかの試みがなされている。横浜が伊豆下田のカジメ群落について行なった生長測定の結果から得た値に基づくと、純生産として  $9-25 \text{ g(d.w.)/m}^2/\text{day}$  および  $6 \text{ kg(d.w.)/m}^2/\text{year}$  程度の値が得られる。養殖アマノリ属藻類では、光合成と呼吸の資料に基づいて計算した一定期間ごとの純生産量と実測された現存量の増加との間には通常かなりの差があり、主として流失のためと考えられる。流失量は養殖初期には比較的少ないが、生長に伴って徐々に増し、純生産の中でかなりの割合を占める場合があると推定される。生産速度はノリの生産に伴って急速に大きくなり、 $P_n$  で約  $18 \text{ g(d.w.)/m}^2/\text{day}$ 、 $P_g$  で約  $21 \text{ g(d.w.)/m}^2/\text{day}$  に達すると算定された。外国では大型褐藻で著しく高い生産 ( $P_n$  で  $3-4 \text{ kg(d.w.)/m}^2/\text{year}$ ) を示すものがあることが報告されて大いに注目されており、海藻群落の生産に関する研究は今後更に強力に推進されなければならないであろう。

養殖アマノリ属藻類の色彩はクロロフィルやフィコピリンなどの光合成色素の含量と密接に関係し、製品としての乾ノリの品質を決定する上で極めて重要な要素であるが、海水中の栄養塩などの不足が主因となって生じると考えられる退色現象(「色落ち」)がしばしば認められる。退色現象の解明と退色の予防あるいは回復のために、野外および室内で研究を進めてきた。退色したノリを富栄養海域に移植して色の回復の経過を解析すると共に、実験室内で栄養塩を十分に含む海水で培養し同様の経過を調べた。生体吸光スペクトルと色素量の測定の結果、色彩の回復は比較的急速で、クロロフィル含量およびフィコピリン含量の増加がそのもとになっていることが明らかになった。また、光合成活性の回復も認められた。色彩回復のための有効な施肥の方法についても実験と検討を行なった。ノリ養殖漁場の特性に応じて種々の方法が可能であるが、ノリ干出時の噴霧施肥が効率的な方法の一つと判断される。

海洋の中でも特に生物生産と極めて密接な関係にある



沿岸域の植物プランクトンおよび海藻による有機物生産とその役割を正しく理解し、海域の肥沃度を十分に利用して高い一次生産力を発揮させ、直接または間接にそれを有効利用するためには、植物プランクトンを含む藻類の生理生態学的研究を更に進める必要がある。また、そ

れと共に、有機物生産の低下の原因になるような海域の汚染をくい止める方向への努力も忘れてはならない。海域における天然の一次生産力ひいては生物生産力を高い水準に維持させ、それを最も有効に利用していくための研究が望まれる。



## 大柴五八郎氏を悼む

富永政英\*

昭和52年の2月ごろ、久しぶりに東京の大柴さんから1枚の葉書を鹿児島に在勤する私は受けとった。それには日仏海洋学会誌発行の遅滞、その他学会業務として改善の急を要することが多いのでいちどゆっくり相談したいとの便りであった。私は遠隔の地にいるので急には上京も叶わず、結局4月上旬東京で開催された日本海洋学会春季大会まで延期した。しかるに大柴さんに面接すべく会場を捜したところ、何と驚いたことに御逝去の報が寂しく壁にはってあった。大柴氏は昭和52年4月5日にその65年足らずの生涯を閉じられたのである。病が何であったかはおそらく医学を修められた氏御自身のみが知っていたのではなかろうか、私は今でもやや猪顔であから顔のガッシリした氏の風采を思い浮べるのである。

氏は本郷に生れ、本郷で生涯を終えた。大正時代の名門校誠之小学校を御卒業後私立高千穂中学へ進み、さらに現在の大阪医科大学に進学、電気生理学を専攻して昭和14年御卒業になった。当時の戦時態勢エスカレートの時代として、直に陸軍々医に採用され、現役軍医として間もなく始まることになる南方作戦に備え熱地の陣中衛生を担当されたようである。私も陸軍気象関係の野戦部隊に配属されてフィリピンに出征したが、その際軍医から深緑色の熱地衛生に関する範令（今様にいえばマニュアルである）を見せてもらったが、恐らく大柴氏もその研究、編纂に協力されたのだろう。もちろん戦後になって知ったことであるが氏も私と同じころフィリピンに居られたそうである。

無事、復員し食うや食わずの生活が始まる。理研の前身科学研究所無給嘱託という御身分は私も身に覚えがある。何とも先ゆきの不安な30代が始まる。仕事をする男にとって一番大切な20代後半は戦争、戦争が終了ときはすでに30代で浮草のように時に流され、将棋の駒のように動かされる時代が大柴氏のジェネレーションなのだ。氏が正式に研究員に任命され、佐々木忠義氏のもと

で海洋物理学にとり組み出したのが昭和33年の9月であった。そのころから氏が専攻された生理学を魚の視覚研究に応用され、おもに海中の光についての研究に邁進された。文京区にあったころの理研の地下室に大柴氏の研究室があり、私はしばしばそこに氏を訪れた。昼なお暗い室内で日暮れても仕事をされ、毎晩10時ころまでおられることが多かったようだ。室の一隅に大きな水槽があり、美しい金魚が泳いでいたのが目にうつる。氏の関係された論文は40数篇にのぼるが、海中光学に関するものが多くほとんど共著になっている。

忙しい研究の傍ら、われわれが忘れてならないのは氏が日仏海洋学会誌うみ、日本海洋学会誌の編集、原稿の査読、校正などに献身的に奉仕されたことだ。私も拙ない論文を持参してはよく氏から改善の御注意を受けたことを感謝の気持ちいっぱい思い出す。このような献身的奉仕に埋没できる人は多くはいない。東京における大正生れ（私も正にそのひとりだが）の東京育ちはほとんどなくロマンに生きようとするのである。育つころは大正デモクラシーを直接理解する年頃ではないが、親なり、学校なりでその影響がないとはいいい切れぬ。昭和生れの現実主義者とは少しことなり、また同じ時代の不便な他府県育ちの人々ともことなるのである。その人々は自己の利益より他利が優先するのである。私は大柴氏は正にその典型ではないかと思ひ、生前より何となく惹かれた次第である。

生前氏は私に向って「私はステト（聴診器）を持たぬ医者だ。しかし自分の体のことはよく知っている。」と。氏は体の不調を感知され、はじめて病院に精密検査を受けられたという。しかるにその検査結果のデータを見ることなく突如として逝去されたのである。生理学で医学博士を取得されているが、かの森嶋外が医学博士であって遂に医者にかからず逝去したのと一脈通ずるような気がしてならない。

会員一同とともに深く御冥福を祈る次第である。

\* 鹿児島大学工学部海洋土木開発工学科

## 学 会 記 事

1. 昭和52年5月27日、東京水産大学において編集委員会が開かれ、14巻3、4号を合併号とすることがきめられた。
2. 昭和52年5月28日、東京水産大学において評議員会が開かれた。
  - 1) 会務報告、編集報告が行なわれた。
  - 2) 昭和51年度の収支決算および昭和52年度の予算案が審議された。
3. 学会賞受賞候補者として、有賀祐勝氏が推薦され、受賞者として決定した経過が報告された。
- 4) 昭和52年度学会賞受賞候補者推薦委員15名を下記のとおり選出した。  
阿部友三郎、有賀祐勝、石野 誠、今村 豊、宇野寛、草下孝也、斎藤泰一、星野通平、杉浦吉雄、多賀信夫、高野健三、松生 洽、丸茂隆三、森田良美、山路 勇。(五十音順)
- 5) 副会長、その他を次のように選出した。  
副 会 長 黒木敏郎、國司秀明  
常任幹事 阿部友三郎、宇野 寛、永田 正  
庶務幹事 三浦昭雄  
編集幹事 有賀祐勝
- 6) 編集委員長を富永政英氏と交代し(今村豊前委員長は編集委員として留任)、また新たに編集委員として神田献二、半沢正男、増田辰良、柳川三郎の諸氏を加え、渡辺精一委員の辞意を認めることを決定した。
3. 昭和52年5月30日、日仏会館会議室において第18回総会が開かれ、佐々木会長の挨拶に引き続き、次の報告並びに審議が行われた。
  - 1) 昭和51年度の会務並びに会計報告が行われた。なお別表の昭和51年度収支決算報告が承認された。  
会員の移動：51年度の新入会員は正会員21名、賛助会員1社、退会は正会員11名、名誉会員1名逝去。  
50年3月31日現在の会員数は名誉会員6名、正会員406名、賛助会員45社である。
  - 2) 今村前編集委員長から学会誌14巻の編集経過報告が行われた。第14巻は1、2号がすでに発行されたが3、4号は合併号として7月中に発行の予定である。14巻の総ページ数は175ページで、その内訳は原著論文15編(和文7、英文7、仏文1)、総説2

編、記念講演1編、その他学会記事などである。

- 3) 学会賞受賞者として有賀祐勝氏が決定に至る経過が報告された。
- 4) 昭和52年度学会賞受賞候補者推薦委員の選出について報告された。
- 5) 副会長、その他の選出について報告された。
- 6) 編集委員長との交代および編集委員の一部の変更について報告された。(本誌表紙裏ページ参照)
- 7) 昭和52年度の予算案について審議の結果、別表のとおり承認された。

### 昭和51年度収支決算

#### 収 入

項 目	収入額(円)	備 考
前年度繰越金	3,595	
会 費	1,039,000	
賛 助 会 費	450,000	
賛 助 費	50,000	
学 会 誌 売 上	64,930	
広 告 料	220,000	
計	1,827,525	

#### 支 出

項 目	支出額(円)	備 考
学会誌等印刷費	1,593,800	
送 料 通 信 費	154,780	
編 集 費	15,600	
事 務 費	4,075	
交 通 費	11,820	
会 議 費	24,820	
次年度繰越金	22,630	
計	1,827,525	

### 昭和52年度収支予算案

#### 収 入

項 目	収入額(円)	備 考
前年度繰越金	22,630	
会 費	1,100,000	
賛 助 会 費	500,000	
学 会 誌 売 上	70,000	
広 告 料	250,000	
計	1,942,630	

支出

項目	支出額(円)	備考
学会誌等印刷費	1,650,000	
送料通信費	200,000	
編集費	20,000	
事務費	10,000	
交通費	15,000	
会議費	30,000	
予備費	17,630	
計	1,942,630	

4. 総会終了後、引き続き学会賞の授与が行われた。

昭和51年度学会賞授与者: 有賀祐勝氏(東京水産大学), 受賞課題: 藻類の生産に関する生理生態学的研究(別項「推薦理由書」参照) 佐々木会長から有賀博士に賞状, メダルおよび賞金が授与され, 続いて受賞記念講演が行われた。

5. 講演終了後懇親会が開かれ, 多数の参会を得て盛会であった。

6. 昭和52年5月30日, 31日の両日, 日仏会館会議室において, 昭和52年度「日仏海洋学会学術研究発表会」が次のとおり開かれた。

5月30日(月)

午前の部

1. 海水の泡沫性—溶解有機物との関係  
……………森 幹樹(東理大・理)
2. 泡粒の粒径分布—その統計物理学的  
取扱い……………小林 貴(東理大・理)
3. 飛砂(4)—風速と飛砂量について  
……………新井正一(東理大・理)
4. 風による振動系の応答について(Ⅱ)  
—矢羽根式風向計の特性  
……………矢内秋生(東理大・理)
5. 濠水における Slick について(流れ  
が波に及ぼす影響)……………高山晴光(東理大・理)
6. 試作水位計のメカニズムについて(Ⅱ)  
……………森谷誠生(日本気象協会)
7. 東京湾におけるクロロフィルの分布  
と植物プランクトンの光合成活性  
の変動……………有賀祐勝・柴田佳明・加藤光雄・  
峰 雄二・磯打 勉(東水大)
8. 超音波を利用した流速の測定  
……………奥島基良(東工大)・寺本俊彦(東大海洋研)
9. 海洋観測用 MSS による海況調査  
……………落合弘明(鳥羽商船高専)

10. LANDSAT による海況調査について

……………落合弘明・村中泰志(リモート  
センシング技術センター)

午後の部

11. 漁場形成に関与する濁度について……………柳川三郎・  
柏 俊行・津久井文夫(東水大)
12. 二層の沿岸水の上を浮遊構造物を動  
かす時の境界波について  
……………富永政英(鹿児島大・工)
13. 自転地球上の吹送流と傾斜流  
……………日高孝次(東大海洋研)

特別講演(Ⅰ)

I. ARGOS 人工衛星システムの利用と問

題点(スライド使用)……………瀬川爾朗(東大海洋研)

第18回総会(15:00~17:30)

学会賞授賞

学会賞受賞記念講演

藻類の生産に関する生理生態学的研究

……………有賀祐勝(東水大)

5月31日(火)

午前の部

14. 漁獲統計からみた日本のイセエビ漁業  
……………高木和徳(東水大)
15. 千葉県内浦湾産イセエビの動態について  
……………守安実己郎(東水大)
16. 養殖用生簀金網の腐食と防食について  
……………桑 守彦・木村朝夫(中川防蝕工業)  
高村紀一・内田忠信(福宝水産)
17. 海洋における遷移金属元素の挙動と  
収着過程……………竹松 伸(理研)

午後の部

18. 魚群の回遊と200カイリ問題  
……………辻田時美(北大・水)
19. 中近東海域特に「ドバイ地区」の特性と  
海水利用上の問題点……………磯 舜也(東京久栄)
20. 小笠原群島~相模湾で得られた食用  
魚について(Ⅳ)……………阿部宗明(東海水研)

特別講演(Ⅱ, Ⅲ)

Ⅱ. 硫黄島南方海域の海底火山活動について

(8ミリ・カラー映画使用)

……………小坂丈予(東工大)

Ⅲ. 南極オキアミについて(8ミリ・

カラー映画使用)……………神田献二(東水大)

7. 昭和52年9月8日, 東京水産大学において編集委員

会が開かれた。

8. 新入会員

正会員

氏 名	所 属	紹介者
須川 隆三	日本出版貿易	田中 勝行

9. 退 会

正会員 野口龍一, 池松政人, 依田啓二, 桑 守彦, 木村喜之助

10. 会員の住所所属の変更

氏 名	新住所又は新所属
安井 正	函館市赤川通町 函館海洋気象台
植村泰治	世田谷区桜上水2-9-9 ドムス緑陰203号
北口正俊	新座市野寺 3-3-3
秋山 勉	仙台市鉄砲町1 仙台管区気象台
尾本幹夫	岩槻市西町 3-6-13 (株)応用地質調査事務所埼玉支店
小竹 勇	広島市牛田早稲田 3-3-3-306
中尾 徹	清水市梅田町 2-19 沼尾良夫様方

11. 交換及び寄贈図書

- 1) 研究実用化報告. 26 (4, 5, 6)
- 2) 海洋時報. 第5号
- 3) 英国産業ニュース. 6, 7月号
- 4) 宇佐臨海実験所, 研究報告. 23(1-2)
- 5) 水産試験研究機関, 海洋観測資料. 昭和47年度後期
- 6) 淡水区水産研究所, 研究報告. 26(2)
- 7) 東京大学海洋研究所, 研究報告. 1977年度版
- 8) 鯨研通信. 第304号
- 9) 東北区水産研究所, 研究報告. 第36号
- 10) 日本海ブロック試験研究集録. 第1号
- 11) 東海大学海洋学部業績集. 第7号
- 12) 東海大学紀要(海洋学部). 第10号
- 13) 海洋産業研究資料. 8(5)
- 14) 国立科学博物館研究報告, A類(動物学). 3(2)
- 15) 日本プランクトン学会報. 24(1)
- 16) 航海. 第52号
- 17) JODC ニュース. 第6号
- 18) Cruise Report No. 7  
海洋地質図 No. 5 紀伊水道  
No. 6 紀伊水道  
No. 7 琉球水道
- 19) Bulletin d'Information, N° 99-101
- 20) Bulletin de l'Institut de Geologie de Bassin

d'Aquitaine, N° 21

21) Annales Hydrographiques, 3 (745, 746.)

22) Science et Pêche, N° 264

日仏海洋学会賞受賞候補者推薦理由書

氏名: 有賀 祐勝 (東京水産大学)

題名: 藻類の生産に関する生理生態学的研究

推薦理由: 有賀氏は1956年から湖沼の植物プランクトンの光合成と生産に関する研究を始め, 1960年からは海洋植物プランクトンに関しても研究に着手し, 日本近海の黒潮域および親潮域において広範な調査研究を行い, 幾多の優れた業績をあげてきました。また, 1967年からは海藻についても特に養殖藻類を主たる対象として, 光合成と生産に関する研究を進め, 優れた業績をあげています。これらの研究成果は, 本学会, 日本海洋学会, 日本水産学会, 日本植物学会, その他において発表されていますが, 国際的にも第2回国際海洋学会議シンポジウム, 日米微生物学セミナー, インド洋の生物学シンポジウムなどに招請を受けて発表され, 高い評価を得ています。以下に同氏の研究成果の特徴を要約して紹介いたします。

水界生態系の中で一次生産者として主要な位置を占める植物プランクトンの光合成と物質生産(有機物生産)に関し, 基本的な環境諸条件と関連づけて生理生態学的な研究を行った。初期の研究は特に光合成特性を明らかにすることに主眼をおき, それに基づいて一次生産の測定法の検討を行った。日本近海の植物プランクトン群集の生産構造をクロロフィル量の分布として明らかにし, 生物群集の生産力の指標となるクロロフィル量と生産力との関係について解析を試みた。黒潮および親潮海域について, クロロフィル量, 光合成特性, 水中照度等を考慮して一次生産力を推算し, 現存量や生産力の分布と変動をまとめ, 比較検討することにより生産力に関する両海域の特徴を明らかにした。

海洋の沿岸部で植物プランクトンと共に有機物生産において重要な位置を占めている海藻について, 特に養殖ノリやヒトエグサを中心に, 光合成と生産に関する研究を行い, 生長とそれに伴う光合成活性の変化を追跡し, 生長速度の比較を行うと共に光合成特性を明らかにした。また, 養殖ノリの生育や乾海苔の品質決定の上で極めて重要な光合成色素に関する生理生態学的研究を行い, ノリの色彩と色素含量の関係について解析した。海藻群落の生産力についても, まとめを進めている。

以上の成果は, 生物海洋学の進展に貢献するところ

顕著であるばかりでなく、水産学的にも極めて重要な基礎的知見を提供するものであります。本委員会は同氏の研究を高く評価し、本賞を授与に相応するとしてここに推薦いたします。

学会賞受賞候補者推薦委員会

委員長 山路 勇

主要論文

- 1958: Some characteristics of photosynthesis of fresh water phytoplankton. *Bot. Mag. Tokyo*, **71**, 261-269. (with S. Ichimura)
- 1962: Photosynthetic characteristics of marine phytoplankton and their ecological meaning in the chlorophyll method. *Bot. Mag. Tokyo*, **75**, 212-220. (with S. Ichimura and Y. Saijo)
- 1962: Primary production in the northwestern part of the Pacific off Honshu, Japan. *J. Oceanog. Soc. Jap.*, **18**, 85-94. (with M. Monsi)
- 1963: Chlorophyll amount as an indicator of matter productivity in bio-communities. *Plant & Cell Physiol.*, **4**, 29-39. (with M. Monsi)
- 1964: Photosynthetic natures of natural algal communities in Japanese waters. *In: Recent Researches in the Fields of Hydrosphere, Atmosphere and Nuclear Geochemistry* (ed. Y. Miyake and T. Koyama). Maruzen, p. 13-37. (with S. Ichimura).
- 1965: Ecological studies of photosynthesis and matter production of phytoplankton I. Seasonal changes in photosynthesis of natural phytoplankton. *Bot. Mag. Tokyo*, **78**, 280-288.
- 1965: Ecological studies of photosynthesis and matter production of phytoplankton II. Photosynthesis of algae in relation to light intensity and temperature. *Bot. Mag. Tokyo*, **78**, 360-365.
- 1966: Ecological studies of photosynthesis and matter production of phytoplankton III. Relationships between chlorophyll amount in water and primary productivity. *Bot. Mag. Tokyo*, **79**, 20-27.
- 1968: Effect of aging on the seasonal change in photosynthetic activity of *Porphyra yezoensis* grown in the culture ground. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, **34**, 17-22. (with M. Satomi and K. Iwamoto)

1968: Characteristics of photosynthesis of phytoplankton and primary production in the Kuroshio. *Bull. Misaki Mar. Biol. Inst. Kyoto Univ.*, No. 12, 3-20. (with S. Ichimura)

1968: Primary productivity studies in February-March in the northwestern Pacific off Japan. *J. Oceanog. Soc. Jap.*, **24**, 275-280. (with Y. Yokohama and M. Nakanishi)

1968: 海洋と陸水における基礎生産測定法の問題点ならびに測定値の分布. *日本プランクトン学会報*, **15**, 19-22.

1972: 乾海苔の焼き色及びその他の変色. *東京水産大研報*, **58**, 1-7. (岩本康三・大藪 健と共著)

1972: Experimental studies on the cultivation of discolored "nori" (*Porphyra*). 2nd Internat. Ocean Develop. Conf. Prepr., **2**, 1766-1772. (with K. Iwamoto)

1973: Primary production in the Indian Ocean II. *In: Ecological Studies*, Vol. 3 (ed. B. Zeitzschel). Springer-Verlag, p. 127-130.

1973: 藻類における紫外部吸光物質の分布とカワノリの特異性. *東京水産大研報*, **60**, 43-54. (岩本康三と共著)

1974: 養殖ヒロハノヒトエグサの生長と光合成活性の変化. *うみ*, **12**, 197-213. (前川行幸と共著)

1975: Studies on the life cycle and growth of *Platymonas* sp. in culture. *Jap. J. Bot.*, **20**, 439-460. (with E. Tanoue)

1975: 東シナ海の基礎生産. *海と空*, **51**, 29-31.

1976: スサビノリの緑色突然変異体の培養実験. *うみ*, **14**, 58-63. (高原隆明・三浦昭雄と共著)

日仏海洋学会役員

顧問 ユベール・ブロッジェ ジャン・デルサルト  
ジャック・ロペール アレクシス・ドランデール ベルナール・フランク

名誉会長 ミシェル・ルサージェ

会長 佐々木忠義

副会長 黒木敏郎, 國司秀明

常任幹事 阿部友三郎, 宇野 寛, 永田 正

庶務幹事 三浦昭雄

編集幹事 有賀祐勝

幹事 石野 誠, 井上 実, 今村 豊, 岩下光男,  
川原田 裕, 神田献二, 菊地真一, 草下孝也,  
齋藤泰一, 佐々木幸康, 杉浦吉雄, 高野健三,

辻田時美, 奈須敬二, 根本敬久, 半沢正男,  
松生 治, 丸茂隆三, 森田良美, 山中鷹之助  
(五十音順)

**監 事** 久保田 穰, 岩崎秀人  
**評 議 員** 赤松秀雄, 秋山 勉, 阿部宗明, 阿部友三郎,  
新崎盛敏, 有賀祐勝, 石野 誠, 石渡直典,  
市村俊英, 井上直一, 井上 実, 今村 豊,  
入江春彦, 岩崎秀人, 岩下光男, 岩田憲幸,  
宇田道隆, 宇野 寛, 大内正夫, 大村秀雄,  
岡部史郎, 梶浦欣二郎, 金谷太郎, 川合英夫,  
川上太左英, 川村輝良, 川原田 裕, 神田献二,  
菊地真一, 草下孝也, 楠 宏, 國司秀明,  
久保田 穰, 黒木敏郎, 小泉政美, 小林 博,  
小牧勇蔵, 西条八束, 斎藤泰一, 斎藤行正,  
佐伯和昭, 坂本市太郎, 佐々木忠義, 佐々木  
幸康, 猿橋勝子, 椎野秀雄, 柴田恵司, 下村敏正,  
庄司大太郎, 杉浦吉雄, 関 文威, 多賀信夫,

高木和徳, 高野健三, 高橋淳雄, 高橋 正,  
田畑忠司, 田村 保, 千葉卓夫, 辻田時美,  
寺本俊彦, 富永政英, 鳥居鉄也, 中井甚二郎,  
中野猿人, 永田 正, 永田 豊, 奈須敬二,  
奈須紀幸, 新田忠雄, 根本敬久, 野村 正,  
半沢正男, 半谷高久, 菱田耕造, 日比谷 京,  
平野敏行, 深沢文雄, 福島久雄, 淵 秀隆,  
星野通平, 増沢諷太郎, 増田辰良, 松井 魁,  
松生 治, 松崎卓一, 松平康男, 丸茂隆三,  
三浦昭雄, 三宅泰雄, 宮崎千博, 宮崎正衛,  
元田 茂, 森川吉郎, 森田良美, 森安茂雄,  
安井 正, 柳川三郎, 矢部 博, 山路 勇,  
山中鷹之助, 山中一郎, 山中 一, 吉田耕造,  
依田啓二, 渡辺貫太郎, 渡辺精一  
(五十音順)

マルセル・ジュグラリス, ジャン・アंकテ  
イル, ロジェ・ペリカ

## 賛 助 会 員

- 旭化成工業株式会社  
株式会社内田老鶴園新社 内田悟  
大金久展  
株式会社 オーシャン・エージ社  
株式会社大林組  
小樽船用電機株式会社  
株式会社オルガノ  
海上電機株式会社  
株式会社 海洋開発センター  
協同低温工業株式会社  
協和商工株式会社  
小松川化工機株式会社  
小山康三  
三信船舶電具株式会社  
三洋水路測量株式会社  
シュナイダー財団極東駐在事務所  
昭和電装株式会社  
新日本気象海洋株式会社  
大洋電機株式会社  
株式会社高瀬鉄工所  
株式会社鶴見精機  
東亜建設工業株式会社  
東京工材株式会社  
株式会社東京久栄  
東京製網繊維ロープ株式会社  
株式会社東邦電探  
中川防蝕工業株式会社  
株式会社 ナック  
日本アクアラング株式会社  
日本海洋産業株式会社  
日本テトラポッド株式会社  
社団法人日本能率協会  
日本プレスコンクリート株式会社  
ヒエン電工株式会社  
深田多満男  
藤田潔  
藤田峯雄  
芙蓉海洋開発株式会社  
フランス物産株式会社  
古野電気株式会社  
丸文株式会社  
三井海洋開発株式会社  
吉野計器製作所  
株式会社離合社  
株式会社渡部計器製作所
- 東京都千代田区有楽町 1-1-2 三井ビル  
東京都千代田区九段北 1-2-1 蜂谷ビル  
東京都港区新橋 3-1-10 丸藤ビル 社団法人 海洋産業研究会  
東京都千代田区神田美土代町 11-2 第1東英ビル  
東京都千代田区神田司町 2-3  
小樽市色内町 3-4-3  
東京都文京区本郷 5-5-16  
東京都千代田区神田錦町 1-19  
東京都港区赤坂 1-9-1  
東京都千代田区神田佐久間町 1-21 山伝ビル  
東京都豊島区目白 4-24-1  
東京都江戸川区松島 1-342  
東京都文京区本駒込 6-15-10 英和印刷社  
東京都千代田区神田 1-16-8  
東京都港区新橋 5-23-7 三栄ビル  
東京都港区南青山 2-2-8 DFビル  
高松市寺井町 1079  
東京都渋谷区東 1-19-3 青山ビル  
東京都千代田区神田錦町 3-16  
東京都江戸川区松江 1-11-5  
横浜市鶴見区鶴見町 1506  
東京都千代田区四番町 5  
東京都中央区築地 4-7-1 築三ビル  
東京都中央区日本橋 3-1-15 久栄ビル  
東京都中央区日本橋室町 2-6 江戸ビル  
東京都杉並区宮前 1-8-9  
東京都千代田区神田鍛冶町 2-2-2 東京建物ビル  
東京都港区西麻布 1-2-7 第17興和ビル  
東京都杉並区方南町 2-4-7 第2細野ビル  
東京都新宿区西新宿 2-6-1 新宿住友ビル  
東京都港区新橋 2-1-13 新橋富士ビル9階  
東京都港区芝公園 3-1-22 協立ビル  
東京都中央区日本橋本石町 1-4  
堺市松屋町 1-3  
東京都港区芝虎ノ門 8 虎ノ門実業会館 深田サルベージ株式会社  
東京都新宿区四谷 3-9 光明堂ビル 株式会社ビデオプロモーション  
東京都江東区南砂 1-3-25 株式会社 中村鉄工所  
東京都千代田区大手町 2-3-6 タイムライフビル  
東京都千代田区神田小川町 3-20-2 増淵ビル  
東京都中央区八重洲 4-5 藤和ビル  
東京都中央区日本橋大伝馬町 2-1-1  
東京都千代田区霞ヶ関 3-2-5 霞ヶ関ビル 3002号室  
東京都北区西ヶ原 1-14  
東京都千代田区神田鍛冶町 1-10-4  
東京都文京区向丘 1-7-17



Exploiting the Ocean by...

# T.S.K.

# OCEANOGRAPHIC INSTRUMENTS

REPRESENTATIVE GROUPS OF INSTRUMENTS AND SYSTEMS

## T.S-マイコンBT (特許出願中)

当社の長年にわたるメカニカルBT及びXBTで開発蓄積された技術を基礎としてさらに最新のマイクロコンピュータ技術を駆使し完成した数字で直に測定結果を見る事の出来るものであります。海洋の水温、深度を水中で測定し、A/D変換後、内蔵ICメモリに記憶します。

○特長

- マイクロコンピュータ技術によるものです。

最小水深10cm毎の水温変動のデジタルデータリスト作成します。XYアナログ記録計により水温の鉛直分布図を作成します。

- 操作が簡単です。

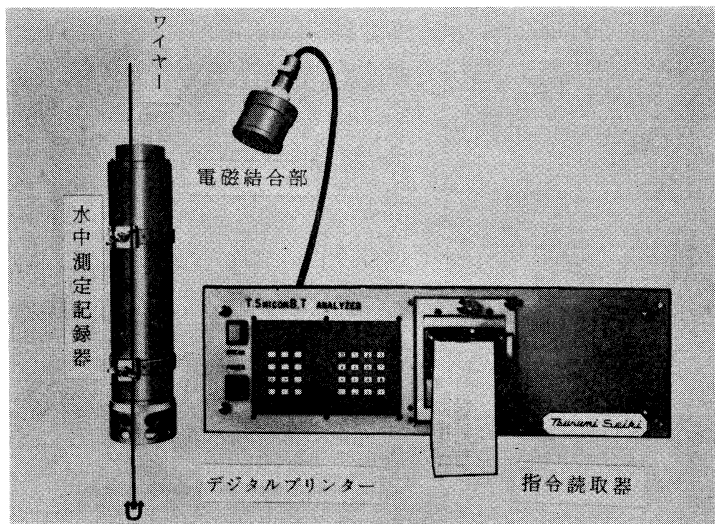
従来のBTウインチにより水中に吊り下げ、回収後読取器と接触させることのみでデータリストを作成します。

- 光・電磁結合方式 (特許出願中)

測定器は密閉したままで、データの取出し、深度選択指令、充電及びチェックの全てが行えます。従って漏水事故の皆無

- 各種データ処理及びストックが可能です。

デジタルプリント、XY記録、カセットテープ録音、さん孔テープ作成、MTオープンリール録音、ご希望に応じどれでも可能です。



○ T.S-マイコン B.T 性能仕様

	水温 °C	深度 m
測定範囲	-2 ~ 40	0 ~ 1,000 0 ~ 6,000
分解能	0.001	0.1 % FS
精度	±0.02	±0.2% FS
印字桁数	4 桁	4 桁

型 状 120φ×450L m/m  
重 量 約 20 kg (空中)  
約 10 kg (水中)

## 株式会社 鶴 見 精 機

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

CABLE ADDRESS TELEPHONE TSK. USA.

TSURUMISEIKI Yokohama Yokohama 521-5252~5 3540 AERO COURT

テレックス 3823750 TSKJPN J SAN DIEGO, CA, 92123

### IWAMIYA INSTRUMENTATION LABORATORY

# Murayama

水中濁度計  
水中照度計  
電導度計



株式会社 村山電機製作所

本社 東京都目黒区五本木2-13-1

出張所 名古屋・大阪・北九州

**7IL** は無限の可能性に挑戦する

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

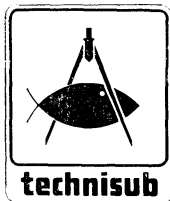


本社 / 西宮市芦原町9-52 ☎0798(65)2111 (大代) 支社 / 東京都中央区八重洲4-5藤和ビル ☎03(272)8491 (代) ほか37ヶ所

# 最高の品質 信頼のブランド aqua-lung®



France.



Italy.



Australia.



U.S.A.



## 日本アクアラング株式会社

本社・東京支社：東京都杉並区方南町2-4-7 (第2細野ビル) 〒168 TEL.(03)313-8441

本社・神戸支社：神戸市兵庫区浜中町2丁目18-6 〒652 TEL.(078)681-3201(代)

九州支社：福岡市中央区港3丁目7-5 〒810 TEL.(092)741-8907・751-0715

横浜営業所：横浜市中区野毛町3-129 〒232 TEL.(045)231-3021

名古屋営業所：名古屋市東区富士塚町3-14 〒461 TEL.(052)951-5016(代)

大阪営業所：大阪市西区九条通1丁目5-3 〒550 TEL.(06)582-5604(代)

四国出張所：高松市福岡町4丁目36-9(高松帝酸内) 〒760 TEL.(0878)51-8853

アクアラングは日本においては当社が専用使用権を有している国際的商標です。

商標登録「aqua-lung」登録番号 第494877号 商標登録「アクアラング」登録番号 第494878号

### メルタック

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

ポリエチレン、アルミ箔等にも良く接着します。

### ポリロック

含浸、注型、充填用として使用される接着性と作業性の良好なシーリング材です。

### ポリワックス

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

## 東京工材株式会社

東京都中央区築地 4-7-1 TEL (542) 3361 (代)

# 海洋環境調査 海底地形地質調査

- 水質調査・プランクトン底棲生物調査・潮汐・海潮流・水温・拡散・波浪等の調査(解析・予報)
- 環境アセスメント・シミュレーション
- 海底地形・地質・地層・構造の調査・水深調査・海図補正測量



外洋における海洋調査



## 三洋水路測量株式会社

本社 東京都港区新橋5-23-7(三栄ビル) ☎03(432)2971~5  
 大阪支店 大阪市都島区中野町3-6-2(谷長ビル) ☎06(353)0858-7020  
 門司出張所 北九州市門司区港町3-32(大分銀行ビル) ☎093(321)8824  
 仙台出張所 仙台市一番町2-8-15(太陽生命仙台ビル) ☎0222(27)9355  
 札幌出張所 札幌市中央区大通東2-8-5(フレジデント札幌) ☎011(251)3747

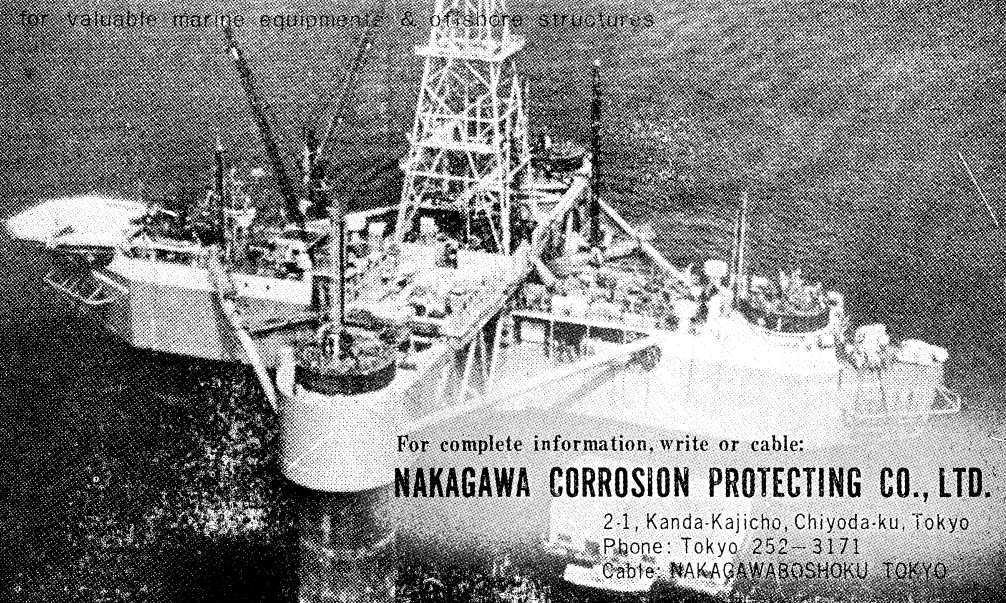
総代理店



三井物産株式会社

## SAVE YOUR MONEY

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



For complete information, write or cable:

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

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

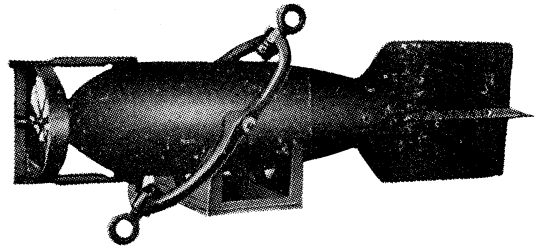
Phone: Tokyo 252-3171

Cable: NAKAGAWABOSHOKU TOKYO

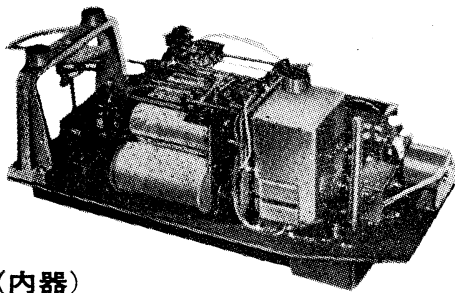
# 長期捲自記流速計

(NC-II)

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



(外器)



(内器)

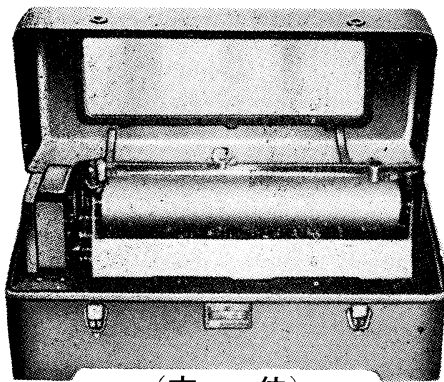
プロペラはA, B, C三枚一組になって居り

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

弱流ペラーに依る最低速度は約4cm/secです。

# フース型長期捲自記検潮器

(LFT-III)



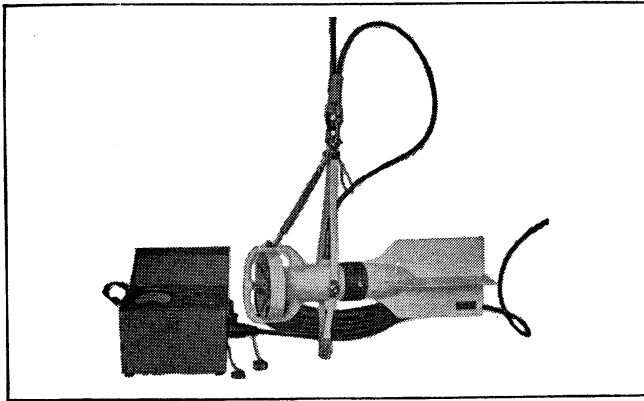
(本 体)

## 営業品目

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

## 協和商工株式会社

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



Direct-Reading Current &  
Direction Meter

Model

# CM-2

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

Products

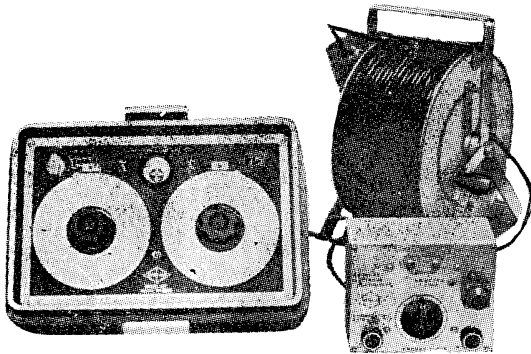
- KM-2 : Direct Reading Knot-Meter for Trawl-Boats to Control Adequate Speed
- EI-5 : Electric Meter of Water Temperature
- ECl-5 : Electric Conduction and Temperature Meter for Chlorine

## TOHO DENTAN CO., LTD.

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

### AUTO-LAB PORTABLE S-T BRIDGE

Model 602



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

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

追加附属品

- ステンレス製ケーブルリール
- 半自動式電極プラチナイザー

#### 製造品目

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

日本およびアジア総代理店



株式会社 渡部計器製作所

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

(カタログ御希望の方は誌名御記入の上御請求下さい)

---

昭和 52 年 8 月 25 日 印刷  
昭和 52 年 8 月 31 日 発行

う み

第 15 卷  
第 3 号

定価 円 950

編集者 今 村 豊  
発行者 佐々木 忠義  
発行所 日仏海洋学会  
財団法人 日仏会館内  
東京都千代田区神田駿河台2-3  
郵便番号:101  
電話:03(291)1141  
振替番号:東京96503

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

---

# 第 15 卷 第 3 号

## 目 次

### 原 著

港湾振動の音波モデルについて (英文).....	中村 重久	107
南海舟状海盆及びその近傍の海底土の物理, 化学, 粘土鉱物的性質 .....	青木 三郎	116
海底地形の近似の度合が大循環の数値解に及ぼす影響 (英文).....	高野 健三	121
定置網漁場と魚群分布— II .		
—魚探機の映像による魚群型— .....	井上 喜洋	129
簡易長周期波計の製作について .....	森谷誠生, 阿部友三郎	137
福井県梶におけるバフンウニの漁業生物学的研究— I .		
—バフンウニ漁業— .....	石渡直典, 伏見 浩, 前川邦輝, 難波高志	146
福井県梶におけるバフンウニの漁業生物学的研究— II .		
—生息場所の底質・海藻植生・大型底生動物群集— .....	石渡直典, 伏見 浩, 今 攸, 難波高志	151
日仏海洋学会賞受賞記念講演		
藻類の生産に関する生理生態学的研究 .....	有賀 祐勝	163
学会記事.....		166

## Tome 15 N° 3

### SOMMAIRE

#### Notes originales

On Acoustic Analogy for Oscillations in Harbours and Bays .....	Shigehisa NAKAMURA	107
Physical, Chemical and Clay Mineralogical Properties of the two Sediments from Nankai Trough and its Environs (in Japanese) .....	Saburo AOKI	116
Some Examples of the Effect of the Resolution of the Bottom Topography on the Finite Difference Solution of the Barotropic General Circulation .....	Kenzo TAKANO	121
The Fishing Ground of Set Net and the Distribution of Fish Schools - II. — Types of Fish Schools from the Image of a Fish Finder —(in Japanese).....	Yoshihiro INOUE	129
A Portable Long-Period Wave Recorder (in Japanese) .....	Nobuo MORITANI and Tomosaburo ABE	137
Studies concerning the Fishery Biology of the Sea Urchin, <i>Hemicentrotus pulcherrimus</i> (A. AGASSIZ) in Kaji, Fukui Prefecture - I. — Sea Urchin Fishery —(in Japanese) .....	Naonori ISHIWATA, Hiroshi FUSHIMI, Kuniteru MAEKAWA and Takashi NANBA	146
Studies concerning the Fishery Biology of the Sea Urchin, <i>Hemicentrotus pulcherrimus</i> (A. AGASSIZ) in Kaji, Fukui Prefecture - II. — On the Substratum, Algal Vegetation and Macrobenthic Animal Community of the Habitat of the Sea Urchin —(in Japanese).....	Naonori ISHIWATA, Hiroshi FUSHIMI, Tohshi KON and Takashi NANBA	151

#### Conférence commémorative

Recherches physio-écologiques sur la production organique par les algues (en japonais).....	Yusho ARUGA	163
---	-------------	-----

Procès-Verbaux .....		166
----------------------	--	-----