

う み

La mer

昭和 53 年 11 月

日 仏 海 洋 学 会

La Société franco-japonaise
d'océanographie
Tokyo, Japon

日 仏 海 洋 学 会

編 集 委 員 会

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

投 稿 規 定

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

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

RECOMMANDATIONS A L'USAGE DES AUTEURS

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

Was There the High Gibraltar Sill in the Messinian Stage?*

Michihei HOSHINO**

Abstract: The world-wide sea-level of the Messinian stage was 2,000 m lower than that of the present, and the Mediterranean evaporite was formed as a result of this event.

For many years the writer (HOSHINO, 1962, 1975, 1978) has argued that sea-level in the late Miocene was 2,000 m lower than that of the present and that the boundary between the Miocene and Pliocene periods is the most significant division of earth's history. The writer has suggested that the period since the Pliocene should be called the Anthropogene period.

Recently, evaporites of the Messinian stage were found beneath the floor of the Mediterranean Sea, and the shipboard scientists of the Glomar Challenger maintained that this salinity event seriously influenced the Messinian natural environment and the development of primitive man (HSÜ *et al.*, 1977). Though the Messinian event of the Mediterranean Sea attracts interest of world geologists, the writer has some criticisms of the desiccated deep basin hypothesis of the shipboard scientists. His criticism is concerned with the mechanism for the isolation of the Mediterranean from the Atlantic Ocean. Just before the Messinian stage, the Atlantic and Mediterranean should have been connected by a broad portal, because the Tortonian sediments found by the deep-drilling core (Site 121) from the Alboran Basin of the western Mediterranean are an open marine marly ooze (NESTEROFF *et al.*, 1972), as is the Tortonian marl occurring in the Moroccan Rif (CHOVBER and FAURE-MURET, 1974) and Betic Cordilleras (RONDEEL and SIMON, 1974). It is hard to imagine that the Gibraltar Sill existed before the Messinian stage.

The sill which divided the Mediterranean Sea from the Atlantic must have been formed just

before the Messinian stage and the formation of this sill was the essential cause of evaporite deposition. In the Japanese Islands and in every part of the Alpine orogenic belt of the world a general upwarping was taking place in the late Miocene. Subsequently the remarkable high recent mountain chains of the world must have been formed as a result of epirogenic crustal upheaving (block faulting uplift) in the Early Pliocene and the Early/Middle Pleistocene (HOSHINO, 1962, 1975, 1978). A similar crustal movement must have been taking place in the Gibraltar region, and the primary gentle sill was formed by crustal upwarping in the Late Miocene.

There is a view that the isolation of the Mediterranean from the Atlantic resulted from a glacial eustatic lowering of sea-level (ADAMS *et al.*, 1977). However, there is little evidence concerning this idea, and it is doubtful if an ancient shore line existed on the continental shelf in the Messinian stage. It seems likely that the topography of the continental shelf was formed in the Anthropogene period. The shipboard scientists of the Glomar Challenger also considered that the Gibraltar or western Mediterranean sill was formed just before the Messinian stage, but they consider that this sill in the Messinian stage was as high as the present Gibraltar Sill, and the sea-level of the Messinian was the same as that of today.

From these suggestions a difficult problem arises. Fossil benthic foraminifera and ostracoda which occur in the sediments of the early Pliocene (Trubian stage) succeeding the Messinian evaporite are an abyssal fauna of a few thousand meters depth, and these faunas cannot have migrated over the high shallow sill as

* Received June 12, 1978

** Faculty of Marine Science and Technology,
Tokai University, Shimizu, 424 Japan

through a siphon (BENSON, 1972; CITA, 1976). Though NESTEROFF (1973) is against the view of a Pliocene abyssal benthic fauna, I agree with the opinion that the western Mediterranean benthic fauna, in the Early Pliocene, is an abyssal one. To explain the origin of this abyssal benthic fauna in the Early Pliocene, the high sill of Messinian times should have been removed within very short time, and the shipboard scientists considered this to be the case (HSÜ *et al.*, 1973). They stated that the destruction of sill was caused by the rifting of Azores-Gibraltar Fracture Zone. However, the Gibraltar region is a part of the Alpine orogenic belt—Betic and Rif zone—(RUTTEN, 1969), and the Betic and Rif Mountains were uplifted in the Early Pliocene (RONDEEL and SIMON, 1974; CHOVBBER and FAUREMURET, 1974); thus it becomes impossible to consider the local subsidence of the Gibraltar region, especially since there is no possibility of the sudden destruction of a sill of a few thousand meters in height and more than a hundred kilometers in width. However, the shipboard scientists' idea on the destruction of the sill has also slightly changed. At first they considered that the time of destruction of the sill was in the earliest Pliocene (CITA and RYAN, 1973), then CITA (1976) said that the destruction of the sill began during the latest Miocene: he described this as—"an incipient erosion of the Gibraltar sill, or eustatic induced rise of the ocean level, or a combination of both, resulting in a transient filling stage". The writer (HOSHINO, 1975) considers that the sea-level of the Messinian evaporite stage was quite different from the present sea-level, and the lower sea-level of that time was not limited to the Mediterranean but it was world-wide phenomenon. The writer has already described the lower sea-level of the latest Miocene based on much evidence and the writer has said that the Mediterranean evaporite may be one example of this event (HOSHINO, 1975). The writer urged that the two remarkable risings of sea-level in the Early Pliocene and Early/Middle Pleistocene were caused by the rising up of the ocean floor. CITA (1973) pointed out that the hypsographic curve of the Mediter-

anean is similar to the world ocean, but he did not explain why it was so. The writer considers that the submergence of the continental slope is the result of the remarkable rising of sea-level, and that the similarity of the hypsographic curve of world oceans and seas was caused by this phenomenon. The similarity between the benthic fauna of the Early Pliocene sediments which rest upon the marine Miocene formation and the recent abyssal fauna which lives on the ocean floor at about 2,000 m is not limited only at the Mediterranean Basin. Already this fact was reported from the fossil foraminiferal fauna of the Ventura basin (NATLAND, 1933) and Los Angeles basin (CONERY, 1967), California. KASENO (1965) described that the lower marine Pliocene formations of the Noto Peninsula of Japan can be distinguished from the upper Miocene by the change of faunal composition. The writer considers that the same applies to the Mediterranean. The shipboard scientists (HSÜ *et al.*, 1973) said that the Pliocene sediments which filled the ancestral valleys of the Nile and Rhone are an evidence of lower base level of the Mediterranean in the Messinian stage, but this phenomenon is not limited only to the Mediterranean. Here the writer gives one example from California: the landward extension of the Monterey submarine canyon is filled by late Middle(?) Miocene and younger sediments some 1,600 m in thickness (STARKE and HAWARD, 1968). Perhaps the oldest sediments of this filled valley may also be of the lowest Pliocene formation. This evidence also indicates that the late Miocene base level was lower than that of the present. The writer described these phenomena in detail in his book (HOSHINO, 1975). Recently, a fresh water diatom flora of the Messinian stage was discovered from the abyssal part of the Japan Sea (BURKLE and AKIBA, 1978). This fact also indicates that the lower sea-level of the Messinian is not limited to the Mediterranean. The writer considered that the desiccation of Mediterranean in the Messinian stage was in no way related to present sea-level but was done when the world sea-level was 2,000 m lower. Considering the fact that the volume of the Messinian

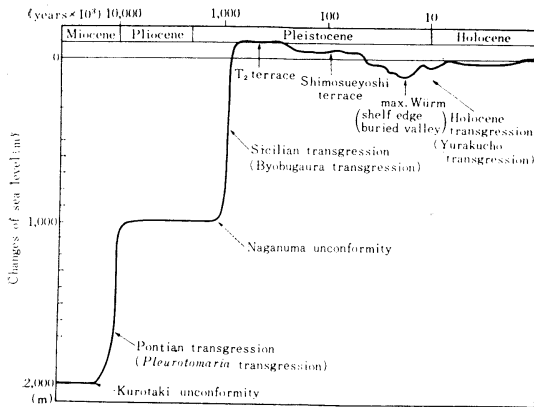


Fig. 1. Change of sea-level since the Late Miocene. The stage of remarkable uprising of the sea-level is also the stage of crustal upheaving but the magnitude of the crustal upheaving is different scale in each part of the world.

evaporite is very large, the invasion of water from the Atlantic to the Mediterranean could not have occurred only eight to ten times, but rather it occurred on many occasions because the barrier between the Atlantic and Mediterranean was not distinct.

HSÜ and others (1977) explained the origin of relict fauna of the Mediterranean islands as a result of the recovery of the higher sea-level in the Early Pliocene. This is also not limited to the Mediterranean. The writer (HOSHINO, 1975) described that the origin of the relict fauna of the Nansei islands (Ryukyu Islands) can also be explained by the rising of sea-level after the Early Pliocene. Perhaps the origin of the relict fauna of the Antilles may be explained by the concept of islanding resulting from the events of Early Pliocene times.

The Middle American land is an example of an isthmus which formed in the Early Pliocene (SCHUCHERT, 1968). The Tehuantepec Portal was closed for ever after the Early Pliocene, and the Panama-Costa Rica Isthmus rests on a swell some 2,000 m deep and 300 km in width. Here, the writer considers that the crustal upheaving exceeded the rise of sea-level, so that the isthmus was formed. Many Pliocene shallow marine molluscan fossils have been collected from the edge of the sill of the Tsugaru Strait which separates the Japanese islands of Hok-

kaido and Honshu. UOZUMI (1967) described these fossils as shallow sea type of the -2,000 m stage of the Early Pliocene, and after that time the crustal upheaval of the Tsugaru Strait was not as much as the rise in sea-level, thus the fossils spread out along the sill side. The writer considers the genesis of the Gibraltar Strait to be similar to that of the Tsugaru Strait, namely the initial Gibraltar Sill in the Late Miocene should have been a gentle rise and the top of it was almost the same as the -2,000 m sea-level.

The present topography of the Mediterranean might be formed by the uprising of sea-level and crustal block faulting uplift after the Early Pliocene. From the fact that the Messinian evaporites occur on land in Sicily and at other localities, the writer cannot agree with the opinion that the topography of the Mediterranean in the Messinian stage was the same as that of today (HSÜ *et al.*, 1973). The shipboard scientists said that there is no possibility of large crustal depression of the Mediterranean Basin. From the fact mentioned above, the writer considers that the Messinian evaporites were uplifted from their original level through a few thousand meters at the mobile margin, and the fact that there are no evaporites at the stable margin (LEENHARDT, 1973) may be due to their original topography and that these areas may have emerged in the Late Miocene. The writer wishes to point out that the origin of the sea basin is quite a different matter from the suggested deepening of the sea basin.

The world-wide distribution of an unconformity at the basal part of the Pliocene formation is not the result of glacial eustatic change through several ten meters (ADAMS *et al.*, 1977), but it was caused by Pliocene marine sedimentation after a remarkable rising of sea-level over the eroded surface of the Late Miocene peneplanation stage (HOSHINO, 1975). The outline of Messinian Mediterranean Basin must have been limited to those areas deeper than the present 2,000 m isobath except in the mobile region, and the Miocene and Pliocene formation contacts should be conformable in those areas at present deeper than the 2,000 m isobath, while in the shallower areas the Pliocene marine

formations should rest upon the lower formation unconformably.

The Mediterranean evaporite distribution deeper than the 2,000 m isobath indicates the lower sea-level of the Messinian stage (LEENHARDT, 1973), and the "bull's eye" distribution pattern of the Messinian evaporites of the Balearis Basin (HSÜ *et al.*, 1973; LEENHARDT, 1973)—tidal sulphate evaporites distributed along the 2,000 m isobath and soluble halite distribution at the central part of the basin—indicates that the desiccation of the saline waters which were supplied from the Atlantic was not complete, but rather that shallow water deposition occurred in the central part of the basin.

In the Andalusian region, in the southwest of the Iberian Peninsula, it is reported (CITA and RYAN, 1973) that the Miocene marine grey clay facies is succeeded by Pliocene calcareous sandstone. The writer considers that we may find that abyssal Pliocene formation rests upon Late Miocene gravel bed at the lower part (−2,000 m) of the continental slope outside of the Gibraltar Strait. Another indication of this phenomenon was reported by DAY (1959) from the western margin of the English Channel. The writer hopes that in the future programme of the Glomar Challenger an investigation of the hypothesis could be adopted.

Acknowledgements

I wish to thank Professor A. J. SMITH of Bedford University and Professor M. HAYAKAWA of Tokai University for their assistance in the preparation of the English text of this paper.

References

- ADAMS, C. G., BENSON, R. H., KIDD, R. B., RYAN, W. B. F. and WRIGHT, R. C. (1977): The Mediterranean salinity crisis and evidence of late Miocene eustatic changes in the world ocean, *Nature*, **269**, 383-386.
- BENSON, R. H. (1972): Ostracodes as indicators of threshold depth in the Mediterranean during the Pliocene, *The Mediterranean Sea* (ed. STANLEY, D. J., Dowden Hutchinson and Ross, Stroudsburg, Pa), 63-73.
- BURKLE, L. H. and AKIBA, F. (1978): Implication of late Neogene fresh water sediment in the Sea of Japan, *Geology*, **6**, 123-127.
- DAY, A. A. (1959): The continental margin between Brittany and Ireland, *Deep-Sea Res.*, **5**, 249-265.
- CHOVBER, G. and FAURE-MURET, A. (1974): Moroccan Rif, Mesozoic-Cenozoic Orogenic Belt (ed. SPENCER, A. M., Scottish Acad. Pr., Edinburgh), 37-46.
- CITA, M. B. (1973): Mediterranean evaporite: Paleontological arguments for a deep-basin desiccation model, Messinian Events in the Mediterranean (ed. DROOGER, C. W., North-Holland Pub. Co., Amsterdam), 206-228.
- CITA, M. B. (1976): Planktonic foraminiferal biostratigraphy of the Mediterranean Neogene, *Progress in Micropaleontology* (ed. TAKAYANAGI, Y. and SAITO, T., The American Museum of Natural History, N. Y.), 47-68.
- CITA, M. B. and RYAN, W. G. F. (1973): Time scale and general synthesis, Initial Rept. DSDP, U. S. Government Printing Office, Washington, D. C., **13(2)**, 1405-1415.
- CONREY, B. L. (1967): Early Pliocene sedimentary history of the Los Angeles Basin, California, *Spec. Rept.*, 93, California Division of Mines and Geology, Ferry Build., San Francisco, 63 p.
- HOSHINO, M. (1962): *The Pacific Ocean*, Assoc. Geol. Collab. Japan, 136 p.
- HOSHINO, M. (1975): Eustacy in relation to orogenic stage, *Tokai Univ. Pr.*, Tokyo, 397 p.
- HOSHINO, M. (1978): On the unconformity, Preprint of the Symposium on Unconformity, *Inst. Oceanogr.*, Tokai Univ., 1-43.
- HSÜ, K. J., RYAN, W. B. F. and CITA, M. B. (1973): Late Miocene desiccation of the Mediterranean, *Nature*, **242**, 240-244.
- HSÜ, K. J., MONTADERT, L., BERNOULLI, D., CITA, M. B., ERICKSON, A., CARRISON, R. E., KIDE, R. B., MELIERES, F., MULLER, C. and WRIGHT, R. (1977): History of the Mediterranean salinity crisis, *Nature*, **267**, 399-403.
- KASENO, Y. (1965): Outline of geology of Noto Peninsula. *Sci. Rept. Noto Peninsula* (ed. KASENO, Y., Ishikawa Pref.), 12-18.
- LEENHARDT, O. (1973): Distribution and thickness of the Messinian evaporites in the Western Mediterranean, *Messinian Events in the Mediterranean* (ed. DROOGER, C. W., North-Holland Pub. Co., Amsterdam), 39-43.
- NATLAND, M. L. (1933): The temperature-and depth-distribution of some recent and fossil foraminifera in the southern California region, *Scripps Inst. Oceanogr. Bull.*, Tech. ser., **3**, 225-230.
- NESTEROFF, W. D., RYAN, W. B. F., SHÜ, K. J., PAUTOT, G., WEZE, F. C., LORT, J. M., CITA,

- M. B., MAYNC, W., STRADNER, H. and DUMITICA, P. (1972): Evolution de la Sédimentation Pendant le Néogène en Méditerranée d'après les Forages JOIDES-DSDP, The Mediterranean Sea (ed. STANLEY, D. J., Dowden Hutchison and Ross, Stroudsburg, Pa.), 47-62.
- NESTEROFF, W. D. (1973): Mineralogy, petrography, distribution, and origin of the Messinian Mediterranean evaporite, Initial Rept. DSDP, U.S. Government Printing Office, Washington, D. C., 13, 673-694.
- RONDEEL, H. E. and SIMON, O. J. (1974): Betic Cordilleras, Mesozoic-Cenozoic Orogenic Belt (ed. SPENCER, A. M., Scottish Acad. Pr., Edinburgh), 23-35.
- RUTTEN, M. G. (1969): The Geology of Western Europe, Elsevier, Amsterdam, 520 p.
- SCHUCHERT, C. (1968): Historical Geology of the Antillean-Caribbean Region, Hafner Pub. Co., N. Y., 811 p.
- STARKE, G. W. and HAWARD, A. D. (1968): Polygenetic origin of Monterey Submarine Canyon, Geol. Soc. Amer. Bull., 79, 813-826.
- UOZUMI, S. (1967): On the Pliocene fossils from Tsugaru Strait, with special reference to post-Pliocene crustal movement, Jour. Fac. Sci. Hokkaido Univ., ser., 4, 13, 449-462.

メッシニアン期(中新世最末期)にジブラルタル海峡 に高いしきいはあったか?

星 野 通 平

要旨: G. チャレンジャー号の深海掘削により, 地中海の海底にメッシニアン期の蒸発岩が発見され, 多くの地質学者の関心をあつめている。G. チャレンジャー号乗船科学者は, 当時の地中海西口には現在と同様な高いしきいをもった海峡があり, 地中海の海水が蒸発して海水準が2,000 m 低下したとき蒸発岩は形成されたという。筆者はかねてから, 中新世最末期の海水準は現在にくらべて2,000 m 低かったと主張している。ジブラルタル海峡に, メッシニアン期には現在みられるような高いしきいはなく, -2,000 m 海水準時代に汎地球的な地殻の上昇にともなってジブラルタル海峡のしきいの萌芽が生じ, これによって大西洋と地中海とが分離され, このことによって蒸発岩が形成された。つまり, 地中海の蒸発岩の形成に関連した -2,000 m 海水準というものは, 地中海だけのことでなく, 汎世界的現象であったと考える。

The Larval Development of *Etisus laevimanus* RANDALL* (Crustacea, Brachyura, Xanthidae)

Hiroshi SUZUKI**

Abstract: Ovigerous females of *Etisus laevimanus* RANDALL were collected from the sea-shore near the Kominato Marine Biological Laboratory, Kominato, Chiba Pref., on June 20 and July 18, 1977.

The larvae were reared from hatching to the megalopa stage in order to make a description of all its larval stages. The first zoea of this species was compared with those of three chlorodid species; *Pilodius spinipes*, *Chlorodiella nigra*, and *Cymo melanodactylus*.

This first zoea differs from that of *P. spinipes* by having a smooth dorsal spine.

This first zoea is distinguishable from that of *C. nigra* by seta formula on the endopod of the maxilla and first maxilliped.

The value of the proportion between the length of spinous process and that of the exopod distinguishes this first zoea from that of *C. melanodactylus*.

The megalopae were compared between *E. laevimanus* and *C. nigra*.

This megalopa has a rostrum which terminates in a blunt median process deflecting downward and two stout pointed lateral spines. The antenna is eleven-segmented. Two-segmented uropod has one plumose hair on the proximal segment and ten natatory hairs on the distal segment. The telson has three plumose setae on the posterior margin and a minute process on each posterior angle.

These characters distinguish this megalopa from that of *C. nigra*.

1. Introduction

GURNEY (1938) described the first zoeae of three chlorodid species; *Pilodius spinipes*, *Chlorodiella nigra*, and *Cymo melanodactylus*. GOHAR and AL-KHOLY (1957) reared and studied on the larval developments of *Chlorodiella nigra* at Al Ghardaqa.

In this work the author makes descriptions of the larval stages of *Etisus laevimanus* and remarks on the diagnostic characters of its first zoea and megalopa. The rearing work was executed at the Kominato Marine Biological Laboratory of Tokyo University of Fisheries, Kominato, Chiba Pref.

The author wishes to express his appreciation to Dr. Masatsune TAKEDA of National Science Museum, Tokyo and to Dr. Tatsuyoshi MASUDA of the Tokyo University of Fisheries, Tokyo, for their useful suggestions and valuable advice

throughout the study. Thanks are also due to the staff of the Kominato Marine Biological Laboratory of Tokyo University of Fisheries, Kominato, Chiba Pref., giving the admissions of the use of facilities.

2. Material and method

One ovigerous female was collected from the sea-shore near the Kominato Marine Biological Laboratory, Kominato, Chiba Pref., on June 20 and two females on July 18, 1977. These females were segregated in 7 liters jars with filtered sea water, in running condition, to await the hatching of their larvae. The zoea larvae were hatched on July 6, 20, and 22 from the above-mentioned females, respectively. At the time of hatching the zoeae were removed into 30 liters jars with filtered sea water and air, and fed on rotifer, *Brachionus* sp., and *Artemia* nauplii. The zoeae were maintained at 23.6–25.8°C. During zoeae were reared, the bottom of a jar was cleaned up by pipette and freshly

* Received April 28, 1978

** Laboratory of Aquatic Zoology, Tokyo University of Fisheries, Minato-ku, Tokyo, 108 Japan

filtered sea water added, the food supply renewed, and zoeae observed.

Larvae were fixed in 70% alcohol at known intervals during development and were kept in 70% alcohol to check setation of the appendages. The appendages were dissected from each stage larva and drawn to a different scale from that used for the whole larva. The smaller appendages, as antennule, antenna, mandible, and maxillae, were mounted with glycerine-gelatin solution for preservation and observation. Ten individuals were dissected for accurate observation of appendages at each larva.

Drawings were made with the aid of a drawing apparatus. The dimensions of the larvae were measured with an ocular micrometer.

Measurements of various parts of the zoea are defined and described as follows:

1. Length of carapace: from the anterior edge of the eye stalk to the posterior edge of the carapace.
2. Length of rostral spine: from the anterior edge of the eye stalk to the tip of the spine.
3. Length of dorsal spine: from the junction with the carapace to the tip of the spine.
4. Length of lateral spines: from the junction with the carapace to the tip of the spine.
5. Length of spinous process: from the joint with the proximal somite to the tip of the process.
6. Length of antennal exopod: from the junction with the spinous process to the distal end, excluding the distal setae.
7. Proportion between the length of spinous process and that of exopod: the length of the spinous process as a fraction of that of the exopod.
8. Length of abdominal somites: from the anterior margin of the first somite to the posterior margin of the last somite.
9. Length of telson: from the joint with the last abdominal somite to the tip of the telson-fork.

and as for megalopa:

1. Length of carapace: from the tip of the rostrum to the posterior margin along middorsal line.
2. Width of carapace: between the outer edges at the widest part.

3. Length of abdominal somites: from the anterior margin of the first somite to the joint with the telson.

4. Length of telson: from the joint with the last abdominal somite to the posterior margin of the telson.

3. Descriptions

PRE-ZOEAL (FIG. 1)

Measurements: Length of carapace, 0.40 mm.

Carapace (Figs. 1 a-b) ovoid without spines. Protopod of antenna (Fig. 1 d) with two spinules on distal end, exopod with four marginal plumose hairs. Telson (Fig. 1 i) bifurcated with three setae on inside of each branch. Each branch has two distal processes and a lateral one. The other appendages (Figs. 1 c, e-h) similar those of the first zoea, but undeveloped.

FIRST ZOEAL (FIG. 2)

Measurements: Length of carapace, 0.51 mm.

Length of rostral spine, 0.49 mm. Length of dorsal spine, 0.54 mm. Length of lateral spines, 0.05 mm. Length of spinous process, 0.50 mm. Length of antennal exopod, 0.03 mm. Proportion between the length of spinous process and that of exopod, 16.6. Length of abdominal somites, 0.62 mm. Length of telson, 0.37 mm.

Carapace (Figs. 2 a-b), not spinulose, has rostral, dorsal, and a pair of lateral spines. Anterior and posterior dorsal tubercles on the median line of carapace. A seta on each lateral side of the posterior region. A few spinules rarely on the postero-lateral edge of carapace. Rostral spine (Fig. 2 c) straight with three spinules on anterior surface. Dorsal spine, longer than rostral, slightly curves with a hook-like end. Lateral spines short and slightly bend upward at the tips. Compound eyes sessile. Short, conical antennule (Fig. 2 d) has two long aesthetes and two short hairs at the tip. Protopod of antenna (Fig. 2 e) forms a tapering process with three rows of spinules on distal half, one minute process at one-fourth proximal. Two apical setae on small exopod. Mandibular incisor (Fig. 2 f) with three stout teeth and molar process forms semitriangle. Endopod of maxillule (Fig. 2 g), two-segmented; distal segment with four terminal and two subterminal

setae, and one seta projects from the proximal segment. Basal endite with five setae and seven setae project from coxal endite. Bifurcated endopod of maxilla (Fig. 2 h) has three terminal and two subterminal setae on distal lobe, and three setae on proximal. Basal endite has a total eight setae, four on distal lobe and four on proximal, and coxal endite bears eight setae, four on distal and four on proximal. Four soft plumose hairs project from distal margin of scaphognathite whose setous end tapers to a point. Protopod of first maxilliped (Fig. 2 i) bears setae arranged as 2, 2, 3, 3 from proximal to distal. Four natatory setae on exopod. Setation of five-segmented endopod, 3, 2, 1, 2, and 5. Protopod of second maxilliped (Fig. 2 j) bears four setae spaced one another. Exopod with four natatory setae. Three-segmented endopod has a setation of 1, 1, and 5.

Abdomen (Fig. 2 k) consists of five somites plus a telson. Two setae on postero-dorsal edges of somites 2-5. Second somite bears a knob, curves anteriorly, on each lateral side, and three

spinules on postero-lateral margin. A small hook on each lateral surface of third somite. The postero-lateral margins of somites 3-5 terminate as spines overlapped next somite. A dorsal, a lateral, and a hair-like spines on each telson-fork. Three pairs of serrated hairs on inner surface of telson-fork, innermost ones without setae on inside and outside.

SECOND ZOEAL (FIG. 3)

Measurements: Length of carapace, 0.60mm. Length of rostral spine, 0.66mm. Length of dorsal spine, 0.67mm. Length of lateral spines, 0.08mm. Length of spinous process, 0.60mm. Length of antennal exopod, 0.03 mm. Proportion between the length of spinous process and that of exopod, 20.0. Length of abdominal somites, 0.85mm. Length of telson, 0.52mm.

A pair of setae appears on antero-dorsal region of carapace (Fig. 3 a). Basal portion of antennule (Fig. 3 d) slightly swollen, four aesthetes and one short hair present at the tip. Endopod bud of antenna may emerge with one

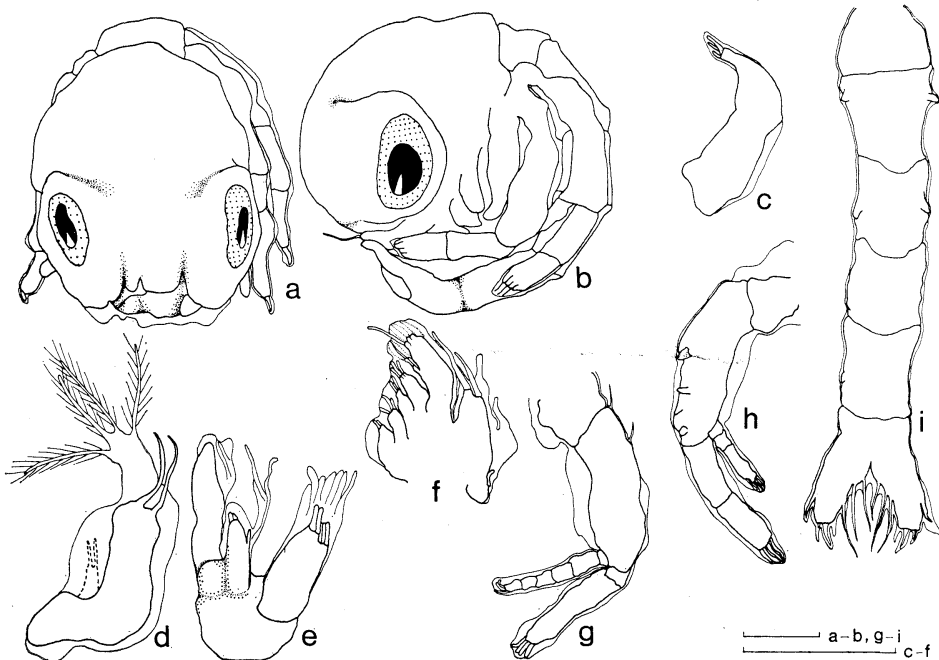


Fig. 1. *Etisus laevimanus* RANDALL. Pre-zoea. a, dorsal view; b, lateral view; c, antennule; d, antenna; e, maxillule; f, maxilla; g, first maxilliped; h, second maxilliped; i, abdomen in dorsal view. Scales indicate 0.1 mm.

spinule at distal (Fig. 3 e).

Incisor of mandible (Fig. 3 f); three stout teeth and five ones on the edge. Basal endite of maxillule (Fig. 3 g) has eight setae, one plumose hair located on dorsal side of basis. Eight hairs project from distal surface of scaphognathite, three hairs from the apical tip (Fig. 3 h). Bifurcated basal endite has four setae on distal lobe and five on proximal. Exopods of maxillipeds 1-2 (Figs. 3 i-j); six and seven natatory setae, respectively.

THIRD ZOEAE (FIG. 4)

Measurements: Length of carapace, 0.76mm.

Length of rostral spine, 0.80mm. Length of dorsal spine, 0.86mm. Length of lateral spines, 0.16mm. Length of spinous process, 0.75mm. Length of antennal exopod, 0.03 mm. Proportion between the length of spinous process and that of exopod, 25.0. Length of abdominal somites, 1.09 mm. Length of telson, 0.53mm.

A few setae on surface of carapace (Figs. 4 a-b), a long seta and a few setae on postero-lateral edge (Fig. 4 c). Basal portion of antennule (Fig. 4 e); more swollen, bears three aesthetes and one short hair on the tip. Endopod

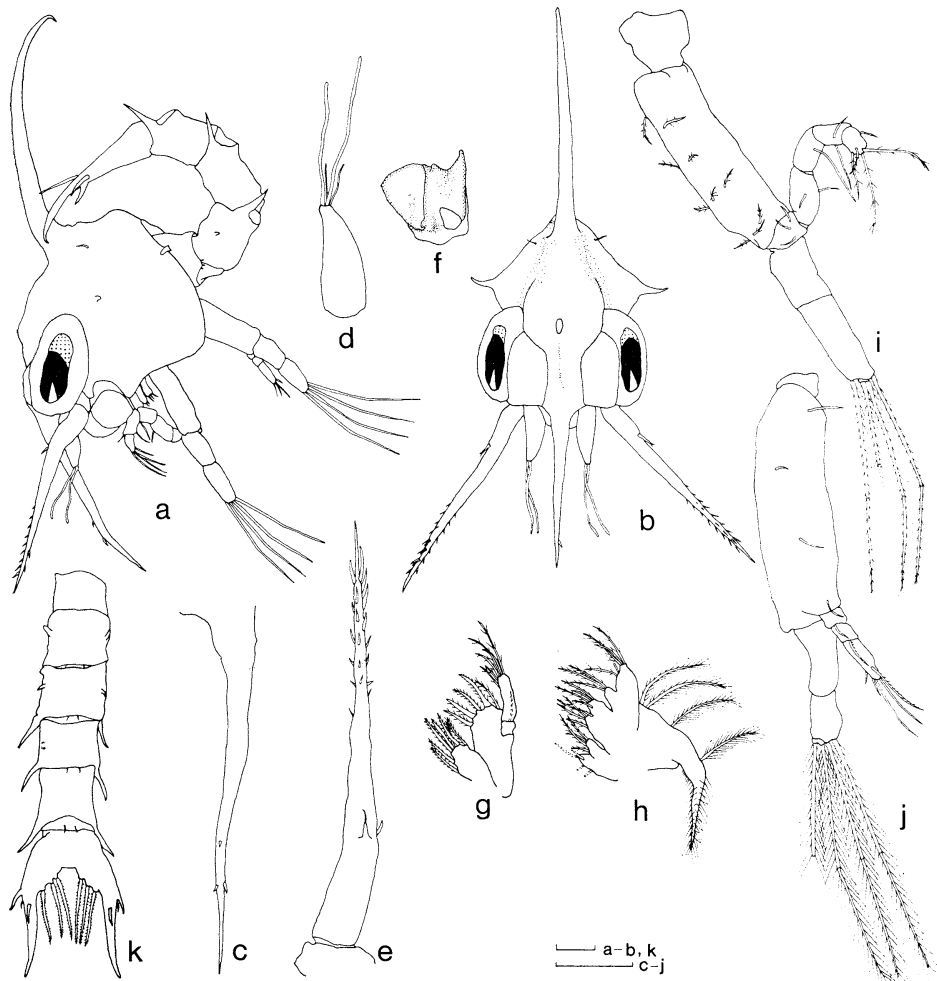


Fig. 2. *Etisus laevimanus* RANDALL. First zoea. a, lateral view; b, dorsal view; c, rostral spine; d, antennule; e, antenna; f, mandible; g, maxillule; h, maxilla; i, first maxilliped; j, second maxilliped; k, abdomen in dorsal view. Scales indicate 0.1 mm.

of antennule appears as a small bud at one-third distal. Endopod of antenna (Fig. 4 f); elongate to twice as length of exopod. Budded palp of mandible; now present on dorsal surface (Fig. 4 g). Setation of basal endite of maxillule

(Fig. 4 h) has increased to nine setae and coxal endite has eight or seven setae. Basal and coxal endites of maxilla (Fig. 4 i) have ten and nine setae, respectively and scaphognathite fringed with 19 plumose marginal hairs.

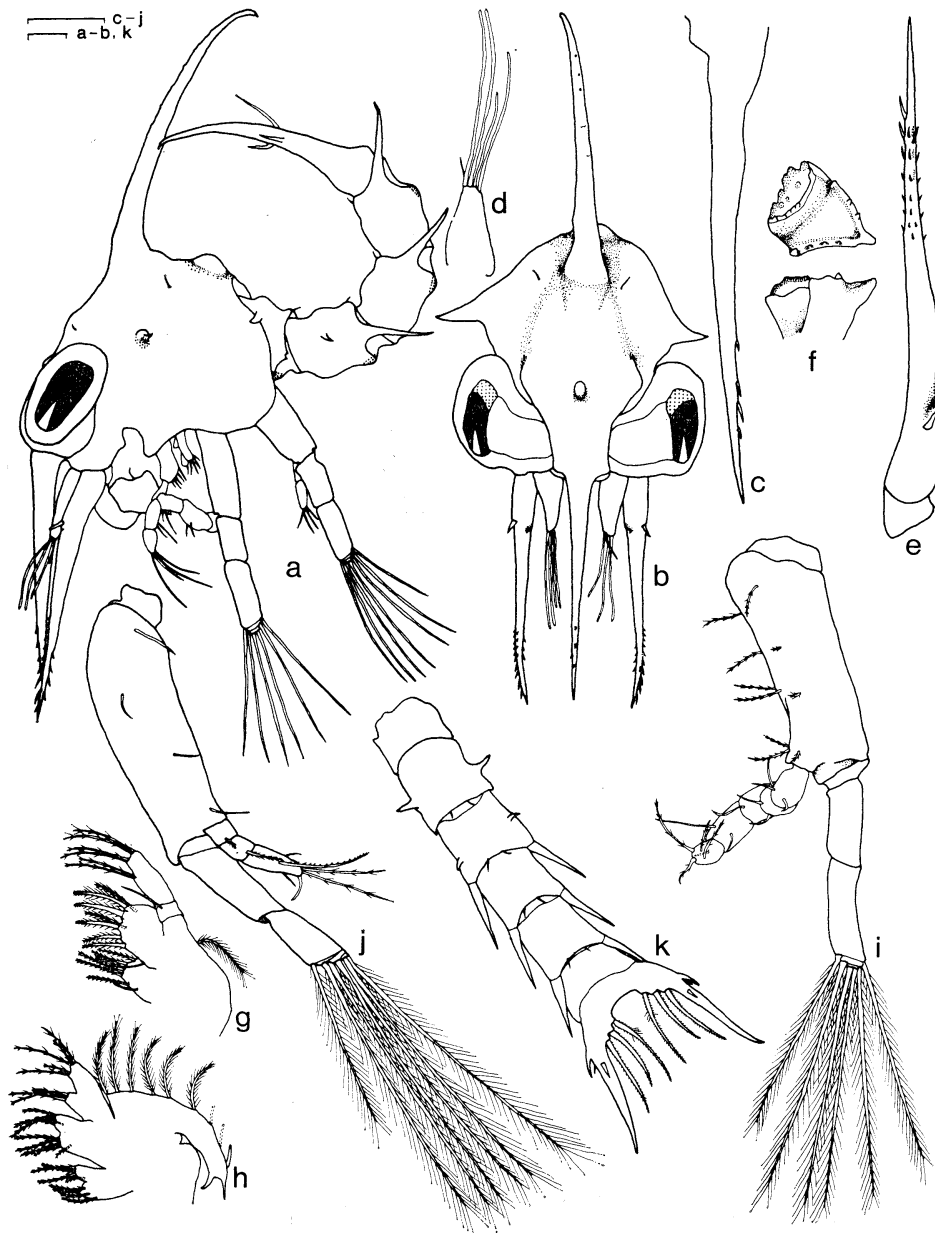


Fig. 3. *Etisus laevimanus* RANDALL. Second zoea. a, lateral view; b, dorsal view; c, rostral spine; d, antennule; e, antenna; f, mandible; g, maxillule; h, maxilla; i, first maxilliped; j, second maxilliped; k, abdomen in dorsal view. Scales indicate 0.1 mm.

Coxopodite of first maxilliped (Fig. 4j) has one plumose seta. Distal segments of endopods of maxillipeds 1-2 (Fig. 4k) have six setae, respectively. Exopods of first and second maxillipeds bear severally eight natatory setae and nine ones. Third maxilliped and pereiopods rudiments (Fig. 4l) appear as a small bud behind of second maxilliped. A sixth abdominal somite added (Fig. 4m), somites 2-6 bear small pleopod buds on ventral surface (Fig. 4a). First somite with two hairs on dorsum (Fig. 4n). On

inner surface of telson a small pair of plumose setae added.

FOURTH ZOEA (FIGS. 5-6)

Measurements: Length of carapace, 0.98mm. Length of rostral spine, 1.05mm. Length of dorsal spine, 1.07mm. Length of lateral spines, 0.14mm. Length of spinous process, 0.92mm. Length of antennal exopod, 0.03mm. Proportion between the length of spinous process and that of exopod, 30.6. Length of abdominal somites, 1.41mm. Length of

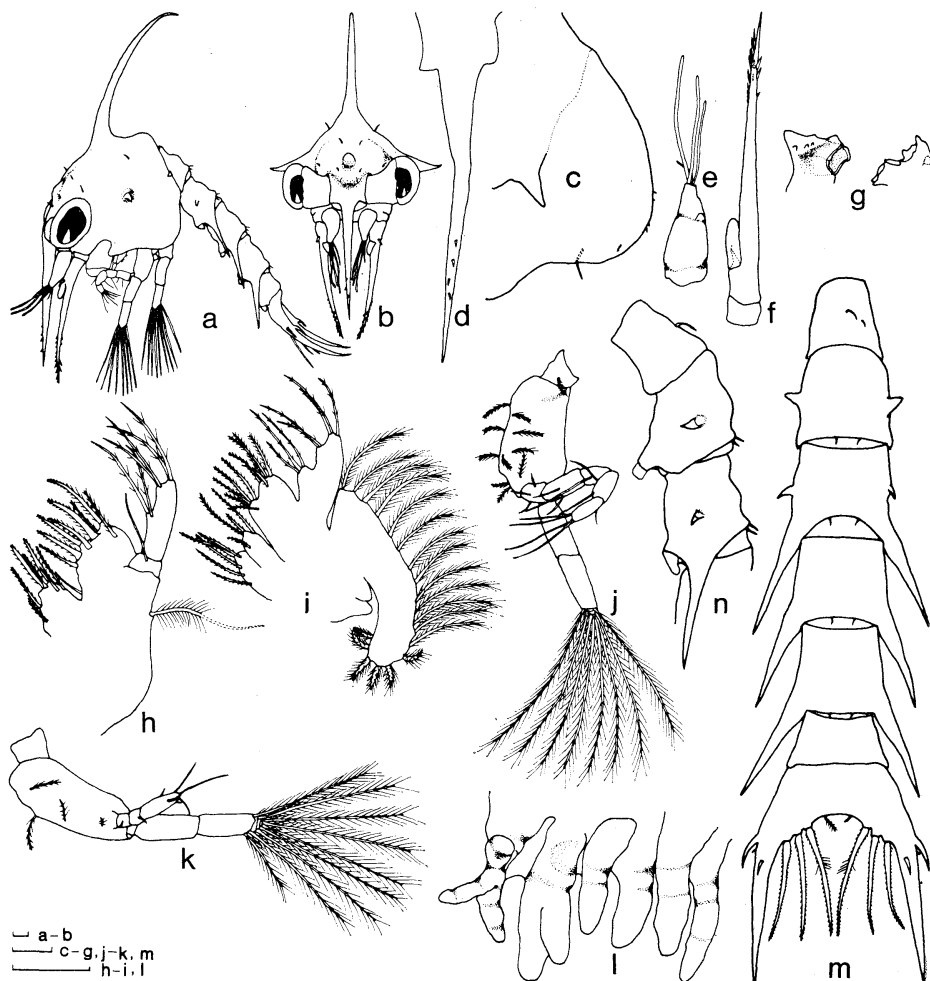
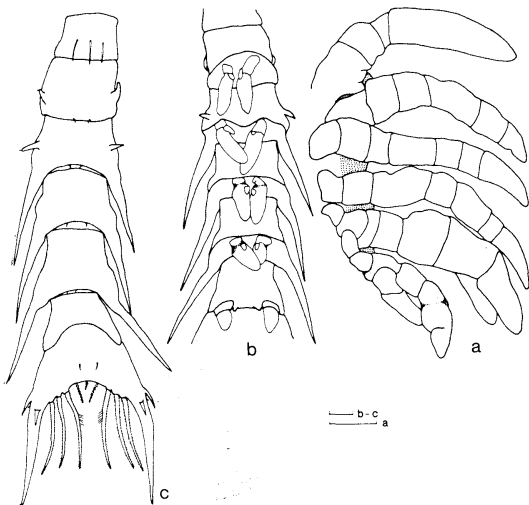


Fig. 4. *Etisus laevimanus* RANDALL. Third zoea. a, lateral view; b, dorsal view; c, lateral spine and postero-lateral margin of carapace; d, rostral spine; e, antennule; f, antenna; g, mandible; h, maxillule; i, maxilla; j, first maxilliped; k, second maxilliped; l, third maxilliped and pereiopods rudiments; m, abdomen in dorsal view; n, first to third abdominal somites in lateral view. Scales indicate 0.1 mm.



Fig. 5. *Etisus laevimanus* RANDALL. Fourth zoea.

a, lateral view; b, dorsal view; c, lateral spine and postero-lateral margin of carace; d, rostral spine; e, antennule; f, antenna; g, mandible; h, maxillule; i, maxilla; j, first maxilliped; k, second maxilliped. Scales indicate 0.1 mm.



←Fig. 6. *Etisus laevimanus* RANDALL. Fourth zoea. a, third maxilliped and pereopods rudiments; b, second to sixth abdominal somites in ventral view; c, abdomen in dorsal view. Scales indicate 0.1 mm.

telson, 0.67mm.

Three long setae on postero-lateral edge of carapace (Fig. 5 c). Two pointed lateral spines project from rostrum (Fig. 5 d). Three-segmented antennule (Fig. 5 e) bears three tiers of aesthetes arranged as 1, 4, 3. Endopods of antennule and antenna (Fig. 5 f) have increased in length, respectively. Incisor of mandible

(Fig. 5 g) has eight stout teeth and some small teeth, molar with some teeth on outer edge.

Setations of basal and coxal endites of maxillule (Fig. 5 h) have increased to twelve and ten, respectively. One seta on dorsal side of coxal endite. Eleven or twelve setae project from basal endite of maxilla (Fig. 5 i), coxal endite has nine or ten setae. Scaphognathite

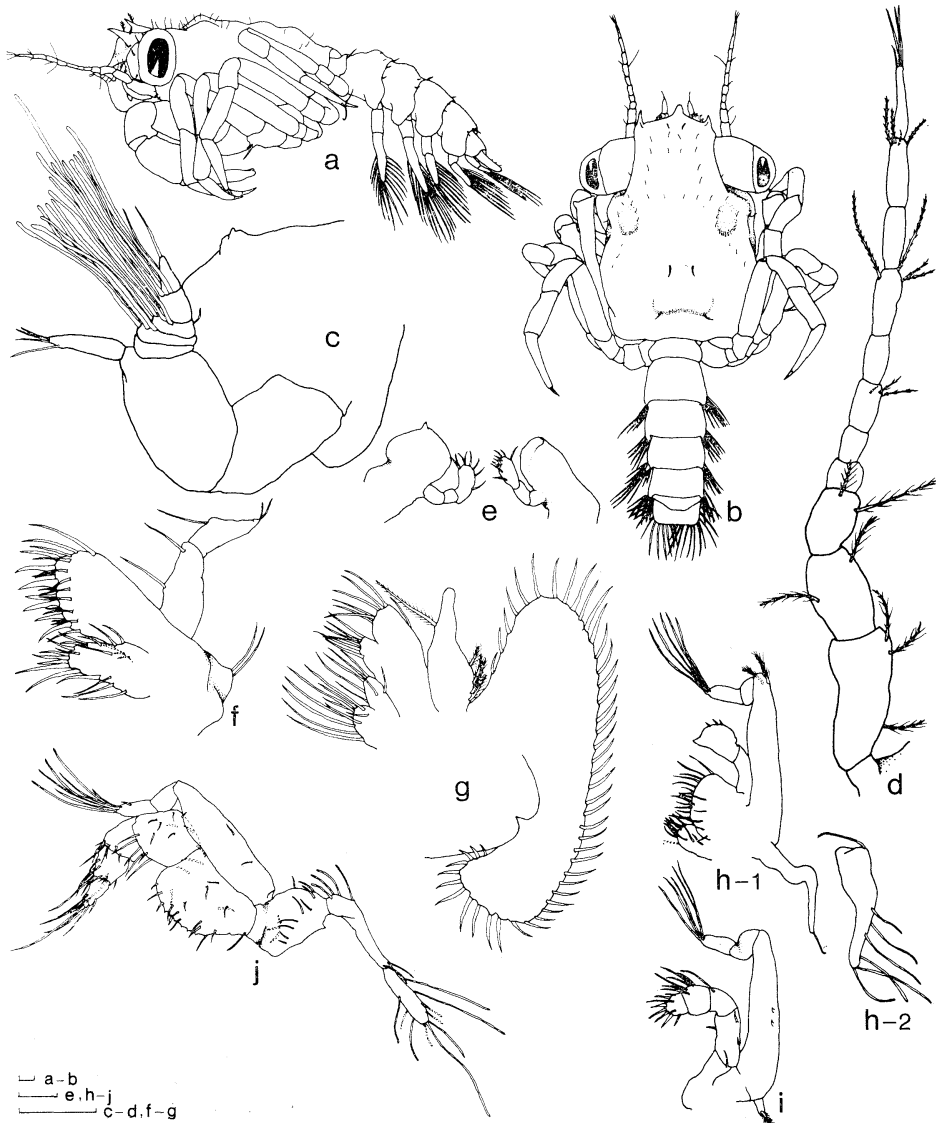


Fig. 7. *Etisus laevimanus* RANDALL. Megalopa. a, lateral view; b, dorsal view; c, antennule; d, antenna; e, mandible; f, maxillule; g, maxilla; h-1, left first maxilliped; h-2, epipodite of right first maxilliped; i, second maxilliped; j, third maxilliped. Scales indicate 0.1 mm.

fringed with 24 or 26 plumose marginal hairs. Exopods of first and second maxillipeds (Figs. 5 j-k) have ten and eleven natatory setae, respectively.

Third maxilliped consisting of three parts and segmented pereopods (Fig. 6 a) now project below the border of carapace. Endopods of pleopods on somites 2-5 appear as a small bud (Fig. 6 b). First abdominal somite; three long hairs on the dorsum (Fig. 6 c). Telson bears two short setae at median dorsum, a ninth plumose seta added to inner surface.

MEGALOPA (FIGS. 7-9)

Measurements: Length of carapace, 1.40mm.

Width of carapace, 0.98mm. Length of abdominal somites, 1.02mm. Length of telson, 0.1mm.

Rostrum terminates in a blunt median process deflecting downward and two stout pointed lateral spines which are shorter than the median process (Figs. 7 a-b). Carapace fringed with numerous setae. Antennule (Fig. 7 c) composed of a peduncle and two flagella. Unsegmented flagellum bears three terminal and one sub-terminal setae. Aesthetes on five-segmented flagellum arranged in three tiers of 6, 6, 4, and terminal segment also has two setae. Antenna (Fig. 7 d); eleven segmented, the arrangement of setae from proximal to distal segment is 3,

2, 2, 0, 0, 2 or 3, 0, 4, 0, 4, and 4. Mandible (Fig. 7 e) bears a three-segmented palp with eight or nine stiff setae on terminal segment. Maxillule (Fig. 7 f) has three setae on distal segment of endopod and two setae on proximal segment. Basal endite has twenty-four or twenty-five setae and coxal endite has seventeen setae. Two setae project from dorsal side of basal endite. Endopod of maxilla (Fig. 7 g) bears one subterminal seta and four dorsal setae. Bifurcated basal endite has seven and six setae on each lobe, coxal endite bears a total of seventeen setae. Scaphognathite fringed with 47 or 48 plumose hairs.

Epipodite of first maxilliped (Fig. 7 h) has seven soft hairs probably with a variation in number. Broad endopod has three spines at distal end. Nineteen or twenty setae on basipodite and coxopodite bears eleven setae. Two plumose and five terminal hairs found on exopodite. Endopod of second maxilliped (Fig. 7 i), four-segmented with setae arranged as 3, 1, 6, and 8 or 9. Second maxilliped has three-segmented exopodite with five terminal hairs and two minute setae, and undeveloped epipodite with one plumose seta. Endopodite of third maxil-

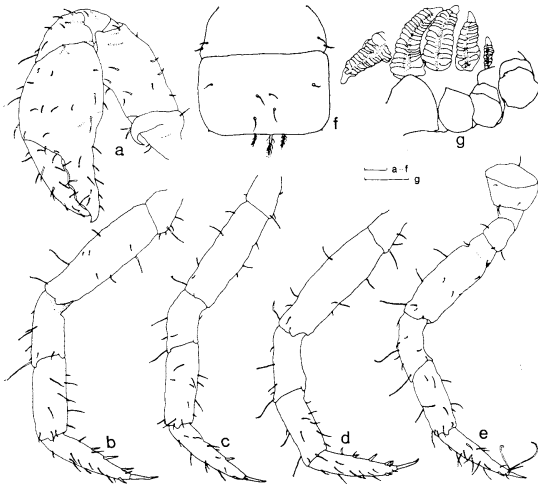


Fig. 8. *Etisus laevimanus* RANDALL. Megalopa. a, chela; b-e, second to fifth pereopods; f, podobranchiae; g, telson in dorsal view. Scales indicate 0.1 mm.

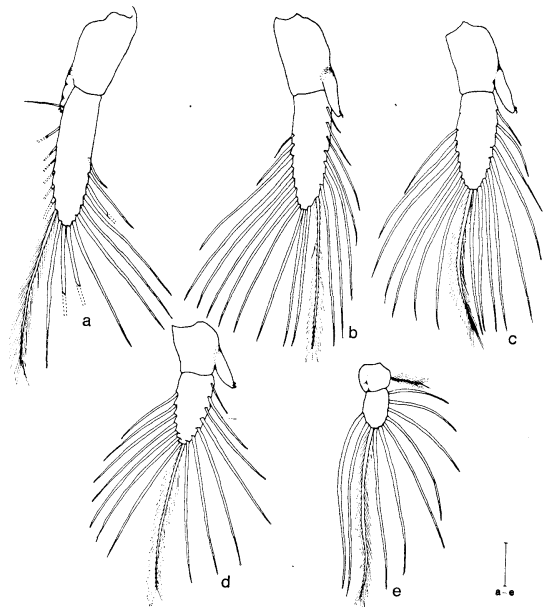


Fig. 9. *Etisus laevimanus* RANDALL. Megalopa. a-e, pleopods on somites 2-6. Scale indicates 0.1 mm.

lipid (Fig. 7 j); five-segmented with numerous setae. Epipodite well-developed with 16 soft hairs. Exopodite has seven terminal setae and one subterminal seta on distal segment.

All pereopods well provided with short setae (Figs. 8 a-e). A prominent hook, curving posteriorly, located on basi-ishiopodite of chela (Fig. 8 a). Dactylopods of pereopods 2-5, armed with a few spinules, respectively, and two conspicuous hairs on dactylopod of fifth pereopod. Abdomen consists of six somites plus a telson (Figs. 7 a-b). Pleopods on somites 2-6 with a setation of 18, 19, 17 or 16, 15 or 14, and 11, respectively (Figs. 9 a-e). Pleopods of somites 2-5 have endopod bearing two short terminal setae. Three plumose setae exist on posterior margin of telson (Fig. 8 g) and six setae on dorsal margin. A minute process projects from each posterior angle of telson.

4. Remarks

Under laboratory conditions there are four zoeal stages and one megalopa stage in the development of *Etisus laevimanus*.

As for identification of the zoea larvae of the Xanthidae, AIKAWA (1929, 33) and GURNEY (1942) proposed some characteristic features as shown below:

1. presence or absence of the carapacial spines,
2. the second antenna,
3. setae formula on the endopod of the maxillae and maxillipeds,
4. the telson.

In the present paper the abdominal features are adopted for the morphological diagnoses added to the above-mentioned characteristics. Therefore, the author considers to discuss the diagnostic characters for the first zoea of the described species as based on the above-proposed features. This zoea conforms exactly to Lebour's definition of the xanthid larva. The four chlorodid species, *Pilodius spinipes*, *Chlorodiella nigra*, *Cymo melanodactylus*, and *E. laevimanus*, are similar with one another in the antenna, setae formula on the endopod of the maxillule and the second maxilliped, and abdomen. But the first zoea of *E. laevimanus* differs from those of the other chlorodid species in detail (Table 1). The first zoea of this species is recognizable from that of *P. spinipes* by having a smooth dorsal spine, from that of *C. nigra* by setae formula on the endopod of the maxilla and first maxilliped, and from that of *C. melanodactylus* by the values of the proportion between the length of spinous process and that

Table 1. Comparison of chief characters in the first zoeae of *Pilodius spinipes*, *Chlorodiella nigra*, *Cymo melanodactylus*, and *Etisus laevimanus*.

| CHARACTERS | SPECIES | <i>Pilodius spinipes</i> | <i>Chlorodiella nigra</i> | | <i>Cymo melanodactylus</i> | <i>Etisus laevimanus</i> |
|---|---------|--------------------------|---------------------------|------------------------|----------------------------|--------------------------|
| CARAPACE | | | | | | |
| Postero-lateral edge | | smooth | smooth | smooth | smooth | smooth or spinules |
| Rostral spine | | a few denticles | a few denticles | smooth | denticulate at end | 3 spinules |
| Dorsal spine | | a few denticles | smooth | smooth | smooth | smooth or granules |
| ANTENNA | | | | | | |
| Spinules on protopod | | present | present | present | present | present |
| No. of terminal setae on exopod | | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 |
| Values of the proportion between the length of spinous process and that of exopod | | 15.0 (from fig.) | 15.0 (from fig.) | 15.0 (from fig.) | 7.7 (from fig.) | 16.6 |
| MAXILLULE | | | | | | |
| Setae formula on endopod | | 1:6 | 1:6 | 1:6 | 1:6 | 1:6 |
| MAXILLA | | | | | | |
| No. of setae on endopod | | 3;2-2 | — | 2;2 | 3;2-3 | 3;2-3 |
| FIRST MAXILLIPEDE | | | | | | |
| Setae formula on endopod | | — | — | 0:1:0:1:3 | — | 3:2:1:2:5 |
| SECOND MAXILLIPEDE | | | | | | |
| Setae formula on endopod | | 1:1:5 | — | 2 | 1:1:6 | 1:1:5 |
| ABDOMEN | | | | | | |
| Lateral knobs on | | 2nd and 3rd | 2nd and 3rd | 2nd and 3rd | 2nd and 3rd | 2nd and 3rd |
| Postero-lateral spines on | | 3rd - 5th | 3rd - 5th | 2nd - 5th | 3rd - 5th | 3rd - 5th |
| No. of inner setae on telson | | 3 pairs | 3 pairs | 3 pairs | 3 pairs | 3 pairs |
| Outer spines on telson-fork | | 1 dorsal, 2 lateral | 1 dorsal, 2 lateral | 1 dorsal, 2 lateral | 1 dorsal, 2 lateral | 1 dorsal, 2 lateral |
| REFERENCE | | Gurney, 1938 | Gurney, 1938 | Gohar & Al-Khaly, 1957 | Gurney, 1938 | Present work |

Table 2. Comparison of chief characters in the megalopae of *Chlorodiella nigra* and *Etisus laevimanus*

| CHARACTERS \ SPECIES | <i>Chlorodiella nigra</i> | <i>Etisus laevimanus</i> |
|---|---------------------------|---------------------------------|
| Spines on the rostrum | only median spine | a median and two lateral spines |
| ANTENNULE | | |
| inner flagellum | 5-segmented with 8 setae | 5-segmented with 18 setae |
| outer flagellum | unsegmented with 4 setae | unsegmented with 4 setae |
| ANTENNA | | |
| Number of segments | 8 | 11 |
| Hairs formula | --:--:--:--:--:6 | 3:2:2:0:0:2 or 3:0:4:0:4:4 |
| MANDIBLUR PALP | | |
| Number of segments | 3 | 3 |
| Setae formula | 0:0:3 | 0:0:8 or 9 |
| SECOND MAXILLIPEDE | | |
| Setae formula on endopod | 0:0: a few | 3:1:6:8 or 9 |
| Number of setae on pleopods | | |
| second | 8 | 18 |
| third | 8 | 19 |
| fourth | 8 | 16 or 17 |
| fifth | 6 | 14 or 15 |
| Number of setae on uropod | uropod, absent | 1:10 |
| TELSON | | |
| Form | roundish | rectangular |
| Number of plumose setae on the posterior margin | 10 | 3 |
| REFERENCE | Gohar & Al-Kholy, 1957 | Present work |

of the exopod.

The megalopa of *E. laevimanus* has a rostrum which discriminates it from that of *C. nigra* (Table 2), although those of *Xantho incisus*, *Leptodius exaratus*, *Cycloxanthops novemdentata*, *Panopeus herbstii*, and *Lophopanopeus bellus diegensis* are alike in rostrum. All other megalopae described to date have only one median spine or lack it on the rostrum. The megalopa of this species differs from that of *C. nigra* by the number of the antennal segments and its hair formula, although those of the reported xanthid species, except for *Eurypanopeus depressus*, *Ozius truncatus*, and *Heterozius rotundifrons*, are similar by lacking hairs on the segments 3, 5, 7, and 8 from distal to proximal. The presence of the uropod distinguishes the megalopae of this species and all other xanthid

species from those of *C. nigra* and *H. rotundifrons*. The pleopods of abdominal somites 2-5, in the Xanthidae, generally have endopods with two or three small hook-like hairs on the distal. The megalopa of this species is still more differentiated from that of *C. nigra* by the form of telson, especially having a minute process on each posterior angle, and the number of plumose hairs on the posterior margin, and the majority of megalopae of other xanthid species bear three plumose hairs as this species.

References

- AIKAWA, H. (1929): On larval forms of some Brachypura. Res. Oceanogr. Wks. Jap., 2, 17-55, 4 pls.
 AIKAWA, H. (1933): On larval forms of some Brachyura. 2. A note on indeterminate zoeas. *Ibid.*, 5, 124-254, 61 figs.

- COSTLOW, J. D. and C. G. BOOKHOUT (1961a): The larval stages of *Panopeus herbstii* reared in the laboratory. J. Elisha Mitchell Sci. Soc., **77**, 33-42, 6 figs.
- COSTLOW, J. D. and C. G. BOOKHOUT (1961b): The larval development of *Eurypanopeus depressus* under laboratory conditions. Crustaceana, **2**, 6-15, 41 figs.
- GOHAR, H. A. F. and A. A. AL-KHOLY (1957): The larvae of some Brachyuran Crustacea (from the Red Sea). Publ. Mar. Biol. Stat. Al-Ghardaqa (Red Sea), (9): 145-177.
- GURNEY, R. (1938): Notes on some decapod Crustacea from the Red Sea. 6-8. Proc. Zool. Soc. London, **108**, 73-84, 6 pls.
- GURNEY, R. (1939): Bibliography of the larvae of decapod Crustacea. v+123 p. Ray Soc., London.
- GURNEY, R. (1942): Larvae of decapod Crustacea. viii+306 p. Ray Soc., London.
- KNUDSEN, J. W. (1959): Life cycle studies of the Brachyura of western north America. 2. The life cycle of *Lophopanopeus bellus diegensis*. Bull. S. Cal. Ac. Sci., **58**, 57-64, 22 figs.
- KNUDSEN, J. W. (1960): *Ditto*. 4. The life cycle of *Cycloxanthops novemdentatus*. *Ibid.*, **59**, 1-8, 12 figs.
- LEBOUR, M. V. (1928): The larval stages of the Plymouth Brachyura. Proc. Zool. Soc. London, 1928: 473-560, 5 figs, 16 pls.
- SABA, M. (1976): Studies on the larvae of crabs of the family Xanthidae. 1. On the larval development of *Leptodius exaratus*. Res. Crusta., (7): 57-67.
- WEAR, R. G. (1968): Life-history studies on New Zealand Brachyura 2. Family Xanthidae. Larvae of *Heterozius rotundifrons*, *Ozius truncatus*, and *Heteropanope (Pilumnopeus) serratifrons*. N. Z. J. Mar. Freshw. Res., 2: 293-332, 88 figs.
- WEAR, R. G. (1970): Notes and bibliography on the larvae of xanthid crabs. Pac. Sci., **24**, 84-89.

オウギガニ科ヒヅメガニの幼生の発生

鈴木 広 志

要旨: 1977年6月、千葉県小湊の東京水産大学附属小湊実験場付近の磯で、ヒヅメガニの抱卵個体を採集した。実験室で孵化させ飼育し、ゾエア幼生期およびメガロップ幼生期を記載するとともに、既報のヒヅメガニ亜科3種、*Pilodius spinipes*、クロテナガオウギガニおよびキモガニの第1期ゾエアとの比較を行ない、同時に、クロテナガオウギガニのメガロップとの比較を行なった。

本種の第1期ゾエアと他の3種の第1期ゾエアとは次の点で識別することができる。

1. *Pilodius spinipes* と比較して、本種は背棘が滑面を呈している (第1表)。
2. クロテナガオウギガニと比較して、本種は第2小顎および第1顎脚の内肢の刺毛配列が相違する。
3. キモガニと比較して、第2触角の原節長と外肢長との比が相違する。

本種のメガロップは額角に大きな中央棘とその左右に1本の小棘を有する。第2触角は11節で先端から第3、第5、第7および第8節には剛毛を欠く。尾肢は第2節で基部節には1本、先端節には10本の遊泳毛を有する。尾節は四角形でその後縁に3本の短い羽状毛を有するなどの特徴を備え、これらの点はクロテナガオウギガニのメガロップの形態と著しく相違する (第2表)。

A Geophysical Consideration of the Water in the Ushigomebori Moat On the Transversal Seiche Motion Induced by the Nemuro-Hanto-Oki Earthquake on June 17, 1973*

Nobuo MORITANI** and Tomosaburo ABE***

Abstract: The authors observed a remarkable oscillatory motion of the water level in the Ushigomebori Moat induced by the Nemuro-Hanto-Oki Earthquake (the earthquake occurred off the Nemuro Peninsula, Hokkaido, Japan) on June 17, 1973. Its bi-amplitude is grown up rapidly and reaches 4.28 cm after about 100 seconds. They discussed on the data of the water level and the seismic record based on the one dimensional linear model. The observed results are able to be favorably explained theoretically assuming that the oscillatory motion is induced by the selected resonance with the seismic disturbances.

The amplitude of the transversal seiche motion, induced by the earthquake, decreases gradually accompanying with beat oscillations. With analyzing the data of the damping seiche, the authors estimated the frictional coefficient as $\varepsilon=0.00102 \text{ sec}^{-1}$ and the intensity of the resonance as $\lambda=140.3$ when the frequency of the external force coincides with that of transversal mononodal seiche. It is estimated that the selected resonance may be easily induced by the seismic disturbances to the transversal direction of the moat.

1. Introduction

The Ushigomebori Moat, which is one of the Endo Castle, is roughly rectangular basin with the dimension of approximately $610 \times 60 \times 1.0$ m. In the moat, observations on seiche have been made since September 1969. On June 17, 1973, the remarkable seiche motion, induced by the Nemuro-Hanto-Oki Earthquake, is observed. T. SUZUKI reported on the seiche in the Tokyo Bay caused by the great earthquake of September 1, 1923 (SUZUKI, 1935) and also reported on the seiche in the Lake Ashinoko due to the Kitaizu Earthquake, 1930 (SUZUKI, 1936). He obtained the reasonable results with the assumption that these motions are induced by the vertical displacement of the land crusts. On the other hand, the seiche observed in the moat seems to be the resonated seiche induced by the horizontal vibration of the land crust. In this paper,

they intend to make a short qualitative consideration on the resonated transversal seiche motion under a few reasonable assumptions.

2. Observed results

The Ushigomebori Moat has been divided into two parts of A and B by the iron-wall sector for the sake of subway constructions during the term from October 1971 to August 1973, as shown in Fig. 1. The area A is the observed field and the water level meter (MORITANI and ABE, 1977) has been equipped at the site P. The period of the transversal mononodal

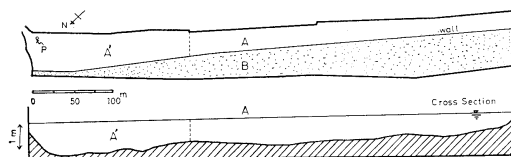


Fig. 1. Shape of the Ushigomebori Moat.

The moat is divided into two parts of the area A and B by the wall sector. A' is the sectional area of A and P is the site where water level meter equipped, and the lower figure shows the cross section of the moat.

* Received September 8, 1978

** Tokyo Center, Japan Weather Association, Chiyoda-ku, Tokyo, 101 Japan

*** Faculty of Science, Science University of Tokyo, Shinjuku-ku, Tokyo, 162 Japan

seiche motion is shown in Table 1. Since the moat makes such a elongated shape, it is estimated that the transversal seiches may be generated in the sectional area of A' . In the area A' , width is relatively wider and its depth is deeper than the other. In Table 1, \bar{L} is the mean width, \bar{h} is the mean depth and T is the period of the transversal seiche motion both in the area A and in the sectional area A' . Unfortunately, the absolute depth of the moat in those days is unknown, so that the estimated depths are listed with deviation of ± 20 cm. It is seen that the former period is little smaller than the latter.

The record of the water level is shown in Fig. 2. The irregular variation of the water level seems to be generated by the wind stress over the moat during 12 h 00 m to 12 h 59 m. Taking attention to the record in the time interval from 12 h 59 m to 13 h 40 m, the regular oscillation sets in motion at 12 h 59 m and two minutes later its bi-amplitude reaches its maximum value of 4.28 cm, and then it is gradually damped with

the beat oscillation. Though the original record of Fig. 2 is exact one, it is hard to clearly detect the oscillations caused by the earthquake from the regular oscillation. So we enlarged the time scale of the record by ten times with magnifying the record as shown in Fig. 3. The origin of the time scale is adjusted so as to coincide with the starting time of the oscillatory motion. The mean period of the oscillation is 22.0 sec and the mean period of the beat oscillation becomes 198 sec during the time $t=0$ to $t=2178$ sec in Fig. 3. It is noticeable that the former period nearly equals to the transversal seiche as seen in Table 1. According to the weather map of Fig. 4, on June 17, 1973 the travelling anticyclone, which crossed

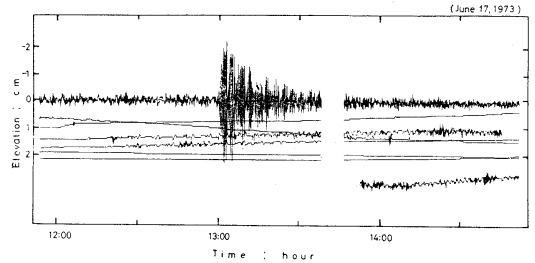


Fig. 2. Fluctuation of the water level recorded by the portable long-period wave recorder at the site P. The upper record is observed during the time interval from 11 h 55 m to 14 h 50 m. We can see that the water level makes regular oscillation from about 13 h and its amplitude is gradually damped accompanying with beat.

Table 1. The period of the transversal mononodal seiche in the area A and A' .

The period is calculated by the Merians' Formula.

| Area | \bar{L} (m) | \bar{h} (cm) | Δh (cm) | $T \pm \Delta T$ (sec) | $s \pm \Delta s$ (sec ⁻¹) |
|------|---------------|----------------|-----------------|---|--|
| A | 37.7 | 119.7 | ± 20.0 | $22.0 \begin{smallmatrix} +2.1 \\ -1.6 \end{smallmatrix}$ | $0.285 \begin{smallmatrix} -0.024 \\ +0.023 \end{smallmatrix}$ |
| A' | 27.4 | 101.2 | ± 20.0 | $17.4 \begin{smallmatrix} +2.0 \\ -1.5 \end{smallmatrix}$ | $0.361 \begin{smallmatrix} -0.037 \\ +0.034 \end{smallmatrix}$ |

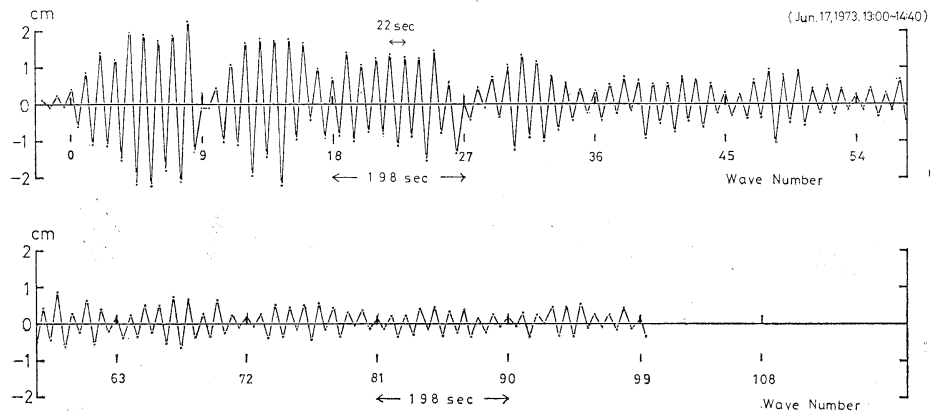


Fig. 3. Picture of the record of the water level, time scale being magnified by ten times.

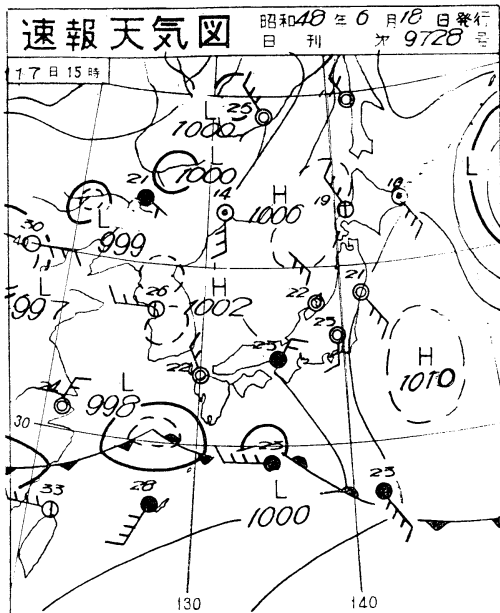


Fig. 4. The weather map at 15 h JST on June 17, 1973 (from the Daily Weather Map of Japan Weather Association).

the Mainland of Japan on the preceding day, covers widely on the ocean off the eastward of Japan. It was relatively calm weather in Tokyo Districts, so it is hard to consider that the meteorological disturbances generate such a regular oscillations. In the Ushigomebori Moat, the amplitude of the longitudinal monodonal seiche, which is generated by the wind stress, is less than 1 cm for the wind speed of about 5 m/sec at the height about 2 m above the moat surface (MORITANI and ABE, 1973). Therefore, it is found that the regular oscillation of the water level may be generated by the Nemuro-Hanto-Oki Earthquake which occurred on the same day. The detailed informations on the earthquake are shown in the paper of Tech. Rep. of J.M.A. (1974). According to the paper, the earthquake parameters are as follows.

Origin time: 12 h 55 m 01.8 ± 0.5 s, June 17, 1973 (JST)

Epicenter: $145^{\circ}57'E \pm 3'$, $42^{\circ}58'N \pm 1'$

Depth: 40 km

Magnitude: 7.4

The epicenter was located about 40 km southeast of the Nemuro Peninsula, Hokkaido. In Fig. 5, the areas where the people felt the

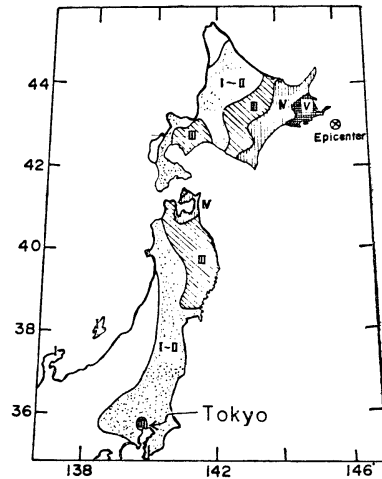


Fig. 5. Distribution of the seismic intensity (after the Tech. Rep. of J.M.A., 1974)

main shock are shown. In the Kanto Districts, the seismic intensity is the grade III and the epicenter is located about 750 km northeast of Tokyo. So that it is estimated that the land crust around the Ushigomebori Moat may be uniformly vibrated horizontally. The seismic record in Tokyo ($139^{\circ}45.5'E$, $35^{\circ}41.2'N$) is shown in Fig. 6 and Fig. 7. The former recorder is strong motion seismograph (magnification: 1) and the latter is electromagnetic seismograph with visible recorder (magnification: 10), and the magnification of the both recorder for the variable period is shown in Fig. 8. As seen in the figures, the seismic disturbances are rapidly amplified and reached its maximum about two minutes later, and then it is gradually decreased with time. It is seen that the horizontal component is amplified much larger than the vertical one. It is noticeable that the predominant period during the time interval from 12 h 59 m to 13 h 01 m seems to be about twenty seconds which are nearly equal to the period of the monodonal transversal seiche in the moat, and after this time the predominant period becomes smaller.

From the records on the water level and the seismic disturbances, it is estimated that the regular oscillations of the water level in the moat are considered as the transversal seiche motion induced by the co-oscillation with the

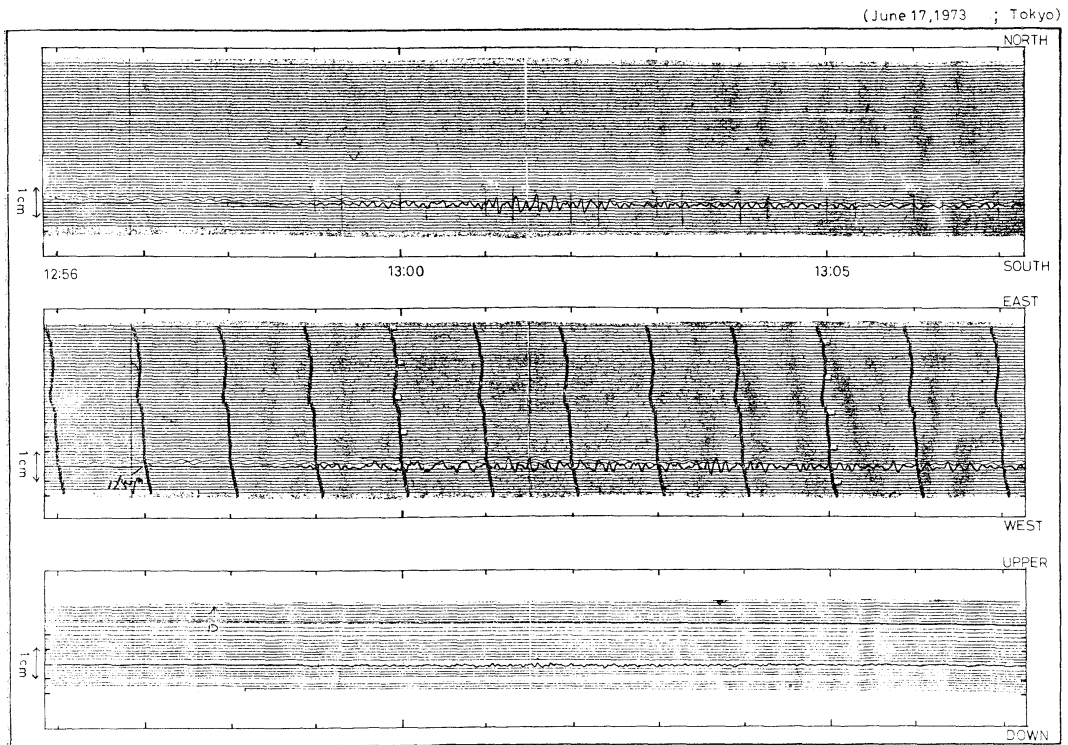


Fig. 6. Seismic record of the Nemuro-Hanto-Oki Earthquake on June 17, 1973 in Tokyo. The record is observed by the strong motion seismograph (magnification; 1).

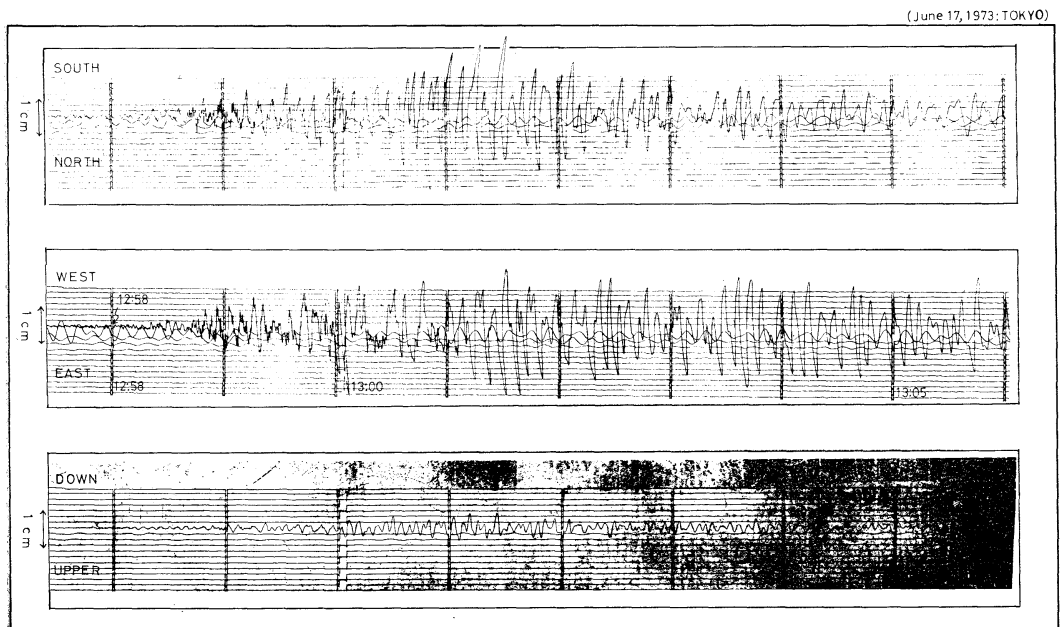


Fig. 7. Seismic record of the Nemuro-Hanto-Oki Earthquake on June 17, 1973 in Tokyo. The record is observed by the electromagnetic seismograph with visible recorder (magnification; 10).

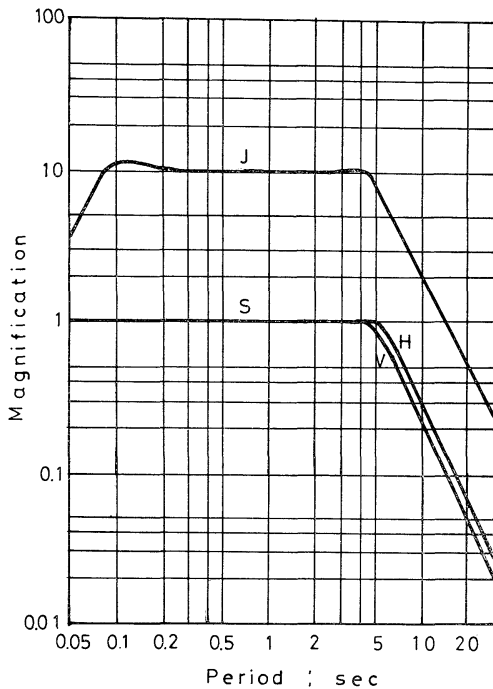


Fig. 8. Magnification of the seismograph at Tokyo. Upper curve (J) is the magnification of the electromagnetic seismograph with visible recorder (magnification; 10) and the lower curve (S) is that of the strong motion seismograph (magnification; 1). In the curve, H and V mean the horizontal and the vertical component, respectively (after the Seismological Bulletin of J. M. A., 1973).

seismic disturbances and the generated seiches are damped gradually with the beat oscillation. Let us study below on the seiche motion induced by the seismic disturbances assuming the one dimensional linear model.

3. Basic equation

For the sake of simplicity, we regard the Ushigomebori Moat as a rectangular basin of uniform depth h and length L , as shown in Fig. 9. In the basin, take the origin of the coordinate at one of its edges, the x -axis in the direction of the length, the z -axis and the surface elevation $\zeta(x, t)$ both positive upward. The motion of the fluid is assumed to take place only in the x - z plane and the frictional force $F_f(x, t)$ per unit mass of water is proportional to the mean velocity of water, so that

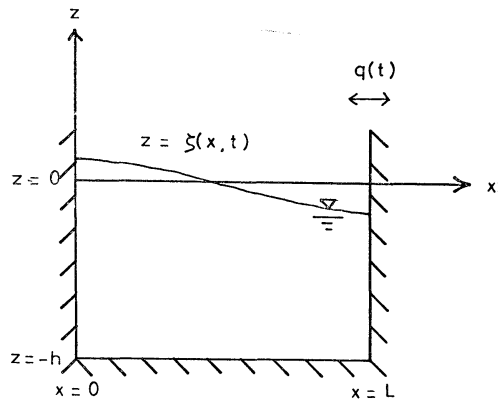


Fig. 9. A cross section of the rectangular basin.

$$F_f(x, t) = -2\rho\varepsilon\bar{u}(x, t) \quad (1)$$

where ε indicates the frictional coefficient or the damping coefficient, ρ density of water and

$$\bar{u}(x, t) = \frac{1}{h} \int_{-h}^{\zeta} u(x, z, t) dz.$$

Now we discuss on the mononodal seiche motion induced by the seismic horizontal disturbances. We consider the uniform displacement $q(t)$ to the x or z direction. In this case, the equation of motion and the equation of continuity are given by

$$\begin{cases} \frac{\partial \bar{u}(x, t)}{\partial t} - g \frac{\partial \zeta(x, t)}{\partial x} - \ddot{q}(t) + 2\varepsilon\bar{u}(x, t) = 0 & (2) \\ h \frac{\partial \bar{u}(x, t)}{\partial x} - \frac{\partial \zeta(x, t)}{\partial t} = 0, & (3) \end{cases}$$

where $\ddot{q}(t)$ is the inertia force working on the water mass. Seek expressions for $\zeta(x, t)$ and $\bar{u}(x, t)$ as functions of x and t which will satisfy the conditions of $\bar{u}(0, t) = 0$ and $\bar{u}(L, t) = 0$. To give the mononodal oscillations, we try the expression

$$\bar{u}(x, t) = y(t) \sin \pi x / L. \quad (4)$$

On substituting this into the equation (3),

$$\frac{\partial \zeta(x, t)}{\partial t} = -\frac{\pi}{L} h y(t) \cos \pi x / L,$$

integration of this equation gives

$$\zeta(x, t) = -\frac{\pi h}{L} Y(t) \cos \pi x / L, \quad (5)$$

where $Y(t) = \int_0^t y(t) dt$.

On substituting (4) and (5) into (2),

$$\{\dot{Y}(t) + 2\varepsilon\dot{Y}(t) + s^2Y(t)\} \sin \pi x/L - \ddot{q}(t) = 0, \quad (6)$$

where $s^2 = gh/4L^2$.

Multiplying $\sin \pi X/L$ on both sides of the equation (6), and integrating 0 to L with respect to X , so that we obtain

$$\dot{Y}(t) + 2\varepsilon\dot{Y}(t) + s^2Y(t) - \frac{4}{\pi}\ddot{q}(t) = 0. \quad (7)$$

In the special case, we consider the following displacement $q(t)$

$$q(t) = q_0 \sin(\sigma t + \varphi_0) \quad (8)$$

where q_0 , σ and φ_0 are the amplitude, frequency and phase angle of the seismic disturbances, respectively. In such a case, the differential equation (7) is written by

$$\dot{Y}(t) + 2\varepsilon\dot{Y}(t) + s^2Y(t) = F_0 \sin(\sigma t + \varphi_0), \quad (9)$$

where $F_0 = -\frac{4}{\pi}q_0\sigma^2$.

So the general solution of the equation (9) becomes

$$Y(t) = Ae^{-\varepsilon t} \sin(\gamma t + \varphi) + N \sin(\sigma t + \varphi_0 + \delta) \quad (10)$$

where $\gamma^2 = s^2 - \varepsilon^2$ and φ means phase angle.

On substituting into (9), constants N and δ are given as

$$N = \frac{F_0}{\sqrt{(s^2 - \sigma^2)^2 + (2\varepsilon\sigma)^2}} \quad (11)$$

$$\tan \delta = \frac{2\varepsilon\sigma}{s^2 - \sigma^2}. \quad (12)$$

From the following initial condition

$$\zeta(x, t) = 0 \quad \text{or} \quad Y(0) = 0,$$

we can decide the constant A as

$$A = -\frac{\sin(\varphi_0 + \delta)}{\sin \varphi} N. \quad (13)$$

On integrating both sides of the equation (9) with respect to t from 0 to τ , and letting τ tend to zero, so we obtain the following equation

$$\lim_{\tau \rightarrow 0} Y(\tau) = \frac{F_0}{\sigma} \cos \varphi_0. \quad (14)$$

Differentiating both sides of the equation (10) with t and equating t to zero, we obtain

$$\dot{Y}(0) = \varepsilon A \sin \varphi. \quad (15)$$

Therefore from the equations (14) and (15),

$$\frac{F_0}{\sigma} \cos \varphi_0 = \varepsilon A \sin \varphi - \gamma A \cos \varphi - \sigma N \cos(\varphi_0 + \delta) \quad (16)$$

From the equations (13) and (16), A and φ are given as

$$A = -\frac{N}{\gamma} \sqrt{\gamma^2 \sin^2(\varphi_0 + \delta) + \left(\sigma \cos(\varphi_0 + \delta) - \varepsilon \sin(\varphi_0 + \delta) - \frac{F_0}{\gamma N} \cos \varphi_0\right)^2} \quad (17)$$

$$\tan \varphi = \frac{\gamma \sin(\varphi_0 + \delta)}{\sigma \cos(\varphi_0 + \delta) + \varepsilon \sin(\varphi_0 + \delta) + \frac{F_0}{\gamma N} \cos \varphi_0}. \quad (18)$$

Therefore, from the equations (11), (12), (17) and (18) the constants in the equation (10) are determined.

In general, ε is satisfactorily smaller than s , so γ nearly equals to s . In the special case of resonance, σ approaches to s so that A and φ become

$$\lim_{\sigma \rightarrow s} A = N, \quad \text{and} \quad \lim_{\sigma \rightarrow s} \varphi = \varphi_0 + \delta,$$

where $N = F_0/2\varepsilon\sigma$ and $\delta = \pm \pi/2$.

So that the equation (10) becomes

$$Y(t) = -\frac{q_0}{\pi\varepsilon} (e^{-\varepsilon t} - 1) \sin(\sigma t + \varphi). \quad (19)$$

Therefore, on substituting (5), elevation $\zeta_R(x, t)$ becomes

$$\zeta_R(x, t) = \frac{2shq_0}{\varepsilon L} (e^{-\varepsilon t} - 1) \sin(\sigma t + \varphi) \cos \pi x/L. \quad (20)$$

4. Discussions

Now let us discuss on the data of the water

level and the seismic record based on one dimensional linear model, assuming that the oscillatory motion of the water level is the resonated seiche motion induced by the selected resonance with the seismic disturbances of the Nemuro-Hanto-Oki Earthquake. And also we assume that the generated seiche decreases its amplitude with time as a damping seiche.

(1) Damping seiche accompanying with beat oscillations

Beat oscillations are given by the combination of the two kinds of wave of the slightly different frequency. Now we combine the two kinds of damping seiche $\zeta_1(t)$ and $\zeta_2(t)$ as follows

$$\zeta_c(t) = \zeta_1(t) + \zeta_2(t) \quad (21)$$

$$\text{where } \zeta_1(t) = ae^{-\epsilon t} \cos s_1 t \text{ and } \zeta_2(t) = -ae^{-\epsilon t} \cos s_2(t).$$

Then $\zeta_c(t)$ becomes

$$\zeta_c(t) = 2a e^{-\epsilon t} \sin \Delta s t \sin s t \quad (22)$$

$$\text{where } \Delta s = (s_1 - s_2)/2 \text{ and } s = (s_1 + s_2)/2. \quad (23)$$

The above equation (22) shows the damping seiche of the frequency s , and its amplitude oscillates with the much smaller frequency of $2\Delta s$. The wave height of the oscillation is given by the following equation

$$H(t_i) = 2a e^{-\epsilon t_{i1}} \sin \Delta s t_{i1} + 2a e^{-\epsilon t_{i2}} \sin \Delta s t_{i2} \quad (24)$$

$$\text{where } t_{i1} = (4i+1)\pi/2s, \quad t_{i2} = (4i+3)\pi/2s$$

$$\text{and } t_i = (t_{i1} + t_{i2})/2 = (2i+1)\pi/s \quad (i=1, 2, 3, \dots, K \text{ for the } i\text{-th wave}).$$

In our case $1/\epsilon$ and $2\pi/\Delta s$ are much larger than the value of $(t_{i1} - t_{i2})$, so that the above equation is approximated by

$$H(t_i) = H_0 e^{-\epsilon t_i} |\sin \Delta s t_i| \quad (i=1, 2, 3, \dots, K \text{ for } i\text{-th wave}) \quad (25)$$

$$\text{where } H_0 = 2a.$$

Therefore the maximum bi-amplitude in each beat wave becomes

$$H(t_n) = H_0 e^{-\epsilon t_n} \quad (n=1, 2, 3, \dots, N \text{ for } n\text{-th beat wave}) \quad (26)$$

$$\text{where } t_n = (2n+1)\pi/2\Delta s.$$

On the other hand, $H(t_n)$ is given by the record on the damping seiche accompanying with beat oscillation from the following equation

$$H(t_n) \doteq \frac{\pi}{2M} \sum_{m=1}^M H(t_{n+m}) \quad (n=1, 2, 3, \dots, N \text{ and } m=1, 2, 3, \dots, M \text{ for the } n\text{-th beat wave}) \quad (27)$$

$$\text{where } t_{n+m} = (2n+1)\pi/2\Delta s + (2m+1)\pi/s.$$

Consequently the damping coefficient ϵ and the initial wave height H_0 are determined by the record on the damping seiche accompanying with the beat waves using the equations (26) and (27).

From the record on the water level of Fig. 3 during the time interval $t=0 \sim 2178$ sec, the mean frequency of the oscillations and mean frequency of the beat wave are

$$\bar{s} = 0.286 \text{ sec}^{-1} \text{ and } 2\Delta\bar{s} = 0.0317 \text{ sec}^{-1},$$

or the mean period becomes

$$\bar{T} = 22.0 \text{ sec and } \bar{T}_b = 198 \text{ sec}.$$

Therefore the frequency of the two kinds of wave becomes from the equation (23)

$$s_1 = 0.270 \text{ sec}^{-1} \text{ and } s_2 = 0.302 \text{ sec}^{-1},$$

or the period becomes

$$T_1 = 23.2 \text{ sec and } T_2 = 20.8 \text{ sec}.$$

We consider that the larger period may be the transversal seiche in the area A and the shorter one may be that in the sectional area A' in Fig. 1. With the least square method, the calculated values of ϵ and H_0 are obtained as

$$H_0 = 36.8 \text{ mm and } \epsilon = 0.00102 \text{ sec}^{-1} \quad (\text{for } t = 198 \sim 1782 \text{ sec}).$$

Then the variation of the seiches' amplitude with time is given by the equation (25),

$$H(t_i) = 36.8 e^{-0.00102 t_i} \left| \sin \frac{2\pi}{198} t_i \right|$$

so that

$$\ln H(t_i) = -0.00102 t_i + \ln \left| \sin \frac{2\pi}{198} t_i \right| + 3.91. \quad (28)$$

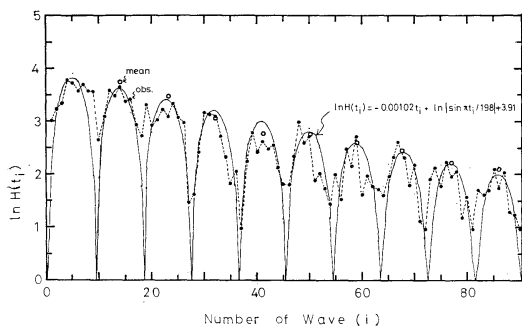


Fig. 10. Damping seiche accompanying with beat oscillations. In the figure, the observational data are shown with the open and solid circles and the theoretical curve is shown with the solid line.

Table 2. Intensity of resonance for the longitudinal and transversal seiche motion in the Ushigomebori Moat.

| | T (sec) | s (sec ⁻¹) | ε (sec ⁻¹) | λ (for $e=1$) |
|----------------------------|-----------|--------------------------|------------------------------------|------------------------|
| Longitudinal seiche motion | 400 | 0.0157 | 0.000915 | 8.55 |
| Transversal seiche motion | 22.0 | 0.286 | 0.00102 | 140.3 |

In Fig. 10, the calculated curve of the equation (28) is shown with the solid line and the observed amplitude for the each wave is shown with the solid circle. The maximum amplitude for each beat wave, calculated by the equation (26), is also shown with the open circle. The calculated curve almost agrees with the observational amplitude.

(2) Intensity of resonance

Intensity of resonance is defined as the following equation

$$\lambda = N / \xi_0 \tag{29}$$

In the equation, N is given by the equation (11). It is defined as the amplitude of the co-oscillated motion in the steady state. And the ξ_0 is the statistical elevation induced by the constant external force F_0 . It is given as the special solution of the differential equation (9), as follows

$$\xi_0 = F_0 / s^2 \tag{30}$$

Therefore the intensity of resonance becomes

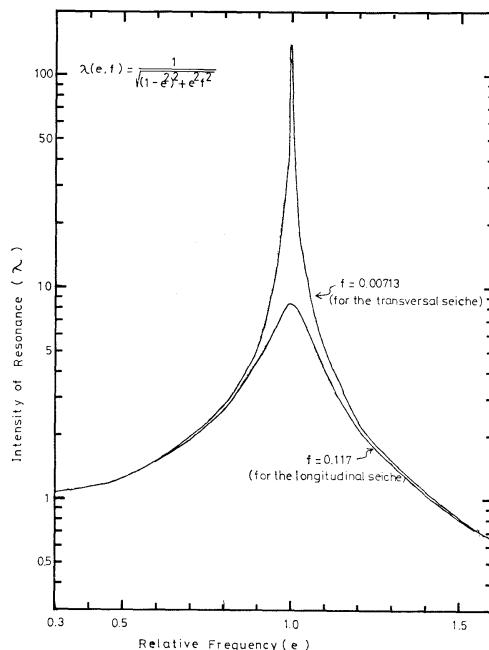


Fig. 11. Intensity of resonance for the longitudinal and the transversal mononodal seiche motion.

$$\lambda = 1 / \sqrt{(1 - e^2)^2 + e^2 f^2} \tag{31}$$

where $f = 2\varepsilon/s$ and $e = \sigma/s$.

In the case of Ushigomebori Moat, the values of s and ε are given by Table 2, for the transversal and the longitudinal mononodal seiche, respectively. In Fig. 11, the intensity of resonance is shown for the relative frequency e . It is shown that the very sharp resonance is recognized for the transversal seiche, and the elevation of the co-oscillated seiche is about 140 times larger than that induced by the constant force F_0 . Hence it is expected that the selected resonance may be easily induced by the vibrating external force to the transversal directions. On the other hand, it is hard to take place the resonance to the longitudinal directions because of the weak intensity of resonance as shown in Fig. 11.

(3) Resonated seiche induced by the seismic disturbances

The elevation of the resonated seiche motion is obtained from the equation (20), at the $x=0$ m,

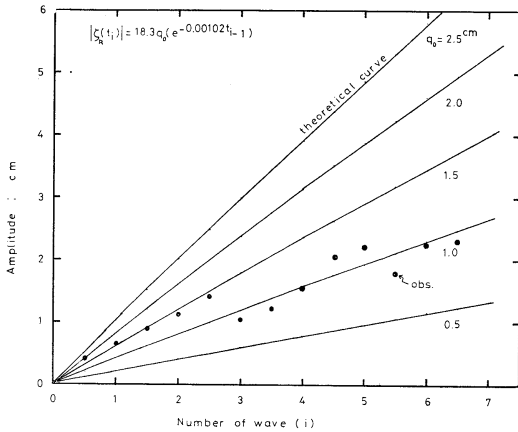


Fig. 12. Theoretical and observed amplitude of the resonated seiche.

q_0 means the amplitude of the seismic disturbances to the transversal direction whose period coincides with the period of the transversal mononodal seiche.

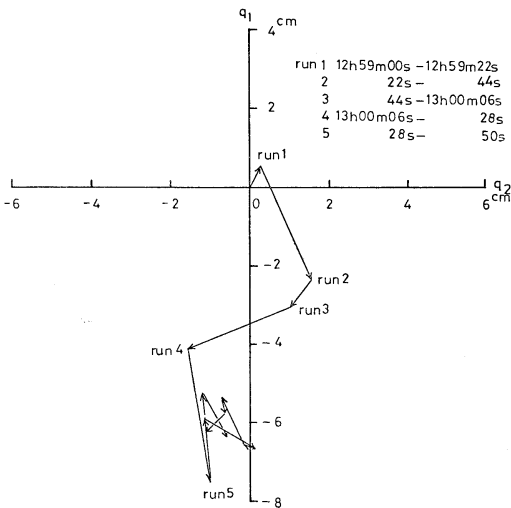


Fig. 13. Vector diagram of the seismic disturbances $q(t)$, which are obtained by the Fourier analysis. In the figure, q_1 and q_2 are given by the following equation $q(t) = q_1 \sin 2\pi t/22.0 + q_2 \cos 2\pi t/22.0$, and they are the transversal component of the moat.

$$\zeta_R(t) = 18.3 q_0 (e^{-0.00102t} - 1) \sin(0.286t + \varphi_0). \quad (32)$$

The extremum value of $\zeta_R(t)$ for the i -th wave oscillation becomes

$$\zeta_R(t_i) = 18.3 q_0 (e^{-0.00102 t_i} - 1) \quad (33)$$

where $t_i = (\pi i - \varphi_0) / s$.

In Fig. 12, the theoretical curves of the equation (33) are indicated for each value of $q_0 = 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5$ cm, with the solid lines. The observed amplitudes are shown with the solid circles. It is seen that the observed data are almost between the theoretical curves of $q_0 = 0.5$ and $q_0 = 1.5$ cm. Hence it is estimated that the observed oscillatory motion of the water level may be induced by the seismic disturbances to the transversal direction, with period of 22.0 sec and with mean amplitude being roughly equal to 1 cm.

Now we estimate the value of q_0 by analyzing the seismic record in Tokyo (Fig. 6.) On taking the record of the both horizontal components over the time interval of 12 h 59 m to 13 h 04 m and dividing it into consecutive 22.0 seconds periods, we carry out the harmonic analysis of the every 22.0 sec time series. Obtained results are shown as the vector diagram in Fig. 13. It is seen that the phase angle exists between 202° and 295° and the amplitude keeps relatively larger value in run number 2 to 5. On taking the mean value of q_0 during the run number 1 to 5, we obtain as $q_0 = 0.705$ cm. Its mean value almost coincides with the estimated value of $q_0 \approx 1$ cm. Consequently, it is shown that the analyzed results of the seismic record in Tokyo may be an effective support of the idea of the selected resonance.

5. Concluding remarks

The authors observed the remarkable oscillatory motion of the water level in the moat induced by the Nemuro-Hanto-Oki Earthquake on June 17, 1973. They discussed on the data of the water level and the seismic record basing on the one dimensional linear model, and the obtained results are as follows:

- (1) The damping coefficient (or the frictional coefficient) for the transversal seiche motion of the moat is estimated as $\varepsilon = 0.00102 \text{ sec}^{-1}$, using the data of the damping seiche accompanying with beat oscillations.
- (2) Intensity of resonance for the transversal seiche motion is calculated as $\lambda = 140.3$. It is shown that the selected resonance may be easily induced by the vibrating external force to the transversal direction of the moat.

- (3) The observed oscillatory motion may be induced by the co-oscillation with the seismic disturbances to the transversal direction whose period coincides with the transversal seiches' period and the amplitude is estimated as $q_0 \approx 1$ cm.

Acknowledgement

In conclusion the authors wish to express sincere thanks to the members of the Basic Research on Wind Waves (Haro Kenkyu-kai in Japanese) for their valuable advice. Thanks are due to Mr. A. YANAI of Mejiro Gakuen Women's Junior College, Mr. A. ARAI, Mr. H. TAKAYAMA and the all graduated students in the laboratory for their helps of the observations. Thanks are due to Dr. A. MASATSUKA of Japan Weather Association for his advice about seismic data. Thanks are also due to Mrs. K. FURUKAWA for her help of the observations in the moat.

References

- DEFANT, A. (1961): Physical Oceanography (II): Oxford. Pergamon Press, London, pp. 154-160.
- MORITANI, N. and T. ABE (1972): A geophysical consideration of the water in the Ushigomebori Moat (On the seiche of the moat). Preprint for the 2nd Intern. Ocean Devel. Conf., **1**, 270-281.
- MORITANI, N. and T. ABE (1973): A geophysical consideration of the water in the Ushigomebori Moat—On the seiche motion of the moat (II)—. *La mer*, **11**(4), 196-204.
- MORITANI, N. and T. ABE (1977): A portable Long-period wave recorder. *La mer*, **15**(3), 31-39. (in Japanese)
- SUZUKI, T. (1935): Seiche in the Tokyo Bay caused by the land upheaval on the occasion of the great earthquake of September 1, 1923. *Bull. Earthquake Res. Inst. Tokyo Univ.*, **8**(2), 266-279.
- SUZUKI, T. (1936): Analysis of seiche in Lake Ashinoko due to Kitaizu Earthquake, 1930. (1), (2). *Jishin*, **8**, 331-346, *ibid.*, **9**, 307-318. (in Japanese)
- Tech. Rep. of J.M.A. (1974): Report on the Nemuro-Hanto-Oki Earthquake of June 17, 1973. 87.

牛込濠水の地球物理学的考察

——1973年6月17日根室沖地震に伴う静振について——

森谷 誠生 ・ 阿部 友三郎

要旨: 筆者等は、1973年6月17日に発現した根室半島沖地震に伴って誘起された、濠に横方向の静振と考えられる極めて規則的な水位変化を観測した。その全振幅は、振動開始後約100秒で4.28cmに達した。濠水の運動を一次元の線型モデルで考察し、地震動による選択共振によって横方向の静振が誘発されたと想定してこの水位記録を、東京における地震記録に併せ解析したところ妥当な結果が得られた。

地震動によって誘発された横方向の静振の振幅は、以後次第に減衰しており、このとき算定された減衰率は $\varepsilon = 0.00102 \text{ sec}^{-1}$ であり、従って外力に対する共振の強さの最大値は、 $\lambda = 140.3$ となって、横方向の静振が誘発され易いことを示している。

宮古群島池間島の珊瑚礁*

大葉 英雄**, 有賀 祐勝**

Coral Reefs of Ikema-jima, Miyako Islands, Japan*

Hideo OHBA** and Yusho ARUGA**

Abstract: A preliminary survey was made concerning the distribution of corals at Ikema-jima, Miyako Islands, during July and August 1974. Observations were carried out mainly along six transects by skin diving and underwater photography. Fringing reefs with large moats are developed along the northeast and the northwest coasts of Ikema-jima. Corals of the genus *Acropora*, which among hermatypic coral genera is the most abundant in number of species and is the most widely variable as to growth form, were classified into four growth forms; tabular, encrusting, corymbose and branching. The tabular and encrusting forms of *Acropora* dominated at wave-washed margins of the outer reef flats and upper reef slopes at the exposed sites, while at the sheltered sites, in moats and on deeper reef slopes, the branching forms of *Acropora* dominated. The living corymbose forms of *Acropora* and the massive faviid species were sparse on the inner reef flats which are emersed infrequently. In the frequently emersed areas, living corals were not found and barren zones developed. In a discussion of the coral distribution in relation to the reef structure, four types of moats and two types of outer reef slopes were distinguished in the coral reefs of Ikema-jima.

1. 緒 論

日本では、主として小笠原諸島および鹿児島県奄美諸島から沖縄県先島諸島にかけてよく発達した珊瑚礁が見られるが、その生物群集の実態に関する詳細な調査研究は一部地域を除きまだ充分には行われていない(倉田他, 1969¹⁾; 今島, 1970²⁾; 平田・大迫, 1968³⁻⁵⁾; 井田, 1971^{6,7)}; 江口, 1974⁸⁾; 山里他, 1974⁹⁾; 仲宗根他, 1974¹⁰⁾; 堀越他, 1975¹¹⁾)。われわれが通常訪れやすい珊瑚礁は人為の影響を受けて改変されているところが多く、逆に人為の影響をほとんど受けていないと考えられる珊瑚礁は訪れるのが極めて困難であることが多い。しかし、生物群集の実態把握のためには、人為の影響をあまり受けていないところが望ましいと言えよう。そこで、著者らは沖縄県先島

諸島宮古群島北端に位置する池間島において、1974年7月29日～8月17日の20日間にわたって、造礁珊瑚の分布に関する予察的調査を実施したので、その結果を報告する。

2. 調査方法

池間島 (Fig. 1) の周囲に6カ所 transect を設置し、スキンドビングによって海底地形と造礁珊瑚の分布を観察し記録するとともに、水中写真を撮影した。種の検索は YABE *et al.* (1936)¹²⁾, YABE and SUGIYAMA (1941)¹³⁾, 岡田 (1965)¹⁴⁾, 白井 (1977)¹⁵⁾, 海中公園センター鑄浦海中公園研究所 (1977)¹⁶⁾ などを用い、現場での観察と水中写真とから判断して行なった。造礁珊瑚の分布図は、国土地理院発行の空中写真 (OK-72-IX, CI-2) を模写した図に優占種を記入して作成した。この際、種類の多い *Acropora* については群体の基底面に対する珊瑚枝の高さを基準にして、その高さが高いものから順に枝状 (branching type),

* 1978年9月11日受理

** 東京水産大学, 東京都港区港南4-5-7

* Received September 11, 1978

** Tokyo University of Fisheries, Konan 4, Minato-ku, Tokyo, 108 Japan

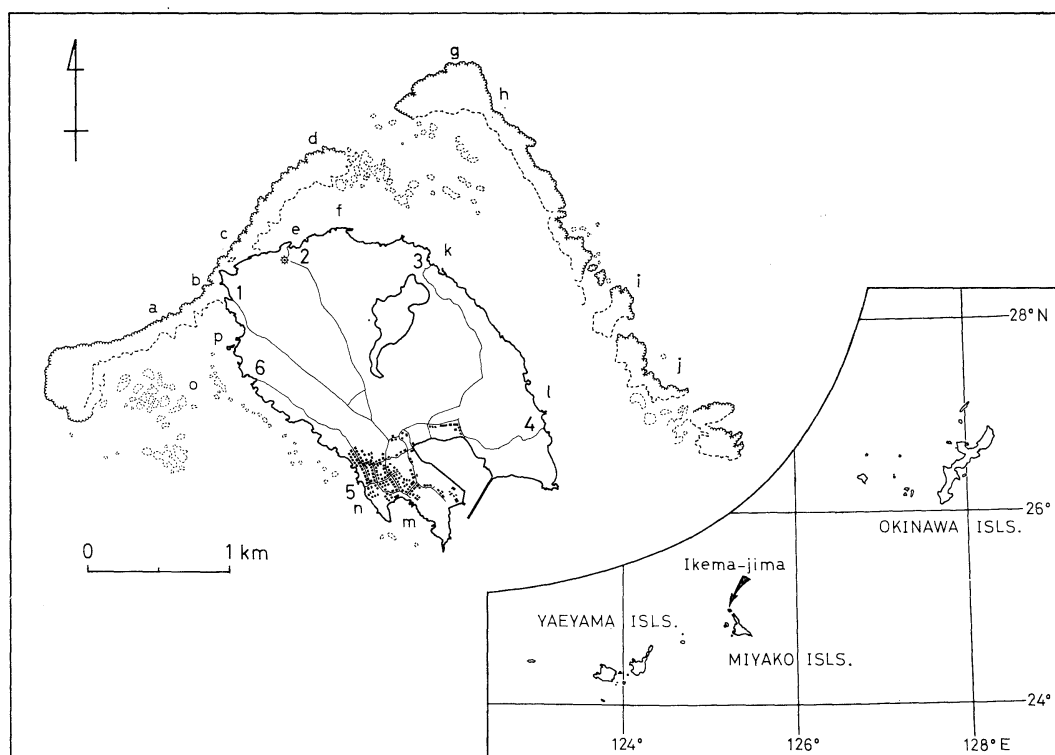


Fig. 1. Map of Ikema-jima showing locations of Transects 1 to 6 and Stations a to p.

板状 (corymbose type), 円卓・皮殻状 (tabular and encrusting type) に分けて取り扱った。

3. 調査結果

1) 池間島の海岸地勢

池間島 (Fig. 1) は全周ほぼ 7 km の小島であり、島北部を中心に丁度“八”の字形をした 2 本のリーフ (reef) が島に笠を被せるように発達している。この 2 つのリーフの間には、幅 400 m、水深 20~30 m ほどの大きな水道が存在する。それぞれのリーフ・フラット (reef flat) はよく発達した礁池 (moat) を控え、“裾堡礁”型の珊瑚礁に分類される (山里, 1975¹⁷⁾)。島の北~北東岸には高さ 10 m 前後の海岸段丘が形成されているのに並行して、北東リーフ外縁部では礁斜面が断崖をなし、水面下から水深 20~30 m 付近まで急峻に傾斜している。逆に北西リーフでは礁斜面が沖に向かって緩傾斜しており、よく発達した縁脚・縁溝系 (spur-groove system) を形成している。

島北部に対して島南部では発達したリーフは存在せず、部分的に裾礁 (fringing reef) がみられるだけであり、港を控え島民の居住地となっている。この港は、以前は島内に深く湾入していた大きな湾の入口にあたり、現在この湾の中央部が埋め立てられており湾奥が淡水湖として残っている。

2) 造礁珊瑚の分布

この調査で確認できた主な造礁珊瑚 (hermatypic corals: reef corals) と非造礁珊瑚 (ahermatypic corals: non-reef corals) を Table 1 に示す。Acroporidae に属するものが最も多く、種数は 20 種に上った。次いで Faviidae に属するものが多く、8 種を区別した。全体としては 54 種の珊瑚類を識別できた。

Transect 1 および Stations a, b, c [Fig. 2]

この地域は、いわゆる裾礁を呈しており幅 200 m ほどの外礁部 (①~③ 帯) と、縁脚縁溝帯 (spur and groove zone) がよく発達した礁斜面 (④~

Table 1. List of hermatypic and ahermatypic corals found in Ikema-jima.

| | |
|---|---|
| Pocilloporidae | 30. <i>F. fungites</i> (LINNAEUS) |
| 1. <i>Seriatopora angulata</i> KLUNZINGER | 31. <i>F. scutaria</i> LAMARCK |
| 2. <i>S. hystrix</i> DANA | Poritidae |
| 3. <i>Pocillopora damicornis</i> (LINNAEUS) | 32. <i>Porites attenuata</i> NEMENZO (?) |
| 4. <i>P. verrucosa</i> (ELLIS et SOLANDER) | 33. <i>P. lobata</i> DANA |
| 5. <i>Palauastrea ramosa</i> YABE et SUGIYAMA (?) | 34. <i>P. lutea</i> M. EDWARD et HAIME |
| Acroporidae | 35. <i>P. tenuis</i> VERRILL |
| 6. <i>Acropora arbuscula</i> (DANA) | 36. <i>Goniopora planulata</i> EHRENBERG |
| 7. <i>A. conferta</i> (QUELCH) | 37. <i>G. sp.</i> |
| 8. <i>A. cymbiciathus</i> (BROOK) (?) | Faviidae |
| 9. <i>A. danai</i> (M. EDWARD et HAIME) | 38. <i>Hydnophora exesa</i> (PALLAS) |
| 10. <i>A. digitifera</i> (DANA) | 39. <i>Favia speciosa</i> (DANA) |
| 11. <i>A. echinata</i> (DANA) | 40. <i>Favites abdita</i> (ELLIS et SOLANDER) |
| 12. <i>A. formosa</i> (DANA) | 41. <i>F. pentagona</i> (ESPER) |
| 13. <i>A. humilis</i> (DANA) | 42. <i>Goniastrea pectinata</i> (EHRENBERG) |
| 14. <i>A. pectinata</i> (BROOK) | 43. <i>Platygyra lamellina</i> (EHRENBERG) |
| 15. <i>A. pyramidalis</i> (KLUNZINGER) (?) | 44. <i>P. rustica</i> (DANA) |
| 16. <i>A. quelchi</i> (BROOK) | 45. <i>Leptoria phyrygia</i> (ELLIS et SOLANDER) |
| 17. <i>A. smithi</i> (BROOK) (?) | Oculinidae |
| 18. <i>A. spicifera</i> (DANA) | 46. <i>Galaxea fascicularis</i> (LINNAEUS) (?) |
| 19. <i>A. squarrosa</i> (EHRENBERG) | Mussidae |
| 20. <i>A. surculosa</i> (DANA) | 47. <i>Lobophyllia costata</i> (DANA) |
| 21. <i>A. tumida</i> (VERRILL) | 48. <i>L. robusta</i> YABE et SUGIYAMA (?) |
| 22. <i>Montipora digitata</i> (DANA) (?) | 49. <i>Symphyllia recta</i> (DANA) |
| 23. <i>M. foliosa</i> (PALLAS) | Caryophylliidae |
| 24. <i>M. spumosa</i> (LAMARCK) | 50. <i>Euphyllia fimbriata</i> (SPENGLER) |
| 25. <i>M. sp.</i> | Dendrophylliidae |
| Agariciidae | 51. <i>Tubastrea aurea</i> (QUOY et GAIMARD) |
| 26. <i>Pachyseris rugosa</i> (LAMARCK) (?) | Milleporidae |
| 27. <i>Pavona frondifera</i> LAMARCK | 52. <i>Millepora platyphylla</i> HEMPRICH et EHRENBERG |
| Siderastreidae | 53. <i>M. tenera</i> BOSCHMA |
| 28. <i>Coscinastrea columna</i> (DANA) (?) | Melithaeidae |
| Fungiidae | 54. <i>Melithaea ocracea</i> (LINNAEUS) |
| 29. <i>Fungia echinata</i> (PALLAS) | |

⑤帯) かなる。外礁の内側には小さな礁池 (②帯) があり、枝状 *Acropora* の小群集が点在している。

外礁 (③帯) は大潮干潮時に干出する岩礁部であり、内側礁原 (inner reef flat) では板状の *Acropora surculosa*, *A. digitifera* や小塊状の *Favia speciosa*, *Platygyra lamellina* などが疎らに生育している。外側礁原 (outer reef flat) に向かうにしたがって珊瑚の被度が増加するとともに、皮殻状の *Acropora humilis*, *A. pyramidalis*, *A. smithi*, 円卓状の *Acropora pectinata*, *A. surculosa* などが出現し始める。外礁の外縁部では被度が100% 近くになるが、優占的に群生する

Acropora に混じって *Pocillopora verrucosa* の小群も比較的多く着生していた。また礁池側の礁縁 (②~③帯の移行部) の岩壁面には、枝状の *Porites attenuata* や *Millepora tenera*, すり鉢状の *Pachyseris rugosa* が見られた。

外洋礁斜面 (④~⑤帯) では、外礁からそのまま縁脚 (spur) に移行するところと、外礁と平行に走る縁溝 (groove) (④帯) によって外礁と縁脚が一度切断されているところがある。縁脚は外礁とほぼ直角をなし外海に向かって緩傾斜し、水深20m前後のところで転石帯あるいは砂礫地へと移行する。当地域での縁脚は非常に長く、約100~150mほどある。縁脚上面の造礁珊瑚の被度は100%に

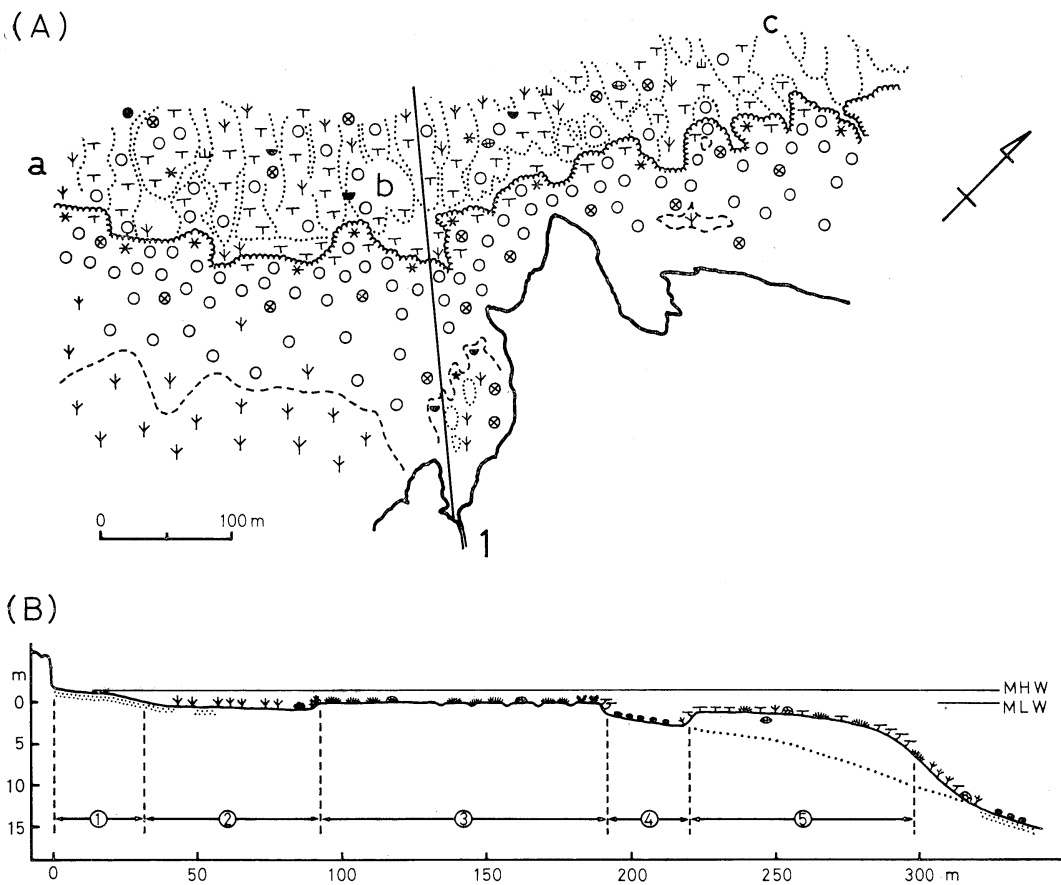


Fig. 2. Horizontal distribution of corals (A) and schematic representation of the vertical profile (B) along Transect 1. Explanation of the symbols used are shown below.

(A)

- 山 : Seriatopora
- ✖ : Pocillopora verrucosa
- ┐ : Acropora (Tabular and encrusting type)
- : Acropora (Corymbose type)
- ┘ : Acropora (Branching type)
- ☪ : Montipora
- ⊕ : Fungia
- ▲ : Porites attenuata
- : Porites lobata and P. lutea
- ⊙ : Porites tenuis
- ⤴ : Goniopora
- ⊗ : Faviidae
- ⊕ : Galaxea fascicularis
- ∴ : Mussidae
- ⊕ : Euphyllia fimbriata
- ★ : Millepora tenera
- ♣ : Melithaea ocracea
- ♣ : Sinularia flexibilis

AAA : gravel
 XXX : dead coral

(B)

- ♣ : Pocillopora verrucosa
- ✖ : Palauastrea ramosa
- ┐ : Acropora (Tabular and encrusting type)
- ⊕ : Acropora (Corymbose type)
- ┘ : Acropora (Branching type)
- ☪ : Montipora
- ⊕ : Fungia
- ┘ : Porites attenuata
- ⊕ : Porites lobata and P. lutea
- ⊙ : Porites tenuis
- ⤴ : Goniopora
- ⊗ : Faviidae
- ⊕ : Euphyllia fimbriata
- ✖ : Millepora tenera
- ♣ : Melithaea ocracea
- ♣ : Sinularia flexibilis
- ||||| : Thalassia hemprichii

..... : sand
 XXXX : gravel
 ■■■■ : boulder
 ——— : rock

近く、外礁部に近い水深1~5mの浅所(⑤帯)では、円卓状の *Acropora pectinata*, *A. surculosa*, *A. tumida*, 皮殻状の *Acropora humilis*, *A. pyramidalis* などが優占して群生していた。これらの優占種群に混じって *Pocillopora verrucosa* や Faviidae に属する小塊状珊瑚あるいは *Acropora cymbicathus*, *A. smithi*, *A. danai*, *A. quelchi* なども量的には少ないが分布していた。さらに水深が増すにしたがって枝状の *Acropora* の被度が増し、水深10~20m付近に枝状の *Acropora formosa*, *A. arbuscula* などが群生しているところも見られた。しかし多くの場合、各種の *Acropora* や Pocilloporidae, Poritidae, Faviidae に属するものなどが混生していた。

縁脚の側斜面すなわち縁溝に面した斜面では、水深が増すにつれて造礁珊瑚の被度が減少する。側斜面の下部(傾度60°以上)の岩面では、無節石灰藻(紅藻類)およびその他の皮殻状海藻によって被覆されているところが多く、海底から1m付近までの最下部では全く造礁珊瑚の着生は見られなかった。側斜面の中~下部では、*Acropora* を中心として *Montipora*, *Seriatopora*, Faviidae などからなる混生帯を形成している。しかし、同様な斜面でも a 地点 (Fig. 2A) では直径2m前後の円卓状 *Acropora conferta* (分布する群体の50%程度は死滅) が、c 地点 (Fig. 2A) では枝状 *Acropora* が優占的に群生しているところも見られた。なお、縁脚と並行している縁溝は転石あるいは砂礫底からなり、生きている造礁珊瑚は全く見られないに等しかった。

Transect 2 および Stations d, e, f [Fig. 3]

この地域はリーフ内に幅300m、水深0~10mほどの比較的大きな礁池を控え、外洋礁斜面には Tr. 1 から連続した縁脚縁溝帯が発達している。また、海岸には高さ10~15mほどの岩崖が形成されており、大きな砂浜は見られない。

陸地から続く岩礁部(①帯)には *Acropora formosa*, *A. arbuscula*, *A. echinata* などの枝状 *Acropora* が優占した群生地があり、そこには *Acropora squarrosa*, *A. surculosa*, *Montipora*

foliosa, *M. spumosa*, *Seriatopora hystrix*, *S. angulata*, *Porites attenuata*, *Goniopora planulata*, Fungiidae や Faviidae に属するものなど多くの種類の珊瑚が混生していた。この他にも量的には少ないが *Acropora pectinata*, *Pocillopora damicornis*, *Coscinastrea columna*, Mussidae に属するもの、さらに種の確定できない珊瑚が多く分布しており、その珊瑚相は豊富であった。

岩礁部に続く礁池は水深5~6mとやや深くなり、大小の coral knoll が散在していた(①帯)。knoll 周辺の砂礫上には枝状 *Acropora* の小群が点在していた。knoll 上の珊瑚相は、上述した岩礁部のそれと類似しており、knoll と並行して三角錐状あるいは台形状の *Porites lobata*, *P. lutea* の大群体、あるいは灰褐色を呈した枝状の *Palaustraea ramosa* の球状大群体なども散在していた。これらの群体の大きさは直径、高さともに2~4mと非常に大きなものであった。knoll 帯と次の礁原との移行部傾斜面には、枝状珊瑚(*Acropora*, *Porites*)に混在して *Euphyllia fimbriata*, *Hydnophora exesa*, 台形の *Porites lobata*, Fungiidae に属するものなどが分布していた。

さらに外礁に近づくと、礁池は水深が1~2mと浅くなり枝状珊瑚が密生する広大な礁池原(②~③帯:ここでは、礁池礁上の珊瑚群集が連続してリーフ・フラット内部に広がっているの、その部分を礁池原と呼ぶことにする)となる。この礁池原は造礁珊瑚の種組成から2地域に区分できる。すなわち、黄色あるいは薄い褐色を呈した枝状の *Porites attenuata* と枝状の *Acropora formosa* が、パッチ状群集を形成している陸地寄りの地域(②帯)と、枝状の *Acropora formosa* を主体とする外海に近い *Acropora* 群生地(③帯)との二つである。優占種群に混じって、②帯では *Galaxea fascicularia*, *Pavona frondifera*, *Montipora foliosa*, *M. spumosa*, 枝状の *M. digitata*, *Fungia fungites*, *F. scutaria*, *F. echinata*, *Acropora squarrosa* などが、また③帯では *Montipora foliosa*, *Porites attenuata*, *Fungia* spp. などが分布していた。

地形的に Tr. 1 と連続した外礁部(④帯)は、

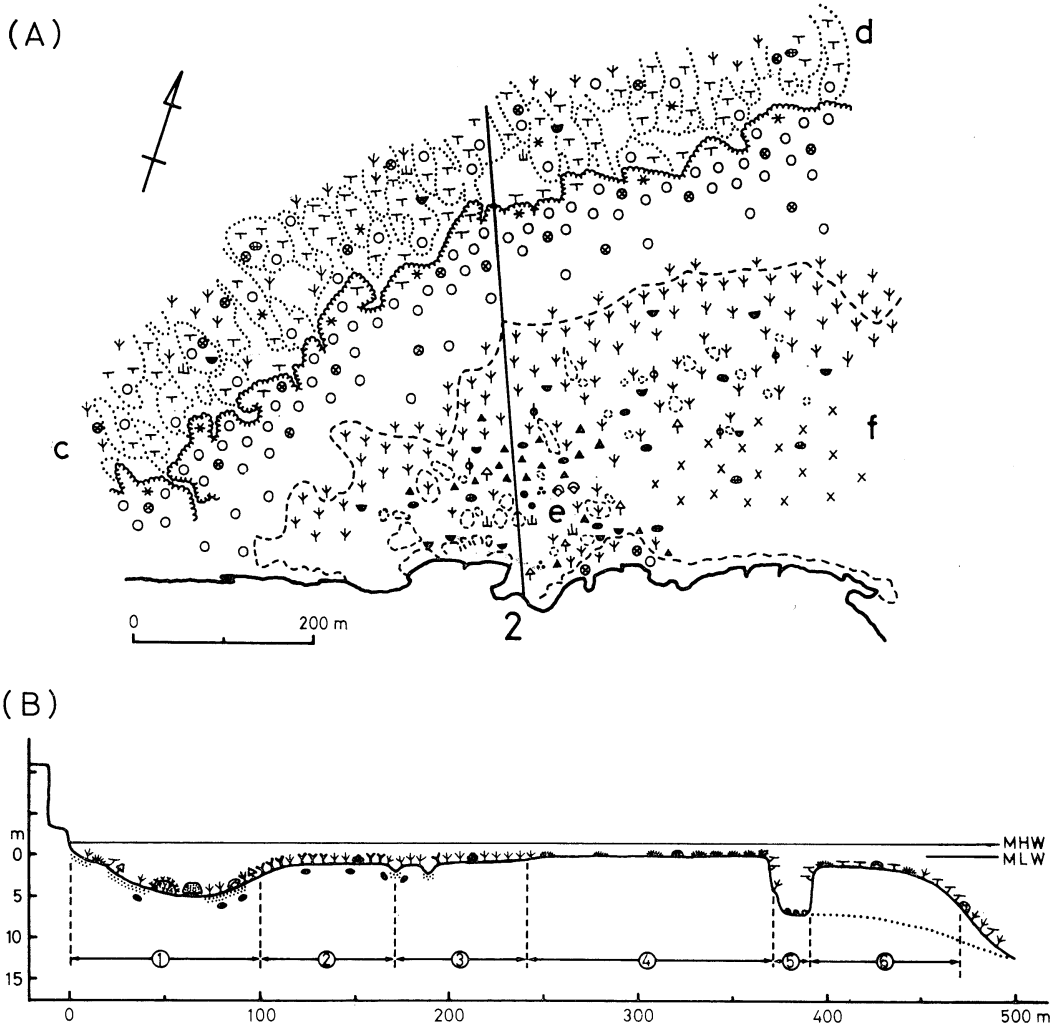


Fig. 3. Horizontal distribution of corals (A) and schematic representation of the vertical profile (B) along Transect 2. For the symbols, see Fig. 2.

Tr. 1 に比べ珊瑚被度が低く、北東部に向かって内側礁原に生珊瑚がほとんど見られない不毛帯 (barren zone) を形成している。外側礁原およびそれに近い縁脚頂部においても珊瑚被度が 30% 以下と低いところが見られたが、珊瑚相は Tr. 1 にほぼ準じていた。

礁池 f 地点 (Fig. 3A) では、水深が 10 m 以上と深くなり、広大な砂礫上に枝状の *Acropora formosa*, *A. arbuscula* などが林立し、広範囲にわたって群生地を形成していた。しかし、前記 e 地点と異なり、knoll の数が減り、knoll 上の珊瑚

の種類も減少するものの、*Millepora platyphylla*, *Montipora spumosa*, *Montipora* sp., *Goniopora* sp. などが比較的良好に観察された。なお、群生する枝状 *Acropora* の 80% 以上は白色化 (死滅) しており、その珊瑚枝上にはマット状の褐色系状藻類が繁茂していた。

Transect 3 および Stations g, h, k [Fig. 1 参照]

この地域では、Tr. 1 や Tr. 2 のような詳細な観察は行なわなかったが、概要は次の通りである。北東リーフ北部に位置する Tr. 3 は、次項の Tr.

4と地形的に連続しており、造礁珊瑚相も Tr. 4と類似している。

広大な礁池は、水深が0~10mとTr. 4に比べて深く、さらに中央部から北部水道にかけては水深が15~20mと深くなる。礁池内には、枝状 *Acropora* の群生する大型 knoll や離礁 (patch reef) がよく発達している。外礁に近い礁池原で

は、水深5m前後の砂礫上に枝状 *Acropora* が群生しており、その景観は Tr. 4 よりむしろ Tr. 2に近い f 地点に類似している。ここも珊瑚体の80%以上は死滅し白色化していた。

g~h 地点の発達した外礁の内側礁原は、大潮干潮時に広範囲にわたって干出する幅約200mの不毛帯 (barren zone) を形成しており、造礁珊瑚

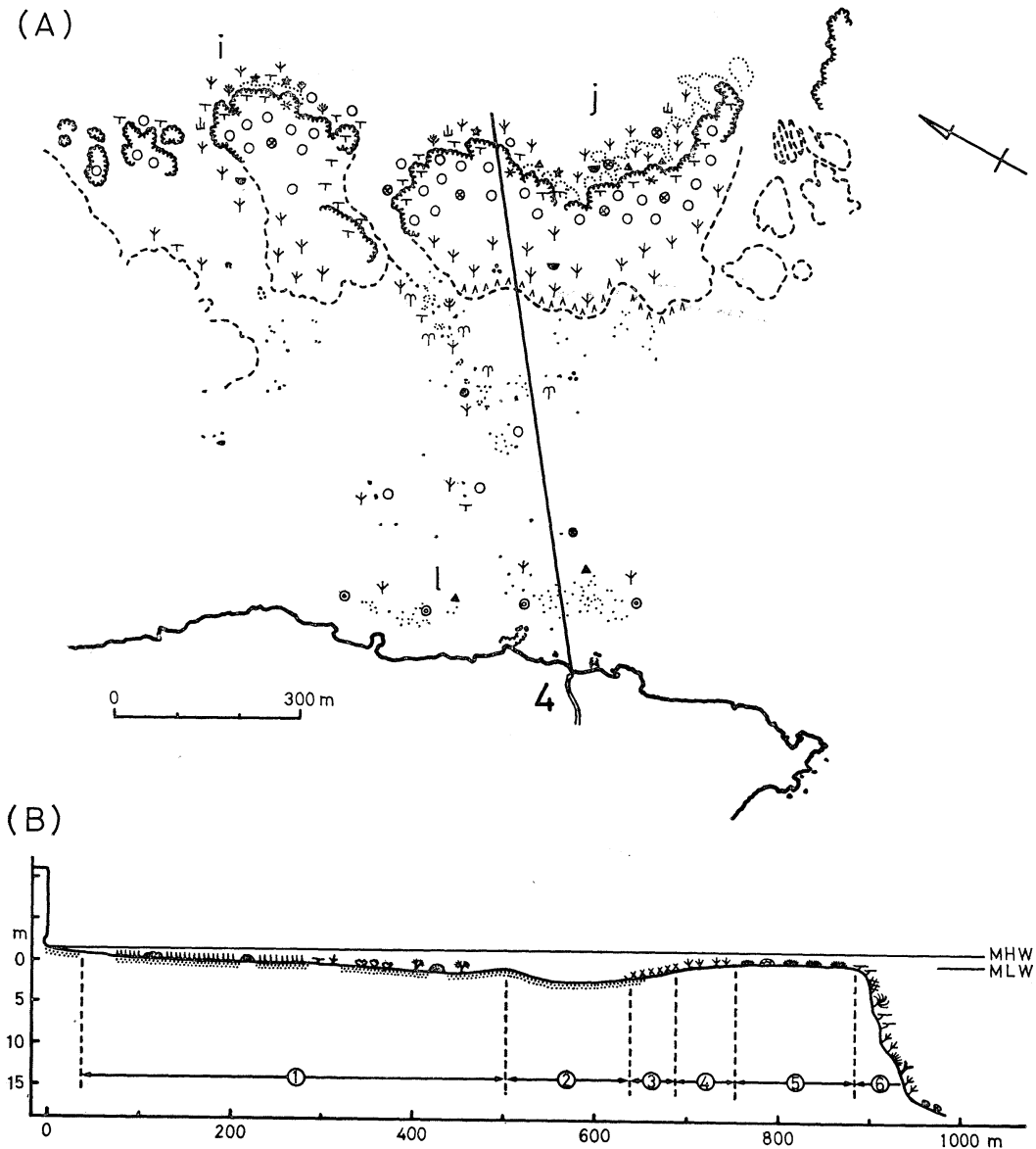


Fig. 4. Horizontal distribution of corals (A) and schematic representation of the vertical profile (B) along Transect 4. For the symbols, see Fig. 2.

は皆無である。不毛帯の岩上に無数に開口した小孔の中には、多数の Ophiuroidea (クモヒトデ類) が群れていた。h 地点の外洋礁斜面では Tr. 1, Tr. 2 と異なり縁脚縁溝帯は見られず、ところどころに階段状岩棚が存在する以外、岩崖をなし急峻に水深 30 m 以上の海底に落ち込んでいる。礁斜面上部および外礁の外縁部では、珊瑚被度が 60~70% と低いところが多い。

k 地点に広がる砂上あるいは砂中には、漂着した直径 10~20 cm ほどの大きな廃油ボールが多数集積し砂浜を汚染していた。

Transect 4 および Stations i, j, l [Fig. 4]

この地域では、浅い礁池が幅 700~900 m にわたって広がっており、底質は砂泥あるいは砂礫からなる。礁池の水深は 0~2 m (一部では 3 m) と浅く、大型 knoll あるいは離礁はほとんど存在せず、連続した Tr. 3 の礁池とはやや様相を異にする。また、外礁部はいくつかの水道 (幅 50~100 m, 水深 10~20 m) によって切断されている。海岸の汀線付近にはビーチ・ロック (beach rock) が発達しており、それに続く低潮線下の砂礫上に *Thalassia hemprichii* (リュウキュウスガモ) が繁茂していた。葉長 10~20 cm の *T. hemprichii* からなるアマモ場 (seagrass bed) が幅 200~300 m にわたって形成され、さらにその先に柔かい黒褐色の小型膜質海藻が幅 50 m 程にわたり繁茂していた。汀線付近のアマモ場には、基底から遊離した拳状の *Porites tenuis*, あるいは *P. attenuata* の小群体が点在している他、アマモ場から礁池中央部にかけては *Acropora formosa*, *A. squarrosa*, *A. pectinata*, *Porites lutea*, *Lobophyllia costata* などが僅かに生育しているに過ぎず、珊瑚相が貧弱であった。アマモ場と外礁との間には幅 100~150 m, 水深 3 m の浅溝 (②帯) が外礁と平行して存在する場合がある。この②帯には海藻や造礁珊瑚の生育は全く見られず、砂中に生息する環形動物類が形成した多数の大きな砂塚が存在するだけであった。なお礁池の中央部から外礁を横切る水道の入口付近にかけて、樹枝状ソフトコーラル (soft coral) の *Sinularia flexibilis* (ホストサ

カ) が生育しており、群生しているところも見られた。

外礁に向かって再び水深が浅くなり、枝状の *Acropora formosa*, *A. arbuscula* などが群生するようになる (④帯)。しかし、Tr. 2 とは異なり各群体は密生することなく、パッチ状に分布しているところが多い。その手前の緩傾斜面では幅 30~50 m にわたって枝状珊瑚の死骸片が堆積し礫帯 (③帯) を形成している。内側礁原の外洋側には、部分的に不毛帯が発達するが、明白な不毛帯がない場合は板状 *Acropora* や Faviidae に属するものが低被度で分布していた。

外側礁原 (⑤帯) は外洋に向かってやや前傾しており、それに伴い円卓状の *Acropora pectinata*, *A. surculosa*, 板状の *A. digitifera*, *A. spicifera* などが階層をなして群生していた。これらの優占種群に混生して *Pocillopora verrucosa*, Faviidae に属する多くの種, *Acropora humilis*, *A. pyramidalis*, *A. smithi*, などが生育していた。また、外側礁原上には外礁に直交した浅溝が多く、そこに枝状 *Acropora* が群生している場合があり、造礁珊瑚の分布状態がやや複雑であった。

外洋礁斜面 (⑥帯) では Tr. 3 と同様に顕著な縁脚縁溝帯は見られず、急傾斜して海底へ落ち込むところが多い。しかし、水深 15 m 付近から傾斜が緩くなり砂礫地あるいは枝珊瑚帯に移行している点で Tr. 3 とは異なっている。斜面上部では外側礁原と同様の珊瑚相が連続している場合が多いが、部分的に *Millepora tenera* が優占しているところもあった。斜面中部 (水深 3~10 m) では被度がやや低下するが、*Acropora* spp. や *Seriatopora* spp. また Faviidae などが混生帯をなすか、あるいは枝状の *Porites attenuata* や枝状の *Acropora formosa* が優占群集をなしていた。また他の transect では見られなかった鮮紅色の *Melithaea ocracea* (オオイソバナ) が生育している斜面も多かった。斜面下部の枝珊瑚帯では、*Acropora formosa* を主体として *A. arbuscula*, *A. surculosa*, *A. pectinata*, *Seriatopora hystris*, *S. angulata*, *Porites attenuata*, *Favia speciosa*, *Favites abdita*, *Goniastrea pectinata*, *Platygyra*

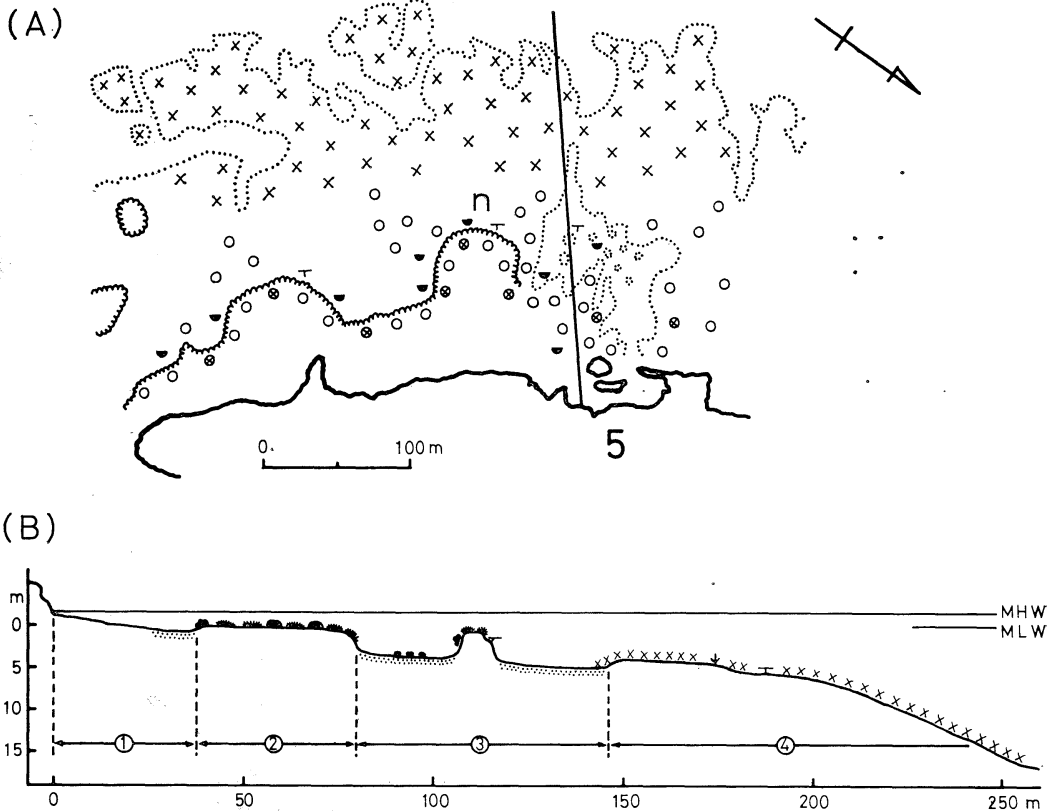


Fig. 5. Horizontal distribution of corals (A) and schematic representation of the vertical profile (B) along Transect 5. For the symbols, see Fig. 2.

lamellina, *Leptoria phrygia*, *Millepora tenera* などが混生していた。

Transect 5 および Station n [Fig. 5]

Tr. 5 は幅 50~100 m の狭い外礁部と、緩傾斜をなす礁斜面からなる。明白な礁池と内側礁原は存在しない。外側礁原 (② 帯) では *Montipora foliosa*, *Montipora* spp., 板状の *Acropora surculosa*, *A. squarrosa*, *A. danai*, Faviidae に属するものなどが混生しており, その被度は 80% 程度であった。

外礁周辺にある砂礫地 (③ 帯) に散在する小型 knoll 上には, 板状や円卓状の *Acropora* や皮殻状の *Acropora humilis*, *Montipora* spp. などが被度 50~70% の割合で着生していた。礁斜面は砂礫帯 (③ 帯) から水深 15~20 m 付近まで緩傾

斜が続くが, 明白な縁脚縁溝帯は形成されていない (④ 帯)。この礁斜面上には生珊瑚が全く見られず, 死珊瑚片からなる砂礫が堆積しているだけであった。魚類も非常に少なく, 生物らしい生物はあまり目につかなかった。なお, 外礁および knoll 上に数個体の *Acanthaster planci* (オニヒトデ) を観察した。

Transect 6 および Stations o, p [Fig. 6]

北西リーフが南西へ突き出し鉤状に彎曲した部分と多数の離礁によって囲まれたこの地域は, 南部が大きく開口しており, 半礁池的地形を呈している。Tr. 4 の礁池とは異なり, 大小の knoll や離礁が無数に散在しており Tr. 3 に類似する。海岸に近い浅所 (① 帯) では, 岩盤上に枝状や板状の *Acropora*, 葉状の *Montipora*, あるいは塊状

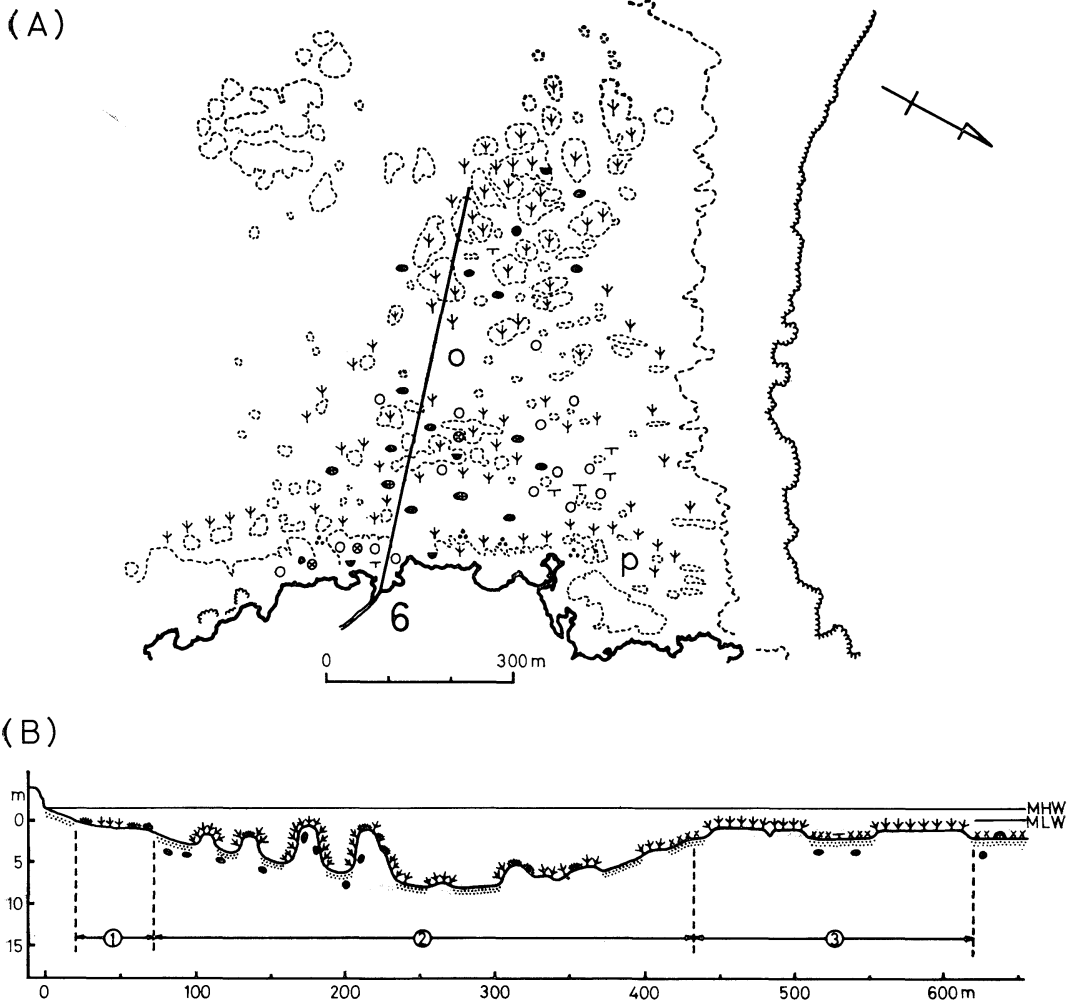


Fig. 6. Horizontal distribution of corals (A) and schematic representation of the vertical profile (B) along Transect 6. For the symbols, see Fig. 2.

の Faviidae に属するものなどが生育していたが、被度は低く60%程度であった。ただし、北部のp地点に向かうにつれて枝状の *Acropora formosa*, *A. arbuscula* などが林立するようになり、p地点では枝状 *Acropora* の群生地を形成していた。群生地間の砂上には *Lobophyllia costata* の大きな球状群体（直径 1~1.5 m）が点在していた。

海岸から礁池中央部にかけては水深が 5~10 m と深く、大小の knoll や離礁が散在していた（②帯）。枝状 *Acropora* がこの knoll を中心として、その周辺の砂礫底にまで群生していた。枝状 *Acropora* に混在して板状・円卓状の *Acropora*,

Montipora spp., *Fungia* spp. などが生育していたが、円卓状・板状の *Acropora* が優占しているところもあった（o地点とp地点の中間地点）。なお o~p 地点間では、大型の *Acanthaster planci* が群生しているところが多く、一つの離礁上に十数個体の *A. planci* が群がっているところも観察された。

比較的深い礁池の西方には、水深 1~2 m の浅い台状地（③帯）が広がっている。ここでは枝状 *Acropora* の単一群集からなる大型離礁が形成されている。構成種は *Acropora formosa*, *A. arbuscula* などの鹿角珊瑚であり、それらの珊瑚枝

頂端は海水面によって成長が抑制されたように、すべて整然と一平面をなしていた。また、離礁は枝状 *Acropora* の死骸片からなる礫が堆積した幅広い溝によって取り囲まれており、この溝には単体の *Fungiidae* などが散在している他は *Porites lutea*, *Acropora pectinata*, *A. squarrosa* などが僅かに生育しているに過ぎなかった。

4. 考 察

1) 池間島の珊瑚礁

珊瑚礁では、礁を形成する造礁珊瑚の多くが *Acroporidae* (ミドリイシ科) に属すると言われており、池間島もその例にもれない。池間島でも *Acroporidae* に属する種が多いとともに、*Acroporidae* は造礁珊瑚の全生育面積のうち 80% 以上を占めている。他の多くは *Pocilloporidae*, *Faviidae*, *Poritidae* などに属するものによって占められていた。

池間島の周囲に発達した珊瑚礁は、地形的に非常に変化に富んでいるとともに造礁珊瑚の分布も複雑である。造礁珊瑚の分布様式は、波浪や潮流などの強度による遮蔽度あるいは開放度、潮汐の干満から生じる干出による乾燥度、基質の種類、光・温度・塩分条件などの無機的環境要因、ならびに生物間の競合や生物自身がつくりだす生物的環境要因などによって左右されると考えられている。たとえば温～寒帯地域の海岸において、海藻が潮間帯から漸深帯浅所にかけていろいろな環境要因によって帯状分布をなすのと同じように、珊瑚礁においても造礁珊瑚が帯状分布やある一定の群集構造をなすことが知られている (ODUM and ODUM, 1955¹⁸⁾; YONGE, 1963¹⁹⁾; MORTON, 1974²⁰⁾; 山里他, 1974⁹⁾; 山里, 1975¹⁷⁾; GEISTER, 1977²¹⁾)。

池間島の場合、外礁に囲まれた遮蔽度が高い礁池では枝状 *Acropora* が群生するところが多い。とくに裾堡礁をなす Tr. 2~Tr. 4, Tr. 6 では、外礁に沿ってその礁池側(礁池原)に枝状 *Acropora* の幅広い群生帯が形成されたり、枝状 *Acropora* 群集からなる大型離礁が散在している。この種多様性が低い枝状 *Acropora* 優占群集帯に並行し

て、数多くの内湾性種が混生している種多様性が非常に高い礁池 (Tr. 2) や、逆に浅い砂底が広がりアマモ場が形成され、造礁珊瑚そのものが殆ど生育していない礁池 (Tr. 4) も存在する。

開放度が高い外礁の外側礁原から礁斜面上部では、皮殻状・円卓状 *Acropora* や枝が短い板状 *Acropora* の優占群集帯が形成されるとともに、*Pocillopora verrucosa* や *Faviidae* に属する小塊状種、あるいは *Millepora tenera* などがよく生育している。礁斜面を下るにしたがって遮蔽度が増すとともに、再び枝状 *Acropora* の群生帯が形成されるようになったり、内湾性種あるいは深海性種が生育しはじめることが認められた。

大潮時によく干出する外礁の内側礁原や海岸線に沿った岩礁部では、遮蔽度はやや異なるが乾燥度が高いことでは一致するものと思われる。乾燥度が非常に高い場合には造礁珊瑚の生育は全く見られず不毛帯をなすが、それほど高くない場合には *Faviidae* に属する小塊状種や板状 *Acropora* が低被度で生育しているのが認められた。

このように地形およびそれに付随した環境要因に対応して、造礁珊瑚がある規則性をもって分布していることは明らかであった。ただし珊瑚礁の地形そのものは本来、その場の環境と相互に作用しながら造礁活動を行う礁生生物によって形成されていくものであろう。いずれにしても少ない資料から造礁珊瑚の分布様式を一般化することは難しいが、今回の調査結果から以下のように池間島の珊瑚礁を特徴づけることができよう。

I. 礁池の有無

1. 広大な礁池を有す(裾堡礁を形成している)。
 - a. 造礁珊瑚の種多様性が高い地域: Tr. 2.
 - b. 造礁珊瑚の種多様性は比較的低い、枝状 *Acropora* からなる離礁が発達している地域: Tr. 3, Tr. 6.
 - c. 造礁珊瑚は群生せず、浅い砂地あるいはアマモ場が広がっている地域: Tr. 4.
2. 広大な礁池を有さない(裾礁を形成している): Tr. 1, Tr. 5.

II. 外洋礁斜面の状態

1. 縁脚・縁溝系が発達し、比較的珊瑚相が豊富

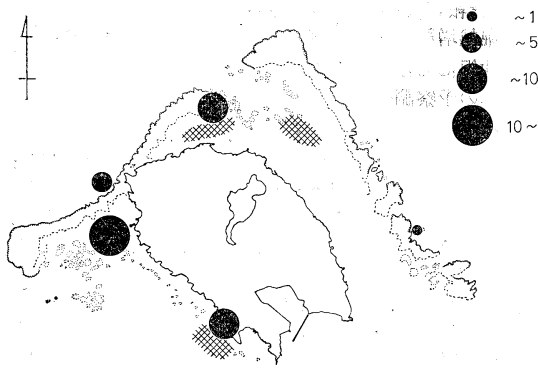


Fig. 7. Map showing the areas of dead corals (shaded areas) and the number of *Acanthaster planci* (solid areas) found for 2 hours each during the skin diving around Ikema-jima.

な地域: Tr. 1, Tr. 2 (北西リーフ)。

2. 縁脚・縁溝系は発達せず、岩崖をなす地域:
Tr. 3, Tr. 4 (北東リーフ)。

2) 珊瑚死滅域と *Acanthaster planci*

池間島の周辺にも広範囲にわたって造礁珊瑚が死滅している地域があった。それは Fig. 7 に示すように Tr. 2 に近い f 地点と Tr. 3 の礁池, Tr. 5 の礁斜面の 3 地域である。前 2 地域は、ともにやや深い礁池底 (水深 5~10 m) に広がる枝状 *Acropora* の群生地である。ここでは、死滅した珊瑚群体はすでに糸状藻類に被われはじめていたが、まだ生時のままの骨格形状を保っており、珊瑚群体が死んだのは比較的最近のことだろうと思われる。原因の一つとして、近年沖縄本島周辺で異常発生して問題となった *Acanthaster planci* (オニヒトデ) によることが考えられる。しかし、周辺部には *A. planci* の個体群 (Fig. 7 参照) およびその新しい喰痕はあまり見られず、今回の調査からは *A. planci* によるものか、あるいは他の原因によるものかは断定できなかった。

以前には多くの造礁珊瑚が群生していたのではないかとと思われる Tr. 5 の礁斜面では、f 地点および Tr. 3 の礁池とは異なり珊瑚群体は殆ど崩れ去っていた。したがって、ここでは少なくとも数年以上前に造礁珊瑚が死滅してしまったものと考えられるが、その当時の詳しい資料は少ない。海中公園センター (1974)²²⁾ によれば、宮古群島では 1957~58 年に大規模な *A. planci* の異常発生

が起こったことが記録されているということであり、1968 年には大型の宮古台風に見舞われている。また聞き取りによれば、池間島の南 1~2 km のところに海中投棄の土砂捨場があり、南岸ではそこからの土砂の漂着が激しいということであった。これらのことから推定すると、*A. planci* あるいは大型台風によって一度死滅した珊瑚礁に土砂の被覆が継続し、現在もなお造礁珊瑚による礁再生あるいは他の海藻群やソフトコーラル群などの生育 (西平他, 1974²³⁾) が見られないのではないかと考えられる。なお、Tr. 5 に近い Tr. 6 付近では *A. planci* の群が比較的多く見られたが、Tr. 5~Tr. 6 間の造礁珊瑚の生育状態および Tr. 5 の現状からみて、その *A. planci* 群と Tr. 5 での珊瑚死滅とは直接的な関係はないと思われる。

今後、再び *A. planci* 個体群が異常増殖して池間島周辺の珊瑚礁を破壊するか否かはわからないが、限られた珊瑚死滅域を除けば *A. planci* の個体群およびその新しい喰痕は少なく、現段階ではその被害はそれほど問題にならないように思われた。

5. 摘 要

1) 沖縄県宮古群島池間島において、1974 年 7~8 月の 20 日間にわたり造礁珊瑚の分布について予察的調査を行なった。

2) 調査地では 6 ヶ所に transect を設け、スキューバダイビングによって水中観察および写真撮影を行ない、各 transect ごとに造礁珊瑚の分布図を作成した。

3) 造礁珊瑚の分布を地形およびそれに付随する環境要因に対比させて次のように特徴づけた。(a) 遮蔽度が高い礁池や外洋礁斜面下部では、枝状 *Acropora* が優占的に群生するか、あるいは他の内湾性ならびに深海性種が混生し種多様性が高かった。(b) 開放度が高い外礁の外側礁原から礁斜面上部では、皮殻状・円卓状・板状の *Acropora* が優占的に群生し、他に *Pocillopora verrucosa*, *Faviidae*, *Millepora tenera* などの生育も多く見られた。(c) 乾燥度が高い外礁の内側礁原や海岸線に沿った岩礁部潮間帯下部では、造礁珊瑚の生育

は見られず不毛帯をなすが、比較的乾燥度が低い場合には板状 *Acropora*, *Faviidae* に属する小塊状種が低被度で生育していた。

4) 造礁珊瑚の分布と地形的特性から池間島の珊瑚礁を、4型の礁池と2型の外洋礁斜面に類型化した。

謝 辞

この調査は東京水産大学潜水部の活動の一環として行われたものであり、調査メンバーとして多大な協力を得た葉山康弘、西隆幸、小林千果夫、鈴木博敏、西沢正、森谷容任の諸君に深く感謝したい。また、現地においていろいろと便宜をはかっていただいた前泊徳正、伊計トヨ両氏に厚く御礼申し上げる。

引用文献

- 1) 倉田洋二, 三村哲夫, 高橋歌之介, 塩屋照雄, 広瀬泉 (1969): 小笠原諸島珊瑚礁概観. 東京都水試調査研究要報 83号, 130-160.
- 2) 今島 実 (1970): 海中生物. 小笠原の自然 (津山尚, 浅海重夫編著), 2, 179-196. 広川書店, 東京.
- 3) 平田国雄, 大迫暢光 (1968): 奄美大島北部のサンゴ礁. 海中公園センター調査報告, 4号, 209-215, 図版 1-12.
- 4) 平田国雄, 大迫暢光 (1968): 大島海峡のサンゴ礁. 同上 4号, 227-231, 図版 1-18.
- 5) 平田国雄, 大迫暢光 (1968): 与論島の珊瑚礁. 同上 4号, 333-340, 図版 1-28.
- 6) 井田 斉 (1971): 第二次西表政府立公園調査行録, 海中生物I. 海中公園情報, 16号, 6-10.
- 7) 井田 斉 (1971): 同上, 海中生物II. 同上, 17号, 3-5.
- 8) 江口元起 (1974): 慶良間列島および八重山諸島海中公園候補地区のイシサンゴ類. 海中公園センター調査報告, 50号, 37-48.
- 9) 山里 清, 西平守孝, 香村真徳, 仲宗根幸男, 新本洋允 (1974): 瀬底島さんご礁の生物地形学的研究. 琉球列島の自然とその保護に関する基礎的研究, 1, 201-212.
- 10) 仲宗根幸男, 山里 清, 西平守孝, 香村真徳, 新本洋允 (1974): 瀬底島のサンゴ礁生物の生態分布 (予報). 同上, 1, 213-236.
- 11) 堀越増興, 北野 康, 山里 清, 西平守孝 (1975): 沖縄におけるさんご礁海域の生態系——石垣島川平湾の予察調査——. 昭和49年度「人間生存と自然環境」研究報告集録, 230-247.
- 12) YABE, H., T. SUGIYAMA and M. EGUCHI (1936): Recent reef-building corals from Japan and the south sea islands under the Japanese mandate. Tohoku Imp. Univ. Sci. Repts. Ser. 2, Spec. 1, 1-66, pls. 1-59.
- 13) YABE, H. and T. SUGIYAMA (1941): Recent reef-building corals from Japan and the south sea islands under the Japanese mandate. Tohoku Imp. Univ. Sci. Repts. Ser. 2, Spec. 2, 67-91, pls. 60-104.
- 14) 岡田 要 (1965): 新日本動物図鑑 (上). 679 pp. 北隆館, 東京.
- 15) 白井祥平 (1977): 原色 沖縄海中動物生態図鑑. 639 pp. 新星図書, 那覇.
- 16) 海中公園センター・釧浦海中公園研究所 (1977): 串本産イシサンゴ類. 55 pp. 串本海中公園センター.
- 17) 山里 清 (1975): 奄美・琉球の生物(3), さんご礁の動物. 遺伝, 29(6), 49-54.
- 18) ODUM, H. T. and E. P. ODUM (1955): Trophic structure and productivity of a windward coral reef community on Eniwetok Atoll. Ecol. Monogr., 25, 291-320.
- 19) YONGE, C. M. (1963): The biology of coral reefs. Adv. Mar. Biol., 1, 209-260.
- 20) MORTON, J. (1974): The coral reefs of the British Solomon Islands: A comparative study of their composition and ecology. Proc. 2nd Intern. Coral Reef Symp., 31-53. Great Barrier Reef Comm., Brisbane.
- 21) GEISTER, J. (1977): The influence of wave exposure on the ecological zonation of Caribbean coral reefs. Proc. 3rd Intern. Coral Reef Symp., 23-29. Miami, Florida.
- 22) 海中公園センター (1974): 浅海における海中の生態系に関する研究, オニヒトデ異常発生のメカニズムとその対策に関する研究 (継続). 74 pp. 環境庁.
- 23) 西平守孝, 山里 清, 仲宗根幸男, 香村真徳, 新本洋允 (1974): 瀬底島周辺サンゴ礁のオニヒトデによる攪乱に関するノート. 琉球列島の自然とその保護に関する基礎的研究, 1, 237-254.

定置網漁場と魚群分布—III*

分布図から見た魚群の移動

井 上 喜 洋**

The Fishing Ground of Set Net and the Distribution of Fish Schools—III Schematic Migration Pattern of Schools Viewed from the Distribution Charts

Yoshihiro INOUE

Abstract: In the present paper, the distribution of fish schools around the set net in Sagami Bay was analysed from the continuous records of fish finder for five hours a day and the migration pattern of fish schools was viewed as follows:

- 1) The large schools appeared near the research sea area are composed from several small groups.
- 2) The most of schools are moving from the east to the west in the area.
- 3) The almost schools are passed off the set net and only few schools come in contact with the net.
- 4) The definite way of the school towards the set net is not found out from the schematic charts on the migration pattern of the schools.

魚群を効率的に漁獲するためには魚群の行動生態を十分把握し、それに適応した漁具、漁法を使用することが望ましい。特に定置網のような受身の漁具、漁法ではその漁獲効率が網の張り建てられている海域へ来遊する魚群の行動に大きく依存しているため網の位置と魚群の通り道(魚道)の関係、さらに来遊群の行動生態は重要な問題の一つとなっている。本報は前報^{1,2)}までと同様魚群探知機を使用して定置網周辺海域の魚群分布を調べ定置網と魚群の関係を知らうと試みたものであるが、今回は調査海域の魚群分布を連続して調べたところ分布の時間的変化から定置網周辺海域における魚群の移動状態をある程度知ることができたので報告する。

* 1978年10月16日受理 神奈川県水産試験場相模湾支所業績

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

1. 調査方法

神奈川県小田原市地先の道合定置網漁場を調査海域とし、この海域に、Fig. 1に示すような1.4 km × 1.5 km の方形区を設定し内部を200 m × 250 m の柵目に区分した。魚群の探索は魚探機を装備した船を5~6ノットで航走させ各区画(柵目)の中央を岸に直角な南北方向に通るコース間隔250 mの平行探索とした。1回の探索航程は約1時間で

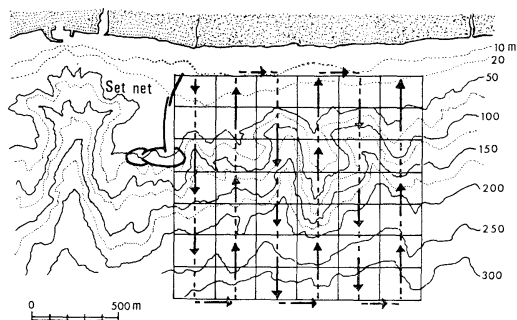


Fig. 1. Sea-area and a course of research for fish school.

原則として9時から12時までの午前中に2回、13時から16時までの午後2回(3回以上の場合もある)の計4回連続して探索を行ない一日の調査とした。調査日は毎月1~2日間とし海況の比較的良好の日を選び調査を行なった。

なお、調査に使用した魚探機は光電製マルチペン SRM-682C 型で主要性能は前報²⁾と同様なのでここでは省略する。

2. 結果

調査は1974年4月から1976年5月までの期間に34日間、延べ138回の魚群分布調査を実施した。資料の解析は前報同様魚探機記録紙上の映像から魚群が表中層に写る移動状態と海底に接するように写る根付状態に分類し、これらが魚群の行動の違いを表わしているものとして取扱った。また、魚群の量についても魚探機記録紙上の映像が実際の魚群の断面積に比例しているものとして厚さH、長さLから、 $H \times L$ を群の大きさ(量)を表わす魚群量指数(以下魚群量とする)とした。

(1) 魚群の大きさ

調査で発見した魚群数は約1,600、この中の66%が移動状態、34%が根付状態の魚群であった。魚群量から見たこれらの魚群の大きさは、Fig. 2に示すような分布をしている。魚群量が7万に達する大きな群もあるが、76%が魚群量500以下

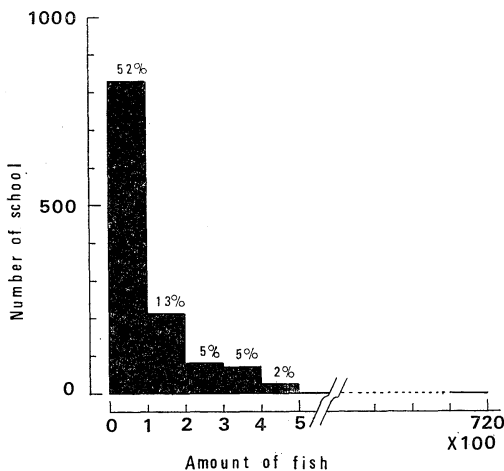


Fig. 2. The number of schools and the amount of fish.

の群で占められており、特に52%に当る群は大きさが魚群量100以下の小さな群である。次に群の厚さと長さから大きさを整理すると、Fig. 3に示すように厚さ100m長さ1,200mの範囲に全ての魚群が収まってしまふ。しかし、移動状態の群の79%、根付状態の群の99%が厚さ20m長さ100mの小範囲内に含まれ、これ以外の範囲に分布する大きな群はその多くが移動状態の魚群によって占められている。さらに魚群の行動の違いから大きさをみると、Fig. 4に示すように較差が認められる。これを、Table 1に示すよう整理し

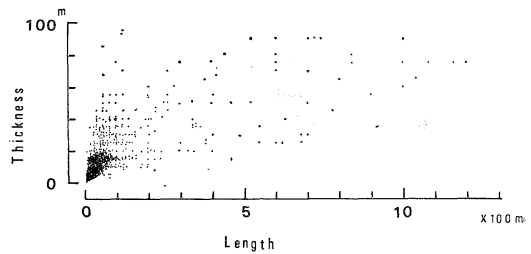


Fig. 3. Thickness and length of fish schools.

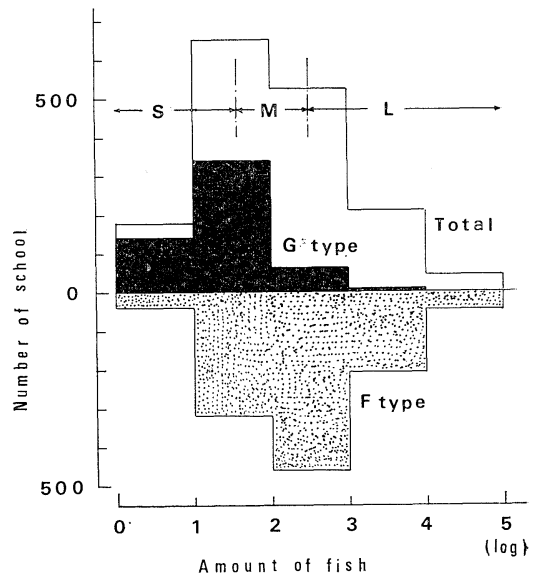


Fig. 4. Division of the fish schools by the types and the size of fish school.

- G type: Migrating group
- F type: Stationary group
- S: Small sized group
- M: Middle sized group
- L: Large sized group

Table 1. Image types and amounts of fish schools.

F type is migrating group and G type stationary group.

| Size of fish school (log) | Types | F type | G type |
|---------------------------|-------|--------|--------|
| 0~1 | | 38 | 140 |
| 1~2 | | 318 | 336 |
| 2~3 | | 461 | 62 |
| 3~4 | | 206 | 4 |
| 4~5 | | 44 | 0 |

Table 2. The seasonal number of fish school by size.

| Size of fish school (log) | Season | Summer | Winter |
|---------------------------|--------|--------|--------|
| 0~1 | | 34 | 4 |
| 1~2 | | 185 | 133 |
| 2~3 | | 225 | 236 |
| 3~4 | | 68 | 138 |
| 4~5 | | 0 | 44 |

大きさについて WELCH の検定 (平均値の差の t 検定) を行なうと危険率 1% 以下で有意となるので、差の推定を行なうと有意水準 5% 以上で移動状態の魚群が根付状態の群より 9.1~12.9 倍 (平均 10.8 倍) 大きい。調査海域の定置網は 6 月初旬から 12 月までの期間操業されているので 1 年間に 2 期に分け定置網が主に操業されている 6~11 月を夏期, 12~5 月を冬期とし移動状態の魚群について各時期における群の大きさを整理すると, Table 2 に示すようになる。大きさについて前述と同様の検定を行なうと危険率 1% 以下で有意となり, その差を推定すると有意水準 5% 以上で冬期の魚群が夏期の群より 2.5~4.1 倍 (平均 3.3 倍) 大きい。以上のように群の大きさには較差が認められるので, Fig. 2 に示すように魚群量により群を大型群, 中型群, 小型群の階層に分け, この階層差を明確にするため主に中型群を除いた大型群, 小型群による比較を行なった。

(2) 魚群の分布

調査海域に魚群がどのように分布するかを知るため各区画ごとに探索で得られた魚群数の合計値をその区画の魚群密度指数 (以下魚群密度とする) として, 魚群の行動状態 (根付状態, 移動状態) および群の大きさ別に分布図を作成すると, Fig. 5 に示すようになる。

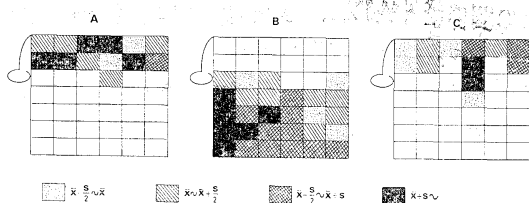


Fig. 5. Horizontal distribution of fish schools. The number of fish schools in each section detected from fish finder.

A: Small sized groups of F type fish school.
B: Large sized groups of F type fish school.
C: G type fish school.

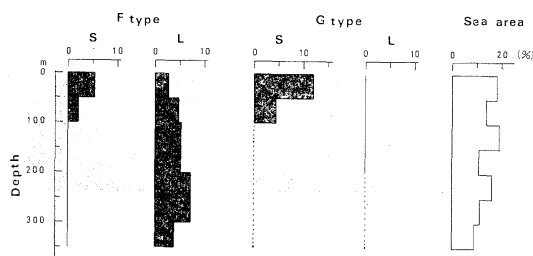


Fig. 6. Vertical distribution of fish schools.

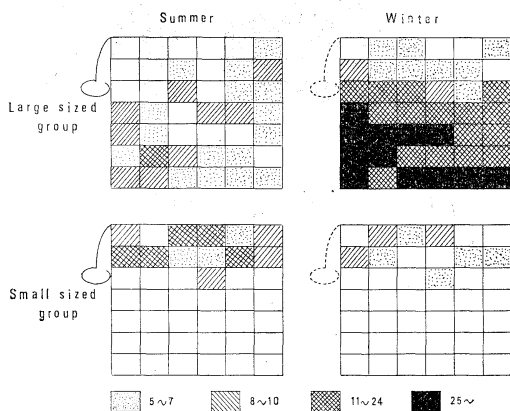


Fig. 7. Seasonal distribution of fish schools.

根付状態の魚群は大きさによる差が無く主に 100 m 以浅の瀬に対応した分布が見られ, 特に大きな瀬である通称「堅妻の瀬」と呼ばれる海域で密度が高い。この根付状態の群が多く分布する海域には移動状態の小型群も多く分布しているが, 海底の瀬や谷に対応した様子は見られない。大型の群はこの小型群が分布する海域の沖合に広く拡がり, 特に定置網沖合の海域を中心に密度が高い分布域が形成されている。このような傾向は水深

との関係にも表われ、水深別に魚群数を全魚群数に対する比率として表わすと、Fig. 6 に示すようになる。根付状態の群はいずれも 50 m 以浅の水深に集中し、移動状態の群も小型の群は 50 m 以

浅に多く分布している。大型の群は水深が深いところから浅いところまで広範囲に分布しているが、水深が深くなるに従い多くなる傾向を示している。調査海域の水深別面積（海図上の面積）は



Fig. 8-a. Schematic fish migration pattern of fish schools as time elapsed at 10~60 min interval.

いずれの水深でも極端な差は無く全般的に水深が深くなるに従い狭くなっているので面積の違いによる分布差は少ない。

次に時期的な分布差を見るため前述のように夏期（6～11月）と冬期（12～5月）に分け移動状態の群について整理を行なうと、Fig. 7 に示すよう

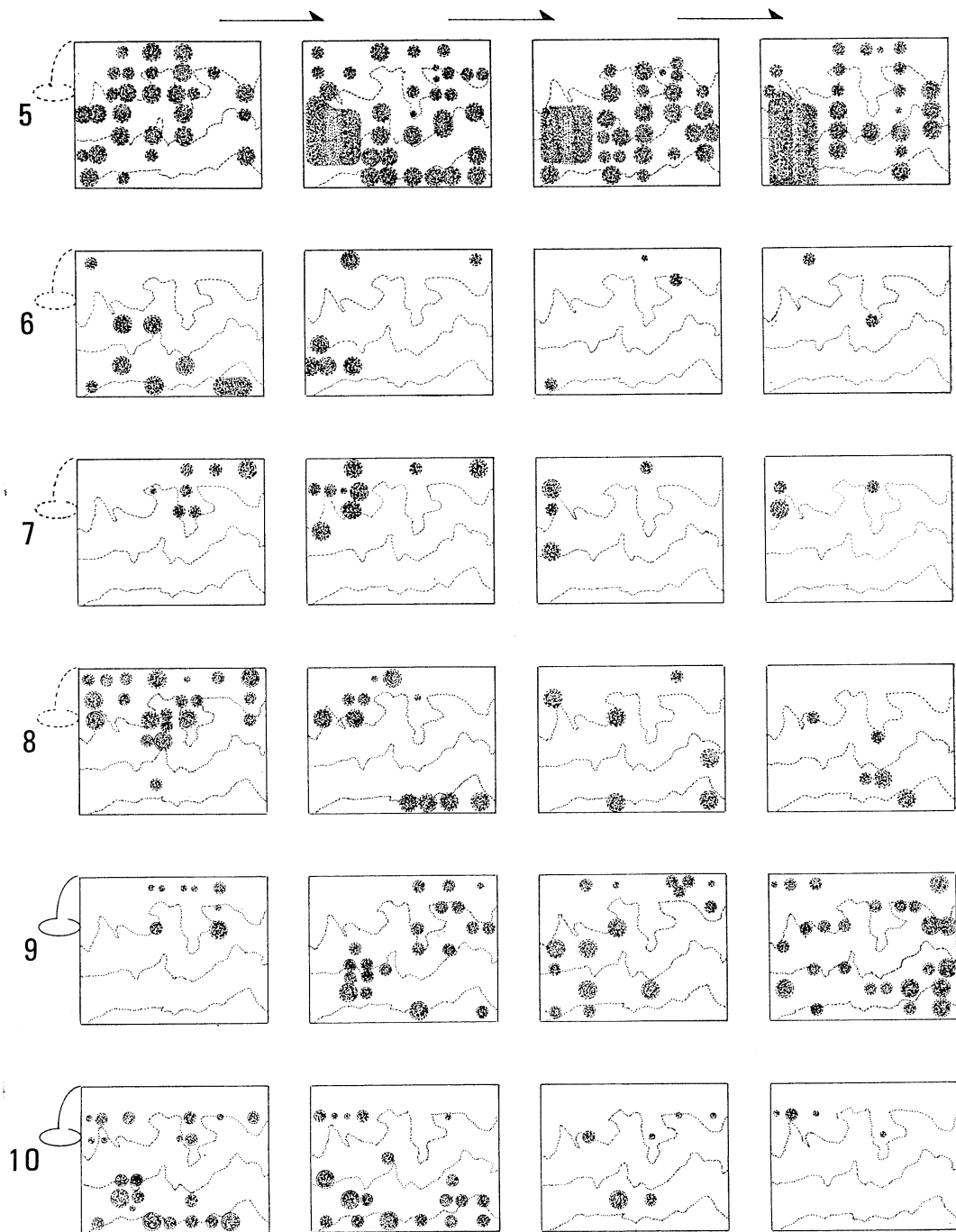


Fig. 8-b. Schematic fish migration pattern of fish schools as time elapsed at 10~60 min interval.

に大型群では夏期定置網沖および東部海域に比較的密度が高い海域がある。しかし、全般的に密度が低く散在的な魚群分布状態を示している。冬期

は定置網沖合を中心に密度の高い海域が形成されており密度差も大きく、この時期の魚群が同じように集中的な分布をしていることを示している。

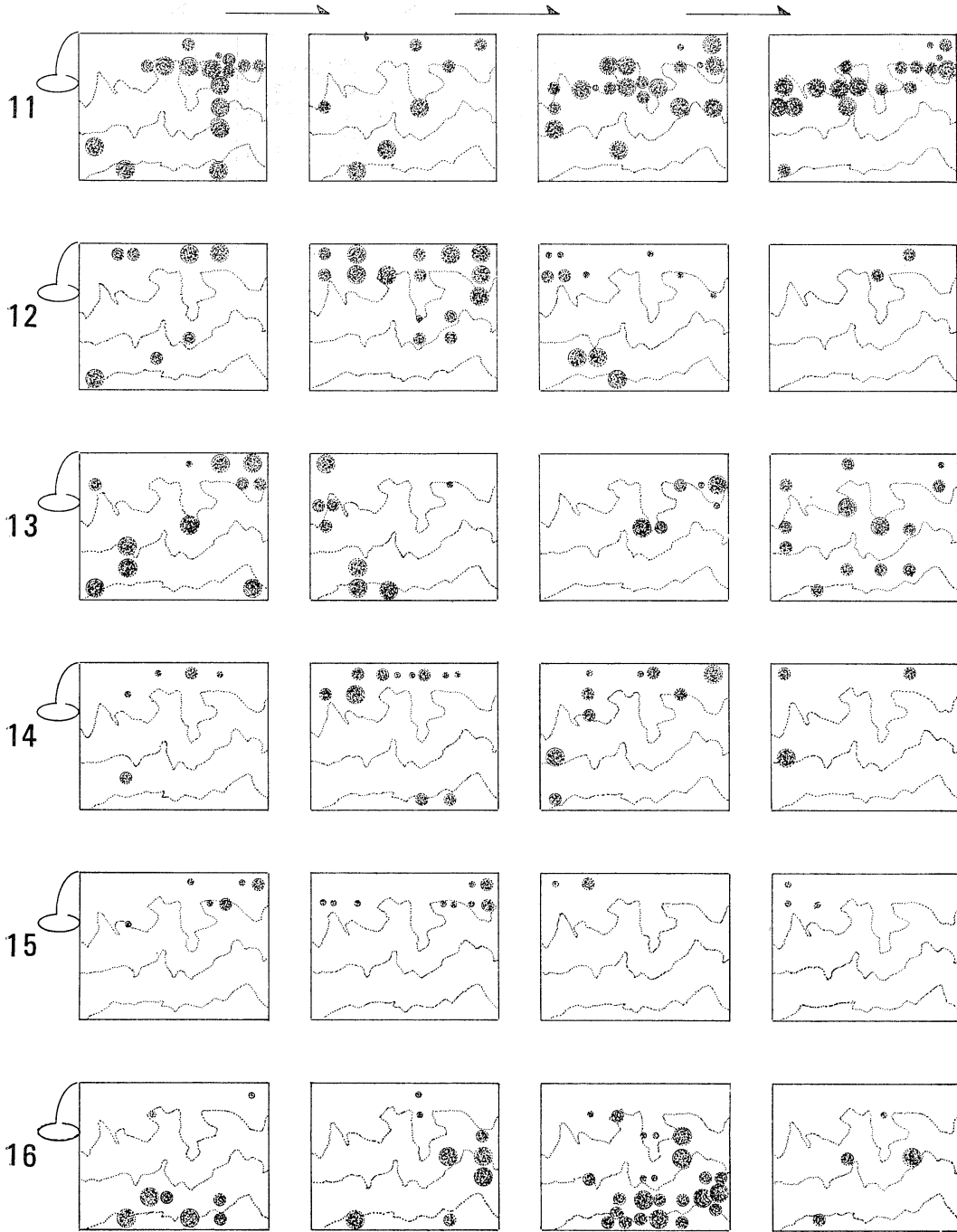


Fig. 8-c. Schematic fish migration pattern of fish schools as time elapsed at 10~60 min interval.

小型群については、いずれの時期も浅海域に分布しており冬期より夏期に密度が高く大型群とは逆の傾向を示している。

(3) 魚群の移動

魚群分布の探索を1日に連続して4回以上行ない分布の時間的変化から魚群の移動状態を調べた。根付状態の魚群は主に分布する海域が100m以浅の狭い海域に限られるため変化が明確でないで、移動状態の群について各調査日毎に各時間帯の分布図を作成した。得られた事例は31例であるが一日の探索で多くの魚群に出会う場合もあるが、反対にほとんど群に会わないこともある。魚群が少ない場合は群の移動状態を十分知ることがむずかしいので、ここでは比較的魚群の多い事例の中から時期別(夏期, 冬期)に16例を選び10分から1時間間隔の連続した4つの時間帯(紙面の都合で4回以上の調査は必要な連続した4回を選んだ)の分布図をそれぞれ、Fig. 8に示す。先ず移動状態が比較的明瞭な冬期の場合から見るとFig. 8の1~8のようで、次のことが知られる。

- 例1) 初めの時間帯では岸近くに少し魚群が見られるがそれ以外には調査海域に魚群がない状態を示す。次の時間帯になると調査海域の東の沖合(図上では右下)にいくつかの魚群の集まり(以下魚群集団とする)が現われ、この魚群集団が沖合を西へ(図上では左下)移動すると共に岸方向へも拡がる様子がわかる。最後の時間帯では魚群集団が去り再びこの海域に魚群がほとんどいなくなった状態を示している。以上は魚群集団が調査海域の沖合を東から西へ移動する様子を捉えたもので、魚群の移動状態のほぼ全行程を表わしている。
- 例2) これも魚群集団が調査海域の東沖合に現われ次第に西へ移動する様子を示したもので、密集した大きな魚群の回りに小さな魚群が集まり魚群集団を形成していることがわかる。
- 例3) 調査は魚群の来遊に合わせて行なったわけではないので、必ずしも魚群の移動する全行程を捉えられないこともある。この例では初めから極めて大きな魚群集団が沖合に分布する状態から次第に群が減少し、魚群集団が東から西へ

去る様子を示している。

- 例4) 前例とは逆に魚群集団が沖合を東から西へ来遊して来る状態を示している。
- 例5) 調査海域の全域に魚群集団が分布しており時間経過に伴う分布変化が少ないため移動状態、方向等は明確でない。
- 例6) 魚群が比較的少ない場合で、魚群集団が西沖合へ移動する状態を示す。調査ではこの海域の全ての群を連続して捉えられるわけで無く、特に群が少ない場合この傾向が強い。点在する個々の群の動きよりまとまった魚群集団として巨視的に全体を観察することにより移動状態を捉えることができる。
- 例7) 冬期は今までの例のように沖合中心に移動することが多いが、この例に示すように岸寄りの海域を東から西へ移動する場合も見られる。
- 例8) 今までの例は主に東から西へ移動する魚群集団を捉えたものであるが、この例は逆に東の沖合へ魚群が移動していると思われる状態を示している。

以上が冬期における主な例であるが次に夏期における魚群の移動状態をFig. 8の9~16で示す。

- 例9) 例3と同じように魚群集団が調査海域を東から西へ来遊して来る状態を示したもので、冬期の集団に比べ個々の群の間隔が広く分布も散在的である。
- 例10) 例2と同じく魚群集団が西へ去る状態を示している。
- 例11, 12) 魚群集団の移動はあまり明確でないが西への移動と共に沖合への移動が見られる。
- 例13) 初めの魚群集団が西へ去り、その後次に魚群集団が東から来遊して来る状態を示している。
- 例14, 15) 今までの例は比較的魚群が多い場合であるが、これは群が少ない例で魚群の移動状態もあまり明確でない。
- 例16) 夏期は今までの例のように魚群が調査海域全部に拡がるか、岸近くの海域を中心に分布することが多い。しかし、この例のように比較的沖合を通過する場合もある。
- 以上が魚群分布の時間的変化から見た個々の魚群

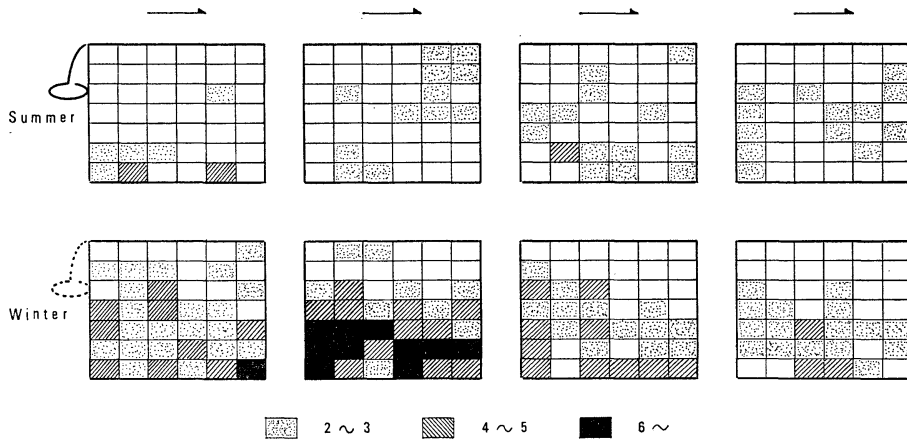


Fig. 9. Seasonal migration of fish schools.

の移動例であるが、これらの事例から魚群の移動について共通している傾向を知るため、大型魚群について午前中2回午後2回、計4回の時間帯の分布を整理し時期別に見ると、Fig. 9に示すようになる。

冬期では初め海域全体に広く分布していた魚群が密集し次第に沖合へ去る様子が窺える。一方夏期では初め魚群の分布が少ないが、その後次第に多くの群が出現している。しかし、分布の時間的な変化は明確でなく、分布密度も低く散在的な分布傾向を示している。

3. 考 察

(1) 魚群の大きさ

定置網が張り建てられている沿岸域に來遊する魚群は、個々の群について見るとその大部分が魚群量100以下の小さな群で占められ、前報^{1,2)}までの結果と同様大きな群は少ない。これらの群の多くは長さ20m長さ100m以内の範囲に収まってしまふ大きさであるが、大きな群では長さ1km厚さ80mに及ぶものも見られる。魚群の垂直的な形は長さに比べ厚さが薄い扁平なものが考えられ、大きさも海底に接するような根付状態の魚群は表中層を移動している状態の魚群に比べ1/10以下である。しかし、この移動状態の群も時期により大きさが異なり夏期より冬期に出現する魚種が、より大型の群を形成している。

移動状態の魚群についてその平面的な性状を個々の來遊事例から見ると、単一の小さな魚群も見られるが多くは複数の魚群が集まって大きな魚群集団を形成している。魚群集団は先頭に近い位置に中心の大きな群があり、その前後周囲に種々の大きさの群が分布している。集団全体の規模は移動状態から見るとその多くが調査海域よりかなり大きな広がりを持っていることが窺われる。

(2) 魚群の分布と移動

來遊する魚群の沿岸海域における分布を見ると、根付状態の魚群は群の大きさによる差がほとんどなく沿岸の100m以浅の瀬のある海域に多く分布し海底形状と密接な関連があることを示唆している。移動状態の魚群は沿岸から沖合まで広範囲に分布しており浅海域には小型群が、沖合には大型群が多く分布し定置網沖合に密度の高い分布海域がある。このような傾向は冬期に顕著で定置網沖合を中心に多くの群が出現するが、夏期は浅海域の小型群の密度が高まる外は全体的な分布はむしろ散在的傾向が強くなる。來遊魚群の移動状態を個々の來遊事例から見ると、冬期は沖合中心に通過する魚群集団が多く、規模も大きく密集している。このため前述のように沖合中心に多くの魚群が出現する分布傾向を示し、夏期は魚群集団が浅海から沖合まで種々の経路を通過し規模も比較的小さいものが多いため分布も全体としては散在的傾向を示すものと思われる。これらの傾向は漁

業者が昔から経験的に夏期は大型、小型の定置網を岸近くに多く張り建て、冬期は大型の網を少数沖に張り建て沿岸の小型定置網を撤去していることの一つの説明になるのではないだろうか。また、これらの魚群分布および来遊状態から見ると魚群集団の多くは東から西へ移動しており定置網の垣網、端口が東から来遊する魚群を対象として昔から張り建てられていることと良く一致している。しかし、中には逆に西から東へ移動する群や沖合(岸と直角方向)に移動する群も見られ個々の魚群の動きはかなり複雑である。さらに、これらの移動状態からは定置網に対する明確な魚道的なものは見あらず、移動する魚群集団はその一部が定置網に関係するだけで多くの群は網の沖合を通過してしまっている。

以上今回までの報告では定置網周辺海域におけ

る魚群の分布、行動の変化、さらに魚群集団の性状と移動などについて観察例から得られた知見を述べたが、今後は基本的な問題と思われる魚群集団の行動、生態を中心とした細かな観察を行ない、沿岸域における魚群行動と定置網の関係を明らかにしていきたい。

謝 辞

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

文 献

- 1) 井上喜洋 (1976): 定置網漁場と魚群分布—I. うみ, **14**(2), 51-57.
- 2) 井上喜洋 (1977): 定置網漁場と魚群分布—II. うみ, **15**(3), 23-30.

学 会 記 事

1. 昭和53年9月5日, 東京水産大学において, 編集委員会が開かれた。
2. 昭和53年11月24日, 東京水産大学において, 昭和54年度学会賞受賞候補者推薦委員会が開かれた。
3. 新入会員
正会員

| 氏 名 | 所 属 | 紹介者 |
|-------|------------------|-------|
| 津久井文夫 | 静岡県水試 | 松生 洽 |
| 鈴木 裕 | 東水大, 漁業生産工学科, 教授 | 佐々木忠義 |
| 市栄 誉 | テキサスA&M大学海洋学部 | 須藤 英雄 |
| 鈴木 広志 | 東水大, 増殖学科, 大学院 | 増田 辰良 |

4. 退 会

正 会 員 田中勝行, 須川隆三
賛助会員 東亜建設工業㈱
逝 去 椎野季雄

5. 会員の住所所属の変更

小泉 政美 千葉県東葛飾郡沼南町大津ヶ丘 4-15-11

6. 交換および寄贈図書

- 1) 東京大学海洋研究所 15年史
- 2) 研究実用化報告 27 (6, 7, 8, 9)
- 3) 海洋産業研究資料 9 (5, 6)
- 4) 季刊, 海洋時報 第10号
- 5) 早稲田大学理工学部
国内刊行逐次刊行物目録 1978.2.15 現在
- 6) 早稲田大学理工学部紀要 第41号
- 7) 英国産業ニュース 8, 9, 10月号
- 8) 航 海 第56, 57号
- 9) 鯨研通信 第314, 317, 318
- 10) 舞鶴海洋気象台要報 No. 14
- 11) 日本航海学会論文集 第59号
- 12) 国立科学博物館研究報告 第4巻3号
- 13) JODC ニュース 増刊号, 第7
- 14) American Museum Novitates No. 2641
- 15) Bulletin d'Information N° 114~116
- 16) Bulletin de l'Institut de Geologie
de Bassin d'Aquitaine N° 23
- 17) Science et Peche N° 276~281
- 18) Revue des Travaux de l'Institut
des Peches Maritimes Tome XL Fasc 3~4

日仏海洋学会役員

- 顧 問 ユベール・ブロッシェ ジャン・デルサルト
ジャック・ロベール アレクシス・ドランデ
ール ペルナル・フランク
- 名誉会長 ミシェル・ルサージェ
- 会 長 佐々木忠義
- 副 会 長 黒木敏郎, 國司秀明
- 常任幹事 阿部友三郎, 宇野 寛, 永田 正
- 庶務幹事 三浦昭雄
- 編集幹事 有賀祐勝
- 幹 事 石野 誠, 井上 実, 今村 豊, 岩下光男,
川原田 裕, 神田献二, 菊地真一, 草下孝也,
斎藤泰一, 佐々木幸康, 杉浦吉雄, 高木和徳,
高野健三, 辻田時美, 奈須敬二, 根本敬久,
半沢正男, 松生 洽, 丸茂隆三, 森田良美,
山中麿之助 (五十音順)
- 監 事 久保田 穰, 岩崎秀人
- 評 議 員 青山恒雄, 赤松秀雄, 秋山 勉, 阿部宗明,
阿部友三郎, 新崎盛敏, 有賀祐勝, 石野 誠,
石渡直典, 市村俊英, 井上 実, 今村 豊,
入江春彦, 岩崎秀人, 岩下光男, 岩田憲幸,
宇田道隆, 宇野 寛, 大内正夫, 小倉通男,
大村秀雄, 岡部史郎, 岡見 登, 梶浦欣二郎,
加藤重一, 加納 敬, 川合英夫, 川上太左英,
川村輝良, 川原田 裕, 神田献二, 菊地真一,
草下孝也, 楠 宏, 国司秀明, 久保田 穰,
黒木敏郎, 小泉政美, 小林 博, 小牧勇蔵,
西条八束, 斎藤泰一, 斎藤行正, 佐伯和昭,
坂本市太郎, 佐々木忠義, 佐々木幸康,
猿橋勝子, 椎野季雄, 柴田恵司, 下村敏正,
庄司大太郎, 杉浦吉雄, 関 文威, 多賀信夫,
高木和徳, 高野健三, 高橋淳雄, 高橋 正,
谷口 旭, 田畑忠司, 田村 保, 千葉卓夫,
辻田時美, 寺本俊彦, 鳥羽良明, 冨永政英,
鳥居鉄也, 中井甚二郎, 中野猿人, 永田 正,
永田 豊, 奈須敬二, 奈須紀幸, 西沢 敏,
新田忠雄, 根本敬久, 野村 正, 半沢正男,
半谷高久, 樋口明生, 菱田耕造, 日々谷 京,
平野敏行, 深沢文雄, 深瀬 茂, 福島久雄,
淵 秀隆, 星野通平, 増沢穰太郎, 増田辰良,
松生 洽, 松崎卓一, 丸茂隆三, 三浦昭雄,
三宅泰雄, 宮崎千博, 宮崎正衛, 村野正昭,
元田 茂, 森川吉郎, 森田良美, 森安茂雄,
安井 正, 柳川三郎, 山路 勇, 山中麿之助,
山中一郎, 山中 一, 吉田多摩夫, 渡辺精一
(五十音順)
- マルセル・ジュグラリス, ジャン・アンクテ
イル, ロジェ・ペリカ

賛 助 会 員

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

うみ(日仏海洋学会誌)

第16巻(1978年)

総目次

第1号

原著

- 燧灘海域から分離した細菌の重金属耐性
および耐性スペクトル(英文)
.....倉田 亮, 吉田陽一 1~6
- 走査電子顕微鏡によるやむし *Sagitta*
nagae ALVARIÑO の繊毛感覚器官の構造
.....永沢祥子, 丸茂隆三 7~17
- 網糸の伸びによるトルクの自記装置
.....永田 正, 杉崎 馨 18~22
- 大和堆漁場の形成機構に関する研究 I.
海洋構造.....柳川三郎, 柏 俊行, 井上 清 23~35
- 漁獲統計からみた日本産イセエビ資源
の分布(英文).....高木 和 徳 36~43

寄稿

- フランスのラングスト漁業.....高木 和 徳 44~48
- 学会記事..... 49~50

第2号

原著

- 魚類の摂餌活動の自記装置
.....永田 正, 宇野 寛 51~54
- 自転する地球上における吹送流(英文)
.....日高孝次 55~62
- 水槽実験によるエビ籠の漁獲機構の研究-II
—スジエビ・ホッコクアカエビの脱籠行動—
.....井上 実, 小倉通男, 有元貴文 63~71
- 等速度で海面を移動する物体によって生ずる
二層の海の境界波の形状と境界面上昇量II.
計算の改良(英文).....冨永政英 72~79

La mer (Bulletin de la
Société franco-japonaise
d'océanographie)

Tome 16 (1978)

Sommaire

Numéro 1

Notes originales

- Tolerant Spectrum to Heavy Metals in
Marine Bacteria Isolated from the Sea
of Hiuchi 1~6
... Akira KURATA and Yoichi YOSHIDA
- Fine Structure of Ciliary Sense Organs of
a Chaetognath *Sagitta nagae* ALVARIÑO
Observed by Scanning Electron Microscopy
(in Japanese).....Sachiko NAGASAWA
and Ryuzo MARUMO 7~17
- Automatic Recorder for Measuring the
Torque Induced in Elongated Netting
Cord (in Japanese).....Tadashi NAGATA
and Kaoru SUGIZAKI 18~22
- Studies on the Formation of Fishing
Ground around Yamato Bank I. Oceanographic
Structure (in Japanese)
.....Saburo YANAGAWA,
Toshiyuki KASHIWA and Kiyoshi INOUE 23~35
- Distribution of the Japanese Spiny Lobster
Population with Special Reference to
Catch Statistics in Section
..... Kazunori TAKAGI 36~43

Miscellanées

- Un aspect de la pêche française à la
langouste (en japonais)
..... Kazunori TAKAGI 44~48

Procès-Verbaux 49~50

Numéro 2

Notes originales

- Automatic Recorder of the Feeding
Activity of Fishes (in Japanese)
.....Tadashi NAGATA and Yutaka UNO 51~54
- Drift Currents on a Rotating Globe
..... Koji HIDAKA 55~62
- Study of the Catching Mechanism of Shrimp
Trap in an Experimental Tank-II.
— Escape Behaviour of Shrimps (*Palae-
mon paucidens* and *Pandalus borealis*)
from Trap (in Japanese).....Makoto INOUE,
Michio OGURA and Takafumi ARIMOTO 63~71
- Crest Configuration and Elevation of
Interfacial Waves in the Sea, Induced by
a Steady Travelling Disturbance II. Im-
proved Analysis..... Masahide TOMINAGA 72~79

寄稿

- アーンデラ流速計の検定実験
岡崎守良 80~87
 閉塞海の吹送流についての思い出 (英文)
市栄 誉 88~94

資料

- 地中海産マグロ類の生物学, 漁業及び養殖に
 関するシンポジウム報告
ジャン=イブ・ルガル,
 グザビエ・パール 95~105
 JOC 研究集会「気候モデル: できぐあい,
 相互比較, 感度の研究」...高野健三 106~107
 書評..... 108
 学会記事.....109~110

第 3 号

原著

- 海溝の成因 (英文)星野通平 111~123
 欧州産アワビ, *Haliotis tuberculata* LIN-
 NAEUS の増殖に関する生物学および生
 態学的研究 I. 初期発生および稚貝の成長
 (英文).....小池康之 124~146
 状態方程式の近似の度合が海洋大循環の数値
 解に及ぼす影響 (英文)
高野健三 147~161
 日仏海洋学会賞受賞記念講演
 おきあみ類をめぐる生物生態に関する研究
根本敬久 162~164
 学会記事.....165~170

第 4 号

原著

- メッシニアン期 (中新世最末期) にジブラル
 タル海峡に高いしきいはあったか (英文)
星野通平 171~175
 オウギガニ科ヒツメガニの幼生の発生
 (英文).....鈴木広志 176~187
 牛込濠水の地球物理学的考察
 (英文).....森谷誠生, 阿部友三郎 188~197
 宮古群島池間島の珊瑚礁
大葉英雄, 有賀祐勝 198~210
 定置網漁場と魚群分布Ⅲ...井上喜洋 211~219
 学会記事.....221~222
 総目次 (第16巻)(1)~(2)

Miscellanées

- Calibration Tests of Aanderaa Currents-
 meters (in Japanese)
Moriyoshi OKAZAKI 80~87
 Reminiscences on Wind-driven Circulation
 in an Enclosed SeaTakashi ICHIYE 88~94

Documentation

- Rapport du Group de Travail sur la Biologie,
 la Pêche et l'Aquaculture des Thons
 en Méditerranée (in japonais)
 ...Jean-Yves LE GALL et Xavier BARD 95~105
 JOC Study Conference on Climate Models:
 Performance, Intercomparison and Sen-
 sitivity Studies (in Japanese)
Kenzo TAKANO 106~107

- Livres..... 108
 Procès-Verbaux109~110

Numéro 3

Notes originales

- Origin of Trenches...Michihei HOSHINO 111~123
 Biological and Ecological Studies on the
 Propagation of the Ormer, *Haliotis*
tuberculata LINNAEUS I. Larval Deve-
 lopment and Growth of Juveniles
Yasuyuki KOIKE 124~146
 Effect of the Approximation to the Equa-
 tion of State for Sea Water on the
 Model General Circulation
Kenzo TAKANO 147~161

Conférence commémorative

- Recherche écologique d'être vivant relatif
 aux euphausiacés (en japonais)
Takahisa NEMOTO 162~164
 Procès-Verbaux..... 165~170

Numéro 4

Notes originales

- Was There the High Gibraltar Sill in the
 Messinian Stage ?
Michihei HOSHINO 171~175
 The Larval Development of *Etisus laevi-*
manus RANDALLHiroshi SUZUKI 176~187
 A Geophysical Consideration of the Water
 in the Ushigomebori MoatNobuo
 MORITANI and Tomosaburo ABE 188~197
 Coral Reefs of Ikema-jima, Miyako Islands,
 Japan (In Japanese)
Hideo OHBA and Yusho ARUGA 198~210
 The Fishing Ground of Set Net and the
 Distribution of Fish Schools Ⅲ
 (in Japanese).....Yoshihiro INOUE 211~219
 Procès-Verbaux221~222
 Sommaire du Tome 16.....(1)~(2)

Exploiting the Ocean by...

T.S.K.

OCEANOGRAPHIC INSTRUMENTS

REPRESENTATIVE GROUPS OF INSTRUMENTS AND SYSTEMS

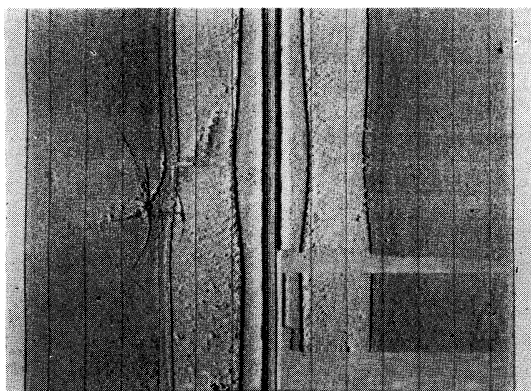
クライン サイドスキャン ソナーシステム

本システムは小型曳航体・ケーブル・記録器から構成されます。

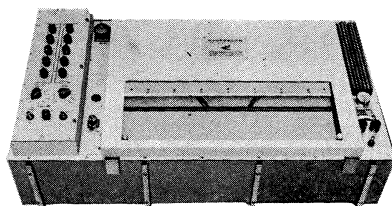
- ◎小型曳航体は航行中の（小型）船舶から海中に吊り下げられ、超音波を左右両方向に水平方向より 10° 下に向けて発射します。反射エコーは曳航体内部のプリアンプで増幅されたケーブルを通して船上に伝送され記録されます。海底地形の特徴を迅速かつ明瞭に判別できます。
- ◎記録器の可動部はシンプルで魚探や PDR のようなペンが付いていません。耐久性、信頼性が向上しています。
- ◎記録は見やすく片方のチャンネルを反転する必要がありません。曳航体の位置（0 m）の記録は左、右両チャンネルの中央になり、距離が増すにつれて記録は左チャンネルは左に、右チャンネルは右に移動します。
- ◎記録器、曳航体は軽量で可搬でき、ケーブルは、アーマードケーブル（破断荷重 5 ton）と軽量のウレタン外装ケーブル（破断荷重 2.8 ton）が用意されています。
- ◎曳航体特性 XDCR 周波数 100 kHz, パルス幅 0.1 msec, 出力 128 dB re $1 \mu\text{bar}/1\text{m}$

実験データ

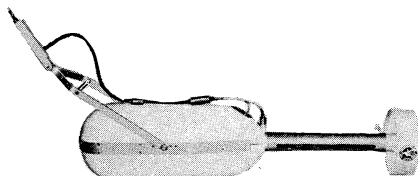
この記録は昭和54年2月3日東京湾猿島沖を曳航して実測したものです。記録紙中央の線は曳航体の位置を示し左右海中の地形・突起物や繫留物を写し出します。このデータでヒトデ状の物は繫留中のブイ（公害資源研究所）のアンカーを写し出されたものです。この外海底物体の記録写真は多数あります。御必要に応じ提供致します。



記録紙



記録器



曳航体

株式会社 鶴 見 精 機

1506 Tsurumi-cho, Tsurumi-ku, Yokohama, Japan 〒230 TEL; 045-521-5252

CABLE ADDRESS; TSURUMISEIKI Yokohama, TELEX; 3823750 TSKJPN J

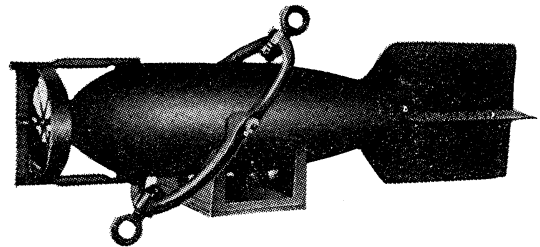
OVERSEAS FACTORY; Seoul KOREA

IWAMIYA INSTRUMENTATION LABORATORY

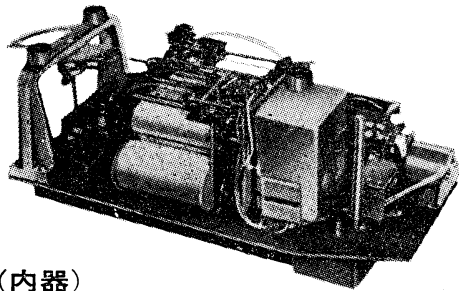
長期捲自記流速計

(NC-II)

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



(外器)



(内器)

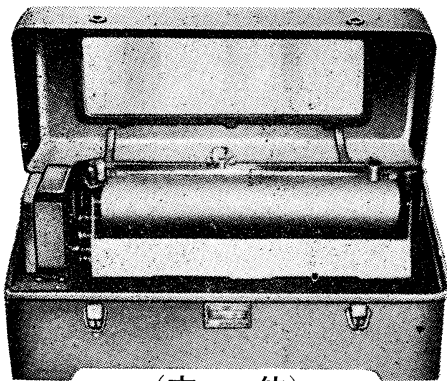
プロペラはA, B, C三枚一組になって居り

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

弱流ペラーに依る最低速度は約4cm/secです。

フース型長期捲自記検潮器

(LFT-III)



(本体)

営業品目

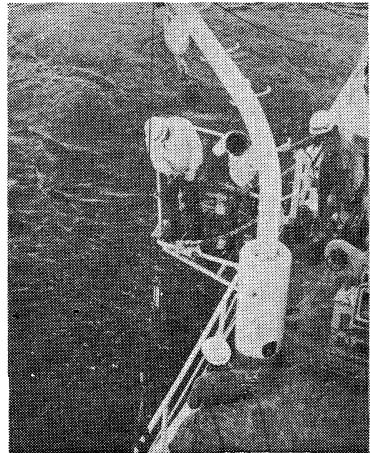
階段抵抗式波高計
ケーブル式波高計
フース型検潮器
小野式自記流速計
自記水位計
港施型土圧計
理研式水中カメラ
その他海洋観測諸計器

協和商工株式会社

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

海洋環境調査 海底地形地質調査

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



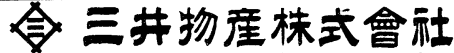
外洋における海洋調査



三洋水路測量株式会社

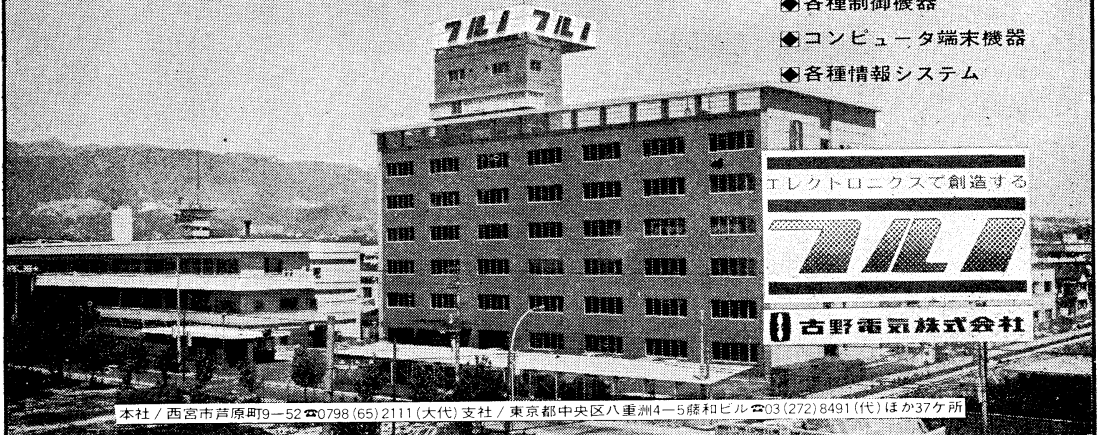
本社 東京都港区新橋5-23-7(三栄ビル) ☎03(432)2971-5
 大阪支店 大阪府都島区中野町3-6-2(谷長ビル) ☎06(353)0858-7020
 門司出張所 北九州市門司区港町3-32(大分銀行ビル) ☎093(321)8824
 仙台出張所 仙台市一番町2-8-15(太陽生命仙台ビル) ☎0222(27)9355
 札幌出張所 札幌市中央区大通東2-8-5(アレジデント札幌) ☎011(251)3747

総代理店



TTLI は無限の可能性に挑戦する

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



エレクトロニクスで創造する

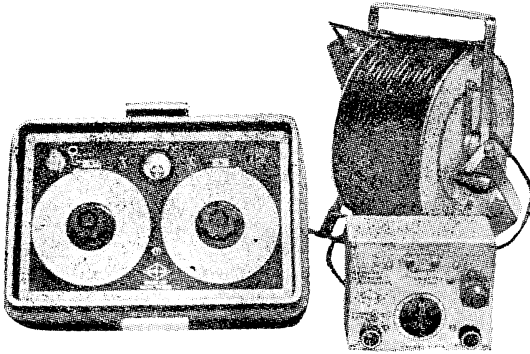


古野電気株式会社

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

AUTO-LAB PORTABLE S-T BRIDGE

Model 602



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

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

追加付属品

ステンレス製ケーブルリール
 半自動式電極プラチナイザー

製造品目

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

日本およびアジア総代理店



株式会社 **渡部計器製作所**

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

(カタログ御希望の方は誌名御記入の上御請求下さい)

Murayama

水中濁度計
 水中照度計
 電導度計



株式会社 **村山電機製作所**

本社 東京都目黒区五本木 2-13-1
 出張所 名古屋・大阪・北九州

最高の品質 信頼のブランド

aqua-lung®



France.



Italy.



Australia.



U.S.A.



日本アクアラング株式会社

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

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

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

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

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

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

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

アクアラングは日本においては当社が専用使用権を有している国際的商標です。

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

昭和 53 年 11 月 25 日 印刷
昭和 53 年 11 月 28 日 発行

う み

第 16 卷
第 4 号

定価 ¥ 950

編集者 富 永 政 英
発行者 佐々木 忠 義
発行所 日 仏 海 洋 学 会
財団法人 日仏会館内
東京都千代田区神田駿河台2-3
郵便番号: 1 0 1
電話: 03(291)1141
振替番号: 東京 9 6 5 0 3

印刷者 小 山 康 三
印刷所 英 和 印 刷 社
東京都文京区本駒込 6-15-10
郵便番号: 1 1 3
電話: 03(941)6500

第 16 卷 第 4 号

目 次

原 著

| | |
|---|---------|
| メッシニアン期 (中新世最末期) にジブラルタル海峡に高いしきいはあったか (英文) …星野通平 | 171 |
| オウギガニ科ヒヅメガニの幼生の発生 (英文) …鈴木広志 | 176 |
| 牛込濠水の地球物理学的考察 —1973年6月17日根室沖地震に伴う静振について— (英文) …森谷誠生, 阿部友三郎 | 188 |
| 宮古群島池間島の珊瑚礁 …大葉英雄, 有賀祐勝 | 198 |
| 定置網漁場と魚群分布 Ⅲ. 分布図から見た魚群の移動 …井上喜洋 | 211 |
| 学会記事 | 221 |
| 総目次 (第16巻) | (1)~(2) |

Tome 16 N° 4

SOMMAIRE

Notes originales

| | |
|--|---------|
| Was There the High Gibraltar Sill in the Messinian Stage? …Michihei HOSHINO | 171 |
| The Larval Development of <i>Etisus laevimanus</i> RANDALL (Crustacea, Brachyura, Xanthidae) …Hiroshi SUZUKI | 176 |
| A Geophysical Consideration of the Water in the Ushigomebori Moat —On the Transversal Seiche Motion Induced by the Nemuro-Hanto-Ok Earthquake on June 17, 1973— …Nobuo MORITANI and Tomosaburo ABE | 188 |
| Coral Reefs of Ikema-jima, Miyako Islands, Japan (in Japanese) …Hideo OHBA and Yusho ARUGA | 198 |
| The Fishing Ground of Set Net and the Distribution of Fish Schools Ⅲ Schematic Migration Pattern of Schools Viewed from the Distribution Charts (in Japanese) …Yoshihiro INOUE | 211 |
| Procès-Verbaux | 221 |
| Sommaire du Tome 16 | (1)~(2) |