

---

Tome 25

Août 1987

Numéro 3

---

**La mer**

う み

昭和 62 年 8 月

日 仏 海 洋 学 会

La Société franco-japonaise  
d'océanographie  
Tokyo, Japon

# SOCIÉTÉ FRANCO-JAPONAISE D'Océanographie

## Comité de Rédaction

(de l'exercice des années de 1986 et 1987)

*Directeur de publication:* K. TAKAGI      *Rédacteur en chef:* H. SEKI

*Comité de lecture:* S. AOKI, Y. ARUGA, M. HANZAWA, M. HORIKOSHI, A. KAMATANI,  
M. MURANO, M. OGURA, S. OKABE, H. SUDO

*Rédacteurs étrangers:* H.J. CECCALDI (France), E.D. GOLDBERG (Etats-Unis), T. ICHIYE (Etats-Unis),  
T.R. PARSONS (Canada)

*Secrétaire du Comité:* Y. YAMAGUCHI

### Note pour la présentation des manuscrits

**La mer**, organe de la Société franco-japonaise d'Océanographie, publie des articles et notes originaux, des articles de synthèse, des analyses d'ouvrages et des informations intéressant les membres de la société. Les sujets traités doivent avoir un rapport direct avec l'océanographie générale, ainsi qu'avec les sciences halieutiques.

Les manuscrits doivent être présentés avec un double, et dactylographiés, en *double interligne*, et au recto exclusivement, sur du papier blanc de format A4 (21×29,7 cm). Les tableaux et les légendes des figures seront regroupés respectivement sur des feuilles séparées à la fin du manuscrit.

Le manuscrit devra être présenté sous la forme suivante:

1° Il sera écrit en japonais, français ou anglais. Dans le cadre des articles originaux, il comprendra toujours le résumé en anglais ou français de *200 mots* environ. Pour les textes en langues européennes, il faudra joindre en plus le résumé en japonais de *500 lettres* environ. Si le manuscrit est envoyé par un non-japonophone, le comité sera responsable de la rédaction de ce résumé.

2° La présentation des articles devra être la même que dans les numéros récents; le nom de l'auteur précédé du prénom *en entier*, en minuscules; les symboles et abréviations standards autorisés par le comité; les citations bibliographiques seront faites selon le mode de publication: article dans une revue, partie d'un livre, livre entier, etc.

3° Les figures ou dessins originaux devront être parfaitement nettes en vue de la réduction nécessaire. La réduction sera faite dans le format 14,5×20,0 cm.

La première épreuve seule sera envoyée à l'auteur pour la correction.

Les membres de la Société peuvent publier 7 pages imprimées sans frais d'impression dans la mesure à leur manuscrit qui ne demande pas de frais d'impression excessifs (pour des photos couleurs, par exemple). Dans les autres cas, y compris la présentation d'un non-membre, tous les frais seront à la charge de l'auteur.

Cinquante tirés-à-part peuvent être fournis par article aux auteurs à titre gratuit. On peut en fournir aussi un plus grand nombre sur demande, par 50 exemplaires.

Les manuscrits devront être adressés directement au directeur de publication de la Société: K. TAKAGI, Laboratoire de Mariculture (Biologie des Populations), Université des Pêches de Tokyo, 5-7 Konan 4, Minatoku, Tokyo, 108 Japon; ou bien au rédacteur étranger le plus proche: H. J. CECCALDI, EPHE, Station marine d'Endoume, rue Batterie-des-Lions, 13007 Marseille, France; E. D. GOLDBERG, Scripps Institution of Oceanography, La Jolla, California 92093, Etats-Unis; T. ICHIYE, Department of Oceanography, Texas A & M University, College Station, Texas 77843, Etats-Unis; ou T. R. PARSONS, Department of Oceanography, University of British Columbia, Vancouver, B. C. V6T 1W5, Canada.

## Phytoplankton and nutrient distributions off the northern South Shetland Islands (summer 1984-BIOMASS/SIBEX)\*

Frederico P. BRANDINI\*\* and Miryam B.B. KUTNER\*\*\*

**Abstract:** During the 1984 summer cruise as a part of the BIOMASS/SIBEX Program the Brazilian R/V Professor W. Besnard surveyed the "B" sector north of the South Shetland Archipelago from January 21 to 28. Water samples were collected with Nansen bottles from the surface to 500 m depth for the analyses of total plankton cells and physico-chemical parameters. The study area was dominated by Antarctic Surface Water, shelf water of the Antarctic Peninsula and cold water originating from the Weddell Sea. During the mixing of these watermasses, the distribution patterns of nitrate and silicate in the euphotic zone depicted a clear non-conservative behaviour due to phytoplankton uptake. The mean concentrations of nitrate and silicate in the euphotic zone varied from 14 to 26 and from 20 to 50  $\mu\text{g-at. l}^{-1}$ , respectively. The phosphate distribution was not as much affected as nitrate and silicate by biological uptake, and the mean concentration in the euphotic zone varied from 1.0 to 1.6  $\mu\text{g-at. l}^{-1}$ . The phytoplankton population was numerically dominated by phytoflagellates and monads smaller than 10  $\mu\text{m}$  in shelf areas and by nanoplanktonic diatoms (*Chaetoceros neglectus*, *C. tortissimum* and small chain-forming pennate cells) of 6 to 9  $\mu\text{m}$  in size in offshore waters of the Drake Passage. Hydrography, bottom topography and biological uptake were the main factors governing the distribution of nutrients. For phytoplankton distribution, the trophic interrelation between planktonic organisms must be taken into account.

### 1. Introduction

The pelagic environments in the northern part of the South Shetland Islands waters may be characterized by physico-chemical gradients due to (i) the mixing of Antarctic Surface Water with colder and more saline water of the Weddell Sea, as a part of the Weddell-Scotia confluence, and (ii) the upwelling of Deep Circumpolar Water at the emergence zone (PATTERSON and SIEVERS, 1980; FISHER, 1980; STEIN, 1981; SIEVERS, 1982; LIPSKI, 1982). Strong bathymetric gradients are also characteristic of this zone (CLOWES, 1934) and certainly affect the hydrographic regime in the surface euphotic layers above shelf and off-shelf areas.

During the second Brazilian expedition to the Antarctic Peninsula in the summer of 1984, total phytoplankton samples and hydrographic data were obtained in this southernmost part of the Drake Passage ("B" sector, BIOMASS/SIBEX). The sampling cruise offered a good opportunity to study the pattern of horizontal distribution of plankton cells in relation to not only hydrography and bottom topography but also the consequence of trophic interactions among the planktonic organisms. The trophic relationship between nanoplankton and ciliates has been discussed recently (HEWES *et al.*, 1985; BRANDINI and KUTNER, 1986) and it is considered as one of the most important topics concerning the lower trophic levels of the Antarctic food web. For this reason, the analyses of the distribution patterns of these organisms are performed in the present study with the hope that it might help to elucidate the initial step of the pelagic food web in the Antarctic seas. For comparative purposes, the phytoplankton distribution (mainly diatoms) reported previously in the same area (URIBE, 1982; KOPCZYNSKA and LIGOWSKI,

---

\* Received November 15, 1986

This work was supported by the CIRM/PRO-ANTAR/IOUSP Joint Program, Sub-project No. 9525.

\*\* Centro de Biologia Marinha, Universidade Federal do Paraná, Curitiba 80.020, Paraná, Brasil

\*\*\* Instituto Oceanográfico, Universidade do São Paulo, São Paulo 05508, São Paulo, Brasil

1982; LIPSKI, 1982) is discussed.

## 2. Materials and methods

A total of 16 oceanographic stations were sampled by the R/V "Professor W. Besnard" from January 21 to 28 consisting of the "B" sector of the BIOMASS program (Fig. 1). Vertical water samples were obtained at standard depths using Nansen bottles until 500 m. The temperature was measured with reversing thermometers and the salinity with an Autolab salinometer. The analyses of nitrate, phosphate and silicate were undertaken at the Oceanographic Institute of São Paulo University according to STRICKLAND and PARSONS (1972).

Water samples for total phytoplankton were collected from the Nansen bottles within the euphotic zone of each station (0, 25, 50, 100 and 150 m depth) and preserved with 0.4 % formalin solution. Fifty milliliters were used for the settling technique of UTERMÖHL (1958) and cell counts were performed with a Zeiss inverted phase contrast microscope. Nanoplankton was counted at magnification of  $400\times$  considering various size categories ( $<3$ , 3-6, 6-9, 9-12, 12-15 and 15-20  $\mu\text{m}$ ) and microplankton, including most of the ciliate cells, was counted at lower magnification ( $130\times$ ) in one half of the total chamber area.

## 3. Results

a. Hydrography and physico-chemical parameters

The bathymetric chart (Fig. 1) was redrawn from that obtained by the Polish R/V "Professor Siedlecki" during the BIOMASS/FIBEX. The continental shelf, represented by the shaded area, is bordered by the 500 m isobath occupying approximately one third of the whole sampling area. The bottom topography indicates a clearly defined continental slope, bounding the shelf water of the Shetland Archipelago and the offshore water of the Drake Passage.

The greater part of the study area was dominated by the Antarctic Surface Water carried by the Antarctic Circumpolar Current from the Bellingshausen Sea. The horizontal distribution of surface temperature (Fig. 2) indicates a well-defined gradient decreasing eastward from a maximum of  $2.5^\circ\text{C}$  in the oceanic water of the Drake Passage (Stns. 4462 and 4463) to a minimum of  $0.1^\circ\text{C}$  in the vicinity of the Elephant and Clarence Islands (Stns. 4458 and 4459). The salinity at the surface (Fig. 3) ranged from  $33.31 \times 10^{-3}$  with lowest values observed in oceanic water of the western part of the study area (Stns. 4469, 4470 and 4471), increasing eastward to a maximum value of  $34.48 \times 10^{-3}$  observed around Clarence Island (Stns. 4458 and 4459).

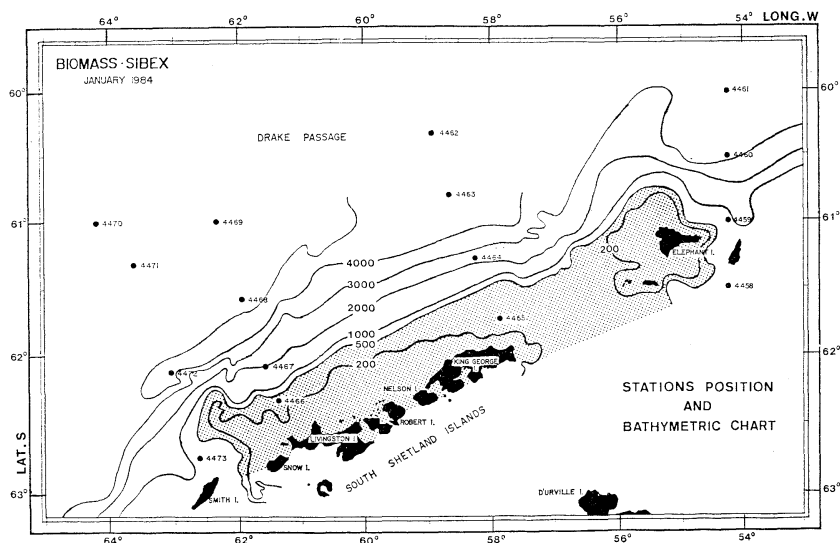


Fig. 1. Station positions and the bathymetric chart of the surveyed area.



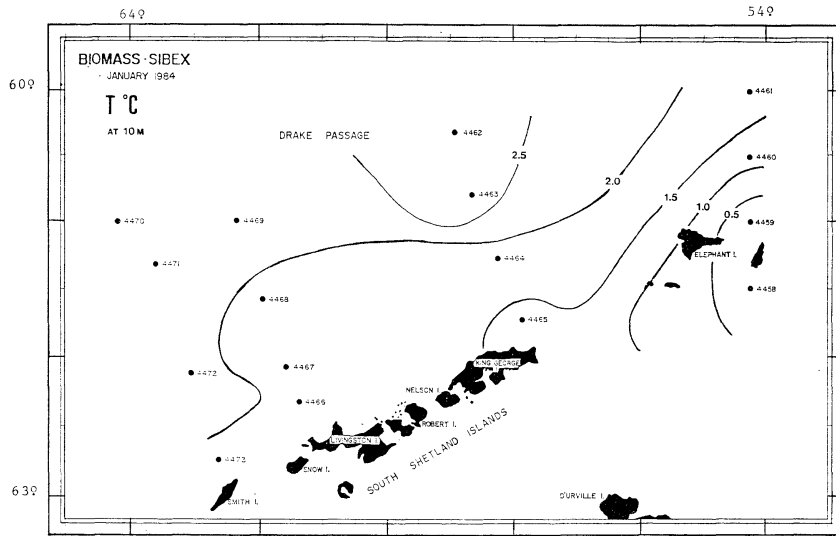


Fig. 2. Horizontal distribution of temperature at 10 meters.

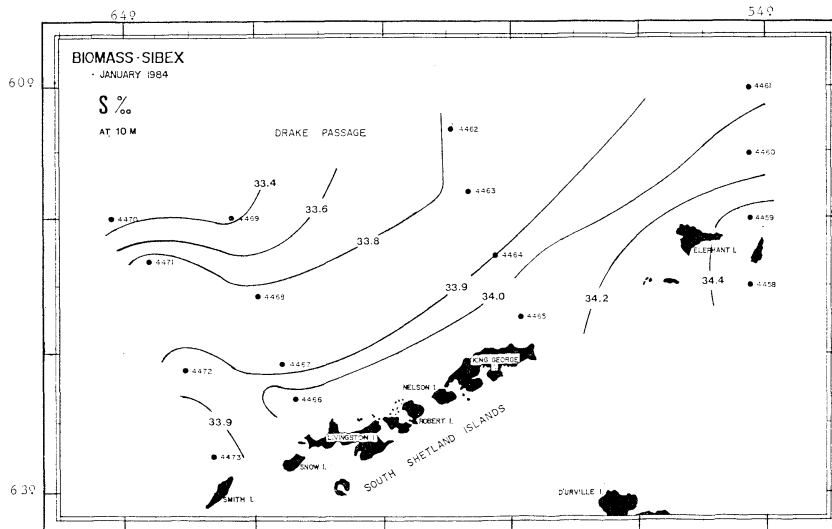


Fig. 3. Horizontal distribution of salinity at 10 meters.

The mean concentrations of dissolved nutrients between 0 and 150 m and between 150 and 300 m depth were considered in order to analyse more accurately the geographical distributions in the upper euphotic and deeper aphotic layers, respectively. The nitrate in the euphotic layer (Fig. 4) ranged from 14 to 26  $\mu\text{g-at. l}^{-1}$  with the highest concentration measured in shelf water decreasing northward with a sharp gradient over the continental shelf zone. The lowest value

was found in offshore area around Stn. 4462. In the aphotic layer (Fig. 5) the mean concentration varied between 18 and 38  $\mu\text{g-at. l}^{-1}$ . Gradients over the continental slope were also observed but they increased northward. Hence, the distribution patterns in both of the layers were completely different.

The distributions of phosphate in the euphotic and aphotic layers (Figs. 6 and 7) were very similar with the mean concentrations varying

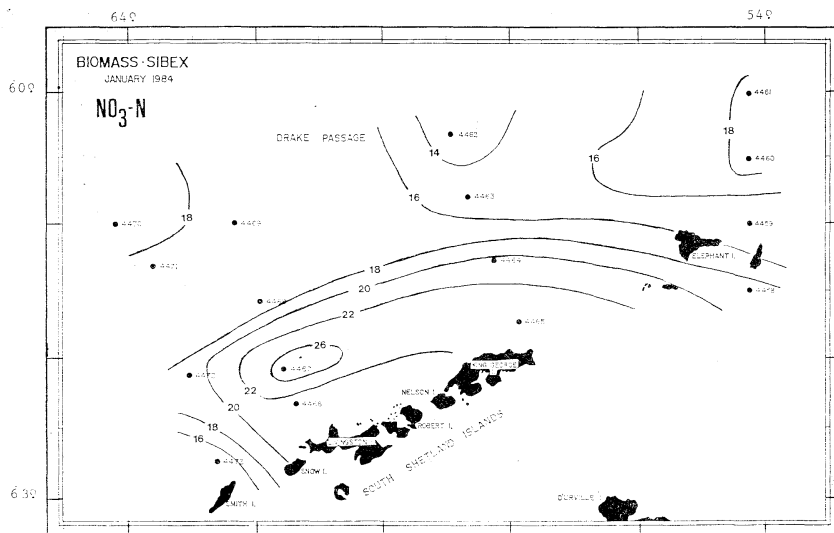


Fig. 4. Geographical distribution of the mean concentration of nitrate ( $\mu\text{g-at. } l^{-1}$ ) in the euphotic layer.

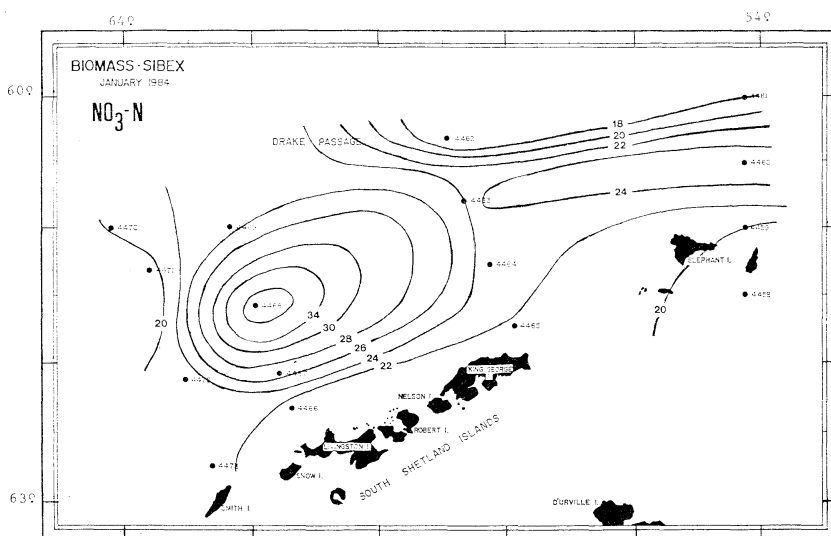


Fig. 5. Geographical distribution of the mean concentration of nitrate ( $\mu\text{g-at. } l^{-1}$ ) in the aphotic layer.

from 1.0 to 1.6  $\mu\text{g-at. } l^{-1}$  and from 1.2 to 1.8  $\mu\text{g-at. } l^{-1}$ , respectively. In both layers, the distribution was homogeneous in almost the whole study area, with sharp gradients observed only in the western sector.

The mean concentration of silicate in the euphotic zone (Fig. 8) greatly varied from 20 to 50  $\mu\text{g-at. } l^{-1}$  with increasing gradients towards

the confluence with the Weddell Sea water in the proximity of the Elephant and Clarence Islands. In the deeper aphotic layer (Fig. 9) the distribution was homogeneous over the whole sampling area with concentrations ranging between 40 and 50  $\mu\text{g-at. } l^{-1}$ .

#### b. Biological parameters

The highest concentration of total phyto-

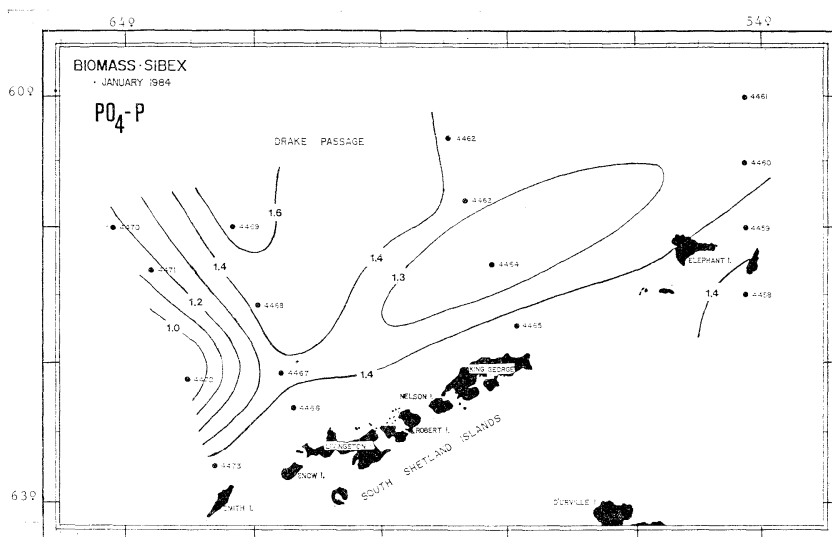


Fig. 6. Geographical distribution of the mean concentration of phosphate ( $\mu\text{g-at. l}^{-1}$ ) in the euphotic layer.

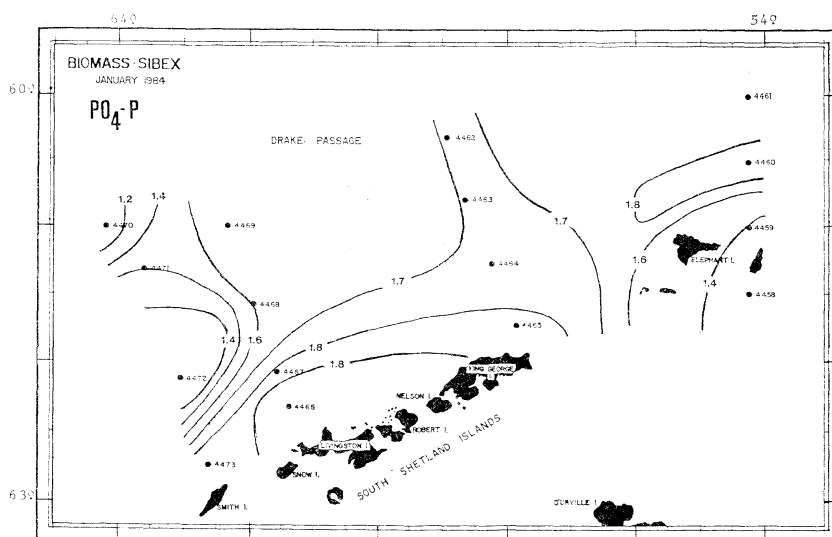


Fig. 7. Geographical distribution of the mean concentration of phosphate ( $\mu\text{g-at. l}^{-1}$ ) in the aphotic layer.

plankton cells in the euphotic zone (Fig. 10) was  $160 \times 10^9 \text{ cells} \cdot \text{m}^{-2}$  observed in shelf waters off Livingston Inland (Stns. 4466 and 4467), decreasing northward to ca.  $50\text{--}75 \times 10^9 \text{ cells} \cdot \text{m}^{-2}$  in offshore water of the Drake Passage. A minimum of  $25 \times 10^9 \text{ cells} \cdot \text{m}^{-2}$  was observed at Stn. 4459 near Elephant Island.

The concentration of total phytoplankton in the euphotic zone varied from 25 to more than

$150 \times 10^9 \text{ cells} \cdot \text{m}^{-2}$  with the lowest density observed near Elephant and Clarence Islands and the maximum in shelf waters north of Livingston Island. In the continental shelf zone, more than 90% of the total phytoplankton community was numerically dominated by phytoflagellates and monads smaller than  $10 \mu\text{m}$  (Fig. 11). In these areas, 50% of the nanoplanktonic organisms were flagellates and monads of less than  $3 \mu\text{m}$ .

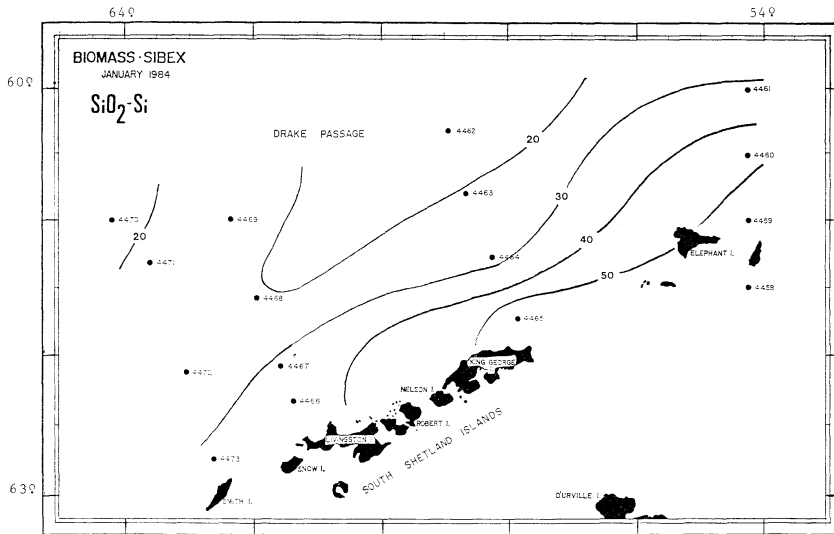


Fig. 8. Geographical distribution of the mean concentration of silicate ( $\mu\text{g-at. l}^{-1}$ ) in the euphotic layer.

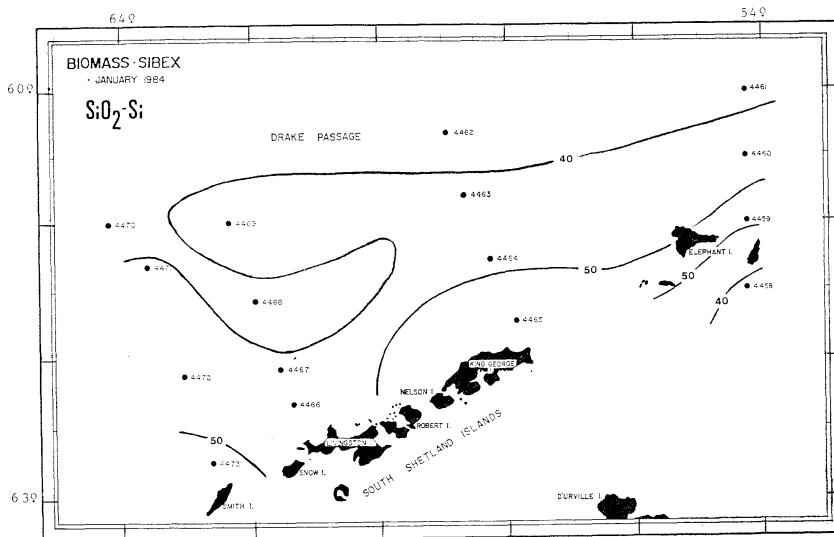


Fig. 9. Geographical distribution of the mean concentration of silicate ( $\mu\text{g-at. l}^{-1}$ ) in the aphotic layer.

In the northern most oceanic areas, nano-planktonic diatoms of 6 to 9  $\mu\text{m}$  contributed to 50 % of the total phytoplankton cells (Fig. 12). These small diatoms mainly consisted of *Chaetoceros neglectus*, *C. tortissimum* and chains of unidentified pennate cells presumably to be identified as *Fragilariopsis nana* mentioned recently by HEWES *et al.* (1985) as dominant in water of the West Wind Drift.

The population of diatoms was almost completely restricted to the oceanic area of the Drake Passage. Decreasing gradients were observed towards the shelf waters of the Shetland Archipelago reaching the minimum value less than  $10^9 \text{ cells} \cdot \text{m}^{-2}$  found at the eastern stations near Elephant and Clarence Islands, and at Stn. 4466 located north of Livingston Island. The highest density of ca.  $60 \times 10^9 \text{ cells} \cdot \text{m}^{-2}$  was

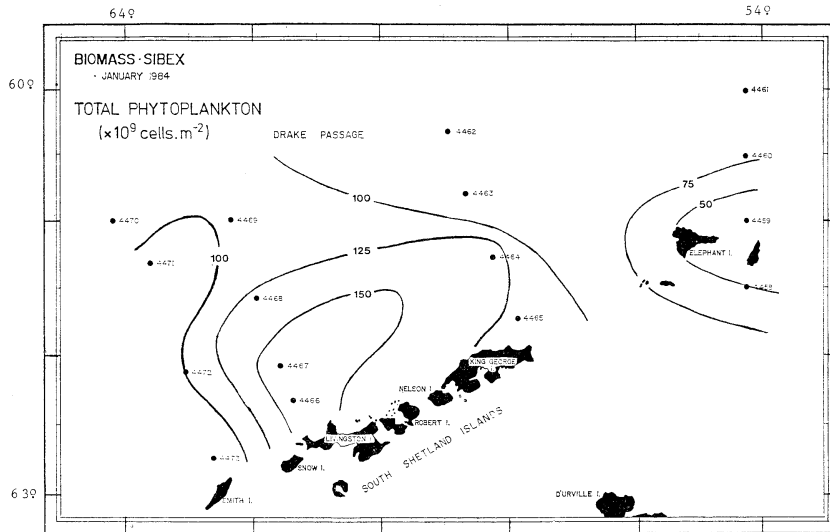


Fig. 10. Geographical distribution of total phytoplankton cells per  $m^2$  in the euphotic layer.

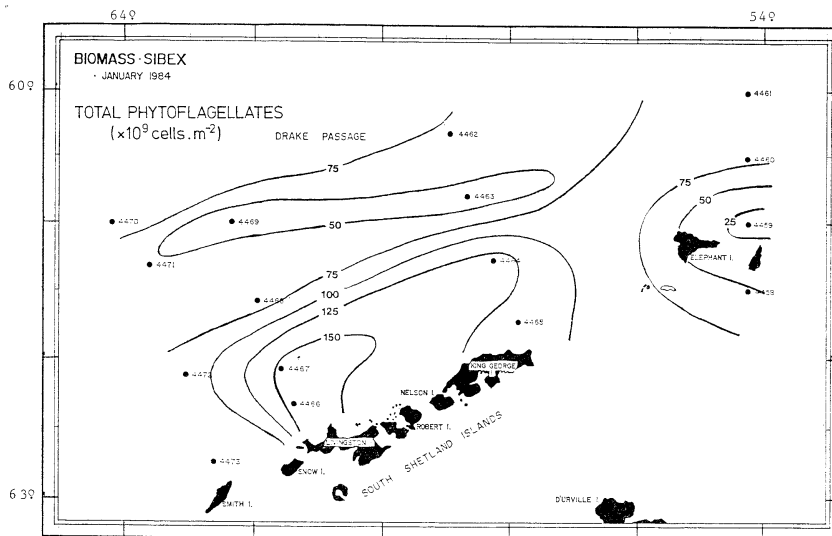


Fig. 11. Geographical distribution of total phytoplankton cells per  $m^2$  in the euphotic layer.

found around Stn. 4469.

The abundance of the protozooplankton, mainly ciliates, was estimated at each station as the number of organisms per  $m^2$  surface in the euphotic zone (Fig. 13). High concentrations of  $150$  to  $175 \times 10^3 \text{ org} \cdot m^{-2}$  were observed in shelf waters between Livingston and King George Islands, and in the west sector of the study area around Stn. 4471. Gradients were observed

over the continental slope with concentrations decreasing northward and towards Elephant and Clarence Islands. The low densities were found at Stn. 4468 in the offshore area, and at Stns. 4458 and 4459.

#### 4. Discussion

a. Hydrography and chemical parameters  
The discussions and comments about the

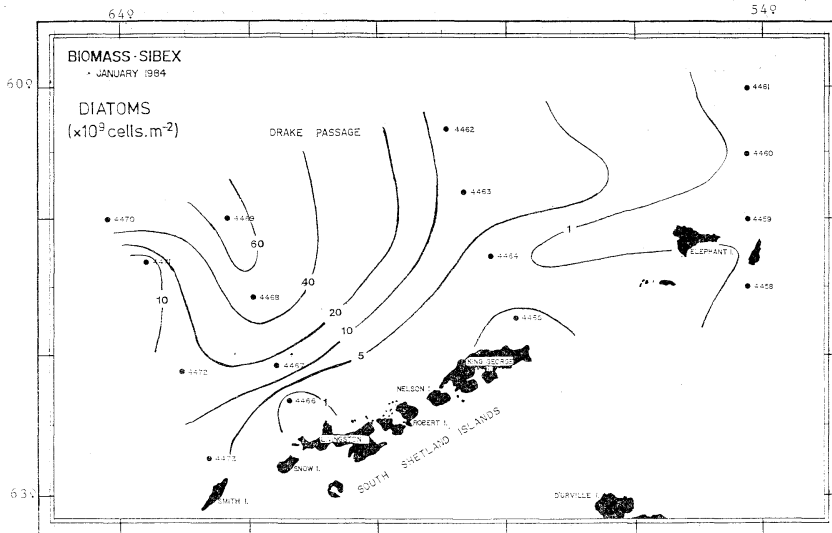


Fig. 12. Geographical distribution of diatoms per  $m^2$  in the euphotic layer.

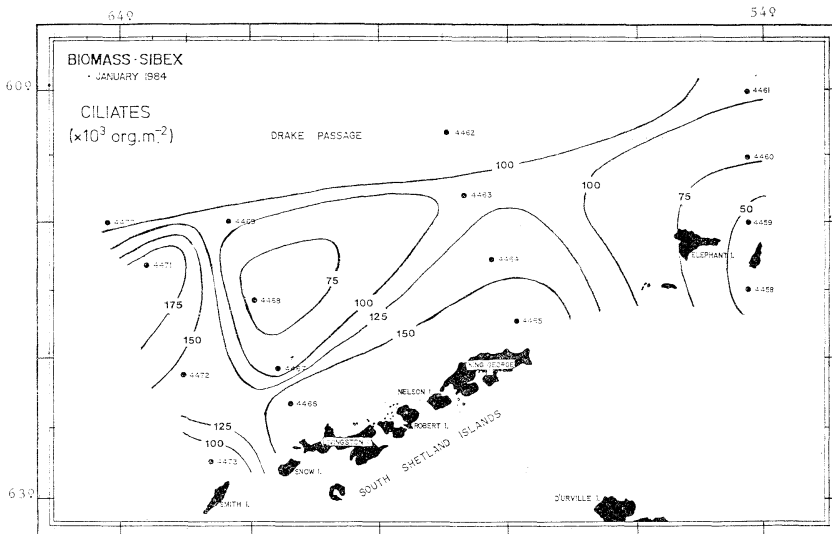


Fig. 13. Geographical distribution of ciliates per  $m^2$  in the euphotic layer.

relationships between biological and physico-chemical factors will depend on the observation and comparison of the geographical distribution patterns of these parameters.

The greater part of the sector "B" was dominated by the Antarctic Surface water carried by the Antarctic Circumpolar Current from the Bellingshausen Sea. This water meets the colder and more saline water of the Weddell Sea near the northeastern end of the Shetland Archipelago

causing gradients of temperature and salinity (observed in Figs. 2 and 3, respectively). The mixing of these watermasses is a part of the Weddell-Scotia Confluence (STEIN, 1981; SIEVERS, 1982; LIPSKI, 1982). In this study, not only the convergence of watermasses but also the bathymetric characteristics of the area were considered important for determination of the distribution patterns of both biological and chemical parameters. In fact, the sharp gradients

observed in the distributions of nitrate, phytoflagellates, diatoms and ciliates are interrelated, but they occurred precisely above the continental slope due to the topographic gradients of this zone which was previously described as the Continental Water Boundary (WHITHWORTH, 1980) separating the Antarctic Surface Water from the Shelf Water of the Antarctic Peninsula (LIPSKI, 1982).

It has generally been accepted that nutrients do not limit the phytoplankton development in Antarctic seas, and even during local blooms when the growth rate is maximum, the concentrations are still above the levels required by phytoplankton cells (HOLM-HANSEN *et al.*, 1977; SAKSHAUG and HOLM-HANSEN, 1984; EL-SAYED, 1984). However, this may not be applied to exceptional cases where the amount of silicate may decrease down to limiting levels for some diatoms in certain areas. JACQUES (1983) reported that the half saturation constant ( $K_s$ ) for the uptake of silica by Antarctic diatoms is very high, varying between 12 and 22  $\mu\text{g-at. l}^{-1}$ . According to his experiments, concentrations of ca. 50  $\mu\text{g-at. l}^{-1}$  would be necessary during the period of the maximum growth rate. Looking at Figs. 8 and 12, it is clear that concentrations of this magnitude were only measured in the shelf water around the northeastern side of the Shetland Archipelago, while in the oceanic areas dominated by diatoms the uptake may have lowered the amount of silica to limiting levels for at least certain species as previously argued by JACQUES (1983). SAKSHAUG and HOLM-HANSEN (1984) reported that concentrations of silica are seldom below 50  $\mu\text{g-at. l}^{-1}$  in offshore waters. The low concentration level observed in the present investigation was probably one of the rare occasions and it was certainly due to the uptake by diatoms. In the deeper aphotic layers, the absence of photosynthetic activity maintained high concentrations homogeneously distributed in a more conservative manner.

Like silicate, the distribution pattern of nitrate in the euphotic zone depicted a clear non-conservative behaviour during the mixing of water-masses due to phytoplankton activity, although the concentrations were high above the levels required for a maximum growth rate.

In the case of phosphate, although the mean concentrations in the euphotic zone were lower than those in the aphotic zone, the uptake by phytoplankton cells did not reduce it to limiting levels and also did not affect intensively the pattern of horizontal distribution as they were very similar in both layers.

b. Biological parameters

During the BIOMASS/FIBEX summer cruise of 1981, the same area was surveyed by URIBE (1982), LIPSKI (1982) and KOPCZYNSKA and LIGOWSKI (1982), and the phytoplankton distribution patterns reported by these authors were very similar. Although they did not mention the phytoflagellates during their plankton analyses, they reported that diatoms were dominating the phytoplankton population. Therefore, at least the diatom distribution patterns of the 1981 and 1984 cruises may be compared.

KOPCZYNSKA and LIGOWSKI (1982) found high diatom densities as cell numbers per  $\text{m}^2$  in the euphotic layer in the shelf water of the Shetland Archipelago and in the Weddell confluence area. The same pattern was confirmed for the chlorophyll *a* distribution reported by LIPSKI (1982). These authors found also *Chaetoceros neglectus* and *C. tortissimum* as dominants in the area north of Livingston Island. It is interesting to note that URIBE (1982) observed an opposite trend few weeks before with low densities of diatoms, mainly *C. tortissimum*, dominating the phytoplankton population in the shelf waters off Livingston and King George Islands increasing abruptly northwards (his values of chlorophyll *a* were 3 to 5 times higher than those reported by LIPSKI (1982) in the same oceanic areas). Coincidentally, we observed the same pattern of diatom distribution in 1984 in a similar seasonal period and also with small *Chaetoceros* spp. being apart of the dominant groups. Few weeks before the Brazilian cruise, KOPCZYNSKA and LIGOWSKI (1985) reported for the "B" sector approximately the same range of diatom densities per  $\text{m}^2$  in the euphotic layer ( $0.01 \times 10^8$ – $53.3 \times 10^9$  cells  $\cdot \text{m}^{-2}$ ) as observed in the present investigation ( $0.36 \times 10^8$ – $60 \times 10^9$  cells  $\cdot \text{m}^{-2}$ ), although they used a different methodology for phytoplankton sampling. They also observed a similar distribution pattern with the minimum density in shelf water between

Elefant and King George Islands as well as high densities in offshore water of the Drake Passage dominated by *Chaetoceros neglectus* and *C. tortissimum*. However, they did not mention *Fragilariopsis* cf. *nana* as a part of their phytoplankton samples. We presume that *F. nana* is too small to be caught during the net hauls performed by the Polish scientists.

The ecological importance of the protozooplankton in the pelagic ecosystems of Antarctic seas has been emphasized in recent years (BRÖCKEL, 1981; HEWES *et al.*, 1985), suggesting that ciliates in the Antarctic food web represent a more efficient path for the transfer of organic matter accumulated in the nanoplankton community to higher trophic levels (HEWES *et al.*, 1985; BRANDINI and KUTNER, 1986) rather than the classic diatoms→krill based food web which, actually, is considered to be only part of a more complex food web proposed recently (HEWES *et al.*, 1985; EL-SAYED, 1984).

In the present study, high densities of ciliates were observed in shelf waters off Livingston and King George Islands (Fig. 13). The decreasing gradient towards the offshore water of the Drake Passage and towards the confluence with the Weddell Sea water was clearly defined. The same pattern of distribution was observed for phytoflagellates (Fig. 11). Apparently, a trophic relationship between both organisms is not evident by just comparing their distribution maps. On the other hand, an inverse relation may be recognized between the abundance of nanoplanktonic diatoms (Fig. 12) and ciliates (Fig. 13). For example, the maximum concentrations of ciliates found in the shelf water between Stns. 4465 and 4466, and also in the west sector of the study area between Stns. 4471 and 4472, counteract the minimum concentrations of diatoms observed in the same areas. Therefore, it may be suggested that the ciliates were grazing more efficiently the nanoplankton diatoms due to their immobility rather than the actively swimming phytoflagellates.

The relationships between environmental and biological parameters in the "B" sector during the 1983 Brazilian BIOMASS/SIBEX cruise may be summarized as follows: Hydrography, bottom topography and mainly biological activity jointly control the distribution patterns of nutrients.

For phytoplankton distribution, the trophic interaction between the planktonic organisms must be taken into account in order to better understand their patterns.

### Acknowledgements

We thank G.M.S. BRASIL, M.C.R. DA COSTA, M.C.P. DE MORAES and E.S. BRAGA from the Oceanographic Institute of São Paulo University for the analysis of nutrients. We also thank the crew of the R/V "Professor W. Besnard" for their kind help during the sampling cruise.

### References

- BRANDINI, F.P. and M.B.B. KUTNER (1986): Composition and distribution of summer phytoplankton in the Bransfield Strait, Antarctica. *An. Acad. Brasil. Ciênc.*, **58** (supl.): 3-11.
- BRÖCKEL, K. VON (1981): The importance of nanoplankton within the pelagic Antarctic ecosystem. *Kieler Meeresforsch., Sonderheft* **5**: 61-67.
- CLOWES, A.J. (1934): Hydrology of the Bransfield Strait. *Discovery Rept.*, **9**: 1-64.
- EL-SAYED, S. (1984): Productivity of the Antarctic waters—A reappraisal. Lecture notes on coastal and estuarine studies **8**. In O. HOLM-HANSEN, L. BOLIS and R. GILLES (ed.), *Marine Phytoplankton and Productivity*. p. 19-34.
- FISCHER, J.K. (1980): Distribution of suspended matter in the epipelagial of Antarctic waters between the Drake Passage and the Adelaide Island. *Pol. Arch. Hydrobiol.*, **27**: 11-24.
- HEWES, C.D., O. HOLM-HANSEN and E. SAKSHAUG (1985): Alternate carbon pathways at lower trophic levels in the Antarctic food web. In W.R. SIEQFRID, P.R. CONDY and R.M. LAWS (ed.), *Antarctic Nutrient Cycles and Food Webs*. Springer-Verlag, Berlin. p. 277-283.
- HOLM-HANSEN, O., S.Z. EL-SAYED, G.A. FRANCESCHINI and R.L. CUHEL (1977): Primary production and the factors controlling phytoplankton growth in the Southern Ocean. In G.A. LLANO (ed.), *Adaptation within Antarctic Ecosystems*, Proc. 3rd SCAR Symp. Antarctic., Biol.: 11-50.
- JACQUES, G. (1983): Some ecophysiological aspects of the Antarctic phytoplankton. *Polar Biol.*, **2**: 27-33.
- KOPCZYNSKA, E.E. and R. LIGOWSKI (1982): Phytoplankton abundance and distribution in the Southern Drake Passage and the Bransfield Strait in February-March 1981 (BIOMASS/FIBEX). *Pol. Polar Res.*, **3**: 193-202.
- KOPCZYNSKA, E.E. and R. LIGOWSKI (1985): Phyto-



- plankton composition and biomass distribution in the Southern Drake Passage, the Bransfield Strait and the adjacent waters of the Weddell Sea in December 1983-January 1984 (BIOMASS/SIBEX). *Pol. Polar Res.*, **6**: 65-77.
- LIPSKI, M. (1982): The distribution of chlorophyll *a* in relation to the water masses in the Southern Drake Passage and the Bransfield Strait (BIOMASS/FIBEX, February-March 1981). *Pol. Polar Res.*, **3**: 143-152.
- PATTERSON, S.L. and H.A. SIEVDRS (1980): The Weddell-Scotia Confluence. *J. Phys. Oceanogr.*, **10**: 1584-1610.
- SAKSHAUG, E. and O. HOLM-HANSEN (1984): Factors governing pelagic production in polar oceans. Lecture notes on coastal and estuarine studies 8. *In* O. HOLM-HANSEN, L. BOLIS and R. GILLES (ed.), *Marine Phytoplankton and Productivity*. p. 1-18.
- SIEVERS, H.A. (1982): Description of the physical oceanographic conditions, in support of the study on the distribution and behaviour of krill. INACH, Scientific Series No. 28: 73-122.
- STEIN, M. (1981): Thermal structure of the Weddell-Scotia confluence during February 1981. *Meeresforsch.*, **29**: 47-52.
- STRICKLAND, J.D.H. and T.R. PARSONS (1972): A practical handbook of seawater analysis (2nd ed.). *Bull. Fish. Res. Bd. Can.*, **122**: 1-172.
- URIBE, E. (1982): Influence of the phytoplankton and primary production of the Antarctic waters in relation with the distribution and behaviour of krill. INACH, Scientific Series No. 28: 147-163.
- UTERMÖHL, H. (1958): Zur Vervollkommung der quantitativen phytoplankton Methodik. *Mitt. Int. Ver. Limnol.*, **9**: 1-38.
- WHITHWORTH, T. III (1980): Zonation and geostrophic flow of the Antarctic Circumpolar Current at Drake Passage. *Deep. Sea Res.*, **27**: 497-507.

## 南シェットランド諸島北方海域における植物プランクトンと 栄養塩の分布 (1984年夏-BIOMASS/SIBEX)

F. P. BRANDINI • M. B. B. KUTNER

要旨: 1984年夏(1月21~28日), BIOMASS計画/SIBEXの一部としてブラジルの研究船 Professor W. Besnard は南シェットランド諸島北方海域を調査した。表面から深度500mまでの各層の試水を採取し, プランクトンおよび物理化学的項目を分析した。調査海域は, 南極表層水, 南極半島陸棚水, およびウェッデル海起源の冷水域によって占められていた。これ等水塊は混合するが, 有光層内の硝酸塩と珪酸塩の分布は植物プランクトンによる吸収のため明らかに非保存的であり, 平均濃度は硝酸塩が14~16, 珪酸塩が20~50 $\mu\text{g-at. l}^{-1}$ であった。リン酸塩の分布は生物の吸収によって硝酸塩や珪酸塩ほどには影響されず, 有光層内のリン酸塩平均濃度は1.0~1.6 $\mu\text{g-at. l}^{-1}$ であった。植物プランクトン群集は, 陸棚域では10 $\mu\text{m}$ より小さい鞭毛藻類とモナス類が優占し, Drake Passageの沖合域では6~9 $\mu\text{m}$ の微小珪藻類(*Chaetoceros neglectus*, *C. tortissima*, および鎖状の小型羽状珪藻)が優占していた。栄養塩の分布を支配している主要要因は, 水理, 海底地形, 生物による吸収であった。植物プランクトンの分布に関しては, 浮遊生物間の捕食・被食相互関係が考慮されなければならない。

## *Gymnodinium nagasakiense*, a red-tide forming dinoflagellate, and its culture medium\*

Yoshio NAKANO\*\*, Rokuro ADACHI\*\*, Shinsuke HIROOKA\*\*  
and Hiroyuki TOMINAGA\*\*\*

**Abstract** Seven culture media were examined for investigating the morphological changes of a red-tide forming dinoflagellate *Gymnodinium nagasakiense*. The Wilson-Collier medium was concluded to be most suitable because relatively higher growth rate, longer stationary phase and smaller variations in cell length and width of this species were obtained in culture experiments.

### 1. Introduction

*Gymnodinium* (Dinoflagellata) has been known as red-tide forming and toxin-producing phytoplankton (SPECTOR, 1984). DAVIS (1984) described *G. brevis* collected from Mexico Bay. Its bloom has frequently occurred along the east coast of USA and has become an important problem for marine products. Many researches relating to the toxicity of dinoflagellates have been published (e.g. TAYLER and SELIGER, 1979; ANDERSON *et al.*, 1985). A big bloom of *Gymnodinium nagasakiense*, a species observed in 12 coastal areas or inland bays of the western part of Japan (TAKAYAMA and ADACHI, 1984), occurred at Kumano-nada, off the southern coast of Kii Peninsula in 1984. This bloom caused the second biggest damage to the fisheries ever reported in Japan, and now intensive researches on this species are urgently required. However, studies on this species from the growth physiological point of view are limited at present to those by IZUKA (1976, 1979).

In this paper, we describe the results of the examination of several culture media for investigating morphological variations during the growth, which will provide a basic information to the successive experiments on morphological variations of this species under the different

environmental stress.

### 2. Materials and methods

*Gymnodinium nagasakiense* used for this experiment was kindly offered from Fisheries Experiment Station of Tokushima Prefecture by the courtesy of Mr. Masao YOSHIDA. This clone was isolated from Harima-nada in May 1980 when a dense bloom of this species developed and covered this sea area, and maintained at the station using the culture medium SWM-3 (CHEN *et al.*, 1970) at 23°C under fluorescent lamps of 4,000 lux. The stock culture in our laboratory was maintained axenically using the Wilson-Collier (WC) medium (WILSON and COLLIER, 1955) at 20°C under fluorescent lamps of 6,000 lux with a photoperiod of 12 hr-light and 12 hr-dark and used as inocula in culture experiments. The natural seawater taken from the offing of Owase Bay, Mie Prefecture, was used for making enriched culture medium. I<sup>4</sup> had a considerably neritic nature with a salinity of 34.280‰ and was considered to be water of a branch of the *Kuroshio*. It was aged for more than half a year before use.

A 10 ml aliquot of 14-day-old mother culture at the logarithmic phase was inoculated to 200 ml of the following culture media and was cultivated axenically at 20°C under fluorescent lamps of 6,000 lux with a photoperiod of 12 hr-light and 12 hr-dark. The culture media examined were WC (WILSON and COLLIER, 1955), SW II (IWASAKI, 1961) and f/2-Si (GUILLARD, 1975)

\* Received May 14, 1987

\*\* Faculty of Fisheries, Mie University, Edobashi, Tsu, Mie, 514 Japan

\*\*\* Water Research Institute, Nagoya University, Chikusa, Nagoya, 464 Japan

which were nutrient-enriched natural seawater and ASP<sub>2</sub>, ASP<sub>2</sub> NTA (PROVASOLI *et al.*, 1957), ASP<sub>6</sub> (PROVASOLI, 1963) and ASP<sub>12</sub> NTA (PROVASOLI, 1963) which were nutrient-enriched artificial seawater.

The cell number was counted under the light microscope (Olympus, Tokyo) using a Sedwick-Rafter counting chamber. The cell length and width used as indexes of the cell size were measured under the light microscope using a stage micrometer (Olympus, Tokyo) and an eyepiece ruler (Olympus, Tokyo) equipped to the ocular. The cell growth rate ( $\mu_2$ ) in each culture medium was calculated by the following equation:

$$\mu_2 = \frac{\ln(N_2 - N_1)}{t_2 - t_1},$$

where  $N_1$  and  $N_2$  are the cell number at the time of  $t_1$  and  $t_2$ , respectively, during the logarithmic growth phase. Measurements were made at 3-day intervals when the culture was at the first half of the logarithmic phase.

### 3. Results

The variations of cell number during the growth observed in three different enriched

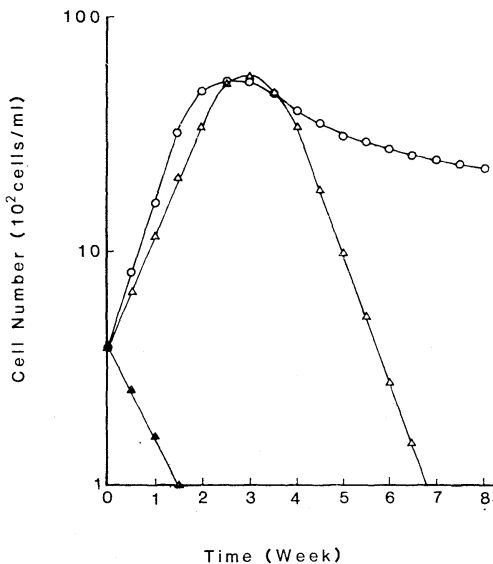


Fig. 1. The growth of *G. nagasakiense* in enriched natural seawater: Wilson-Collier medium (open circle), SW II medium (open triangle) and f/2-Si medium (solid triangle).

natural seawater are illustrated in Fig. 1. WC medium supported good growth with no induction phase. The growth rate observed in this medium was 0.63/day and the logarithmic phase continued for 1.5 weeks. The cell number reached the maximum (5,500 cells/ml) 2.5 weeks after inoculation and thereafter decreased gradually to 1,300 cells/ml 8 weeks after inoculation. The growth in SW II medium was good during the logarithmic phase similarly to that in WC medium, but a rapid decrease of cell number was observed during the later stage of culture. The growth rate in this medium was 0.33/day during the logarithmic phase which continued for 2.5 weeks. The cell number reached the maximum (5,650 cells/ml) 3 weeks after inoculation. There was a large difference in the growth curves at the latter half of death phase between WC and SW II media. Contrary to these two media, f/2-Si medium did not support the growth.

In Fig. 2, the growth curves obtained in four kinds of artificial seawater media were illustrated. Growth was observed only in ASP<sub>2</sub> NTA medium, and other three media did not support growth. The increase of cell number in ASP<sub>2</sub>

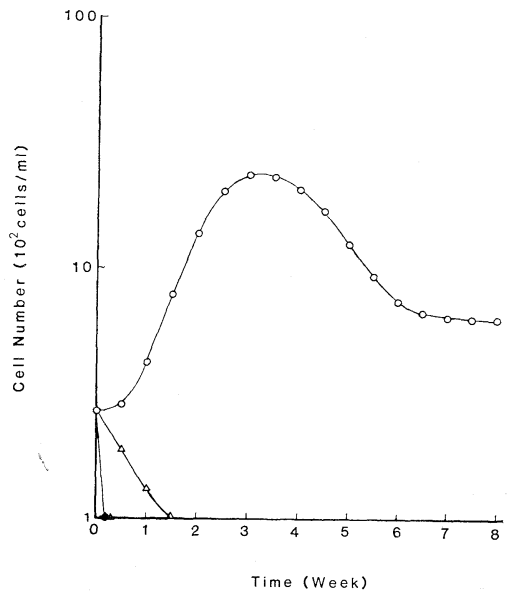


Fig. 2. The growth of *G. nagasakiense* in artificial seawater media: ASP<sub>2</sub> (solid circle), ASP<sub>2</sub> NTA (open circle), ASP<sub>6</sub> (open triangle) and ASP<sub>12</sub> (solid triangle).

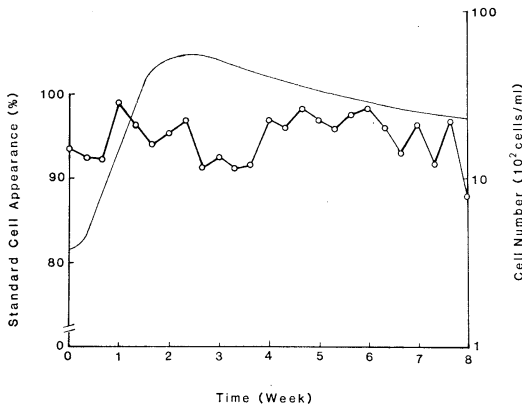


Fig. 3. Abundance of the standard cell (thick line) of *G. nagasakiense* in WC medium. Thin line indicates the cell number.

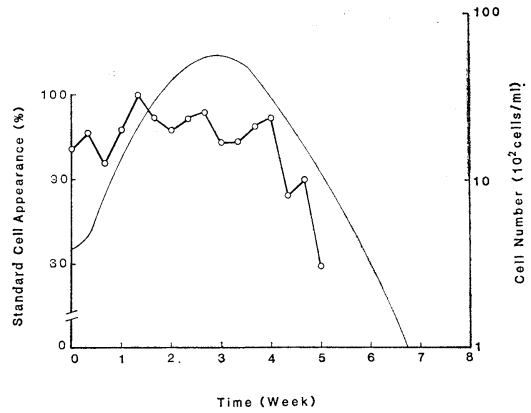


Fig. 4. Abundance of the standard cell (thick line) of *G. nagasakiense* in SW II medium. Thin line indicates the cell number.

NTA medium continued for 3 weeks after inoculation with an initial lag, and the growth rate during the logarithmic phase was 0.49/day which was considerably lower than the value in WC medium (Fig. 1). The maximum cell number (2,250 cells/ml) was observed 3 weeks after inoculation in ASP<sub>2</sub> NTA medium. This value is less than half that observed in WC and SW II media.

Abundance of the standard cell during the culture in WC medium is shown in Fig. 3. The standard cell in this paper was defined after the morphological description by TAKAYAMA and ADACHI (1984). In WC medium in which the present species of dinoflagellate was successfully cultured, the abundance of the standard cell from inoculation to the stationary phase was about 95% (average value) with a little fluctuation. At the transition from the stationary to the death phase the abundance temporarily decreased to around 92%, but recovered to about 95% during the later period of culture. In SW II medium (Fig. 4), a high abundance of the standard cell was observed from inoculation to the stationary phase, but the abundance decreased with aging of the culture.

The variations of cell size expressed by the cell length and width are shown in Fig. 5. The average cell length tended to increase until the middle of the logarithmic phase and then decreased until the end of that phase. A very slight decrease in the cell length continued until

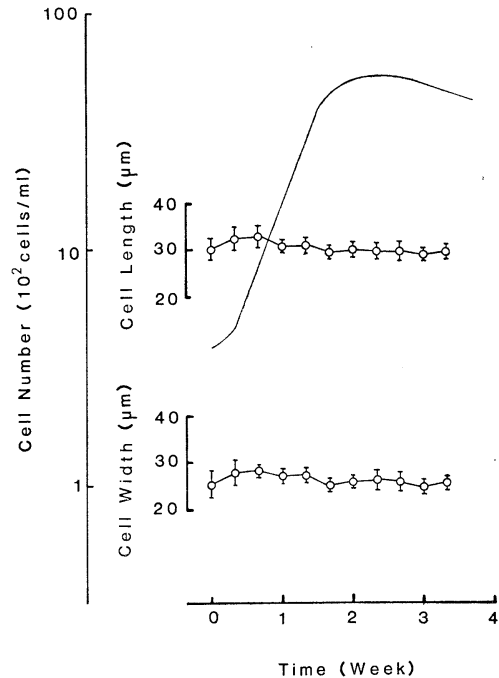


Fig. 5. Variations of the cell length and width of *G. nagasakiense* during the culture in WC medium. The vertical bar attached to the open circle indicates the standard deviation. Thin line shows the cell number.

the end of the culture. The variations of the cell width showed the similar trend as observed in the cell length during the logarithmic phase.

#### 4. Discussions

When cultured at 20°C under 6,000 lux with

a photoperiod of 12 hr-light and 12 hr-dark, the growth rate of *G. nagasakiense* in WC medium and SW II medium was 0.63/day and 0.33/day, respectively. The growth of this species was not complete in other media examined. The stationary phase continued until 8 weeks after inoculation in WC medium, whereas in SW II medium it ended 4.5 weeks after inoculation. IZUKA and MINE (1983) reported the growth rate (0.64/day) of this species cultivated in Erd-Schreiber medium at 22°C under 0.05 ly/min, equal to 9,000 lux after WESTLAKE (1965). The present value (0.63/day) in WC medium was consistent with their value.

It is a well-known fact that morphology of the cell influentially changes with the physico-chemical environmental stress. In WC medium, the variations of the cell length and width were relatively small, and about 95 % of the cells were the standard cell during the culture period of 8 weeks. In SW II medium, on the other hand, a high percentage of the standard cell appeared from the logarithmic phase to the stationary phase, but the abundance of the standard cell decreased during the death phase.

The average cell length and width increased and fluctuated slightly during the logarithmic phase. As a whole, the range of variation of the cell length and width was within the values originally described by TAKAYAMA and ADACHI (1984).

Consequently, it is concluded that WC medium is one of the suitable media to observe the morphological change of the *G. nagasakiense* cells under different environmental conditions, because a relatively higher growth rate was obtained, a long period of the stationary phase was sustained and small variations of the cell length and width were observed in the medium.

### References

- ANDERSON, D.M., A.W. WHITE and D.C. BADEN (1985): Toxic Dinoflagellates. Elsevier, New York. 561 pp.
- CHEN, L.C.M., T. EDELSTEIN and J. MCLACHLAN (1970): *Bonnemaisonia hamifera* HARIOT in nature and in culture. J. Phycol., **5**, 211-220.
- DAVIS, C.C. (1984): *Gymnodinium brevis*, sp. nov., a cause of discolored water and animal mortality in the Gulf of Mexico. Bot. Gaz., **109**, 358-360.
- GUILLARD, R.R.L. (1975): Culture of phytoplankton for feeding marine invertebrates. In W.L. SMITH and M.H. CHANLEY (ed.), Culture of Marine Invertebrate Animals. Plenum, New York. p. 29-60.
- IWASAKI, H. (1961): The life cycle of *Porphyra tenera* in vitro. Biol. Bull., **121**, 173-187.
- IZUKA, S. (1976): Succession of red tide organisms in Omura Bay with relation to water pollution. Bull. Plankton Soc. Japan, **23**, 31-43.
- IZUKA, S. (1979): Maximum growth rate of natural population of a *Gymnodinium* red tide. In D.L. TAYLER and H.H. SELIGER (ed.), Toxic Dinoflagellate Blooms. Elsevier, New York. p. 111-114.
- IZUKA, S. and K. MINE (1983): Maximum growth rate of *Gymnodinium* sp. (Type-'65), a red tide dinoflagellate, expected under culture conditions. Bull. Plankton Soc. Japan, **30**, 139-146.
- PROVASOLI, L. (1963): Growing marine seaweeds. In D. DEVIRVILLE and J. FELDMANN (ed.), Proc. Int. Seaweed Symp., **4**, 9-17, Pergamon Press, Oxford.
- PROVASOLI, L., J.J.A. MCLAUGHLIN and M.R. DROOP (1957): The development of artificial media for marine algae. Arch. Microbiol., **25**, 392-428.
- SPECTOR, D.L. (1984): Dinoflagellates. Academic Press, London. 545 pp.
- TAKAYAMA, H. and R. ADACHI (1984): *Gymnodinium nagasakiense*, sp. nov., a red-tide forming dinophyte in the adjacent waters of Japan. Bull. Plankton Soc. Japan, **31**, 7-14.
- TAYLER, D.L. and H.H. SELIGER (1979): Toxic Dinoflagellate Blooms. Elsevier/North Holland, New York. 505 pp.
- WESTLAKE, D.F. (1965): Some problems in the measurement of radiation under water: a review. Photochem. Photobiol., **4**, 849-868.
- WILSON, W.B. and A. COLLIER (1955): Preliminary notes on the culturing of *Gymnodinium brevis* DAVIS. Science, **121**, 394-395.

赤潮形成渦鞭毛虫類 *Gymnodinium nagasakiense* とその培養液

中野喜央・安達六郎・広岡慎介・富永裕之

要旨: 近年, 西日本各地においては *Gymnodinium nagasakiense* の赤潮が発生し, 水産上の被害が起こっている。本種の生物学的研究には適正な生育条件を満たす培養液が必要である。このために本報では2系列の7培養液(人工海水系—ASP<sub>2</sub>, ASP<sub>2</sub>-NTA, ASP<sub>6</sub>, ASP<sub>12</sub>-NTA, 及び自然海水系—Wilson-Collier, SW II, f/2-Si)について検討した。培養液の評価にあたっては高増殖性, 定常期の安定性, 種の基本形態の出現の3点を重視した。イ) 高増殖性についてはWilson-Collier (増殖率 0.63/day, 以下同様), ASP<sub>2</sub>-NTA (0.47/day) および SW II (0.33/day) の3者が優れており, 最大密度が  $5 \times 10^8$  cells/ml 以上に達したのは Wilson-Collier 及び SW II の2培養液であった。ロ) 定常期は SW II では短く, 以後急速に減少するが, Wilson-Collier では長く, 以後8週間目においても高密度で残存し, 安定性があった。ハ) 基本形態の出現に関しては SW II より Wilson-Collier の方が優れ, 高比率で安定した出現が得られた。以上の結果から *Gymnodinium nagasakiense* の培養には Wilson-Collier が最も適正な培養液であると推察された。

## イセエビ礁の生物学的有効空間\*

陳 賽斌\*\*・渡邊精一\*\*・小池康之\*\*\*・高木和徳\*\*

### Biologically effective space in the artificial reef for the spiny lobster\*

CHEN Sai-bin\*\*, Seiichi WATANABE\*\*, Yasuyuki KOIKE\*\*\*  
and Kazunori TAKAGI\*\*

**Abstract:** For the purpose of improving an effective plan of the artificial reef made importantly for the spiny lobster's habitat, biological factors of the space of such a reef is preliminarily analysed by means of selection experiments for live animals of 45.0-59.5 mm in carapace length in an indoor tank of one-ton capacity. An apparent tendency is recognized in both frontage and height among space factors, but not necessarily in depth. The meaning of the experiments is discussed from the biological viewpoint.

#### 1. 序 論

イセエビ *Panulirus japonicus* は、日本の重用十脚甲殻類資源の一つ (TAKAGI, 1978) である。その漁業生産量が全国的な衰微傾向 (TAKAGI, 1978, Fig. 2) を示すに至って、この資源の増殖方策の樹立に大きな関心が寄せられている。水産資源の増殖方策の一つとして、とくに副漁具としての機能が期待されている人工魚礁 (築磯) の適用が課題となったのは、近年のこと (柿元, 大久保, 1985: 2) といつてよいが、人工魚礁を利用する漁業での主な対象魚種は従来浮魚に限られる傾向があった。しかし、イセエビがその接触走性によって、岩礁域 (磯根) で特定の凹所、いわゆる「たな」を棲所としていることから、類似の構造体としての人工魚礁が集魚効果を挙げやすいこと (野中, 1983: 310) は容易に推察できる。しかも、このような棲所が少なくとも漁獲対象群としての資源の漁場内での大きさを規定するものであれ

ば、棲所の増大は集魚というよりも分布密度の向上という意味で、資源の増殖を促すものとみなされる。

このような観点に立つと、人工魚礁策定の具体化はイセエビ資源増殖上の急務といえる。この場合、魚礁単体の基本構造の解明が先決問題となることはいうまでもない。一般に人工魚礁単体の形態構造を生物学的に論ずることは、「生物学的有効空間の問題」 (小川, 1976: 21) であり、「対象とする魚体の大きさ」 (黒木, 1976: 5) との関連性を明らかにして初めて満足すべき解答がえられると指摘されてきた。しかし、人工魚礁が構造上基本的に具えるべき有効空間についての研究は事実上必ずしも重視されているとはいえない嫌 (小川ら, 1980: 142) がある。このことはイセエビ礁についても例外ではない。

本研究では、水槽実験によって、イセエビ礁で適用されるべき基本構造に対するイセエビの行動を魚礁単体モデルによって観察し、この魚礁の有効空間について二三の新知見をえたので、その概要を報告する。

本論に入るに先立ち、この研究に終始協力された石井信之、富川なす美、中野 浩の三氏に、またこの研究の実施を援助して下さった東京水産大学坂田実験実習場技官故高野敏男、益子政和、石川尚仙の三氏に深謝する。

#### 2. 材料及び研究方法

観察実験の素材は、千葉県館山市相浜漁業協同組合 (組合長 長谷川清太郎氏) に委託集荷したイセエビ 143

\* 1986年11月20日受理 Received November 20, 1986  
本報の一部は昭和61年6月19日第5回水産工学研究推進全国会議水産土木分科会において発表した。研究費の一部は文部省の昭和60年度特定研究費 (課題「館山湾における資源増殖に関する研究」) による。

\*\* 東京水産大学資源育成学科, 〒108 東京都港区港南4-5-7 Tokyo University of Fisheries, Konan 4, Minato-ku, Tokyo, 108 Japan

\*\*\* 東京水産大学坂田実験実習場, 〒294-03 千葉県館山市坂田宮城 Banda Marine Station, Tokyo University of Fisheries, Banda, Tateyama, Chiba Pref., 294-03 Japan

個体である。実験は館山市東京水産大学坂田実験実習場構内の屋内水槽で、1985年7月13-16日の間に行った。素材はすべて実験場への受入れ日(1985年6月30日)か

ら実験供用日まで場内の開放水系屋外水槽で蓄養された。実験中は無給餌である。

実験に用いられたイセエビは、素材の中から常態と認められ、選ばれた雌雄総計27個体で、その体形(Table 1)は、頭胸甲長で45.0-59.5 mm(平均52.5 mm)、体重で53.7-110.0 g(平均84.8 g)である。これらを3

Table 1. Body size of 27 specimens for experiments in 7 categories. BW, body weight in g; CL, carapace length in mm, Exp, category of experiments, represented by double code: A-1 to B-2 (b), except of Control. Double code corresponds to subtitle code in the text.

No	CL	BW	Exp	No	CL	BW	Exp
1	49.4	88.0	A-1	16	50.0	71.0	B-2 (b)
2	46.7	76.0	A-2	17	50.0	69.0	B-2 (b)
3	55.0	94.9	A-3	18	52.5	83.0	B-2 (b)
4	50.6	76.0	B-1	19	50.0	74.0	B-2 (b)
5	55.0	87.0	B-1	20	58.0	104.0	B-2 (b)
6	53.5	82.4	B-1	21	52.5	85.0	B-2 (b)
7	52.0	92.5	B-1	22	53.0	90.0	Control
8	54.5	98.0	B-1	23	59.0	106.0	Control
9	53.7	85.0	B-1	24	49.0	76.0	Control
10	53.5	81.8	B-2 (a)	25	50.0	72.0	Control
11	55.1	96.0	B-2 (a)	26	59.5	110.0	Control
12	56.8	97.2	B-2 (a)	27	48.0	72.0	Control
13	45.0	53.7	B-2 (a)	.....	.....	.....	.....
14	57.0	99.3	B-2 (a)	$\bar{x}$	52.5	84.8	
15	49.0	70.0	B-2 (a)	$\sigma$	3.71	13.36	

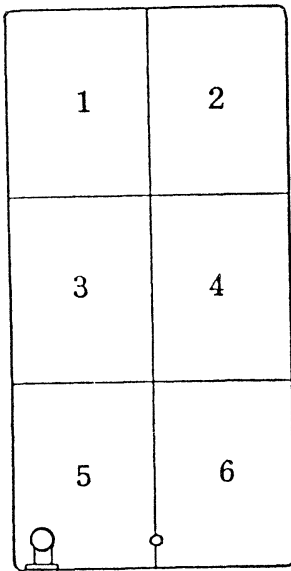


Fig. 1. Areal divisions (Areas 1-6) settled on the bottom (176.8×87.2 cm) of an experimental tank. Main drainage tube penetrates a corner side in Area 5, and the sub-tube does the bottom at an end part of the medial line running through between Areas 5 and 6.

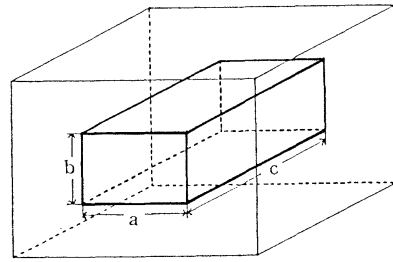


Fig. 2. Diagrammatical open space (bold line) in the model reef (thin line). a, frontage; b, height; c, depth. Open space is a representative of the habitat of the animal in the natural reef.

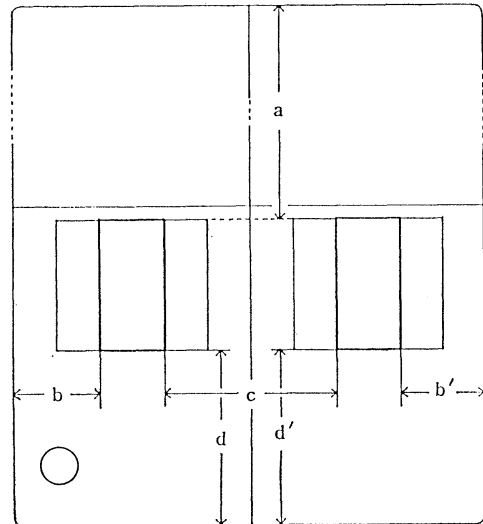


Fig. 3. Diagrammatical disposition (bird's-eye view) of the model reefs in Areas 5 (left square) and 6 (right square). Bold line, contour of the open space. a, d, d', distance along the medial line of the experimental tank (cf. Fig. 1), from each mouth of the open space to their facing side of the tank; b, b', distance from outer side of the open space to the nearest side of the tank; c, distance between inner sides of open space in double-settled model reefs. Circle (in Area 5), horizontal section of the main drainage tube at the level of drainage.



回の単体実験と4回の群実験とに適用した。後者の内1回は対照実験である。

使用した水槽は、FRP製薄青色角形1トン槽(仕様、180×91×70 cm; 実験時水深、53.5 cm)である。この水槽の底面(176.8×87.2 cm)に等分割した6分布区(Fig. 1)を設定し、供試エビの分布観察に適用した。

この水槽には開放水系が適用されている。注水系は1管で、1, 2両区の境界域で水中に注ぐ。排水系は大小2管で、6区隅角部底面近くの側面に開く主管と、5-6区境界域の側面近くの底面に開く副管とである。主管は長さ59 cm, 外径8.3 cmの水量調節器を兼ねた構造で、可動式であり、副管は長さ54.5 cm, 外径3.0 cmの構造で、底面から直立するように固定されている。流量はおよそ200 ml/sである。

本研究で適用した魚礁モデル構造体は、既製の煉瓦(10×21.5×6 cm大)を積み上げて、前後に通じる立方体形の開放孔一つを構成するものとし、この開放孔の大きさ(Fig. 2)を変化させた。煉瓦だけで構成できない大きさの開放孔の場合は、天井部分に黒色塩化ビニール網板(「タキロンネット」)を補強材として使った。モデル構造体の構成の詳細は各実験(結果の項を参照)ごとに述べる。

各実験を通じて礁モデル構造体は5-6区内に3-4区との境界に接するように設置した。ここではすべての実験を2構造体についての比較試験とした。その配置(Fig. 3)は水槽底面における内壁から開放孔まで、および開放孔間の定距離で表わす。この距離は開口部についての最短距離である。なお開放孔と底面との最短距離は常に6 cmである。

主な試験環境は次のとおりである。水温は実験期間中22.0-22.6°Cである。上述のように、この実験は開放水系下で行なわれているが、現場観測地点での外海水温は22.2-23.7°Cである。同地点での塩分Sは34.9‰程度である。この実験では照度条件を一定にするために、イセエビの夜行性(久保, 1953, 1962)を考慮して、常時黒色ビニール被膜で水槽内を遮光した。

最後に供試エビの分布観察方法について述べる。供試エビの水槽内への投入は、エビの水槽への馴致を目的として、7月13日では実験開始の約2時間前に、7月14日以降では当日の11時頃(約7時間前)に終えた。投入に当たっては、当初エビが1-2区側に分布するように心掛けた。分布観察の時間と頻度とは、エビの活動期の双峰性を考慮して、実験開始日の日入時刻前(18:00-18:30の間)から翌日の日出時刻後(05:30-06:00の間)まで

の約11時間30分の間で、15-20分間隔の14回とした。エビの分布状態を確認するには、1-2区側と5-6区側の2箇所から、一つずつの懐中電灯(約4w)によって槽内を照らし、観察終了をもって原状に復した。観察1回当たりの所要時間は普通30秒前後であり、例外的な2, 3回の観察でも長くとも60秒を超したことはない。

### 3. 結果

#### A 単体実験

##### (1) 開放孔の幅についての比較試験

適用した構造体(Table 2)の開放孔の幅は広いもの(モデルa)が15 cm, 狭いもの(モデルb)が6 cmである。前者の幅は後者のその2.5倍である。配置はモデルaを5区内に、モデルbを6区内とし、配置距離はTable 3のとおりである。供試エビの大きさ(Table 1)は、頭胸甲長が49.4 mm, 体重が88.0 gである。

実験期間(Table 4)は7月13日16:30頃から7月14日06:05までである。エビの分布は観察開始直後から5区に集中している。しかも14回の観察中11回(78.6%)で広幅開放孔(5区)内の分布が認められ、狭幅開放孔への関心がそれほどないように見受けられることが、ここで特記される。

Table 2. Specification (in cm and ml) of model reefs (a and b) applied to Experiment A-1 (cf. Table 1).

Item	a	b
Reef proper		
Width	33	30
Height	22	22
Depth	21.5	21.5
Open space		
Frontage	15	6
Height	10	10
Depth	21.5	21.5
Volume	3225	1290

Table 3. Disposition (in cm; cf. Fig. 3) of the model reefs applied to Experiment A-1 (cf. Table 1).

Item	Distance
a	130
b	8
b'	14
c	44
d	25
d'	25

Table 4. Progress note on the animal distribution by area in the tank during the execution of Experiment A-1. cf. Tables 2 and 3.

Date	Area No	Remarks
7/13(16:30)	1-2	release of the animal in the areas
18:35	5	observation started in; in the open space of model a
18:50	5	in the open space of model a; sunset at 18:58
19:05	5	in the open space of model a
19:20	5	in the open space of model a
19:35	5	in the open space of model a
19:50	5	in the open space of model a
20:05	5	in the open space of model a; observation interrupted
7/14 04:05	5	at the corner area, behind the main drainage tube
04:25	5	in the open space of model a; sunrise at 04:36
04:45	5	at the corner area
05:05	5	in the open space of model a
05:25	5	in the open space of model a
05:45	5	in the open space of model a
06:05	5	at the corner area; observation closed

### (2) 開放孔の高さについての比較試験

適用した構造体 (Table 5) で開放孔の高さは、高いもの (モデル a) が 18 cm, 低いもの (モデル b) が 6 cm である。モデル a での高さはモデル b でのその 3 倍である。配置はモデル a を 5 区内に、モデル b を 6 区内とし、配置距離は Table 6 のとおりである。供試エビの大きさ (Table 1) は、頭胸甲長が 46.7 mm, 体重が 76.0 g である。

実験期間 (Table 7) は 7 月 13 日 16:30 頃から 7 月 14 日 06:00 までである。エビの分布は観察開始後まもなく 5 区に集中する傾向が強い。中間期 (20:00-04:20) での移動が認められるものの、とくに後半期 (04:00 以後) に入ると、高いモデル a への強い関心が明らかで、末期 2 回の観察でエビが開放孔内に安定しているように見えることは興味深い。

### (3) 開放孔の奥行についての比較試験

適用した構造体 (Table 8) で開放孔の奥行は、浅いもの (モデル a) で 21.5 cm, 深いもの (モデル b) で 43 cm である。後者の奥行は前者のその 2 倍である。配置はモデル a を 5 区側、モデル b を 6 区側とし、配置距離は Table 9 に示すとおりである。両モデルはその一部がわずかに 3-4 区に属するが、それは分布の観察上

Table 5. Specification (in cm and ml) of model reefs (a and b) applied to Experiment A-2 (cf. Table 1).

Item	a	b
Reef proper		
Width	30	30
Height	30	18
Depth	21.5	21.5
Open space		
Frontage	10	10
Height	18	6
Depth	21.5	21.5
Volume	3870	1290

Table 6. Disposition (in cm; cf. Fig. 3) of the model reefs applied to Experiment A-2 (cf. Table 1).

Item	Distance
a	137
b	12
b'	12
c	43
d	17
d'	17

Table 7. Progress note on the animal distribution by area in the tank during the execution of Experiment A-2. cf. Tables 5 and 6.

Date	Area No	Remarks
7/13(16:30)	1-2	release of the animal in the areas
18:30	1	observation started in
18:45	5	close to the main drainage tube; sunset at 18:58
19:00	5	close to the main drainage tube
19:15	5	at the corner area, behind the main drainage tube
19:30	5	at the corner area, behind the main drainage tube
19:45	5	at the corner area, behind the main drainage tube
20:00	3	observation interrupted
7/14 04:00	5	on the outer part of model a
04:20	2	sunrise at 04:36
04:40	5	on the outer part of model a
05:00	5	on the outer part of model a
05:20	5	on the outer part of model a
05:40	5	in the open space of model a
06:00	5	in the open space of model a; observation closed

Table 8. Specification (in cm and ml) of model reefs (a and b) applied to Experiment A-3 (cf. Table 1).

Item	a	b
Reef proper		
Width	20	20
Height	22	22
Depth	21.5	43
Open space		
Frontage	8	8
Height	10	10
Depth	21.5	43
Volume	1720	3440

Table 9. Disposition (in cm; cf. Fig. 3) of the model reefs applied to Experiment A-3 (cf. Table 1).

Item	Distance
a	130
b	8
b'	14
c	44
d	25
d'	25

Table 10. Progress note on the animal distribution by area in the tank during the execution of Experiment A-3. cf. Tables 6 and 7.

Date	Area No	Remarks
7/13(11:00)	1-2	release of the animal in the areas
18:00	5	observation started in; on the outer part of model a
18:20	5	in the open space of model a
18:40	6	on the outer part of model b; sunset at 18:58
19:00	5	
19:20	6	
19:40	5	
20:00	6	observation interrupted
7/15 03:30	5	at the corner area
03:50	5	at the corner area
04:10	6	in the open space of model b
04:30	5	on the outer part of model a; sunrise at 04:36
04:50	5	in the open space of model a
05:10	5	in the open space of model a
05:30	6	observation closed

無視できるものとした。供試エビの大きさ (Table 1) は頭胸甲長 55.0 mm, 体重 94.9 g である。

実験期間 (Table 10) は7月14日 11:00 頃から7月15日 05:30 までである。エビの分布は観察直後 (18:00) から排水系のある5-6区に限られているものの、そこでの分布は必ずしも一方に限定されず、5区内で優勢 (14回のうち9回, 64.3%) な中で6区内でも5回 (35.7%) 分布している。両モデルへのエビの関心についてみると、前記二つの実験の場合と同じように5区のモデル a (奥行の浅いもの) への強さ (5回, 開放孔内分布3回を含む) が示されている一方で、6区のモデル b (奥行の深いもの) への関心 (2回) も、開放孔内部での分布1回を含むことを考慮に入れば、必ずしも著しく弱いとはいえない。

#### B 群実験

単体実験で得られた結果にもとづき、次のような計画に従って、供試エビ6個体による群実験を行った。(i) 幅の比較試験では適用する幅をいくらか広げた。(ii) 高さの場合は、とくに水槽条件による分布の偏り (とくに対照実験の項を参照) を考慮して、モデルの位置を左右交換した二通りの比較を実施した。(iii) 群実験ではモデル構造体を左右隣接させた。配置の実測値は各実験ごとに述べる。(iv) この実験では事情により奥行比較試験は省略された。(v) 別に水槽特性による分布の偏りをするための対照実験を加えた。

#### (1) 開放孔の幅についての比較試験

適用した構造体 (Table 11) の開放孔の幅は、狭いもの (モデル a) で 17 cm, 広いもの (モデル b) で 34 cm である。後者の幅は前者のその2倍である。配置は、モデル a を5区側, モデル b を6区側とし、配置距離は Table 12 に示すとおりである。供試エビの大きさ (Table 1) は、頭胸甲長で 50.6-55.0 mm (平均 53.2 mm), 体重で 76.0-98.0 g (平均 86.8 g) である。

実験期間 (Table 13) は7月15日 11:00 頃から7月16日 05:30 までである。供試エビ群の分布は、時間の経過とともに5-6区内に集まる傾向を強めるものの、両区への集中度は観察開始当初 (18:20) から常に高い。ここでモデル b を配置上6区に属するものとするれば、延べ個体数で5区に48個体, 6区に27個体となる。何れにせよ、5区隅角部への集中 (延べ27個体) が著しい。

モデルへのエビの関心度 (延べ16個体) も低いとはいえない。狭い開放孔 (モデル a) 内に延べ7個体, 広い開放孔 (モデル b) 内に延べ6個体が観察され、さらにモデル b では他に構造体上に延べ3個体が加えられる。モ

Table 11. Specification (in cm and m<sup>3</sup>) of model reefs (a and b) applied to Experiment B-1 (cf. Table 1).

Item	a	b
Reef proper		
Width	70	70
Height	16	16
Depth <sup>1</sup>	21.5	21.5
Open space		
Frontage	17	34
Height	10	10
Depth	21.5	21.5
Volume	3655	7310

Table 12. Disposition (in cm; cf. Fig. 3) of the model reefs applied to Experiment B-1 (cf. Table 1).

Item	Distance
a	110
b	8
b'	9
c	6
d	45
d'	45

Table 13. Progress note on the distribution (number of individuals by area) of an animal group in the tank during the execution of Experiment B-1. In Columns 5a and 6b, distribution inside the open space of the respective model reefs, unless otherwise stated. \*, animal(s) at the corner area, behind the main drainage tube, in parentheses; \*\*, animal(s) on the outer part of the model reef, in parentheses. cf. Tables 11 and 12.

Date	Area No									Remarks
	1	2	3	4	5	5a	6	6b		
7/15 (11:00)	(6)									release of animals in the areas
18:00		1	2		1	1		1	observation started in	
18:20					2	2	2			
18:40			1	1	2(1)*	1	1		sunset at 18:57	
19:00					3(3)		2	1(1)**		
19:20					1(1)	1	2	2		
19:40				2	1(1)	1	1	1		
20:00					3(1)		3		observation interrupted	
7/16 03:30					3(3)		2	1(1)		
03:50					5(5)		1			
04:10					3	1	2			
04:30					3(3)		2	1	sunrise at 04:37	
04:50			1		5					
05:10					4(4)			2(1)		
05:30				1	5(5)				observation closed	
Total	0	1	4	4	41(27)	7	18	9(3)		

デル内に認められたエビの個体数はどちらの場合も 1-2 で、広さによる違いは認められない。ただし、開放孔内で観察された時間帯についてみると、どの場合も観察初期からの分布が認められてはいるが、狭い開放孔 (5区) では 04:00まで、広い孔(6区) では 05:10までである。

#### (2) 開放孔の高さについての比較試験 (a)

適用した構造体 (Table 14) の開放孔の高さは、低いもの (モデル a) で 10 cm, 高いもの (モデル b) で 30 cm で、両者の高さの比は 1:3 である。配置はモデル a を 5 区側, モデル b を 6 区側とし、配置距離は Table 15

に示すとおりである。供試エビ群の大きさ (Table 1) は、頭胸甲長で 45.0-57.0 mm (平均 52.7 mm), 体重で 53.7-99.3 g (平均 83.0 g) である。

実験期間 (Table 16) は 7月14日11:00頃から7月16日 05:35までである。供試エビ群の分布は時間の経過とともに 5-6 区に集まる傾向を強めているが、両区への集中度は観察開始直後 (18:05) からかなり高い。これら 2 区分の間では、使用した水槽に特徴的な隅角部分布で表わされる 5 区への集中分布が著しい。

モデルへのエビの関心 (延べ27個体) もかなり高い。低

い開放孔 (モデル a) 内に延べ12個体, 高い開放孔 (モデル b) 内に延べ15個体が認められるが, この違いは高さないし容積の違いによるものとは必ずしもいえない。開放孔内に認められたエビの個体数についてみると, どちらの場合も 1-2 であるが, 事実上高いモデルに多く入るようである。すなわち, モデル a の孔内分布が10回見られたうち, 2個体分布は2回であるのに対して, モデル b の孔内分布の場合には10回に対して5回である。一方, 高い開放孔 (6区) から低いもの (5区) への移行傾向も僅かながら認めてよいように見える。とくに孔内2個体分布についてみると, 観察期間の前半にはモデル b 孔内分布が著しいのに対して, 後半ではモデル a 孔内

分布が目立つ。

### (3) 開放孔の高さについての比較試験 (b)

前項の実験計画との主な違いはモデル構造体の位置を左右逆転させたことである。配置距離は Table 15 に示すとおりである。供試エビ群の大きさ (Table 1) は, 頭胸甲長で 50.0-58.0 mm (平均 52.2 mm), 体重で 69.0-104.0 g (平均 81.0 g) である。

実験期間 (Table 17) は, 7月15日 11:00 頃から7月16日 05:35 までである。供試エビ群の分布は全体として 5-6 両区への集中度の低い点, 今回の他の実験と比べて特徴的である。14回の観察を通じて1-2区に延べ9個体, 3-4区に延べ12個体が認められた。1-4区内に半数

Table 14. Specification (in cm and ml) of model reefs (a and b) applied to Experiment B-2 (a, b) (cf. Table 1).

Item	a	b
Reef proper		
Width	23	20
Height	22	42
Depth	21.5	21.5
Open space		
Frontage	11	8
Height	10	30
Depth	21.5	21.5
Volume	2365	5160

Table 15. Disposition (in cm; cf. Fig. 3) of the model reefs applied to Experiment B-2 (a, b) (cf. Table 1).

Exp B-2		Distance
a	b	
a	a	123
b	b'	27
b'	b	29
c	c	12
d	d'	32
d'	d	32

Table 16. Progress note on the distribution (number of individuals by area) of an animal group in the tank during the execution of Experiment B-2 (a). In Columns 5a and 6b, distribution inside the open space of the respective model reefs. cf. Tables 13, 14 and 15.

Date	Area No								Remarks
	1	2	3	4	5	5a	6	6b	
7/14 (11:00)	(6)								release of animals in the areas
18:05	1		1		2		1	1	observation started in
18:25					2(2)		2	2	
18:45	1				3(3)			2	sunset at 18:58
19:05		2			4(4)				
19:25					2(1)	1	3		
19:45		1	1	1	1	1		1	
20:05	1			1		1	1	2	observation interrupted
7/15 03:35					3(3)	1		2	
03:55	1				1	2	2		
04:15					1	1	2	2	
04:35					3	1	1	1	sunrise at 04:36
04:55					2	1	2	1	
05:15					3	1	1	1	
05:35					4(3)	2			observation closed
Total	4	3	2	2	31(16)	12	15	15	

Table 17. Progress note on the distribution (number of individuals by area) of an animal group in the tank during the execution of Experiment B-2 (b). In Columns 5a and 6b, distribution inside the open space of the respective model reefs. cf. Tables 13, 14 and 15.

Date	Area No								Remarks
	1	2	3	4	5	5b	6	6a	
7/15 (11:00)	(6)								release of animals in the areas
18:05	1	1			1	1	1	1	observation started in
18:25					3(1)	1	2		
18:45					4(3)	1	1		sunset at 18:57
19:05	1		3		2(1)				
19:25	1				4(4)		1		
19:45	1	1			1(1)		3		
20:05		2	1				3		observation interrupted
7/16 03:35				3			3		
03:55				1	2(2)		3		
04:15				2	1	1	2		
04:35					2	1	3		sunrise at 04:37
04:55					3		3		
05:15			1		3	1		1	
05:35		1		1	1		3		observation closed
Total	4	5	5	7	27(12)	6	28	2	

Table 18. Progress note on the distribution (number of individuals by area) of an animal group in the tank during the execution of control experiment. cf. Tables 1 and 13.

Date	Area No						Remarks
	1	2	3	4	5	6	
7/15 (11:00)	(6)						release of animals in the areas
18:10					6(6)		observation started in
18:30				1	4(4)	1	
18:50			2		4(4)		sunset at 18:57
19:10		1			5(5)		
19:30					6(6)		
19:50	1				5		
20:10		1			3	2	observation interrupted
7/16 03:40					6(6)		
04:00					5(5)	1	
05:20					6(6)		
04:40					5	1	sunrise at 04:37
05:00					6(6)		
05:20					5	1	
05:40					3	2	observation closed
Total	1	3	2	1	69(48)	8	

以上の分布が認められたのは、観察14回中3回(21.4%)である。いずれにしても、全体として5-6区への高い集中傾向が認められる点では、他の実験の場合と同じである。これら2分布区の間では著しい偏りの傾向は認められない。5区に延べ33個体に対して、6区に延べ30個体である。

開放孔へのエビの関心度が他の場合と比べて低い(2孔を通じて延べ8個体)のも、この試験のもう一つの特徴といえる。また、他の場合5-6の両区間に分布上の著しい偏りが認められないのに対して、この場合明らかな偏りの認められることも特記される。すなわち、高い開放孔(モデルb)内に延べ6個体に対して、低い孔(モ

Table 19. Attractivity (total number of the animal(s) occupied the inside of open space) of open spaces of the model reefs on selection experiments (Exp), except of figures following the symbol +, which are the total number of the animal(s) observed on the outer part of model reefs. Difference, between Areas 5 and 6, respectively.

Exp	Area No 5	No 6	Difference of selected open space
A-1	11	0	Frontage: 15 cm: 6 cm
A-2	2+4	0	Height: 18 cm: 6 cm
A-3	3+2	1+1	Depth: 21.5 cm: 43 cm
B-1	7	9+3	Frontage: 17 cm: 34 cm
B-2(a)	12	15	Height: 10 cm: 30 cm
B-2(b)	6	2	Height: 30 cm: 10 cm

デル a) 内に延べ 2 個体である。高い方により多くの分布が認められる点では前記の試験 B-2(a) の場合と同じである。

#### C 対照実験

実験水槽の特性による供試エビの分布の偏りを明らかにするための対照実験である。エビの大きさ (Table 1) は、頭胸甲長で 48.0-59.5 mm (平均 53.1 mm)、体重で 72-110 g (平均 87.7 g) である。

実験期間 (Table 18) は 7 月 15 日 11:00 頃から 7 月 16 日 05:40 までである。供試エビ群の分布は、観察開始直後から 5 区 (観察 14 回延べ 69 個体) に集中し、6 区 (6 回延べ 8 個体) をはじめ、3-4 区 (2 回延べ 3 個体) および 1-2 区 (3 回延べ 3 個体) と比べて著しく卓越している。しかも、5 区では隅角部への集中傾向 (19 回中 9 回延べ 48 個体) が明らかである。

#### 4. 論 議

本研究で試みられたいくつかの実験は予備的な性格の強いものではあるが、それでもイセエビの礁モデル構造体に対する特徴的な反応を認めることができるように思われる。

本研究で適用された実験水槽は、対照実験 (Table 18) で明らかなように、主排水管のある 5 区隅角部にエビに対する強い誘引性を具えている。しかし、一方で単体実験と群実験とを通じて、モデル構造体へのエビの積極的ともいえる反応が認められている。とくに、モデル配置の逆転試験 B-2 (a, b) は (Tables 16, 17)、この隅角部要因のほか開放孔の空間要因にも強い誘引性のあることを示唆しているはずである。このことは、もしそれがエビの好適条件に副うものであれば、モデル構造体は

Table 20. Total number (Total) per time zone of the animals occupied inside the open space in the 3 group experiments of B series (cf. Table 1). \*, time zone including the time of sunset or sunrise; No Exp, frequency of related experiments.

Time zone (Hour)	No Exp (a)	Total (b)	Ind/Exp (b/a)
18-19*	3	14	4.7
19-20	3	9	3.0
20-21	1	3	3.0
03-04	2	6	3.0
04-05*	3	11	3.7
05-06	2	8	4.0

隅角部の強い誘引性に少なくとも匹敵するものを具えていることを意味している。いずれにせよ、5 区隅角部へのエビの強い反応は、事实上、礁モデル構造体へのエビの反応の正当な評価を難しくしている。この点は今後の研究に残された大きな問題の一つである。

本研究の主眼である開放孔の大きさの問題についてみると、今回の比較試験に関するかぎり、奥行の場合を除き、幅でも高さでも大きい方に、すなわち、容積の大きい方に多くエビが誘引される明らかな傾向 (Table 19) が認められる。すでに述べたように、群実験でも 1 回の観察当りの開放孔内の分布は 1-2 個体に止まっているので、このことは上記の傾向を認めることと矛盾しない。ここで奥行の場合の例外的な結果が注目される。

本研究での観察では、すでに述べたように、開放孔の奥行については単体実験 1 回に止まり、群実験は行なわれていない。しかも、この 1 回の実験でみるかぎり、それは他の 5 回の比較試験結果とは傾向を異にしている。すなわち、二つのモデル構造体の間に特記すべき差異は認められないし (Table 10)、開放孔内分布ではむしろ他の場合とは逆の傾向さえ認められる。このことに関連して、「たな」の選択に当たってのエビの第 2 触角の役割に、従来関心の寄せられているのが想起される。仮にこの 1 回の実験結果が偶発的なものでないとするれば、第 2 触角の機能との係わりが乏しいという理由で、有効空間要素としての奥行の評価は、幅や高さよりも低い可能性がある。この点も今後の興味ある問題点の一つである。

開放孔内分布に関連して、次に特記されるのは、孔内分布数の経時変動である。3 回の群実験を通じて、18 時から翌日 6 時まで 1 時間刻みの時間帯ごとに、平均延べ個体数によってこの分布数変動 (Table 20) をみると、3.0 から 4.7 までの範囲で変化している。このことは、

供試エビ6個体で実施された群実験で、半数以上のエビが常に孔内にあることを示して興味深い。このような幅で変動する間に、3.0で代表される少ない分布は、観察中断期を挟む実験中期に、それに対してそれよりも多い分布はその前後、とくに初期に見られる。

この結果は、何よりもまず開放孔の設置効果のかなり高いことを意味しているはずで、従ってイセエビ礁の有効性を示す論拠の一つとみなせよう。次にここで指摘されるのは、イセエビの活動性との関係である。もしも開放孔内分布がエビの活動の停滞期(エビの安定期)を、また孔外分布がエビの活動の活発期(エビの索餌期)を意味するものとすれば、今回の群実験に関するかぎり、18-19時間帯が安定期、19-04時間帯が索餌期、そして04-06時間帯が再び安定期となる。

既往の知見(久保, 1962)によれば、千葉県小湊産イセエビ資源の単位罹網数から、この夜行性生物資源の活動には、明瞭な双峯性が認められる。夏期(5-9月)の実験によって、その第1活動期は日入直前の18-20時に顕著で、第2活動期は日出直前の02-04時に現われ、両活動期を比べると、前者よりも後者の峯の現われ方が弱いとみられる。今回の結果(Table 20)は、上述のように、久保(1962)のいう第1活動期の始まりとの間に1時間帯の遅れが認められる点を除けば、この従来の知見とよく整合している。このことは、今回の観察結果の妥当性の高さの反映ともみられる点で、興味ある事実である。

## 5. 結 論

a. イセエビ礁の有効空間について、予備的なものとはいえ、ある程度信頼できる新知見が得られた。

b. この比較実験に関するかぎり、供試エビのモデル礁構造体への分布からみると、容積の大きい開放孔、と

くに幅がより広いが、高さがより高い方へのエビの依存反応が強い。

c. 礁モデル構造体内の開放孔への依存度は、3回の群実験を通じて、単位時間帯ごとの平均で常に半数(3個体)以上のエビが孔内を占有していることからみて、かなり高いといえる。

d. イセエビの日周活動にみられる双峯性に関連して、この観察実験そのものの妥当性の高さを反映しているとみられる結果がえられた。

## 文 献

- 柿元 皓・大久保久直(1985): 新潟県沿岸域における人工魚礁の総合的研究. p. 1-224. 新潟県沿岸域における人工魚礁の総合的研究と事業. 新潟, 新潟県水産試験場.
- 久保伊津男(1953): イセエビの罹網時刻. 東京, 水産増殖, **1**, 30-32.
- 久保伊津男(1962): イセエビの漁獲の時間的变化にみられる双峯性について, 日本水産学会誌, **28**, 322-325.
- 黒木敏郎(1976): 魚礁の形と棲所. p. 5. 魚礁総合研究会(編), 人工魚礁の理論と実際(Ⅱ)実際篇, 水産増養殖叢書27. 東京, 日本水産資源保護協会.
- 野中 忠(1983): イセエビ資源の性状とその増殖手段. p. 304-311. 大島泰雄外(編), 最新版つくる漁業. 東京, 資源協会.
- 小川良徳(1976): 魚礁の形態とい集行動. p. 21-23. 魚礁総合研究会(編), 人工魚礁の理論と実際(Ⅰ)基礎篇, 水産増養殖叢書26. 東京, 日本水産資源保護協会.
- 小川良徳・佐藤 修・中村 充(1980): 人工魚礁. p. 137-151. 中村 充外(編), 水産土木ハンドブック. 東京, 緑書房.
- TAKAGI, K. (1978): Distribution of the Japanese spiny lobster population with special reference to catch statistics in section. La mer, Tokyo, **16**, 36-43.

## Espace effectif, au point de vue biologique, d'un récif artificiel particulièrement adapté aux langoustes

CHEN Sai-bin, Seiichi WATANABE, Yasuyuki KOIKE et Kazunori TAKAGI

**Résumé:** Dans le but d'améliorer l'efficacité d'un modèle de récif artificiel plus particulièrement adapté aux langoustes, les facteurs biologiques concernant l'espace utilisable par les animaux vivants dans le récif sont préalablement analysés au laboratoire au moyen d'expériences de sélection sur des animaux vivants de 45,0-59,5 mm de longueur céphalothoracique dans un bac d'une tonne. Deux facteurs, la largeur et la hauteur des abris ont apparemment une influence, ce qui n'est pas le cas de la profondeur. La signification des expériences est aussi commenté au point de vue biologique.



## オニテナガエビ *Macrobrachium rosenbergi* (De Man) 幼生の摂餌に及ぼす餌料密度及び飼育密度の影響\*

林 小 濤\*\*・宇 野 寛\*\*\*

### The experimental ecology on the feeding of *Macrobrachium rosenbergi* larvae in the laboratory\*

Xiao-tao Lin\*\* and Yutaka UNO\*\*\*

**Abstract:** The nutrition of larvae of *Macrobrachium rosenbergi* (De Man) is experimentally studied in the laboratory. Relationships between density(p) of food (*Artemia nauplii*) and ration(r) ingested by zoal larvae of the shrimp can be illustrated by Ivlev's formula. Based on experiments, the following equations are given:

$$\begin{aligned} r &= 16.55 (1 - e^{-0.2757 p}), \\ r &= 27.27 (1 - e^{-0.3161 p}), \text{ and} \\ r &= 51.22 (1 - e^{-0.6099 p}) \end{aligned}$$

for the 4th, 6th and 9th zoeae, respectively. It seems that the influence of food density on the ration diminishes with the size of zoea, and that the influence of population density increases with the larval growth.

#### 1. 序 論

甲殻類の種苗生産技術において飼育する幼生の密度及び餌密度は幼生の摂餌に大きく影響することが知られているが、この点については、イセエビのフィロゾーマ(井上, 1965), テナガエビ *Macrobrachium nipponense* (De Haan) (宇野ら, 1967) 及びタイワンガザミ *Neptunus pelagicus* Linnaeus (八塚, 1960) で報告されているにすぎず、従来の知見は乏しい。著者等は世界各国で養殖されているオニテナガエビ *Macrobrachium rosenbergi* (De Man) の幼生を用いて、その摂餌に及ぼす餌料密度及び飼育密度の影響について調べたので、その概要をここに報告する。

#### 2. 材料及び方法

1986年1月23日及び3月30日に東京水産大学水族生態学研究室でふ化したオニテナガエビ幼生を用い、飼育を行った。30 l 容パンライトにクロレラ約25万細胞/mlを入れて green water とし、ここにふ化直後のゾエア幼生約800尾を収容し、さらにふ化直後の *Artemia salina*\* (以下アルテミアと略称) を十分量与えて飼育した。第6ゾエア期からはアサリ肉細片を混合投与した。幼生が第4, 6及び10期に成長するのを待って実験材料に用いた。

幼生の摂餌量 (r) と餌料密度 (p) との関係調べのため、飼育密度を10尾/200 ml、餌料密度 (p, 200 ml 水中のアルテミア個体数) を200, 400, 600, 800, 1,000及び1,200の6段階とし、それぞれの摂餌量 (投与したアルテミア数から残存数を減じた数) を測定した。実験は第4, 6, 9期ゾエアについて行ったが、第9期ゾエアの場合、p 400の段階を省いた。

飼育密度 (d) と摂餌量 (r) との関係をはっきりさせるため、

\* 新東亜交易会社発売「スターダイア」(中国産) を使用。

\* 1987年1月29日受理 Received January 29, 1987

\*\* 東京水産大学水族生態学講座, 〒108 東京都港区港南4-5-7 Laboratory of Animal Ecology, Tokyo University of Fisheries, 5-7, Konan 4, Minato-ku, Tokyo, 108 Japan

\*\*\* 東京水産大学 Tokyo University of Fisheries 現在: 〒175 東京都板橋区徳丸町1-6-1 (231) Present Address: 6-1 (231), Tokumarucho 1, Itabashi-ku, Tokyo, 175 Japan

Table 1. Relationships between density of food (p, number of *Artemia* nauplii in 200 ml of water) and ration (r, number of nauplii ingested by 10 zoeal larvae during 5 hrs) in 3 stages (4th, 6th and 9th zoea) of *M. rosenbergi*. m, mean of the ration provided by respective series of experiments. See text for further detail.

P	4th zoea		6th zoea		9th zoea	
	r	m	r	m	r	m
200	5.1	4.60	6.3	9.00	16.5	17.43
	4.1		11.8		17.7	
	3.4		9.9		17.0	
	5.8		8.0		18.5	
400	8.3	7.82	15.4	14.20	—	—
	7.4		13.0			
600	9.5	8.95	14.4	15.63	36.9	39.13
	9.4		16.8		46.8	
	8.6		16.4		29.9	
	8.3		14.9		42.9	
800	10.0	9.85	14.7	18.80	49.5	48.58
	9.9		24.2		50.1	
	9.5		19.7		50.2	
	9.9		16.6		44.5	
1000	14.0	12.78	24.1	22.43	43.2	48.28
	13.0		21.5		53.8	
	12.8		20.2		46.7	
	11.3		23.9		49.4	
1200	14.7	13.58	23.8	23.15	48.5	49.23
	11.1		22.9		50.7	
	13.9		24.0		45.1	
	14.6		21.9		52.6	

Table 2. Relationships between density (N, inds. in 200 ml of water) of zoeal larvae in 3 stages (5th, 8th and 10th zoea) of *M. rosenbergi* and ration (r, number of *Artemia* nauplii ingested by given number, N, of zoea during 5 hrs) under an initial density (800 inds. in 200 ml of water) of food. m, mean of the ration provided by respective duplicate experiments. See text for further detail.

N	5th zoea		8th zoea		10th zoea	
	r	m	r	m	r	m
2	8.00	10.25	9.00	10.75	45.50	44.00
	12.50		12.50		42.50	
4	14.50	14.13	21.50	24.38	58.00	61.50
	13.75		27.25		65.00	
8	18.38	18.26	34.50	36.63	54.13	48.57
	18.13		38.75		43.00	
12	11.67	11.50	23.75	31.17	43.33	43.17
	11.33		29.58		43.00	
16	15.63	15.63	26.19	26.60	30.19	30.82
	15.63		27.00		31.44	

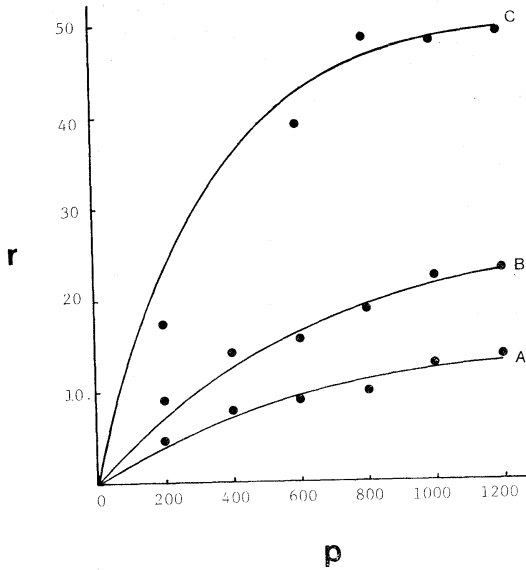


Fig. 1. Relationships between density (p, inds.) of food, *Artemia nauplii*, and ration (r, inds.) of the 4th (A), 6th (B) and 9th (C) zoeal larvae of *M. rosenbergi*. cf. Table 1.

餌料密度 (p) を一定, 飼育密度 (飼育水 200 ml 中のゾエア幼生の個体数) を 2, 4, 8, 12 及び 16 の 5 段階として, それぞれの摂餌量を測定し, d と r の関係を求めた。

飼育容器は容量 300 ml の広口三角フラスコを用いた。実験は塩分 10.5‰ の希釈海水 200 ml 中に前述の通り所定のアルテミア及び幼生を収容した後, 自然光の当たる恒温水槽 (27.3°C) 中で行われた。幼生は実験前 24 時間絶食させたものを使用し, 摂餌期間は 5 時間とした。いずれの実験も 1 段階当り 2 つの容器で行った。

### 3. 結果及び考察

第 4, 6 及び 9 期ゾエアの摂餌量と餌料密度との関係は Table 1 に示す通りとなる。その結果を IVLEV (1965) の摂餌量 (r) と餌料密度 (p) の関係式

$$r = R(1 - e^{-kp})$$

(ここに, R は実験条件における最大摂餌量, k は定数) にあてはめると, 第 4, 6 及び 9 期ゾエア幼生における r と p との関係は,

第 4 期ゾエア  $r = 16.55(1 - e^{-0.2757p})$ ,

第 6 期ゾエア  $r = 27.27(1 - e^{-0.3161p})$ ,

第 9 期ゾエア  $r = 51.22(1 - e^{-0.6099p})$

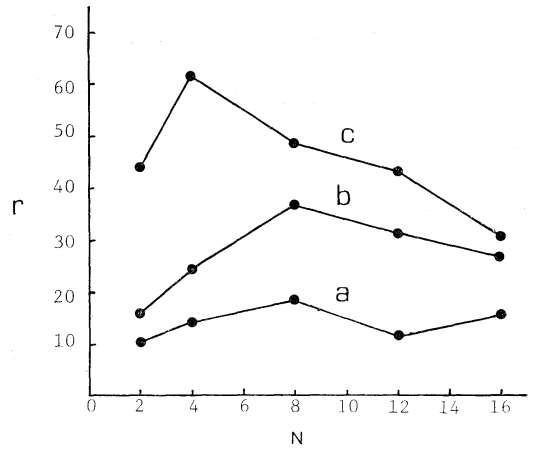


Fig. 2. Differences of ration (r, inds. of *Artemia nauplii*) depending on density (N, inds.) of *M. rosenbergi* larvae in the 5th (a) 8th (b) and 10th (c) zoeal stages. cf. Table 2.

で表される。宇野ら (1967) はテナガエビ第 9 期ゾエアを用い, 飼育密度 10 尾/300 ml で 6 時間の実験の場合,  $r = 22.63(1 - e^{-0.3440p})$  を得ている。この R 値は今回の実験結果と比較すると明らかに小さく, ほぼ半分となる。Table 1 の結果と得られた関係式により r と p との関係を図示すると Fig. 1 に示すようになる。Table 1 及び Fig. 1 から, 各ステージのゾエアの摂餌量は餌料密度の増大と共に増加し, 最大摂餌量 (R) に漸近する。この R 値に近い摂餌量に達する餌料密度は第 4, 6 期ゾエアの場合は 1000 個/200 ml, 第 9 期ゾエアの場合は 800 個/200 ml と推定される。ゾエア幼生は成長と共に遊泳能力及び捕食能力が増大する。従って, 摂餌量の餌料密度による影響は, 成長した幼生ほど若齢期幼生より少なくなると考えられる。

第 5, 8 及び 10 期ゾエアの摂餌量及び飼育密度との関係は Table 2 及び Fig. 2 に示す通りである。摂餌量は何れの飼育密度においても齢期の進んだ幼生ほど多い。幼生はそれぞれの齢期で一定の飼育密度で最大の摂餌量を示した後, 飼育密度の増大に伴う摂餌量の低下は高齢期ほど明瞭である。従って, 摂餌に対する飼育密度の影響は高齢期ほど強くなると推定できる。

高齢期幼生 (第 10 期ゾエア) を用い, 摂餌量の時間的变化について飼育密度 4 及び 8 の場合の実験結果を見ると Table 3 に示す通りである。摂餌量は時間に関係なく, 最大摂餌量を示す飼育密度 4 の場合が常に多い。Table 3 から 2 時間ごとの摂餌量を計算すると, Fig. 3 に示す通りとなる。最初の 2 時間 (0-2) の摂餌量と最後

Table 3. Change in ration (r, number of ingestive nauplii of *Artemia*) of *M. rosenbergi* in 10th zoea in two cases of definitive densities (N, inds. in 200 ml of water) during given periods (2, 4 and 6 hrs) of feeding. m, mean of the ration provided by a series of 4 experiments. Initial density of food, 800 inds. in 200 ml of water. See text for further detail.

N	2 hrs		4 hrs		6 hrs	
	r	m	r	m	r	m
4	23.5	23.75	25.3	36.35	68.8	60.48
	24.5		38.5		52.5	
	22.7		34.8		63.8	
	24.3		46.8		56.8	
8	15.5	20.48	32.4	35.98	56.1	56.23
	22.0		30.6		49.6	
	22.8		45.5		49.4	
	21.6		32.5		69.8	

の2時間(4-6)のそれとはほぼ等しい。

この実験では、時間の経過と共に餌料密度は低下するにもかかわらず、最初の2時間における摂餌量は最後のそれとほぼ同じ結果を得た。この結果は高齢期ゾエアの摂餌について前回の2実験から得た結果と同様で、その摂餌は餌料密度より飼育密度に影響されることが多いという推定と一致する。高齢期幼生の摂餌に対する飼育密度の影響については、更に研究する必要がある。この点については少なくとも成長にともない、体重及び体長が増大し、摂餌活動が活発化することから、より大きい生活空間の必要性が問題となるであろう。

#### 4. 要 約

オニテナガエビ *Macrobrachium rosenbergi* (De Man) 幼生の摂餌に及ぼす餌料密度及び飼育密度の影響について調査し、下記の結果を得た。

1. 幼生の摂餌量(r)と餌料密度(p)との関係は IVLEV の理論式  $r=R(1-e^{-kp})$  によく当てはまり、水温 27.3°C 塩分 10.5‰, 飼育密度ゾエア 10尾/200 ml, 摂餌時間 5時間の飼育条件で次の実験式を得た。

$$\text{第4期ゾエア} \quad r=16.55 (1-e^{-0.2757p}),$$

$$\text{第6期ゾエア} \quad r=27.27 (1-e^{-0.3161p}),$$

$$\text{第9期ゾエア} \quad r=51.22 (1-e^{-0.6099p}).$$

この結果から、各齢期幼生は成長と共に摂餌量が増大する。最大値 Rに近い摂餌量を示す餌料密度は第4, 6期ゾエアでアルテミア 1000 個/200 ml, 第9期ゾエアでアルテミア 800 個/200 ml 以上と推定される。

2. 摂餌量と飼育密度との関係は、餌料密度を一定(アルテミア 800 個/200 ml)とし、他の条件を前項1で述べたのと同様とした場合、幼生の摂餌量は飼育密度

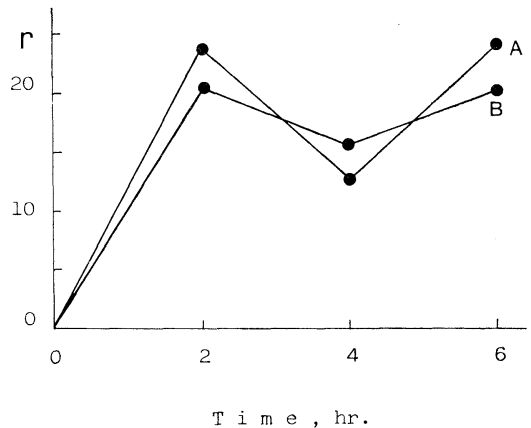


Fig. 3. Fluctuation for six hours in ration (r, inds. of *Artemia* nauplii) of *M. rosenbergi* in the 10th zoeal stage reared in density as 4 (A) and 8 (B) inds. per unit volume of water. cf. Table 3.

の増大と共に増加し、最大値を示した後減少する。この飼育密度に伴う摂餌量の低下現象は高齢期幼生ほど明瞭である。

3. 高齢期幼生の摂餌量の時間的変動について、摂餌時間 6 時間の実験において最初の 2 時間と最後の 2 時間における摂餌量はほぼ等しい。

4. 以上の結果にもとづき、本種幼生の摂餌に及ぼす餌料密度と飼育密度の影響を考察した。幼生の摂餌は今回の飼育条件において、成長にともない餌料密度の影響が少なくなり、飼育密度の影響が強くなると推定される。

#### 引用文献

IVLEV, B.C. (1965): 魚類の栄養生態学. たたら書房,

- 米子. ix+261 p. [ロシア語原本 (1955) の児玉らによる翻訳本].
- 井上正昭 (1965): イセエビの初期フィロゾーマの捕食数について. 日本水産学会誌, **31**, 902-906.
- 宇野 寛・難波高志 (1967): テナガエビ幼生 *Macrobrachium nipponense* (De Haan) の摂餌に関する実験生態学的研究. うみ, **5**(3), 42-46.
- 八塚 剛 (1960): タイワンガザミ zoea 幼生の飼育. 1. 餌料密度と捕食量. 水産増殖, **7**(3), 37-42.

## Ecologie expérimentale de la nutrition des larves de *Macrobrachium rosenbergi* (De Man) au laboratoire

Xiao-tao LIN et Yutaka UNO

**Résumé:** Une étude sur l'écologie expérimentale de la nutrition des larves de *M. rosenbergi* a été menée au laboratoire. La relation entre la densité de la nourriture, nauplii d'*Artemia* et la quantité de nourriture absorbée par les zoé peut être exprimée par la relation d'Ivlev. En calculant les valeurs approximatives de  $k$ , se basant sur les résultats expérimentaux, nous avons obtenu les équations:

$$\begin{aligned} \text{Pour les zoé } 4^{\text{ème}} \text{ stade, } r &= 16,55 (1 - e^{-0,2757 p}), \\ 6^{\text{ème}} \text{ stade, } r &= 27,27 (1 - e^{-0,3161 p}), \text{ et} \\ 9^{\text{ème}} \text{ stade, } r &= 51,22 (1 - e^{-0,6099 p}). \end{aligned}$$

Il apparait que l'influence de la densité de la nourriture sur la quantité absorbée par les zoé diminue avec la taille des zoé, et que l'influence de la densité de population augmente avec la croissance des larves.

## サザエの生態学的研究

### I. 生息場所の生態的特性\*

山崎 明人\*\*†・石渡 直典\*\*

## Population ecology of the spiny turban shell *Batillus cornutus*

### I. Ecological peculiarities of the habitat\*

Akihito YAMAZAKI\*\*† and Naonori ISHIWATA\*\*

**Abstract:** Concerning the habitat of the spiny turban shell *Batillus cornutus* (LIGHTFOOT), the substratum, macrobenthic animal community and algal vegetation are investigated in August 1984 in a subtidal zone of marine preserves on the Pacific coast of Chiba Pref., Japan. In this area the sea bottom slopes gradually from the shore; many sands, gravels and boulders are arranged together irregularly. The macrobenthic animal community is dominated by *Omphalius pfeifferi* rather than *B. cornutus*, both of which may be interactive in the community, because of their occupying together the same niche in relation to space and food; the dominant algal vegetation in the area is represented by small perennial algae, especially crustose (Melobesioideae) and articulated (Corallinoideae) coralline algae.

### 1. 緒言

サザエ (*Batillus cornutus* (LIGHTFOOT)) はアワビ類と並んで本邦の潮下帯岩礁域に生息する水産上重要な巻貝類の1種類である。従来、本種の生態については、未知の点が多く、特に稚貝の生態についての既往の知見は極めて少ない。本研究では1981年11月から1985年1月にわたり、千葉県安房郡天津小湊町内浦、東京水産大学小湊実験場\* 地先の内浦湾一支湾を調査区として、サザエ生息場所の生態的特性、稚貝の生息場所、初期成長および成長に伴う生息場所の変化を調べた。

サザエのような定着性のある磯根資源では、成長、移動などの生態は生息場所の特性と深い関係があると考えられる。そこで、本報では本地先のサザエの主生息場所である潮下帯転石域において、底質、大型底生動物群集

および海藻植生を調べ、二三の知見を得たので、その概要を報告する。

本文に入るに先だち、貝類の同定をしていただいた東京水産大学奥谷喬司教授、多毛類の同定をしていただいた鹿児島大学水産学部三浦知之博士、異尾類の同定をしていただいた東京水産大学村田憲要氏、人工採苗によるサザエ稚貝を提供していただいた千葉県水産試験場佐藤新氏、二宮敏郎氏、鳥羽光晴氏、調査に際してご助言をいただいた東京水産大学山川絃氏に厚く感謝の意を表すると同時に、本稿のご校閲をいただいた東京水産大学高木和徳教授に深謝する。

### 2. 調査方法

**調査 1 (底質調査)** 1984年8月6日から8日までの期間、小湊実験場地先の潮下帯転石域 (Fig. 1) で、スキューバ潜水によって底質を調べた。まず、底質の大きさを長径によって 1 (1 cm 以下)、2 (1~10 cm)、3 (10~25 cm)、4 (25~50 cm)、5 (50~100 cm) および 6 (100 cm 以上) の6階級に区分した。潮下帯転石域に84地点を選定し、各地点における観測面積 (1×1~5×5m) 内で各階級が占める面積の割合を 0, 0~20, 20~40, 40~60, 60~80 および 80~100% の6段階に分類した。

**調査 2 (生物環境調査)** 1984年8月6日と7日、同

\* 1986年10月17日受理 Received October 17, 1986

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

† 現所属: 千葉県水産試験場, 〒295 千葉県安房郡千倉町平磯

Present Address: Chiba Prefectural Fisheries Experimental Station, Chikura, Chiba, 295 Japan

\* 現在, 千葉大学理学部付属海洋生物環境解析施設小湊実験場

水域で、スキューバ潜水によって大型底生動物群集、海藻植生を調べた。湾奥の海底に2基点 (Fig. 1; x, y) を取り、各基点から東南東へ、水中でコンパスを用いてロープ (約 200 m) を海底に張り、2定線 (Fig. 1; A, B) を設置した。

大型底生動物群集調査では、各基点から定線に沿って10 m 間隔に21地点 (合計42地点) を選定した。各地点

に方形枠 (1×1 m) を置き、枠内の大型底生動物を採集し、同時に水深、底質を記録した。アワビ類、サザエ、バテイラ、イセエビおよびウニ類については、採集地点で個体数を計り、直ちに放流した。その他の動物については、10%ホルマリンで固定し、実験室に持ち帰って仕分けし、同定、計数した。

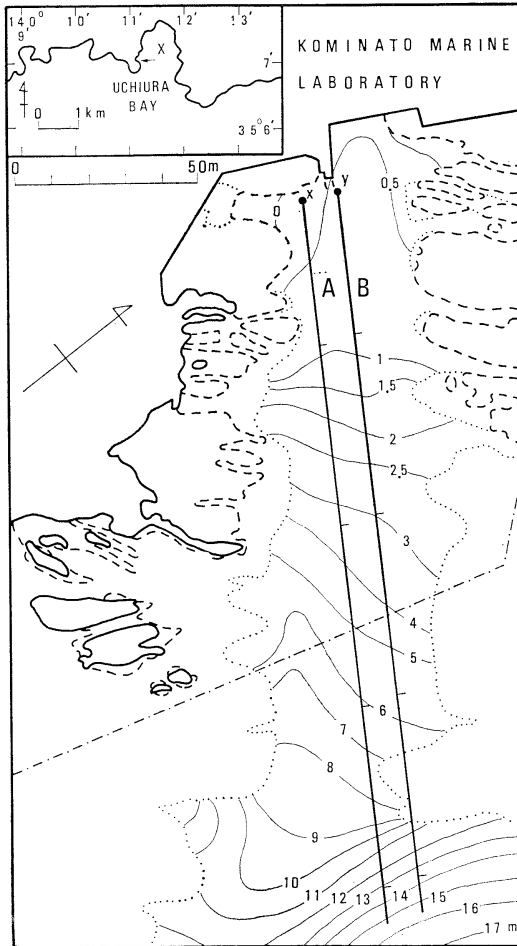
海藻植生調査では、上記地点に10×10 cm に区切つた方形枠 (50×50cm) を置き、水中で識別し得る海藻について、枠内の着生基盤の垂直投影面積を測定し、枠面積に対する投影面積の百分率を被度として求めた。

### 3. 調査結果

**水温** 1981~1984年の毎日10時の小湊実験場における表面水温の資料によれば、各年の月平均水温 (Table 1) は13.8~24.8°Cである。

**水深と底質** 本地先の小湾口は東へ向かって内浦湾に開き、両岸は岩礁地帯で、背後は高さ数十mの海岸断層崖を形成している。湾奥は波浪が比較的穏やかであるが、湾口は外洋に面し、波浪が激しく、岩礁は浸食され、深く切り込んだ溝が発達している。

湾奥から沖合にゆくにつれて、水深 (Fig. 1) は漸増し、湾口では8~10 m、それより沖合では急増し、調査区の最深部では15~16 mに達する。



←Fig. 1. Ecological survey lines (A, B) for investigation of macrobenthic animal community and algal vegetation in a subtidal zone (indicated by arrow in top map) on the coast of Uchiura Bay (cross in top map), Chiba Pref. Solid bold line, tide line at mean high water; broken line, tide line at mean low water; dotted line, boundary between rocky bottom and boulder area; chain line, limit (part) of the preserves; solid thin line, isopleth in meter. x, y, fiducial point of survey lines A and B, respectively. On each line are 21 stations by regular interval. Marks on the line are made by every 5 stations.

Table 1. Fluctuation by month in daily average of the surface water temperature (°C) at the survey area (Fig. 1) during the years 1981-1984, based on records by the Kominato Marine Biological Laboratory.

Year	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
1981	15.0	14.3	13.7	16.2	18.4	21.1	23.5	25.0	24.6	21.2	16.2	16.3
1982	14.8	13.4	14.1	15.1	18.3	20.8	22.4	23.3	24.0	21.8	20.6	18.0
1983	14.9	14.4	14.3	15.7	18.9	20.0	22.2	25.8	24.8	21.8	19.2	16.2
1984	15.0	13.6	12.9	15.6	18.1	22.3	25.7	25.1	23.0	22.2	19.8	16.8
Mean	14.9	13.9	13.8	15.7	18.4	21.1	23.5	24.8	24.1	21.8	19.0	16.8

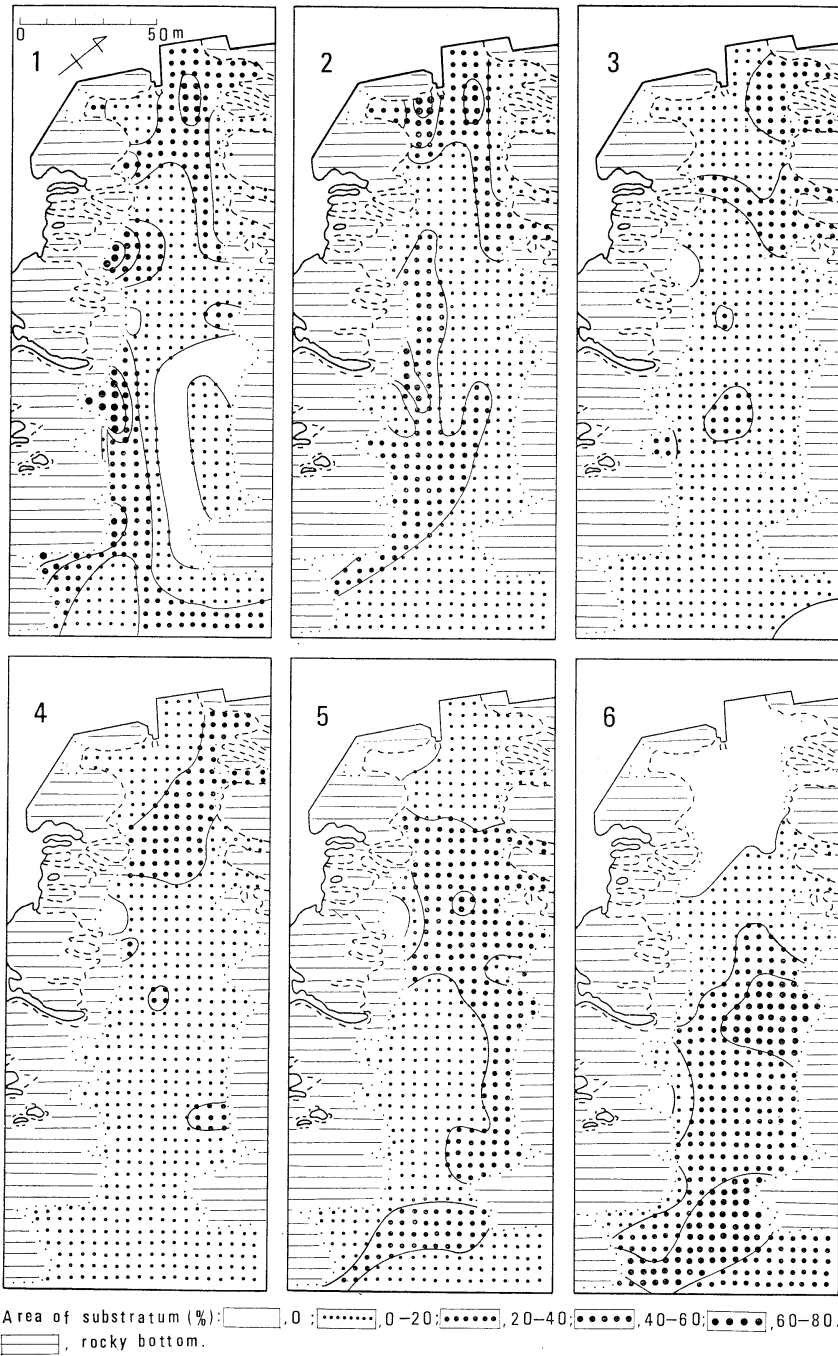


Fig. 2. Summary of distribution analysis by size class (see Table 2) of substratum in the subtidal zone in August 1984. Distribution of classified substrata is indicated in occurrence rate (in classified percentage) illustrated by dot size (see bottom of the figure), as well as by approximate limits (thin line).



底質 (Fig. 2) について見ると、潮下帯の両側は起伏した岩礁斜面を形成しているが、その内側の海底には砂礫、大小の転石が不規則に配置されている。概して、沖合から湾奥に向かって左側の海底には10 cm以下の砂礫が堆積し、右側には50 cm以上の転石が存在する。また、湾奥から沖合にゆくにつれて、砂、礫、小転石、大転石の順に底質が漸次移行している。

**大型底生動物群集** 各地点における水深、底質 (Table 2)、大型底生動物群集の個体数組成 (%) および優占、亜優占動物の個体数分布 (Table 3~4) を見ると、全地点を通じて (Table 5)、出現動物の総種類数は99、1地点当たり平均種類数は12.5/m<sup>2</sup> である。分類単位ごとに見ると、軟体動物 (多板類、腹足類、双殻類) の種類数組成は全体の45.5%、甲殻類25.3%、多毛類14.1%、棘皮動物 (ウミユリ類、ヒトデ類、ウニ類、ナマコ類)

9.1%、その他の動物6.0%である。出現動物の総個体数は2,143、1地点当たり平均個体数は51.0/m<sup>2</sup> である。そのうち軟体動物の個体数組成は全体の76.5%、甲殻類18.2%、棘皮動物3.4%、多毛類1.4%、その他の動物0.5%である。これを種類別に見ると、バテイラの個体数は38.8%で最も多く、次にケブカヒメヨコバサミ10.3%、サザエ7.3%、ヒメヨウラクガイ7.0%、ウスヒザラガイ6.6%と続き、その他の動物は30.0%である。バテイラは37地点に出現し (出現率88.1%)、そのうち30地点で優占し、ケブカヒメヨコバサミは40地点に出現し (出現率95.2%)、7地点で優占し、サザエは37地点に出現している (出現率88.1%)。ヒメヨウラクガイは32地点に出現し (出現率76.2%)、3地点で優占し、ウスヒザラガイは22地点に出現し (出現率52.4%)、2地点で優占している。

Table 2. Depth (m) below S.S.L. and substratum by size class in station nos. 1-21 on survey lines A (left) and B (right). Size class, designated by a major axis: 1, less than 1 cm; 2, 1-10 cm; 3, 10-25 cm; 4, 25-50 cm; 5, 50-100 cm; 6, more than 100 cm. +, present; -, absent.

Stn. no.	Depth	Size class						Depth	Size class					
		1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6
1	0.2	-	+	-	-	-	-	0.7	+	+	-	-	-	-
2	0.4	-	+	-	-	-	-	0.8	+	+	-	-	-	-
3	0.6	+	+	-	-	-	-	0.9	+	-	-	+	-	-
4	0.7	-	-	+	+	-	-	0.7	-	-	-	+	+	-
5	0.9	-	-	-	+	+	-	0.8	-	-	+	+	-	-
6	1.4	+	+	-	-	+	-	0.9	-	-	-	+	+	-
7	1.9	+	-	-	-	+	-	1.3	-	-	-	-	+	-
8	2.2	-	+	-	-	+	-	1.9	-	-	-	-	+	+
9	2.7	-	+	+	-	-	-	2.5	-	-	-	-	+	+
10	3.2	-	-	-	+	-	+	2.6	-	-	-	-	+	+
11	4.0	-	-	-	-	-	+	3.3	-	-	-	-	-	+
12	4.5	-	-	-	-	-	+	3.1	-	+	-	-	-	+
13	5.1	-	-	+	-	-	+	3.9	-	+	-	-	-	+
14	5.9	-	-	+	-	-	+	4.9	-	-	-	-	+	+
15	6.0	-	+	-	-	-	+	5.8	-	-	-	+	-	-
16	6.8	-	+	-	-	+	+	6.0	-	-	-	-	+	+
17	7.6	-	-	-	-	+	+	3.6	-	-	-	-	-	-
18	8.2	-	-	-	-	-	+	7.5	-	-	-	-	-	-
19	11.1	-	-	-	-	+	+	11.1	-	-	-	-	-	+
20	13.0	+	-	-	-	-	+	13.0	-	-	-	-	-	+
21	15.3	+	-	-	-	-	+	15.1	+	-	-	-	-	+

Table 3. Total number (top) of species (No. sp.) and individuals (No. inds.), composition (%), distribution (number of individuals per m<sup>2</sup>, bottom) of important animals occurring at stations indicated by gothic and italic figures, respectively.

Station no.	1	2	3	4	5	6	7
No. sp.	12	6	19	16	16	21	12
No. inds.	28	21	64	78	84	75	31
COELENTERATA						1.3	
Anthozoa						1.3	
PLATHELMINTHES							
Turbellaria							
NEMERTINEA	3.6		1.6				
Anopla	3.6		1.6				
ANNELIDA	3.6			1.3	2.4	1.3	6.5
Polychaeta	3.6			1.3	2.4	1.3	6.5
MOLLUSCA	60.7	81.0	82.8	84.6	79.8	76.0	54.8
Polyplacophora	28.6		9.4	9.0	26.2	14.7	35.5
Gastropoda	32.1	81.0	71.9	75.6	53.6	61.3	19.4
Bivalvia			1.6				
ARTHROPODA	25.0	19.0	9.4	7.7	14.3	14.7	32.3
Crustacea	25.0	19.0	9.4	7.7	14.3	14.7	32.3
ECHINODERMATA	7.1		6.3	6.4	3.6	6.7	6.5
Crinoidea							
Ophiuroidea	7.1		6.3	3.8	1.2	5.3	3.2
Echinoidea				2.6	2.4	1.3	3.2
Holothuroidea							
Polyplacophora							
<i>Ischnochiton comptus</i> (ウスヒザラガイ)	5		3	4	20	8	8
<i>Rhyssoplax kurodai</i> (クサズリガイ)	3		3	2	1	1	2
Gastropoda							
<i>Sulculus diversicolor aquatilis</i> (トコブシ)		1	4	3	1	1	
<i>Granata lyrata</i> (アシヤガイ)			2	15	1	9	
<i>Omphalius pfeifferi</i> (バテイラ)	5	7	30	33	39	29	2
<i>Batillium cornutus</i> (サザエ)	1	5		3	3	1	2
<i>Astralium haematragum</i> (ウラウズガイ)						1	
<i>Ergalatax contractus</i> (ヒメヨウラクガイ)			2			1	2
<i>Thais bronni</i> (レイシガイ)			2				
Crustacea							
<i>Rhynchocinetes uritai</i> (サラサエビ)				3		2	
<i>Paguristes ortmanni</i> (ケブカヒメヨコバサミ)	5	2	3	2	5	8	9
<i>P. japonica</i> (プチヒメヨコバサミ)							
<i>Pagurus lanuginosus</i> (ケアシホンヤドカリ)			1		5		

middle) in individual number by major taxon in macrobenthic animal community, and specific (1-21) on the survey line A (Fig. 1) in August 1984. Dominant and subdominant species are

8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
13	19	15	14	21	8	10	12	11	13	10	10	9	1
59	54	87	62	111	43	53	41	44	38	116	26	21	1

3.4	3.7			0.9					5.3			4.8	
3.4	3.7			0.9					5.3			4.8	
86.4	77.8	87.4	79.0	77.5	44.2	86.8	75.6	86.4	92.1	89.7	76.9	33.3	
23.7	33.3	27.6	9.7	6.3		62.3	17.1	13.6	7.9	1.7		4.8	
61.0	44.4	59.8	69.4	71.2	44.2	24.5	56.1	72.7	84.2	87.9	76.9	28.6	
1.7							2.4						
3.4	13.0	8.0	19.4	18.9	51.2	13.2	19.5	13.6	2.6	10.3	19.2	52.4	
3.4	13.0	8.0	19.4	18.9	51.2	13.2	19.5	13.6	2.6	10.3	19.2	52.4	
6.8	5.6	4.6	1.6	2.7	4.7		4.9				3.8	9.5	100
6.8	5.6	4.6	1.6	2.7	2.3		2.4				3.8	9.5	100
					2.3		2.4						

9	8	10	5	3		<b>23</b>	2	2	1	1		1
2	6	8		1		10	5	1	1	1		
2	1	1				1						
	2		1									
<b>31</b>	<b>16</b>	<b>41</b>	<b>32</b>	<b>65</b>		4	<b>14</b>	<b>18</b>	<b>16</b>	28	5	
2	1	7	6	4	3	1	6	7	7	3	1	1
				1	7			2	2	9	<b>6</b>	5
	1	3	1	3	8	5	2	3	3	<b>41</b>	2	
				3		2			1	19	5	
			1	2								<b>6</b>
2	4	3	7	5	<b>21</b>	5	6	5	1	2	3	3
		1	2	8	1	1	1	1		10	1	2
			1	1		1						

Table 4. Total number (top) of species (No. sp.) and individuals (No. inds.), composition (%), distribution (number of individuals per m<sup>2</sup>, bottom) of important animals occurring at stations by gothic and italic figures, respectively.

Station no.	1	2	3	4	5	6	7
No. sp.	6	9	9	11	11	14	20
No. inds.	14	16	31	24	32	54	58
COELENTERATA			3.2				
Anthozoa			3.2				
PLATHELMINTHES							
Turbellaria							
NEMERTINEA							
Anopla							
ANNELIDA				12.5	3.1	3.7	1.7
Polychaeta				12.5	3.1	3.7	1.7
MOLLUSCA	92.9	62.5	61.3	83.3	71.9	66.7	56.9
Polyplacophora	21.4		22.6	20.8	3.1	1.9	3.4
Gastropoda	71.4	56.3	38.7	58.3	59.4	64.8	50.0
Bivalvia		6.3		4.2	9.4		3.4
ARTHROPODA	7.1	37.5	35.5		15.6	25.9	27.6
Crustacea	7.1	37.5	35.5		15.6	25.9	27.6
ECHINODERMATA				4.2	9.4	3.7	13.8
Crinoidea							3.4
Ophiuroidea				4.2	6.3	1.9	1.7
Echinoidea					3.1	1.9	8.6
Holothuroidea							
Polyplacophora							
<i>Ischnochiton comptus</i>	3		7	5			
<i>Rhyssoplax kurodai</i>							
Gastropoda							
<i>Sulculus diversicolor aquatilis</i>			1		2		
<i>Granata lyrata</i>			4	2	1		
<i>Omphalius pfeifferi</i>	7	2	5	8	13	26	24
<i>Batillus cornutus</i>	1	3	1	2		2	1
<i>Astralium haematragum</i>			1				1
<i>Ergalatax contractus</i>	1			1		4	2
<i>Thais bronni</i>							
Crustacea							
<i>Rhynchocinetes uritai</i>							6
<i>Paguristes ortmanni</i>	1	5	10		4	12	5
<i>P. japonica</i>			1				1
<i>Pagurus lanuginosus</i>						1	

middle) in individual number by major taxon in macrobenthic animal community, and specific (1-21) on the survey line B (Fig. 1) in August 1984. Dominant and subdominant species are indicated

8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
11	14	16	8	17	18	17	15	15	10	14	14	7	2
39	29	41	57	83	96	78	110	63	70	63	28	16	4
2.6				1.2	1.0	1.3				1.6			
2.6				1.2	1.0	1.3				1.6			
						1.3							
						1.3							
2.6		4.9		2.4				4.8					
2.6		4.9		2.4				4.8					
76.9	72.4	61.0	84.2	72.3	68.8	75.6	82.7	77.8	84.3	84.1	46.4	68.8	75.0
2.6	3.4			15.7		7.7	1.8				3.6		
71.8	65.5	53.7	84.2	56.6	68.8	67.9	80.0	77.8	82.9	81.0	42.9	68.8	75.0
2.6	3.4	7.3					0.9		1.4	3.2			
15.4	20.7	22.0	15.8	20.5	29.2	21.8	16.4	17.5	15.7	14.3	46.4	31.3	25.0
15.4	20.7	22.0	15.8	20.5	29.2	21.8	16.4	17.5	15.7	14.3	46.4	31.3	25.0
2.6	6.9	12.2		3.6	1.0		0.9				7.1		
											3.6		
2.6	3.4	2.4		3.6	1.0		0.9						
	3.4	9.8											
											3.6		
				10		3							
				2		1	1				1		
<b>24</b>	<b>14</b>	<b>16</b>	<b>39</b>	<b>23</b>	<b>38</b>	<b>32</b>	<b>67</b>	<b>31</b>	<b>26</b>	<b>21</b>	<b>1</b>		
	1	2	6	10	10	7	17	12	7	7	2	2	
	1			2	4	2		1		10	2	3	
3	2	1	2	9	7	3	1	2	14	9	6	4	3
									4				
			2			12	1			1	2	1	
3	1	5	5	13	13	4	7	4	10	6	7	4	1
1		1			5		2				1		
	2	1	1	3	5		5	3		1			

Table 5. Summary of Tables 3 and 4 by survey line. See Tables 3 and 4 for further detail.

Line	A	B	Total
No. sp.	65	77	99
No. inds.	1,137	1,006	2,143
COELENTERATA	0.1	0.6	0.3
Anthozoa	0.1	0.6	0.3
PLATHELMINTHES		0.1	0.1
Turbellaria		0.1	0.1
NEMERTINEA	0.2		0.1
Anopla	0.2		0.1
ANNELIDA	1.3	1.5	1.4
Polychaeta	1.3	1.5	1.4
MOLLUSCA	79.0	73.8	76.5
Polyplacophora	16.4	4.3	10.7
Gastropoda	62.4	67.9	65.0
Bivalvia	0.3	1.6	0.9
ARTHROPODA	15.6	21.2	18.2
Crustacea	15.6	21.2	18.2
ECHINODERMATA	3.9	2.9	3.4
Crinoidea		0.3	0.1
Ophiuroidea	3.2	1.3	2.3
Echinoidea	0.7	1.2	0.9
Holothuroidea		0.1	0.1
Polyplacophora			
<i>Ischnochiton comptus</i>	113	28	141
<i>Rhyssoplax kurodai</i>	47	5	52
Gastropoda			
<i>Sulculus diversicolor aquatilis</i>	15	3	18
<i>Granata lyrata</i>	30	7	37
<i>Omphalius pfeifferi</i>	<b>415</b>	<b>417</b>	<b>832</b>
<i>Batillus cornutus</i>	64	93	157
<i>Astralium haematragum</i>	33	27	60
<i>Ergalatax contractus</i>	77	74	151
<i>Thais bronni</i>	32	4	36
Crustacea			
<i>Rhynchocinetes uritai</i>	14	25	39
<i>Paguristes ortmanni</i>	101	120	221
<i>P. japonica</i>	28	12	40
<i>Pagurus lanuginosus</i>	9	22	31

サザエとバテイラの生息場所はほぼ一致し、サザエの多い地点にはバテイラも多く、各地点における両種の個体数の間には正の相関(相関係数 0.579)が認められる。サザエは転石の表面に生息しているが、バテイラは転石の表面と裏面に出現している。

**海藻植生** 各地点における海藻植生の被度 (Table 6) について見ると、全地点を通じて、海藻植生の優占生活形は小型多年生海藻である。Table 6 から定線ごとに頻度、被度および積算優占度(頻度と被度から算出)を取りまとめると (Table 7)、全地点を通じて、積算優占度は無節サンゴモ類 98.6%、ヘリトリカニノテ属 64.3%、カニノテ属 48.7%、サンゴモ属 25.6%、チャシオグサ 23.8%、ホンダワラ属 20.9%、キントキ 17.3%である。また、全地点を通じて、無節サンゴモ類は水深 0.4~15.3m に、ヘリトリカニノテ属は 0.6~15.3m に、カニノテ属は 0.7~15.3m に、いずれも広範囲にわたって一様に分布している。サンゴモ属は湾中央部の水深 1.9~7.6m に、チャシオグサは湾奥部から中央部にかけての 0.7~4.9m に、ホンダワラ属は湾奥部の波浪の影響の少ない 0.2~4.0m に、キントキは湾中央部の 2.2~7.6m に分布している。その他マクサ、アラメ、カジメおよび顕花植物のエビアマモが出現している。

#### 4. 要約および考察

本地先の小湾口は東へ向かって内浦湾に開き、両側は岩礁地帯で、背後は海岸断層崖を形成している。湾奥は波浪が比較的穏やかであるが、湾口は波浪が激しい。湾奥から沖合にゆくにつれて、水深は漸増し、湾口では 8~10 m、それより沖合では急増している。潮下帯の両側は起伏した岩礁斜面を形成しているが、その内側の海底には砂礫、大小の転石がモザイク状に配置されている。

概して、湾奥と左側の海底は粒度が小さく、湾口と右側の海底は大きい傾向がある。これは外洋から打ち寄せる激浪によって底質が攪乱する湾口と右側の海底では、大きい粒子が残留し、一方、波浪が衰弱する湾奥と左側の海底では、小さい粒子が堆積するためであろうと考えられる。

潮下帯転石域においては大型底生動物群集中バテイラが優占し、これに次いで貝類ではサザエが優占している。この両種の生息場所はほぼ一致しているが、サザエは転石の表面に、バテイラは転石の表面と裏面に生息している。また、サザエとバテイラは藻食性であり、食物的地位が類似している。両種の間には空間と食物をめぐる相互作用が働いている可能性が考えられる。

潮下帯転石域における海藻植生の優占生活形は小型多年生海藻である。そのうち無節、有節サンゴモ類が優占している。片田 (1963) は海藻群落の遷移系列を優占生活形群によって示し、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(殻状一年生海藻、直立一季節海藻、真一年生海藻)、第 3 群(直立多年生海藻)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転石域の環境は大体安定した状態にあるように思われる。転石域全体にわたって大型多年生海藻が優占し得ない要因として、波浪、底質の大きさや安定度などが考えられる。

#### 文 献

片田 実 (1963): 海藻の生活形と遷移. 日水誌, 29, 798-808.







Table 7. Frequency (% *F*), coverage (% *C*) and summed dominance ratio (% *SDR*<sub>2</sub>) of algal vegetation occurring along the survey lines A and B in August 1984. +, rudimentary occurrence. See text for further detail.

Life-form	Line A			Line B			Total		
	<i>F</i>	<i>C</i>	<i>SDR</i> <sub>2</sub>	<i>F</i>	<i>C</i>	<i>SDR</i> <sub>2</sub>	<i>F</i>	<i>C</i>	<i>SDR</i> <sub>2</sub>
Perennials									
Large type									
<i>Eisenia bicyclis</i>	4.8	0.3	3.2	4.8	0.1	3.2	4.8	0.2	3.2
<i>Ecklonia cava</i>	9.5	0.1	5.5	0	0	0	4.8	0.1	2.9
<i>Sargassum</i> spp.	38.1	3.0	26.6	19.0	1.0	14.2	28.6	2.0	20.9
( <i>Phyllospadix japonica</i> )	0	0	0	14.3	2.8	15.9	7.1	1.4	7.2
Small type									
<i>Cladophora wrightiana</i>	23.8	1.6	16.1	38.1	3.7	32.8	31.0	2.6	23.8
<i>Gelidium amansii</i>	4.8	0.3	3.3	4.8	0.4	4.0	4.8	0.4	3.6
<i>Carpopeltis angusta</i>	42.9	0.6	24.8	14.3	+	8.9	28.6	0.3	17.3
<i>Marginisporum</i> spp.	90.5	5.5	60.3	81.0	7.8	69.5	85.7	6.6	64.3
<i>Amphiroa</i> spp.	61.9	2.9	39.7	76.2	5.0	59.5	69.7	4.0	48.7
<i>Corallina</i> spp.	38.1	0.6	22.2	42.9	1.2	29.5	40.5	0.9	25.6
Melobesioideae	90.5	26.6	100.0	76.2	20.0	97.1	83.3	23.3	98.6
Annuals									
Small type									
<i>Plocamium telfairiae</i>	4.8	0.1	2.8	19.0	0.2	12.3	11.9	0.1	7.2

## 1985年11月の四国沖の海底地形「土佐礫」上 およびその周辺の海洋構造\*

関根 義彦\*\*・松田 靖\*\*

### Hydrographic structure around the Tosa-bae, the bump off Shikoku south of Japan, in November 1985\*

Yoshihiko SEKINE\*\* and Yasushi MATSUDA\*\*

**Abstract:** The hydrographic observation around the Tosa-bae, the bump off Shikoku, has been made in November 1985. A colder temperature region exists on the western ridge of the Tosa Bump, while a warmer temperature region is found on its eastern ridge. This feature seems to be identical with the results of numerical experiment performed by HUPPERT and BRYAN (1976). The existences of the coupled cold and warm temperature regions on the ridge of the Tosa Bump are detected down to about 500 db, but only a cold temperature region is found at greater depths. The flow of the Kuroshio below the mixed layer is influenced by the topographic effect of the Tosa Bump.

#### 1. はじめに

日本南岸の海底地形の等深線を詳しく見ると、四国の室戸岬沖に陸棚斜面から500m余り盛り上がった海山があることに気づく。この海山は「土佐礫」と呼ばれ、水深500m以浅の領域が東西に約50km、南北に約20kmの東西に長い楕円形をしている。Fig. 1に日本南岸の海底地形と土佐礫周辺の海底地形を等深線で示した。日本南岸全体を見れば、伊豆半島南方にある伊豆・小笠原海嶺がスケールも大きくきわめて特徴的な地形であるが、それ以外では陸棚斜面上にある「土佐礫」も注目すべき海底地形である。

地球流体力学の視点から見ると、海山のような海底地形をした「土佐礫」上の海洋構造、とりわけ黒潮の流れに及ぼす海底地形効果は、きわめて興味深い問題である。大西洋の湾流流域にもCharlston Bumpという堆があり、その地形効果による渦の形成、海流の蛇行などが観測や人工衛星の赤外画像から指摘されている（例えばLEGECKIS, 1978; CHAO and JANOWITZ, 1979; SINGER *et al.*, 1983）。また、大西洋のAtlantis IIと

呼ばれる海山上でも、その地形効果を調べる観測が行なわれている（例えばVASTANO and WARREN, 1976）。

一般に海底地形がその上を流れる海流に及ぼす地形効果の大小は、地形の上に生じるテラー-コラムの鉛直構造と関係する。ここでのテラー-コラムはテラー-ブラウドマンの定理が成立する狭義の意味ではなく、密度成層の存在で流れが鉛直方向に変化する場合を含む広義のものである。すなわち、海洋の密度と圧力が順圧に近い状態で流れが小さい時には流れが鉛直方向に一様に変化しないテラー-コラムが存在する（例えばGREENSPAN, 1963; PEDLOSKY, 1979）。この場合にはほぼ等深線（正確には、 $f/h$ 、ここで $f$ はコリオリのパラメータ、 $h$ は水深）に沿う鉛直方向に一様な流れが形成されるため、海底地形効果はその上の流れに大きな影響を及ぼす。これに対して、海底地形上およびその周辺の鉛直密度成層が著しく、海洋構造が傾圧の性質を持ち、また系のロスビー数（ $U/fL$ 、ここで $U$ は流れの代表流速、 $L$ は地形の水平スケール）が大きい時にはテラー-コラムは海底地形上から海面に向けて円錐状になり、地形が上層の流れに及ぼす影響は比較的小さくなる（例えばHOGG, 1975; JOHNSON, 1977）。

関根（1984）は、JOHNSON（1977）などによって示されたテラー-コラムの高さの目安（ $fL/N$ 、ここで $N$ はバイサラの振動数）、および山形（1978）の2層モデルの

\* 1987年3月26日受理 Received March 26, 1987

\*\* 防衛大学校地学科,

〒239 神奈川県横須賀市走水 1-10-20

Institute of Geosciences and Astronomy, The National Defense Academy, Yokosuka, 239 Japan

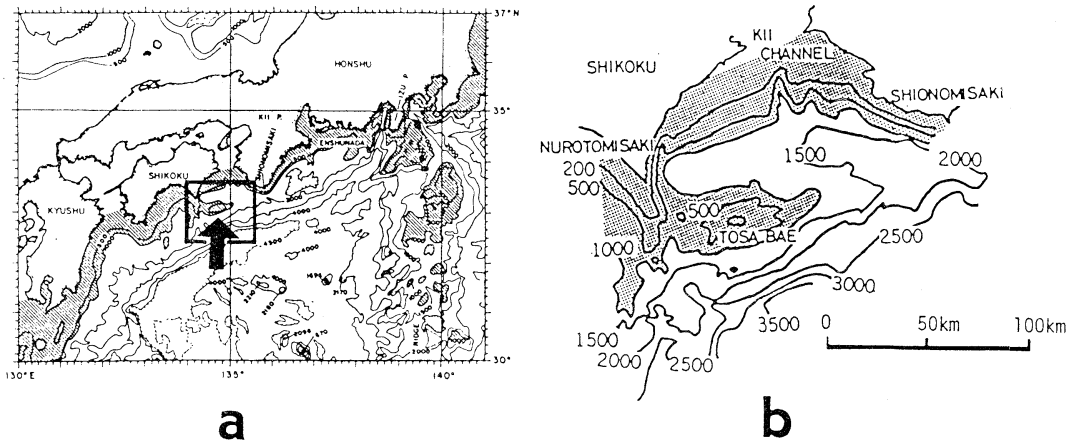


Fig. 1. Bathymetric charts (a) south of Japan (after Taft, 1972) and (b) around the Tosa Bump. The position of the Tosa Bump in (a) is indicated by an arrow. Contours are in meters.

海底地形効果を調べた研究結果の応用などにより、「土佐壱」上には、少なくとも海水面にまで達するテーラーコラムが存在する可能性があることを指摘した。また、「土佐壱」は陸棚斜面上にあるため、「土佐壱」の地形効果によって生じた流れの擾乱は黒潮の一般流と相互作用しながら陸棚斜面に沿って移動することが考えられる。

日本南岸の黒潮流路には、大蛇行流路と非大蛇行流路のいずれかが選択的に見られるが（例えば STOMMEL and YOSHIDA, 1972; NISHIDA, 1982; ISHII *et al.*, 1983）、「土佐壱」はこの2つの流路の分岐点に位置している。「土佐壱」の地形効果が大きい時には、黒潮流路がここで離岸する可能性が考えられ（関根, 1981）、小さい時には接岸の傾向が強くなる。このような点から、「土佐壱」の地形効果は日本南岸の黒潮流路にも影響を及ぼす可能性が高い。

以上の「土佐壱」の地形効果に関する理論的考察に対して、吉岡ら（1986）により初めて1984年4月にテーラーコラムの鉛直構造に注目した観測がなされた。その結果、(i) 水温分布は200m以浅では黒潮の東向きの流れに対応するフロント状をなし「土佐壱」の流れ、密度場に及ぼす地形の効果は小さい、(ii) 200m以深では地形の等深線にほぼ沿うような水温場と流れが卓越し、地形効果の存在が認められた。

本研究は、より詳細な観測により「土佐壱」上のテーラーコラムの鉛直構造と周辺の海域への地形効果の影響を論じたものである。吉岡ら（1986）の観測が4月の表層水温が上昇する期間に行なわれたのに対し、本研究の観測は1985年11月に行なわれ、海面が冷却され水温が下降する期間に対応している。

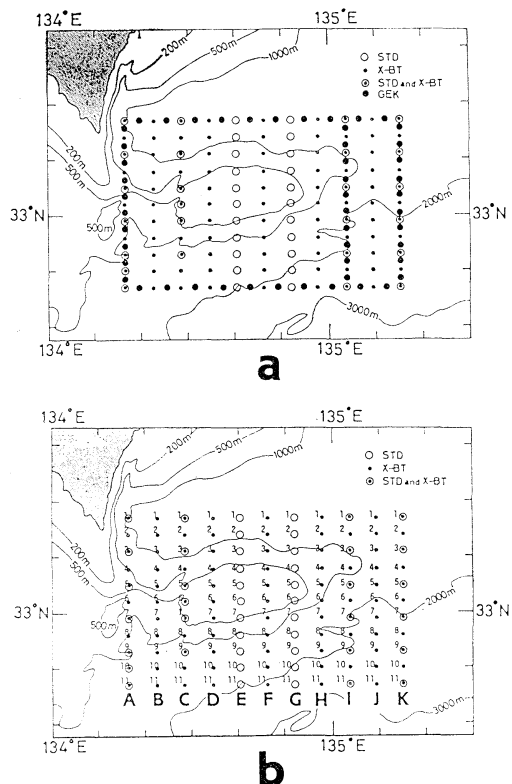


Fig. 2. (a) Stations from November 16 to 26, 1985. (b) Names of observational lines and stations used for the analysis.

## 2. 観測

観測は、1985年11月16日から26日にかけて防衛庁の海洋観測艦「すま」を用いて行なわれた。Fig. 2に本研究

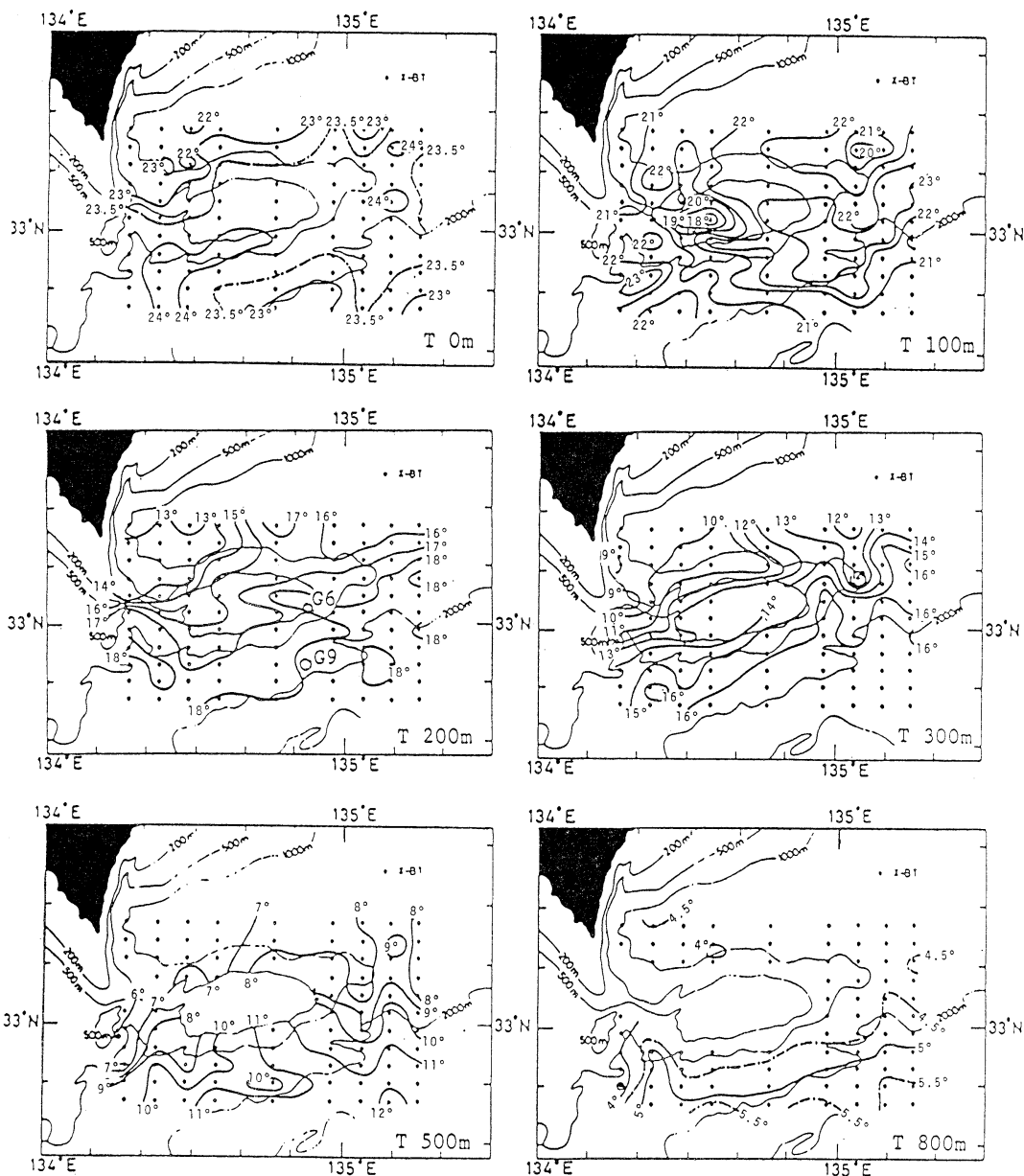


Fig. 3. Horizontal distribution of temperature at depths of 0, 100, 200, 300, 500 and 800 m.

の測点を示す。「土佐簷」の周辺、および黒潮に関して下流にある南北測線 I, K を含む 5 つの観測線上で GEK による測流を行ない、同測線および内部ではなるべく多くの XBT と STD の観測を行なった。すなわち、測線 A, B, C は黒潮の「土佐簷」の地形効果が現われ始める領域を南北に切っており、測線 D, E, F, G は地形効果が最も大きい「土佐簷」の中央部を南北に切る。これに

対して測線 H と I は「土佐簷」の地形効果がやや小さくなる領域にあり、さらに黒潮に対して下流になる東端の測線 J と K は水深が 1000 m 以上の海域にあり、「土佐簷」の海底地形の影響は直接的にはないと考えられる。したがって、測線 J と K は「土佐簷」の地形効果の黒潮下流域への影響、さらには「土佐簷」の地形効果の小さい領域での海洋構造と測線 D-G などの地形効果の

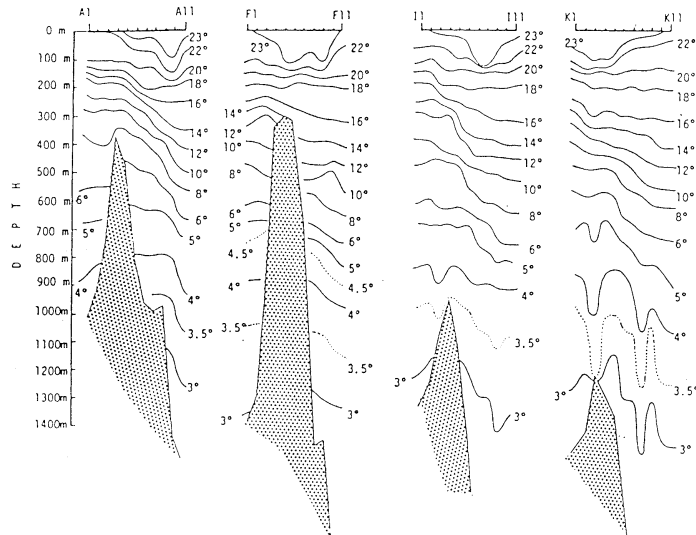


Fig. 4. Temperature cross-sections along the lines A, F, I and K. Lines and stations are shown in Fig. 2.

大きい海域でのそれとの差異などを明らかにするために設定した。観測点は南北に3海里(約5.6km)、東西に5海里(約9.3km)ごとに配置した。

### 3. 観測結果

Fig. 3に0, 100, 200, 300, 500及び800mの水深の水温分布を示した。海面水温は「土佐砦」の海底地形の北側で約22°C, 南側で23~24°Cであり, 南北に大きな水温差は見られない。また, 「土佐砦」の地形の等深線に沿うような形の等温線の分布も存在せず, 海面水温には地形効果の影響はみられない。関根(1984)のパラメータ解析によれば「土佐砦」上のテラコラムは表層に達することが示されたが, 図のような現実の海面水温分布に回転流体力学の理論を適応する場合には, 常に表層混合層の存在を考慮する必要があることが示唆される。本観測の海洋混合層に関する解析結果は関根・松田(1987)にまとめて述べた。

100m深の水温分布では, 「土佐砦」上の水深の浅い所に水温20°C以下の冷水域がみられる。水深500m以浅の領域の「土佐砦」の地形上でこの冷水域は西側の部分に限られ, 東側の部分は22~23°Cの暖水域になっている。黒潮の流れを示す水温フロントは, この深さでもはっきりせず, 南北方向の水温勾配もほとんど認められない。

200m深の水温分布では, 100m深でみられた20°C以下の「土佐砦」上の冷水域がはっきりしない。しかし

「土佐砦」上500m以浅の水深を持つ領域の西側には16°C以下の部分があり, 東側には17~18°Cの比較的高い水温域が見られる。100m深の水温分布と合わせてみると, 「土佐砦」の地形上には西側に冷水渦, 東側に暖水渦が存在していることが示唆される。黒潮の水温フロントについてみると, 200m深では, 100m以浅とは異なり観測域の南北で3~5°C程度の水温差がある。

300m深の水温分布では南北にフロント状の顕著な水温勾配が見られる。南北方向の水温差は「土佐砦」の西側で5~6°C, 東側では3~4°Cとやや小さく, 135°05'E, 33°10'N付近には冷水域が見られる。

500m深では南北に水温勾配を有するフロント状ではなく, 「土佐砦」の地形に関して東西に温度差が著しくなる。例えば「土佐砦」の周囲の約1000mの水深を持つ領域の500m深の水温は, 黒潮の上流域に相当する地形の西側で6~7°Cであるのに対し, 下流側(東側)では10~11°Cになっており, 3~5°Cの差がある。この等深線を切る水温分布は「土佐砦」の地形の西側で低温傾向, 東側で高温傾向を示す。この水温分布は100m深および200m深の水温分布と共通し, 「土佐砦」の地形の西側域(黒潮に関して上流側)に冷水渦, 東側域(下流側)に暖水渦があることが示される。

800m深は「土佐砦」の地形がそれより浅いため, 測点の数が少なくなるが, 等温線は海底地形の等深線に沿う傾向がみられる。特に「土佐砦」の海底地形の南側でこの傾向は顕著であり, 北側では水温はむしろ一様であ

る。このうち南側の南北の水温差は1°C程度であるが、この水深よりも深いところの流れに対してはこの水温勾配の大きさが重要になることが地衡流バランスから推測される。

Fig. 4 に示した鉛直断面分布では、測線 A の断面は上流から流れる黒潮に「土佐壱」の地形が接する海域、測線 F は「土佐壱」の地形のほぼ中央部を切る断面、測線 I と K は「土佐壱」の地形の下流側にあたる海域の断面にそれぞれ対応している (Fig. 2)。測線 A では、南側の観測点 A9-A11 の範囲で海面から 100 m 程度的水深域まで約 23°C の水温の比較的高い領域が見られ、黒潮流軸に沿ってややその南側に位置する最高水温帯に対応する。「土佐壱」の地形の浅瀬よりやや南の 200-500 m 深には水温勾配があり、黒潮流軸を示す。下流に移るにつれて水温勾配はややはっきりしなくなるが、勾配の大きい所が浅瀬に対して北側にシフトしている。500 m 以深でも水温勾配がみられるが、ここで注目したいのは、「土佐壱」の地形の北側では水温勾配が逆になり、等温線が北に行く程深くなることである。同様な水温勾配は他の断面でも共通してみられ、「土佐壱」の地形の等深

線に沿うような傾圧流の存在が考えられる。測線 F では測線 A と比較すると、表層近くの最高水温帯がやや北に移っており、また 200-700 m 深の黒潮の水温躍層がややぼやけている。測線 I での断面では 4-3°C 間で等温線の上下振動が見られる。4, 3.5, 3°C の等温線の上下振動は位相が鉛直方向にきれいに同調している。さらに下流の測線 K の断面では、より著しい等温線の上下振動がみられ、ここでも振動の位相が鉛直方向に同調している。この上下振動は海底地形の頂上近くにもあるが、南側の陸棚斜面上の 1400 m 以深にまで及んでいる。この等温線の上下振動が「土佐壱」より下流域にのみ存在し上流域に見られないことから、地形の影響によって生じた内部波のような擾乱が黒潮の流れによって下流にトラップされたものと推測される。

Fig. 5 に 100, 200, 500, 800 db 面での密度 ( $\sigma_T$ ) の水平分布を示す。黒潮系水の中であれば T-S 図を用いて塩分値を水温値より求めることも考えられるが (TAKANO *et al.*, 1981), 「土佐壱」周辺では沿岸水の影響も含まれるので塩分の変動が黒潮系水のそれと比較してやや大きい。そこで本研究では、STD 観測点の数は

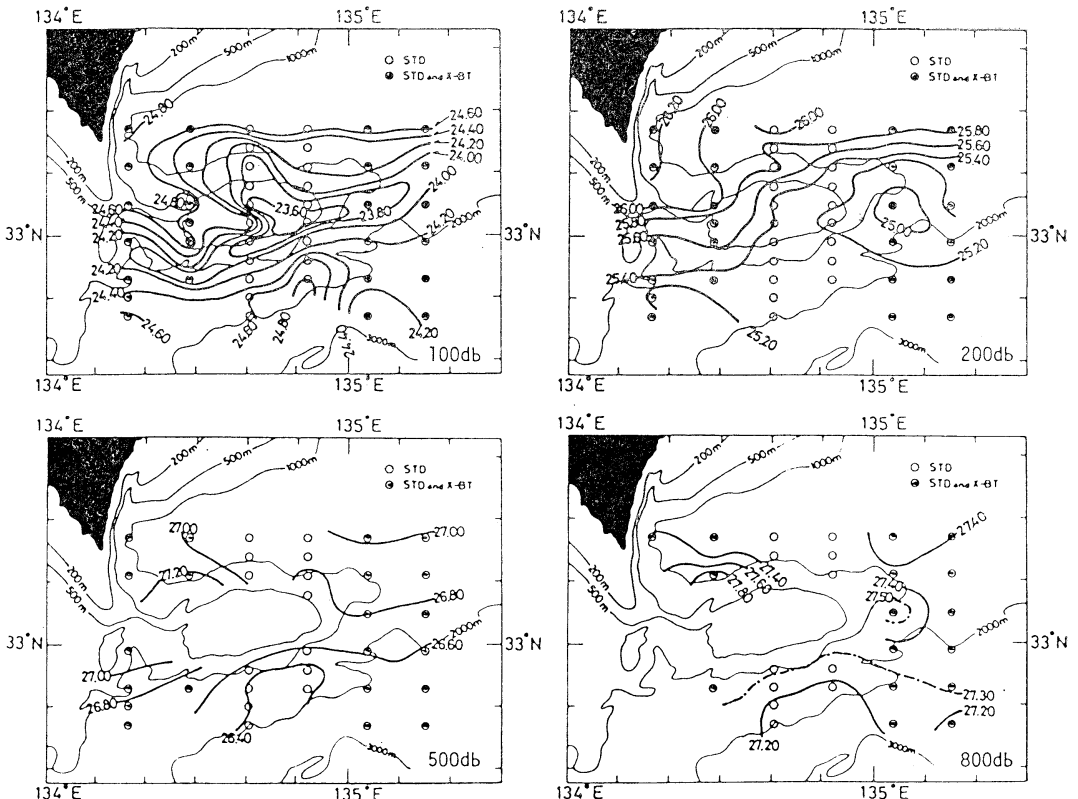


Fig. 5. Horizontal distribution of density ( $\sigma_T$ ) at surfaces of 100, 200, 500 and 800 db.

十分ではないが、塩分は観測値のみに限った。100 db 面での密度分布では、「土佐藩」の地形の東側の浅瀬では低密度であり、西側では高密度になっている。Fig. 3 に示した水温分布と似ているが、 $\sigma_T = 23.60$  の等値線で示される低密度水が「土佐藩」の地形の東側のみに孤立した形で存在することが水温分布とは異なる。200 db 面では密度勾配が南北に大きく、弱いフロント状をした分布が見られる。しかし、「土佐藩」の地形上では西側

で高密度水が南側に、東側で低密度水が北側に張り出しており、100 db 面と同じく地形の東側に低密度水、西側に高密度水が存在することが示される。500 db 面以深では、「土佐藩」の地形の浅瀬より水深が深くなるので側面を成す斜面上の密度をみることになるが、等密度線は等深線に平行になる傾向がみられる。また、「土佐藩」の北西の斜面上に  $\sigma_T$  が 27.2 以上の高密度の水が地形にはりつくように存在している。この高密度水は「土佐藩」の地形の影響で存在するものと推定されるが、詳しい議論は今後の課題である。

本研究での地衡流計算においては、無流面を一つに決めるのは問題があるので、500, 700 および 800 db 面を無流面に仮定した 3 つの場合を比較した (Fig. 6)。500 db 面基準の海面での地衡流分布をみると、「土佐藩」の海底地形の上流側では南側に  $1 \text{ m s}^{-1}$  程度の流れがあり、地形の北側では流れが小さい。これに対して地形の下流側に移るにつれて、黒潮の東向きの流れは北側で顕著になる。最大の流速は約  $2.2 \text{ m s}^{-1}$  である。「土佐藩」の上流側では黒潮流軸が南側にあり、徐々に北側にシフトして地形の下流側では「土佐藩」の北側に流軸がある。これに対して「土佐藩」の地形の南東側を見ると、流れは黒潮とは反対の西向流になっている。700 db 面を基準にした海面の地衡流分布では観測点が少ないが、500 db 面基準のそれと比較して流向に大きな変化はなく、流速の値が少し変わるだけである。同様な傾向は 800 db 面基準の地衡流分布にもみられる。そこで、700 db 面基準の 500 db 面の地衡流分布を求めた (Fig. 7)。「土佐藩」の地形の下流領域では東向きの傾圧流が卓越する。これは、主に黒潮の密度躍層の傾きが 500 db 面以深に及んでいることに関連する (Fig. 4)。「土佐藩」の地形上の観測点では「土佐藩」の地形の周囲を反時計回

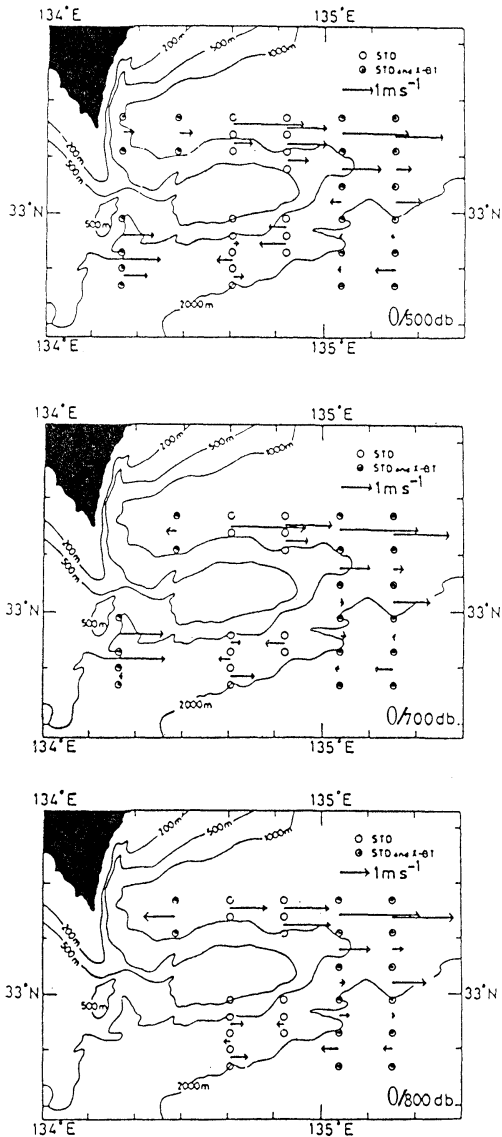


Fig. 6. Sea surface geostrophic velocity referred to 500 db (top), 700 db (middle) and 800 db (bottom).

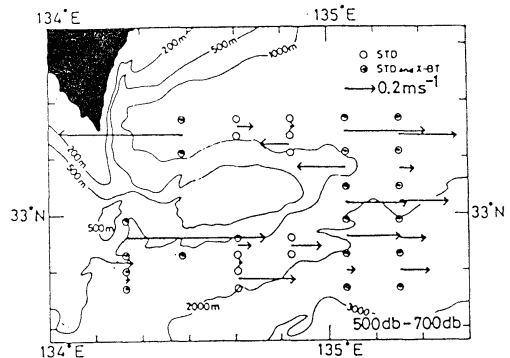


Fig. 7. Geostrophic velocity at 500 db referred to 700 db.



りに回る傾圧流の存在がみられる。この現象は 500 db 面と 700 db 面の間の層について見ると、「土佐壱」の地形上に比較的密度の大きい（比容の小さい）水があり、地形から離れるにつれて密度が小さい（比容が大きい）水が存在することを意味している。100-200 m 深では、Fig. 3 および Fig. 5 に示したように「土佐壱」の地形上に冷水渦と暖水渦が共存する形でみられたが、500-700 m 深では冷水域が顕著な密度分布となっている。

Fig. 8 に本観測で行なった GEK による測流結果を示した。「土佐壱」の地形の上流側（西側）では地形の南側に流速の大きい領域があり、下流側（東側）では地形よりも北側に流速の大きい所がある。この GEK 流速から考えられる黒潮流軸の位置は Fig. 6 に示した地衡流流速による流軸の位置とはほぼ一致する。しかし、最大流速の値は東西成分で比較すると、GEK では  $1.25 \text{ m s}^{-1}$  程度であり、地衡流では 500 db 面基準の海面で  $2.2 \text{ m s}^{-1}$ 、800 db 面基準のそれで  $2.5 \text{ m s}^{-1}$  あり、地衡流のそれよりかなり小さい。GEK 流速では南北の観測点のすべて

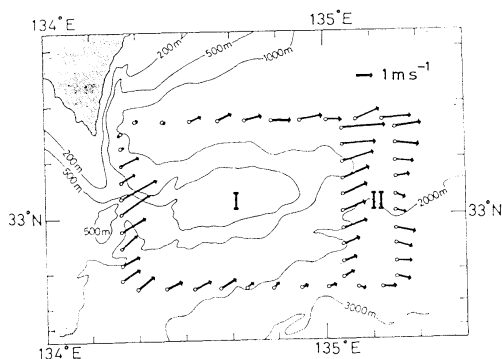


Fig. 8. Velocity vectors by GEK over the Tosa Bump observed on November 19-22, 1985.

Table 1. Geostrophic speeds ( $\text{cm s}^{-1}$ ) referred to GEK values which are assumed to show velocities at 0 db.

Stations	K1-K3	K3-K5	K5-K7	K7-K9	K9-K11
0 db	169	110	61	99	95
100	147	109	60	107	111
200	95	100	57	128	112
300	73	77	34	141	106
400	44	61	7	127	136
500	19	59	-25	115	169
600	5	49	-37	103	164
700	-25	7	12	95	150
800	-44			91	134
900				64	147
1000					75

に関して東向流であるのに対し、地衡流では南端部で西向流となっている。地衡流に現われるこの西向流は、無流面を深くとる程流速値が小さくなること、Fig. 4 に示した水温の鉛直断面（測線 K）の表層近くの北側に  $23^\circ\text{C}$  以上の比較的水温の高い水が厚く存在し、南側には  $23^\circ\text{C}$  以下の北側より低温の水が存在すること、などにより表層近くの 0-100 m 深にある南側が低く北が高いという水温勾配に起因するものと考えられる。この水温勾配は黒潮流軸が北偏したために、この海域が黒潮流軸よりも南側に位置していることに関連する。これに対して Fig. 8 に示した GEK 流速のこの海域での東向流は、表層近くの順圧成分（海面の傾きによる地衡流）によっていと考えられる。したがって、順圧成分の流速値（あるいは、無流面の正確な深さ）を知ることが決定的に重要になる。ちなみに GEK 流速を 0 db での地衡流と仮定して求めた測線 K の鉛直断面の地衡流を Table 1 に示した。この地衡流速では Fig. 6 に示した西向流は見られず、南側の観測点 K7-K9、K9-K11 では東向流となる。前にも述べた通り海面近くの水温分布の影響により、これらの場所では地衡流流速は 100 db 以深で増加する傾向があり、表面流速が最大とはならない。これに対し、北側の領域では水深の深い所で地衡流が西向になる。

上述の地衡流の計算結果にはいずれにしても無流面の仮定が必要であり、絶対流速は何らかの仮定なくしては求まらない。例えば Inverse Method（例えば WUNSCH, 1978）を用いて本研究の絶対流速を求める場合、水温や

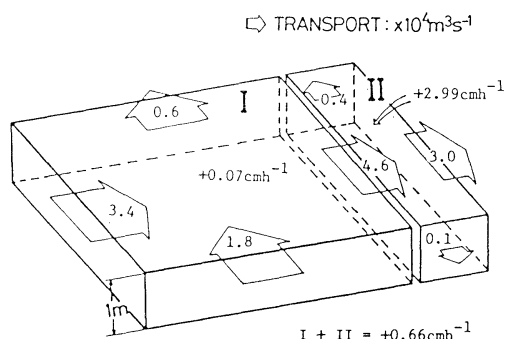


Fig. 9. Volume transport (in  $10^4 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} = 0.01 \text{ Sv}$ ) through the boundary vertical sections with GEK lines. The sea surface height at the boundary needed to estimate the volume transport is assumed to be 1 m. The divergence of water is shown at the center of each region in terms of hourly change for the surface layer. The total divergence is also shown in bottom.

密度の等値面が Fig. 8 に示した領域 I, II で連続でなく「土佐砦」の地形と交差することが多いため、平坦な海域と比較してその適応には困難な点が多い。また、黒潮流路の変動も著しいものがあり(関根・松田, 1987), 観測期間中に流路が変化している可能性があることにより、観測値に質量保存を仮定するには問題がある。その例として GEK 流速による領域内での収束・発散を求めてみた (Fig. 9)。その大きさは領域 (I) では  $0.07 \text{ cm h}^{-1}$ , 領域 (II) では  $3.00 \text{ cm h}^{-1}$  で、いずれもこの領域内への海水の収束が示される。この原因としては、前に述べた観測期間中の黒潮の変動の他に、GEK が絶対流速を与えていない、観測点のメッシュが大きすぎる、などの点も考えられる。今後、これらの問題を解決するためにも数点において直接測流を行ない、「土佐砦」周辺の海底地形上の流れの実体を明らかにすることが強く求められる。

#### 4. 考察

本研究の観測により、「土佐砦」の地形上の水深 100-200 m には黒潮について上流側に冷水渦、下流側に暖水渦が存在することが明らかにされた。HUPPERT and BRYAN (1976) の数値モデル実験結果では、連続成層流の中にガウシアン形の海山が存在すると、その地形効果により冷水渦と暖水渦が形成され、それらは地形上の等深線にほぼ沿うように運動する (Fig. 10)。この運動は地形性ロスビー波としての性格をもつため、地形の水深の浅い方を常に右に見ながら回転するように進む。また、彼らは一般流の流速が大きいと II のように冷水渦のみが地形上に残り、暖水渦は流れ去ることを示した。Fig. 10 に示した I の (d) と II の (b) の等温線の分布は本観測で得られた 100 m および 200 m 深の水温、密度分布と共通するものがある。したがって、HUPPERT and BRYAN (1976) の結果との対応により、黒潮の一般流が地形の効果によって上昇したり下降し、その時の伸縮で冷水渦・暖水渦が形成された可能性が示唆される。吉岡ら (1986) の 4 月の観測では、黒潮に伴うフロント状の水温密度分布が顕著であり、このような 2 つの渦の共存の様子はみられなかった。この周辺の海域が岸に近いので季節変化が外洋域に比較して大きく、また、沿岸水の影響、さらには黒潮流路の変動など多くの要因により「土佐砦」上の水温や流れの構造にいくつかのタイプがあることがうかがわれる。

最近 FUKASAWA and TERAMOTO (1986) は、フィリピン海盆の北側に相当する日本南岸の陸棚斜面上 400 m で直接測流により西向のほぼ定常な深層流が存在するこ

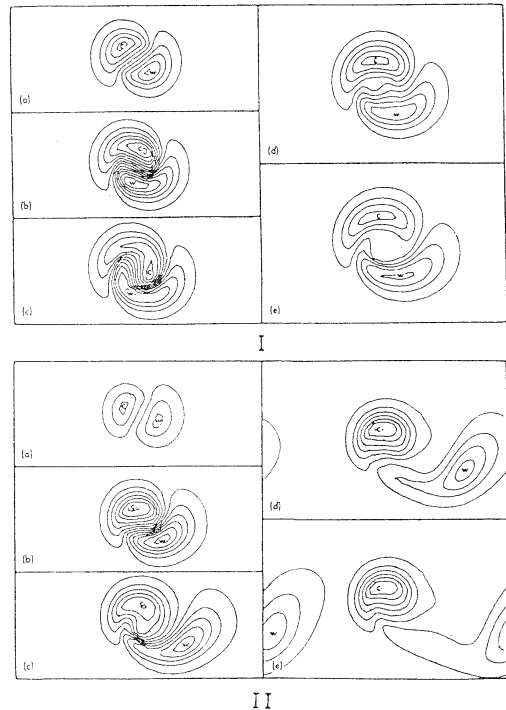


Fig. 10. The solution of numerical experiment on the flow of over a seamount with a peak height of 200 m (after HUPPERT and BRYAN, 1976). Contour shows the isopycnals at a depth of 3720 m. (I) Run with a maximum inflow velocity  $1.0 \text{ cm s}^{-1}$ . (a), (b), (c), (d) and (e) show the patterns of isopycnals with a contour interval of  $\Delta\rho/\rho = 4 \times 10^{-6}$ , 4.6 days, 9.3 days, 13.9 days, 23.1 days and 34.7 days from the initial stage, respectively. (II) The same run except for a maximum inflow velocity  $5.1 \text{ cm s}^{-1}$ . (a), (b), (c), (d) and (e) show the patterns of isopycnals with a contour interval of  $\Delta\rho/\rho = 16 \times 10^{-6}$ , 2.3 days, 6.9 days, 13.9 days, 23.1 days and 34.7 days, respectively.

とを報告している。この深層流の流速の大小に関しては、地衡流バランスの関係より「土佐砦」の南側の水温勾配が重要なパラメータになることが考えられる。Fig. 4 に示した水温の鉛直断面では、黒潮の流れに対応する  $16^\circ\text{C}$  以下の南下がりの水温躍層と、 $22^\circ\text{C}$  以上の海面近くの最高水温帯の南にある北下がりの水温躍層が認められた。黒潮流軸の南北移動によって「土佐砦」の南の深層での圧力傾度が容易に変化することが示唆される。

#### 5. まとめ

1985年11月に本州南岸の四国沖の海底地形「土佐砦」

の上およびその周辺で行われた STD, XBT, GEK 観測から次の結果が得られた。

- (i) 「土佐渚」上の浅瀬 100-200 m の水深には、冷水域が「土佐渚」上の西側（黒潮の流れに上流側）に、暖水域が東側（同下流側）にみられた。非定常状態にあるテラーコラムの1つの形態（例えば HUPPERT and BRYAN, 1976）に対応するものと思われる。
- (ii) 500 m 深では冷水域のみが地形上にトラップされるような形で認められた。特に顕著な冷水域が「土佐渚」の西側の領域に存在し、等深線と等温線が直交する形の水温分布が見られた。「土佐渚」の地形の周囲を囲む 500 m 等深線に沿ってみると、上流側（地形の西側）では 6-7°C であるのに対し、下流側（地形の東側）では 10-11°C で、4-5°C 程度の水温差があった。
- (iii) 800 m 深では、ほぼ等深線に平行となるような水温場・密度場が認められた。「土佐渚」の浅瀬の北西側の斜面上には、低水温高密度の水が存在していた。
- (iv) 水温の鉛直分布では、海面の近くに 23°C 以上の最高水温帯が黒潮流軸のやや南側に認められた。この最高水温帯内の南側には北向きに深くなる水温勾配が認められた。黒潮の水温躍層の傾きは「土佐渚」の西側では地形の南側にあり、東に移るにつれて地形の真上からやや北側に移動していた。500 m 以深の地形の近くにある冷水の等温線の傾きは、地形の南側では南下がり、北側では北下がりであり、等深線に沿う傾圧流の存在が示唆された。
- (v) 「土佐渚」の地形の黒潮の流れに対して下流側の 700 m 以深の深層域には、等温線の上下振動がみられた。この等温線上下振動は鉛直方向に位相が同調している。
- (vi) 800 db 面を無流面と仮定する海面地衡流は、GEK 流速値と比較して約 2 倍程度の黒潮の最大流速を示した。流向でも両者の間に差異があり、地形の南東側で地衡流は西向、GEK は東向であった。

## 謝 辞

本研究の観測は防衛庁の海洋観測艦「すま」を用いて行なわれた。尾山英憲艦長はじめ乗組員の皆様には観測を行なうにあたりいろいろとお世話になりました。深く感謝します。また、東京水産大学の松山優治助教授、京都大学防災研究所の吉岡洋助手ならびに東京大学海洋研究所の深澤理郎博士にはいろいろと有益なコメントをいただきました。記して厚く御礼申し上げます。

## 文 献

- Chao S-Y. and G.S. JANOWITZ (1979): The effect of a localized topographic irregularity on the flow of a boundary current along the continental margin. *J. Phys. Oceanogr.*, **9**, 900-910.
- FUKASAWA, M. and T. TERAMOTO (1986): Characteristics of deep currents off Cape Shionomisaki before and after formation of the large meander of the Kuroshio in 1981. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, **42**, 53-68.
- GREENSPAN, H.P. (1968): *The Theory of Rotating Fluids*. Cambridge Univ. Press, London and New York. 328 pp.
- HOGG, N.G. (1973): On the stratified Taylor column. *J. Fluid Mech.*, **58**, 517-537.
- HUPPERT, H.E. and K. BRYAN (1976): Topographically generated eddies. *Deep-Sea Res.*, **23**, 655-679.
- ISHII, H., Y. SEKINE and Y. TOBA (1983): Hydrographic structure of the Kuroshio large meander-cold water mass region to the deeper layers of the ocean. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, **39**, 240-250.
- JOHNSON, E.R. (1977): Stratified Taylor columns on a beta-plane. *Geophys. Astrophys. Fluid Dynamics*, **9**, 159-177.
- LEGECKIS, R. (1978): A survey of worldwide sea surface temperature fronts detected by environmental satellites. *J. Geophys. Res.*, **83**, 4501-4522.
- NISHIDA, H. (1982): Description of the Kuroshio meander in 1975-1980. *Rep. Hydrogr. Res.*, **17**, 181-207.
- PEDLOSKY, J. (1979): *Geophysical Fluid Dynamics*. Springer-Verlag, New York, Heidelberg and Berlin. 617 pp.
- 関根義彦 (1981): 黒潮大蛇行の力学的研究について. *海洋科学*, **13**, 317-332.
- 関根義彦 (1984): 四国沖の土佐渚が海流に及ぼす影響に関する考察. *防衛大学校理工学 研究報告*, **22**, 71-84.
- 関根義彦, 松田 靖 (1987): 1985年11月の四国沖の海底地形「土佐渚」上およびその周辺の海洋混合層の観測. *海と空*, **63**, 1-14.
- SINGER, J.J., L.P. ATKINSON, J.O. BLANTON and J.A. YODER (1983): Cape Romain and the Charleston Bump: historical and recent hydrographic observations. *J. Geophys. Res.*, **4685-4697**.
- STOMMEL, H. and K. YOSHIDA, eds. (1972): *Kuroshio—Its Physical Aspects*. Univ. of Tokyo Press, Tokyo. 517 pp.
- TAKANO, I., S. IMAWAKI and H. KUNISHI (1981): T-S dynamic height calculation in the Kuroshio region. *La mer*, **19**, 75-84.

- VASTANO, A.C. and B. WARREN (1976): Perturbations to the Gulf Stream by Atlantis II Seamount. *Deep-Sea Res.*, **23**, 681-695.
- WUNSCH, C. (1978): The North Atlantic general circulation west of 50°W determined by inverse methods. *Rev. Geophys. Space Phys.*, **16**, 583-620.
- 山形俊男 (1978): 準地衡流の力学. 号外海洋科学, **2**, 29-45.
- 吉岡 洋, 杉本隆成, 関根義彦, 芹沢重厚, 國司秀明 (1986): 紀伊水道沖の堆「土佐塔」周辺の水溫構造と地衡流分布. 海と空, **61**, 101-109.

## 短 報

### 和歌山沿岸の最大津波溯上高について\*

中 村 重 久\*\*

#### A note on extreme tsunami run-up along the coast of Wakayama, Japan\*

Shigehisa NAKAMURA\*\*

**Abstract:** This work concerns to a survey reports on the extreme tsunami run-up along the coast of Wakayama facing the western North Pacific. In the districts of Tanabe and Shirahama, the extreme is estimated to be about 13 m in 1707 Hoei tsunami. In the district of Kushimoto, the estimated extreme must be more than 17 m at Azumame referring to the confirmed old descriptions and the local legends. Although, a little upheaval should be repeated in Kushimoto at every event of the earthquakes in the past.

#### 1. 緒 言

わが国の沿岸における歴史津波について、これまで多くの調査研究が実施され、その成果は莫大なものとなっている。羽鳥の一連の研究もその一例として挙げることができる(たとえば、羽鳥, 1977)。とくに和歌山沿岸については(羽鳥, 1980), 1707年宝永・1854年安政・1946年昭和の南海道津波について、それまでの地震史料(たとえば、大森, 1913; 武者, 1951)のほか関連市町村の史誌を引用・調査してとりまとめている。

ただ、著者の最近の収集資料や踏査結果によれば、従来の津波の溯上高について改訂の必要のある例が目につく。中村(1984a, b, 1985, 1986, 1987a, b, c)は、その改訂の力学的根拠を明らかにしようと努め、検証を試みてきた。本文では、和歌山沿岸のうち、とくに、田辺湾奥および串本付近の既往最大津波溯上高に焦点をしばって検討した結果を中心にして、その要点を述べ、津波災害に対する対策のひとつのよりどころを与える。

#### 2. 田辺湾奥の津波溯上高

羽鳥(1980)による大阪府・和歌山県沿岸の宝永・安政南海道津波の調査報告は詳細なものであるが、1987年の時点でみると、一部に十分ではないところが目につく。

中村(1984, 1987b)によれば、田辺市立図書館所蔵の史料からみて、1707年宝永の津波の最大溯上高は13 mと推定される。田辺市内の大湊神社・東光寺の現地踏査、および田辺湾のように外洋に広く口を開いた湾に侵入する波の応答特性の数値モデル(NAKAMURA, 1987c)をあわせ考えても矛盾しない。この数値モデルの結果は、田辺湾には唯一の共振周期があって、その周期が津波によって増幅されやすいことを示している。田辺湾奥で、ほとんど同じ場所が、1707年・1854年・1946年・1960年に津波の被害をうけている過去の事実と数値モデルの結果とはよく一致している。この数値モデルによれば、白浜町の網不知でくりかえし津波による浸水があったことも説明できる。

田辺湾奥の新庄地区については、1946年の津波の後、土盛式津波防潮堤が国道42号線沿いに設けられたほか、港湾施設についても対策が施され、津波防潮水門が設けられた。

\* 1987年6月2日受理 Received June 2, 1987

\*\* 京都大学防災研究所附属白浜海象観測所,  
〒649-22 和歌山県西牟婁郡白浜町堅田畑崎  
Shirahama Oceanographic Observatory, Disaster  
Prevention Research Institute, Kyoto University,  
Katada-Hatasaki, Shirahama, Wakayama, 649-22  
Japan

### 3. 串本の津波湖上高

羽鳥 (1980) は、串本地域についても、串本町誌などを参考にし、また、相田勇・三好寿両氏と同行して現地を踏査している。しかし、著者の目からみれば、なお不明瞭な記述や誤りが含まれている。

すでに、中村 (1984a) が田辺湾について述べているように、串本地区でも津波の被害のみられる場所は、どの津波についてみても共通しているという特徴がある。た

だ、十分な資料が揃っているわけではないので推測によらざるを得ないところもある。ここでは、1987年5月までに著者が収集した資料と踏査した結果とにもとづいて、1707年・1854年・1946年・1960年の津波で少なくとも1回浸水被害のあったと推定される範囲を、Fig. 1のように黒で塗りつぶした。このために、串本町管内図(2万5千分の1)を利用した。黒で塗りつぶしたところの海岸線は現在では護岸・防波堤などで十分に津波に対す

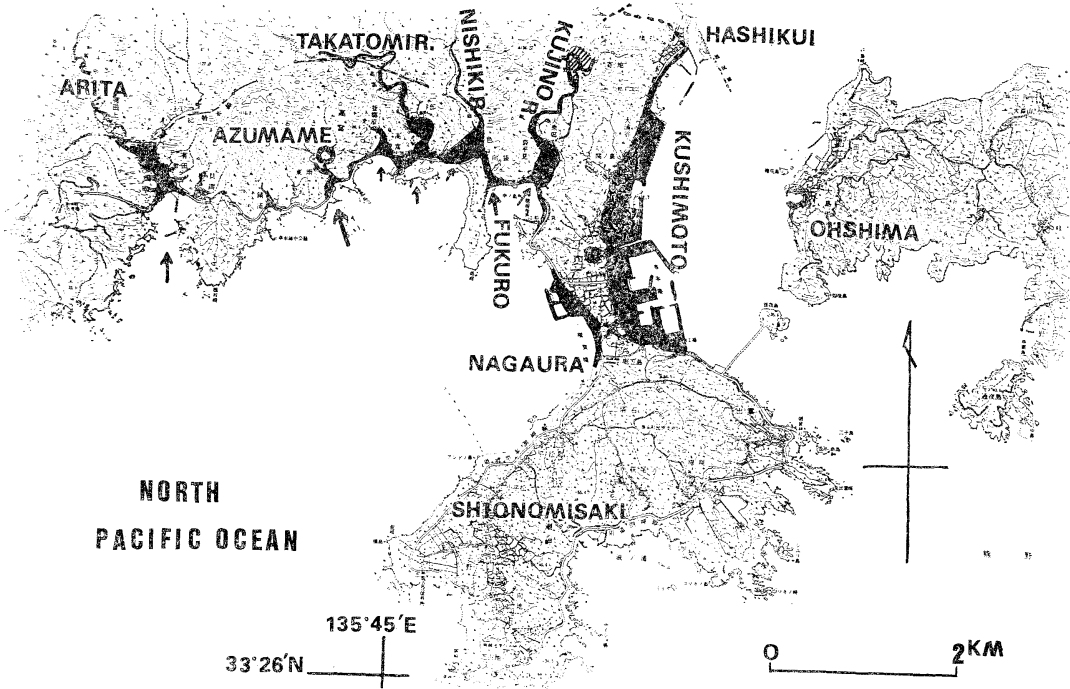


Fig. 1. Tsunami inundations and run-up in Kushimoto.

Patches in éncre de chine show the areas where the tsunami inundated or run up at the seismic events in 1707, 1854 and 1946.

Open circle: the location of Azumame-Kaimonan where the ground level is 16.5 m above the datum level and the estimated extreme run-up in 1707 must be more than 17 m high.

Solid circle: the present location of Muryoji-Temple which had been in Azumame first by the time of the 1707 tsunami's action to wash away the temple's housing and has rebuilt in the present area.

Cross: the location of a single tall and old tree (more than 1000 years old by 1925), which was taken to be oldest in the eastern Asia in 1932 and in the world in 1933. This tree is called as Byaku-shin in Japanese (identified to be *Juniperus chinensis* L.) and it had already a branch of 70 m long and its stem was 5.5 m round at the level of about 1 m high above the ground level in the eleventh century. This tree must tell us the history of the past events, if its growth rate could be obtained by any harmless technique.

Arrows in the coastal water zone: the estimated directions of the tsunami front propagation. Hatched area: the location of the rice fields in Yoriji of Kujinokawa where Hachiman Bridge is crossing the river (Kujinokawa) at a distance of 2 km from the river mouth. Although, the colony of Kujinokawa is at a distance of 3 km from the river mouth so that it is more easy to get there crossing a hill from Hashikui by a 1 km walk.

る対策ができていものと考えられる。ただし、現存の海岸構造物が1707年クラスの津波に完全に対処できるとは考え難い。その理由は以下の通りである。

(1) 平常でも波浪が大きいところでは、標高の高い場所を住居などに利用している。人口密集地および港湾など交通の起終点は低地帯にある。とくに近年、埋立地造成が顕しい。これに相当するのは、Fig. 1 の串本港周辺・橋杭地区・大島港・那賀浦などである。

(2) クジ野川は袋港に河口をもつ川であるが、羽鳥(1980)は“クジ野川の集落には橋杭から山越えしてはいり……”と記している。和歌山県串本土木事務所によれば、袋から串本東岸にほぼ平行して約1km西方を北へとクジ野川を溯上できる(cf. Fig. 1)。図中のハッチング(斜線部)が八幡橋のある低地帯(小字寄地)である。寄地では、クジ野川の右岸で9m、左岸で10.7mに田地がある。

(3) 袋港の北西部は向袋とよばれている。1946年の津波は、向袋からその北西方の二色の集落へと向い、二色川からの津波と合流して、二色川河口から約600mの位置の神社の前まで溯上したと、古老は語る。その時、古老はその神社から約150m上流の法雲寺に居た。和歌山県の測量によれば、向袋・二色間の路面は、中程の位置で6.73m、二色寄りで8mであり、上述のことをあわせて考えると、二色川流域の溯上・浸水高は少くとも8mでなくてはならない。

(4) 高富川については、なお詳細は不明であるが、和歌山県の測量結果などをあわせ考えると、少くとも5mまで溯上・浸水したと推定される。

(5) 小字東雨については、著者の測量結果から、既往最大津波湖上高は、少くも最低干潮面上17mでなくてはならない。これは和歌山県の測量図を参考にしても妥当な推定と考えられる。

このような推定の背景について、以下に簡単に記す。

無量寺創建は東雨海門庵にはじまる(串本応挙芦雪館編, 1986)とされているが、その年月は不詳とされ、元龜・天正・文禄・慶長の頃とみられている。現在の海門庵(Fig. 1の白丸印)すなわち当時の無量寺は、1707年(宝永4年)大津波により流失、1725年(享保10年)無量寺本堂庫裡の仮堂建立。1786年(天明6年)無量寺の本堂(現在位置)再建されるとされている。串本町旧家の記録(無量寺所蔵)によれば、1853年(嘉永6年)庫裡改修・1856年(嘉永9年)“本堂コトゴトク大ニ朽及ビシタメ改作ス……”とある。嘉永9年は、正しくは安政3年とみるべきである。これによって、無量寺は1854年

現在の位置(Fig. 1の黒丸印)で南海道地震の影響を受けたことが明らかとなる。すなわち、1854年には無量寺は海拔約5mの現在位置にあったが、1707年には小字東雨に海門庵として存在していたということである。

事実、現地踏査により、海門庵(Fig. 1の白丸の位置)を中心として、その周辺は苔むしてはいるが堅固な石積の囲いがあり、最近の簡単な子安地藏の祠とみるわけにはいかない。高富地区の区長・稲生正三郎氏によれば、海門庵流失以前には、東雨の地に多くの人々が集り住んでいて、その他の地に人は住んではいなかったと伝えられているということである。なお、無量寺には石造の阿弥陀像が保存されており、「無量寺創建のときより東海(海門庵)に伝えられ、宝永4年(1707年)の大津波のあと袋より無量寺へ移された。……」と説明がある。

地震学的にみれば(たとえば、佐々, 1951; KANAMORI, 1973)、地震の前後に顕著な地殻の変動があらわれ、その変動の一部は地震の痕跡として残るとされている。とくに、串本や室戸は大地震ごとに隆起してきた様であるが、この変動に比較しても東雨海門庵(海面上16.5m)を流失させた津波の湖上高は少くとも17mと考えなくてはならない。なお、現在のところ、1605年(慶長9年)の津波(たとえば、羽鳥, 1975)による被害があったかどうか、あるいは、それ以後の創建かはわからない。流失はすべての過去の記録を消し去ってしまっている。

(6) 潮崎本之宮神社は、現在の和歌山県立串本高等学校の北側に隣接した地にあり、海拔4.9mである。この神社の境内には巨大な柏嶺(びやくしん)がある。これは大正14年和歌山県により天然記念物指定(樹高16m, 周囲8m, 樹令1000年以上)となった。これは“白河法皇行幸当時(西暦11世紀)周囲1丈8尺(5.5m), 枝多き中一枝東に延び榮え長さ40余間(70m)受木20本, 法皇大いに愛せられ珍木との御言葉あり”とされている。昭和7年には、山形・秋田のものより大きく日本一、黄河中流のものとは比べても東洋一ではないかといわれ、昭和8年には、ノルウェー・スウェーデンのものよりも大きく世界一とみなされている。この柏嶺の年輪に、過去の歴史津波の影響があるかどうか大変関心のあるところであるが、現在なお、緑葉をつけている。その位置はFig. 1に×印で示した。

(7) 有田地区では、1853年(安政元年)の例について「中村文書」(中村博二氏所蔵)の安政改元甲寅同乙卯年・地震津浪乃記が有田浦庄屋許として残されている。著者はこの写しを山出泰助氏の御好意により参考にすることができた。現在の有田地区は、河口部を除いて、防

波堤・護岸等の設備がととのい、沖からの津波に十分対処できるものと考えられる。しかし、河口部からひとたび侵入した津波はこれらの設備によって貯留されることになり、侵入した堤内地の海水の排除に一考を要するのではないかと感じる。

#### 4. 結 言

わが国の沿岸のなかでも、とくに、和歌山沿岸の既往最大津波湖上高に焦点をしぼって検討した。田辺湾奥および串本町東雨では、それぞれ 13 m および 17 m 以上という値が推定され、その妥当性も調べられた。ところで、既往最大津波がすべてのものを流し去ったときは、東雨の例のように、流失以前の記録をたどる手段がない。一方、田辺湾奥の例のように、地形の影響が関与して、津波のたびに被害が生じる地域はくりかえし損害を蒙る。

本文での検討の結果をもとにして、津波による災害により適切な対策が講じられることになれば幸と考えている。

#### 謝 辞

本文をとりまとめるにあたり、貴重な資料の利用および現地調査に御配慮いただいた和歌山県串本土木事務所・串本町役場建設課および串本町史編さん室・無量寺境内串本応挙芦雪館・串本町高富地区の区長 稲生正三郎氏、その他多くの方々に心から感謝の意を表す。

(追記) なお、本文中、樹木和名“柏楨”について、東京水産大学の有賀祐勝教授ならびに京都大学農学部演習林白浜試験地の御配慮を得て、上原敬二著“樹木大図説”，大井次三郎著“日本植物誌”のほか、朝日新聞社刊行物などを参考にしたところ、この柏楨の学名は *Juniperus chinensis* L. と推定される。

#### 文 献

- ANON. (1946): The earthquake and seismic wave of April 1, 1946. *Earthquake Notes*, **18**, 10-11.
- 羽鳥徳太郎 (1975): 明応7年・慶長9年の房総および東南海海道大津波の波源. 東京大学地震研究所彙報, **50**, 171-185.
- 羽鳥徳太郎 (1977): 歴史津波. *イルカぶっくす* **10**. 海洋出版. 125 pp.
- 羽鳥徳太郎 (1980): 大阪府・和歌山県沿岸における宝永・安政南海道津波の調査. 東京大学地震研究所彙報, **55**, 505-535.
- KANAMORI, H. (1973): Mode of strain release associated with major earthquake in Japan. *Ann. Rev. Earth Planet. Sci.*, **1**, 213-238.
- 串本応挙芦雪館編 (1986): 串本応挙芦雪館収蔵品図録. 139 pp.
- 三好 寿 (1977): 津波. *イルカぶっくす* **12**. 海洋出版. 126 pp.
- 武者金吉 (1951): 日本地震史料. 毎日新聞社. 757 pp.
- 中村重久 (1984a): 田辺・白浜における津波について. 京都大学防災研究所年報, (27B-2), 591-610.
- 中村重久 (1984b): 津波の古記録とその意義について. *La mer*, **22**, 69-72.
- 中村重久 (1985): 和歌山県日高川の津波史料について. *La mer*, **23**, 26-31.
- 中村重久 (1986): 巨大津波の前駆異常音について. *La mer*, **24**, 48-52.
- 中村重久 (1987a): 和歌山の歴史津波. 月刊地球, **9**, 220-224.
- NAKAMURA, S. (1987b): A note on numerical evaluation of tsunami threats by simple hydrodynamic and stochastic models referring to historical descriptions. *Bull. Disaster Prevent. Res. Inst., Kyoto Univ.*, **31**, 1-18.
- NAKAMURA, S. (1987c): Response of wide-open bay in a numerical model. *Marine Geodesy*, **11**(4). (accepted for publication).
- 乗富一雄 (1984): 1983年日本海中部地震による災害の総合的調査研究. 386 pp.
- 大森房吉 (1913): 本邦大地震概説. 震災予防調査会報告, **68乙**, 179 pp.
- 佐々憲三 (1951): 大地震. *アテネ文庫*, **161**. 弘文堂 73 pp.



## 資 料

### フランス海洋情報(4)

#### Informations océanographique de France N° 4

##### 一般 INFORMATIONS GENERALES

##### 1. “青い”ヨーロッパ: 5年間で8億5千万エキュ\*

(Europe bleue: 850 millions d'écu sur cinq ans)

これは、ブリュッセル(EC本部)が加盟12ヶ国に漁業の構造改善(漁船, 養殖, 人工魚礁など)のために、この程呈示した予算額である。漁業委員会新委員長であるポルトガルのカルドソ・E・クンガ氏(Cardoso E. CUNHA)によれば、増額要求のポイントは、ECの拡大に伴いEC漁船国は7万8千隻を擁するに至った、つまり7割も増えたことにある。この予算は、12ヶ国の賛同を得たのち、年内に採択されるはずである。

##### 2. EC海洋研究所の設立(Caéation d'un "institut communautaire de recherche marine")

ヨーロッパ議会は、10月、EC海洋研究所創設のための答申案を採択した。この答申案は、「海洋学が、今や、われわれ各国の個別の努力では越え難い域に達している」との確認から出発している。言いかえれば、海洋学には金が掛りすぎて一国の手に余るということである。統一行動は、とりあえず、科学的研究のみに絞られよう。中でも、国際的レベルでの諸調査団の企画と、その成果の十分な相互交換、データ・バンク(漁業気象情報、汚染など)の相互連結、共同のプログラミングである。

##### 3. “ユーレカ”と海洋汚染(Eurêka et la pollution des mers)

去る6月30日の第三次“ユーレカ”会議は、62の新企画を採択した。うちひとつがヨーロッパの海の汚染についての研究で、“ユーロマル”(Euromar)と命名され、9年間にのべ1億6千4百万エキュの予算がつけられた。関連する国は、西ドイツ、デンマーク、フィンランド、オランダ、ノルウェー、トルコである。

##### 4. 1987年度海洋庁予算(Budget 1987 du Secaétariat d'Etat à la mer)

この予算は商船業界の再編成を優先課題としているもので、とくに社会福祉の面で船員障害保険: ENIM

(Etablissement national des Invalides de la marine)が果している役割を強化するために、総額5億5千5百万フランのうちの3億7千5百万フランが当てられている。ENIMは、事実上、海運業界の社会保障機構である。反対に、海上警備とケサン Quessant(ブルターニュ最西端)灯台建築の中止もあって、海上施設は大幅の減となっている。ゲレク(GUELLEC)海洋庁長官は、また、国際寄港料の全自由化を示唆した。

##### 農水産物関係 AGRO-ALIMENTAIRE

##### 5. SIAL: 第12回国際食品博覧会(SIAL: deuxième Salon International de l'Alimentation)

第12回の博覧会が10月20日から24日まで、パリで開催された。FIOM(海産物振興財団)も、加工、保蔵、卸、協同組合からの多数の業者とともに、当然のことながら参加した。テリース、パテ、ムースそれに冷凍および缶詰食品が花ざかりの加工食品部門には、あまり目新しいものはなかったが、海藻部門では新製品(後述8)が目目をひいた。これを機会に、また、ヨーロッパ市場に対するECによる来たるべき諸決定にフランスとしても十分な対応を計るため、食品関係法規の大幅な改正が論じられた。

##### 6. 海産物実験振興センター(Un centre d'expérimentation et de valorisation des produits de la mer)

このセンターは、ノール県、バ・ド・カレ県、IFREMER、および産業界の音頭で、ブローニュ・シュール・メール商工会議所内に設立された。資料・情報の収集と技術養成が主眼であるが、企業からの要請があれば製品の品質や保存の検査に必要な細菌学的・化学的分析をも食品の衛生・安全基準適合検査と合せて行える専門研究室を持っている。年末には実験棟が完成し、そこには冷凍・乾燥・燻製・滅菌・殺菌、魚肉加工、調理済み食品低温保蔵のための諸設備と、一貫したモデルラインが設置されよう。海産物のイオン化といった全般にかかわる研究も予定されている。

\* 1 écu=7 FF.

## 7. フランスにおける漁業とその二次生産物 (La pêche et ses sous-produits en France)

海産物におけるわが国の貿易赤字 (60億フラン: 1985年度) は、サケとかエビなどの高級品の輸入が主な原因だが、二次産品にも責任があり、たとえば魚粉である。魚粉の世界の生産高は4百万トンにのぼるが、そのうち、わが国の生産高はたったの2万トン、日本、チリ、ソ連はそれぞれ90万トン、80万トン、60万トンとなっていて、フランスは需要を満たすために毎年5~6万トンを輸入している。加えて、もうひとつの問題は、フランスで生産される魚粉はワタ抜きされた魚で作られ、魚全部を使う他の国のものに比べて蛋白質に乏しいことである。

生産の主力は、当然のことながら、二大漁港にあり、ブローニュ港 (マンシュ県東) には CFPP (漁業生産物処理組合) が、ロリアン港 (大西洋ブルターニュ南部) にはコンパニー・デュ・ポワソン社 (Compagnie du Poisson) がある。

これらの二大食品加工会社は、今日、業務を多様化しており、可溶性濃縮魚肉蛋白質 CPSP も生産している。この蛋白質は、魚粉の加工分解生成物から、酵素を使い、脱イオン化操作を加えることによって濃縮される (魚骨にはミネラルが豊富)。CPSP は、水産養殖で稚魚など稚仔期動物の消化のよい餌として利用されている。もうひとつ有望な製品は付着肉 (pulpe) で、これは食用となる。魚骨に付着して残った肉からこれをとり出す方法の研究が進められており、ロリアンのアトランティック・マレ社 (Atlantic-Marée) も積極的だ。現在のところ、ヒレ肉をおろした残りを5~10kgの量にまとめて試作が行われている。商業ベースにのせるための最大の課題は、大変厳しい衛生安全規準をどうクリアーするかである。

## 8. 海藻業界に新風 (Du nouveau dans l'industrie des algues)

わが国の海藻生産は、北部ブルターニュの80人の海夫によって細々と行われて来た。1985年の生産高は、コンブ6万2千トンであった。ランデルノーのソバルク社 (SOBALC) とラニリスのセカ社 (CECA) がこれを引き取り、アルギン酸塩の生産に主に利用してきたが、海藻類がポピュラーになってきたこともあって、これによる農業、化粧品、食品の分野への進出を狙って多くの会社が生まれている。その例をふたつあげる。アルゴテルム社 (ALGOTHERM): ソバルク社の系列会社で、1984年発足。400種類の製品を出しているが、総売上高の54

%を占めている化粧品に海藻を応用している。プロデュイ・ド・ラルモラルグ社 (Produits de l'ARMORALG): 某化粧品メーカーの最近設立された系列会社だが、こちらは食品で、今年の国際食品博覧会 SIAL に初めて出品した。品目は、海藻入りマスタード、味付コンブ、コンブ酢 "Vinalg" で、それぞれがコンブ *Laminaria digitata* をベースにしたもので、フランスの伝統的食卓に完全にマッチしている。

## 漁業と養殖 PECHES ET AQUACULTURE

### 9. 魚の流通: 通信網による新データ・バンク (Une nouvelle banque de données télématique pour la filière poisson)

“ページュ・マリティーム” (Pêche Maritime) と呼ばれる全国規模の新しいデータ・バンクが、商工会議所によってこの程設置された。ロリアン、ブローニュ、カンペールの3市に置かれ、魚の生産 (漁獲および養殖) から消費者への販売にいたるまで、国際的、全国的、地域的情報を P.T.T. の情報通信網 “ミニテル” (Minitel) にのせて提供する。

### 10. バクテリアと共生 (Bactéries et symbiose)

深海への潜水が可能になったことで、1977年以来、太陽エネルギーと光合成に全くよらない生物群の存在が知られている (書評欄、下記、参照)。これらは、とりわけ海底熱水資源に集中している。熱水に含まれるミネラル化合物を基にしてバクテリアが行う化学合成によって生命を保っているが、このようなバクテリアと生物その共生は、光合成の不可能な場所に棲息する種に限られていると思われて来た。ところが、マリー・ニ・ピエール・キュリー大学と CNRS の研究者達がバニュルス・シュール・メール (地中海) 沿岸でバクテリアが浅海産二枚貝の一種と共生しているのを発見した。このバクテリアは鰓の中の袋状部にコロニーを作っていて、かれらの生成する化合物が (貝はとうぜん消化管をもっているから) その内臓から発見された。

### 11. 鰻の増殖: どこまで進んだ? (Reproduction des anguilles: où en est-on?)

今日でも、世界のウナギの資源は、海での自然増殖に完全に頼りきっている。今までのあらゆる研究にもかかわらず、実験室での増殖は成功はおろか観察されてもいない。フランスでこの問題が実験研究され始めたのは50年前で、当時のパリ博物館の生理学実験室の Maurice FONTAINE 教授とそのチームは、1936年に雄の、1964年には雌の性成熟化に、生殖腺に刺戟を与えることで成功した。この研究は、性的未成熟は生殖腺刺戟ホルモン

機能の欠陥によるという仮説を打ち出させたが、1980年と同じ実験室の Yves Alain FONTAINE 教授とそのチームによって引継がれ、この欠陥が確かに存在することが標識免疫法によって証明された。しかし、これだけではある種のサケ類と異って生殖腺の未発育を説明するのに十分ではない。ここでは、生殖腺ホルモン機能の二つの前春機発動期障害が明らかにされた。ひとつはゴナドリベリン (Gn RH: 生殖腺刺激ホルモンの分泌を促し、視床下部から出る) の産生欠除、もうひとつはドーパミン(脳神経活動に不可欠のアミン)による Gn RH の活動阻止である。しかし、これらの結果を踏えた実験でも、実験室の鰻を性成熟させることはできなかった。

実際、生殖のための回遊時に介入してくる外的要因が生殖腺ホルモン機能の前春機発動期のブロックを解くことに深くかかわっているとみられる。鰻がこの時深海に行くらしいことを併せ考えると、水圧は最大の要因のひとつと思われる。ひとつの実験は、海底 450 m に置いたメス鰻が3ヶ月後に卵巣発育の兆をみせたことを証明しているし、このことは地中海の 870 m の海底でのもうひとつの実験で再確認されている。また、三大洋に棲息する鰻の全種の生活サイクルの生態学的観察結果は、海溝が鰻たちの生殖にとって適切な場であるとの仮説を可能にしている。

照会先: Prof. Y.A. FONTAINE/Dr. S. DUFOUR  
Laboratoire de Physiologie Générale,  
Muséum National d'Histoire Naturelle,  
7, rue Cuvier, 75005-Paris

## 12. 淡水: 漁業高等委員会 (Eaux douces: le Conseil Supérieur de la Pêche)

フランスでは、淡水魚漁は本質として大変ポピュラーなレジャーであり、450万人が楽しんでいる。行政的性格のこの機構は、漁番と警察を介して漁全体の運営に当たるとともに、認可団体に対して研究や技術開発を行ったり財政的援助を与えることで、養殖業の推進と効率化をめざしている。

照会先: Conseil Supérieur de la Pêche

10, rue Pecllet, 75015-Paris

海洋技術 TECHNOLOGIES OCEANIQUES

## 13. ランス川ダム20年後 (Le barrage de la Rence 20 ans après)

ランス川 la Rance (サン・マロ近く) 河口の潮力発電所は、20年間無事故で運転中である。発電量は予想されたよりも多めで、採算が取れているが、環境面ではどうか。ディナール Dinard の自然史博物館 (MNHN) 所属

海洋観測所は、C. RÉTIÈRE 氏の下で建設開始以来ずっと追跡調査を続けて来た。建設工事中(1963~99)、海から遮断され、干潮時海水面に対して +8.5 m の水位に保たれていた河口では、淡水化現象が起き、多くの甲殻類、貝類、海藻類が死滅した。発電所が動き始めるや海水は塩分を回復し、生物達の生活も再開されたが、後者がノーマルな水準に戻ったのは10年後の1976年からであった。レティエール研究室の結論によると、生態系は課せられた変化に常に迅速に対応するが、平衡をとり戻すには多くの時を要する。

## 14. フランス海軍装備隔年博覧会: 海洋最先端技術のショーウィンドウ (Exposition biennale des matériels et armements français pour les forces navale: vitrine des technologies avancées dans le domaine maritime)

この海軍博覧会は、単に“武器市”に止まらず、海洋分野への最先端技術の応用成果をひとまわりする機会をも提供してくれる。いくつか例を挙げよう。

実験潜水艇 (COMEX 社): 350 m まで潜ることができ、沖合でのあらゆるジャンルの探査に利用できる。

海中推進機 “ビスク 01 (Bisque 01)” (調査研究技術局 DREF): 海底のあらゆる物体の探知が可能。

“正面画像 imageur frontal”: 医療の超音波画像法から応用されたもので、エレクトロニクスによる可聴音排除装置を備え、海底のきわめて正確な描写が可能。

宇宙衛星による探査システム “アルゴス (Argos)” の海洋生物学への適用で、オサガメ、マッコウクジラ、ピンナガマグロなどの大回遊性動物にラジオビーコンをつけて追跡調査を行う。

## 15. プリンピキア社の水力学ソフト (Un logiciel d'hydrodynamique chez PRINCIPIA)

この会社が開発したソフト “ディオドル (Diodore)” は、旧来のものより 20~100 倍のスピードを備えている。年末には商品化されよう。このソフトで、同社はすでにいくつかの特許を申請しているが、そのうちのひとつは波動減衰器で、海上輸送や海上での工事の安全確保に役立つ。また、波動発生器もあり、長波長において最大効率を発揮する。これは、ラ・セース (地中海岸) に設けられる実験水槽に使われる。ラ・セースは、ファースト計画 (Project First) の一環として 1988 年に活動を開始する予定の海洋実験基地である。

照会先: PRINPICIA Sophia Antipolis,

B.P. 22, 06560-Volbonne

**16. オセアノ・インスツルメンツ社 S20開発, HYTEC 両社の製品を販売へ (OCEANO-INSTRUMENTS commercialise les produits d'S20 Développement et de HYTEC-Hydrotechnologie)**

フランスのソフト開発メーカー S20 開発社と海底器機メーカーである HYTEC 社の製品を, OCEANO グループが扱うことで, 最近, 3社は合意した。

S20 開発社は, 二つのソフトを開発している。“ノーチラス (le Noutilus)”。これは, 海上航行, パイプの敷設, 鑿井機械設置位置測定, 海底地震監視, 水深測量, カソード防食用などのソフトである。“ネモ (Nemo)”: こちらは, 航行コントロールの高度のシステムと海洋気象資料の収集と処理のためのソフトである。

HYTEC 社の方は, 12種の水中テレビカメラを出している。“ノーチラス号”に現在搭載されているテレビカメラは同社のものである。また, 海底車“ハイテック号 (Hytec)”も開発しており, 400 m までの海底の探査が可能で, ブラシング装置一式とマルチ機能 (研磨, 切断, 穿孔) を備えている。

**17. 大型旅客帆船 (Paquebot de croisière à voile)**

ル・アーブル造船所は, Wind Star Sail Cruise 社 (米, マイアミ) に “Wind Star 号” の引き渡しをこの程行った。この船には, 2000 m<sup>2</sup> の帆が4本のマストに分けて装備されている。“Wind Song 号” と “Wind Spirit 号” の2隻の帆船も, これに続くはずである。

**18. 個人向け潜水艇 (Sous-marin pour particulier)**

水中建築の専門家である André Gass 氏が, “ネモ号 (Némo)” と名づけた半潜水艇を発表した。大きな風船状の部分が, 海面下 60~80 cm に来る。上部が沈まない一種のブイになっていて, 居場所を知らせる。4~6人を乗せることができ, 6時間の自力航行能力を持っている。3枚羽根のスクリューと 9 kW iso/96 V の電動モーターで推進する。船の大きさ: 長さ 4.90 m, 幅 3.70 m, 高さ 2.50 m。速力は, 水上で4ノット, 水中で2ノット以上である。レジャー向けにも, 実用にも, 研究用にも利用できる。価格は25万フランで, 1987年6月から発売される予定である。

**19. 英仏間2000メガワット (2000 mégawatts entre la Grande-Bretagne et la France)**

フランス電力 EDF は英国国営電力会社 CEGB と協力して, 直流で 2000 メガワットの送電が可能な4組の海底ケーブルの敷設計画に25億フランを投資している。

海底の掃除後のケーブル埋めこみの力仕事を受けもっているのは, “カプトガニ limule” の愛称 (このカニは

日本でとてもポピュラー) を持つキャタピラー付の機械である。46トンあるこのパイロットの乗った機械の役目は, 海底に深さ 1.5 m 幅 60 cm の溝を掘ることで, 海上の船に結ばれていて, 12時間連続で働くことができる。また, この計画が生んだ最新の機械は潜水艦 CRHAB (Câble Repair Habitat) で, 埋設されているケーブルの補修が専門である。ナントにある ABC 造船所の設計・建造 (重量 18 t, 長さ 11 m, 幅 8 m) で, 二つのコンパートメントから成っている。エレクトロニクスとビデオを装備した操縦室であるコントロール・ケーンと奥行 7 m の作業室で, ここで空気圧を使ってケーブルの修理が行われる。

**学会だより NOUVELLES DES ASSOCIATIONS**

**20. クストー海洋学センター設立 (Un centre océanographique Cousteau à Paris)**

クストー海洋学センターが 1988 年初めバりに誕生する。3階建て総床面積は 7,800 m<sup>2</sup>, 1日 8千人の見学者を迎えることができる。敷地はパリの真ん中のレ・アル地区で, ル・モンド・ド・ラ・メール (Le Monde de la mer) の本部のすぐ傍である。クストー財団とパリ市と銀行グループの一致した意志で1984年に生れたこの計画は, 完成後のプログラムとして次のものを予定している。様々な催し物, 海中・海底風景のシミュレーション, 25 m のクジラの体内見学, 水の三態 (気・液・固) に関する展示, 海底ドキュメンタリー映画の放映など。

**21. GABIM 学会近況 (Journées du GABIM)**

海洋生物学の発展をめざす集まりであるこの学会 GABIM (Groupement pour l'avancement de la biologie marine) は, 1970年発足以来, 毎年, テーマを特定して専門家達の会議を主催している。今回はルモー l'Houmeau 海洋観測所 (南西海岸) において, 「沿岸及び運河における栄養網の生化学的過程」をテーマとして開催される (1986年11月19~22日)。去年の学会での全報告は, 「海洋環境における栄養摂取と遺伝—生化学的アプローチ」という題で, オセアニス誌 (Revue Oceanis) にこのほど掲載された (Vol. 12, Fasc. 4, 1986)。

照会先: GABIM, a/s J.M. PIONETTI

Quai de la Daurade, 84200-Sète

**22. U. O. F.: フランス海洋学者ユニオン (U. O. F.: Union des Océanographes de France)**

1969年発足のこの学会は, 現在 200 を越える会員を擁して, 毎年, 二つの科学イベントを主催している。

(1)新進海洋学者フォーラム。

(2)科学討論会; 第13次討論会は, 1987年3月5・6日,

## 学 会 記 事

1. 昭和62年5月29日 東京水産大学において評議員会が開かれた。議事は次のとおり。詳細は総会記事(別項)参照。

- 1) 昭和61年度会務報告(庶務, 編集)
- 2) 昭和62年度学会賞受賞候補者選考経過報告
- 3) 昭和61年度収支決算案審議および監査報告
- 4) 昭和62年度事業計画案審議
- 5) 昭和62年度収支予算案審議
- 6) 昭和63年度学会賞受賞候補者推薦委員会委員選出
- 7) 日仏学術シンポジウムについて

2. 昭和62年6月1日 日仏会館会議室において昭和62年度日仏海洋学会学術研究発表会が開かれた。発表題目と発表者は次のとおり。

1. 1986年8月の関東, 東海地区にある主要河川水の海洋への流出状況  
 ……関根義彦, 木下 章, 松田 靖(防衛大学地学科)
2. 黒潮大蛇行に伴って生じる大冷水塊の形成・維持・消滅過程(I) ……関根義彦(防衛大学地学科)
3. 海洋環境における物質循環に対する微生物の役割  
 I. マンガン酸化バクテリア

……………竹松 伸(理化学研究所)

4. ケモスタットを用いた細菌成長速度の測定(2)  
 ……長 沼 毅・関 文威(筑波大学生物)

5. 洞峰沼における植物プランクトンの分布構造  
 ……鈴木哲裕・関 文威・高野健三(筑波大学)

6. マントヤムシにおける精子の放出  
 ……永沢祥子(東京大学海洋研究所)

7. 赤潮生物 *Gymnodinium nagasakiense* の分裂日周性 ……安達六郎(三重大学水産学部)

8. 冷水性貝類の姉妹種群から見た本邦太平洋岸漸深海帯の生物地理, 特に例外的なアヤボラとカプトアヤボラの分布について ……堀越増興(千葉大・理・生物)・土田英治(東大海洋研)

9. 魚礁モデルを用いたイセエビ (*Panulirus japonicus*) の空間選択性について ……綿貫 修・伊藤 円・渡邊精一・高木和徳(東京水産大学)

10. 小型船(漁船)の津波避航 ……佐藤孫七

3. 昭和62年6月1日 日仏会館会議室において第28回総会が開かれた。議事の概要は次のとおり。

1) 昭和61年度会務報告

- a) 庶務  
 会員移動状況

	61年4月	退会	入会	62年4月
名 誉 会 員	2	—	—	2
正 会 員	349	15	13	347
賛 助 会 員	22	—	10	32

活動状況

評議員会 1回, 総会 1回, 学術研究発表会 1回, シンポジウム 1回, 講演会 2回, 学会賞授与 柳 哲雄氏(愛媛大)。

b) 編 集

編集委員会 2回, La mer (うみ) 24巻 2, 3, 4号, 25巻 1号発行。

2) 昭和62年度学会賞受賞候補者選考経過報告(詳細は 4. 参照)

3) 昭和61年度収支決算報告および監査報告(下表のとおり)

昭和61年度収支決算			
収 入		支 出	
項 目	決算額(円)	項 目	決算額(円)
前年度繰越金	3,271	学会誌等印刷費	1,863,000
正会員会費	1,948,000	送料・通信費	242,135
賛助会員会費	620,000	事 務 費	574,140
学会誌売上金	207,090	交 通 費	66,440
広 告 料	258,600	会 議 費	6,572
著者負担印刷費	123,818	学会賞経費	71,880
雑 収 入	200,453	雑 費	1,600
		繰 越 金	535,465
計	3,361,232	計	3,361,232

4) 昭和62年度事業計画案審議

下記原案どおり承認された。

幹事会 4回, 評議員会 1回, 総会 1回, 学術研究発表会 1回, シンポジウムおよび講演会の開催, 学会誌の発行(4号), 海洋水産用語集(仮称)の編集, 学会

パリの海洋研究所 (Institut océanographique) で持たれる。テーマ: 海洋学におけるサンプリング, トレーサーと指標

また別に, U. O. F. は海洋研究雑誌 “Journal de Recherche Océanographique” (季刊) を出しており, 海洋学の全分野に関係する科学論文を掲載している。

照会先: Union des Océanographes de France,  
Institut Océanographique,  
195, rue St. Jacques, 75005-Paris

新刊紹介 NOUVEAUX LIVRES

23. 『海底のオアシス』 *Des oasis au fond des mers*  
Lucien LAUBIER (IFREMER 高等科学参事官) 著。  
J. M. Pérès 序。

ガラパゴス諸島近くの 2500 m の深海底の温水源に隣接している場所に動物の群生が発見されたのは1977年のことである。みずからもこの共同体を現場で観察した著者は, 間違いなく今世紀の生物学的大発見のひとつとなされたこの年を軸にして, これ以前とこれ以後の深海生命の発見史を本書で述べている。次に, 彼は, バクテリアによる化学合成過程の可能性と, これまでに探査された深海底別に, そこに棲息する生物を描写している。その中には有名な有鬚動物リフチャ *Riftia* がいて, これはおそらく自分が宿しているバクテリアを栄養源として生きている。また, 大きな二枚貝であるカリプトゲナ *Calyptogenia* もとりあげている。この貝も化学合成を行うバクテリアと共生していると推測されている。こうした動物群生の発見は, 最近のものは, 1985年夏, 日本海溝での研究計画 “海溝 (KAIKO)” 中でなされたが, 地殻の陥没の起きている全域で見られる可能性がある。海溝は地球全体で延べ 4500 km にわたっていると予測されるから, 発見は始められたばかりなのである。

照会先: Editions Le Rocher  
28, rue Conte-Félix-Gastaldi, Monaco

24. 『養殖』 (全2巻) *Aquaculture Vols. 1 et. 2.*  
Gilbert BARNABÉ (ラングドック理工科大学海洋生物学研究施設) 編。Yves SILLARD (IFREMER 所長) 序。

今日の養殖の全貌を見渡している共著による全2巻の大著。近々, 英訳も予定されている。主な内容: 第1巻, 技術, 軟体動物養殖, 甲殻類飼育; 第2巻, 魚類養殖, 世界の養殖, 養殖便覧。

照会先: Editions Lavoisier,  
Collection Technique et Documentation,  
11, rue Lavoisier, 75384-Paris Cedex 08

25. 『ニューカレドニア礁湖産ヒトデ・ウニ・その他の棘皮動物』 *Guide des étoiles de mer, oursins et autres échinodermes dans le lagon de la Nouvelle-Calédonnie*

共著者: Alain GUILLA (MNHN Paris),  
Pierre LABOUE (ORSTOM-Nouméa),  
Jean Louis MENO (ORSTOM-Nouméa)

ヌーメア ORSTOM センターの海中写真資料を元にした共著で, 240 種類が紹介されている。全般的な解説 (形態学, 生物学, 生態学, 採取法および保存法) と, 二分法による索引付で, 一部分は仏英の対訳になっている。

照会先: Editions de l'ORSTOM  
70, route d'Aulnay, 93140-Bondy

26. 『熱帯アフリカ西岸の海産魚類』 *Poissons de mer de l'ouest africain tropical*

熱帯アフリカ西海岸沿いに分布している 230 種の魚類について書かれている。種の判定基準, 生物学上の特質, 行動, 地理的分布, 漁獲が, アフリカでの呼び名とともに, 図版とさし向いで述べられている。調理法もついている。

照会先: Editions ORSTOM (上記に同じ)  
(文責 嶋野徹夫)

【後記】 フランス速報 Flash-France N° 3 (1986年11月15日付) の全項目の翻訳である。

賞授与。

5) 昭和62年度収支予算案審議

下記原案どおり承認された。

昭和62年度収支予算

収 入		支 出	
項 目	予算額(円)	項 目	予算額(円)
前年度繰越金	535,465	学会誌等印刷費	2,900,000
正会員会費	2,082,000	送料・通信費	300,000
賛助会員会費	570,000	事 務 費	650,000
学会誌売上金	250,000	交 通 費	100,000
広 告 料	300,000	会 議 費	30,000
著者負担印刷費	350,000	学会賞経費	75,000
雑 収 入	30,000	予 備 費	62,465
計	4,117,465	計	4,117,465

6) 昭和63年度学会賞受賞候補者推薦委員会委員(下記15名)選出の報告

阿部友三郎, 有賀祐勝, 石野 誠, 井上 実, 鎌谷明善, 高野健三, 竹松 伸, 谷口 旭, 永沢祥子, 中村重久, 根本敬久, 松生 治, 村野正昭, 森田良美, 柳 哲雄

7) 日仏学術シンポジウムについて

会長から経過報告と会員の参加協力について依頼があった。

総会終了後, 谷口 旭会員(代理佐々木 洋氏)への学会賞授与と受賞記念講演(代読)が行われた。引続いて懇親会が別席で開かれ, 盛会裡に終了した。

4. 昭和62年度日仏海洋学会賞

受賞者: 谷口 旭(東北大学農学部)

受賞課題: 植食性プランクトンの生産生態に関する研究

**推薦理由:** 海洋の基礎生産は, もっぱら表層に分布する微細な植物プランクトンによって果されている。したがって, 海洋の植食者の主体は, 表層に浮遊しつつ微細な植物を摂食するように適応した浮遊摂食性の動物プランクトンとなっている。そして, この植食性プランクトンが介在することによってはじめて, 基礎生産物のエネルギーは高次生産層へと転送されることが可能になっている。このような姿は“海はプランクトンの世界”であることを示していると考えて, あくまでも植物プランクトンとの関係を重視しながら, 谷口旭博士は, 植食性動物プランクトンの生産生態について論議を展開している。

谷口博士の研究歴は, 南北両太平洋の西側をカバーする海域の基礎生産力に関する調査から開始された。巨視的にみれば, 基礎生産力の地理的変動は表層海流系の地理区分とほぼ軌を一にすることを認め, 次いで各海流系ごとに平均化された基礎生産量と植食性動物プランクトンとの相関関係を吟味した。それ以前にも, 植物-動物プランクトン関係は, 現存量による比較ではなく, 生産量の比較によって吟味されるべきであるとの提案はあったが, 広範囲の海域をカバーして, その吟味を行なったのは谷口博士の研究が最初であるといってもよいであろう。そこでは, 異なる水温の海域に産する異なった体重組成の植食性動物プランクトン群集の食物要求量を推定する際に, 水温の高低と体重の大小の影響に対する考慮が払われた。その結果, 次のことが明らかにされた。(1) 単位植物プランクトン量によって支えられる植食性動物プランクトンの量は, 以前からいわれていたように, 富栄養海域でより多く, 貧栄養海域ではより少ない。(2) しかし, 植食性動物プランクトンの食物要求量をとれば, それは植物プランクトンの生産量(基礎生産量)と正比例の関係にある。(3) 貧栄養の低緯度海域における植食性動物プランクトンの体サイズが小型であり, 富栄養の高緯度海域では逆であることの適応価値についても論議された。特定の種を用いて実験室内で行なう飼育実験に比較すれば, データの精度は決して高くはないし, 小さな時間空間スケールでの現象は無視されているが, 海洋低次生産層を大局的に把握する点での成功は評価されよう。

上記の成果を基礎として, 谷口博士の最近の研究は次の2つの目標に向っているように見える。第一は, 植物および植食性動物プランクトンの生産にみられる地理的特性を, 水産海洋学的側面から評価する試みである。この分野では, 東北海区に発達する海洋前線域におけるプランクトンの小規模分布の研究を行なっている。その結果, 前線域に集中分布するプランクトンはあっても, その密度は北方冷水域にみられる密度をこえることはまれであり, したがって, 前線域が浮魚類の好漁場になる主な理由は, 水温障壁等の物理条件にあるらしいことが示された。

第二は前述の研究に内在する方法論上の弱点に関する再吟味ともいえるものである。すなわち, 前の研究ではネット動物プランクトンが扱われており, 微小動物プランクトンは含まれていなかった。谷口博士は, ふたたび広範囲の海域における微小動物プランクトン

の現存量を調査する一方、飼育実験によってその生産生態についても研究している。その結果、(1) 微小動物の量は富栄養海域で多く貧栄養海域では少ないが、ネット動物に対する相対比では、この傾向が逆になること、(2) 微小動物の潜在的な摂食、代謝・生産能力は極めて高いが、反面餌料条件に応じて容易に変化する事、および(3) 微小動物の生態効率は極めて高く、総生産効率( $k_1$ )は70%をこえることもありうることなどが明らかにされた。微小動物プランクトンの研究は、一方では赤潮原因藻に対する摂食圧との関係でも進められており、この分野の発展も期待されよう。

以上の研究成果は La mer はじめ内外の刊行物に多数の論文として公表されたほか、フランス・ヴィルフランシュにおける国際会議等でも発表された。これらの業績は高い評価を受け、他研究者による引用も多い。ここに谷口旭博士を日仏海洋学会賞の受賞候補者として推薦する所以である。

5. 昭和62年8月10日 東京水産大学において幹事会(第2回)が開かれた。主な議事は次のとおり。
- 1) 日本学術会議第14期会員選出にかかわる学術研究団体の登録申請(6月29日)
  - 2) 講演、協賛依頼等  
第3回ライフサイエンス講演会(理研)(7月28-29日)  
第8回国際原生動物学会議(1989年7月11-19日、筑波大学)
  - 3) 日仏共同研究事業計画助成について(申請者 青木三郎(東洋大))
  - 4) 研究会等の開催案内  
日本鋳業会関東支部62年度第1回研究会(8月28日)  
—海のエネルギー・資源に関する研究会—  
国際赤潮シンポジウム(11月10-14日)
  - 5) 日高海洋科学賞受賞候補者推薦依頼(締切11月30日)
  - 6) 日仏海洋水産用語集(仮称)編集について
  - 7) 日仏学術シンポジウムについて  
会員を対象としたアンケートの結果およびこの日14時から行われた準備委員会の検討結果に基づいて、日本側の提案準備をすすめることとなった。  
日仏学術シンポジウムに関するアンケート結果  
(昭和62年7月14日)

回答者数 22名

特に関心のあるテーマに ● を(3つ以内)、関心のあるテーマに○を(数に制限なし)記入。

	●の数	○の数	計
(1) 塩素含有温排水の水系に及ぼす影響	1	4	5
(2) 養殖における温排水利用	2	5	7
(3) 増養殖におけるバイオテクノロジー	3	3	6
(4) 水産蛋白質の加工		2	2
(5) 漁業調整と資源管理; 管理型漁業における効果的選択基準の選択	2	5	7
(6) リモートセンシングとその海洋における応用	10	4	14
(7) 海底熱泉が海棲生物に与える影響	3	3	6
(8) 海洋鋳物資源	4	1	5
(9) 水理計測機器	3	5	8
(10) 海藻の増殖と利用, 特に Sargassum	1	6	7
(11) 沿岸海域の整備開発, 特に人口島	1	8	9
(12) Marine Ranching にかかわる海洋環境	9	5	14
6. 退会			
増沢 寿, 長谷川英一, 沼田貞三, 大木紀子, 赤松英雄, 川原田裕, 日本テトラポッド(株), (株)中村鉄工所, 古野電気(株), (株)ユニオンエンジニアリング			
7. 受贈図書			
日本学術会議月報 28(5, 6, 7)			
海洋産業研究資料 18(3)			
海洋牧場ニュース 5			
鯨研通信 (368, 369)			
東海大学海洋研究所年報 (8)			
東海大学海洋研究所研究報告 (8)			
航海 (92)			
なつしま (88, 89)			
研究実用化報告 36(5, 6, 7, 8)			
広島日仏協会報 (97)			
農業土木試験場場報 (49)			
農業土木関係研究成果情報 昭和60年度			
国立科学博物館専報 (19)			
神戸気象台彙報 (206)			
JODC ニュース 34			
横須賀市博物館研究報告 (34)			
横須賀市博物館資料集 (11)			
養殖研究所研究報告 (10, 11)			
養殖研ニュース (12, 13)			



横浜港検疫船原簿 1  
 海洋地質図 29, 30  
 千葉県水産試験場研究報告 (45)  
 沿岸域利用と管理  
 日本プランクトン学会報 34(1)  
 日仏水産増養殖シンポジウム集録 (1)  
 山東海洋学院学報 17(2)  
 科学通報 32(8~12, 14, 15)  
 海洋与湖沼 18(1, 2)  
 韓国海洋学会誌 22(2)  
 Beit. Meereskunde (56)  
 Ann. L'inst. océanogr. N.S. 63  
 Bienn. Rept. (Israel)  
 Reproduction and Culture of Milkfish  
 Aquaculture of Milkfish  
 Geol. Amenag. Littoral (41)

日仏海洋学会役員・評議員

(昭和 61~62 年度)

顧 問 ユベール・プロシエ ジャン・デルサルト  
 ジャック・ロベール アレクシス・ドランデ  
 ール ベルナル・フランク ミシェル・ル  
 サージュ ロベール・ゲルムール ジャック・  
 マゴー レオン・ヴァンデルメルシュ

名誉会長 オーギュスタン・ベルク  
 会 長 宇野 寛  
 副 会 長 高野健三, 内田 宏  
 幹 事 (庶務) 須藤英雄, 有元貴文; (会計) 松生  
 治, 高橋 正; (渉外) 高木和徳, 佐伯和昭;  
 (研究) 関 文威, 小池勲夫; (編集) 有賀  
 祐勝, 山口征矢  
 監 事 久保田 穰, 辻田時美  
 評 議 員 青木三郎, 青山恒雄, 阿部友三郎, 有賀祐勝,  
 石野 誠, 磯 舜也, 市村俊英, 井上 実,  
 岩井 保, 内田 宏, 宇野 寛, 岡市友利,  
 岡部史郎, 岡見 登, 小倉通男, 加藤重一,  
 梶浦欣二郎, 鎌谷明善, 川合英夫, 久保田穰,  
 黒木敏郎, 西条八束, 佐伯和昭, 坂本市太郎,  
 坂本 亘, 末常泰男, 須藤英雄, 関 文威,  
 平 啓介, 高木和徳, 高野健三, 高橋 正,  
 多紀保彦, 谷口 旭, 辻田時美, 寺本俊彦,  
 鳥羽良明, 冨永政英, 永田 豊, 奈須敬二,  
 奈須紀幸, 西沢 敏, 根本敬久, 野村 正,  
 畑 幸彦, 半沢正男, 日比谷 京, 平野敏行,  
 増沢謙太郎, 松生 治, 丸茂隆三, 三浦昭雄,  
 村野正昭, 森田良美

## 賛 助 会 員

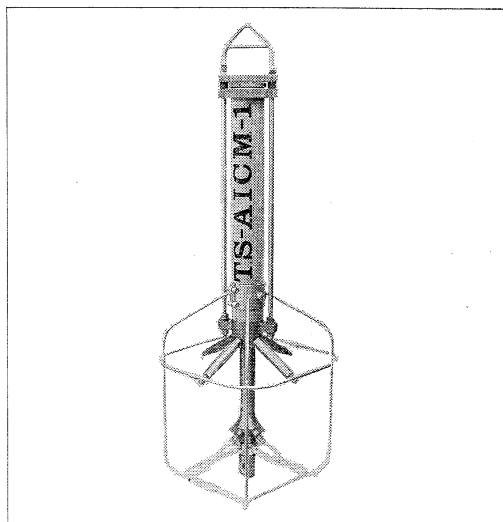
- |                 |                                |
|-----------------|--------------------------------|
| 旭化成工業株式会社       | 東京都千代田区有楽町 1-1-2 三井ビル          |
| 株式会社旭潜研         | 東京都北区栄町 9-2                    |
| 阿部嘉方            | 東京都練馬区春日町 2-15-6               |
| 株式会社内田老鶴園新社 内田悟 | 東京都文京区大塚 3-34-3                |
| 有限会社英和出版印刷社     | 東京都文京区本駒込 6-15-10              |
| 株式会社オセアノート      | 東京都世田谷区北沢 1-19-4-202           |
| 小樽船用電機株式会社      | 小樽市色内町 3-4-3                   |
| 海上電機株式会社        | 東京都西多摩郡羽村町栄町 3-1-5             |
| 株式会社川合海苔店       | 東京都大田区大森本町 2-31-8              |
| 三信船舶電具株式会社      | 東京都千代田区神田 1-16-8               |
| シュナイダー財団極東駐在事務所 | 東京都港区南青山 2-2-8 DFビル            |
| 昭和電装株式会社        | 高松市寺井町 1079                    |
| 新日本気象海洋株式会社     | 東京都世田谷区玉川 3-14-5               |
| 全日本爬虫類皮革産業連合会   | 東京都足立区梅田 4-3-18                |
| 高岡屋             | 東京都台東区上野 6-7-22                |
| 株式会社鶴見精機        | 横浜市鶴見区鶴見中央 2-2-20              |
| 株式会社東京久栄        | 東京都中央区日本橋 3-1-15 久栄ビル          |
| 株式会社東京久栄技術センター  | 埼玉県川口市柴鶴ヶ丸 6906-10             |
| 東京製綱繊維ロープ株式会社   | 東京都中央区日本橋本町 1-7-1              |
| 株式会社東急フーズミート    | 東京都品川区東品川 4-10-21              |
| 中川防蝕工業株式会社      | 東京都千代田区神田鍛冶町 2-2-2 東京建物ビル      |
| 株式会社西日本流体技研     | 長崎県佐世保市棚方町 283                 |
| 日本アクアラング株式会社    | 神奈川県厚木市温水 2229-4               |
| (財)日本気象協会研究所    | 東京都千代田区麹町 4-5 海事センタービル内        |
| 日立造船株式会社        | 広島県因島市土生町2274-1                |
| 因島工場バイオ事業部      |                                |
| 北斗理研株式会社        | 東京都東村山市多摩湖町 1-25-2             |
| 丸文株式会社          | 東京都中央区日本橋大伝馬町 8-1              |
| 三井海洋開発株式会社      | 東京都千代田区一ツ橋 2-3-1 小学館ビル         |
| 宮本悟             | 東京都中央区かきどき 3-3-5 かちどきビル (株本地郷) |
| 吉野計器製作所         | 東京都豊島区駒込 7-13-14               |
| 株式会社読売広告社       | 東京都中央区銀座 1-8-14                |
| 株式会社離合社         | 東京都文京区本郷 6-19-7                |
| 渡辺機開工業株式会社      | 愛知県渥美郡田原町神戸大坪 230              |
| 株式会社渡部計器製作所     | 東京都文京区向丘 1-7-17                |

# T.S三次元超音波流向流速計

T.S 3-DIMENSIONAL ACOUSTIC CURRENT METER AICM-1

## 特 徴

- 微弱流から強流まで高精度で計測可能。
- 3次元 (X.Y.Z成分) 流速測定。
- 内蔵ICメモリ方式  
(記録の信頼性向上、容量の増大)
- 簡便なDATA処理  
データ読出し用インターフェースに接続するだけで、データを直接お手持ちのパーソナルコンピュータに取り込み (RS232C)、各種の処理を行なうことができる。



## 装置仕様

測定性能	流向 0~360° 流速 0~300cm/sec
測定精度	流向 ±5° 流速 1cm/sec (0~40cm/sec) 指示値の2.5% (40~300cm/sec)
分解能	流向 0.1° 流速 1mm/sec
記録間隔	連続、5分、10分 (外部より任意に選定可)
記録時間	50時間、1ヶ月、2ヶ月
記録方式	ICメモリ

## 環境性能

耐温度	項 目	動作時	保存時
	流向流速計	-2~35°C	-30~+45°C
	データ読出し用インターフェース	+10~+45°C	-30~+45°C

耐湿度	項 目	動作時	保存時
	流向流速計	海 中	35~95%
	データ読出し用インターフェース	35~85%	35~95%

耐圧力	項 目	接触流体	圧 力
	流向流速計	海 水	0~31 kgf/cm <sup>2</sup>
	データ読出し用インターフェース	空 気	一気圧

寸法重量	機 器 区 分	数量	寸 法 (mm)				重量 (kg)
			高さ	幅	奥行	最大径	( )は水中
	流向流速計 (設置架台を含む)	1	980	/	/	370	13 (10)
	データ読出し用 インターフェース	1	40	150	100	/	

T.S.K

株式会社 鶴見精機

横浜市鶴見区鶴見中央2丁目2番20号

☎(045)521-5252(代)

FAX045-521-1717 テレックス3823750 TSK JPN J

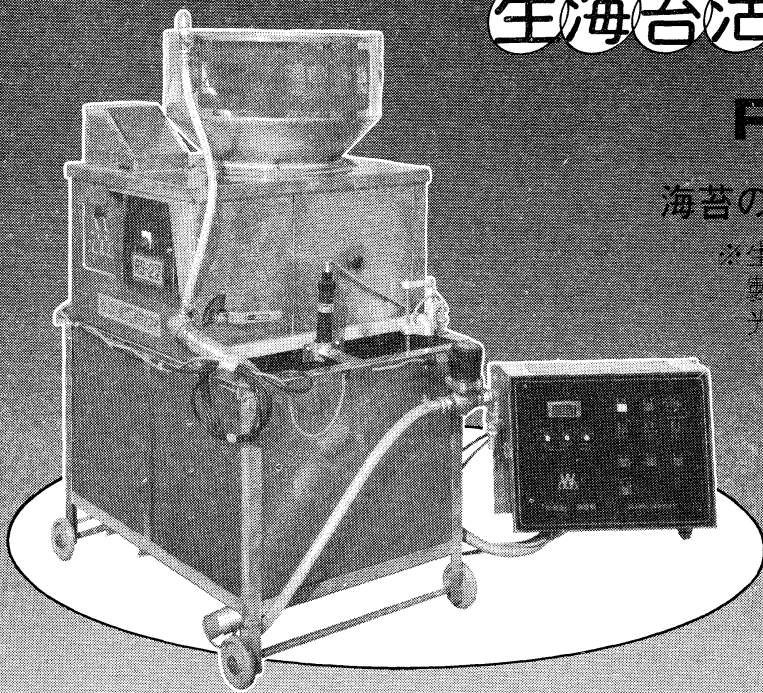
応援します。  
 良い海苔づくり—

生海苔活性調整機

RS-2型

海苔の等級が数段あがる

※生海苔を活性化し、海苔  
 製品の表面をなめらかに  
 光沢よく仕上げます。



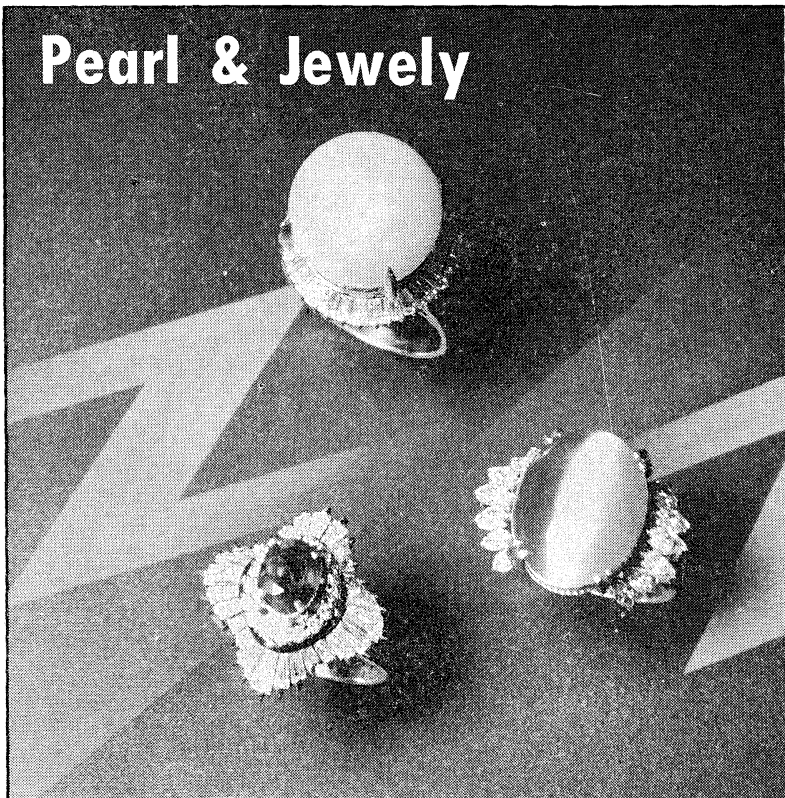
	RS-1型	RS-2型
高 さ	770mm	1,400mm
幅	890mm	560mm
深 さ	680mm	780mm
重 さ	65kg	180kg
	40W 1台	40W 2台
モーター	100W 1台	60W 1台
		100W 1台
		150W 1台



渡辺機開工業株式会社

愛知県渥美郡田原町神戸大坪230  
 電話 05312(2)1121(代表)

# Pearl & Jewelry



輝く人の心を照らす。

宝石の名門



東京・銀座  
東京都中央区銀座6-7-2  
電話572-5011(代表)

**JEWELER miwa**  
No.7-2, 6-CHOME, GINZA,  
TOKYO Phone(03)572-5011

## 営業案内

- 科学魚探SIMRAD
- 理研式GEK
- 曳航式水温計

D. B. T.  
C/S T D  
水中照度計  
水中濁度計  
溶存酸素測定器  
サリノメーター

水中テレビジョン  
自記流向流速計  
比重計, 水色計, 標準海水  
アクアラング  
プランクトンネット類  
採水器類

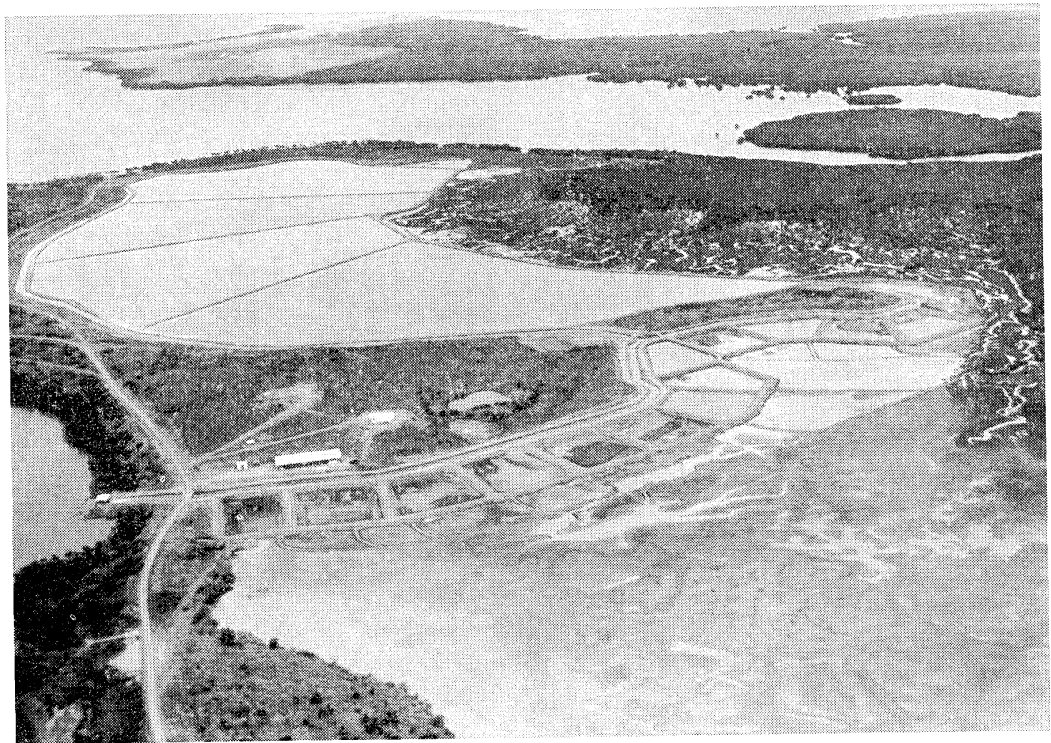
採泥器類  
電流速計  
船用機器模型及標本類  
標識票類

株式会社 **本 地 郷**

東京都中央区勝どき3丁目3番5号 かしどきビル内 〒104 TEL 533-7771(代)  
TELEFAX 533-4094


代表取締役 宮本 悟 取締役 大塚昌治

# 食卓の 豊かさを求めて



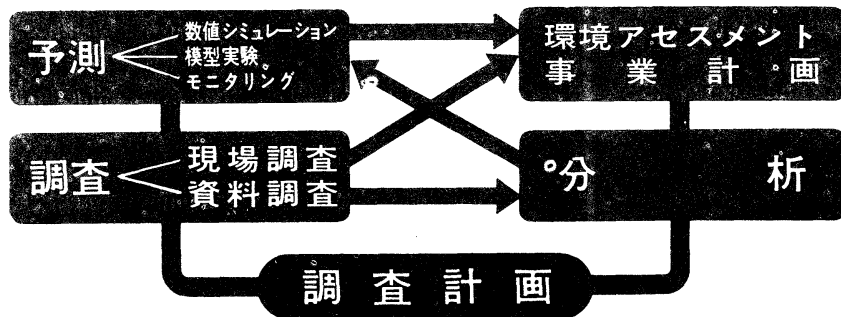
(ニューカレドニア・エビ養殖池)

フランスとの共同事業として、現在ニューカレドニアにて、エビの養殖事業に参加しています

 **株式会社 東急フーズミート事業部**

〒140 東京都品川区東品川4-10-21 電話 東京 03 (471) 6401 番(代)

当社は環境アセスメントを始め環境の質を把握するため、水域及び大気環境調査から分析・予測・解析まで一貫してユーザーの要望に応える環境総合コンサルタントです。



★海洋、河川、ダム湖、湖沼、道路、鉄道の環境実態調査

水質・底質・プランクトン・底生生物・魚類・鳥類・哺乳動物・植生

★海域、河川、ダム湖、湖沼の水質予測解析

潮流・恒流・吹送流解析，COD拡散解析，SS沈降拡散，富栄養化予測解析，ダム湖の水温・濁度予測解析

★環境アセスメント調査

港湾・空港・大規模工業団地・石油精製・石油基地・海の公園・人工海浜造成計画等の環境アセスメント調査  
河川・ダム湖・河口堰・鉄道計画等の環境アセスメント調査

★分析・実験

水質分析，底質分析，土壌分析，産業廃棄物分析，生物分析，天気分析，水質汚濁機構解析のための生産量，分解量，溶出量，酸素消費量実験およびAGP試験，土砂の沈降試験，ノリの成育実験，魚類室内実験，土壌中の有害物質の植物検定

★気象海象観測，予報，解析

天気予報，気象観測整理解析，降雨汚水解析，大気・騒音・振動の環境調査，波浪推算調査，波浪予報，漂砂調査，大気拡散シミュレーション



## 新日本気象海洋株式会社

本社 第二技術研究所 東京都世田谷区玉川3-14-5 TEL 03-708-1161  
 第一技術研究所 東京都目黒区上目黒4-17-18 TEL 03-793-0591  
 大阪支店 大阪府堺市北安井町2-12第2CBCビル TEL 0722-21-1626  
 九州事務所 福岡県北九州市小倉区片野新町1-15 TEL 093-922-2214  
 事業所 釜石(岩手県)，小名浜(福島県)，金沢(石川県)，沖繩

## Publications de la Société franco-japonaise d'océanographie

1. Collected Papers on the Carcass of an Unidentified Animal Trawled off New Zealand by the Zuiyo-maru. 1978. 83 pp. ¥ 2,000.
2. La mer (Edition spéciale pour la commémoration du vingtième anniversaire), Sommaire complet, Tomes 1-18 (1963-1980). 1981. 56 pp. ¥ 1,000.
3. Proceedings of the First JECSS (Japan and East China Seas Study) Workshop, 1981. 1983. 94 pp. ¥ 2,000.
4. Progrès récent dans les sciences de la mer. 1984. 250 pp. ¥ 5,000.



## 日 仏 海 洋 学 会 編 集 委 員 会 (1986-1987)

委 員 長: 高木和徳

副委員長: 関 文 威

委 員: 青木三郎, 有賀祐勝, 半沢正男, 堀越増興, 鎌谷明善, 村野正昭, 小倉通男, 岡部史郎, 須藤英雄

海外委員: H. J. CECCALDI (フランス), E. D. GOLDBERG (アメリカ), T. ICHIYE (アメリカ), T. R. PARSONS (カナダ)

幹 事: 有賀祐勝, 山口征矢

### 投 稿 の 手 引

1. 「ろみ」(日仏海洋学会機関誌; 欧文誌名 *La mer*) は, 日仏海洋学会正会員およびそれに準ずる非会員からの投稿(依頼稿を含む)を, 委員会の審査により掲載する。
2. 原稿は海洋学および水産学両分野の原著論文, 原著短報, 総説, 書評, 資料などとする。すべての投稿は, 本文, 原図とも正副2通とする。副本は複写でよい。本文原稿用紙はすべてA4判とし, 400字詰原稿用紙(和文)に, または厚手白紙にダブル・スペース(和文ワープロでは相当間隔)で記入する。表原稿および図説明原稿は, それぞれ本文原稿とは別紙とする。
3. 用語は日, 仏, 英3カ国語の何れかとする。ただし, 表および図説明の用語は仏文または英文に限る。原著論文(前項)には約200語の英文または仏文の要旨を, 別紙として必ず添える。なお, 欧文論文には, 上記要旨の外に, 約500字の和文要旨をも添える。ただし, 日本語圏外からの投稿の和文要旨については編集委員会の責任とする。
4. 投稿原稿の体裁形式は最近号掲載記事のそれに従う。著者名は略記しない。記号略号の表記は委員会の基準に従う。引用文献の提示形式は, 雑誌論文, 単行本分載論文(単行本の一部引用を含む), 単行本などの別による基準に従う。
5. 原図は版下用として鮮明で, 縮尺(版幅または1/2版幅)に耐えられるものとする。
6. 初校に限り著者の校正を受ける。
7. 正会員に対しては7印刷ページまでの掲載を無料とする。ただし, この範囲内であっても色彩印刷を含む場合などには, 別に所定の費用を著者負担とすることがある。正会員の投稿で上記限度を超える分および非会員投稿の印刷実費はすべて著者負担とする。
8. すべての投稿記事について, 1篇あたり別刷50部を無料で請求できる。50部を超える分は請求により, 50部単位で作製される。別刷請求用紙は初校と同時に配布される。
9. 原稿の送り先は下記の通り。

〒108 東京都港区港南4-5-7 東京水産大学資源育成学科気付

日仏海洋学会編集委員会 委員長 高木和徳

昭和62年8月25日印刷  
昭和62年8月30日発行

う む 第25巻  
第3号

定 価 1,600

編 集 者 高 木 和 徳  
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 5-96503  
印 刷 者 佐 藤 一 二  
印 刷 所 有限会社英和出版印刷社  
東京都文京区本駒込 6-15-10  
郵便番号: 113  
電 話 : 03(941)6500

# Tome 25      N° 3

## SOMMAIRE

### Notes originales

Phytoplankton and nutrient distributions off the northern South Shetland Islands (summer 1984—BIOMASS/SIBEX)..... Frederico P. BRANDINI and Miryam B. B. KUTNER	93
<i>Gymnodinium nagasakiense</i> , a red-tide forming dinoflagellate, and its culture medium ..... Yoshio NAKANO, Rokuro ADACHI, Shinsuke HIROOKA and Hiroyuki TOMINAGA	104
Biologically effective space in the artificial reef for the spiny lobster (in Japanese) ..... CHEN Sai-bin, Seiichi WATANABE, Yasuyui KOIKE and Kazunori TAKAGI	109
The experimental ecology on the feeding of <i>Macrobrachium rosenbergi</i> larvae in the laboratory (in Japanese).....Xiao-tao LIN and Yutaka UNO	119
Population ecology of the spiny turban shell <i>Batillus cornutus</i> I. Ecological peculiarities of the habitat (in Japanese) ..... Akihito YAMAZAKI and Naonori ISHIWATA	124
Hydrographic structure around the Tosa-bae, the bump off Shikoku south of Japan, in November 1985 (in Japanese).....Yoshihiko SEKINE and Yasushi MATSUDA	137
<b>Miscellanées</b>	
A note on extreme tsunami run-up along the coast of Wakayama, Japan (in Japanese) ..... Shigehisa NAKAMURA	147
Informations océanographique de France N° 4.....	151
<b>Procès-verbaux</b> .....	156

# 第 25 卷      第 3 号

## 目      次

### 原 著

南シェットランド諸島北方海域における植物プランクトンと栄養塩の分布 (1984年夏— BIOMASS/SIBEX) (英文)..... F. P. BRANDINI・M. B. B. KUTNER	93
赤潮形成渦鞭毛虫類 <i>Gymnodinium nagasakiense</i> とその培養液 (英文) .....中野喜央・安達六郎・ 広岡慎介・冨永裕之	104
イセエビ礁の生物学的有効空間 ..... 陳    斌・渡邊精一・小池康之・高木和徳	109
オニテナガエビ <i>Macrobrachium rosenbergi</i> (De Man) 幼生の摂餌に及ぼす餌料密度及び 飼育密度の影響.....林 小   濤・宇野   寛	119
サザエの生態学的研究 I. 生息場所の生態的特性.....山崎明人・石渡直典	124
1985年11月の四国沖の海底地形「土佐瀆」上およびその周辺の海洋構造 ..... 関根義彦・松田   靖	137
<b>短 報</b>	
和歌山沿岸の最大津波溯上高について.....中村重久	147
<b>資 料</b>	
フランス海洋情報 (4).....	151
学会記事 .....	156