
Tome 27

Novembre 1989

Numéro 4


La mer

うみ

1989年11月

日 仏 海 洋 学 会

La Société franco-japonaise
d'océanographie
Tokyo, Japon



SOCIÉTÉ FRANCO-JAPONAISE D'Océanographie

Comité de Rédaction

(de l'exercice des années de 1988 et 1989)

Directeur et rédacteur: Y. ARUGA

Comité de lecture: S. AOKI, M. HANZAWA, M. HORIKOSHI, A. KAMATANI, M. MAEDA, M. MURANO, M. OGURA, S. OKABE, H. SUDO, T. YANAGI

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

Services de rédaction et d'édition: S. WATANABE, Y. YAMAGUCHI

Note pour la présentation des manuscrits

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

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

Le manuscrit devra être présenté sous la forme suivante:

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

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

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

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

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

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

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

The modification of schooling behaviour in larval sea bass, *Dicentrarchus labrax*, by sublethal concentrations of methyl parathion*

Madelaine A. WILLIAMS**

Abstract: The species-typical schooling behavioural repertoire of larval sea bass, *Dicentrarchus labrax*, was examined and is described in this paper. Experiments were conducted to determine the effects of sublethal concentrations of methyl parathion, an organophosphate insecticide and anticholinesterase agent, on their schooling behaviour. The fish were exposed to 2.50, 5.00 and 10.00 ppm of the toxicant for periods of 2, 8, 24 and 48 hours. The results demonstrated distinct modifications in their schooling patterns; there was generally little or no correlation of dosage with period of exposure; deviations in schooling behaviour were maximal and deleterious in fish exposed to 10.00 ppm of methyl parathion. The most conspicuous modification was the deterioration of social attraction and interaction in the three groups of test fish, resulting in statistically significant declines in duration of parallel orientation and frequency of realignment in contrast to the controls. The test fish also exhibited changes in locomotor ability and movements, organization of schools and feeding. Behavioural modifications caused by subacute dosages of methyl parathion may be ecologically significant in the survival of schooling species of fish.

1. Introduction

The biological effects of pesticide contamination of the environment have been studied principally from physiological or developmental points of view. Another approach, which has received some attention, is concerned with the mechanism and patterns of behaviour of the organisms living in the altered environment (KLEEREKOPER, 1976; EISLER, 1979). Behaviour is the result of an animal's growth in its environment; when an animal lives in a species-typical environment, species-typical behaviour emerges. If, on the other hand, the animal's environment is atypical, subtle or conspicuous modifications occur and affect the expression of behaviour (WILLIAMS and SHAW, 1971; WILLIAMS, 1976). Since a pollutant alters the environment in some way, those organisms that are living in it will probably be affected behaviourally. If the behavioural modification is deleterious, there may be a gradual

depletion of the species over a long period of time and eventual extinction.

Analyses of non-adaptive behavioural changes caused by pesticide pollution may be sensitive and meaningful indicators by which "safe" concentrations of pesticides may be determined (SPRAGUE, 1971; BULL and MCINERNEY, 1974; LIVINGSTON, 1977). In addition these analyses may be valuable in demonstrating that the behavioural modifications produced by the toxicant vary at different dosages, and may develop at concentrations which are considered too low to elicit other biological effects (HOLDEN, 1973). Exposure of fish to sublethal levels of pesticides may be more critical than individual deaths caused by lethal concentrations (KLEEREKOPER, 1974); if subtle or conspicuous changes occur in their behaviour, these may be of long-term ecological significance.

Schooling in fish was investigated in this research; it is a vital adaptive behaviour, ensuring species survival by facilitating life functions as protection from predators, reproduction, sociability, finding of food and energy conservation. Disruption of schooling may, indeed, jeopardize

* Received May 18, 1989

** Laboratoire Biologie Marine, Collège de France, Concarneau, France
Current address: 15 Pendarves Street, Beacon, Camborne, Cornwall, United Kingdom

the animal's success in its environment. Schooling develops gradually with larval fish initially demonstrating patterns of approach and withdrawal which later decrease in frequency and are replaced by sustained parallel orientation and swimming in schools (WILLIAMS and SHAW, 1971, WILLIAMS, 1976).

The experiments were conducted in Concarneau, Brittany, France at the Laboratoire Biologie Marine, Collège de France, in order to determine the effects of a range of sublethal concentrations of methyl parathion on the species-typical schooling behavioural repertoire of sea bass, *D. labrax* (LINNAEUS, 1758), for varying periods of exposure from 2 to 48 hours. These schooling fish are widely distributed in Breton coastal waters and estuaries and are exposed to fluctuating sublethal concentrations of the polyvalent organophosphate, methyl parathion; it is used as an agricultural insecticide and discharged into watersheds and the ocean where it undergoes dilution processes (ROUGER, 1988). Methyl parathion is an anticholinesterase agent which affects the nervous system of fish and may produce changes in their schooling behaviour. The subjects of the experiments were feeding larvae which are the most sensitive of the different life stages of fish to pesticides (BUTLER, 1964; MURTY, 1986). This study was designed to detect and quantify subtle or conspicuous behavioural modifications of the fish to the altered environment.

2. Materials and methods

Experimental fish and maintenance

Approximately 375 sea bass, *D. labrax*, 72 days of age, with a median length of 6.50 mm were obtained from the hatchery of the Centre National pour l'Exploration de Océans, Centre Océanologique de Bretagne (CNEXO) in Brest, France; they were a small part of a huge, genetically homogeneous population. The fish were maintained during the experiments in a tank (designated as home tank) which measured 91 cm in length and 50 cm in width; the water level was 26 cm and was natural, filtered sea water with a salinity of 24‰. It was continuously aerated and circulated by several air stones and was partially discarded and replenished on a daily basis. All tanks, containing the toxicant, were covered securely with plastic

sheeting to prevent its volatilization into the atmosphere. In addition, as with the home tank, regular and frequent replenishment of the medium was done to maintain constant concentrations of the insecticide. The lighting in the laboratory was natural with an ambient temperature of $21 \pm 1^\circ\text{C}$, similar to that of the hatchery in CNEXO; the fish were also fed the same diet of pellets of dried shrimp and fish, ten to twelve times daily. Rigid controls were applied to the handling of the fish and maintenance of stable environmental conditions for all parts of the experiment.

Methyl parathion is manufactured in France under the name of Ecadion methyl Sedagi, Uguine Kuhlmann (0,0-dimethyl 0-*p*-nitrophenyl phosphorothioate). The determination of sublethal dosages was made by conducting relative toxicity tests on 54 animals. Each test consisted of a group of 2 fish which was placed in a 1 litre container of thoroughly aerated sea water and a particular concentration of Ecadion methyl, ranging from 0.75 to 50.00 ppm. A total of 19 dosages plus 3 controls resulted in 27 tests; frequent observations on survival of the fish were made over a period of 48 hours. All of the fish died in the following concentrations: 12.50 ppm at 90 minutes, 25.00 ppm at 60 minutes and 50.00 ppm at 2 minutes. They survived in 16 different concentrations, ranging from 0.75 to 11.55 ppm for the exposure period of 48 hours. It was thus decided to expose and test the fish at 2.50, 5.00 and 10.00 ppm for 2, 8, 24 and 48 hours in order to comprehensively examine the effects of these subacute levels of methyl parathion on the species-typical schooling behavioural repertoire of larval *D. labrax*.

Procedures of grouping and exposure of fish to the pesticide

Table 1 summarizes the details of the experimental design. In order to acclimate the fish to the dimensions of the exposure tank, groups consisting of 8 fish were transferred from the home tank to small holding tanks for a period of 8 hours or overnight prior to exposure and testing. The holding and exposure tanks were of the same dimensions, measuring 28 cm \times 23 cm \times 23 cm with a capacity of 3 litres of water. The tanks were covered and thoroughly aerated for several hours prior to reception of the fish.

Table 1. Experimental design — grouping and exposure of fish to pesticide.

Period of exposure (hours)	Group exposed to varying concentrations of methyl parathion in ppm					
	0.00 N of Group ^a	2.50 N of Group ^a	5.00 N of Group ^a	10.00 N of Group ^a	Total N of Tests	Total N of Fish
2	5	5	5	5	20	80
8	5	5	5	5	20	80
24	5	5	5	5	20	80
48	5	5	5	5	20	80
Totals					80	320 ^b

N=number. ^a Four fish formed a group. ^b Fish were naive to testing and exposure to pesticide.

Procedures of testing and recording of observations

The methods of testing and recording of behaviour were basically similar to those done in previous studies (WILLIAMS and SHAW, 1971; WILLIAMS, 1976). The tank that was used for testing was circular, 70 cm in diameter with a water level of 5 cm and a capacity of 16 litres of water; it was illuminated directly by a 10-watt opaque light suspended 38 cm above it. The fresh sea water, which was introduced into the test tank for each test, contained the same concentration of methyl parathion to which the test fish were previously exposed. Prior to each test, the tank was covered with plastic sheeting, and the sea water was aerated for a minimum of 10 minutes.

The four test fish were individually and gently poured from a small cup into the test tank at specific times. The first fish remained alone for three minutes; the second was introduced at the end of that period; the third three minutes later and the fourth three minutes after that; the fish were introduced at the same location in the tank. During each three minute period, observations were made of the behaviour of the newly introduced fish. Table 2 summarizes the test procedure; a total of 23 minutes of recorded data was collected for each of the tests. All fish were naive to testing and exposure to methyl parathion.

The Rustrak Event Recorder, a miniature recorder and keyboard designed on the Esterline Angus multievent recorder (TOBACH *et al.*, 1962), was operated to simultaneously record sequence, frequency and duration of behaviour of the fish. Quantitative recordings were made of: (1) dura-

Table 2. Procedures of testing of fish.

Time period	Length of time of observation	Procedure
1 through 3 min.	3 min.	Fish No. 1 introduced; no behaviour recorded
4 through 6 min.	3 min.	Fish No. 2 introduced; behaviour of fish No. 2 recorded
7 through 9 min.	3 min.	Fish No. 3 introduced; behaviour of fish No. 3 recorded
10 through 12 min.	3 min.	Fish No. 4 introduced; behaviour of fish No. 4 recorded
13 through 24 min.	12 min.	Behaviour of all fish recorded
30th min.	1 min.	„ „ „
36th min.	1 min.	„ „ „

tion of approach-orientation: one fish approaches another to within 3 mm or less and both remain near each other; (2) duration of parallel orientation: two or more fish approach each other, orient into position parallel to each other and swim in a school; (3) frequency of realignment within the school: parallel reorientation of fish succeeded by change in direction of the school; this action is preceded by energetic and rapid swimming by the members, followed by a brief pause of 3 to 4 seconds, during which time they turn around simultaneously in the same direction to observe and wait for a solitary conspecific that is lagging behind, or one that is stationary and located near their swimming path; the fish joins the group; the parallel formation is subsequently compressed when the fish turn laterally in unison, reorient and swim in another direction.

Statistically significant differences among the means of the above parameters were determined by analysis of variance using IBM Scientific Subroutines in Fortran; all comparisons of means were on a pair basis.

Qualitative observations were made of the general organization of the schools, locomotor behaviour and unique behaviours demonstrated by the test fish. Feeding behaviour was also noted in both the home and exposure tanks as well as the general behaviour of the fish when they were transferred after testing to a community tank of fresh, aerated sea water.

3. Results

General results

The basic research that was conducted in these experiments involved the observation and analysis of the species-typical schooling behavioural repertoire of larval *D. labrax*; this would

serve as the norm for comparison with the fish that were exposed to the pesticide or atypical environment. The repertoire consisted of the following patterns of behaviour: (1) limited duration of approach-orientation, non-polarized aggregating of fish when they approach each other and remain adjacent to within 3 mm; (2) the latter behaviour develops into the dominant activity, polarized parallel orientation, when the fish approach each other and orient in sustained parallel formations or schools; the fish swim in the same direction with close intra-fish spacing of approximately 1 mm, augmented by synchronized swimming movements and speed, and (3) frequent realignment within the schools, as described above. Intrinsic to these three patterns of schooling behaviour are the mutual, positive biosocial attraction and interaction of the fish.

The results of the experiments generally indi-

Table 3. Intergroup comparisons of mean duration of approach-orientation.

Hours of exposure	Control group		Group exposed to 2.50 ppm methyl parathion		Group exposed to 5.00 ppm methyl parathion		Group exposed to 10.00 ppm methyl parathion	
	N	Mean ^a	N	Mean ^a	N	Mean ^a	N	Mean ^a
2	5	212.1	5	450.4	5	448.2	5	195.8
8	5	62.1	5	337.0	5	401.2	5	184.8
24	5	51.9	5	164.6	5	349.2 ^b	5	131.0
48	5	46.4	5	48.9	5	28.9	5	36.0

N=number. ^a Means are expressed in seconds.

^b This group is significantly different from the other three groups ($P < 0.05$).

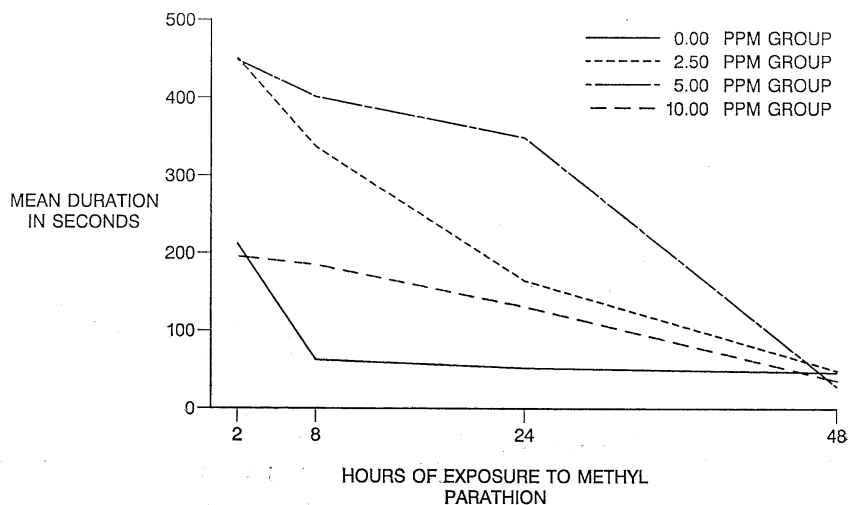


Fig. 1. Comparisons of duration of approach-orientation.

cated that schooling behaviour in larval *D. labrax* was considerably modified by exposure to subacute concentrations of methyl parathion. Duration of parallel orientation and frequency of realignment within the schools declined significantly in the three groups of test fish in contrast to the control group. The addition of the toxicant to the medium resulted in various new and deleterious behaviours in the three groups of fish. There was some diminution of locomotor ability. Dispersal of schools occurred with ongoing progression of the tests; schools when present were disorganized with wide intra-fish spacing. The fish were irritable and in some cases veered away from each other. Their tail regions were curved; they performed undulations, circumvolutions, serpentine movements and swam upright in the water as well as around the circum-

ference of the tank. Social attraction and interaction were greatly deteriorated. The deviations in schooling patterns were maximal and conspicuous in the fish exposed to 10.00 ppm of methyl parathion for all periods of exposure.

Quantitative results

Intergroup and longitudinal comparisons of means of duration of approach-orientation, duration of parallel orientation and frequency of realignment within schools are presented, respectively, in Table 3, Fig. 1; Table 4, Fig. 2; Table 5, Fig. 3. Statistically significant differences ($P < 0.05$) among the means are specified in the Tables.

Duration of approach-orientation was reduced in the control fish, while the test fish demonstrated slightly higher durations at 2, 8 and 24 hours with a subsequent decline at 48 hours, so

Table 4. Intergroup comparisons of mean duration of parallel orientation.

Hours of exposure	Control group		Group exposed to 2.50 ppm methyl parathion		Group exposed to 5.00 ppm methyl parathion		Group exposed to 10.00 ppm methyl parathion	
	N	Mean ^a	N	Mean ^a	N	Mean ^a	N	Mean ^a
2	5	727.2 ^b	5	431.7	5	57.7	5	4.5
8	5	962.1 ^b	5	650.6	5	118.0	5	6.3
24	5	1063.9 ^b	5	874.2 ^b	5	300.9	5	15.0
48	5	1087.2 ^b	5	759.1	5	423.3	5	28.3

N=number. ^a Means are expressed in seconds. ^b This group is significantly different from the other two or three groups ($P < 0.05$).

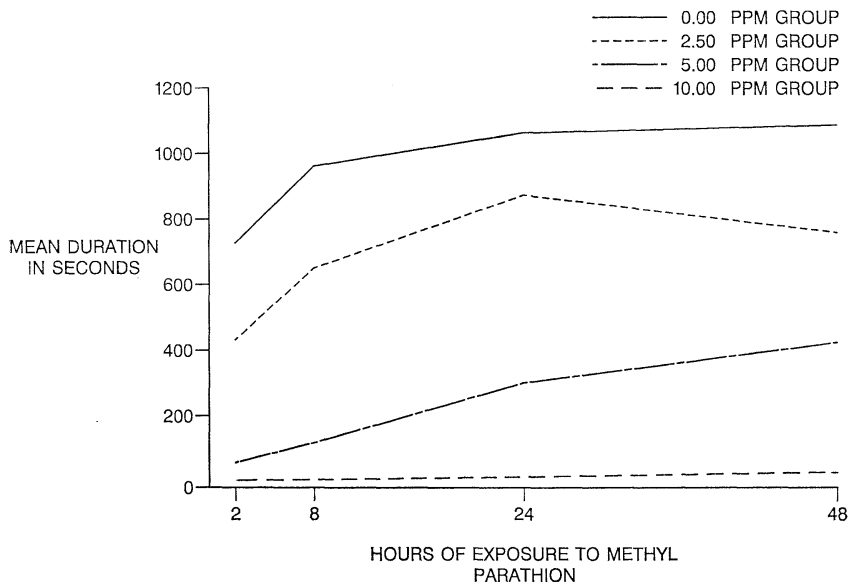


Fig. 2. Comparisons of duration of parallel orientation.

Table 5. Intergroup comparisons of mean frequencies of realignment.

Hours of exposure	Control group		Group exposed to 2.50 ppm methyl parathion		Group exposed to 5.00 ppm methyl parathion		Group exposed to 10.00 ppm methyl parathion	
	N	Mean	N	Mean	N	Mean	N	Mean
2	5	66.2 ^a	5	16.2	5	4.2	5	2.4
8	5	37.0 ^a	5	9.4	5	4.4	5	6.4
24	5	40.8 ^a	5	9.6	5	7.4	5	0.2
48	5	13.6 ^a	5	2.6	5	7.8	5	0.2

N=number. ^a This group is significantly different from the other three groups ($P < 0.05$).

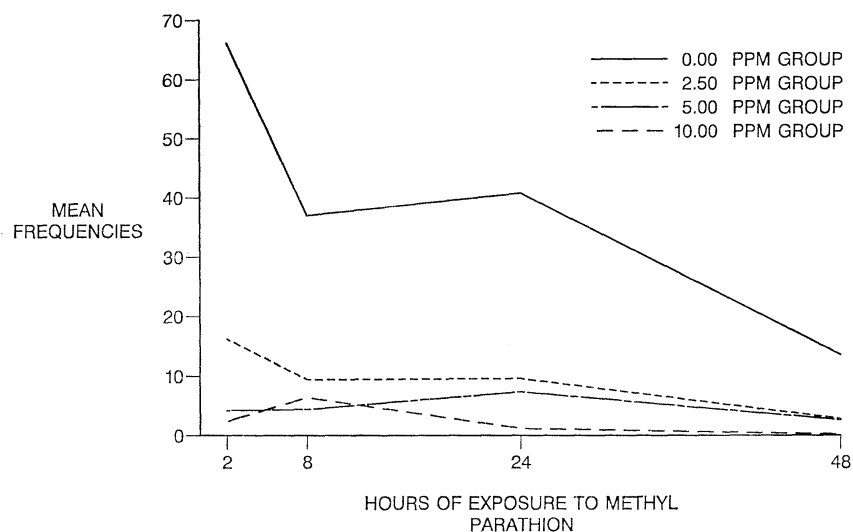


Fig. 3. Comparisons of frequencies of realignment.

that all four groups were the same for the maximal period of exposure (Fig. 1). The adverse effects of methyl parathion were demonstrated in duration of parallel orientation and frequency of realignment. The control fish displayed statistically significant higher duration and frequency, respectively, in these 2 parameters; there were no significant differences in the longitudinal comparisons (Table 4, Fig. 2; Table 5, Fig. 3).

Qualitative observations

Two hours

The control fish formed cohesive schools with the members closely spaced at 1 to 3 mm apart. They swam in short, darting movements, and there were some changes in the direction of the schools. When this occurred, the fish immediately oriented parallel to each other, subsequently synchronizing their swimming movements. This

resulted in uniform schools usually composed of 4 fish and persisting for several seconds to a minute in duration. As the time progressed in the tests, the schools improved in cohesiveness and composition. There were many demonstrations of approach-orientation behaviour with fry grouping together at distances of 2 to 3 mm.

The fish that were exposed to 2.50 ppm methyl parathion for two hours exhibited a decline in locomotor ability in comparison to the controls; they swam at a slower pace; their approaches, followed by orientation, were slower. Schooling occurred, but most of the time was spent in orientation. Many of the fish appeared to be irritable and nipped at each other; their bodies assumed a curved posture especially in the tail region; other fish swam in circles. There was generally a decline in the duration of parallel orientation in contrast to the controls.

The behaviour of the fish exposed to 5.00

ppm of methyl parathion was characterized by a dramatic decline in parallel orientation; approach-orientation was the dominant activity. It was of long duration and frequent since the fish showed a definite interest in each other and in schooling together, but these attempts were thwarted by their inability to swim. They demonstrated their affinity for each other by huddling close together. Some of the fish had curved bodies, especially pronounced in the tail region. The fish were very much subdued in comparison to the fish exposed to 2.50 ppm. Aggressiveness was observed as fish nipped and occasionally chased each other which resulted in withdrawals.

The fish that were exposed to 10.00 ppm methyl parathion generally displayed some diminished locomotor ability, characterized mainly by undulating, quivering serpentine movements; their tails were curved. They swam past each other with no interaction or cognizance of each other. There were little or no approach-orientation behaviour and parallel swimming.

Eight hours

Schooling activity for the controls was generally cohesive. There was a decrease in duration of approach-orientation correlated with an increase in duration of parallel orientation in comparison to the fish tested after 2 hours. The fish to fish distance was close at 1 mm; swimming speed was fast and quick darting movements were conspicuous. Schooling improved with the progress of the test. Realignment occurred frequently with its characteristic social interaction among the fish. They were very much aware of each other as illustrated by members of a school which hesitated in their swimming for several seconds to turn around in order to observe a species mate that was following, or in some cases to observe a solitary, stationary fish. In each incident, the school waited for the conspecific to join it.

The fish that were exposed to 2.50 ppm for eight hours demonstrated haphazard schooling of short duration, but there was a definite improvement over the 2 hour exposure. The fish swam faster; some fish were irritable and moved in circles; their tails were curved. Their desire to school was indicated by aggregating closely, resulting in parallel swimming at 1 mm apart;

some realignment was exhibited. The close communication among the fish was conspicuous. They huddled very tightly together and oriented to each other. Some fish exhibited irritability and sensitivity to environmental sounds and movements by darting in the water.

The fish that were exposed for eight hours to 5.00 ppm of the pesticide were inactive and lethargic. There was frequent approach-orientation; the fish grouped closely together and attempted to school, but this was frustrated because of diminished locomotor ability. The fish were extremely irritable. There were occasions in which the fish were located far from each other, moving in their individual spheres.

The fish exposed to 10.00 ppm of methyl parathion demonstrated similar behaviour as at 2 hours, but with the addition of circumvolutions produced mainly by the fish circling about their own axes or occasionally moving in small circles. They were totally unresponsive to each other even when swimming immediately adjacent to a species mate. There was the distinct absence of approach-orientation, parallel formations and realignment. They also appeared to be non-irritable and failed to respond to environmental sounds. The fish demonstrated a quivering, undulating movement as at 2 hours, but they also swam rapidly around the circumference of the tank.

Twenty-four hours

Schooling in the control group was cohesive and characterized by rapid swimming and close fish to fish distances of 1 mm. A frequent occurrence was realignment with its distinctive, positive social communication among the fish. The fish demonstrated a great affinity for each other in their realignment behaviour.

The fish that were exposed to 2.50 ppm exhibited an increase in parallel orientation over the 8 hour exposure to the pesticide. Schooling persisted, but it was haphazard, typified by frequent reversals in direction of swimming; this was initiated by one fish which was subsequently followed by the other members of the school. There were a few incidents in which the swimming movement was slow, and the fish appeared to be waiting for species mates to join up with them. Fish to fish distances were wide at 4 mm or more. The fish frequently

circumrotated on their own axes. Improvement in schooling behaviour correlated with increase in progress of the test at 25 to 30 minutes.

Some schooling was exhibited by fish exposed to 5.00 ppm of insecticide. Swimming was characterized by slow, short, hesitant, undulating and meandering movements. There were sporadic bursts of rapid swimming in schools. Aggressiveness was expressed by frequent chasing of one fish after another with subsequent rapid withdrawals. The fish also demonstrated extreme irritability by a horizontal back and forth movement. Their bodies were curved and circumrotation occurred. They were acutely aware of each other as indicated when one fish was stationary; its conspecific approached and oriented for approximately a second and then swam away.

The schooling behaviour of the fish exposed to 10.00 ppm of methyl parathion for 24 hours was similar as at exposures of 2 and 8 hours. Locomotor ability, however, improved slightly, but interaction and awareness of the fish for each other, as well as schooling, were negligible. They exhibited occasional withdrawals from species mates which were located close by and were involved in circumrotating on their axes. Some fish sporadically demonstrated bouts of swimming around the circumference of the tank for as long as 60 seconds. They sometimes swam upright and close to the surface of the water; their bodies were curved. Movements were erratic, and each fish performed its own action, seemingly oblivious of species mates in the tank.

Forty-eight hours

The schooling of the controls at 48 hours was cohesive and well organized with close fish to fish distances. Again as at 2, 8 and 24 hours, the fish in a school hesitated in their locomotion for a slower-swimming species mate to catch up with them; there was a high duration of parallel orientation.

The fish exposed to 2.50 ppm of methyl parathion exhibited schools that were less cohesive than at 2, 8 and 24 hours. The distance between the fish was wide at 4 mm or more and swimming was rapid. There were frequent reversals of direction of swimming by members of the school. The duration of most schools was 60 seconds, and they dispersed with passage of time in the test. In addition there was a diminution

of sensitivity and awareness of the fish of each other; they swam past each other without communication.

The fish exposed to 5.00 ppm of methyl parathion for 48 hours exhibited improved swimming ability compared to their species mates at 2, 8 and 24 hours at the same concentration. They swam closely past each other and did not appear to communicate. Their bodies quivered as they swam, and this action was more pronounced than at 24 hours; they swam quickly at times. Limited schooling occurred, but it was very brief in duration, highly incohesive and disorganized with wide fish to fish distances of 4 mm or more. There was dispersal of members with ongoing progression of the test.

The same behaviour prevailed for fish in 10.00 ppm insecticide for 48 hours as in the groups at 2, 8 and 24 hours. They were, however, livelier, swimming high in the water, occasionally exhibiting sudden bursts of energetic swimming; fish that passed each other in this manner appeared to be completely disinterested in each other. There was generally no interaction among the fish. Circumrotations occurred, but were much diminished in frequency in comparison to fish exposed to 10.00 ppm methyl parathion for 2, 8 and 24 hours.

General observations of fish in their living environments

The experimental fish did not feed in the holding tanks to which various concentrations of pesticide had been added. This was in dramatic contrast to the controls in the holding tanks and other fish living in the home tank, which fed avidly.

The fish that were exposed to methyl parathion were transferred after testing to tanks containing fresh, aerated, uncontaminated water. They exhibited all the effects of the pesticide after 24 hours. They did not school, but oriented close to each other; their swimming movements were slow and hesitant. Approximately 4 days later, all of the fish appeared to have recovered; they were swimming, schooling and feeding in the same way as were the control fish.

4. Discussion

Effects of sublethal concentrations of methyl parathion on schooling behaviour

The present experiments demonstrated the

debilitating effect of the pesticide on locomotor ability of the experimental fish, *D. labrax*. Similar results have been reported in the literature. Sublethal concentrations of organophosphate pesticides decrease activity of fish brain acetylcholinesterase (WEISS, 1961). BONE (1978) concluded from his studies that acetylcholinesterase-mediated transmission of nerve impulses through the central and peripheral nervous systems is necessary for coordinated muscle movement. This suggests that swimming or locomotor activity may well be affected by exposure to these compounds. RAND (1977) demonstrated that the general locomotor behaviour of goldfish was adversely affected by subacute concentrations of methyl parathion. MURTY *et al.* (1984) also observed behavioural changes in the swimming performance of the freshwater catfish, *Mystus cavasius*, as a result of exposure to subacute levels of the toxicant. The affected fish swam rapidly and erratically, often performing somersaults. Significant inhibitory effects of subacute levels of two other organophosphate pesticides, EPN and guthion, on the swimming ability and brain acetylcholinesterase activity in the estuarine sheepshead minnow, *Cyprindon variegatus*, were reported by CRIPE *et al.* (1984).

The effect of subacute dosages of methyl parathion on the locomotor ability of *D. labrax* was primarily a retardation of swimming speed; at various times, the movements of fish were slow, hesitant, quivering, undulating or meandering, and sometimes there were rapid bursts of swimming. Nevertheless, all of the experimental fish retained the ability, although limited, to swim. Indeed, this slow locomotion may have contributed partially to the slightly higher duration of approach-orientation, a nonpolarized orientation, in the test fish, than that of the controls (Table 3, Fig. 1); the former fish remained together or aggregated for longer periods of time, whereas the latter showed a reduced duration of aggregation, and in most cases oriented in parallel swimming immediately after the approach. This behaviour was part of the species-typical schooling repertoire of larval *D. labrax*.

Locomotion is a component of schooling behaviour; sublethal concentrations of methyl parathion as high as 10.00 ppm for a period of

exposure of 48 hours did not eliminate it completely. The fish in the 10.00 ppm groups were swimming, but parallel orientation was almost non-existent. Directly related to this phenomenon was a striking behavioural modification: the complete absence of social interaction. The fish swam past species mates which were situated immediately adjacent, without any communication or awareness. There was no affinity or attraction of the fish for each other. Methyl parathion appeared to have a stupefying effect. Similar behaviour, but of a lesser magnitude, was exhibited by the fish exposed to 2.50 and 5.00 ppm at 48 hours. The three test groups also showed statistically significant lower duration of parallel orientation in comparison with the control fish (Table 4, Fig. 2). The decline of social interaction in the test groups was also directly correlated with their decline in frequency of realignment behaviour, characterized by the unique and positive social communication of the fish (Table 5, Fig. 3).

Schooling behaviour is a social behaviour; it is initiated and based on biosocial mutual attraction of the fish which leads to sustained parallel orientation. Methyl parathion, in its role as an anticholinesterase agent, may have adversely affected the visual system of the fish which functions as the primary sensory modality in the attraction-approach mechanism and in parallel orientation. This system integrates with other sensory systems to provide information for sustained parallel orientation. When the fish swam past conspecifics without any communication, this may have been caused by their inability to interact visually which resulted in the absence of a stimulus for the approach. When there was no approach, there was subsequently no parallel orientation.

During the dispersal of schools in the experimental groups, increases in the intra-fish spacing occurred in the schools at 4 mm and more. The compact control schools were composed of fish closely positioned at 1 mm apart. WEIS and WEIS (1974) also observed a spreading out of a school of Atlantic silversides, *Menidia menidia*, over a large area after a 24 hour exposure to Sevin, a carbamate compound, which acts similarly to an organophosphate by inhibition of acetylcholinesterase.

Parallel orientation is also facilitated by the lateral line system of fish which consists of nerves that function as receptors to detect vibratory stimuli of water movements made by adjacent fish. It may be possible that these pollutants had a detrimental effect on this system, so that the fish did not receive the critical information to properly orient in parallel formation and maintain positioning in the school.

It appeared that the adverse effects produced by sublethal concentrations of methyl parathion on larval *D. labrax* did not persist, since the fish were swimming without impairment, schooling and feeding after transfer to clean, uncontaminated water after approximately 4 days. It may be of value to study the fish more intensively with observations and testing in the pesticide-free environment for varying periods of residence, preceded by long periods of exposure to sublethal levels of the toxicant. This may provide information on the survival of the fish in the natural environment after chronic exposure to subacute concentrations of methyl parathion.

Effects of sublethal concentrations of methyl parathion on feeding behaviour

Feeding declined significantly in fish that were exposed to sublethal concentrations of methyl parathion; in contrast the control *D. labrax* fed avidly throughout the experiments. EISLER (1967, 1970) reported similar results in the northern puffer, *Sphaeroides maculatus*, and the mummichog, *Fundulus heteroclitus*, when they were exposed to methyl parathion. Reduced feeding was also observed by KLEEREKOPER (1974) in mullet when the food was contaminated with parathion. Similar decreases in feeding also occurred in coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*, in a stream aquarium exposed to sublethal concentrations of the organophosphate, Sumithion (fenitrothion) (BULL and MCINERNEY, 1974). SPRAGUE (1971) reported that damage to peripheral sense organs by some pollutants negatively affected the feeding behaviour of fish.

The return to normal feeding patterns in addition to other behaviours occurred in the test *D. labrax* approximately three to four days after introduction to clean uncontaminated sea water. This is similar to the findings of WEIS and WEIS (1974) in their work on *M. menidia*. In addition HOLDEN (1973) observed that fish that

had been exposed to a pesticide survived after transfer to fresh water, but concluded that they became more vulnerable to environmental variables.

Comparisons of schooling behaviour in larval

D. labrax, *M. menidia* and *Atherina mochon*

The species-typical schooling behavioural repertoire was investigated in two species of developing atherinid fish: *M. menidia* from 1 to 55 days of age (WILLIAMS and SHAW, 1971) and *A. mochon* from 1 to 35 days of age (WILLIAMS, 1976). The present experiments involved *D. labrax* at 72 days of age. Data of the three studies are not comparable because of differences in ages of the fish; these age gaps encompass multitudinous changes that occur during the development of the fish. It may, nonetheless, be concluded from these researches that the three species exhibited similar behavioural development in their schooling patterns. They demonstrated, in general, reduced duration of approach-orientation with concomitant increased duration of parallel orientation, since the fish upon their mutual approaches immediately oriented into parallel formations.

There were, however, two striking differences in *D. labrax* as compared to the atherinid fish that merit attention. The schooling repertoire of the former fish showed the unique absence of approach-withdrawal behaviour which usually occurs initially in the development of schooling. It is characterized by mutual attraction and approach of the fish to within 3 mm and an immediate veering away from each other by one or both of the fish. Frequencies of approach-withdrawals in *M. menidia* tapered off steadily, starting at 25 days of age and declined to a few or none at 55 days of age. Their age-peers of *A. mochon* were, however, uniform in their frequencies throughout 1 to 35 days. It is possible that these fish may show diminution in approach-withdrawal behaviour after 35 days. Perhaps *D. labrax* experienced approach-withdrawals at an earlier period of development which then declined completely prior to 72 days of age.

Another provocative difference between *D. labrax* and the two atherinid fish is that the latter did not exhibit realignment behaviour with its unique social communication. Since they were studied respectively up to 55 and 35 days of age, and this behaviour was observed in 72

day old *D. labrax*, it may be that the sophisticated social interaction and parallel reorientation of the fish normally occur at a more mature age in the development of schooling repertoire. Further studies would have to be conducted on the three species at comparable ages in order to examine the above hypotheses.

Acknowledgements

I would like to express my appreciation to the following persons for their invaluable assistance in carrying out this study: Dr. Yves ROUGER, former Deputy Director, Laboratoire Biologie Marine, Collège de France, Concarneau, France, for advice and provision of the fish, facilities and materials; Mr. S. Romilly WILLIAMS, formerly of the US Army Corps of Engineers, Japan, for technical assistance in the laboratory; Mr. H. Garston BLACKWELL, Queens University, Canada, for statistical analysis of data and preparation of graphs and Dr. David M. HOLDICH, University of Nottingham, United Kingdom, for critical review of the manuscript.

References

- BONE, Q. (1978): Locomotor Muscle, Vol. 7. In W.S. HOAR and D.J. RANDALL (ed.): Fish Physiology. Academic Press, Inc., New York. 265 pp.
- BULL, C.J. and J.E. MCINERNEY (1974): Behavior of juvenile coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) exposed to Sumithion (fenitrothion), an organophosphate insecticide. J. Fish. Res. Bd. Canada, **31**, 1867-1872.
- BUTLER, P.A. (1964): Commercial fishery investigations. Circ. Fish. Wildl. Serv. Wash., (199), 5-28.
- CRIFE, G.M., L.R. GOODMAN and D.S. HANSEN (1984): Effects of chronic exposure to EPN and to guthion on the critical swimming speed and brain acetylcholinesterase activity of *Cyprinodon variegatus*. Aquat. Toxicol., **5**, 255-266.
- EISLER, R. (1967): Tissue changes in puffers exposed to methoxychlor and methyl parathion. Tech. Papers, Bur. Sport Fish. Wildl., No. 17. 13 pp.
- EISLER, R. (1970): Factors affecting pesticide-induced toxicity in an estuarine fish. Tech. Pap. Bur. Sport Fish. Wildl., No. 45. 20 pp.
- EISLER, R. (1979): Behavioural responses of marine poikilotherms to pollutants. Phil. Trans. R. Soc. Lond., **286**, 517-521.
- HOLDEN, A.V. (1973): Effects of pesticides on fish. p. 213-253. In C.A. EDWARDS (ed.): Environmental Pollution by Pesticides. Plenum Publishers, London.
- KLEEREKOPER, H. (1974): Effects of exposure to a subacute concentration of parathion on the interaction between chemoreception and water flow in fish. p. 237-245. In F.J. VERNBERG (ed.): Pollution and Physiology of Marine Organisms. Academic Press, Inc., New York.
- KLEEREKOPER, H. (1976): Effects of sublethal concentrations of pollutants on the behaviour of fish. J. Fish. Res. Bd. Canada, **33**, 2036-2039.
- LIVINGSTON, R.J. (1977): Review of current literature concerning the acute and chronic effects of pesticides on aquatic organisms. CRC Crit. Rev. Environ. Contrib., **7**, 325-351.
- MURTY, A.S., A.V. RAMANI, K. CHRISTOPHER and B.R. RAJABHUSHANAM (1984): Toxicity of methyl parathion and fenitrothion to the fish, *Mystus cavasius*. Environ. Pollut. (Series A), **34**, 37-46.
- MURTY, A.C. (1986): Toxicity of pesticides to fish, Vol. II. CRC Press, Boca Raton, Florida. 143 pp.
- RAND, G.M. (1977): The effect of exposure to a subacute concentration of parathion on the general locomotor behavior of the goldfish. Bull. Environ. Contam. Toxicol., **18**, 259-266.
- ROUGER, Y. (1988): Personal communication.
- SPRAGUE, J.B. (1971): Measurement of pollutant toxicity to fish—III. Water Res., **5**, 245-266.
- TOBACH, E., T.C. SCHNEIRLA, L.R. ARONSON and R. LAUPHEIMER (1962): The ATSL: an observer-to-computer system for a multivariate approach to behavioral study. Nature, **194**, 257-258.
- WEIS, P. and J.J. WEIS (1974): Schooling behavior of *Menidia menidia* in the presence of the insecticide Sevin (carbaryl). Mar. Biol., **28**, 261-263.
- WEISS, C.M. (1961): Physiological effects of organic phosphorous insecticides in fish. Trans. Am. Fish. Soc., **90**, 143-152.
- WILLIAMS, M. and E. SHAW (1971): Modifiability of schooling behavior in fishes: the role of early experience. Amer. Mus. Novitates, (2448), 1-19.
- WILLIAMS, M. (1976): Rearing environments and their effects on schooling of fishes. Pubbl. Staz. Zool. Napoli, **40**, 238-254.

致死濃度以下のメチルパラチオンによるスズキ (*Dicentrarchus labrax*) 稚魚の集群習性の変化

Madelaine A. WILLIAMS

要旨: スズキ (*Dicentrarchus labrax*) 稚魚の集群習性に関する種特異性を研究した。研究においては、メチルパラチオンの致死濃度以下の濃度環境において集群習性を実験的に追及した。供試魚はメチルパラチオン濃度 2.50, 5.00, 10.00 ppm の実験環境において 2, 8, 24, 48 時間にわたって観察された。その結果、メチルパラチオンが明らかに集群習性を変化させる効果のあることが明らかになった。すなわち、メチルパラチオンの濃度効果と実験期間とは殆ど相関関係のないこと、10.00 ppm

の濃度で集群習性における異常効果が最大となることなどである。最も顕著な影響は、3 グループの供試魚群において誘引行動と相互作用に特徴的な効果が起り、対照実験に対して統計的に有意な並行遊泳行動や整列遊泳行動を行なう期間の短縮が認められたことである。供試魚群は、更に遊泳能力や群れの形成、摂餌行動においても変化をきたした。このようなメチルパラチオンが与える行動変化は、集群習性を持つ魚類の生存にとって生態学的に重要であろう。

水中の濁りと魚の視力との関係 (4)

濁った水中における魚の網系群に対する行動*

中村 善彦**・松生 洽**

Relationship between turbidity of water and visual acuity of fish (4)

Fish reaction to twine barrier in turbid water*

Yoshihiko NAKAMURA** and Kanau MATSUIKE**

Abstract: The reactive distance to twine barrier and the number of crossing twine barrier were examined for different beam attenuation coefficients (wavelength of gravity center, 486 nm) after changing twine diameters with Japanese parrotfish *Oplegnathus fasciatus*. The reactive distance is estimated to decrease with increasing beam attenuation coefficient and the difference of distance in twine diameter to become small. No fish crossed at twine barrier in water with beam attenuation coefficients lower than 0.6 m^{-1} , while fish sometimes crossed over to the other side in the range higher than 1.0 m^{-1} . The twine diameters at the limit of fish crossing are calculated experimentally. For example, the twine diameters with a fish swimming speed of 60 cm/sec are 1, 3 and 10 mm for the beam attenuation coefficients 0.3, 1.0 and 1.5 m^{-1} , respectively.

1. 緒 言

近年、特に沿岸海域では海中の濁りが増している。海中の濁りは魚のターゲットの視認を妨げ、定置網を始めとする網漁具に対する魚の回避および通り抜けなどの行動と密接に関係する。従って、魚の対網行動を解析する場合、水中の濁りの魚の視覚への影響を定量的に把握しておく必要がある。第1報 (MATSUIKE *et al.*, 1981) では、魚 (コイ) の視力および濁りの増加に伴う視力の減少を条件反射手法を用いて求め、懸濁粒子の視力に及ぼす影響を表わす実験式を導いた。第2報 (中村・松生, 1985) では、濁った水中における視認限界のターゲットの大きさと距離の関係を求めた。第3報 (中村・松生, 1989) では人為的影響の少ない魚 (イシダイ) を用いて、餌に飛びつく距離を海中の濁りを変えて調べ、条件反射

手法で求めた結果との整合性を検討した。

本報では、人為的影響の少ない魚 (イシダイ) を大型水槽で自由に遊泳させ、魚群の網系群に対する行動が濁りの変化に伴ってどのように変わるかを、糸の太さを変えて観察し、糸群の魚群制御効果を光学的視点から検討した。

網に対する魚の行動は、網糸の太さや目合いとの関係 (FRIDMAN, 1969; 小池, 1971; 鈴木, 1971; 西山, 1978), 網地の色やアパレントコントラストとの関係 (神田・小池, 1958a; 神田ら, 1958; BLAXTER *et al.*, 1964) および明るさの影響 (神田・小池, 1958b; BLAXTER *et al.*, 1964) について調べられている。このように魚の対網行動に関する研究は多方面から取り組まれているが、海中の光学的要因としての濁りの影響を調べた研究は非常に少ない。わずかに MURPHY (1959) がマグロについて曳縄と刺網による漁獲量の比と海水の透明度との関係を求め、濁った水中では刺網の方が効果的である結果を得ている程度である。

* 1989年6月15日受理 Received June 15, 1989

1988年5月学術研究発表会において一部発表

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

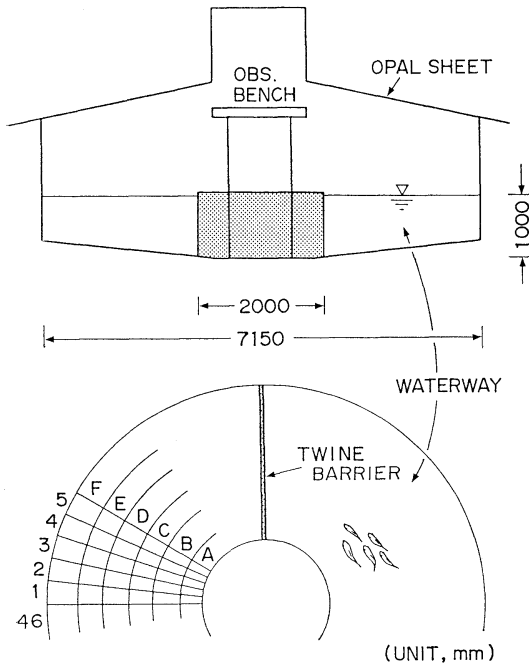


Fig. 1. Experimental tank.

2. 実験装置および方法

2-1. 実験装置

実験水槽には東京水産大学坂田実験実習場の屋外に設置してある、直径 7 m、水深 1 m の大型円形水槽を用いた。水槽の中心部を黒色の網で囲い、水路幅が 2.6 m のドーナツ形水路を作った。その概略を Fig. 1 に示す。水槽の上部を乳白色のビニールシートで覆い、太陽光が水路内を均一に散乱照射するようにした。水槽底には 5 本の同心円と 46 本の放射線を描き、魚の反応行動を番地で表示できるようにした。また、網糸群を水路に直交して等間隔で垂下した。網糸の材質にはポリエチレン製の三子撚り、網糸の色彩にはオレンジ色を採用した。網糸の太さはワラ縄に相当する 7.8 mm (300 d/30 本)、現在多く使用されている 2.8 mm (380 d/75 本 2.5 kg)、および比較のためにさらに細い 1.1 mm (380 d/9 本 500 g) の 3 種類を用いた。網糸の間隔は魚体長を参考にして 10, 30, 60 および 120 cm とした。

濁り物質には、館山湾の川口付近で採取した海底土を熱処理し、海水に再懸濁させ、40 分間放置した後、その上澄み液を用いた。上澄み液を水路内に注入し、光束消散係数 (重心波長 486 nm) が 0.3, 1.0, 1.5 および 2.0 m^{-1} になるように調整した。光束消散係数が 0.3 m^{-1} の

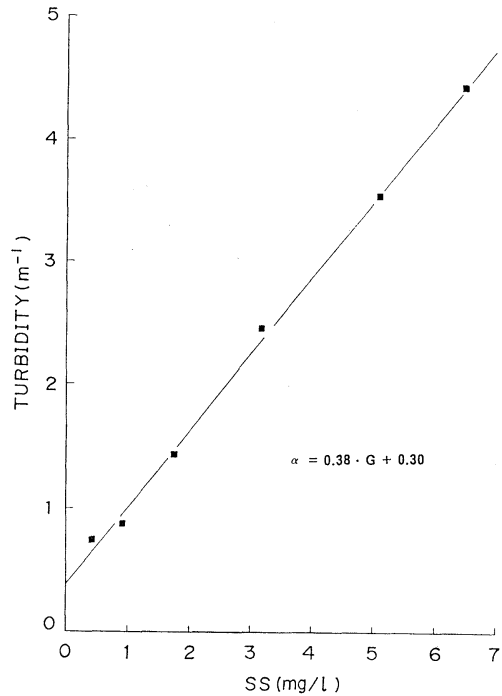


Fig. 2. Relationship between suspended particles (mg/l) and the turbidity (beam attenuation coefficient; wavelength of gravity center, 486 nm).

海水は湾内から取り入れたもので原海水と呼ぶことにする。

懸濁粒子に関しては粒子重量と粒径分布を測定した。粒子重量はミリポアフィルター-HA (0.45 μm) で濾過した後、70°C で約 1 時間乾燥し、秤量した。光束消散係数 α (m^{-1}) と懸濁海底土の乾燥重量 G (mg/l) との関係を図 2 に示す。両者の間には次の実験式で示すような直線関係があり、相関は非常に高い (相関係数 0.9)。

$$\alpha = 0.38 G + 0.30 \quad (1)$$

このことから、懸濁物重量は光束消散係数 (重心波長 486 nm) で表示した。また、粒径分布は、コールターカウンターを用いて 1~30 μm の粒子について測定した。粒径分布は Fig. 3 に示すような正規分布をしており、表面積平均粒径は 4.4 μm であった。

海中の光束消散係数 α (m^{-1}) や距離 r (m) の変化に基づく網糸のアパレントコントラスト $C(r)$ は、DUNTLEY (1962) の式を用いて計算した。

$$C(r) = C(0) \exp(-\alpha r) \quad (2)$$

なお、 $C(0)$ は網糸の反射率を測定し、海中における背景の反射率を 0.02 (TYLER, 1968) として算出した。

その結果を Table 1 に示す。アパレントコントラストは最も濁った海水中でも距離が 250 cm までは 0.1 以上であり、魚のコントラストスレッシュョールド 0.05 に比べて大きい、300 cm になると 0.03 に低下している。

実験魚には、館山湾の定置網で採捕した全長が16~23 cm のイシダイ *Oplegnathus fasciatus* を用いた。

2-2. 実験方法

実験は昭和60年8月から11月にかけて、午前8時30分頃から午後2時頃までに行った。定置網で採捕したイシダイは、薄暗くした飼育水槽に1~3日収容した後、夕刻に実験魚5尾を選別し、実験水路に移し、約半日間放置した。イシダイが水路内を群れをなして、自由に遊泳することを確認したのち、魚群の遊泳軌跡を測定した。

次に、魚群が通過しない網糸の間隔を調べる目的で、太さ 2.8 mm、間隔 10, 30, 60 および 120 cm の網糸群を原海水（光束消散係数 0.3 m^{-1} ）を満たした水路に設置して、魚群の行動を観測した。Table 2 は各網糸間隔における魚の接近回数、通過回数および通過率を示したもので、何れも昼間における5回の実験結果を、1実験当たり平均したものである。ここで、通過率は、通過回数を接近回数と通過回数の和で割ったものである。明らかに、網糸間隔が10および30 cm では100%通過しない。さらに比較検討のため、同じ観測を夜間（水中照度 0.03 lx ）に実施した。その観測結果を Table 3 に示す。両者の結果から、魚群は原海水中で網糸間隔を10 cm にすると全く通過しないことが確認された。これらの実験結果を考慮し、昼間の実験では、網糸の間隔を10 cm に固定して網糸群付近でのイシダイの行動を調べた。なお、水路内での網糸群の位置は実験ごとに、随時移動させた。

1回の実験の測定時間は20分間とし、光束消散係数および網糸の太さを変えて繰り返し実施した。総実験回数は250回、海水および魚は毎日新しいものと交換し、使用したイシダイの総尾数は120尾であった。

測定には2人が観測台に座り、魚群の先頭の魚の反応行動と反応位置を目視観測し、その水路底の番地をテープレコーダに収録した。

実験開始前と終了後には、光束消散係数および水中照度を測定した。8月から11月の全実験中の水路内底部の中央部で測定した明るさは、4000 lx 以上であり、水温は $20\sim 22^\circ\text{C}$ であった。

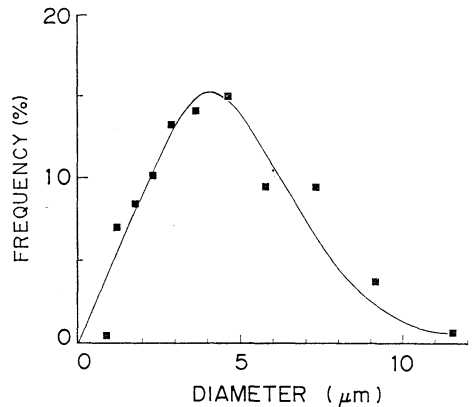


Fig. 3. Particle size distribution of sea bed mud used.

Table 1. Apparent contrast of twine for different turbidities after changing distance between fish eye and twine.

Turbidity (m^{-1})	Distance (cm)				
	100	150	200	250	300
0.3	8.8	7.6	6.5	5.5	4.9
0.6	6.5	4.8	3.6	2.6	2.0
1.0	4.4	2.6	1.6	1.0	0.6
1.5	2.6	1.3	0.6	0.3	0.1
2.0	1.6	0.6	0.2	0.1	0.03

Table 2. Ratio of crossing vertical twine barriers of 2.8 mm diameter in ordinary seawater after changing distance between twines in daylight.

	Distance between twines (cm)			
	10	30	60	120
Number of approaches	36	38	38	35
Number of crossings	0	0	4	15
Ratio of crossing*	0	0	0.01	0.4

* Crossings/(approaches + crossings).

Table 3. Ratio of crossing vertical twine barriers of 2.8 mm in ordinary seawater after changing distance between twines in darkness.

	Distance between twines (cm)		
	10	30	60
Number of approaches	30	27	12
Number of crossings	0	1	6
Ratio of crossing*	0	0.04	0.3

* Crossings/(approaches + crossings).

3. 結果および考察

3-1. 濁った水中における魚の網糸群に対する反応

原海水を満たした水路にインダイ 5 尾を移すと、魚群は水路内をほぼ万遍なく遊泳し、その時の遊泳速度は 20~60 cm/sec の範囲にあり、平均遊泳速度は約 30 cm/sec であった。

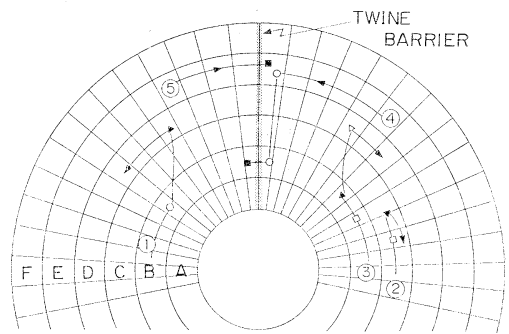
次に、太さ 2.8 mm、間隔 10 cm の網糸群を水路内に設置したときの魚の反応について、その代表的な行動例を Fig. 4 に示す。

- ① は水路に沿って遊泳してきた魚が ○ で遊泳方向を網糸群とはほぼ平行に変え、▲ で反転して遠ざかった例、
 - ② は □ で遊泳速度を急に落とし、▲ で反転した例、
 - ③ は □ で遊泳速度を落とし、▲ で遊泳方向を変え、△ で反転した例、
 - ④ は ○ で方向を変え、■ で網糸の間を通過した例、
 - ⑤ は網糸群に反応行動を示すことなく通過した例、
- をそれぞれ示したものである。ここで、▲ は網糸群に最も近い位置で、この位置の網糸群までの距離を反転距離とする。

Fig. 5 は原海水を満たした水路内に、太さが 2.8 mm の網糸を 10 cm 間隔で設置したときの、1 回の実験における魚群の遊泳軌跡の一例である。魚群は網糸群に接近するとその手前で反転し、さらに反対側から再度接近して反転する動作を繰り返した。この場合の大きな特徴は、魚群が 100% 網糸群を避けて反転したことである。その時の遊泳速度は 20~60 cm/sec の範囲であるが、反転後の遊泳速度は接近する時より速い傾向が見られた。また、網糸群に対する魚群の反転距離は最小 60 cm から最大 305 cm まで広範囲に分布しており、速い速度

で接近した時は小さく、ゆっくりと接近した時は大きい傾向が認められた。このように、網糸群を設置しない場合と設置した場合とは、水路内の魚群の行動が明白に異なることが分った。

Fig. 6 は光束消散係数が 1.0 m^{-1} の場合の、1 回の実験における魚群の網糸群付近での遊泳軌跡の一例である。光束消散係数の増加に伴う反応の変化の一つは、反転位置が網糸群に近づいたことである。この時の遊泳速度は 20~100 cm/sec の範囲であった。Fig. 7 は前述の魚群の網糸群付近での遊泳軌跡をもとに、光束消散係数と反転距離の関係を示したものである。反転距離は広



TYPICAL TRAJECTORIES

Fig. 4. Typical reaction of fish to vertical twine barrier. Symbols ▲ and △ represent the closest point and final reversal point; ○, □ and ■ represent the point of changing course, speed and crossing to the other side of twine barrier, respectively.

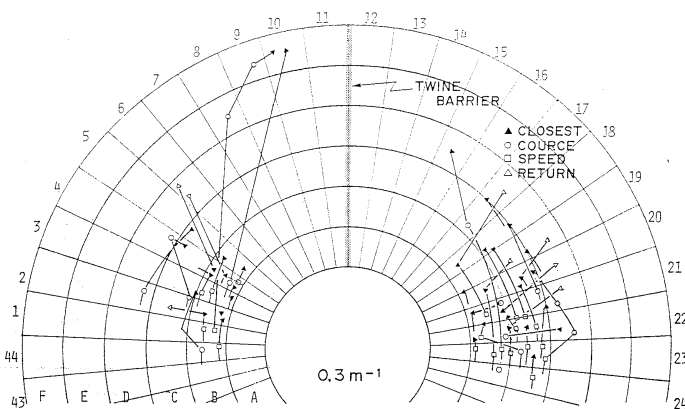


Fig. 5. Fish path to vertical twine barrier of 2.8 mm diameter with twines 10 cm apart in ordinary seawater, turbidity of 0.3 m^{-1} . Same symbols as in Fig. 4.

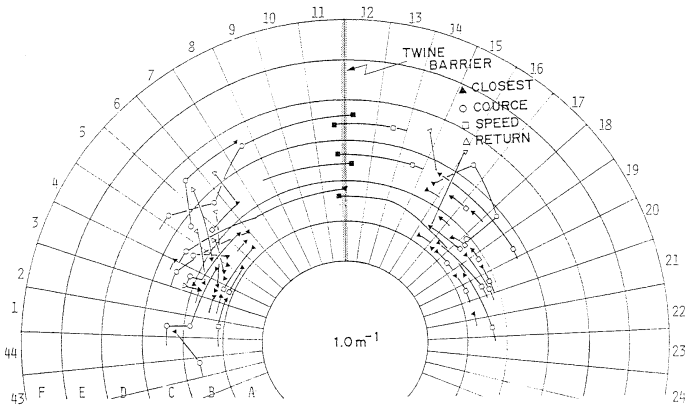


Fig. 6. Fish path to the barrier in turbid water of 1.0 m^{-1} . Same symbols as in Fig. 4.

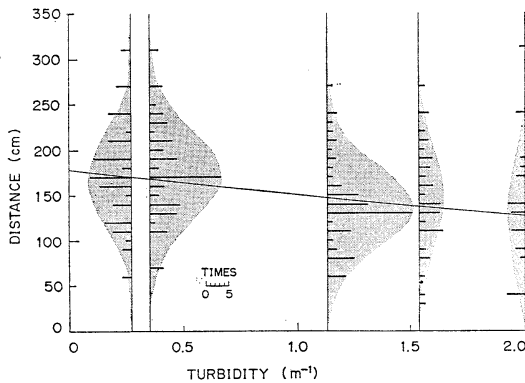


Fig. 7. Distance between the closest point of approach and twine barriers for different turbidities. Thick lines denote the number of times.

い範囲に分布しているが、光束消散係数が 1.15 m^{-1} 以下では平均値付近に集中している。しかし、 1.51 m^{-1} 以上では明確なピークは認められない。ここで、光束消散係数が $0.3, 1.0, 1.5$ および 2.0 m^{-1} における平均反転距離は、それぞれ約 $170, 150, 140$ および 130 cm になる。すなわち、反転距離 $DR\text{ (cm)}$ は光束消散係数 $\alpha\text{ (m}^{-1}\text{)}$ の関数として次のような実験式で表すことができる (相関係数 -0.9)。

$$DR = 178 \exp(-0.17\alpha) \quad (2)$$

光束消散係数の増加に伴うもう1つの変化は、魚群が網糸群の間を通過したことである。光束消散係数が 1.0 m^{-1} では魚群の一部は網糸の間を通過するが、他の魚群は網糸群の手前で急停止、あるいは網糸群に沿って遊泳

Table 4. Ratio of crossing vertical twine barriers of diameter 2.8 mm with twines 10 cm apart for different turbidities during 20 minutes .

	Turbidity (m^{-1})				
	0.3	0.6	1.0	1.5	2.0
Number of approaches	36	32	31	33	21
Number of crossings	0	0	3	3	8
Ratio of crossing*	0	0	0.1	0.1	0.3

* Crossings/(approaches + crossings).

した後、反転した。光束消散係数が 2.0 m^{-1} ではちゅうちゅすることなく網糸の間を通過した。以上の結果を用いて、網糸の太さ 2.8 mm 、間隔 10 cm の網糸群に対して魚群が通過する頻度を、1回の測定について整理し、光束消散係数別にまとめたものが Table 4 である。魚群が網糸群に接近する回数は、光束消散係数が 0.3 m^{-1} および 0.6 m^{-1} では、それぞれ 36 回および 32 回であるが、網糸群を通過した回数はいずれも皆無であった。光束消散係数が 1.0 m^{-1} では 34 回接近して 3 回の通過、 1.5 m^{-1} では 36 回接近して 3 回の通過がそれぞれ認められた。この場合の通過率はともに 10% 未満である。光束消散係数が 2.0 m^{-1} では、4回目の接近で魚群の一部が通過し、その後は網糸群に反応することなく通過が続くことが認められた。そのため、途中 (18 分) で実験を中止し、魚群の網糸群への接近回数は他の場合より少なくなっている。このように、魚群の網糸群に対する反応は濁りに大きく影響されることが分った。

3-2. 濁った水中における網糸群の視認限界距離

魚群は長大な水路を自由に遊泳しているので、その反応は遊泳速度に大きく影響され、ある遊泳速度で網糸群に接近する場合、網糸群を発見してから回避行動を起こ

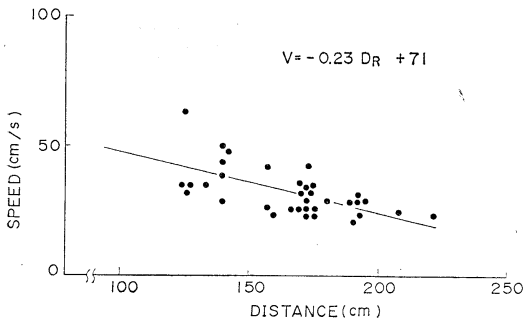


Fig. 8. Relationship between speed and distance of the closest point to twine barriers in ordinary seawater.

すまでに、ある時間的遅れが生ずるものと考えられる。すなわち、この間に接近時の遊泳速度に比例した距離だけ、さらに網糸群に接近することになる。このような観点にたつて、魚群の網糸群に対する視認限界距離と反応距離との関係について次のように検討した。

Fig. 8は、魚群が網糸群に接近するときの遊泳速度と反転距離との関係を原海水中で、網糸の太さ 2.8 mm、間隔 10 cm の場合について整理した結果である。この場合、遊泳速度 V (cm/sec) と反転距離 DR (cm) との関係は次式で表わされる (相関係数 -0.7)。

$$V = -0.23 DR + 71 \quad (3)$$

ここで、魚が網糸群を視認してから反転するまでの時間遅れ $4t$ (sec) を一定とすると、反転距離 DR (cm) と視認限界距離 DV (cm) および遊泳速度 V (cm/sec) の関係は次式で表わされる。

$$DR = RV - V \cdot 4t \quad (4)$$

(3) 式と (4) 式を用いて視認限界距離を算出すると、309 cm が得られる。この視認限界距離は、観測された反転距離の最大値 305 cm とほぼ等しい。また、太さが 1.1 mm の網糸群に対する魚の反応では、測定値の間に明確な関係が認められないこと、太さが 7.8 mm の網糸の場合は円形水路内の糸群に対する視認距離が 3.5 m が限界であることなどから視認限界距離を求めるには不適當であると考え、ここでは太さが 2.8 mm の網糸に対する視認限界距離を用いて線視力を求めた。

視力 Ac は、距離 L とターゲットの大きさ D から次式で求めることができる。

$$Ac = \left(120 \tan^{-1} \frac{D}{2L} \right)^{-1} \quad (5)$$

同式に光束消散係数 0.3 m^{-1} の水中における、太さ 2.8 mm の網糸の視認限界距離 305 cm を代入すると、インダ

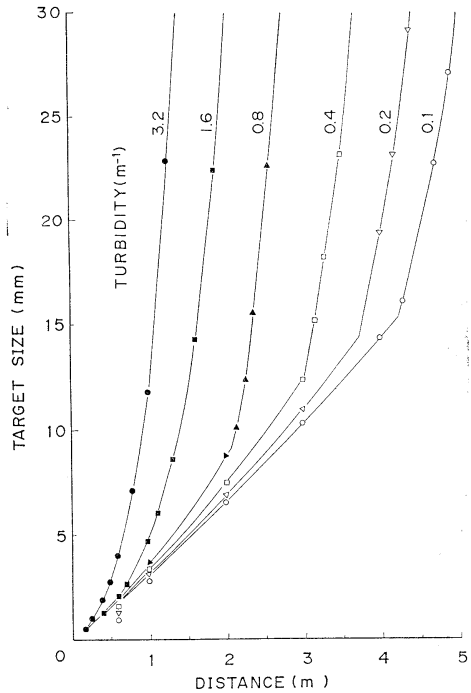


Fig. 9. Relationship between target size and distance at the limit of discrimination after changing the turbidity. Symbols \circ , \triangle , \square , \blacktriangle , \blacksquare and \bullet represent the values calculated from the experimental results in clear water and turbid water of 0.1, 0.2, 0.4, 0.8, 1.6 and $3.2 \text{ (m}^{-1}\text{)}$, respectively.

イの線視力は 0.32 になる。このインダの線視力 0.32 は、前報 (中村・松生, 1989) で求めた視力 0.09 の約 3.5 倍になっている。

線視力について、SCHWASSMANN (1974) は電気生理学的手法から、キンギョの分解能を 1.5 (線視力, 0.67) と報告している。これに対し HESTER (1968) は、キンギョの視力について 0.05 の結果を得ている。両者を比較すると、線視力は視力の約 13 倍になり、視力より大きくなるのが理解できる。

次に光束消散係数が増すと、網糸の視認限界距離はどのように変化するかについて検討した。前報 (中村・松生, 1989) で、コイとインダの視力がよく整合していることから、条件反射手法で求めた結果を用いて現場の魚の反応行動を解析できることを確認した。さらに、前述のようにインダの線視力は視力の数倍であることを明らかにした。すなわち、太さが 2.8 mm の網糸に対するインダの視認限界距離は 305 cm であり、この視認限界距離は小さなターゲットの視認限界距離を数倍した

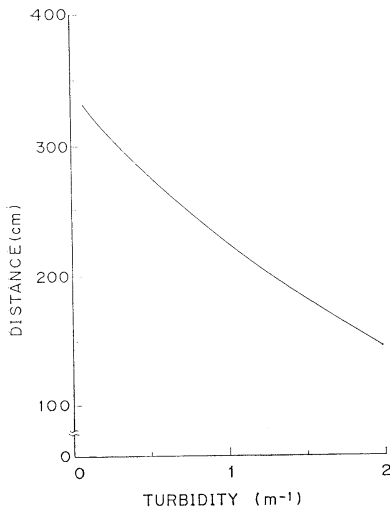


Fig. 10. Distance at the limit of discrimination to twine barriers for different turbidities after changing twine diameter.

もので、光束消散係数が増すと小さなターゲットと同じ勾配で減少するものと考えた。そこでまず、第2報(中村・松生, 1985)で求めた視認限界における距離とターゲットの大きさの関係(Fig. 9)において、光束消散係数が 0.3 m^{-1} で視認限界距離が305 cmに該当するターゲットの大きさを求めた。次に、その点から距離軸に平行に線を引き、光束消散係数別に視認限界距離を読み取った。

Fig. 10は、以上の結果を用いて光束消散係数が増したときの太さ2.8 mmの網糸に対する視認限界距離の変化を示したものである。同図をFig. 7の反転距離と比較すると、視認限界距離は光束消散係数が0.5以下では反転距離の最大値と良く一致している。光束消散係数が 1.5 m^{-1} 以上では魚の網糸群通過回数が増えて、反転距離のバラツキが大きくなり、反応行動の観察から反転距離を正確に特定することが難しくなり若干のずれを生じるが、全体的に見ればほぼ同じ傾向を示す。従って、光束消散係数の増加に伴う視認限界距離の減少勾配は第2報(中村・松生, 1985)で条件反射手法を用いて求めたコイの結果と整合性があるものと判断して検討を進めた。

3-3. 魚の網糸群通過のメカニズム

魚群がある遊泳速度 V で網糸に群接近すると、網糸群を発見してから回避行動を起こすまでに、ある時間的遅れ Δt を必要とする。この時間的遅れの間魚群が網糸群に接近する距離 $V \cdot \Delta t$ をAdvance (Adv)と呼ぶことにする。光束消散係数が増加すると網糸群を発見する距離が短くなり、最終的には、魚が網糸群を発見する

距離とが等しくなった時に、魚群は網糸群を通過すると考えた。このような観点にたつて、魚群が網糸群を通過する現象と光束消散係数の関係について以下のように検討した。

Adv (cm)は太さ2.8 mmの網糸群に対する魚の視認限界距離305 cmと反転距離DR (cm)との差であり、次式で表わされる。

$$\text{Adv} = 305 - \text{DR} \quad (6)$$

(3)式と(6)式からAdv (cm)と遊泳速度 $V(\text{cm}/\text{sec})$ の間には次式で示す関係が得られる。

$$\text{Adv} = 4.3V - 4 \quad (7)$$

以上から、魚の遊泳速度が与えられるとAdvが決まり、Advと視認限界距離が等しい時が網糸群通過の限界と考え、その時の光束消散係数を求めることができる。たとえば、視力がインダイに近いブリ(視力, 0.115; TAMURA 1957)が、遊泳速度60 cm/sec(町中ら, 1977)で網糸群に接近すると、そのAdvは(7)式から254 cmになる。このAdvに等しい視認限界距離を、Fig. 10上に当てはめて、光束消散係数を求めると 0.7 m^{-1} である。すなわち、太さ2.8 mmの網糸群を用いた場合、60 cm/secで遊泳する魚群に対して制御効果が生じる水中の光束消散係数は 0.7 m^{-1} であり、これより濁った海域では制御効果はないことになる。

3-4. 濁った水中における網糸の太さと魚群制御効果

以上の結果を用いて、魚群が網糸群を通過する限界の光束消散係数と網糸の太さの関係を遊泳速度別に求めた。

まず、網糸の太さと視認限界距離の関係が第2報(中村・松生, 1985)のコイの結果(Fig. 9)と整合性があることから、同図を用いて網糸群に対する視認限界距離を光束消散係数別に求めた。原海水におけるインダイの線視力は0.32として、視認限界距離は(5)式に網糸の太さを与えることによって算出できる。Fig. 9において、前節3-3と同様の手法を用いて、網糸の太さ毎に視認限界距離が光束消散係数 0.3 m^{-1} に該当する点を求めた。各点から距離軸に平行に線を引き、各光束消散係数毎の視認限界距離を求めた。この結果を用いて、網糸の太さと魚の視認限界距離との関係を光束消散係数別にFig. 11に示す。ここで、(7)式を用いて遊泳速度別にAdvを算出し、この距離を視認限界距離としてFig. 11上に直線を引くと、各曲線との交点は魚が糸群を通過する限界の網糸の太さに相当する。

Fig. 12は、網糸群を通過する限界の網糸の太さと光

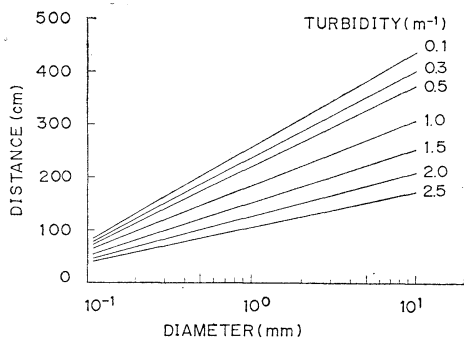


Fig. 11. Distance at the limit of discrimination to the twine barrier for different twine diameters after changing turbidity.

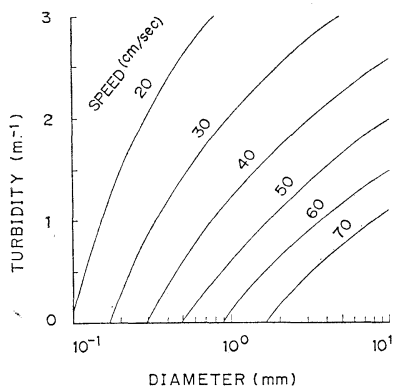


Fig. 12. Relationship between twine diameter and turbidity at the crossing limit of the barrier after change in speed.

束消散係数の関係を、遊泳速度別に示したものである。同図から、光束消散係数が変わると制御効果のある網糸の太さも変わることが分る。

このように、網糸の太さによる魚群の制御領域を判断するための一つの指針が得られた。このような観点から、従来の網を検討し、不合理な点を明らかにするとともに、各海域ごとの光束消散係数を把握し、光学的、力学的視点から適正な網糸の太さを求める必要がある。

謝 辞

本研究の実験に御助力いただいた東京水産大学坂田実験実習場小池康之講師ならびに技官の方々に厚く御礼申し上げます。

文 献

- BLAXTER, J.H.S., B.B. PARRISH and W. DICKSON (1964): The importance of vision in the reaction of fish to driftnets and trawls. *Modern Fishing Gear of the World* 2, 529-536.
- DUNTLEY, S.Q. (1962): Underwater visibility. p. 425-455. In M.N. HILL (ed.), *The Sea*, I. John Wiley, London.
- FRIDMAN, A.L. (1969): Theory and design of commercial fishing gear (Translated from Russian by R. KONDOR, Israel). p. 320-381.
- HESTER, F.J. (1968): Visual contrast thresholds of the goldfish *Carassius auratus*. *Vision Res.*, 8, 1315-1335.
- 神田献二, 小池 篤 (1958a): 漁網の色に関する研究—I. 魚群の網目通過状況に関する予備実験. *日水誌*, 23, 612-616.
- 神田献二, 小池 篤 (1958b): 漁網の色に関する研究—IV. 照度変化が魚群の行動に及ぼす影響について. *日水誌*, 23, 680-683.
- 神田献二, 小池 篤, 小倉通男 (1958): 漁網の色に関する研究—II. 着色網地に対する魚群の行動および魚群の網目通過について. *日水誌*, 23, 617-620.
- 小池 篤 (1971): 5. 定置網に対する魚群の行動. *日水誌*, 37, 242-248.
- 町中 茂, 今村 明, 橋田 新 (1977): バイオ・テレメトリー・システムによるブリの行動生態に関する研究. *石川県水試研報*, 2, 1-20.
- MATSUIKE, K., Y. SHIMAZU and Y. NAKAMURA (1981): Relationship between turbidity of water and visual acuity of fish (1). *La mer*, 19, 159-164.
- MURPHY G.I. (1959): Effect of water clarity on albacore catches. *Limnol. Oceanogr.*, 4, 86-93.
- 中村善彦, 松生 治 (1985): 水中の濁りと魚の視力の関係 (2) 濁り濃度と視認限界における物標の大きさおよび距離. *うみ*, 23, 123-129.
- 中村善彦, 松生 治 (1989): 水中の濁りと魚の視力の関係 (3) 濁った水中における小さなターゲット(餌)に対する反応. *うみ*, 27, 19-24.
- 西山作蔵 (1978): 最新定置網の手引き. 株式会社北日本海洋センター. 640 pp.
- SCHWASSMANN, H.O. (1974): Refractive state, accommodation, and resolving power of the fish eye. p. 279-288. In M.A. ALI (ed.), *Vision in Fishes*. Plenum Press, New York.
- 鈴木 誠 (1971): 定置網に対する魚類の行動と漁具の機能に関する基礎研究. *J. Tokyo Univ. Fish.*, 57, 95-171.
- TYLER, J.E. (1968): The Secchi disk. *Limnol. Oceanogr.*, 13, 1-6.
- TAMURA, T. (1957): A study of visual perception in fish, especially on resolving power and accommodation. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, 22, 536-557.

Operational experiences of Datawell waverider buoys*

S.G. DIWAN**, A.K. SURYAVANSHI** and B.U. NAYAK**

Abstract: The experiences gained by NIO, Goa since 1980 in the use of Datawell waverider buoys under the long-term wave measurement projects applicable to coastal and ocean engineering problems at nine locations along the west and east coast of India are briefly described in this paper. Information on waverider buoys, mooring, deployment and retrieval techniques, and the type of wave recording system used etc. are presented. Various operational problems associated with measuring and recording equipment, leading some times to loss of valuable wave data etc. have also been discussed. The damages occurred to waverider mooring system due to natural as well as man-made causes including remedial measures adopted have been briefly described.

1. Introduction

India has about 6000 km long coast line and many marine structures are expected to be installed in near future. Design wave is an important parameter which plays a major role in optimising the investment for such huge expensive project. Design wave and various important wave parameters can be obtained from the statistical and numerical analysis of the long-term data collected at the particular project site.

National Institute of Oceanography (NIO), Goa, initiated the comprehensive wave measurement programme in 1980. Fig. 1 indicates nine locations along the west and east coast of India where Datawell waverider buoys were deployed as a part of this wave measurement programme. From Table 1, it may be noted that a total of 25 waverider buoy deployments have been carried out at nine different locations, yielding 2199 buoy-days of operations at sea, out of maximum possible of 2348 buoy-days. This works out to an in-service percentage of 93.06 and the average duration of each buoy deployment is 87.96 days ranging between 6 days off Daman at initial stages to 291 days at Bombay High. The average buoy days per adrift comes to 244.3 days.

A moored waverider buoy is capable of operating unattended for long durations of 10 or 18 months at sea depending upon whether the buoy

is 70 cm or 90 cm in diameter respectively. Waverider mooring lines were designed so as to withstand hazardous sea conditions for longer periods of time. Mooring components supplied by M/s Datawell bv were used in all moorings. Fig. 2 shows a typical disassembled view of waverider buoy mooring.

The recording equipments were installed in a building located on the shore, which was free from electrical disturbances. When the waverider buoy was installed near the offshore platform at Bombay High, the recording equipments were installed in the radio room of the platform. Various instrumental and mooring problems encountered during the wave measurement programme by NIO using Datawell waverider buoys are briefly described in this paper.

2. Handling of waverider mooring

A locally available mechanised boat, usually a fishing trawler having a derrick boom and a 2 tonne winch was generally selected for handling waverider buoys. The size of the boat varied from 12 meters to 16 meters. Most of the time the same trawler was used for keeping a watch on the moored waverider buoy, which was most essential in severe fishing activity area. Supply vessels owned by M/s Garware, India, and M/s Mountego Seahorse corp. U.S.A. were used for operations at Bombay High. The positioning of waveriders at Daman, Umbergaon, Kakinada, Bombay High was taken using Magnovax 1107, a satellite navigation system.

* Received April 13, 1989

** National Institute of Oceanography, Dona Paula, Goa, India-403004

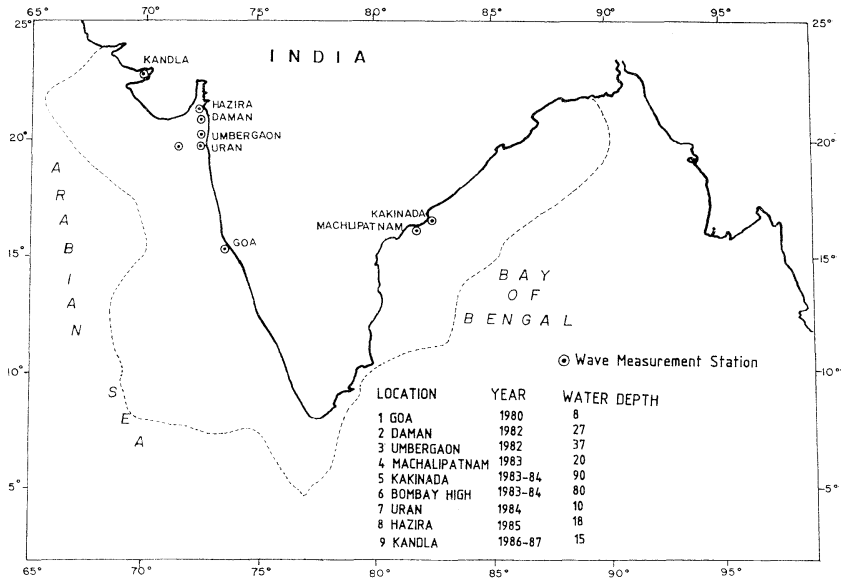


Fig. 1. Waverider buoy deployed locations.

Table 1. Waverider buoy performance off the east and west coast of India.

Sl. No.	Location of waverider buoys	Period of study		No. of buoy days possible X	Actual no. of buoy days Y	$\frac{X}{Y} \times 100$ %	No. of deployments	Adrift
		Start	Finish					
1.	Off Goa ¹⁾	22-5-80	2- 8-80	70	70	100	1	Nil
2.	Off Daman	14-5-82	26-11-82	197	172	87.3	5	4
3.	Off Umbergaon ²⁾	10-6-82	23-11-82	167	113	67.6	3	1
4.	Off Machalipatnam	9-5-83	18-12-83	224	224	100	2	Nil
5.	Off Kakinada ³⁾	14-5-83	1- 9-84	477	461	96.6	5	3
6.	Bombay High	22-5-83	12-12-84	571	537	94.05	3	Nil
7.	Off Uran	26-6-84	16-10-84	113	113	100	1	Nil
8.	Off Hazira ⁴⁾	22-6-85	13-12-85	205	195	95.1	3	Nil
9.	Off Kandla ⁵⁾	22-6-86	11- 5-87	324	314	96.9	2	1 ⁶⁾
Total				2348	2199	93.06	25	9

¹⁾ Due to failure of accelerometer data could be collected for only 51 days.

²⁾ Second redeployment delayed due to non availability of waverider buoy.

³⁾ Buoy lost on 1 Sept. 1984 and is not yet traced.

⁴⁾ The buoy was recovered on 3 Aug. 1985 and 17 Oct. 1985 for checking the pits on hull which were filled with Araldite.

⁵⁾ Buoy was recovered to inspect mooring components status as current speeds of 4 to 5 knots were common in the area.

⁶⁾ Buoy was drifted along with the whole mooring over a distance of 500 meters due to strong currents prevailing in the area.

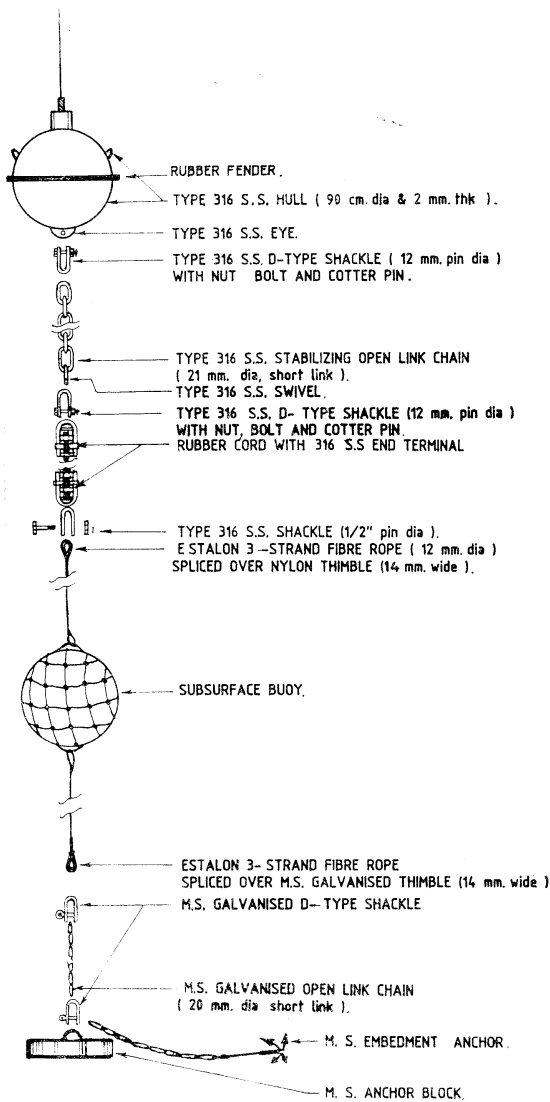


Fig. 2. A disassembled view of a typical waverider buoy mooring system.

Anchor last method was adopted for the waverider buoy deployment. Before paying out the mooring gear, the boat was made to proceed towards the desired buoy location. Opposing the sea surface current/wind, whichever was dominant at the time of deployment of the waverider buoy, the buoy was first dropped in sea from the stern of the boat with the boat cruising at about 2 knot speed. Then the connected mooring line was paid out manually under moderate tension. Ultimately, the anchor was

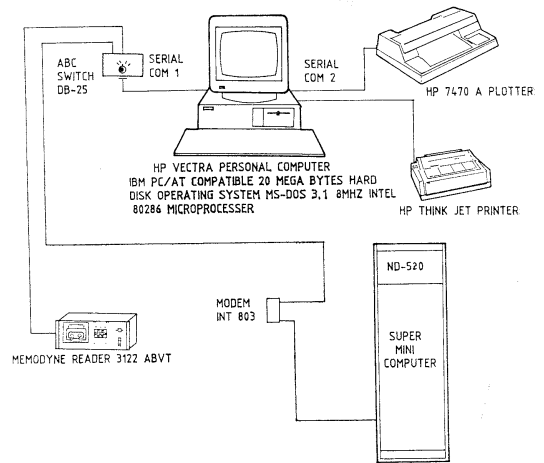


Fig. 3. Data processing system for digitised wave data.

dropped from the stern of the boat. During recovery operation, the waverider buoy was first hauled up and kept on the deck of the boat. Then the upper slack part of the mooring including the rubber cord and the floating polypropylene rope was manually pulled up on the deck. Finally winch was operated for hauling up the dead weights and the sub-surface buoys on the deck. Proper manoeuvring of the boat was very important particularly when the sea was rough for safe retrieval of the waverider buoy and its mooring.

3. Wave receiving/recording station

The Datawell Waverider Receiver (WAREP) in conjunction with Digital Magnetic Tape Recorder (DIMA) was used to receive and record the wave data transmitted by the waverider buoy. The analog wave records were obtained on 10 cm wide chart paper used in the WAREP while digital data were recorded on Verbatim 300 H type digital cassette in DIMA. Both these units were generally operated on 220 volts AC mains supply and on failure of the mains supply, the units were set to automatically switch on to the external standby 12 volt DC (80 AH) lead acid battery. Whenever these recording equipments were used in remote coastal villages where frequent power failures used to occur for extended period of time, a portable 500 watt AC/DC petrol generator was used to charge the batteries

and the recording equipments were operated on these batteries.

Recently Digital Waverider Receiver (DI-WAR) along with personal computer HP-85B is procured from M/s Datawell, Netherland, and is used for wave data collection off Calcutta. The software computes on-line energy spectrum, significant wave height "Hs" and significant

wave period "Tz". The computed values are stored in the data cartridge.

4. Data processing techniques

The WAREP was operated in program mode to record 20 minute wave data at every 3 hours continuously. The analog wave records were analysed using Tucker's method to determine the

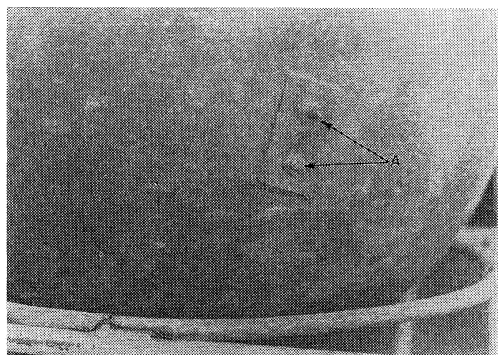


Fig. 4. Failure of U-eye on bottom of waverider buoy (A).

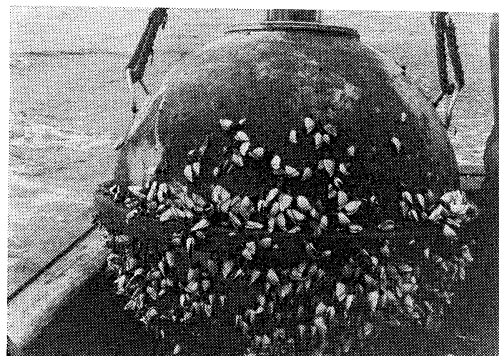


Fig. 5. Growth of barnacles on waverider hull.

Table 2. Electronic failure of buoy and receiving equipment.

Type of failure	Possible cause	Measures taken	Remarks
1. Flash light not glowing	Transistor 2N4897 in flash light circuit was faulty.	With replacement of new transistor flash light started working.	This type of fault occurred in 4 instances.
2. No flash light and R.F. transmission	Short circuit in H.F. auto-transformer & leakage of seawater damaging top pcb.	Replacement of flash tube assembly, roof hatch O-ring & top pcb.	Water entered in top pcb housing due to damaged O-ring.
3. Zero line of WAREP modulated by 40 sec time period wave	Spinning of waverider due to surface disturbances caused due to close movement of watch-keeping boat.	Watch-keeping boat was anchored at least 500 m away from the buoy.	The disturbance disappeared after about 24 hours when the disturbed fluid surrounding the accelerometer platform came to steady state.
4. Total failure of WAREP	a) Rectifier diode in 24 volt power was open. b) Power supply pcb converting DC voltage to 220 v AC faulty.	Rectifier diode replaced. Faulty pcb replaced.	Performance of WAREP in humid & dusty environment was most reliable.
5. No movement of WAREP pen	Pen holder arm jammed due to over pressing of the recorder pen in the pen holder.	Bent in the pen arm of pen holder assembly was removed.	Such problems arised for 3 times.
6. DIMA failure	a) Deck drive pcb faulty. b) Digital clock pcb-E faulty.	Pcb-B replaced with new one. Faulty pcb-E replaced with new one.	This fault occurred 3 times. This fault occurred 2 times.
7. Partial recording of digitised data by DIMA in each cassette	Magnetisation level of magnetic tape dropped down slowly below optimum level, due to faulty lot of Verbatim cassettes.	Use of new lot of Verbatim cassettes enabled to obtain good data.	Quite an amount of digitised data was lost due to this problem.

significant wave height "Hs" and zero crossing wave periods "Tz". The DIMA unit interfaced with WAREP in program mode records digitised data on cassettes for every 0.5 seconds interval. Memodyne Tape Reader 3122 ABVT is interfaced to HP Vectra Personal Computer where all raw wave data from data cassette are read and stored on hard disk (Fig. 3). This PC is interfaced to super mini computer ND-520 and raw data are transferred to it using a software NORLINK. For statistical, zero upcrossing and spectral analysis of the digitised time series wave data a software package NEPTUN-5 was used on ND-520 computer. This programme carries out

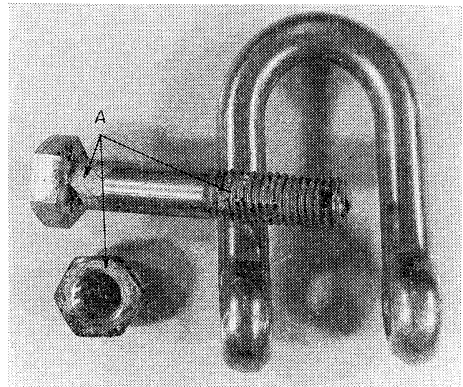


Fig. 6. Corrosion of D-type st. steel 316 shackle (A).

Table 3. Mechanical and operational faults and failures.

Type of failure	Possible cause	Measures taken	Remarks
1. Rubber cord slipping out of its end terminals	Improper manoeuvring of supply vessel during recovery under strong current caused rubber cord to stretch beyond its tolerable limits.	Avoided the recovery of waverider mooring with supply vessel under strong currents.	This problem arised during wave measurement at Bombay High, where ONGC supply vessels were used for deployment/recovery operations.
2. Snapping of rubber cord	Man made causes a) Entanglement of drifting fishing nets with the waverider mooring. b) Cutting of rubber cord by fishermen to free the net. c) Passing boat/vessels running over the mooring. Natural failure due to prolonged use under complex nature of forces.	To overcome all these problems a watch keeping boat with few crew was made to anchor about 500 m from the buoy day & night. This boat used to be withdrawn during bad weather.	Earlier when watch keeping boat was not used, the buoy used to adrift many times & search operation used to be carried out by using Direction Finder (OAR model Fr-206).
3. Failure of accelerometer suspension of waverider buoy	The buoy was hit by a fishing trawler resulting in breakage of accelerometer suspension.	Triangular guard was fixed to the buoy to safeguard it from collision.	One buoy deployed off Goa is in irreparable condition due to damage of accelerometer.
4. Failure of the bottom U-eye of waverider buoy (Fig. 4)	The buoy was drifted to shore & the U-eye was broken by the local fisherman while removing stabilising chain.	Measures are underway to weld a new U-eye to this waverider buoy.	This is a rare problem and has happened during the wave measurements off Daman.
5. Failure of data transmission from the waverider buoy	Splashing seawater entered the whip antenna base socket through the damaged socket sealing washers which got damaged due to placing them wrongly.	The damaged socket sealing washers were replaced. They were placed in position with the thicker spongy washer below the hard Delrin washer.	The socket sealing washers were replaced quite oftenly.
6. Partial submergence of the waverider buoy	a) Entanglement of the mooring with plants & bushes during floods in adjoining river. b) Growth of large colonies of barnacles on the waverider surface (Fig. 5).	Periodical checks were carried out by sending divers to check the mooring line during floods in adjoining river. Cunnifer (90/10) buoys are being used in location known for severe biofouling. A few 90 cm dia cunnifer buoys have been procured.	This problem was encountered during the wave measurement off Kakinada. Barnacle growth has resulted in severe pitting on a 316 st. steel buoy deployed at Bombay High.

the necessary checks on both raw and computed data to have a control over the quality of the data. The raw data are subjected to various checks on spikes, steepness, constant level of signal etc. The program computes the energy spectrum of the time series using fast fourier transform.

5. Major problems faced during wave measurement programme

The wave data collection programme was sometimes seriously affected due to various reasons such as electronic failure of waverider buoy or recording equipment or drifting or loss of the waverider buoy from its location etc. Some of the problems faced by NIO during the wave measurement programmes are summarised in Tables 2, 3 and 4.

6. Problems in data processing equipment

The DIMA records digital wave data on cassettes as 12 bit binary word. When this cassette is run on Memodyne Tape Reader 3122 ABVT

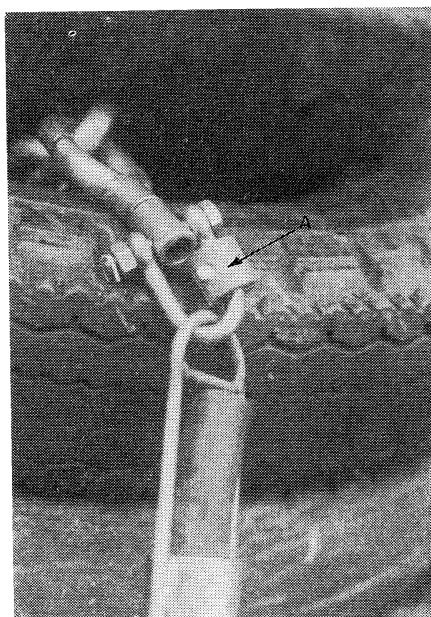


Fig. 7. Cathodic protection of U-type shackle (A).

Table 4. Marine corrosion of waverider buoys and mooring hardwares.

Forms of corrosion & location	Possible cause	Measures taken	Remarks
1. Crevice corrosion on 316 st. steel waverider buoy at the following locations			
a) In & around the O-ring grooves	Formation of oxygen concentration cells due to trapped seawater in & around the O-ring area.	Periodical replacement of O-ring & application of silicone grease were done.	This problem was more predominant during monsoon because of repeated splashing of seawater.
b) On the bottom hull surface	Oxygen concentration cells were formed on the bottom hull surface due to the attachment of marine foulers & deposition of fine sediments.	Cunnifer (90/10) buoys were used in the area known for severe biofouling. When 316 st. steel buoys were deployed in these locations they were recovered periodically & redeployed after cleaning. For subsequent projects the hull surface was painted with double coat of zinc chromate primer & a sealing coat of epoxy paint. The paint was applied after filling the pits with Araldite adhesive.	The biofoulers resulted in severe pitting (0.8-1mm deep) on one of the buoys deployed at Bomby High. The paint worked satisfactorily & the buoys with deep pits are still in use.
2. Crevice corrosion of D-type 316 st. steel shackle	Formation of oxygen concentration cells in the crevices between U-body, bolt & nut (Fig. 6).	The design of D-shackle is modified, in which the bolt has enough play in the axial direction after tightening the nut. In few instances, zinc sacrificial anodes were clamped to the shackle (Fig. 7).	The modified D-shackles worked satisfactorily.

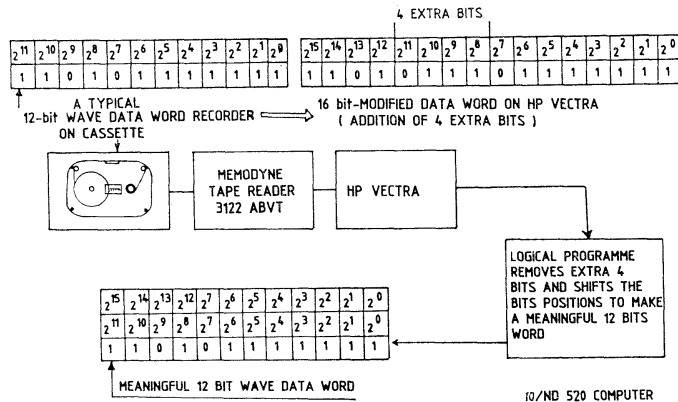


Fig. 8. Method of 12 bit data recovery.

interfaced to HP-Vectra pc, a 12 bit word is modified to 16 bit word in which 4 extra non-significant bits are added. While using this data for computer analysis the extra 4 bits have to be removed so as to retrieve the original 12 bit wave data word. The logical problem was solved on ND-520 computer as explained in Fig. 8. After solving this problem, the collected data could be analysed using the software program NEPTUN-5 on ND-520 computer.

7. Conclusions

The success of the long term wave data collection and analysis using Datawell waverider buoy depends on proper functioning of various electronic equipment, proper design of mooring of the waverider buoy and its successful operation at sea. Based on the experiences gained in wave measurement programmes at NIO, the following conclusions are drawn.

i) The small fishing trawlers of 36-50 ft. length can be successfully used for deployment and retrieval of the waverider buoys in the coastal waters. Offshore supply vessels are found to be inconvenient for recovery operations as they have minimum handling facility and they could not be manoeuvred as desired.

ii) Continuous watchkeeping on the waverider buoy reduces chances of loss of the waverider buoy or their drifting from the moored location particularly at high fishing activity area.

iii) Regular checking and replacement of the mooring at an interval of 6 to 9 months ensures long term wave data collection with minimum of interruptions.

iv) Scrap ship chain links are most suitable for using as anchor weights as they are convenient to handle from small boats equipped with minimum handling facility.

v) The waverider buoy made up of 90/10 Copper-Nickel alloy hull is found to be more resistant against marine corrosion and biofouling.

vi) A double coat of zinc chromate primer paint with a suitable sealing coat on the 316 stainless steel hull of the waverider buoy was found to give satisfactory corrosion protection for 3 to 4 months of operation in sea.

Acknowledgement

The authors are grateful to Dr. B.N. DESAI, Director, NIO for his keen interest and encouragement.

References

- GERRITZEN, P.L. and J.G.A. VAN BREUGEL (1979). Operational and service manual for waverider.
- HUMPHERY, J.D. (1975). Waverider moorings and their modifications at I.O.S. Society for Underwater Technology, Proceedings, October. p. 42-46.
- HUMPHERY, J.D. (1982). Operational experiences with waverider buoys and their moorings. I.O.S. Report No. 145.

資 料

人工衛星による高度計測と海洋潮汐*

中 村 重 久**

A note on oceanic tides in relation to satellite altimetry*

Shigehisa NAKAMURA**

Abstract: A note is presented on oceanic tides in relation to satellite altimetry. Methods of satellite oceanography are noted first briefly for those who are not familiar with the satellite but interested in satellite oceanography. Recent research activity is introduced for the problems especially on detection from satellites in a form of rush notes. A remark is added to notify about the northern envelope of satellite orbit in relation to expected merits for gravity detection and for tidal modelling of the Arctic Ocean as one of the sea area in the high latitude.

1. 緒 言

近年, 世界的な傾向として, 海洋学でも, 1990年代に, 何を, どのような方法で, どのような方向に向けて研究すべきかが語られるようになった。これは, MUNK and WUNSCH (1982) の論文がひとつの契機となったとみてよいであろう。一方で, 急速な技術革新の流れの中にあつて, 海洋学研究のあるべき方向を模索する時期に来ていともみえる。

本文では, はじめに, これまでに衛星を利用して海洋のどのような問題を研究の対象として考えてきたか, その要点を述べる。ここではその詳細に立ちいることなく, 海洋と人工衛星との関連にいささかの関心のあるものの立場に立って記述することとする。つぎに, 人工衛星による海洋潮汐の観測研究の方向および限界について, 最近の研究例, とくに, 北極海を例にとり, 予想される問題点について述べることにしたい。

2. これまでの海洋研究への人工衛星の利用

人工衛星によって得られたデータが海洋の諸問題の解

明の目的で利用されるようになって以来, その方法にも得失があることも指摘されるようになってきた。たとえば, 海洋学への人工衛星 (以下, 衛星と略記) の利用と関連した諸問題を STEWART (1984) は, 簡潔に記している。この場合, 大気や海面付近の特性をとらえるために電磁波を利用しなくてはならない。そのために, 電磁波の大気中での散乱, 吸収も考える必要がある。海洋生物学研究でのひとつの指標として, たとえば, クロロフィルに着目するならば, 可視光についての計測も必要である。赤外線計測によって海面温度分布を知ることができる。ラジオなどの通信電波を利用すれば, 大気中や海面での電波の散乱と風速との関係を知ることができる。合成開口レーダ (SAR, Synthetic Aperture Rader) を用いて海洋波の観測をすることもできる。海中観測塔で観測された海洋波と SAR とについて SHEMDIN (1988) は特集を出している。さらに, 人工衛星の高度を計測することによって, 逆に, 海面の形状やジオイドを調べ, 表面流の推定に利用することも可能と考えられる。しかも, 人工衛星によって, 海中の情報を利用した海洋トモグラフィの不足を補うことも考えられる (たとえば, MUNK and WUNSCH, 1982; 中村, 1987)。

いづれにしても, これまでの海洋研究で, 人工衛星を利用して海洋潮汐を調べることは考えられた例がなかったと言ってもよいであろう。1981年以来, 海洋潮汐の研究への人工衛星利用やその得失が語られるようになった

* 1989年1月17日受理 Received January 17, 1989

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

(CARTWRIGHT and ALCOCK, 1981)。これには、SCHWIDERSKI (1978) が、全地球的海洋潮汐の数値モデルを発表したことが関係している。この数値モデルの妥当性の検証に、人工衛星を利用することは、時代の流れの中で当然考えられうることであろう。

3. 海洋潮汐の諸問題

海洋潮汐の力学的研究の最近10年間の進展については、アメリカの NOAA (国立海洋気象局) が1988年総括を試みている。これはまもなく出版物として世にあらわれることであろう。

ここでは、著者の知る範囲で最近の海洋潮汐の研究の新しい側面を述べることにする。CARTWRIGHT (1988) は、人工衛星による海洋潮汐の検討について論じた。さらに、SCHWIDERSKI (1988) および SCHWIDERSKI and MAURIN (1988) は、人工衛星 GEOSAT による高度計測データを利用して、より高い精度で、平均海面・

潮汐・海洋の動力学的変動のモデルをつくることに努力している。MAZZEGA (1988) は人工衛星による海面高度計測とそれともなう問題点を検討した。とくに、MAZZEGA and JOURDIN (1988) は北大西洋東部海域での衛星 SEASAT による高度計測データを利用して海洋潮汐の問題を検討している。

さきにも述べたように、1988年現在、最も優れた海洋潮汐モデルは SCHWIDERSKI (1978) によるものと考えられる。彼は、世界中の大洋に対して、地殻に海洋の荷重がかかった場合の効果も考慮にいて、緯度・経度いづれも 1° の網目で計算している。計算結果の一例として、北極海の M_2 潮に対する等潮時線図 (Fig. 1) と等潮位線図 (Fig. 2) とを、ここに示した。

一方で、人工衛星による高度計測にもとづく海洋潮汐の検討がどこまで可能かという限界も検討されるようになってきている (たとえば、ANDERSON *et al.* 1988)。とくに、ANDERSON *et al.* (1988) のように人工衛星

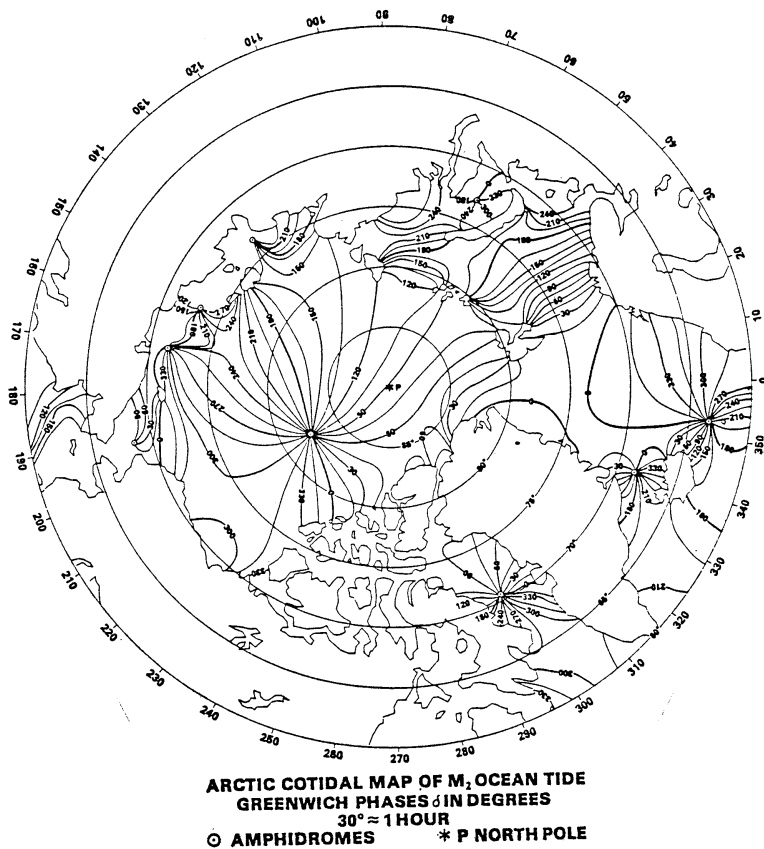


Fig. 1. Cotidal map of M_2 in the Arctic Ocean (after SCHWIDERSKI, 1979).

を利用して高緯度の海域を対象とする場合には、これまでに中・低緯度における研究例で問題とされてきたこと以外にも新しい問題点があらわれるにちがいない。

たとえば、クロス・オーバー法によって人工衛星の高度を決定しようとする場合、衛星の軌道の海面からの高さをもとめるためには、(1) 地球中心から海面までの距離 Rr , (2) 基準回転楕円体表面の局地的半径 η , (3) 固体地球の効果を考えにいれたジオイドの高さ ζ , (4) 海面の高さ a , (5) 人工衛星と海面との間の高さの計測値, (6) 衛星軌道のクロス・オーバを利用する場合の高さの修正 ΔR などを考えなくてはならない。

とくに、高緯度の海域の例として、北極海を考えることにするとき、海面には海水があって、かならずしも対象とする全海域について海面の情報を得ることは可能とはかぎらない。ANDERSON *et al.* (1988) が引用しているように、GLOERSEN and CAVALIERI (1986) によれ

ば、1979年8月の人工衛星 Nimbus-7 搭載の SMMR (Scanning Multispectral Microwave Radiometer) によって得られたデータをもみても、北極海の海面の 20% 以上が海水でおおわれている。

また、北極海の水深分布をみると、その中央部に海嶺が存在し、カナダ海盆・マカロフ海盆とフラム海盆・ナンゼン海盆とを分ける境界となっている。スピッツベルゲン付近の破砕帯のジオイドを利用すれば、北極海中央海嶺の熱的構造なども明らかにできるかもしれない (ANDERSON *et al.*, 1988)。

そして、以上に述べた調査資料や研究成果を利用することによって、北極海の海洋潮汐の検討も可能になることだろう。北極海の潮汐のうち、海洋の M_2 潮についてのモデルは、すでに Figs. 1 および 2 に示した。ところで、これらが人工衛星によって得られたデータによって比較検討できるであろうか。

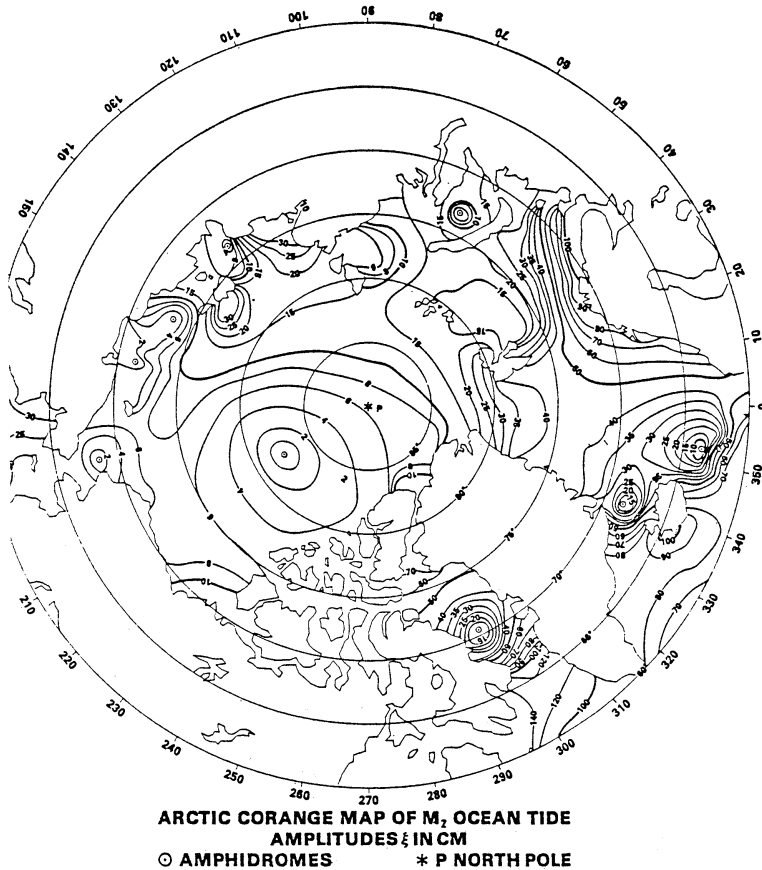


Fig. 2. Corange map of M_2 in the Arctic Ocean
(after SCHWIDERSKI, 1979).

4. 人工衛星軌道の北限

ここで、ANDERSON *et al.* (1988) の示した図によって、人工衛星軌道の北限をみることにしよう。この人工衛星軌道の北限と北極海との位置関係は Fig. 3 のようになっている。この図は、北極を中心として示されたものである。この図で、人工衛星 ERS-1 のとりうる軌道の北限は、円 I によって示される。ところで、人工衛星 SEASAT や GEOSAT を利用しようとする場合、この 2 つの衛星の軌道の北限は図中の円型包絡線 II になって、それより北のデータは得られないことがわかる。

これに加えて、NASA (アメリカ国立航空宇宙局) と CNES (フランス国立宇宙研究センター) とが共同して 1991 年末に打上げを予定している人工衛星 TOPEX/POSEIDON の軌道の北限は、Fig. 3 の図中の円 III に示されるような位置になり、北極海の大部分のデータは得られないことがわかる。

このようなことから、いずれの人工衛星の場合も、軌道のごく周辺での重力の計測が詳細で高精度となるのは、

軌道の北限付近であると考えられる。これは人工衛星による高度計測の細かさや精度にも影響するであろう。

海洋潮汐のうち M_2 潮については、その振幅と位相とについて、北大西洋のうち、とくに、ノルウェー海周辺の IOS モデル (あるいは 1981-Flather モデル) と SCHWIDERSKI モデルとの差が検討され、議論されている。しかし、人工衛星による高度計測データを利用して検討しようとするならば、その場合には、人工衛星 ERS-1 を対象とするのがよいようにみえる。

5. 中・低緯度の潮汐

これまでに述べたことから、人工衛星の軌道は中低度で比較的低密度になることは予想される。しかし、データの均一性は、現存の人工衛星あるいは近い将来打ち上げられる人工衛星について、中・低緯度である程度確保されている。将来、その均一性は高くなることも期待される。

本文では、とくに、人工衛星による高度計測と海洋潮

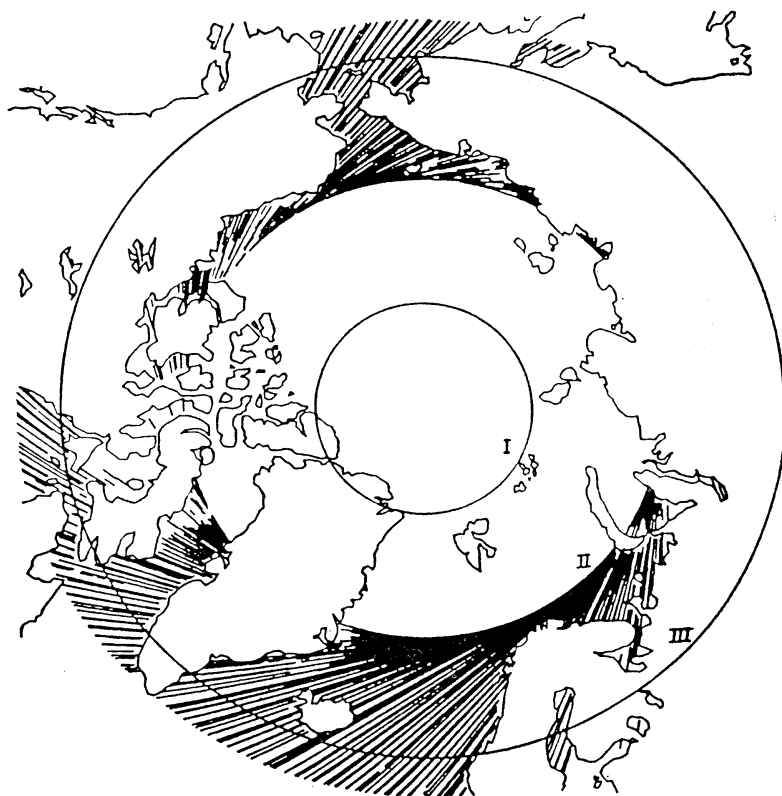


Fig. 3. Northern envelope of satellite orbit (after ANDERSON *et al.*, 1988)
I-the satellite ERS-1 (expected). II-the satellites GEOSAT and SEASAT. III-the satellite TOPEX/POSEIDON (expected).

汐との関係について、その要点を記した。ここで、たとえば、アメリカでは、スクリップス海洋研究所の FILLOUX を中心とした研究グループ (FILLOUX *et al.*, 1988) は地球磁場を利用した流速計測と海底設置型圧力計による外洋潮位計測とから、北太平洋東部の無潮点周辺の潮位潮流について、 M_2 潮の観測結果は SCHWIDERSKI (1979) の数値モデルの結果とよく一致していることを報告していることも見落してはならない。

最後に、蛇足ながら、上述のような諸問題のほかに、海底地表によって生じた津波や台風によってもたらされる高潮を人工衛星によってとらえることも将来遠からず可能となるであろうと期待する。

文 献

- ANDERSON, A.J., G. MARQUART and H.-G. SCHERNECK (1988): Arctic geodynamics: A satellite altimeter experiment for the European Space Agency Earth Remote-Sensing Satellite. EOS (Trans. Am. Geophys. Union), Sept. 27, 1988, **69** (39), 873-881.
- CARTWRIGHT, D.E. (1988): On tidal detection from satellites. Abstracts Internat. Conf. Tidal Hydrodynamics, Nov. 1988, NOAA, p. 37.
- CARTWRIGHT, D.E. and G.A. ALCOCK (1981): On the precision of sea surface elevations and slopes from SEASAT altimetry of the Northeast Atlantic Ocean. p. 885-895. In: J.F.R. GOWER (ed.), Oceanography from Space. Plenum Press, New York and London.
- FILLOUX, J.H., A.H. CHAVE and D.S. LUTHER (1988): Seafloor pressure and barotropic velocity fields in the northeast Pacific: Report on large spacial and temporal scale experiments BEPMEX (Barotropic Electromagnetic and Pressure Experiment) OCEAN STORM (Seafloor Pressure part) and EMS LAB. Abstracts Internat. Conf. Tidal Hydrodynamics, Nov. 1988, NOAA, p. 12.
- GLOERSEN, P. and D.J. CAVALIERI (1986): Reductions of weather effects in the calculation of sea ice concentration from microwave radiance. J. Geophys. Res., **91**(C3), 3913-3919.
- MAZZEGA, P. (1988): Tidal altimetry and aliasing from satellites: An inverse theory approach. Abstracts Internat. Conf. Tidal Hydrodynamics, Nov. 1988, NOAA, p. 39.
- MAZZEGA, P. and F. JOURDIN (1988): Inverting SEASAT altimetry for tides in the northeast Atlantic. Abstracts Internat. Conf. Tidal Hydrodynamics, Nov. 1988, NOAA, p. 64.
- MUNK, W.H. and C. WUNSCH (1982): Observing the ocean in the 1990s. Phil. Trans. Royal Soc. London, **A307**, 439-654.
- 中村重久 (1987): 古典的海洋観測からみた海洋トモグラフィについて. La mer, **25**, 85-89.
- SCHWIDERSKI, E.W. (1978): Global ocean tides, part I: A detailed hydrodynamical interpolation model. Technical Report NSWC/DL TR-3866, 88 pp.
- SCHWIDERSKI, E.W. (1979): Global ocean tides, part II: The semidiurnal principal lunar tide (M_2), Atlas of tidal charts and maps. Technical Report NSWC TR 79-414. 15pp. + Appendices.
- SCHWIDERSKI, E.W. (1988): High-precision modeling of mean sea level, ocean tides, and dynamic ocean variations with GEOSAT altimeter signals. Abstracts Internat. Conf. Tidal Hydrodynamics, Nov. 1988, NOAA, p. 38.
- SCHWIDERSKI, E.W. and A.F. MAURIN (1988): Accuracy estimation of geoid and ocean modelling with GEOSAT and modern matrix operators. Abstracts Internat. Conf. Tidal Hydrodynamics, Nov. 1988, NOAA, p. 65.
- SHEMDIN, O.H. (1988): Tower ocean wave and rader dependence experiment: An overview. J. Geophys. Res., **93**(C11), 13829-13838.
- STEWART, R.H. (1984): Methods of satellite oceanography. Scripps Inst. Oceanogr., Univ. California, San Diego. 360 pp.

学 会 記 事

1. 1989年12月1日 平成元年度第2回幹事会が東京水産大学において開かれた。主な議事は次のとおり。

報 告

- 1) 1989年度日仏学者交換事業(渡仏)については、隆島史夫氏が採用され、渡仏した。
- 2) 1990年度フランス政府派遣フランス人学者招聘希望については、2件の希望が寄せられたので、順位をつけて日仏会館に推薦した。
- 3) 第2回タラソテラピーセミナーが9月5日に行われ、後援した。
- 4) 第7回モスクワブックフェア及び1989年度フランクフルトブックフェアにLa merを出展した。
- 5) La mer 第27巻第1-2号を合併号として10月初めに刊行した。同第3号は第2回日仏海洋シンポジウムのプロシーディングズにあてる。
- 6) 会誌の購読者あるいは購入者に対しては、必ず送料を加算して請求することを確認した。

協 議

- 1) 1990-1991年度の役員選挙の日程及び担当者を決めた。
- 2) 1990年度の事業計画及び創立30周年記念事業については、新年度の会長等が決定してから幹事会で協議することとした。
- 3) 第6回日仏学術シンポジウム(1991)への参加について検討した。

2. 住所変更

(正会員)

落合 正宏 223 横浜市港北区茅ヶ崎南 4-14-1
 港北ガーデンホームス 1301

森谷 誠生 921 石川県金沢市弥生 1-33-8
 (財)日本気象協会北陸センター

望月 賢二 280 千葉市青葉町 955-2
 千葉県立中央博物館動物科

3. 退会

古橋賢造

4. 受贈図書

日本学術会議月報 30(9, 10)

なつしま (102, 103)

日本プランクトン学会報 36(1)

日本海区水産研究所研究報告 (39)

日本航海学会論文集 (81)

海洋産業研究資料 20(5~9)

航海 (101)

鯨研通信 (376, 377)

広島日仏協会報 (106, 107)

東海大学海洋学部業績集 17

国内海洋調査一覧 (21)

海洋調査報告一覧 (26)

千葉県水産試験場研究報告 (47)

東海大学海洋研究所年報 (10)

東海大学海洋研究所研究報告 (10)

滋賀大学教育学部湖沼実習施設論文集 (27)

JODC ニュース (39)

NTT R & D 38(8~10)

RESTEC (23)

科学通報 34(1~15)

水産学報 13(1, 2)

韓国海洋学会誌 24(1~2)

Annales de l'institut océanographique 65(1)

Aquatic Living Resources 2(1, 2)

Israel Oceanogr. & Limnol. Res. 11

お 知 ら せ

日本海及び東シナ海の研究に関する第6回国際研究集会

The Sixth Japan and East China Seas Study

Workshop (JECSS VI)

開催時期: 1991年4月22日~27日(6日間)

開催場所: ガーデンパレス

(〒810 福岡市中央区天神4丁目8番15号)

電話 092-713-1112)

会議日程:

月日	曜	午前	午後	夕刻
4.21	日		登 録	
22	月	開 会 式・特別講演	分科会	レセプション
23	火	招待講演・分科会	分科会	
24	水	招待講演・分科会	見学会	運営委員会
25	木	招待講演・分科会	分科会	
26	金	招待講演・分科会	分科会	バンケット
27	土	総 会・閉会式		

準備日程: 1990年4月 第一次案内発送
 (仮登録及び論文募集)
 10月 抄録提出締切
 11月 発表論文採択通知
 11月 第二次案内発送
 (本登録及び宿泊申込)
 1991年1月 発表論文提出締切
 2月 第三次案内発送
 (プログラム通知)

事務局及び連絡先:

川建和雄
 九州大学応用力学研究所
 〒816 福岡県春日市春日公園6丁目1番地
 電話 (092) 573-9611 内線 541
 FAX (092) 582-4201

日仏海洋学会役員・評議員

(1988~1989年度)

顧問 ユベール・プロシェ 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 ベルナル・フランク ミシェル・ル
 サージュ ロベール・ゲルムール ジャック・
 マゴー レオン・ヴァンデルメルシュ オー
 ギュスタン・バルク

名誉会長 ユベール・セカルディ
 会長 宇野 寛
 副会長 高木和徳
 幹事 (庶務) 須藤英雄, 有元貴文; (会計) 松生
 治, 高橋 正; (渉外) 有賀祐勝, 佐伯和昭;
 (研究) 関 文威, 小池勲夫; (編集) 山口
 征矢, 渡辺精一

監事 久保田 稔, 辻田時美
 評議員 青山恒雄, 阿部友三郎, 有賀祐勝, 石井丈夫
 石野 誠, 磯 舜也, 井上 実, 岩井 保,
 岩宮 浩, 宇野 寛, 大塚一志, 岡市友利,
 岡部史郎, 小倉通男, 梶浦欣二郎, 鎌谷明善
 川合英夫, 国司秀明, 黒木敏郎, 西条八束,
 佐伯和昭, 坂本市太郎, 坂本 亘, 佐藤孫七
 杉森康宏, 須藤英雄, 関 文威, 平 啓介,
 高木和徳, 隆島史夫, 高橋 正, 高橋正征,
 多紀保彦, 谷口 旭, 辻田時美, 寺本俊彦,
 鳥羽良明, 冨永政英, 中村重久, 永田 豊,
 奈須敬二, 奈須紀幸, 根本敬久, 野村 正,
 畑 幸彦, 平野敏行, 松生 治, 松山優治,
 丸茂隆三, 三浦昭雄, 宮本 悟, 村野正昭,
 森田良美, 柳 哲雄

(54名, 会長推薦評議員を含む)

編集委員長 有賀祐勝

日 仏 海 洋 学 会 会 則

昭和 35 年 4 月 7 日 制定
昭和 60 年 4 月 27 日 改定

- 第 1 条 本会は日仏海洋学会と称する。
- 第 2 条 本会の目的は日仏海洋および水産学者の連絡を密にし、両国のこの分野の科学の協力を促進するものとする。
- 第 3 条 上記の目的を実現するため本会は次の事業を行なう。
- (1) 講演会の開催
 - (2) 両国の海洋学および水産学に関する著書、論文等の相互の翻訳、出版および普及
 - (3) 両国の海洋、水産機器の技術の導入および普及
 - (4) 日仏海洋、水産学者共同の研究およびその成果の論文、映画などによる発表
 - (5) 両国間の学者の交流促進
 - (6) 日仏海洋、水産学者の相互の親睦のために集会を開くこと
 - (7) 会報の発行および出版
 - (8) その他本会の目的を達するために必要な事業
- 第 4 条 本会には、海洋、水産学の分野に応じて分科会を設けることができる。
分科会は評議員会の決議によって作るものとする。
- 第 5 条 本会の事務所は日仏会館（〒101 東京都千代田区神田駿河台 2 丁目 3 番地）に置く。
- 第 6 条 本会に地方支部を置くことができる。
- 第 7 条 本会会員は本会の目的に賛成し、所定の会費を納めるものとする。
会員は正会員および賛助会員とする。
- 第 8 条 正会員会費は年額 6,000 円、賛助会員会費は一口年額 10,000 円とする。
- 第 9 条 本会は評議員会によって運営される。
評議員の定数は 50 名とし、正会員の投票によ
- て選出される。選挙事務は別に定める選出規定による。
- 会長は評議員会の同意を得て 5 名までの評議員を追加することができる。
- 評議員の任期は 2 年とする。ただし、重任を妨げない。
- 第 10 条 評議員はその内より次の役員を選ぶ。ただし、幹事は評議員以外からも選ぶことができる。
会長 1 名、副会長 2 名、幹事 10 名、
監事 2 名
役員の任期は 2 年とする。ただし、重任を妨げない。
役員の出選方法は別に定める選出規定による。
- 第 11 条 本会に名誉会長、顧問および名誉会員を置くことができる。名誉会長、顧問および名誉会員は評議員会の決議により会長これを委嘱または推薦する。
日仏会館フランス人学長を本会の名誉会長に推薦する。
- 第 12 条 会長は本会を代表し、総会および評議員会の議長となる。会長事故あるときは副会長がこれに代わる。
会長、副会長および幹事は幹事会を構成し、本会の庶務、会計、編集、研究発表、渉外などの会務を行なう。
監事は本会の会計を監督する。
- 第 13 条 年に 1 回総会を開く。総会では評議員会の報告を聞き、会の重要問題を審議する。会員は委任状または通信によって決議に参加することができる。
会長は必要に応じて評議員会の決議を経て臨時総会を招集することができる。
- 第 14 条 本会則の変更は総会の決議による。

日仏海洋学会評議員・役員選出規定

1. 本規定は日仏海洋学会会則第9条および第10条に基づき本会の評議員および役員の選出方法について規定するものである。
2. 評議員は正会員の50名連記無記名投票により選出する。
評議員の選挙事務は庶務幹事が行なう。ただし、開票にあたっては本会役員以外の会員2名に立会人を委嘱するものとする。
3. 会長は評議員の単記無記名投票により選出する。
会長選挙の事務は庶務幹事が行なう。ただし、開票にあたっては本会役員以外の会員2名に立会人を委嘱するものとする。
4. 副会長、幹事、および監事は、会長の推薦に基づき評議員会で決定する。
5. 本規定の改正は評議員会の議を経て行なう。

日仏海洋学会賞規定

1. 日仏海洋学会賞（以下学会賞という）を本学会に設ける。学会賞は本学会員で、原則として本学会誌に発表した論文の中で、海洋学および水産学において顕著な学術業績を挙げた者の中から、以下に述べる選考を経て選ばれた者に授ける。
2. 学会賞受賞候補者を選考するため学会賞受賞候補者推薦委員会（以下委員会という）を設ける。
3. 委員会の委員は13名とする。
委員は毎年春の評議員会で選出し、委員長は委員の互選により定める。
会長は委員会が必要と認めた場合、評議員会の同意を得て2名まで委員を追加委嘱することができる。
4. 委員会は受賞候補1件を選び、12月末までに選定理由をつけて会長に報告する。
5. 会長は委員会が推薦した候補者につき無記名投票の形式により評議員会にはかる。投票数は評議員総数の3分の2以上を必要とし、有効投票のうち4分の3以上の賛成がある場合、これを受賞者として決定する。
6. 授賞式は翌年春の学会総会において行ない、賞状、メダルおよび賞金を贈呈する。賞金は5万円とする。
7. 本規定の改正は評議員会の議を経て行なう。

覚書

1. 委員は各専門分野から選出されるよう十分配慮すること。
2. 受賞者は原則として順次各専門分野にわたるよう十分配慮すること。

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

Tome 27 (1989)

Sommaire

Numéros 1/2

Notes originales

Theoretical elucidation of generation of a soliton on the interface of two-layer fluid system with equal depth with slightly different densities Masahide TOMINAGA 1~8

Marigrams in tide-wells (in Japanese) Shigehisa NAKAMURA 9~14

Effect of food amount on growth of tench larvae, *Tinca tinca*.....Recep BIRCAN, Kiyoshi SAKAI and Fumio TAKASHIMA 15~18

Relationship between turbidity of water and visual acuity of fish (3) Fish reaction to small bait target in turbid water (in Japanese).....Yoshihiko NAKAMURA and Kanau MATSUIKE 19~24

Comportement des glucides et acides aminés particuliers de la Rivière Tama..... Masahiro OCHIAI, Masenobu OGINO, Kahoru SASAKI et Tsuyochi OKAZAWA 25~33

Intermittent outflow of high-turbidity bottom water from Tokyo Bay in summer Tetsuo YANAGI, Hiroyuki TAMARU, Takashi ISHIMARU and Toshiro SAINO 34~40

Mechanism of incorporation of rare earth elements into ferromanganese concretions Noburu TAKEMATSU, Yoshio SATO and Shiro OKABE 41~52

Geology of the rift system in the North Fiji Basin: Results of Japan-France Cooperative Research on board KAIYO 88 (in Japanese) Eiichi HONZA, Jean-Marie AUZENDE and KAIYO 88 Shipboard Party 53~61

The hydrothermal vent communities in the North Fiji Basin: Results of Japan-France Cooperative Research on board KAIYO 88 (in Japanese).....Jun HASHIMOTO, Didier JOLLIVET and KAIYO 88 Shipboard Party 62~71

Faits divers

The 1707 Hoei tsunami washed out Yamachi Village (in Japanese) Shigehisa NAKAMURA 72~76

Analyses d'ouvrages..... 77

Procès-verbaux 78~82

うみ(日仏海洋学会誌)

第27巻(1989年)

総目次

第1/2号

原著

等深およびほぼ等深の2層流体の界面孤立波の解析解存在の検討(英文).....冨永政英 1~8

検潮井による検潮記録.....中村重久 9~14

テンチ仔魚の生長におよぼす給餌量の影響(英文).....Recep BIRCAN・酒井清・隆島史夫 15~18

水中の濁りと魚の視力との関係(3)濁った水中における魚の小さなターゲット(餌)に対する反応.....中村善彦・松生 治 19~24

多摩川河口域における懸濁態炭水化合物とアミノ酸の挙動(仏文).....落合正宏・荻野将信・佐々木かほる・岡沢 剛 25~33

夏季東京湾の高濁度底層水の間欠的流出(英文).....柳 哲雄・田丸浩之・石丸 隆・才野敏郎 34~40

希土類元素の鉄マンガン団塊への編入機構(英文).....竹松 伸・佐藤義典・岡部史郎 41~52

北フィジー海盆のリフト系の地学:日仏共同研究 KAIYO 88 の成果.....木座栄一・Jean-Marie AUZENDE・KAIYO 88 乗船研究者 53~61

北フィジー海盆における熱水噴出孔生物群集:日仏共同研究 KAIYO 88 の成果.....橋本 惇・Didier JOLLIVET・KAIYO 88 乗船研究者 62~71

資料

1707室永津波のため山内村全村流亡.....中村重久 72~76

書評..... 77

学会記事..... 78~82

Numéro 3

The Second French-Japanese Symposium of Oceanography

Introduction	83~85
Rapport	86~87
Program, themes and talks	88~94
1-1 Behavior of heated water and the counter plan for it	95~98
1-2 Special effects of thermal effluent to the biological environment	99~106
1-3 Utilization of thermal effluent in fisheries	107~112
2-1 Maturation	113~115
2-2 Growth and nutrition	116~121
2-3 Genetics	122~127
3-1 Atmospheric correction and water temperature retrieval	128~131
3-2 Application of water temperature measurement to ocean studies	132~137
3-3 Chlorophyll concentration retrieval	138~140
3-4 Application of water color image to ocean studies	141~145
Participants, Advisory Council, Organizing Committee, and Executive Committee	146~159
Rapport général du 5 ^e Colloque Scientifique Franco-Japonais	160~163
Epilogue (in Japanese)	164~165
Conférence	
Studies on phytoplankton primary productivity with special reference to low temperature waters (in Japanese)	Yukuya YAMAGUCHI 166~167
Procès-verbaux	168~172

Numéro 4

Notes originales

The modification of schooling behaviour in larval sea bass, <i>Dicentrarchus labrax</i> , by sublethal concentrations of methyl parathion	Madelaine A. WILLIAMS 173~184
Relationship between turbidity of water and visual acuity of fish (4) Fish reaction to twine barrier in turbid water (in Japan)	Yoshihiko NAKAMURA and Kanau MATSUIKE 185~192
Faits divers	
Operational experiences of Datawell wave-rider buoys	S.G. DIWAN, A.K. SURYAVANSHI and B.U. NAYAK 193~199
A note on oceanic tides in relation to satellite altimetry (in Japanese)	Shigehisa NAKAMURA 200~204
Procès-verbaux	205~206
Status de la Société	207~208

第 3 号

第 2 回日仏海洋シンポジウム

はじめに	83~85
報 告 (仏文)	86~87
プログラム, テーマと研究発表	88~94
1-1 温排水の熱拡散とその対策 (英文)	95~98
1-2 温排水の生物環境に及ぼす影響 (英文)	99~106
1-3 温排水の水産における利用 (英文)	107~112
2-1 成 熟 (英文)	113~115
2-2 成長・飼料 (英文)	116~121
2-3 育 種 (英文)	122~127
3-1 海面水温測定とその大気補正 (英文)	128~131
3-2 水温測定の海洋研究への利用 (英文)	132~137
3-3 クロロフィル濃度の測定 (英文)	138~140
3-4 水色画像の海洋研究への応用 (英文)	141~145
参加者, 顧問, 組織委員会, 実行委員会	146~159
第 5 回日仏学術シンポジウム報告	160~163
あとがき	164~165
記念講演	
植物プランクトンの基礎生産, 特に低温水域の基礎生産に関する研究	山口征矢 166~172
学会記事	168~172

第 4 号

原 著

致死濃度以下のメチルパラチオンによるスズキ (<i>Dicentrarchus labrax</i>) 稚魚の集群習性の変化 (英文)	Madelaine A. WILLIAMS 173~184
水中の濁りと魚の視力との関係 (4) 濁った水中における魚の網糸群に対する行動	中村善彦・松生 洽 185~192
資 料	
データウェル波面追従型ブイの係留実験 (英文)	S.G. DIWAN・A.K. SURYAVANSHI・B.U. NAYAK 193~199
人工衛星による高度計測と海洋潮汐	中村重久 200~204
学会記事	205~206
会 則	207~208

「ヒト・ゲノム・プロジェクトの 推進について(勧告)」を採択

平成元年11月 日本学術会議広報委員会

日本学術会議は、去る10月18日から20日まで第108回総会(第14期4回目の総会)を開催しました。今回の日本学術会議だよりでは、その総会で採択された勧告を中心に、同総会の議事内容等について、お知らせいたします。

日本学術会議第108回総会報告

第108回総会の主な議事概要は次のとおりであった。

第1日(10月18日)の午前。まず、会長から、前回総会以後の経過報告が行われ、続いて、各部・委員会の報告が行われた。さらに、今回総会に提案されている3案件についてそれぞれ提案説明がなされた後、質疑応答が行われた。

第1日の午後。各部会が開催され、午前中に提案説明された総会提案案件等の審議が行われた。

第2日(10月19日)の午前。前日提案された案件の審議・採決が順次行われた。

まず、第7部の専門別の会員定数の変更並びに同部世話担当の研究連絡委員会の再編成(統合3件、分割2件、新設1件、名称変更6件)を内容とする、会則の一部改正が採択された。

続いて、第4部及び第7部の「会員の推薦に係る研究連絡委員会」の指定の変更を内容とする、関係規則の一部改正が採択された。

これらの改正は、具体的には第15期からの組織・活動に係るものである。

さらに、生命科学と生命工学特別委員会の提案による「ヒト・ゲノム・プロジェクトの推進について(勧告)」が採択された。なお、この件の審議の際には、研究成果公開の原則とプライバシー保護等の問題、「プロジェクト・チェック機構(仮称)」の果たす具体的役割等について、討議が行われた。この勧告は、同日午後直ちに内閣総理大臣に提出され、関係省庁に送付された(この勧告の詳細は、別掲参照)。

また、本総会においては、会長から、日本学術会議の移転問題に関し、前回総会以降の主な動きとして、①去る8月「国の行政機関等移転推進連絡会議」において、本会議の移転先が横浜市「みなとみらい21地区」となったこと、②これに対し三役及び運営審議会のとった対応、などについて報告があった。種々質疑応答が行われた後、これまでの三役及び運営審議会の対応については、基本的な了承がなされた。また、今後の移転に関する諸問題については、当面、三役及び運営審議会にその処理を一任することで了承された。

第2日の午後。「地球環境問題」について、活発な自由討議が行われた(この自由討議の詳細は、別掲参照)。

第3日(10月20日)午前には各常置委員会が、**午後**には各特別委員会が、それぞれ開催された。

ヒト・ゲノム・プロジェクト の推進について(勧告)

(勧告本文)

ヒト・ゲノムの全DNA塩基配列決定を主たる目標とするヒト・ゲノム・プロジェクトは、関連諸分野の学術研究に極めて大きなインパクトを与えると期待され、我が国として早急かつ重点的に推進すべきである。

そのためには、ヒト・ゲノム・プロジェクト推進組織(仮称)を設け、基本計画の立案、実施計画の策定、省庁間などの協議、国際協力、データ・ベースとレポジトリの整備などを総合的に行うべきである。

また、この推進組織との緊密な連携のもとに、研究計画の実施に伴う社会的、法律的及び倫理的諸問題を客観的かつ公正に判断するとともに、これらの諸問題に適正に対処することを目的とするプロジェクト・チェック機構(仮称)を設立し全体として調和のとれた施策を進める必要がある。

よって、日本学術会議は我が国における本プロジェクトの推進を図りそのために必要な措置を講ずるよう勧告する。

(説明)[要旨]

- 1 ヒト・ゲノム・プロジェクトは、人類の遺伝情報の解説と遺伝子機能の解明を目指した研究計画であり、早急かつ重点的に推進すべきである。このプロジェクトによって生命科学等の領域の技術開発が進めば、人類福祉に貢献することは疑いない。
- 2 ヒト・ゲノム・プロジェクトを推進するために、ヒト・ゲノム・プロジェクト推進組織(仮称)を設置する。その主たる目的は勧告本文のとおりである。この組織は、研究の進展に弾力的に対処できるものとし、具体的問題の処理のため委員会等を設ける。運営に当たっては個々の研究者とその集団の自主性を最大限に尊重すべきである。
- 3 このプロジェクトの実施に伴って生じる社会的、法律的及び倫理的諸問題に適切に対処するために、プロジェクト・チェック機構(仮称)を設立する。その主たる目的は、検体提供者の保護のための基準を作成すること、情報の管理、研究計画と成果の一般への公開の基準を作成すること、知的所有権問題についての方針を作成すること、研究成果の応用段階における倫理的問題についての指針を作成することであり、目的達成のための必要な権限が与えられるべきである。

総会中の自由討議—地球環境問題—

本会議総会中の重要な行事である、自由討議が、総会2日目の10月19日の午後1時から3時間にわたって開催された。この総会中の自由討議は、会員のため一種の勉強会で、その時々々の学術上の重要課題を取り上げて行われている。今回は「地球環境問題」という課題のもとに行われた。

自由討議は、渡辺格副会長の司会のもとに、5人の会員による意見発表があり、さらにこれらの意見発表をもとに会員間で活発な討議が行われた。

今回の自由討議の概要は次のとおりである。

【5人の会員による意見発表】

まず、近藤次郎第5部会員から、9月の「地球環境保全に関する東京会議」の出席報告として、①環境保全と発展途上国の資源開発、産業振興等との関わりについての討議状況、②ソ連における環境問題、③大気中の炭酸ガスの増加に伴う温暖化による地球環境への影響に関する注目すべき研究成果の発表等について紹介があった。

次に、吉野正敏第4部会員から、「環境」というものとの考え方、考え方について、人文・社会科学の立場からの例をも引いて意見が述べられ、また、IGBPについて、同計画は、様々な環境問題を基礎科学分野としてとらえるものであり、その実施の結果、直ちに、環境問題が全て明らかになるものではない等の発言があった。

次いで、大谷茂盛第5部会員から、同会員が委員長を務めている化学工学研究連絡委員会が新たに提唱した「地球生態工学」に関し、提唱に至った経緯及びその学問内容等について説明がなされるとともに、この件に関連する、関係学会及び関係者等における動きについて説明が行われた。

続いて、大島康行第4部会員から、生物界と地球環境との関わりについて、①生物を媒介にした人間への影響の問題をどう捉えるかが、地球環境問題を考える上で非常に重要な観点である。②環境汚染が生物資源に与える影響は非常に大きく、様々な問題を生じ、結局、これが人間にはねかえってくる等の発言があった。

最後に輪田敏一第8部会員から、経済活動特に生産活動あるいは技術革新と環境問題との関わりについて意見が述べられ、環境問題を考える際には、人間社会が様々な技術をどのように使用するかという、人間社会の仕組みの問題が最も重要な問題である等の発言があった。

【討議】

5人の会員による意見発表の後行われた討議では、第1部から第7部まですべての部にわたる20人を超える会員より、それぞれ専門の立場から活発な発言がなされた。

この討議の中で述べられた意見は多岐多様にわたったが、その主なものを項目にして列挙すると、「コジェネレーションによるエネルギーの有効利用」、「IGBPへの人文・社会科学の関わり方」、「海洋と環境問題」、「畜産廃棄物の処理問題」、「微生物利用による都市河川、下水の浄化システム」、「環境問題と人間性との関わり」、「環境問題に対する学術会議の体制及び取り組み方」、「地球環境に関する国際協力事業についての学術会議が果たすべき役割」等であった。

なお、この総会の自由討議の内容については、後日、日学双書として出版される予定である。

「委員会報告」3件を発表

本会議では、その意思の表出の形態の一つとして、各部・各委員会がその審議結果をとりまとめたものを、総会又は運営審議会の承認を得て、外部に発表する「報告」（通称「対外報告」と言っている。）というものがある。➤

この日本学術会議だよりも、今までに、この対外報告を紹介してきたが、今回、最近発表されたもののうち、まだ紹介していない3件を、次に紹介する。

電子工学の体系化に向けて—電子・通信工学研究連絡委員会報告(要旨)

電子工学はそれを基礎にした通信工学や情報工学、制御工学などの急激な進展に伴って、これらの技術分野・工学分野の相互関係が極めて複雑になって来ているので、電子工学の学問・技術体系の根幹、電子工学の基礎となっている方法論、通信工学、情報工学等の応用工学とのかわりを明らかにするために方法論的体系化を試みた。

即ち電子工学を共通基礎理論、基礎電子工学、電子デバイス・回路工学、電子装置・システム工学、応用分野と階層化し、さらに「集積回路」と「光エレクトロニクス」が電子工学の中心分野を形成しつつある重要な技術領域であるとの認識に立ち電子工学の技術要素と通信工学、情報工学との相互関連を検討した。

また電子工学体系の範囲を大学学部での教育対象分野および大学院での教育を含む研究対象分野に分類した。

「国際防災の十年」—災害科学研究者からの提言—災害工学研究連絡委員会報告(要旨)

1987年、第4回同連総会で決議された「国際防災の十年」(IDNDR)のスタートがいよいよ迫ってきた。行政レベルでは、内閣総理大臣を本部長とする推進本部が設けられているが、この実施には科学者、研究者が各専門領域からの積極的な関与が不可欠である。同連決議に先立ち、災害工学研究連絡委員会ではこの活動の支持を表明し、またその後も米田アキマツ一ら同連諸機関の活動に協力してきたが、スタートに当たり、わが国の関係科学者、研究者のなすべき、あるいは行うべき事項を提言として発表し、表明したものである。その内容は、①「国際防災の十年」で何をやるのか、②国際共同研究の展開、③基礎研究の推進、④「国際防災の十年」の実現に向けて、より成っている。今後はその実現に向けて積極的な運動を進めていきたい。

電圧、抵抗および温度の維持方式の1990年1月1日からの変更について—標準研究連絡委員会報告(要旨)

第7回国際度量衡委員会(1988年10月開催)は、電圧、抵抗の各標準の維持方式の変更と、温度目盛の変更の3つの勧告を採択し、1990年初頭からの実施を求めた。この変更を国内に事前に周知するため、関心の高い3学会に、勧告の要旨を掲載した。以下に勧告の骨子を記す。

電圧標準はジョセフソン効果で実現し、電圧周波数係数を K と記号し、その値を $483.597.9 \text{ GHz/V}$ と定義した。抵抗標準は量子ホール効果で実現し、量子化ホール抵抗を R_K と記号し、その値を $25.812.807 \Omega$ と定義した。温度スケールは、IPTS-68に変わり、ITS-90(1990年国際温度目盛)を定義した。変更は多岐に亘るので、詳細は関連学会誌を参照されたい。

以上の変更により、電磁気計測の精度と国際的整合性が著しく改善され、温度計測の熱力学温度との一致と低温域への拡張が達成される。

御意見・お問い合わせ等がありましたら、下記までお寄せください。

〒106 東京都港区六本木7-22-34

日本学術会議広報委員会 電話03(403)6291

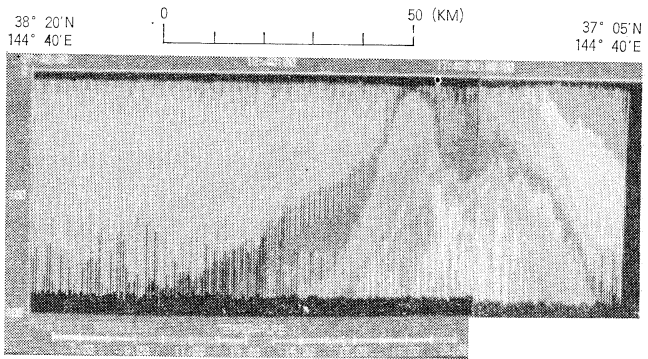
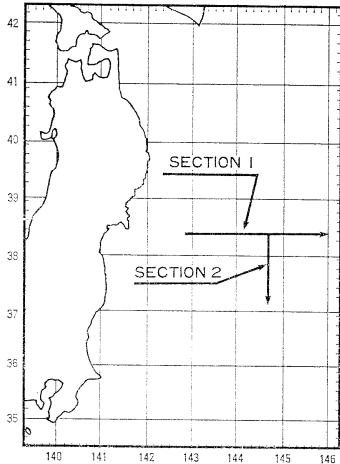
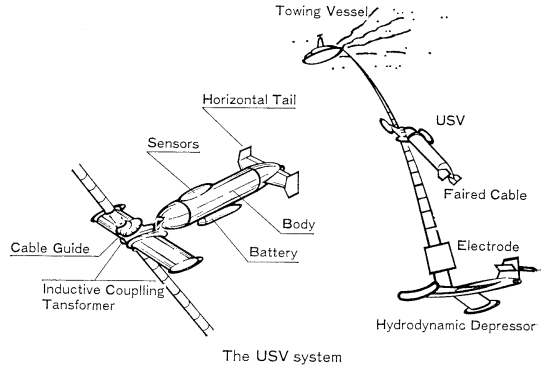
賛 助 会 員

旭化成工業株式会社	東京都千代田区有楽町 1-1-2 三井ビル
株式会社 旭 潜 研	東京都北区栄町 9-2
阿 部 嘉 方	東京都練馬区春日町 2-15-6
株式会社 内田老鶴園 内田 悟	東京都文京区大塚 3-34-3
有限会社 英和出版印刷社	東京都文京区本駒込 6-15-10
海上電機株式会社	東京都西多摩郡羽村町栄町 3-1-5
財 海 洋 生 物 環 境 研 究 所	東京都千代田区内神田 1-18-12 北原ビル内
株式会社 川 合 海 苔 店	東京都大田区大森本町 2-31-8
三 信 船 舶 電 具 株 式 会 社	東京都千代田区神田 1-16-8
昭 和 電 装 株 式 会 社	高松市寺井町 1079
新日本気象海洋株式会社	東京都世田谷区玉川 3-14-5
全日本爬虫類皮革産業連合会	東京都足立区梅田 4-3-18
株式会社 高 岡 屋	東京都台東区上野 6-7-22
株式会社 鶴 見 精 機	横浜市鶴見区鶴見中央 2-2-20
株式会社 東京久栄技術センター	埼玉県川口市柴鶴ケ丸 6906-10
株式会社 東急フーズミート	東京都品川区東品川 4-10-21
株式会社 西日本流体技研	長崎県佐世保市棚方町 283
日本アクアラング株式会社	神奈川県厚木市温水 2229-4
株式会社 日立造船技術研究所 バイオ研究センター	大阪市此花区桜島1-3-22
宮 本 悟	東京都中央区かきどき 3-3-5 かちどきビル (隣本地郷)
株式会社 読売広告社	東京都中央区銀座 1-8-14
渡辺機開工業株式会社	愛知県渥美郡田原町神戸大坪 230
株式会社 渡部計器製作所	東京都文京区向丘 1-7-17

スライド式高速曳航体 JAMSTEC TSK方式

Underwater Sliding Vehicle System (USV)

- 本システムは海洋科学技術センター殿の御指導によって開発されました。
- USVは小型かつ軽量で極めて優れた水中運動性能を有しております。
- 電磁誘導伝送方式を使うことにより船上からのUSVの昇降運動制御及びリアルタイム信号モニターリングを行うことができます。
- 取得データはFD及びハードディスクに記録し2次電算機処理に供します。

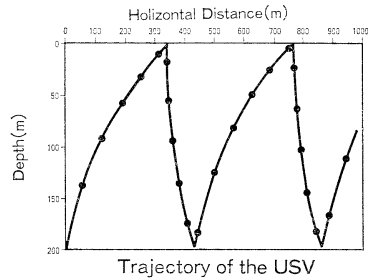


T.Sスライド式高速曳航体によって得られた三陸沖の水温鉛直分布のカラー画像。

(海洋科学技術センター殿から資料を御提供頂きました。)

SPECIFICATIONS

Towing Speed	:0~8knots	
Operation Depth	:Max.400m	
Tow Cable	:8mm hydrodynamically faired stainless steel wire rope with polyurethane coating	
Sensor	Range	Accuracy
Conductivity	20~70ms	±0.05ms
Temperature	-2~35°C	±0.05°C
Depth	0~400dbar	0.5%FS
Data Transport	:Inductive Coupling Data Communication System	
Sampling Rate	:5times per second	
Sensor Battery Life	:50hours	



T.S.K

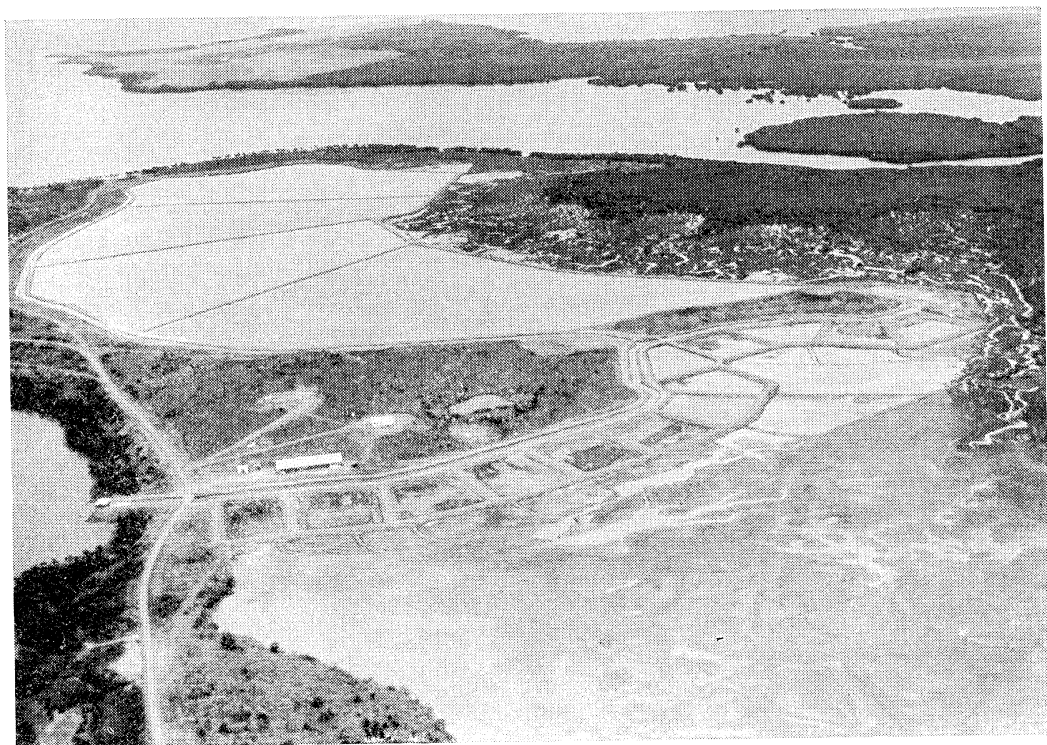
株式会社 鶴見精機

本 社 〒230 神奈川県横浜市鶴見区鶴見中央2-2-20
TEL.(045)521-5252 FAX.(045)521-1717
白河工場 〒969-03 福島県西白河郡大信村大字新城字弥平田
TEL.(0248)46-3131 FAX.(0248)46-2288

TSK AMERICA INC.

828 MILLS PL.N.E. NORTH BEND, WA. 98045, U.S.A.
TEL.206-888-3404 TLX.230754235 TSKA SEA UD

食卓の 豊かさを求めて



(ニューカレドニア・エビ養殖池)

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



株式
会社

東急フーズミート事業部

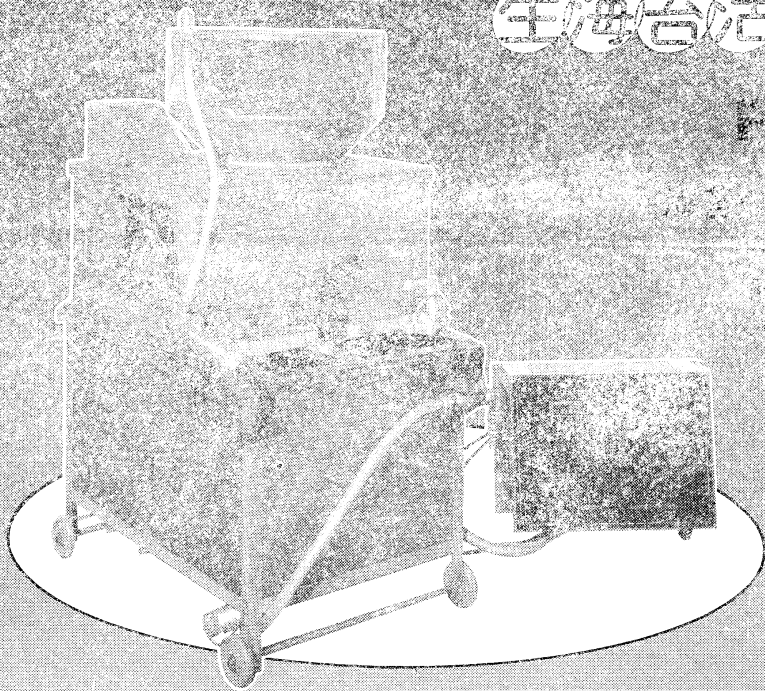
〒140 東京都品川区東品川 4-10-21 電話 東京 03 (471) 6401 番(代)

応援します。
 良い海苔づくり—

生海苔活性調整機

RS-2型

調整の幅が広いから



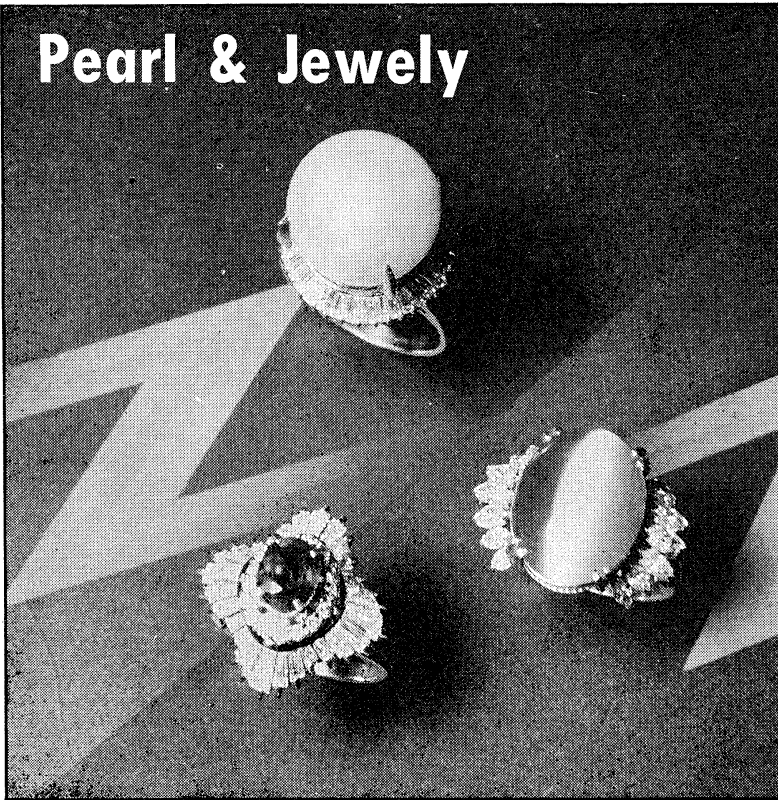
	RS-1型	RS-2型
全高	1,790mm	1,400mm
全幅	980mm	560mm
全深	680mm	780mm
自重	55kg	131kg
電圧	40W 100V	40W 200V
電圧別	100W 1台	50W 1台
		100W 1台
		150W 1台



渡辺機開工業株式会社

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

Pearl & Jewelry



輝
く
は
な
る
の
み
や
ま
の
た
ま
ご

宝石の名門



東京・銀座

東京都中央区銀座6-7-2
電話572-5011(代表)

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

営業案内

- 科学魚探SIMRAD
- 理研式GEK
- 曳航式水温計

D. B. T.	水中テレビジョン	採泥器類
C / S T D	自記流向流速計	電気流速計
水中照度計	比重計, 水色計, 標準海水	船用機器模型及標本類
水中濁度計	ア ク ア ラ ン グ	標 識 票 類
溶存酸素測定器	プランクトンネット類	
サリノメーター	採水器類	

株式会社 **本 地 郷**

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

代表取締役 宮本 悟 取締役 大塚昌治

海苔の養殖から販売までの専門会社

まごころプラスワン

幸福のり

TAKAOKAYA



株式会社

高岡屋

東京都台東区上野6丁目7番22号

Takaokaya Company Limited.

7-22, Ueno 6-chome, Taito-ku, Tokyo, 110 JAPAN

幸福のり

© 1998 Takaokaya Company Limited. All rights reserved. TOKYO, JAPAN

高岡屋株式会社 代表取締役

日仏海洋学会入会申込書

(正 会 員)

	年度より入会	年 月 日 申込
氏 名		
ローマ字		年 月 日 生
住 所 〒		
勤務先	機関名	
	電 話	
自 宅 住 所 〒		
	電 話	
紹介会員氏名		
送付金額	円	送金方法
会誌の送り先 (希望する方に○をつける)		勤務先 自 宅

(以下は学会事務局用)

受付	名簿 原簿	会費 原簿	あて名 カード	学会 記事
----	----------	----------	------------	----------

入会申込書送付先： 〒101 東京都千代田区神田駿河台 2-3

(財)日仏会館内

日 仏 海 洋 学 会

郵便振替番号： 東京 5-96503

日 仏 海 洋 学 会 編 集 委 員 会 (1988-1989)

委 員 長: 有賀祐勝

委 員: 青木三郎, 半沢正男, 堀越増興, 鎌谷明善, 前田昌調, 村野正昭, 小倉通男, 岡部史郎, 須藤英雄, 柳 哲雄

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

幹 事: 渡辺精一, 山口征矢

投 稿 の 手 引

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

〒108 東京都港区港南4-5-7 東京水産大学 有賀祐勝 気付
日仏海洋学会編集委員会

1989年11月25日 印刷
1989年11月28日 発行

う む 第27巻
第4号

定 価 ￥1,600

編 集 者 有 賀 祐 勝
発 行 所 日 仏 海 洋 学 会
財団法人 日仏会館内
東京都千代田区神田駿河台2-3
郵便番号:101
電 話 : 03(291)1141
振替番号:東京5-96503

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

Tome 27 N° 4

SOMMAIRE

Notes originales

- The modification of schooling behaviour in larval sea bass, *Dicentrarchus labrax*
by sublethal concentrations of methyl parathionMadelaine A. WILLIAMS 173
- Relationship between turbidity of water and visual acuity of fish (4)
Fish reaction to twine barrier in turbid water (in Japanese).....
.....Yoshihiko NAKAMURA and Kanau MATSUIKE 185

Faits divers

- Operational experiences of Datawell waverider buoys.....
..... S.G. DIWAN, A.K. SURYAVANSHI and B.U. NAYAK 193
- A note on oceanic tides in relation to satellite altimetry (in Japanese)..... Shigehisa NAKAMURA 200

Procès-verbaux 205

Status de la Société 207

Sommaire du Tome 27

第 27 卷 第 4 号

目 次

原 著

- 致死濃度以下のメチルパラチオンによるスズキ (*Dicentrarchus labrax*)
稚魚の集群習性の変化 (英文)Madelaine A. WILLIAMS 173
- 水中の濁りと魚の視力との関係 (4) 濁った水中における魚の網糸群に対する行動...中村善彦・松生 治 185

資 料

- データウェル波面追従型ブイの係留実験(英文) S.G. DIWAN, A.K. SURYAVANSHI and B.U. NAYAK 193
- 人工衛星による高度計測と海洋潮汐.....中村重久 200

学会記事..... 205

会 則..... 207

総目次 (第27巻)