

---

Tome 25

Mai 1987

Numéro 2

---

La mer

うみ

昭和 62 年 5 月

日 仏 海 洋 学 会

La Société franco-japonaise  
d'océanographie  
Tokyo, Japon

# SOCIÉTÉ FRANCO-JAPONAISE D'Océanographie

## Comité de Rédaction

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

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

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

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

*Secrétaire du Comité:* Y. YAMAGUCHI

### Note pour la présentation des manuscrits

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

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

Le manuscrit devra être présenté sous la forme suivante:

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

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

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

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

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

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

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

## Early developmental stages of some marine fishes from India

### 2. *Ilisha melastoma*, *I. megaloptera*, *Thryssa dussumieri*, *T. mystax* and *Chanos chanos*\*

Pathrose BENSAM\*\*

**Abstract:** Four Clupeiform species and one Gonorhynchiform species in the important marine fish fauna of Porto Novo, India, are described in stages of egg, larva, postlarva and juvenile, along with their diagnostic characters.

#### 1. Introduction

In the first part of the present series (BENSAM, 1986), the early developmental stages of five Clupeiformes were described after investigations during 1977-79 at Porto Novo, India. In the present and second part of the series, the early stages of five more marine fishes are dealt with. Of these, four species belong to Clupeiformes and one to Gonorhynchiformes. The material is collected from the same locality as shown in the preceding report (BENSAM, 1986) and methods applied here are also the same.

#### 2. Results and discussion

##### 2.1. *Ilisha melastoma* (Schneider)

Although this species is widely distributed in the Indo-Pacific and contributes to fisheries in various localities, nothing may be known so far on its early development. In the present study four postlarvae are described, based on the collection during the periods of August 1977, and January-February 1978.

##### a Postlarvae (Fig. 1, A-D)

The smallest postlarva measuring 5.6 mm in body length (Fig. 1, A) has the larval finfold. Pigmentation is in the form of a few spots in the foregut, one in the midgut and one behind the vent. There are 36 preanal and 8 postanal myomeres. In an 8.6 mm stage (Fig. 1, B) the

finfold has disappeared and dorsal and anal fins are indicated. A series of pigment spots appears above the alimentary canal. Only 7 myomeres can be counted in the postanal region. Significant changes noted in a 12.7 mm postlarva (Fig. 1, C) are progressive development of all the fins, disappearance of midgut pigmentation and appearance of a few pigments along anal fin base. In the dorsal, caudal and anal fins, about 16, 24 and 9 rays respectively can be counted. Preanal myomeres decrease to 31 and postanal ones increase to 12. In a longer specimen of 14.7 mm (Fig. 1, D), pelvic fin develops below 16th-18th preanal myomeres. Pattern of pigmentation remains almost the same as seen in the previous stage; disposition of myomeres is also the same.

##### b Remarks

The number of vertebrae in *I. melastoma* is 20 preanal and 20-24 postanal in the adults, with total mean value at 43, as observed by RAMAIYAN (1977). In the present specimens of postlarvae, there are 43 total myomeres, tallying with adult vertebral number. The structure of anal fin in advanced postlarvae with a base longer than that of other Clupeiformes and foreshadowing the condition in adult *Ilisha* serves to strengthen the identification. This is further confirmed by differences in the disposition of myomeres and allied aspects in species with similar myomeres. The 12.7 and 14.7 mm postlarvae of *I. melastoma*, compared to the 13.1 mm stage of *Sardinella clupeioides* described in the previous report (BENSAM, 1986), have only 31 preanal myomeres as against 35 in *S. clupeioides*. Similarly, the 13.4 and 14.1 mm postlarvae of

\* Received January 28, 1987

\*\* Centre of Advanced Study in Marine Biology, Porto Novo, India  
Present address: CMFRI Regional Centre, Mandapam Camp, 623 520 Ramnad Dist., Tamilnadu, India

*Sardinella sirm* (with only 42 total myomeres), show the position of vent below the 28th myomere. This appears to be related to the pace in the forward movement of the vent in these three species, quickest in *S. sirm*, lesser so in *I. melastoma* and slowest in *S. clupeioides*. Postlarvae of *I. melastoma* can be easily distinguished from those of *I. megaloptera* (see section 2.2 in the present report), in having only 43 myomeres as against 50–51 in the latter. In the case of *I. elongata* described by DELSMAN (1930) from Java and UCHIDA (1958a) from Japan, the forward movement of vent to attain the adult condition of 20–23 preanal myomeres appears to be delayed much more when compared to the other clupeid species. DELSMAN (1930) assigns certain eggs and their larvae to *Pellona ditchoa* (= *I. melastoma*, WHITEHEAD, 1972). But, along with *P. ditchoa*, DELSMAN (1930) finds also two other species, namely *Pellona ditchela* and *Ilisha kampeni*, thus throwing a doubt on the diagnosis. Referring to the characteristics of the eggs and larvae, it appears that they belong to *P. ditchela* (= *P. hoeveni*; WHITEHEAD, 1972) and not to *P. ditchoa* (= *I. melastoma*), as suggested earlier

by WHITEHEAD (1972), who includes the above-mentioned two species described by DELSMAN (1930) under the name of *P. ditchela*.

## 2.2. *Ilisha megaloptera* (Swainson)

This species has been synonymised with *I. filigera* (Valenciennes), as noted by WHITEHEAD (1972). It is also widely distributed in the Indo-Pacific, supporting artisanal fisheries wherever it occurs. Since little is known on its early life history, two postlarvae collected during February 1978 may be of interest herein.

a Postlarvae (Fig. 2, A and B)

In the younger stage of 9.1 mm length (Fig. 2, A), the body is elongated and the dorsal as well as anal fins are indicated. Dorsal fin appears above the 28th through 32nd preanal myomeres, with a few rays. Pigmentation is sparse, in the form of a few spots laterally on the foregut area and dorsally on the hindgut area; a few spots of pigmentation also on the caudal fin. There are 40 preanal and about 10 postanal myomeres. The significant changes in the older stage of 14.4 mm length (Fig. 2, B) are: (i) an increase of spots in pigmentation, (ii) progressive development of all fins, and (iii) a change in the dis-

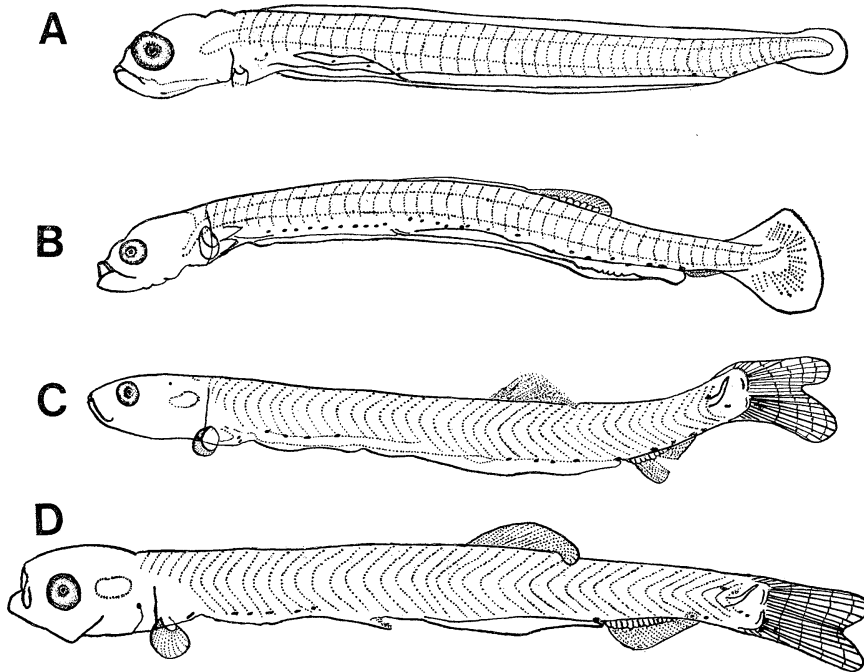


Fig. 1. Postlarvae of *Ilisha melastoma*. A, 5.6 mm in total length; B, 8.6 mm; C, 12.7 mm; D, 14.7 mm. All drawn from preserved specimens.

position of myomeres. Pigmentation is in the form of: a few spots at the posteriodorsal aspect of head; one each in auditory region and behind isthmus; a series along ventral aspect of the fore- and hind-guts; a few especially above mid-gut, above anal region and on the caudal fin. There are 37 preanal and 14 postanal myomeres; it is noted here that the anal fin moves forward to a level just behind the hinder end of the dorsal fin base.

b Remarks

In Porto Novo waters the number of vertebrae in adult *I. megaloptera* is found in the range of 47-52, as earlier observed by RAMAIYAN (1977). Interesting fact noticeable here is that from some other Indian waters the number concerned has been reported to range from 43 to 52 (DUTT, 1967; RAO, 1976). It suggests that more than one subspecies may occur in Indian waters. The postlarvae dealt with here are provided 50-51 myomeres, within the range observed already by authors. Among allied species of Clupeiformes occurring in Porto Novo waters, only *Opisthopterus tardoore* may have 50 vertebrae in adults. It must be noted here an evidence (BENSAM, 1968) showing that this species is provided 30 preanal and 20 postanal myomeres even in an early postlarval stage measuring 3.7 mm. The older postlarvae with 37-40 preanal myomeres, mentioned here, cannot be identified to *O. tardoore*.

In this connection, some other species with a similar number of vertebrae, especially *Ilisha elongata*, should be mentioned here. This species,

however, has not been recorded in India, as pointed out already by WHITEHEAD (1972), but in southeast and far-eastern Asian areas, including Japan. In the species, as described by UCHIDA (1958a), the movement of the vent to attain the adult vertebral disposition is in a later postlarval stage of development. A similar case is in *Hilsa ilisha* (JONES and MENON, 1951a), where the adult vertebral disposition is not observed but in a late stage.

Evidence referable here is a developmental difference in vertebral number which may occur in *I. elongata*. This fish from Java coasts (DELSMAN, 1930) is of 50-51 in vertebral number, while its larvae and postlarvae from Japan (UCHIDA, 1958a) may be provided 55-56 myomeres. Concerning such an evidence, interesting indications (BLAXTER, 1957; HEMPEL and BLAXTER, 1961) have been presented of this species; according to them, the myomeres could be upto 9 more in larvae and early postlarvae than in adults. In spite of such indications, the existence of subspecies cannot be ruled out, when the myomeres of the species in late postlarval stages are so different in number as 50-51 in Japanese waters and 55-56 in the far-eastern waters. Therefore, in relation to the *I. megaloptera* of India, with vertebrae in a wide range so reported, the question needs further extensive and intensive investigations.

2.3. *Thryssa dussumieri* (Valenciennes)

No reliable description nor figures of this species have been provided yet, while this economically important anchovy from India was

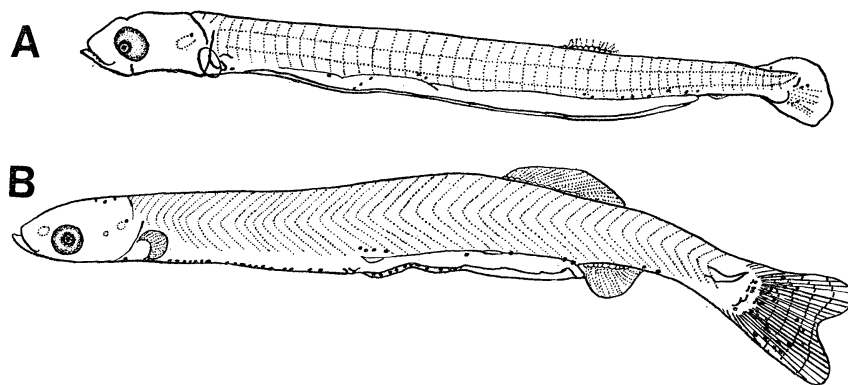


Fig. 2. Postlarvae of *Ilisha megaloptera*. A, 9.1 mm in total length; B, 14.4 mm. Both drawn from preserved specimens.

reported on eggs and larvae occurring there by authors (BAL and PRADHAN, 1947, 1951; CHACKO, 1950).

a Eggs (Fig. 3, A-C)

Based on the collections during September 1977, of which three phases in the embryonic stage are shown here, eggs are pelagic and spherical, measuring 0.90-0.98 mm diameter in living condition; oil globule is absent, yolk is vacuolated and perivitelline space is quite narrow.

b Larvae (Fig. 3, D)

An egg among reared samples is found to hatch out in the following morning. It measures 3.9 mm in body length; mouth is not formed yet; eyes are not pigmented; 28 preanal and about 14 postanal myomeres are counted.

c Postlarva (Fig. 3, E)

A single postlarva measuring 4.6 mm is collected during the survey. The larval finfold is in a reduced condition; mouth already formed; eyes pigmented; pectoral fin developed. Pigmentation arranged somewhat in the foregut, midgut and hindgut. It has 29 preanal and 13 postanal myomeres.

d Remarks

Identification of the eggs to this species is

allowable by the similarity in diameter of the planktonic eggs to fully mature ova (0.7-0.8 mm in diameter) of the species, which have been examined at Porto Novo. In the Clupeiform eggs with a narrow perivitelline space, planktonic eggs are known to be slightly larger in diameter than mature ova. It is reasonable, then, to expect for the eggs concerned to be of *T. dussumieri* with eggs of 0.8-0.9 mm diameter as usual.

As for the peculiarities of myomeres, this species is known to have about 42 myomeres in early larval stage, which tallies with the adult vertebral condition. It is noteworthy here that CHACKO (1950) gives this species a remarkably small number (17) of preanal myomeres in his brief note on eggs and early larvae assigned to this species, although his note on egg size is apparently acceptable even for the present material. Such a small number of preanal myomeres is not allowed for a Clupeiform character in an early larval stage. In this connexion, it is referred here to the works by DELSMAN (1929a) and VIJAYARAGHAVAN (1957); the eggs assigned by them to a related species, *Thryssa hamiltoni* (= *Engraulis grayi*; WHITEHEAD, 1972), provide

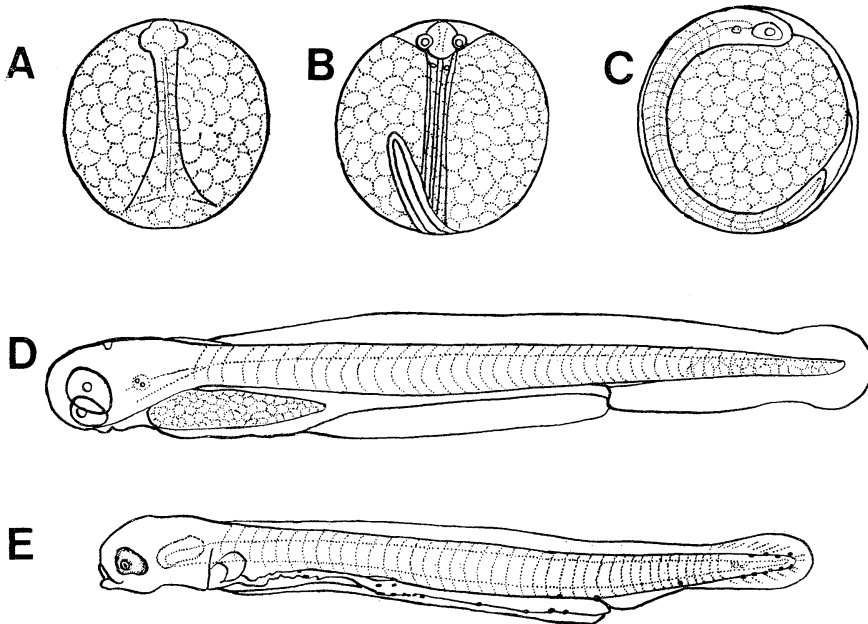


Fig. 3. Eggs, larva and postlarva of *Thryssa dussumieri*. A, B and C, eggs in three stages of development. All drawn in live condition. D, larva of 3.9 mm in total length; E, postlarva of 4.6 mm. Both drawn from preserved specimens.

larvae with at least 45 myomeres, in contrast to a small number (42-43) of myomeres in the species treated herewith. Another referable work is made by RAO and GIRIJAVALLABHAN (1973); eggs identified by them as of *Thryssa mystax* are 0.92-1.26 mm in diameter, and they provide three-days-old larva with 43 myomeres. As pointed out by DELSMAN (1929a), however, eggs of this species are different in size from the above-mentioned range; such a size suggests that they are of *Thryssa purava* in ripe ova, as given by PALEKAR and KARANDIKAR (1952). Besides, the total number of vertebrae in *T. mystax* is not known as 43, but 45 (DELSMAN 1929a). These facts suggest that the above-mentioned assignment of eggs and larvae to *T. mystax* is not reliable, and some relationships to *T. dussumieri* may be pursued by further scrutinies.

#### 2.4. *Thryssa mystax* (Schneider)

This is another anchovy supporting coastal fisheries in the Indian waters and in southeast Asia. DELSMAN (1929a) describes the occurrence

from Javanese coast of eggs of this species. As referred to above (section 2.3), the assignment of eggs and larvae to this species by RAO and GIRIJAVALLANBHAN (1973) is very doubtful.

a Postlarvae (Fig. 4, A-C) and Juveniles (Fig. 4, D)

Three postlarvae and one juvenile are at my disposal by the collection made during October 1977. The smallest sample of 18.8 mm length (Fig. 4, A) is furnished with many engraulid characteristics; dorsal, pelvic, anal and caudal rays are 15, 6, 30 and 24 in number respectively; pigmentation is sparse, even if with typical presentation as in engraulid postlarvae; 27 pre-anal and 18 postanal myomeres. In a 23 mm stage of postlarva (Fig. 4, B), snout becomes more prominent; maxillary extends behind eye region; dorsal fin origin is well in front of the middle of the body. Twelve pectoral, 15 dorsal, 40 anal and 40 caudal rays. Indications of future scales (Fig. 4, C) are on the body skin. Myomeres are changed in disposition to 24 preanal and 21 postanal. In a largest specimen of

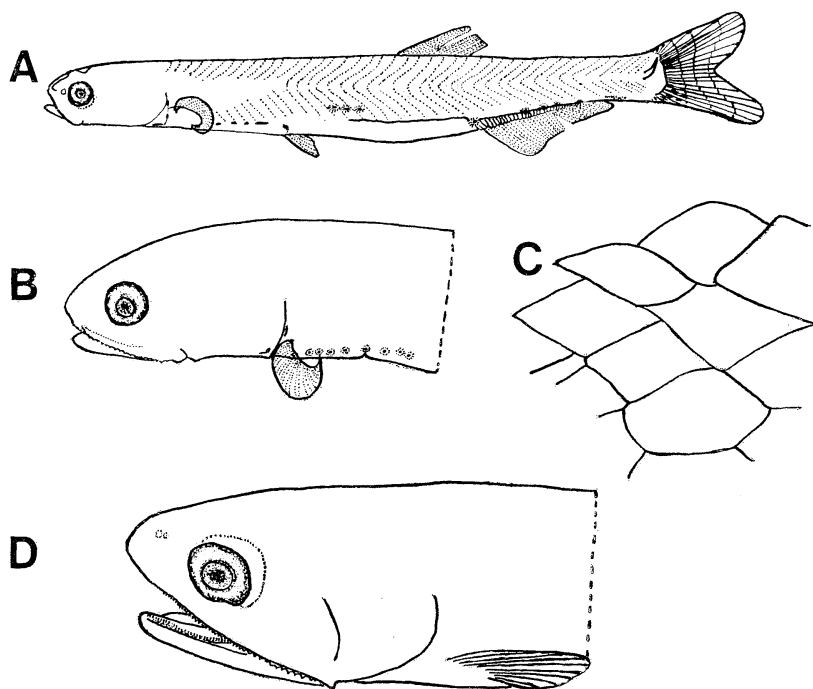


Fig. 4. Postlarvae and a juvenile of *Thryssa mystax*. A, postlarva of 18.8 mm in total length; B, cephalic region of a postlarva of 23 mm; C, markings on the skin of the same specimen; D, cephalic region of a juvenile of 26.5 mm. All drawn from preserved specimens.

juvenile (Fig. 4, D), pectoral fin assumes a triangular shape; dorsal and anal fin rays are mostly furnished with 3-5 segments and caudal ones with 5-11 segments. Pigmentation is in the form of a series of spots along the anal base. Myomeres are the same in number and disposition as seen in the previous stage.

b Remarks

Concerning the various species of *Thryssa* occurring at Porto Novo, mature and spent fish

are observed only in *T. mystax* and *T. dussumieri*, during the years of 1977-1979, from July-August season through October-November season. Between these two species, the number of myomeres may be a diagnostic character for differentiating the early developmental stages, as *T. dussumieri* is furnished with 40-43 vertebrae, while *T. mystax* with 50. Based on the present work as well as UCHIDA (1958b), the gradual formation of the snout in engraulids would be

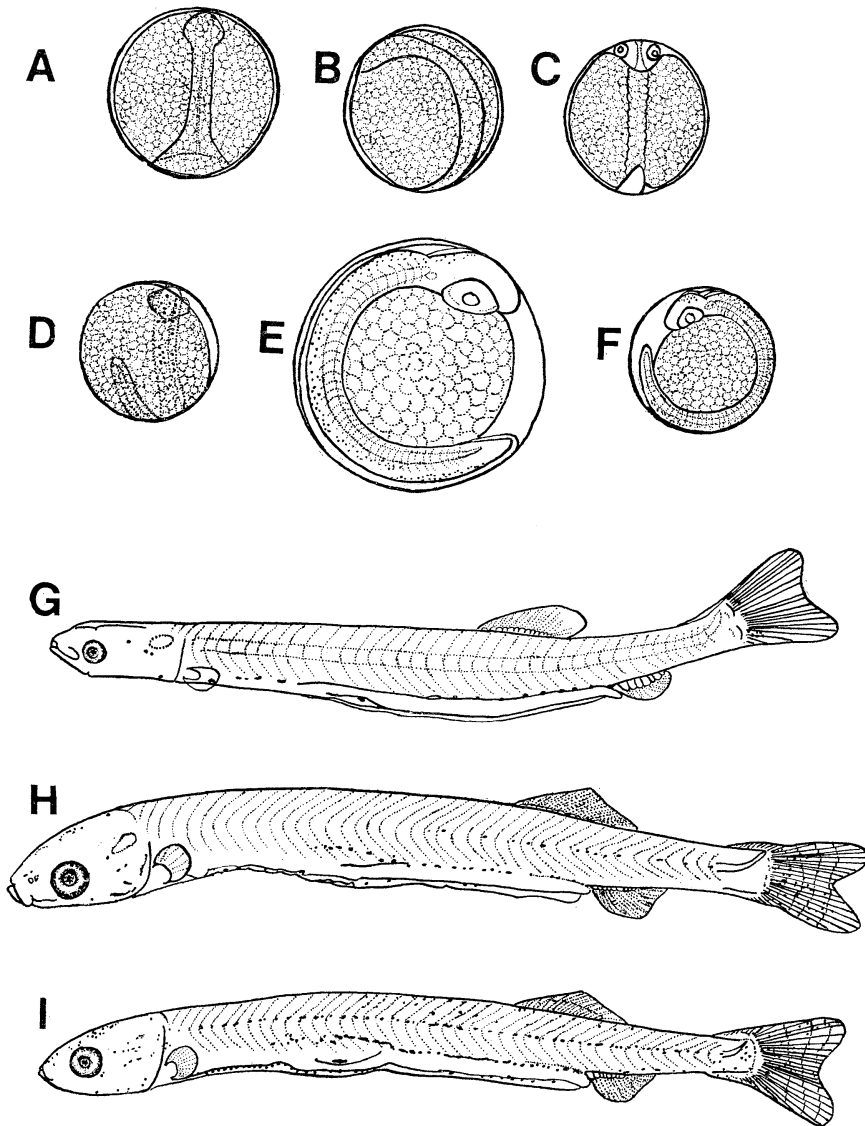


Fig. 5. Eggs, postlarvae and juveniles of *Chanos chanos* (a). A-F, eggs in various stages of development; G, postlarva of 10.5 mm in total length; H, 14.6 mm; I, 14.0 mm. All drawn from preserved specimens, but A-C from live eggs.



obvious. The adult disposition of the vent is noticeable here. In the specimens described here, it would be attained after their reaching a body size of 26.5 mm. According to NAIR (1940) and JONES and MENON (1951b), in the development of another engraulid species, *Setipinna phasa*, the vent shifts forward to the adult disposition of myomeres in 50 mm long stage.

#### 2.5. *Chanos chanos* (Forsk.)

A large number of the fry of this species occurs usually in Indian waters (TAMPI, 1968). As far as my knowledge goes, however, no author has given any collection report on its eggs, but CHACKO (1950), even if he provides simply a report on their occurrence, without any necessary descriptions nor figures. Hence the

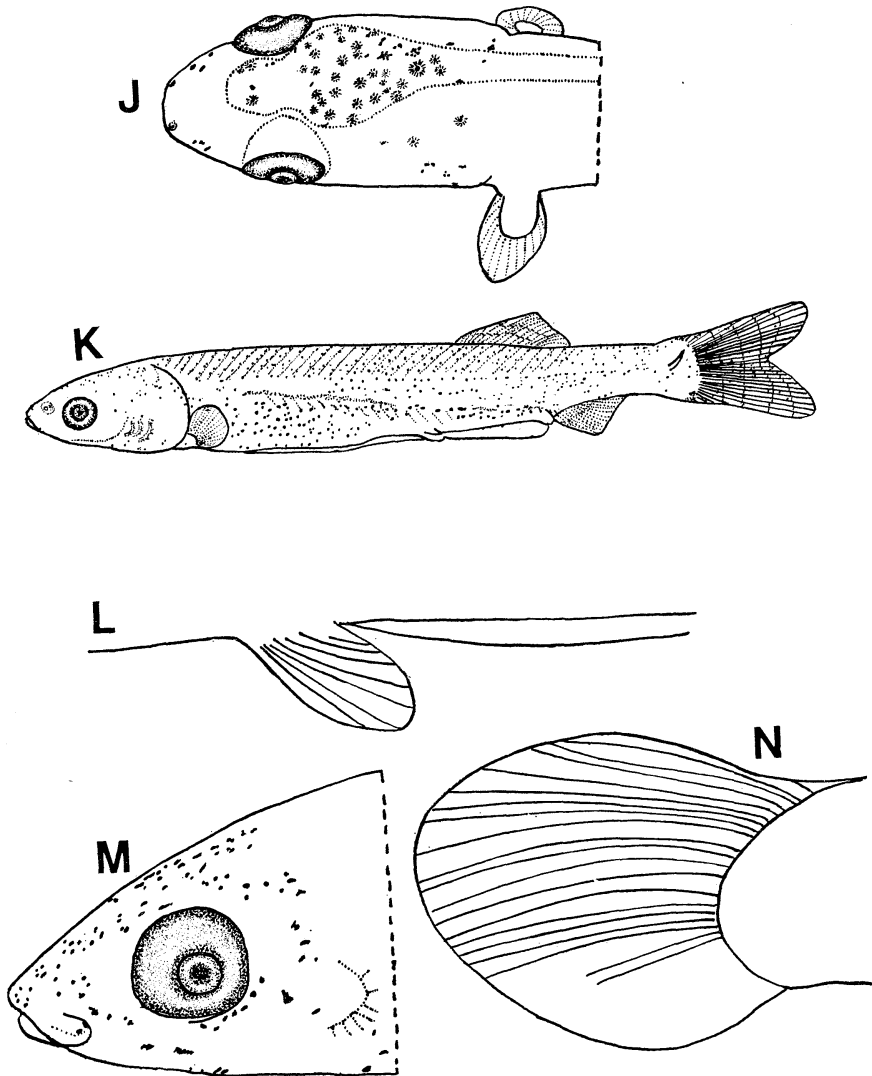


Fig. 6. Eggs, postlarvae and juveniles of *Chanos chanos* (b). J, dorsal view of a cephalic region of the specimen shown in Fig. 5, I; K, juvenile of 16.2 mm; L, developing pelvic fin in a 16.5 mm-long specimen; M, cephalic region in a juvenile of 18.5 mm; N, developing pectoral fin in the same specimen. All drawn from preserved specimens.

present account on the eggs, postlarvae and early juveniles may be of interest. All the specimens are collected through stages during January–April 1978.

a Eggs (Fig. 5, A–F)

The eggs are pelagic, spherical, without oil globule and furnished with finely vacuolated light-yellowish yolk. Perivitelline space is quite narrow and imperceptible in live and healthy eggs. They range from 1.12 to 1.2 mm in diameter. Pigment spots are observed on the embryo in late developmental stages. None of the eggs which are reared in the laboratory has survived to rise to larvae.

b Postlarvae (Fig. 5, G–I, Fig. 6, J)

In a 10.5 mm stage is the youngest postlarva collected (Fig. 5, G). The body is elongated and the snout is slightly flattened dorsoventrally. Dorsal, anal and caudal fins have 14, 7 and 18 rays respectively. Pigmentation is found in the form of a few spots on the head, the gut in all range and the caudal fin. Muscle fibres show a parallel arrangement and not a crossed one as seen in Clupeiformes. There are 32 preanal and 11 postanal myomeres, the total tallying with the number of vertebrae in adults. Notable changes in a 14.6 mm–long postlarva (Fig. 5, H) are progressive development of fins and an increase in pigmentation. In another postlarva of 14.0 mm long (Fig. 5, I) much more intensive pigmentation is observed, particularly at the ventral aspect of alimentary canal, along lateral line, at the dorsal aspect of mid- and hind-guts, on the caudal fin and on dorsal side of the head (Fig. 6, J).

c Juveniles (Fig. 6, K–N)

In a 16.2 mm–long juvenile (Fig. 6, K), most of the postlarval features have disappeared. Origin of pelvic fins may be seen as a small bud below the level of dorsal fin origin. Dorsal, anal and caudal fins contain about 16, 12 and 28 rays respectively. Pigmentation becomes intensified, extending almost all over the body. The vent moves forward further, reducing the number of preanal myomeres down to 31 and making the number of postanal ones to 12. In a slightly longer specimen of 16.5 mm, the pelvic fins develop further, with about 7 rays (Fig. 6, L). In a further longer specimen of 18.5 mm long, the snout overgrows the lower jaw (Fig. 6, M), approaching the condition in

adults; and pectoral fins are more developed, with about 10 rays (Fig. 6, N). Dorsal fin has approximately 16 rays, and about 10, 14 and 34 rays in pelvics, anal and caudal respectively. Pigmentation is much more intensified than in the others, almost all over the body.

c Remarks

The characteristics described here for the eggs may more confirm the specific identification in comparison with the case where it depends on evidence given by authors (DELSMAN, 1929b; CHAUDHURI *et al.*, 1987; LIAO *et al.*, 1979). According to the latter two works, certain markings are observed on capsule of artificially fertilized eggs in the Philippines, while the present material is without such markings. As referred to above, the postlarvae are identical easily by characteristics such as parallel arrangement of muscle fibres and number and disposition of myomeres. It is noted here that the 10.5 mm long postlarva described here resembles the material of 10 mm long stage dealt with by DELSMAN (1926) in all essential features, and that it is identical with the same-sized postlarva artificially bred by LIAO *et al.* (1979) except of much more dense pigmentation in the latter.

### Acknowledgements

The present author is indebted to Prof. K. TAKAGI at the Tokyo University of Fisheries for critically reviewing the present paper and for kindly arranging to publish the present series of his work. Sincere thanks are also due to Drs. R. NATARAJAN of Centre of Advanced Study in Marine Biology, S. DUTT of Andhra University, and T. TAKITA of Nagasaki University, for their valuable guidance and constructive criticism.

### References

- BAL, D.V. and L.B. PRADHAN (1947): Third progress report on "Investigations on fish eggs and fish larvae from Bombay waters, 1946–1947." Govt. Central Press, Bombay. 21 pp.
- BAL, D.V. and L.B. PRADHAN (1951): Occurrence of fish larvae and postlarvae in Bombay waters during 1944–1947. *J. Univ. Bombay (new ser.)*, 20[B], 1–15.
- BENSAM, P. (1968): The embryonic and early larval development of the long-finned herring *Opisthopterus tardoore* (Cuvier). *J. mar. biol. Ass. India*, 9, 76–83.

- BENSAN, P. (1986): Early developmental stages of some marine fishes from India. 1. *Nematalosa nasus*, *Sardinella clupeioides*, *S. fimbriata*, *S. sirm* and *S. albella*. La mer, Tokyo, **24**, 33-41.
- BLAXTER, J.H.S. (1957): Herring rearing. III. The effect of temperature and other factors on myotome counts. Mar. Res., **1957**: 1-16.
- CHACKO, P.I. (1950): Marine plankton from the waters around Krusadai Island. Proc. Indian Acad. Sci., **31B**, 162-174.
- CHAUDHURI, H., J.V. JUARIO, J.H. PRIMAVERA, R. SAMSON and R. MATEO (1978): Observations on artificial fertilization and the embryonic and larval development of milkfish *Chanos chanos* (Forsk.). Aquaculture, **13**, 95-113.
- DELSMAN, H.C. (1926): Fish eggs and larvae from the Java Sea. 10. On a few larvae of empang fishes. Treubia, **8**, 400-412.
- DELSMAN, H.C. (1829a): Fish eggs and larvae from the Java Sea. 12. The genus *Englaulis*. Treubia, **11**, 275-281.
- DELSMAN, H.C. (1929b): Fish eggs and larvae from the Java Sea. 13. *Chanos chanos* (Forsk.) Treubia, **11**, 281-286.
- DELSMAN, H.C. (1930): Fish eggs and larvae from the Java Sea. 14. The genus *Pellona*. Treubia, **12**, 37-46.
- DUTT, S. (1967): Fishes of the genus *Ilisha* Richardson 1846 from Visakhapatnam. Proc. Indian Acad. Sci., **66B**, 206-213.
- HEMPEL, G. and J.H.S. BLAXTER (1961): The experimental modification of meristic characters in herring (*Clupea harengus* L.) J. Cons. perm. int. Explor. Mer, **26**, 336-346.
- JONES, S. and P.M.G. MENON (1951a): Observations on the life history of the Indian shad, *Hilsa ilisha* (Hamilton). Proc. Indian Acad. Sci., **33**, 101-125.
- JONES, S. and P.M.G. MENON (1951b): Observations on the bionomics, development and fishery of the Gangetic anchovy *Setipinna phasa* (Hamilton). J. zool. Soc. India, **3**, 323-333.
- LIAO, I.C., J.V. JUARIO, S. KUMAGAI, H. NAKAJIMA, M. NATIVIDAD and P. BURI (1979): On the induced spawning and larval rearing of milkfish *Chanos chanos* (Forsk.). Aquaculture, **18**, 75-93.
- NAIR, K.K. (1940): On some early stages in the development of the Gangetic anchovy, *Engraulis telera* (Ham.) Rec. Indian Mus., **42**, 277-288.
- PALEKAR, V.C. and K.R. KARADIKAR (1952): Maturity and spawning period of *Thrissocles purava* (Ham.) as determined by ova diameter measurements. Proc. Indian Acad. Sci., **35B**, 143-154.
- RAMAIYAN, V. (1977): Biosystematic studies in Indian Clupeoides. Ph. D. thesis, Annamalai Univ.
- RAO, M.B. (1976): Clupeoid fishes of Godavari estuary: A systematic account. Matsya, Madras, **2**, 32-37.
- RAO, K.S. and K.G. GIRIJAVALLANBHAN (1973): On the eggs and larvae of an englaulid and two carangids from Madras plankton. Indian J. Fish., **20**, 551-561.
- TAMPI, P.R.S. (1968): Culturable marine fish fry resources from brackish water environments. p. 390-397. In: Proc. Symp. Living Resour. Seas Around India. Central Marine Fisheries Research Institute, Cochin.
- UCHIDA, K. (1958a): Eggs, larvae and juveniles of *Ilisha elongata* (Bennet) (Clupeidae). p. 15-17. In: Studies on the Eggs, Larvae and Juveniles of Japanese Fishes. Ser. I. Kyushu Univ., Fukuoka.
- UCHIDA, K. (1958b): Eggs, larvae and juveniles of *Engraulis japonica* (Houttuyn). p. 17-18. In: Studies on the Eggs, Larvae and Juveniles of Japanese Fishes. Ser. I. Kyushu Univ., Fukuoka.
- VIJAYARAGHAVAN, P. (1957): Studies on fish eggs and larvae of Madras. Univ. Madras, Madras. 57 pp.
- WHITEHEAD, P. J. P. (1972): A synopsis of the Clupeoid fishes of India. J. mar. biol. Ass. India, **14**, 160-256.

## インド産海産魚類の初期発生段階

2. *Ilisha melastoma*, *I. megaloptera*, *Thryssa dussumieri*,  
*T. mystax* および *Chanos chanos*

Pathrose BANSAM

要旨: インド (マドラス州) ポルト・ノヴォ産重要魚種のうち, イワシ目魚類 4 種, ネズミギス目魚類 1 種について, 卵, 仔魚, 後期仔魚および稚魚の 4 発生段階の形態を記載し, それらの分類学的特徴を論じた。

## Etude numérique sur l'interaction résonante entre des vagues d'amplitude finie\*

Hiroshi TOMITA\*\*

**Résumé:** Le transfert d'énergie entre des composantes de la vague à deux dimensions est examiné numériquement par l'équation de Zakharov. Cette équation est obtenue par une perturbation singulière valable jusqu'au troisième ordre de la cambrure. Elle prend en compte des composantes des vagues avançant dans une direction arbitraire et décrit la variation de leurs amplitudes modulées sur une longue durée. Les calculs sont exécutés dans le cas de résonance entre trois vagues, deux d'entre elles se rencontrant à angle droit. Sur une durée longue, la variation temporelle de l'amplitude de la troisième vague fait apparaître un phénomène de récurrence. Son amplitude maximale et sa période de récurrence dépendent non seulement du rapport des nombre d'ondes des deux vagues principales, mais aussi de leurs amplitudes. Les valeurs théoriques sont comparées avec les résultats d'une expérience dans un bassin d'essais. La concordance observée confirme la validité de l'équation utilisée en tant que la cambrure est petite. L'instabilité de la vague de Stokes est examinée par la même équation en deux dimensions. La région d'instabilité est déterminée. Le résultat est comparé avec celui obtenu par une autre théorie précédente et quelques remarques sont faites.

### 1. Introduction

En général, la cote de la surface de mer varie toujours de manière stochastique. Ses caractéristiques étant trop compliquées pour être analysées directement, on adopte spécialement le concept statistique de spectre de la vague pour décrire son état. Ce concept suppose la linéarité de la vague, c'est-à-dire que sa hauteur est suffisamment petite par rapport à sa longueur quand la profondeur de la mer est considérée infinie.

Depuis un quart de siècle, l'étude sur la vague non-linéaire a beaucoup progressé. Parmi les recherches dans ce domaine, PHILLIPS (1960) est ce qui a trait à notre sujet. Il a étudié pour la première fois l'interaction entre trois vagues nonlinéaires. En 1962, LONGUET-HIGGINS a présenté une méthode pour résoudre les équations de la vague en surface. Bien que la solution qu'il propose soit singulière du point de vue mathématique, elle joue un rôle important dans la recherche de la naissance d'une troisième vague, lorsque deux vagues se rencontrent à un certain angle. En 1966, LONGUET-HIGGINS et

SMITH d'une part, MCGOLDRICK *et al.* d'autre part, ont fait des expériences pour vérifier la théorie de LONGUET-HIGGINS dans un petit bassin (3m×3m). L'interaction entre les vagues y avait bien lieu, indiquant qu'elle peut exister aussi en mer. Mais, leurs expériences ne portent que sur des durées courtes. Ils ont seulement observé le stade initial d'interaction.

Récemment, nous avons fait une expérience dans le même but, mais en utilisant un bassin plus large (TOMITA et SAWADA, 1986), de forme carrée (80 m×80 m) appartenant à l'Institut de Recherche Navale à Tokyo. A l'échelle de cette installation, on peut mesurer le phénomène pendant une longue durée. Cependant la théorie proposée par LONGUET-HIGGINS est seulement valable pour temps court. Sa solution devient infinie avec le temps. Il faut donc définir une équation valable dans un domaine plus large. Il s'agit de l'équation de ZAKHAROV (1968) qui décrit la lente variation de l'amplitude de la vague dans une région étendue. C'est une sorte d'équation intégrodifférentielle qu'il est difficile d'exploiter directement. CRAWFORD *et al.* (1981b) ont utilisé cette équation pour évaluer le phénomène de dispersion dans un système de vagues se

\* Manuscrit reçu le 8 avril 1987

\*\* Institut de Recherche Navale, Shinkawa 6-38-1, Mitaka, Tokyo, 181 Japon

propageant dans une direction. OKAMURA (1984, 1985) a fait des calculs sur l'instabilité du clapotis en une et deux dimensions horizontales. CRAWFORD *et al.* (1981a) et STIASSNIE et SHEMER (1984) en plus ont utilisé une méthode numérique pour définir les caractéristiques de la vague avançant monochromatiquement (la vague de Stokes).

Dans le présent article, nous nous proposons de résoudre l'équation de Zakharov dans le cas du croisement de trois vagues de directions différentes. Une des trois vagues n'existe pas au stade initial, mais elle se produit par l'énergie des autres et s'accroît avec le temps. Il convient de noter que ce phénomène ressemble à l'interaction des oscillations non-linéaires dans la mécanique statistique d'après FORD et WATERS (1963).

A la fin, nous discutons l'instabilité d'un train de vagues par la perturbation des deux autres composantes. Elle contient, comme cas spécial, celle d'après Benjamine-Feir.

**2. Equation fondamentale**

L'équation (1) donne la forme de l'équation de Zakharov, modifiée par CRAWFORD *et al.* (1981a). La dénivellation de la surface  $\eta$  est représentée par l'amplitude complexe  $B(\mathbf{K})$  comme l'indique l'équation (2):

$$i \frac{dB}{dt} = \iiint_{-\infty}^{\infty} T(\mathbf{K}, \mathbf{K}_1, \mathbf{K}_2, \mathbf{K}_3) \delta(\mathbf{K} + \mathbf{K}_1 - \mathbf{K}_2 - \mathbf{K}_3) \times e^{i(\Omega + \Omega_1 - \Omega_2 - \Omega_3)t} B_1^* B_2 B_3 d\mathbf{K}_1 d\mathbf{K}_2 d\mathbf{K}_3, \quad (1)$$

$$\eta(x, t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \sqrt{K/2\Omega} \{ B(\mathbf{K}, t) e^{i(\mathbf{K} \cdot \mathbf{x} - \Omega t)} + c.c. \} d\mathbf{K}, \quad (2)$$

$$|B(\mathbf{K})| = \pi \left( \frac{2\Omega}{K} \right)^{1/2} A(\mathbf{K}), \quad (3)$$

où  $\Omega^2 = gK$ ,  $\delta$  est la fonction delta de Dirac, et c.c. signifie le complexe conjugué du terme précédent.

Le noyau  $T$  de l'intégrale (1) est estimée à partir d'une formule dans leur article qui se reproduit en appendice A après quelques corrections. Les valeurs numériques de  $T(i, j, k, l)$  sont données aussi en appendice A, avec  $K_1 = 3,920$  et  $K_2 = 1,205$  (Les longueurs des vagues sont respectivement

$\lambda_1 = 1,60$  m et  $\lambda_2 = 5,21$  m). La quantité  $A(\mathbf{K})$  représente l'amplitude ordinaire à mesurer et intervient dans  $B(\mathbf{K})$  selon la formule (3). L'expression du noyau de l'intégrale est très compliquée et n'a jamais été appliquée de manière concrète sauf pour les cas à une dimension. Grâce aux résultats donnés par LONGUET-HIGGINS (1962) et LONGUET-HIGGINS et PHILLIPS (1962) pour l'interaction entre deux ou trois composantes, la présente théorie sera comparée avec leurs théories. Elles sont équivalentes au stade initial, ce qui est expliqué en appendice B. Pour faire les calculs, une situation simplifiée est supposée comme suit: une vague à nombre d'onde  $\mathbf{K}_1$  se propage dans la direction X et la deuxième à nombre d'onde  $\mathbf{K}_2$  avance dans la direction Y. Elles se rencontrent en angle droit. Elles donnent naissance à une troisième composante  $\mathbf{K}_3$ . La relation entre les vecteurs  $\mathbf{K}_1$ ,  $\mathbf{K}_2$  et  $\mathbf{K}_3$  est dessinée dans la Fig. 1. Elle s'exprime par le système d'équations suivant:

$$i \frac{dB_1}{dt} = [T_{1111} B_1 B_1^* + \tilde{T}_{1221} B_2 B_2^* + \tilde{T}_{1331} B_3 B_3^*] B_1 + (T_{1123} + T_{1132}) e^{i\Delta\Omega_{1123}t} B_1^* B_2 B_3, \quad (4-a)$$

$$i \frac{dB_2}{dt} = [\tilde{T}_{2112} B_1 B_1^* + T_{2222} B_2 B_2^* + \tilde{T}_{2332} B_3 B_3^*] \times B_2 + T_{2311} e^{i\Delta\Omega_{2311}t} B_3^* B_1 B_1, \quad (4-b)$$

$$i \frac{dB_3}{dt} = [\tilde{T}_{3113} B_1 B_1^* + \tilde{T}_{3223} B_2 B_2^* + T_{3333} B_3 B_3^*] \times B_3 + T_{3211} e^{i\Delta\Omega_{3211}t} B_2^* B_1 B_1, \quad (4-c)$$

où  $\tilde{T}_{jkkj} = T_{jkkj} + T_{jjkk}$ , et  $\Delta\Omega_{ijkl} = \Omega_i + \Omega_j - \Omega_k - \Omega_l$ ,  $T_{ijkl}$  étant l'abréviation de  $T(\mathbf{K}_i, \mathbf{K}_j, \mathbf{K}_k, \mathbf{K}_l)$ .

Ce sont des équations différentielles ordinaires que l'on peut traiter de manière générale par l'analyse numérique. A noter que ces équations

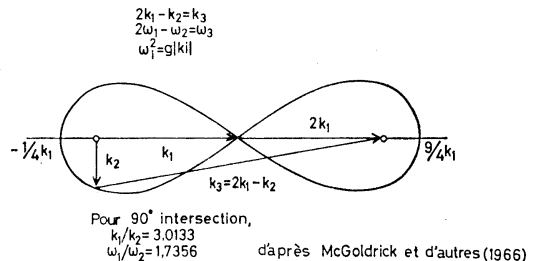


Fig. 1. Espace des vecteurs  $\mathbf{K}_1$ ,  $\mathbf{K}_2$  et  $\mathbf{K}_3$ .

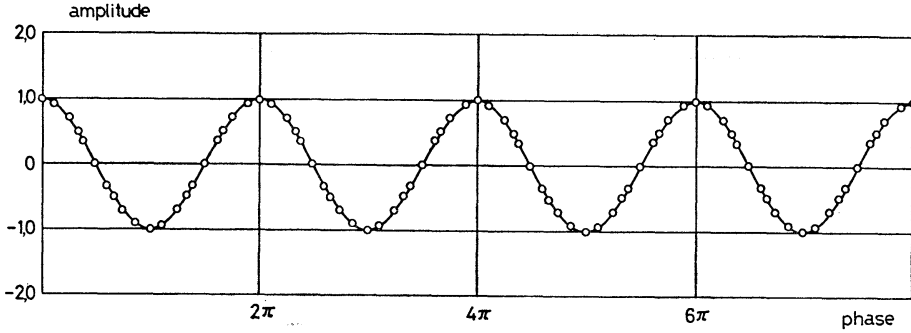


Fig. 2. Comparaison de la solution numérique (courbe solide) avec la solution exacte (cercles).

ont trois quantités conservatrices (l'intégrale première), qui sont:

$$C_1 = \frac{|B_1|^2}{T_{1123} + T_{1132}} + \frac{|B_2|^2}{T_{2311}}, \quad C_2 = \frac{|B_1|^2}{T_{1123} + T_{1132}} + \frac{|B_3|^2}{T_{3211}}, \quad C_3 = |B_2|^2 - |B_3|^2. \quad (5)$$

### 3. Méthode de l'expérience numérique

La méthode de Heun, qui utilise un prédicteur et un correcteur pour obtenir une meilleure convergence, s'applique à l'équation en forme générale:

$$\frac{dX}{dt} = X' = f(t, X). \quad (6)$$

Le prédicteur  $P$  est obtenu par les formules:

$$P_{n+1} = X_{n-1} + 2\Delta t X'_n, \\ P'_{n+1} = f(t_{n+1}, P_{n+1}). \quad (7)$$

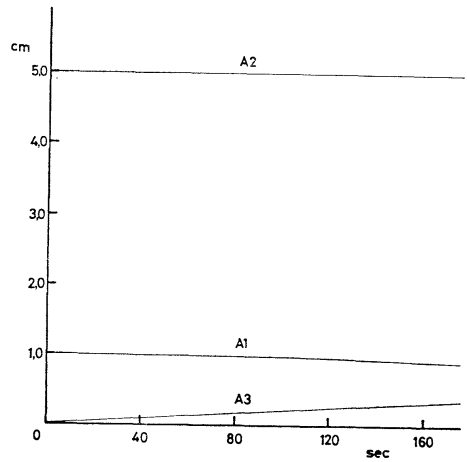
Ensuite, une correction est faite pour calculer la valeur de  $C'_n$ , appelé le correcteur de la solution:

$$C'_{n+1} = \frac{P'_{n+1} + X'_n}{2} \quad (8)$$

Enfin, une nouvelle valeur  $X_{n+1}$  obtenue en utilisant  $X_n$  et  $X'_{n-1}$  s'écrit:

$$X_{n+1} = X_n + \Delta t C'_{n+1}. \quad (9)$$

L'accroissement de temps  $\Delta t$  est choisi de 0,05 à 0,2 dans tous les calculs. Pour vérifier la précision de la méthode, le calcul est exécuté sur l'exemple très simple de l'oscillateur harmonique. La comparaison avec la courbe exacte est montrée dans la Fig. 2. La coïncidence est satisfaisante.


 Fig. 3. Amplitude en fonction de temps:  $R=3,01$ .

Dans tous les calculs, les quantités  $C_1$ ,  $C_2$  et  $C_3$  sont aussi vérifiées comme constantes pour estimer la précision des calculs.

### 4. Résultats des calculs

[1] Interaction entre trois vagues

Au début, nous considérons le cas où seuls les composantes  $K_1$  et  $K_2$  existent, sans  $K_3$ . Il faut chercher la solution des équations quand les valeurs initiales de  $B(K)$ , c'est-à-dire  $B(K_1)$ ,  $B(K_2)$  et  $B(K_3)$  au temps  $t=0$  prennent respectivement les valeurs  $B_1$ ,  $B_2$  et 0. Un premier exemple d'analyse ( $\lambda_1=1,73$  m,  $\lambda_2=5,21$  m) est donné dans la Fig. 3. Le rapport de  $K_1$  à  $K_2$  est de 3,012, bien que les condition  $K_3=2K_1 - K_2$  et  $\Omega_3=2\Omega_1 - \Omega_2$  (condition de résonance) se réalisent simultanément. Si les amplitudes des vagues  $K_1$  et  $K_2$  sont suffisamment petites ( $A_1=1$  cm,  $A_2=5$  cm), il faut plus de 160 secondes pour le développement de la vague  $K_3$ ,

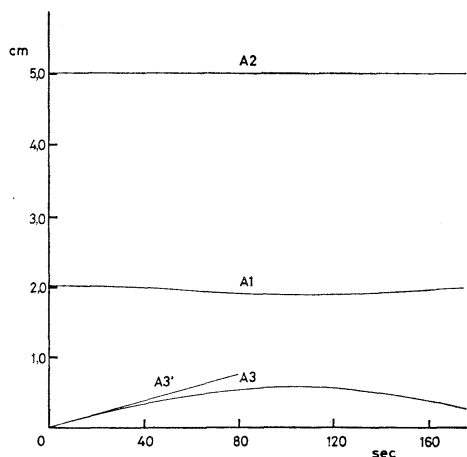


Fig. 4. Amplitude en fonction de temps:  $R=3,01$ , la récurrence apparaît. La ligne  $A3'$  représente la solution classique.

ce qui concorde avec la théorie de Longuet-Higgins. Comme deuxième exemple, l'amplitude  $A_1$  est augmentée un peu à 2 cm. Le résultat est montré dans la Fig. 4. L'amplitude de la vague  $K_3$  augmente pendant les 110 premières secondes, mais, après une durée d'interaction assez longue, la tendance du développement de la vague  $K_3$  diffère. Elle diminue lentement jusqu'à 0 pour revenir à l'état initial, et puis repartir. Il y a une sorte de phénomène de récurrence, comme indiqué par l'article précité de FORD et WATERS (1963). La relation entre la variation de  $A_3$  et les amplitudes des vagues  $A_1$  et  $A_2$  suggère que la dispersion joue un rôle important dans le développement de la troisième vague. Le maximum de l'amplitude de  $K_3$  (c'est-à-dire  $A_3$ ) dépend de la valeur  $A_2$ , alors que la période de récurrence est entièrement déterminée par  $A_1$ . Cela ne peut pas être prévu par une analyse ou une expérience sur une courte durée. L'effet de résonance diminue quand les phases des vagues suivent une dispersion non-linéaire ce qui se produit pour grands  $A_1$  et  $A_2$ . La solution classique de Longuet-Higgins est donnée par la formule suivante:

$$|\eta| = A_3 = (A_1 \cdot K_1)^2 (A_2 \cdot K_2) \frac{gF}{2\Omega_1} t, \quad (10)$$

où  $F=0,312$  dans cette condition. Elle doit justement être une tangente de notre solution au temps  $t=0$ , dont la courbe est également

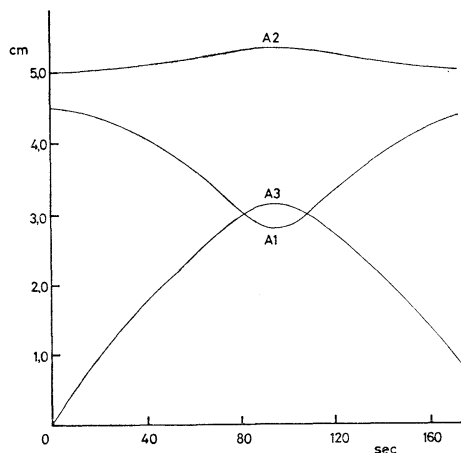


Fig. 5. Solution des amplitudes:  $R=3,24$ .

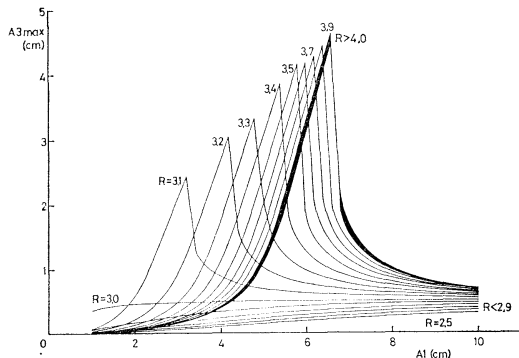


Fig. 6. Maximums d'amplitude  $A_3$  par rapport à  $A_1$  quand  $A_2=5$  cm.

figurée. On trouve que le transfert d'énergie à la troisième vague  $K_3$  n'est pas si grand dans la condition de  $K_1/K_2=3,012$ , même quand  $A_1$  est plus grand. Les première et deuxième vagues  $K_1$  et  $K_2$  d'amplitude  $A_1=4$  cm et  $A_2=5$  cm, élèvent la troisième  $A_3$  jusqu'à un maximum de 0,5 cm. Le résultat est assez différent si  $K_1/K_2=3,24$  ( $\lambda_1=1,61$  m,  $\lambda_2=5,21$  m). Un résultat est montré dans la Fig. 5. Après 100 secondes la troisième vague atteint une amplitude de plus de 3 cm, supérieure à celle de la première. Dans ce cas, la condition de résonance n'est pas satisfaite, mais il semble que l'effet de la dispersion non-linéaire intervienne d'une manière parfaite. La période de récurrence augmente avec  $A_1$  par rapport aux exemples ci-dessus. La Fig. 6 illustre la dépendance du maximum de  $A_3$  sur la valeur  $A_1$ , quand la



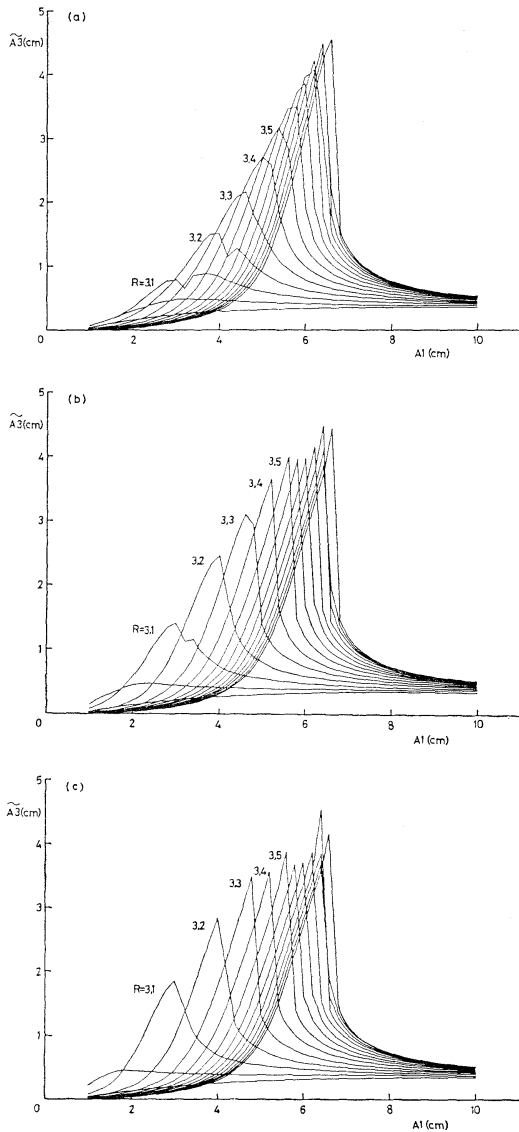


Fig. 7. Valeurs  $A_3$  converties en valeurs d'observation à chaque position. (a) 20 m, (b) 40 m, (c) 60 m à la distance du générateur.

valeur  $A_2$  est fixée à 5 cm. Chaque courbe correspond à une valeur de  $R = K_1/K_2$  ( $2,5 < R < 5,0$ ). Elle change sa forme entre les valeurs  $R = 3,0$  et  $3,1$ . Jusqu'à  $R = 3,0$ , l'amplitude maximum augmente de forme monotone en fonction de  $A_1$  et de  $R$ . Dans la région intermédiaire ( $3,0 < R < 4,0$ ), elles atteignent un sommet. Plus la valeur  $R$  est grande plus les sommets se rapprochent. Le sommet augmente

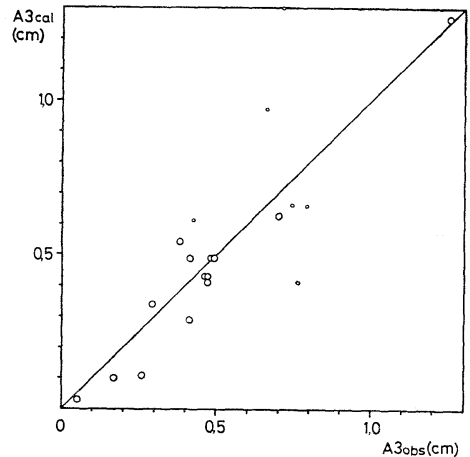


Fig. 8. Comparaison de la valeur entre la théorie et l'expérience.  $A_2 \cong 10$  cm (petits cercle),  $A_2 \cong 5$  cm (grands cercles).

jusqu'à la limite de la vague qui se brise du fait de l'instabilité de gravité terrestre et pourtant, il n'est pas possible qu'elle arrive à une grande valeur, car l'équation elle-même n'est pas valable à une telle cambrure. Dans la dernière région ( $4,0 < R$ ), les courbes ont à peu près presque toujours la même forme. Mais, il est bien vérifié qu'un grand transfert d'énergie entre des vagues par interaction mutuelle existe dans des conditions bien définies. La Fig. 7 montre les valeurs théoriques de  $A_3$  à quelques positions dans le bassin. Ces figures permettent de comparer les résultats théoriques et expérimentaux comme dans la Fig. 8. Il convient de noter que les calculs sont faits dans le cas homogène, alors que, les expériences sont exécutées dans le cas stationnaire. Il est nécessaire de faire une transformation  $x = C_g t$ , où  $C_g$  signifie la vitesse de groupe de la vague  $A_3$ . Cela étant fait, la concordance est satisfaisante quand les amplitudes sont relativement petites, surtout, dans le cas où  $A_2$  est égal à 5 cm (montré par de grands cercles). Etant donné que l'équation (1) a le caractère de ressemblance spatiale, ces résultats auront bien lieu dans de grandes envergures observées en la mer.

## [2] Instabilité d'un train de vague

PHILLIPS (1967) a discuté un peu la relation entre des expériences d'interaction et la théorie d'instabilité d'après BENJAMIN et FEIR (1967).

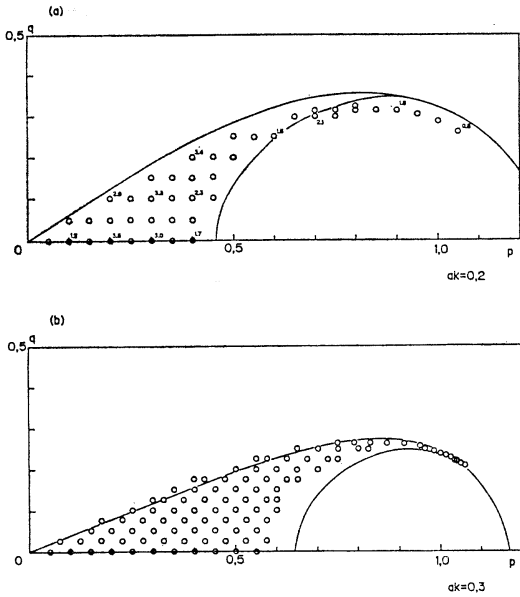


Fig. 9. Région d'instabilité dans le domaine de nombre d'onde.  $\mathbf{K}_1 = K_1(1, 0)$ ,  $\mathbf{K}_2 = K_1(1 + p, q)$ ,  $\mathbf{K}_3 = K_1(1 - p, -q)$ . (a)  $ak=0, 2$ , (b)  $ak=0, 3$ . Des cercles montrent les combinaisons  $(p, q)$  où le train de vague est instable. Les nombres à côté de cercles dans la figure (a) représentent les maximums d'amplitude de la perturbation  $A_2$  quand l'amplitude de train  $A_1$  est de 5 cm au début.

Mais, sa discussion n'a pas été suffisamment précise. Si les amplitudes des deux composantes  $B_2$  et  $B_3$  sont suffisamment petites (mais non nulles) par rapport à  $B_1$ , les équations (4-b) et (4-c) sont linéarisées sur  $B_2$  et  $B_3$ . Ces équations se réduisent aux suivantes:

$$i \frac{dB_2}{dt} = \tilde{T}_{2112} B_1 B_1^* B_2 + T_{2311} e^{i\Delta\Omega} B_3^* B_1 B_1, \quad (11-a)$$

$$i \frac{dB_3}{dt} = \tilde{T}_{3113} B_1 B_1^* B_3 + T_{3211} e^{i\Delta\Omega} B_2^* B_1 B_1. \quad (11-b)$$

Les calculs sont effectués d'abord par les équations (4-a, b, c) entières avant quelques remarques théoriques sur les équations (11-a, b) simplifiées. C'est la même configuration que celle d'interaction, sauf qu'il y a une seule vague de grande amplitude au temps  $t=0$ . Si les deux autres vagues avancent, sous la restriction  $2\mathbf{K}_1 - \mathbf{K}_2$

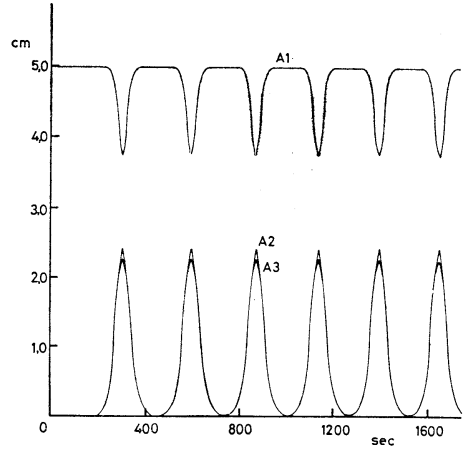


Fig. 10. Exemple d'instabilité du train de vague.  $ak=0, 2$ ,  $p=0, 125$ ,  $q=0, 0$ .

$= \mathbf{K}_3$  dans la même direction que la première, la situation est équivalente au problème étudié précisément par BENJAMIN et FEIR (1967). Leur analyse est exacte pour de petites perturbations, mais si elles ne sont pas petites, on doit utiliser l'équation de NLS (Non Linear Schrödinger) qui est une forme spéciale de celle de Zakharov. Donc, l'équation (4-a, b, c) permet d'examiner la propriété de la vague pour des perturbations à direction et amplitude arbitraires. Des calculs sont faits pour chercher dans quelle région d'espace du vecteur  $(p, q)$  a lieu l'instabilité du train de vague avec les conditions initiales  $A_1 = 5$  cm et  $7,5$  cm,  $K_1 = 0,04$  cm<sup>-1</sup>, c'est-à-dire,  $A_1 K_1 = 0,2$  et  $0,3$ , où  $(p, q)$  est un vecteur de relatif entre  $K_1$  et autres,  $\mathbf{K}_2 - \mathbf{K}_1 = \mathbf{K}_1 - \mathbf{K}_3 = K_1(p, q)$ . Les amplitudes d'une paire de perturbations sont mises à  $10^{-6} A_1$  (le niveau de bruit). Le résultat est montré dans la Fig. 9 avec ceux de MCLEAN (1982), obtenus par l'analyse d'instabilité linéaire d'équation exacte. La Fig. 10 donne quelques exemples de la variation de la vague principale  $A_1$  et des perturbations  $A_2, A_3$  dans le temps.

Enfin, il convient de faire la remarque de la relation entre la méthode ci-dessus et celle de Benjamin. La substitution  $B_1 = b_1 e^{-i T_{1111} b_1^2 t}$  dans l'équation (11-a, b) donne le taux d'accroissement:  $f = \left[ \frac{1}{\Omega^2} \left\{ T_{2311} T_{3211} b_1^4 - \left( (T_{2112} + T_{3113}) b_1^2 - \frac{\mathcal{A}'}{2} \right)^2 \right\} \right]^{\frac{1}{2}}$ , où  $\mathcal{A}' = \mathcal{A} + 2T_{1111} b_1^2$ . L'approximation  $T_{ijkl} = T_{1111} = -\frac{K^3}{4\pi^2}$ , et  $b_1^2 = \pi^2 \left( \frac{2\Omega}{K} \right) a^2$ , donne une for-

mule  $f^2 = \frac{1}{4\Omega^2} (2\Omega a^2 K^2 A - A^2)$ , qui permet d'obtenir, à l'aide du caractère  $\delta^2 = A/\Omega$ ,  $f = -\frac{\delta}{2} \times \sqrt{2a^2 K^2 - \delta^2}$ , qui est justement la formule par la théorie de Benjamin-Feir.

## 5. Conclusion

Des analyses numériques de l'interaction entre des vagues non-linéaires ont été exécutées sur la base de l'équation de Zakharov. L'évolution de la troisième vague  $A_3$  par les deux autres  $A_1$  et  $A_2$  a été examinée sur une durée longue. Elle augmente pendant le premier stade, se rapproche de son maximum et revient vers l'état initial, suivie de phénomènes de récurrence. Le maximum et la période de récurrence dépendent des quantités  $A_1$ ,  $A_2$  et  $R$ . Le résultat théorique s'accorde d'une manière satisfaisante avec le résultat expérimental dans le bassin. Mais, il est difficile de conclure que les résultats précédents existent quand même pour de grandes cambrures de la vague. Il serait nécessaire de comparer ces valeurs les unes avec les autres, quand le transfert des énergies apparaît plus fort. Nous ferons des expériences dans notre bassin à cette condition dans un futur proche.

Le problème d'instabilité d'un train de vague a été examiné directement par la méthode numérique avec quelques remarques. L'intérêt particulier porte sur la relation entre la théorie proposée dans cet article et celle de Benjamin-Feir. Les propriétés d'instabilité non-linéaire de la vague de Stokes ont été comparées avec les résultats obtenus par la théorie linéaire.

Tous les calculs ont été exécutés sur l'ordinateur FACOM-M180II-AD à l'Institut de Recherche Navale.

## Bibliographie

- BENJAMIN, T.B. et J.E. FEIR (1967): The disintegration of wave trains on deep water. *J. Fluid Mech.*, **27**, 417-430.
- CRAWFORD, D.R., B.M. LAKE, P.G. SAFFMAN et H.C. YUEN (1981a): Stability of weakly nonlinear deep-water waves in two and three dimension. *J. Fluid Mech.*, **105**, 177-191.
- CRAWFORD, D.R., B.M. LAKE, P.G. SAFFMAN et H.C. YUEN (1981b): Effects of nonlinearity and spectral bandwidth on the dispersion relation and component phase speeds of surface gravity waves. *J. Fluid Mech.*, **112**, 1-32.
- FORD, J. et J. WATERS (1963): Computer studies of energy sharing and ergodicity for nonlinear oscillator systems. *J. Math. Phys.*, **4**, 1293-1306.
- LONGUET-HIGGINS, M.S. (1962): Resonant interactions between two trains of gravity waves. *J. Fluid Mech.*, **12**, 321-332.
- LONGUET-HIGGINS, M.S. et O.M. PHILLIPS (1962): Phase velocity effects in tertiary wave interactions. *J. Fluid Mech.*, **12**, 333-336.
- LONGUET-HIGGINS, M.S. et N.D. SMITH (1966): An experiment on third order resonant wave interactions. *J. Fluid Mech.*, **25**, 417-435.
- MCGOLDRICK, L.F., O.M. PHILLIPS, N.E. HUANG et T.H. HODGSON (1966): Measurements of third-order resonant wave interactions. *J. Fluid Mech.*, **25**, 437-456.
- MCLEAN, J.W. (1982): Instabilities of finite-amplitude water waves. *J. Fluid Mech.*, **114**, 315-330.
- OKAMURA, M. (1984): Instabilities of weakly nonlinear standing gravity waves. *J. Phys. Soc. Japan*, **53**, 3788-3796.
- OKAMURA, M. (1985): On the instability of weakly nonlinear three-dimensional standing waves. *J. Phys. Soc. Japan*, **54**, 3313-3320.
- PHILLIPS, O.M. (1960): On the dynamics of unsteady gravity waves of finite amplitude. *J. Fluid Mech.*, **9**, 193-217.
- PHILLIPS, O.M. (1967): Theoretical and experimental studies of gravity wave interactions. *Proc. R. Soc. London, Ser. A*, **299**, 104-119.
- STIASSNIE, M. et L. SHEMER (1984): On modification of the Zakharov equation for surface gravity waves. *J. Fluid Mech.*, **143**, 47-67.
- TOMITA, H. et H. SAWADA (1986): An experiment on resonant wave interactions in the ship test basin. *Proc. Ocean. Soc. Japan*, p. 209-210.
- ZAKHAROV, V.E. (1968): Stability of periodic waves of finite amplitude on the surface of a deep fluid. *J. Appl. Mech. Tech. Phys.*, **9**, 190-194.

**Abstract:** For examining the transport of energy between components of nonlinear multi-dimensional waves in a seaway, numerical studies have been made by use of Zakharov equation. The mutual wave interaction in the case where two waves encounter at right angle to grow the third has been calculated. The amplitudes of three waves showed the complete recurrence and the maximum value of the third wave depended not only on the ratio of two wavenumbers of the principal waves but also on their amplitudes. Diagrams presenting such relations have been obtained. Relations rearranged are in fair agreement with values measured by an experiment in a basin. This result verified that the equation is useful to understand the sea states when the wave is not too steep. The instability properties of Stokes wave by use of the same equation on two horizontal dimensions were studied with emphasis on the estimation of the region of instability, and compared with existing ones with some remark.

## 有限振幅水面波の共鳴相互作用に関する数値的研究

富 田 宏

**要旨:** 海洋における有限振幅、多方向波の各成分間のエネルギー遷移を調べるために、Zakharov方程式を用いて数値的研究を行った。この方程式は波峻度について3次のオーダー迄の特異摂動によって求められたものである。それは任意方向に進む各成分波の振幅の長時間にわたる変動を記述することが出来る。ここでは、2つの波が直角に交わりそれによって第3の波が成長する場合について、それらの波の間の共鳴相互作用についての計算を行った。その結果、3つの波の振幅は完全な回帰現象を示し、第3の波の最大値は2つの主波の波数の比のみならずそれらの振幅にも依存している事が分かった。これらの量の間関係を示すダイヤグラムを作製し、それを利用して水槽実験によるデータとの対比を行い、波峻度が余り大きくない場合にはこの方程式は海面の状態を理解する上で十分有効なモデルであることを確認した。同じ方程式を用いて、ストークス波の2次元的不安定性について調べ、波数空間における不安定領域を計算した。結果を既往の線形安定性理論によるものと比較し、またそれらについての若干の考察を加えた。

**Appendice A**

Coefficients de l'équation de Zakharov:

$$T_{0123} = \frac{2V_3^{(-)}{}_{3-11}V_0^{(-)}{}_{20-2}}{\Omega_{1-3}-\Omega_3+\Omega_1} - \frac{2V_2^{(-)}{}_{02-0}V_1^{(-)}{}_{1-33}}{\Omega_{1-3}-\Omega_1+\Omega_3} \\ - \frac{2V^{(-)}{}_{22-11}V_0^{(-)}{}_{30-3}}{\Omega_{1-2}-\Omega_2+\Omega_1} - \frac{2V_3^{(-)}{}_{03-0}V_1^{(-)}{}_{1-22}}{\Omega_{1-2}-\Omega_1+\Omega_2} \\ - \frac{2V^{(-)}{}_{0+101}V^{(-)}{}_{2+323}}{\Omega_{2+3}-\Omega_3-\Omega_3} - \frac{2V^{(+)}{}_{-2-323}V_0^{(+)}{}_{1-0-1}}{\Omega_{2+3}+\Omega_2+\Omega_3} \\ + W_{0123},$$

$$\text{où } \Omega_{i\pm j} = \Omega(\mathbf{K}_i \pm \mathbf{K}_j),$$

$$V^{(\pm)}{}_{012} = \frac{1}{8\pi\sqrt{2}} \left\{ (\mathbf{K}_0 \cdot \mathbf{K}_1 \pm K_0 K_1) \left[ \frac{\Omega_0 \Omega_1}{\Omega_2} \frac{K_2}{K_0 K_1} \right]^{1/2} \right. \\ \left. + (\mathbf{K}_0 \cdot \mathbf{K}_2 \pm K_0 K_2) \left[ \frac{\Omega_0 \Omega_2}{\Omega_1} \frac{K_1}{K_0 K_2} \right]^{1/2} \right. \\ \left. + (\mathbf{K}_1 \cdot \mathbf{K}_2 + K_1 K_2) \left[ \frac{\Omega_1 \Omega_2}{\Omega_0} \frac{K_0}{K_1 K_2} \right]^{1/2} \right\},$$

et

$$W_{0123} = \bar{W}_{-0-123} + \bar{W}_{23-0-1} - \bar{W}_{2-1-03} \\ - \bar{W}_{-02-13} + \bar{W}_{-032-1} - \bar{W}_{3-12-0},$$

où

$$\bar{W}_{0123} = \frac{1}{64\pi^2} \left[ \frac{\Omega_0 \Omega_1}{\Omega_2 \Omega_3} K_0 K_1 K_2 K_3 \right]^{1/2} \\ \times \{ 2(K_0 + K_1) - K_{1+3} - K_{1+2} - K_{0+3} - K_{0+2} \},$$

et  $K_{i+j} = |\mathbf{K}_i + \mathbf{K}_j|$ .Dans le cas particulier où  $\lambda_1 = 1,60$  m et  $\lambda_2 = 5,21$  m, les coefficients s'écrivent:

$$T_{1111} = 1,5258, \quad T_{1221} = T_{1212} = 0,0038, \quad T_{1331} \\ = T_{1313} = 3,0745, \quad T_{1123} = T_{1132} = 0,0893, \\ T_{2112} = T_{2121} = 0,0038, \quad T_{2222} = 0,0443, \quad T_{2332} \\ = T_{2323} = -0,0362, \quad T_{2311} = 0,0883, \quad T_{3113} \\ = T_{3131} = 3,0745, \quad T_{3223} = T_{3232} = -0,0362, \\ T_{3333} = 12,6415, \quad T_{3211} = 0,0963.$$

**Appendice B**

Vérification d'équivalence entre la théorie de Zakharov et celle de Longuet-Higgins:

Si seulement deux vagues à nombre d'onde  $\mathbf{K}_1$  et  $\mathbf{K}_2$  existent, le transfert d'énergie entre elles n'est pas possible, mais une vague exerce une influence sur la vitesse de l'autre. Dans cette situation, deux théories doivent donner la même solution.

La dénivellation de la surface libre est donnée par:

$$\eta_i = A_i \cos(\mathbf{K}_i \cdot \mathbf{X} - \Omega_i' t) \quad (\text{B-1})$$

où,  $\Omega_i' = \Omega_i \left( 1 + \frac{1}{2} A_i^2 K_i^2 + \frac{K'}{2g\Omega_i A_i} \right)$ ,  $\Omega_i^2 = gK_i$  et  $\mathbf{X} = (x, y)$ , Quand  $A_1 = A_2 = A$ ,  $\mathbf{K}_1 = K(\cos\theta, \sin\theta)$ ,  $\mathbf{K}_2 = K(\cos\theta, -\sin\theta)$  et  $\Omega_1 = \Omega_2 = \Omega$ , la quantité  $\Omega'$  est simplifiée comme suit:

$$\Omega' = \Omega \left( 1 + \frac{1}{2} A^2 K^2 + \frac{K'}{2g\Omega A} \right). \quad (\text{B-2})$$

Les deuxième et troisième termes entre les parenthèses représentent l'effet d'interaction. Au moyen de la formule pour  $K'$  d'après l'équation (2.8) dans un article de LONGUET-HIGGINS et PHILLIPS (1962) après quelques corrections, ces termes sont représentés par:

$$A^2 K^2 F(\theta) \Omega, \quad F(\theta) = \frac{1}{2} (8 \cos^2 \theta - 3 - 2 \cos^4 \theta) \\ + \sin^2 \theta \frac{\cos \theta + 2 - 4 \cos^2 \theta}{2 - \cos \theta}. \quad (\text{B-3})$$

D'autre part, l'équation de Zakharov donne:

$$(T_{1111} + \tilde{T}_{1221}) |B|^2. \quad (\text{B-4})$$

qui doit être équivalent au deuxième et troisième termes dans les parenthèses de (B-2). En utilisant la formule (3) de cet article et les relations dans l'appendice A, elle se transforme en:

$$A^2 K^2 F(\theta) \Omega$$

qui concorde avec (B-3).

## 海洋観測塔で記録された遠隔台風による突発的強風\*

中 村 重 久\*\*

### A note on a sporadic gale accompanied by a distant typhoon observed at offshore fixed tower station\*

Shigehisa NAKAMURA\*\*

**Abstract:** Specific features of a sporadic gale induced by a distant typhoon with a cold front are studied referring to the observed results at an offshore fixed tower station. For making ease the features, a case appeared at the time of the distant typhoon 8613, which had induced an inundation and a storm surge in Maidzuru facing Japan Sea, is considered. The author's interest is to study about a sporadic gale induced by the typhoon 8613 observed at an offshore fixed tower station in the western North Pacific. A possible mechanism is considered by using available data in order to get a reasonable understanding and to find a key for predicting such a sporadic gale.

#### 1. 緒 言

台風は北太平洋熱帯域で発生し、あるものは北上して日本列島を襲い、時として、その沿岸域に甚大な被害をもたらす。近年、台風の予想の精度が向上し、気象庁による予警報が適確に伝達されるようになってるとともに、土木技術の進展などにより、沿岸域の災害防止対策も従来に比較してさらに万全なものとなってきている。

ところが、実際に、海上での台風時の諸現象についての実測は、レーダ観測・航空機観測・衛星赤外画像解析など総観的なものを除けばほとんどない。たまたま台風に遭遇した船舶の報告が少数例ながらみとめられる程度にすぎない。ましてや、海洋中の固定点における台風時の海上風の直接観測と、これにもとづく研究成果も、著者の知るかぎりにおいてないと言ってよい。

1986年8月22日、台風8613号が発生し、その台風が北上したとき、日本海沿岸の舞鶴市に高潮による浸水をもたらした。その台風の経路は、京都大学の白浜海洋観測塔から900 km以上離れていた。観測塔での観測記録に

よれば、台風が朝鮮半島北部を北東進する頃に、台風からのびた寒冷前線が通過したことによる突発的強風がみられた。このような突発的強風は、小型船などの海難という事態につながりかねない。

本報では、台風の経路とその概況（気象庁の資料による）では、遠隔の経路をとった台風にもかかわらず、観測塔では突発的強風がとらえられている事実について述べる。一方、観測塔からあまり距離のへだたっていない南紀白浜空港（以下空港と略称）ではそのような突発的強風はあらわれていない。これらの点を観測記録と既往の研究例とをあわせて考察してみる。このような突発的強風の力学的機構についても、関連資料を参考にして検討し、今後の問題点としたい。

#### 2. 台風8613号の経路

日本列島の南方洋上に発生した熱帯低気圧は、1986年8月22日には台風8613号となり Fig. 1 に示すように(●印)、8月22日18時(JST:日本標準時)以後8月30日18時まで、20°Nから50°Nまで、145°Eから123°E付近を経て136°Eまでの間を、図中太線のように移動している。この Fig. 1 は、本文に関連の最も深い1986年8月29日9時(JST)の日本列島を中心とした地上天気図を、気象庁発行の極東天気図から一部とり出したものである。この図をみると、8月29日9時頃には

\* 1987年2月18日受理 Received February 18, 1987

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

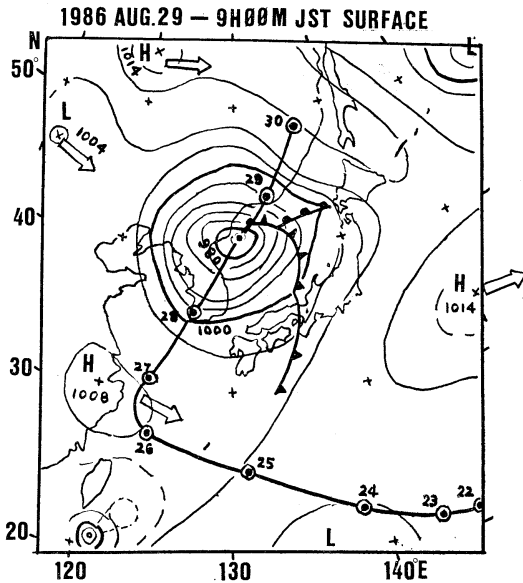


Fig. 1. A weather map (surface) at 09h00m JST on 29 August 1986 (referred to the Far-East Weather Chart issued by JMA). Each encircled dot shows the location of the center of the Typhoon 8613 at 18h00m JST on the day from 22 to 30 August 1986, respectively. The thick line connecting the encircled dots shows the track of the Typhoon 8613 from 22 to 30 August 1986.

紀伊半島西部に台風からのびた寒冷前線が位置していることがわかる。

この Fig. 1 に示された天気図の時刻の前後に、白浜海洋観測塔でどのような現象がとらえられたかについて、次節以下に検討を加えてみたい。この観測塔は海洋上の固定点であることが重要である (cf. Fig. 2)。

### 3. 観測塔の記録

白浜海洋観測塔の位置は Fig. 2 で Tower と示された黒点である。ついでながら、白浜空港は図中 Air Port と示された黒点である。

ここで、Fig. 3 には、熱帯低気圧が台風 8613 号となり、北上して温帯低気圧となるまでの期間、すなわち、1986年 8月16日から31日までの観測塔における風速  $U_D$ 、風向  $U_D$  および気温・水温を示した。ここに、風速は3杯式風速計 (平均海面上 13 m)、風向は矢羽根式風向計 (平均海面上 10 m) により、10分間平均の風速と風向の記録である。気温はサーミスタにより (平均海面上 8 m)、水温は観測塔 (水深約 5 m) の底上 2.5 m におい

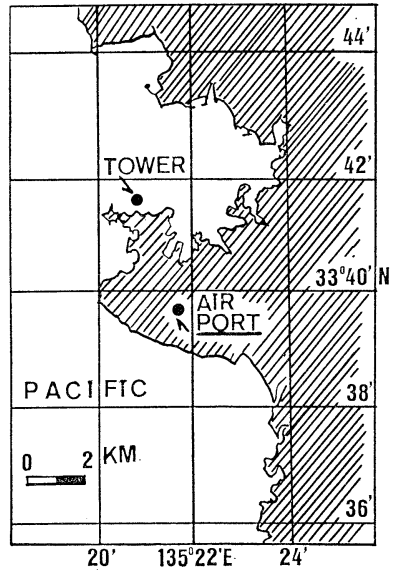


Fig. 2. A map showing the locations of the Oceanographic Tower of Kyoto University (briefly, Tower) and the Meteorological Station for the Nanki-Shirahama Air Port (briefly, Air Port) and the surrounding coastline.

て得られた。この期間、水温の変動は小さい。

この Fig. 3 によれば、海陸風の卓越した日の特徴は、8月16・17日あるいは8月31日にとらえられる。台風が日本の南方洋上を西進している8月22-26日に得られた記録は、微弱ながら台風の影響のあらわれていることを示しているようである。気温・水温でははっきりしないが、風速・風向の時間的变化は、8月16・17日の例から少しずつ異なったものとなっている。8月24日には台風の影響はなくなったかと思われるようなパターンである。しかし、台風がそれから東支那海へ入り転向点を経て朝鮮半島を横断する頃には、観測塔でも典型的な台風による風が観測記録され、さらに北上してしまうと、8月31日のようなパターンになる。

ここで少し注意したいのは、8月27, 28, 29, 30日の記録である。8月27および28日の例は地域的な海陸風のパターンに少しばかり台風の効果加わったものともてもよいかもしれない。

8月29日には、8時10分頃に、観測塔においては、気温が数分のうちに約  $4^{\circ}\text{C}$  低下し、同時刻に、風速はそれまでの約2倍となり、風向は南寄りから東寄りの風へと変化している。この Fig. 3 をみるかぎり、この現象は、まもなく消滅しその前の状態を持続するような傾向を示している。

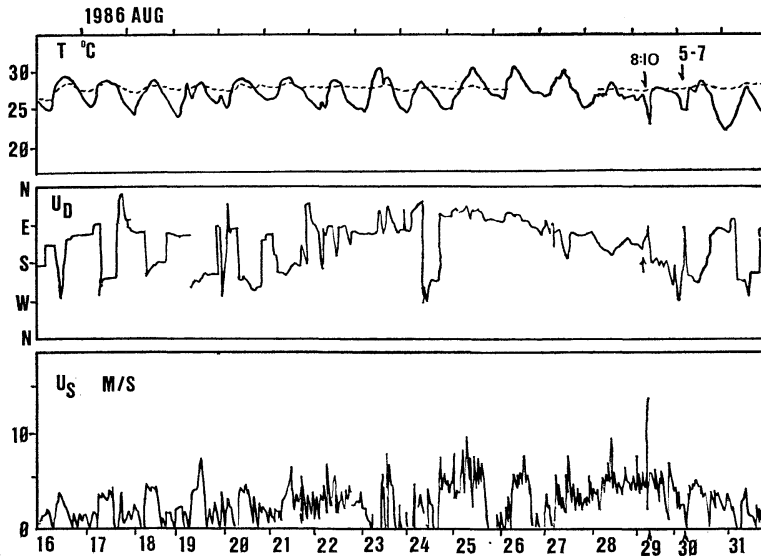


Fig. 3. Wind speed ( $U_S$ ), wind direction ( $U_D$ ) and air and water temperatures (full and dotted lines, respectively) at the Tower from 16 to 31 August 1986. The time during 5 to 7 o'clock on 30 August 1986 must be the time when a cold eddy passed the location of the Tower. A sporadic gale appeared at 8h10m on 29 August 1986. On 27 and 28 August 1986, day-time sea winds towards land must be superposed by tiny sporadic gales which are formed by an effect of the Typhoon 8613 possibly.

8月30日には、5-7時の約2時間 $2-3^{\circ}\text{C}$ の気温低下があり、同時に、風向は西から南を経て北へ変っている。ちょうどその間に、風速はゼロとなっている。台風中心の移動速度と同じ速度で観測塔付近の気塊も移動したものとすれば、Fig. 1を参考にしてその移動速度は、その時刻には約 $30\text{ km/時}$ 程度であると推定される。この移動速度と約2時間の気温低下からみて、低温の気塊が渦の状態では北北東進し、その半径は約 $30\text{ km}$ であったとみられる。風速ゼロはその渦の中心が通過したものである。ただ、残念なことに、周辺によりどころとすべき観測点がないために、十分な検討ができず、推定にとどまらざるを得ない。

これにも増して重要と考えられるのが、8月29日の突発的強風である。

#### 4. 突発的強風

ここでは、台風8613号の北上にともない、台風中心から約 $1000\text{ km}$ の距離にあった白浜海洋観測塔で記録された突発的強風に焦点を絞って述べる。これは、海上の固定観測点で観測された数少ない例のひとつであると思う。この突発的強風の特徴をとらえるために、白浜空港

(Fig. 2のAir Portの位置)の気象資料を参考にした。空港の標高は $104.7\text{ m}$ であり、風の観測は地上 $6.4\text{ m}$ の高さで実施されている。

さきに示したFig. 3のうち、とくに、1986年8月29日5-14時の風向・風速・気温を、観測塔(図中実線)と空港(図中破線)とによってFig. 4のように示した。

このFig. 4によれば、塔の風速は8時頃から急速に強くなり、8時10分に最大値は $15\text{ m/s}$ をこえ、その後次第に弱くなっている。空港では、このような風速の強まりは塔における約半分程度である。その後の風速の弱まり方には、塔・空港ともによく似た傾向がある。

この時の風向をFig. 4によってみれば、塔と空港とは地理的・地形的条件により若干の差はあるが、8月29日8-10時の期間の風向変動の特徴はほとんど同じといつてよい。8時過ぎに塔では南の風が約5分のうちに西へ変わり、約1時間の後、風向は南にもどり、10時には南東となっている。この時期に、Fig. 1に示すように紀伊半島付近の寒冷前線が台風と同じような速度で移動し、その周辺の気塊も同様であるとする、紀伊半島付近での気塊の移動速度は概略 $10-15\text{ km/h}$ と推定される。このことを念頭において、もう一度、Fig. 4の8-10時



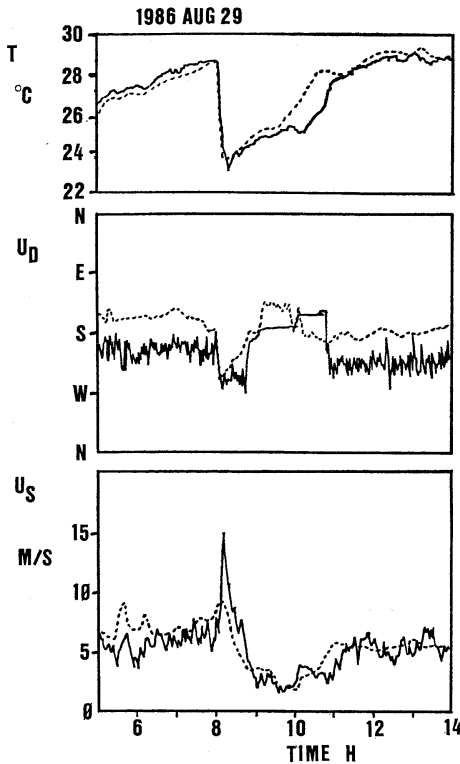


Fig. 4. Wind speeds, wind directions and air temperatures recorded at the Tower (full lines) and at the Air Port (dotted lines) during the time from 5h00m to 14h00m on 29 August 1986 when the distant Typhoon 8613 affected to induce a sporadic gale around the Tower.

の風向・風速の時間的変化をみると、塔での風速は海上であるために空港より強かったかと考えられるが、風向を考慮すると半径 10-15 km の渦が通過したと考える方が力学的に理解しやすい。ただし、寒冷前線の通過時に、あるいは台風の北上時に、半径 10-15 km の渦をとまることがありうるかどうかは、時間スケールや空間スケールを十分考えにいれて今後検討しなければならない。

本報の観測例に類似していると考えられるものの代表的な例として、1978年(昭和53年)に発生した地下鉄東西線鉄橋上の電車転覆事故がある。この強風による事故は、気象学的にみて、寒冷前線の前面にあるプレコールドフロントあるいはそれに伴う小低気圧(渦)が原因ではなかったかとも考えられる。ちなみに、FUJITA (1981)によれば、竜巻(トルネード)や突風(ダウンバースト)には数ミリメートルの渦によるものから、高・低気圧やフロントによる数百キロメートルのスケールのものまで

ある。寒冷前線が高気圧前面にあるとき、数 1,000 km のオーダーの寒冷前線は MASO 型であるとされており、我々が総観的地上天気図でみる例と同じである。これが、100 km のスケールの MESO 型になると、総観的寒冷前線の一部前面には Gust front があらわれる。さらに、この Gust front の一部(10 km 程度のスケール)ではダウンバーストによるフロント(MISO型)があらわれる。このダウンバーストによるフロント付近数 km の範囲で Burst swath (MOSO型)の形成が認められることがある。このようなことから、本報の観測例は FUJITA (1981) の分類の一部と類似性はあるが、なお、今後検討の余地がある。

その他の例として、1986年(昭和61年)12月28日、国鉄(現在の JR 線)山陰本線余部鉄橋で、強風による列車の転覆落下の事故があった。これは、当時、四国南沖の低気圧が三陸沖へ移動するとともに発達したことが気象学的原因であるが、列車転覆そのものは、風と車輦との間の応答に関連した力学的問題であるので、ここでは、とくにこれ以上立ちいることはしない。ただし、地形的にみて、余部鉄橋付近は谷筋の海に開いた位置であり、焦点は POST and NEFF (1986) が対象とした谷筋の強風と関連が深いようである。

一方、石崎ら(1979)は、紀伊半島南端の潮岬において突風前線の観測研究をはじめ、以来、一連の成果をあげている。彼らは、この問題を乱流境界層の問題としてとりあげた。たとえば、台風7916号の例について強風域の時間的・空間的スケールを検討した。この突風前線を石崎ら(1979)は“Gust front”と称しているが、この対象とする水平スケールは数百メートルである。これは FUJITA (1981) の“Gust front”(10 km のオーダー)と異なっていることに注意しなくてはならない。

著者らの海上の観測塔における突発的強風に対応した例について、神戸海洋気象台の中田(1986)は気象学的資料を可能なかぎり駆使して調査報告をまとめている。この例は、1985年(昭和60年)9月7日、寒冷前線が通過した時の例である。彼によれば、“顕著な寒冷前線の通過と地形の影響によって、寒冷前線の前面付近に異常発達した積乱雲が発生することがある”という。そして、積乱雲下の下降気流(ダウンバースト)が地面にぶつかって水平にひろがるために“突風(陣風)”が生じるとされている。中田(1986)はこれを“Gust”と表現しているが、基本的には FUJITA (1981)の考え方に立脚しているようであり、その具体例とみているようである。

さて、本報の観測例との関連で、FUJITA (1981)の論

文をみると、寒冷前線の例のほか、サイクロンの例がある。すなわち、1,000kmのスケール(MASO型)のサイクロンは総観的な地上天気図での低気圧や台風に対応する。閉塞前線を伴う数十キロメートルのスケール(MESO型)のサイクロンでは、その進行方向の後方に舌状高気圧がみられる。いわゆる竜巻(トルネード)は1kmのオーダーでMISO型である。さらに、FUJITA(1981)は、100mのスケールのMOSO型サイクロン(あるいはsuction vortex)を考え、トルネードに併進する小さな低気圧性渦を考えている。

このように、現段階で系統的な視野に立つた研究はFUJITA(1981)の例に限られ、そのどこに本報の観測例が位置づけられるかを考えることも可能である。しかし、そのためにはいくつかの推測あるいは前提を設定しなくてはならない。台風から約900km離れた位置で観測された突風に対して、FUJITA(1981)のサイクロンの例はあてはまらない。強いて適用するとすれば、FUJITA(1981)の“Gust front”の例であろう。残念ながら推測の域を出ない。はたしてダウンバーストであったのかどうかを確認することは現在利用できる資料によるかぎり困難である。

ところで、実際の現象面からみれば、海上での突発的強風は、比較的短時間ではあるけれども、その時と場所によっては、海難や漁業災害の原因に直接つながる。今後さらに検討をすすめて、現象の実態を把握し、その力学的機構を究明し、さらには、現象の予測への道を開くよう努めなくてはならないと考えている。

なお、突風・陣風・強風あるいはGust・ダウンバーストの定義が明瞭でなく、研究者によって異っている点には十分注意しなくてはならない。

## 5. 結 言

海中に固定した観測点としての海洋観測塔における記録にもとづいて、台風が1,000kmの遠距離を北上しても、突発的強風があらわれる例を示した。そのような現象の力学的機構や時間的・空間的スケールのほか、地形との関連なども今後明らかにする必要がある。

なお、白浜海洋観測塔の記録は芹沢重厚・片山富晴両君の努力によって得られたものである。また、南紀白浜空港の気象資料などの利用については和歌山地方気象台の御好意によった。さらに、査読者からのコメントにより本文をより充実したものとすることができた。

## 文 献

- FUJITA, T.T. (1981): Tornadoes and down bursts in the context of generalized planetary scales. *J. Atmos. Sci.*, **38**, 1511-1534.
- 石崎滂雄・光田 寧・林 泰一 (1979): 潮岬における突風前線の観測について (1). 京都大学防災研究所年報, (23 B-2), 257-270.
- 中田隆一 (1986): 大阪湾の気象(ヨット転覆事故を起した突風(陣風)及び大阪湾に発生する陸風収束雲). *海と空*, **62**, 51-62.
- POST, M.J. and W.D. NEFF (1986): Doppler lidar measurements of winds in a narrow mountain valley. *Bull. Am. Met. Soc.*, **67**, 274-281.

## 播磨灘堆積物中の有機態炭素・窒素, 全リン およびフェオフィチンの水平分布\*

門谷 茂\*\*, 多田邦尚\*\*, 岡市友利\*\*

### Distribution of organic carbon, organic nitrogen, total phosphorus and pheo-pigments in surface sediment from Harima-nada, the Seto Inland Sea, Japan\*

Shigeru MONTANI\*\*, Kuninao TADA\*\* and Tomotoshi OKAICHI\*\*

**Abstract:** The organic carbon, organic nitrogen, total phosphorus and pheo-pigments in marine sediments were determined using the core samples collected at 72 stations all over the Harima-nada, the Seto Inland Sea, Japan. The contents of organic carbon, organic nitrogen, total phosphorus and pheo-pigments per dry sediments were 3.1-24.7 mg/g, 0.41-3.35 mg/g, 0.15-0.68 mg/g and 9.0-60.5  $\mu\text{g/g}$  in the surface layer (0-2 cm) of the sediments, respectively. The contents of these materials were higher in the northern coastal area and the central area than in the areas near the Akashi and Naruto channels. The atomic ratio of carbon to nitrogen fluctuated in the range from 8.0 to 11.5. It seems likely that the local change of the contents in surface sediments mainly depends upon the tidal residual flow pattern in the Harima-nada and the size distribution of sediments. A good positive correlations were found between organic carbon, organic nitrogen, total phosphorus and pheo-pigments, expressed as  $Y_C = 0.304 X + 2.44$  ( $r = 0.894$ ),  $Y_N = 0.0395 X + 0.352$  ( $r = 0.841$ ), and  $Y_P = 0.00444 X + 0.229$  ( $r = 0.682$ ), where  $X$  is pheo-pigments ( $\mu\text{g/g}$ ), and  $Y_C$ ,  $Y_N$  and  $Y_P$  are organic carbon, organic nitrogen and total phosphorus (mg/g), respectively. These results suggest that most of organic matters in the surface sediments originated from *in situ* primary production. From such distributions of organic carbon, organic nitrogen, total phosphorus and sedimentation rates, the annual burial fluxes to bottom sediment in the Harima-nada were estimated to be 56,000 tons in organic carbon, 7,200 tons in organic nitrogen and 1,440 tons in total phosphorus.

#### 1. はじめに

東部瀬戸内海に位置する播磨灘は、面積 3,426 km<sup>2</sup>、平均水深 25.6 m、容積 87.7 × 10<sup>9</sup> m<sup>3</sup> の閉鎖性の強い内湾である。灘の北岸には、大規模な臨海工業地帯が存在する。流入する河川の多くは灘北部に集中し、加古川・市川・揖保川・千種川の4河川で、同海域に流入する総河川流量の80%近くを占めている。一方、四国および

淡路島・小豆島からの流入量は極めて限られている。

播磨灘の海洋環境の特性は、赤潮発生との関連で論じられることが多く、特に1972年以降、*Chattonella* 属の赤潮による度重なる大きな漁業被害のため、赤潮発生対策やその予知について社会的に大きな関心を呼んできた。しかし、赤潮発生とも関係が深いと思われる播磨灘の底質環境についての総合的な調査は、沿岸諸県の水産試験場や、塩沢ら(1979)の他2~3に過ぎず、灘北部の極く沿岸部の観測点が少いことから、北部河川の影響が明瞭でない。また灘全域にわたる堆積物中の有機物の詳細な分布に関しては多くの不明な点が残されている。

著者らは、播磨灘全域の72調査点から1点当り4~5本の柱状堆積物試料を採取し、各種の有機物の分析・定量

\* 1987年2月26日受理 Received February 26, 1987  
播磨灘の底質環境に関する研究 I The environmental study on the Harima-nada sediment I  
香川大学農学部, 〒761-07 香川県木田郡三木町  
Faculty of Agriculture, Kagawa University,  
Miki, Kagawa, 761-07 Japan

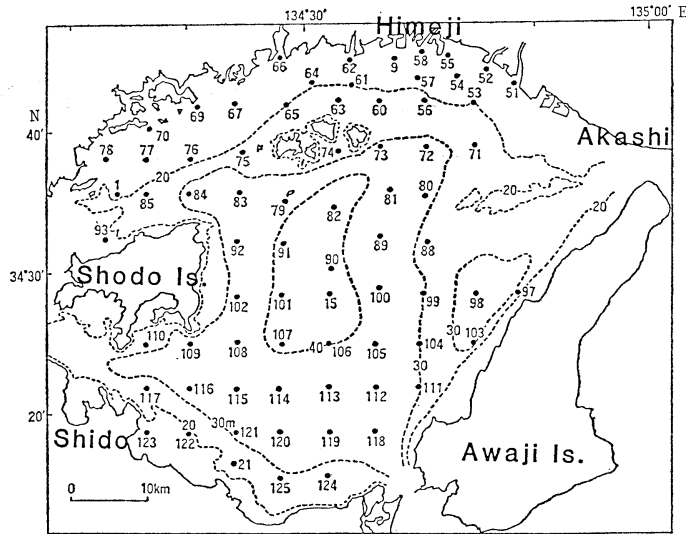


Fig. 1. Location map of sampling stations in Harima-nada, the Seto Inland Sea.

を行ってきた。本報告では、これらの分析結果に基づき、堆積物表層(0~2cm)における有機態炭素・窒素、全リンおよびフェオフィチンの分布を明らかにするとともに、播磨灘でこれまでに報告されている堆積速度から、有機態炭素・窒素および全リンの沈積埋没量を推定することを試みた。

## 2. 試料採取および分析方法

### (1) 試料採取

堆積物の柱状試料は、Fig. 1 に示した播磨灘全域の72定点で、1982年および1983年の10月~12月に、広島大学生物生産学部所属の豊潮丸ならびに、香川大学農学部の調査船カラヌスを使用して採取した。各地点とも、内径38mmの柱状採泥器を用いて4~5本の柱状試料を採取し、船上にて直ちに2~3cm毎に切断してから凍結保存して実験室に持ち帰った。実験室で凍結乾燥後、デシケーター中で保存して、後の分析に供した。

### (2) 有機態炭素・窒素の定量

乾燥堆積物試料約2gを200ml容ナス型フラスコに精秤して入れ、0.5N HCl 20mlを加えて一晩室温中に放置した後、ロータリーエバポレーターを用いて、50°C以下で減圧乾固し、無機態炭素を除去した。このフラスコ内の試料を、メノウ乳鉢で粉末状にして分析時までデシケーター中に保存した。これを有機態炭素・窒素分析用の試料とし、柳本 MT-500 型 C・N コーダーを用いて同時定量した。なお、無機態炭素については本報では議論しない。

### (3) 全リンの定量

乾燥堆積物試料約200mgを精秤し、100ml容肉厚ガラスビン(Schott社製、ねじロビン)に取り、これに1N HClを30ml加えて一昼夜室温で放置した後、GF/Cフィルターを用いて濾別した。濾液は適当倍に希釈し、モリブデンブルー法で比色定量した。この画分を塩酸抽出リン(HCl-P)と呼ぶ。また、堆積物の抽出残渣は、GF/Cフィルターごと100ml容テフロンビーカーに入れ、46%フッ化水素酸(HF)と12N HClをそれぞれ5mlずつ加えてホットプレート上で酸分解乾固後、これに1N HCl 10mlを加え、5分間超音波処理をして残余のリンを抽出した。この抽出液を先と同様にモリブデンブルー法で分析定量し、これを難溶性リン(Res.-P)とした。HCl-PとRes.-Pの和を全リン(T-P)とした。本報ではこの全リンについてのみ報告する。

### (4) フェオフィチンの定量

乾燥堆積物試料1gを精秤し、10ml容共栓付遠沈管に入れ、90%アセトン5mlを加え約15分間超音波処理を行なって粒子を分散させた後、5°C前後で12時間抽出を行なった。ついで、遠心分離(3,000rpm, 5分間)し、その上澄液についてPARSONS *et al.* (1984)の方法で比色分析し、フェオフィチン量を求めた。なお、今回は抽出液に1N HClを添加し、一部残存している可能性のあるクロロフィルもフェオフィチンに変え定量した。

## 3. 結果および考察

播磨灘の表層堆積物(0~2cm深)中の有機態炭素お

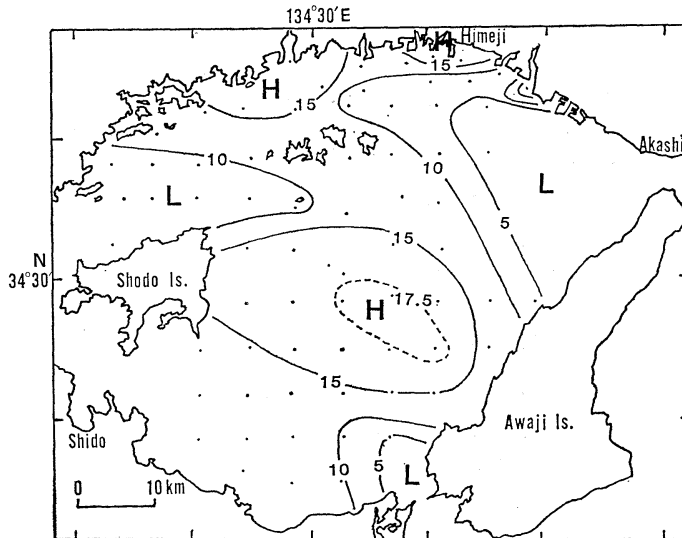


Fig. 2. Distribution map of organic carbon in surface sediments (mg/g).

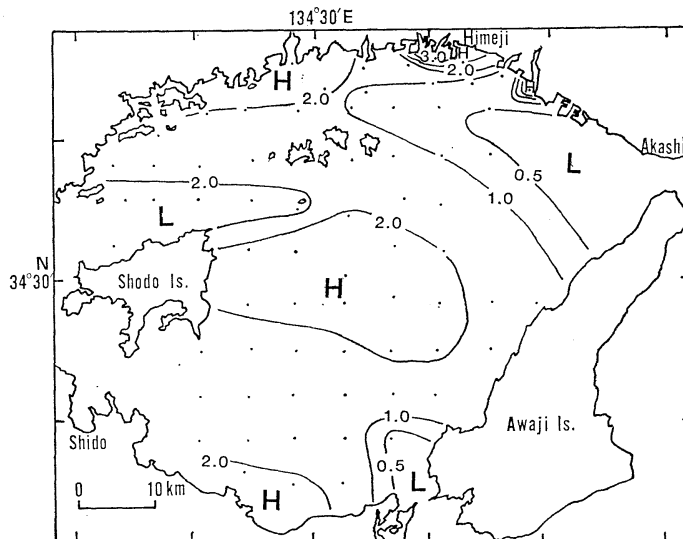


Fig. 3. Distribution map of organic nitrogen in surface sediments (mg/g).

よび窒素の水平分布をそれぞれ Fig. 2 と Fig. 3 に示した。有機態炭素と窒素は、ほぼ同じ分布傾向を示しており、灘北部沿岸域と灘中央部で、それぞれ 15mgC/g, 2.0 mg N/g 以上の高濃度域がみられた。とりわけ、加古川・市川両河口部の表層堆積物中では、有機態炭素がそれぞれ 27 mgC/g, 25 mg C/g, 窒素については 3.6 mg N/g, および 3.4 mg N/g という高濃度の値が得られ、これらの都市河川の汚染が進行していることが推測される。有機態炭素についてみれば、MURAKAMI

(1977), 塩沢ら (1979), 山岡 (1983) が報告している値 (灘北部沿岸域や灘中央部で 20 mg C/g 以上) に比べ、若干低い傾向にあるが、これは本報告では無機態炭素を完全に除去していることと、定量法が異なっているためと考えられる。窒素については大きな違いはなく、互いに比較的良く一致している。

Fig. 4 に表層堆積物中の全リンの濃度分布を示した。有機態炭素・窒素と同様に市川河口の St. 58 で最も高濃度 (0.68 mg/g) の値が得られたが、加古川河口部 (St.

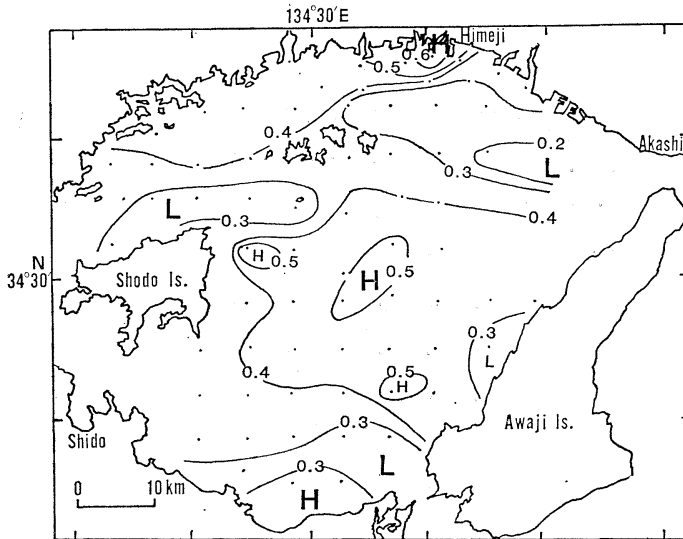


Fig. 4. Distribution map of total phosphorus in surface sediments (mg/g).

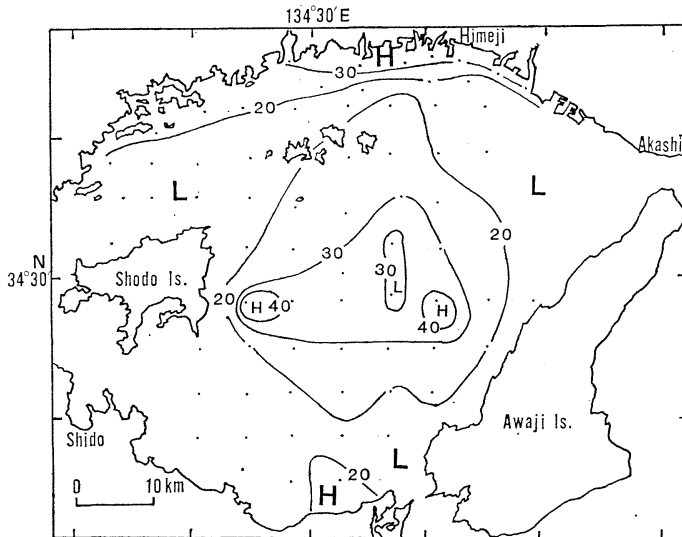


Fig. 5. Distribution map of pheo-pigments in surface sediments ( $\mu\text{g/g}$ ).

51) では  $0.3 \text{ mg/g}$  とむしろ低い値を示しており、各河川によって運ばれてくる陸起源粒子のリン含量に多寡があるものと予想される。また、灘中央部の St. 89 で  $0.50 \text{ mg/g}$  の高濃度の値が得られた。一方、明石海峡、鳴門海峡および淡路島西側、小豆島西側では、 $0.3 \text{ mg/g}$  以下の低濃度域が広がっており、これら以外の海域はおおむね  $0.4 \sim 0.5 \text{ mg/g}$  の濃度範囲であった。

次にフェオフィチンの水平分布を Fig. 5 に示した。フェオフィチンも有機態炭素・窒素と同様に、灘北部沿

岸域および灘中央部において高濃度の値がみられ、逆に明石海峡、鳴門海峡付近および小豆島の北部に低濃度域がみられた。また、灘北部沿岸域では、何れの地点でも  $20 \sim 40 \mu\text{g/g}$  の範囲に入っており、灘中央部では、 $40 \mu\text{g/g}$  を超える値が得られた。

以上のように、表層堆積物中のこれらの物質の水平分布は、何れも良く似た形をしており、明石、鳴門両海峡を通過する潮流の流路付近では低濃度であり、一方灘中央部から南部および北西沿岸部に多量に分布していた。

井内(1982)によると, 播磨灘の堆積物の多くは中央粒径値(Mdφ)が4以上の泥質堆積物であるが, Mdφ6以上のごく細粒なものは灘中央部および南部に広く分布し, 北部海域では点在している。

また, 真鍋・竹末(1974)は, 播磨灘北部海域の堆積物中の重金属濃度と, 堆積物粒子中で粒径53μm以下の微細な粒子の占有割合の多寡が良く一致していることを報告している。

これらのことから, 播磨灘表層堆積物中の有機物の水平分布パターンは, 直上の有光層中で生産される植物プランクトン現存量の多寡だけでなく, 播磨灘に存在する恒流系(柳, 1982)から見て灘中央部に微細粒子が集積する過程が考えられ, これにより大きく影響を受けていると思われる。

次に, 表層堆積物中のフェオフィチンと有機態炭素, 窒素および全リン含有量の関係をそれぞれ Fig. 6, 7, 8に示した。

これらを見ると, 三者ともに比較的高い相関関係(C: 0.894, N: 0.841, P: 0.682)と, 炭素・窒素については小さな, リンでは大きなy切片値(フェオフィチンの量が0の時の有機態炭素・窒素および全リン濃度, C: 2.44 mg/g, N: 0.352 mg/g, P: 0.229 mg/g)をもっていることがわかる。このy切片値の多くは陸起源粒子のものと考えられることができるが, そのC:N:P比は27.5:3.4:1となり, きわめてリンに富んでいることがわか

る。

また, 有機態炭素・窒素についてはy切片値が小さいことから, 灘の大部分の海域で堆積している有機物の多くは, 播磨灘の有光層中で生産されたものであると思わ

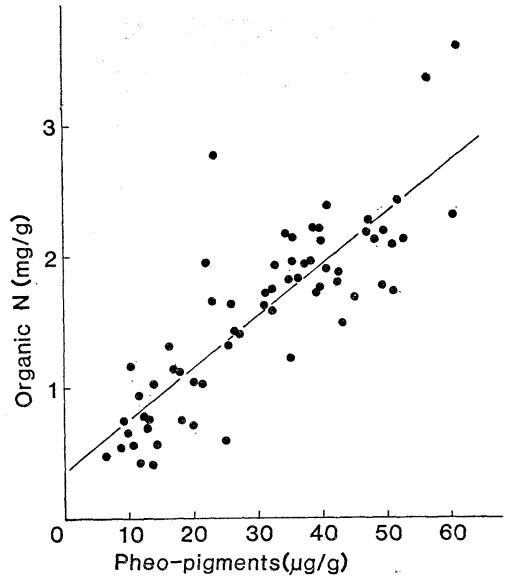


Fig. 7. Correlation between pheo-pigments and organic nitrogen in surface sediments. The data follow the equation; organic N=0.0395×pheo-pigments+0.352 (r=0.841).

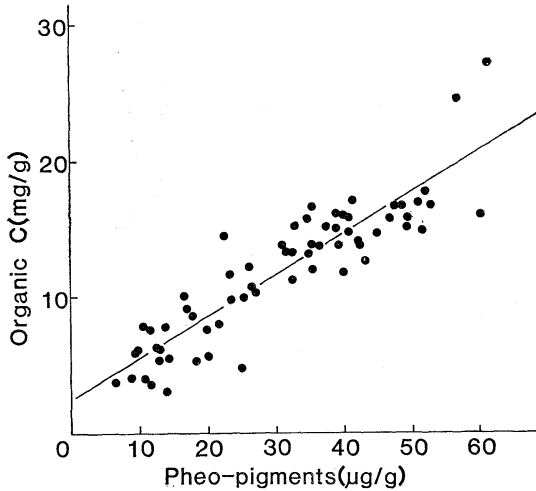


Fig. 6. Correlation between pheo-pigments and organic carbon in surface sediments. The data follow the equation; organic C=0.304×pheo-pigments+2.44 (r=0.894).

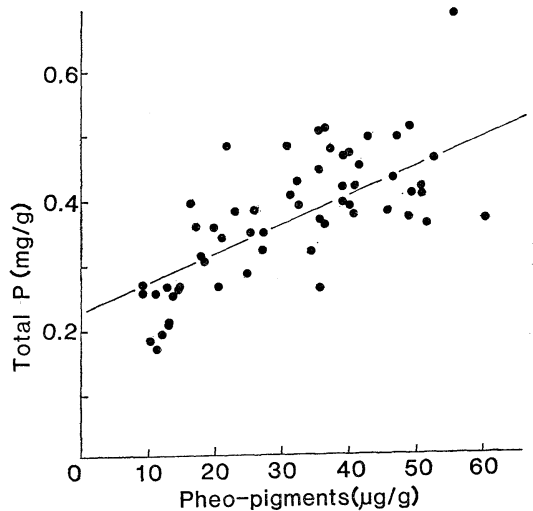


Fig. 8. Correlation between pheo-pigments and total phosphorus in surface sediments. The data follow the equation; total P=0.00444×pheo-pigments+0.229 (r=0.682).

れる。

次に、今回求めた播磨灘表層堆積物中の有機態炭素・窒素および全リンの濃度と、堆積速度からこれらの年間堆積量を求めた。

星加ら (1983), 門谷・岡市 (1984) が報告している播磨灘全域の 8 点における堆積速度は,  $0.11 \sim 0.33 \text{ g/cm}^2/\text{y}$  であり, 北部では比較的小さく南部で大きい傾向にあるが, 平均すると  $0.2 \text{ g/cm}^2/\text{y}$  程度と見積ることができる。今回得られた有機態炭素・窒素および全リン濃度の平均値は, それぞれ  $14.0 \text{ mg C/g}$ ,  $1.80 \text{ mg N/g}$ ,  $0.36 \text{ mg P/g}$  であり, 堆積域を泥質堆積物のおおよその分布域 ( $2,000 \text{ km}^2$ ) とみなすと, 播磨灘における有機態炭素・窒素の年間堆積量は, それぞれ  $56,000 \text{ トン}$ ,  $7,200 \text{ トン}$ ,  $1,440 \text{ トン}$  と見積ることができる。

播磨灘の基礎生産量は, 遠藤ら (1982) によって平均  $0.37 \text{ gC/m}^2/\text{day}$  と報告されているので, 灘全体の 1 年当りの生産量は, 炭素についておよそ  $463,000 \text{ トン}$  となり, 先の年間堆積量  $56,000 \text{ トン}$  は, この 12% に相当する。

窒素とリンについてみると, 播磨灘への陸上からの流入負荷は, 1 日当たりそれぞれ  $70$  および  $7 \text{ トン}$  (柳ら, 1985) と推定されているので, 堆積している量は窒素についてはその 28%, リンでは 56% を占めていることになる。つまり, リンの方がより粒子化され易く, 海水中から多量に除去されることをこの数字は示している。

以上の結果が示すように, 播磨灘のような内湾では陸上からの窒素やリンの流入負荷量のうちのかなりの部分が, 低次生物生産過程を通して底泥堆積物に移行しており, このプロセスが沿岸生態系に与える影響は大きいと言わなければならない。

また, 先に求めた播磨灘表層堆積物中の有機態炭素, 窒素・全リンの平均値の原子比は  $\text{C}:\text{N}:\text{P}=101:11.1:1$  となり, 鎌谷 (1979) が報告している東京湾での値  $76:7.6:1$  に比べてリンの比が小さいことがわかる。これは, 堆積するプロセスがほぼ同様だと考えるなら, 河川を通して流入する有機物の組成の差異を表わしているものと考えられる。すなわち, 播磨灘では東京湾に比べてリンの流入する比率が低いことを物語っている。このことは, 周辺の工業化の程度, 人口などを比べてみると興味深い事実であろう。

最後に, 試料採取に御協力いただいた香川大学農学部浜垣孝司技官および広島大学生物生産学部豊潮丸の船長はじめ乗組員の皆さんに記して感謝します。

なお, 本研究の一部は, 文部省科学研究費 (奨励研究 56760133, 57760167) の補助の下に実施された。

## 文 献

- 遠藤拓郎, 小山治行, 今林博道 (1982): 播磨灘における植物プランクトンと, 海況とくに栄養塩の分布および水質の生理分析. 環境科学研究報告書, B148-R-14-8, 海洋環境特性と赤潮発生に関する基礎研究, p. 81-92.
- 星加 章, 塩沢孝之, 松本英二 (1983): 播磨灘における堆積速度と重金属汚染. 日本海洋学会誌, **39**, 82-87.
- 井内美郎 (1982): 瀬戸内海における表層堆積物の分布. 地質学雑誌, **88**, 665-681.
- 鎌谷明善 (1979): 東京湾における懸濁物及び堆積物中の燐, 珪素, 炭素と窒素について. 日本水産学会誌, **45**, 1109-1114.
- 真鍋武彦, 竹末敏男 (1974): 播磨灘底土の汚染について I. 汚染の数値的解析について. 兵庫県水産試験場報告 (14), 61-67.
- 門谷 茂, 岡市友利 (1984): Pb-210 法による播磨灘の堆積速度. 香川大学農学部学術報告, **36**, 25-30.
- MURAKAMI, A. (1977): Organic pollution of bottom mud in the Seto Inland Sea and its removal experiment. Bull. Nansei Reg. Fish. Res. Lab., **10**, 53-72.
- 塩沢孝之, 川名吉一郎, 星加 章, 谷本照己, 滝村 修 (1979): 瀬戸内海の底質. 中国工業技術試験所報告, (4), 1-24.
- PARSONS, T.R., Y. MAITA and C.M. LALLI (1984): A Manual of Chemical and Biological Methods for Seawater Analysis. Pergamon Press, Oxford. 173 pp.
- 山岡到保 (1983): 東部瀬戸内海底質中の脂肪酸分布. 日本農芸化学会誌, **57**, 845-849.
- 柳 哲雄 (1982): 播磨灘の赤潮発生機構に関する一考察. 環境科学研究報告書 B148-R-14-8 海洋環境特性と赤潮発生に関する基礎研究, p. 121-126.
- 柳 哲雄, 柴木秀之, 武岡英隆 (1985): 播磨灘・大阪湾の塩分, 窒素, リン収支. 沿岸海洋研究ノート, **22**, 159-164.



## シンポジウム

### 日仏におけるバイオテクノロジーをめぐる最近の話題

#### Colloque

#### “Aspects actuels de la biotechnologie au Japon et en France”

日 時 : 1987年3月13日  
会 場 : 日仏会館会議室  
主 催 : 日仏海洋学会・日仏会館  
コンビーナー : 隆 島 史 夫 (東京水産大学)

1. ショウジョウバエ分子遺伝学の現状
2. 日本における植物バイオテクの応用
3. 水産増養殖におけるバイオテクノロジー
4. 魚類の倍数体育種
5. バイオセンサーによる魚の鮮度測定
6. フランスにおけるバイオテクノロジーの現状

堀 田 凱 樹 (東京大学)  
三 位 正 洋 (千葉大学)  
小野里 担 (養殖研究所)  
上 野 紘 一 (近畿大学)  
渡 辺 悦 生 (東京水産大学)  
ダニエル・パルド (フランス大使館)

水産の分野において最近、資源の活用、有用物質の探索・生産、優良品種の作出などにいわゆるニューバイオテクノロジーの技術を取り入れ、生産の実を上げようとする研究に期待がもたれている。例えば、魚類成長ホルモンの遺伝子組換えによる生産技術や水産食品の品質を酵素センサーによって見きわめる技術は、ほぼ実用段階に達している。しかし、魚介類疾病の生物防除や育種などの技法は、なお開発途上にある。本シンポジウムは、

このようなわが国水産分野におけるバイオテクノロジーの現況と問題点を披露頂き、この方面の先達であるショウジョウバエ分子育種ならびに植物品種改良技法などの紹介を受け、フランスにおける当該研究の現状をも参照して、これからの水産バイオテクノロジー研究の方向性を把握する一助となることを期待して企画した。

(隆島史夫)

### 1. ショウジョウバエの分子遺伝学の現状

堀 田 凱 樹\*

#### 1. Stratégie actuelle en génétique moléculaire de la drosophile

Yoshiki Hotta\*

古典遺伝学や発生生物学の豊富な技術や知識が蓄積されているショウジョウバエは、遺伝子工学、細胞工学の

手法を応用する上で、種々の利点を持っている。例えば研究に好適なバランス染色体、唾腺染色体なども存在し利用されているし、更に遺伝子操作技術も確立されている。

ショウジョウバエに薬物によって突然変異を多数誘発

\* 〒113 東京都文京区本郷 7-3-1  
東京大学理学部物理学科  
Université de Tokyo

すると、例えば飛翔筋だけが、変性したり、機能を失って飛べなくなるといった突然変異が生じる。そこで、まずタンパク質レベルで異常があると考え、O'Farrellの2次元電気泳動法により、一次方向に電荷で、二次方向には分子量で全蛋白質を分画したところ、飛翔筋でのみ、正常には存在しない様なスポットが多く出現したのが見出された。これは熱ショックタンパクと呼ばれる一群のタンパクであることが判明したが、このタンパクは、大腸菌から人まで、もちろん魚にも存在する物で、通常の生育温度より5~10°Cほど高温に上げてやると、細胞中の全てのRNA合成、タンパク合成が停止し、一群のRNA合成のみが促進された結果生じたものである。しかし、この突然変異の場合には、熱を加えていないのにこのタンパクが生じてくる。従って、この変異では、熱ショックタンパク遺伝子の発現をおかしくさせる様な、異常が生じていると考えられる。実はこれは、アクチンの遺伝子の変異の結果である事がやがて判明した。ここでは、それを分子生物学手法を用いて証明する過程を簡単に紹介しよう。まず電気泳動図の解析からアクチンの遺伝子がおかしいということが予想されたので、逆にアクチンのスポット領域のみがおかしくなる様な変異遺伝子を多数集めてみたところ、低温で熱ショックタンパクの出るものが2系統見出された。これらは両者とも、アクチン遺伝子の最後の方の特定の領域で塩基置換が生じ、そこでタンパク質合成が停止したり(ナンセンス)、同様にあるアミノ酸のコードが他のアミノ酸のコードに変わる(ミスセンス)といった突然変異が生じていた。そこで、この突然変異を起こした遺伝子をもう一度ハエの中に戻して発現させ、そこで熱ショックタンパクが出現すれば、この遺伝子が、その原因であると断定できる。この様な操作を、ショウジョウバエではトランスポゾンというものを使って、確実にやる事が可能である。

トランスポゾンとは、染色体の中で位置を移動するようなDNAの断片である。ショウジョウバエでは数年前に、hybrid dysgenesis という現象が発見された。これは2つの異なる純系間での交配において、そのF<sub>1</sub>が不妊になったり、F<sub>2</sub>に突然変異体が高頻度で出現したり、雄における組み換えや、更に染色体の切断などの異常が生じる現象である。しかもこの現象は、雌雄逆交配から得られる子孫には見られない。従って卵細胞質に異常があるとされ、分子遺伝学的研究が行われてきた結果、父親の系統の染色体上には、P因子と呼ばれるトランスポゾンが多数存在している事が明らかにされた。このP因子は、P因子をもたない母親の細胞質の中では、活性が

高まり、この交配によって生じた子供では、その生殖細胞中でP因子が染色体から切り出されて動き出し、本来の染色体DNAに大きな変化をもたらし、種々の異常を引き起こすということが判明した。その後、P因子は、約3 kb.p.の長さで両端に逆向き反復構造(inverted repeats)が存在し、この構造が認識されて、切り出されて動き、更にこの切り出しをする酵素(transposase)もP因子DNA自身がコードするということがわかった。従って、この両端の断片さえあれば、染色体への組み込みが可能であるわけで、ここを残し、真中には自分の挿入したい遺伝子と *rosy*<sup>+</sup> の遺伝子(目の色を赤くする遺伝子で表現型として目的の遺伝子がうまく組み込まれたかをチェックするために入れる。)を入れ、プラスミドにつなげる。これを、トランスポゼース活性を高めるために、完全なP因子とともに卵の将来極細胞の生じる領域に注入してやる。すると、うまく発生が進むと極細胞の中にその遺伝子が入っていき、その結果生まれて来たショウジョウバエは、目が赤くなる。これはトランスポゾンとして染色体に組み込まれた *rosy*<sup>+</sup> の遺伝子が発現したため、すぐにこれらの遺伝子がうまく入ったという事がわかる。一度組み込まれると二度とそれが動かない様に、トランスポゼース活性の上まらない様に交配しておく。すると、挿入された遺伝子はメンデル遺伝をする。このトランスポゾンを用いた技術は能率がとても高い上に、正確である。

ここで先程の話に戻ると、この技術を用いて突然変異のアクチンの遺伝子だけを正常の個体に入れると、突然変異の症状を全て呈することが分った。従って、前記の突然変異は、熱ショックタンパクの遺伝子がおかしくなって生じたのではなく、アクチンの遺伝子がおかしくなった結果であるという完全な証明となった。またアクチンの遺伝子の上流域を長さを変えてP因子法で染色体に導入すると、このアクチンが正しく発現するためには、その上流2 kb.p.位の領域を一緒に入れてやらねばならないという事もわかった。このように、この方法では、一つ一つの領域の機能を全て調べていく事が *in vivo* でしかも個体レベルで可能である。例えば飛翔筋でしか発現しないアクチンの遺伝子に、大腸菌のβガラクトシダーゼ遺伝子を接続して、アクチンのプロモーターにつけたDNAを注入してみると、実際に飛翔筋でのみβガラクトシダーゼの活性が生じている。更に、特定のアミノ酸を置換するという事も可能である。これは1本鎖のファージの中にDNAを組み込んでおいて、自分が変えたいと思う領域を含むDNAをDNA合成装

置で合成し、これをはめてやる。これを2本鎖にした後増殖させると、片方の鎖は変異体に入った分子を作っていく。これは site-directed mutagenesis の一つの方法で、非常に簡単である。

次に微量にしか存在しない分子を認識する方法として抗体を使う方法を示す。特殊な分子のみを認識する抗体を培養細胞系で作れば、DNA をランダムに切って入れたプラスミドを発現ベクターに挿入し、大腸菌に入れるとタンパクを発現するが、これをこの抗体で認識してつり出す事が可能である。ショウジョウバエではホメオティック遺伝子という体節の番号を間違える遺伝子が存在し、例えば本来翅を作らない後胸部を中胸部と間違った結果、翅が4枚になるといった *bithorax* や、アンテナが足に変わる *antennapedia* などと言った突然変異が知られている。また、体節数を減らす遺伝子も有り、このDNA をプローブにしてRNA の配置を見たところ、体節が出現する以前の組織学的には均一な細胞が並んでいる時にすでにバンド状に遺伝子の活性が異なる事がわかった。このようにショウジョウバエでは、クローニングが速やかに出来、しかもP因子というトランスポゾンを使って再度そのDNA を染色体上に戻す事ができると

いう点が他の生物には無いところである。今後このP因子を他の動物にも応用できる様に研究中であるが、これには *hybrid dysgenesis* や *inverted repeats* の様なショウジョウバエのP因子と同じ様な性質の遺伝子を見つけ出すという方法と、もう一つショウジョウバエのP因子を他動物に導入してうまく使えるようにするという方法が考えられる。この2つは両方とも未知であるが、魚でも培養細胞などにP因子を強引に押し込み、後にトランスポジションするための要素となる遺伝子を入れてやる事により、飛び回る様になるかもしれないと期待できる。一度動き出すと、それを使って遺伝子を自由に出し入れできる。P因子が動き出すような条件下で、偶然大事な所にP因子が挿入されると、その突然変異が可視的に判断できる。この症状が望ましい突然変異なら、手元にあるP因子をプローブとしてその付近をクローニングできる。今まで遺伝子のクローニングには、その産物がわかっていないか、抗体があるか、walking をするか、といった方法しかなかったが、この考えが成功すればP因子を入れた場所の突然変異だけからすぐにクローニングが可能となる。これらの新しい技術は近い将来魚でも可能になるのではないだろうか。

## 2. 日本における植物バイオテクの応用

三 位 正 洋\*

### 2. Biotechnologie botanique appliquée au Japon

Masahiro Mii\*

植物のバイオテクノロジーは大きく、繁殖・育種の分野と、物質生産に関連した分野に分けられる。繁殖・育種の分野では、組織培養を利用した大量増殖、特にクローンの大量増殖、2番目に植物の有性器官である葯を培養することによる半数体の作出、3番目に細胞培養で生じた突然変異の選抜、4番目に試験管内受精、あるいは受精胚の試験管内培養、5目番に細胞融合を用いた雑種の作出、6番目に核、染色体、オルガネラの導入、更に遺伝子組み換えによる単一遺伝子の導入、などが実験的

に行われている。最初に組織培養だが、植物の場合、培養組織から完全な植物体を再生できるのが大きな利点である。まず茎頂培養について示す。これは茎の先端の組織を約0.5 mm位とり、これを培養するのだが、茎頂部位には、ウイルスが侵入していないことが多いため、ウイルスフリーの植物体を作ることが可能だ。実際、カーネーションなどでは茎頂培養によりウイルスフリーの個体を作り、売られている。次に組織培養を利用した植物の大量増殖であるが、この場合増殖効率をいかに上げるかという点や、培養の途中に生ずる突然変異をいかに抑えるかといった点が問題になる。組織培養とは少し意味がちがうが、自然界ではラン菌との共生によってはじめて

\* 〒271 千葉県松戸市松戸 648  
千葉大学園芸学部  
Université de Chiba

発芽が可能であるラン科植物では、古くから、人工合成培地で栄養を与えて無菌的に発芽をさせるといった技術が実用化されている。組織培養を利用して増やすと計算上は一年間で、千から百万倍に増やすことが可能だが、これは従来の繁殖方法では得られない量である。ここで大量増殖の意義について考えてみると、第1の利点は一つの良質個体が得られた時に、短時間で大量に増やすことができるので、生産ベースにのるような品種が短期間でできるということである。第2にヘテロ個体の品種化である。従来の育種では種子繁殖作物の場合、まず純系を作る必要があるが、組織培養を用いればヘテロ個体で優れたものは、大量増殖によってすぐに品種として利用できる可能性もある。また、バナナのような不稔性植物の増殖も可能である。このような植物の組織から植物体を再生させる時に重要な事は、オーキシンとサイトカイニンという2種類のホルモンのバランスである。この両者の濃度を適当に組み合わせることにより植物体が再生する。カルスからの再分化には、芽と同様の構造をもつ不定芽形成の他に、受精胚とよく似た不定胚形成もある。花や観賞用植物においては、様々なものが組織培養により商業的に大量生産されているし、更に栄養繁殖性の花・野菜では茎頂培養によりウイルスを除いたのちに増殖させる方法が行われている。次に人工種子だが、これは不定胚形成によってできた胚様体を人工イクラを作る様な技術でカプセルに包み込み、自然の種子に近い形で利用しようとするものである。これには大量の体細胞に由来する個体を小さなスペースで生産し、それを生きた状態で長期保存することが可能となるといった長所が考えられる他、人工種子の中に農薬や、有用な微生物、弱毒ウイルス等を入れてやるといった考えもある。技術的にはエンジンなどで不定胚を前述の技術で包み込み、人工種子を作ることは可能となっているがまだ実用化には至っていない。人工種子の生産に際しては、体細胞が大量に出来る事、遺伝的変異を抑制すること、包入技術の開発、などが必要である。更に現在、乾燥に耐える人工種子の作成や、発芽及び初期生長に必要な栄養をいかに与えるかという問題がある。培養胚について長所を示すと、急速大量増殖が可能である、形質を遺伝的に固定する必要がない、植物体の様々な部位を利用できる、茎頂部を用いれば無病の苗が得られる、更に培養条件を変えてやることにより生産調整が可能である、といった点が挙げられる。短所には、苗の単価が高くなる、すべての作物で利用できるわけではない、遺伝的変異が起きやすい、品種育成者の利益が保護されにくい、といった点が

挙げられる。この培養によって起こる変異の原因としては、元の植物体内に変異細胞が存在している可能性と培養中に変異が誘起される可能性があるが、現在では後者が主とされている。このような変異を積極的に利用することもある。すなわち、培養細胞に起きた変異から有用なもののみを選抜するわけで、選抜の対象としては、耐寒性、耐暑性、耐病虫性、薬剤耐性、栄養要求性といったものが考えられる。現在までに見つかっている変異の内、農学上有用なものを挙げると、パイナップルでは作業上のじゃまになるとげのないもの、稲では草丈とか穂の大きさに変異が生じたもの、サトウキビでは耐病性品種、ジャガイモでは大きさや色に変異が生じたものなどがある。これらの組織培養の分野では、作業を機械化する試みが進みつつあり、近い将来、種苗工場を作るという事も考えられている。次に花粉、薬培養であるが、これは花粉を正常な花粉にしないで、植物体にしてしまい、これによって半数体を作ってから染色体を倍加して遺伝的に固定化した個体を得るのが目的である。薬培養には、花粉が直接胚発生する場合と、いったんカルス化して、そこから二次的に再分化させて植物を作るといった2つの方法がある。半数体は花が小さく薬からも花粉は全く出ないが、これをコルヒチンなどで倍加処理することにより元の大きさに戻る。しかし、この技術を有用な作物で行ってみても、胚が生じなかったり、カルスからの再分化が難しく、現在実用化されているのはナス科とイネ科位である。試験管内受精や胚培養といった技術は、遠縁の雑種の作出に用いられている。また、カンキツ類など珠心胚実生のできやすい植物では未熟種子を培養して珠心組織から培養細胞を作ると、とても植物体や胚に分化しやすいので、栄養繁殖の一つの方法として利用できる。胚の養分となる胚乳は3倍性なので、これをうまく培養すると、3倍体が出てくる可能性があるが、現在あまり成功していない。次に細胞融合だが、この目的は、遠縁雑種の作製ということと、同一種内で融合させ倍数体を作ることである。有名な例にトマトとジャガイモの細胞融合によって生じたポマトがあるが、この問題点は地上部も地下部も貧弱となり、それ自体、作物として利用できない点や、生殖器官が不完全で種子が得られないため、それ以上の育種を進めることができない点にある。たとえ雑種が出来ても、あまり縁の離れた物どうしでは生殖能力がないということである。現在では主に種間雑種が作られ、中には属間雑種もあるが、この中で普通の交配では雑種が得られなかったものはポマト位しかない。しかし、細胞融合の場合は細胞質も融合する

ため、ミトコンドリアや葉緑体中の遺伝子も混ざる、という点で興味深い。また現在、核、染色体、オルガネラの導入ということが広くとり上げられているが、核置換によれば核細胞質雑種の形成が可能である。また、F<sub>1</sub>雑種を作る際に2つの系統を交配するが、自家受粉を防ぐために、種子をとる側の親の花粉を開花前にとり除く、除雄という操作が必要である。ここで雌性不稔といわれる花粉を作らない花を雌親に用いれば、このような問題は解決される。この雌性不稔の遺伝子はミトコンドリア内に存在する事が判明しているのを、これを細胞質に導入して細胞質雌性不稔を作ろうといった研究が現在進められている。また、特定の染色体を出し入れできれば、それによって生じた形質を見ることにより、遺伝子地図の作製も可能であると思われる。有用物質の生産においては、現在、対象となっている物は、アルカロイド、色素、ビタミン、農薬の成分などであるが、これらは主に二次

代謝産物であり、器官特異性がある。従って、特異的な器官で作るものを培養細胞で作らせるには、生産力の高い培養条件や、生産力の高い細胞系が必要となる。遺伝子組み換えは、ベクターとして *Agrobacterium tumefaciens* の Ti プラスミドや、*A. rhizogenes* の Ri プラスミド、更に DNA ウイルスのカリフラワーモザイクウイルスといったものを用いて形質転換を図っている。例えば形質転換によって得られた根を液体培養すると、根として無限に増殖する。こういった技術を使って、根で特異的に有用物質を作る植物、たとえば最近ではバイオロ紅として有名になったムラサキという植物の根からとれるシコニンという色素を効率よく生産できるようになってきている。根の細胞は産生した有用物質を培地中に放出する性質を持つため、現在その有用性が注目されている。

### 3. 水産増殖におけるバイオテクノロジー

小野里 担\*

#### 3. Développement de la biotechnologie dans l'aquaculture

Hiroshi ONOZATO\*

水産におけるバイオテクノロジーは非常に遅れており、遺伝子操作、細胞融合においても研究が始まったばかりである。まず遺伝子操作だが、最近、遺伝子のクローニングが行われ出したが、今後これに伴って塩基配列及びたんぱく質の一次構造が解明されるであろうし、遺伝子の機能部位、調節機構なども明らかにされるだろう。また、遺伝子のクローニングは遺伝子ライブラリーを作ることにもつながるので遺伝子資源の保存も確立されると思われる。また、成長ホルモンはすでに合成可能となっているが、遺伝子組み換え技術を用い、微生物や培養細胞にホルモンやワクチンを作らせることも可能になる。これまで育種は、交雑、選抜が主に行われてきたが、遺伝子組み換えを使えば、遠縁の形質を導入したり、特定の性質を強調したり、あるいは適当なプロモーターを遺伝子に結びつけて組み込むことによって、その

プロモーターを外部から刺激することによって、生理的機能をコントロールするという事も可能になる。また、ミトコンドリア DNA を用いて資源解析、あるいは遺伝的距離を求めて、系統関係を明らかにする。または分布の広がり方を推察するといった生物地理的な問題を扱う仕事も増えている。このように遺伝子操作は、今後水産分野では非常に重要な技術になるであろう。次に染色体操作であるが、水産生物では、体外排卵を行い、1個体で多数の卵を産む。更にその後の発生も体外で行われるといった、操作上の長所を生かして、かなり進んでいる。核移植は、核、細胞質雑種を作ることにより細胞質遺伝を解明できるであろうし、これがわかれば、核の形質と細胞質の形質の両者の雑種を育種に用いることもできると考えられる。更にこの技術は、クローン作出の有力な手段と成り得るだろう。又細胞融合に関しては、現在海藻などでプロトプラストの作製も一部で可能となっているので、こういった物の体細胞雑種を作ることが可能となると思われる。性のコントロールは、魚類にお

\* 〒519-04 三重県度会郡南勢町中津浜  
養殖研究所  
Institut national d'Aquaculture

いては性が未分化の状態では化してくるので、この性質を利用すれば、人為的操作により単性養殖などにもつながる。次に、細胞の大量培養が可能になれば、有用タンパクの大量合成も可能になるし、真珠を作る際には、培養液に核を浸して、細胞を付着させ、それによって真珠を巻かせるということもできる。従来の方法では、品質を均一化することは難しかったが、こういった細胞培養技術が進んでくれば、一定の品質の細胞を継代培養しておいて、真珠を巻かせるピースに使うことも将来可能になると思われる。しかし、これらの技術の内実現しているものはわずかである。現在ブリ、サケで成長ホルモンのアミノ酸配列が解明されているが、ニジマスにサケの組み換え成長ホルモンを腹腔注射したところ、ホ乳類の成長ホルモンを用いた時より顕著な成長促進が見られた。この様な組み換えによって作られた生理活性物質が、今後色々な方面で養殖に利用されると思われる。また、クローニングされた遺伝子を適当なプロモーターと結びつけて、発生開始時の卵や未受精卵に注入し、それを元来の遺伝子の中に組み込ませて、発現をコントロールしようといったような、外来遺伝子の導入も少しずつ行われてきている。次に雄性発生であるが、これは受精前の卵子に多量の $\gamma$ 線を照射して卵子の染色体を完全に破壊し、遺伝的に不活性とする。そこへ正常な精子を受精させ、更に第1卵割を阻害する事によって染色体を倍加し、精子由来の2倍体の個体を作る技術である。今まで自然界に存在する野生動物の遺伝子資源を保存するには、その個体を飼いつけるしか方法は無かったが、この技術を使えば、精子を凍結保存しておき、その種を復活させたい時に、近縁種の卵を借りて雄性発生させれば精子由来の子が生じる。特にY精子から出来た子供は、YYといった超雄になるので、この雄を親魚として正常の雌と交配すると、全雄生産が可能になる。また、異種の卵を借りて、精子由来の個体を作る場合に、卵核だけを局部的に $\gamma$ 線を照射して破壊することができれば、生じてきた子供は、核、細胞質雑種となる。更に第一卵割を阻害するため、子供は完全ホモ個体になっているので、2代目も同様に単性発生で子供をとると、それはクローンになる、という利点もある。このような点を考慮すると、雄性発生という技術は非常に重要な技術だと考えられる。そこで、まず卵に照射するのに適当な $\gamma$ 線量を決めるため、卵に色々な線量の $\gamma$ 線を照射しておいて、その後で正常な精子で受精させ、培養を続け、その生残率を各線量ごとに比較した。すると照射線量の増加に伴って、生残率は低下するが、一定の値を超えると逆に回

復してくる。これは、照射により遺伝子の突然変異や、染色体の断片化が起こり、胚発生に害作用を及ぼし生残率を低下させるが、更に線量を増すと母親由来の染色体がほとんど破壊され、正常な父親由来の染色体だけで発生が進むため回復すると考えられる。この効果をHertwig効果と呼ぶ。この結果  $10^5$  rad 位が雄性発生を起こすのに最適な線量であると判明した。しかし発生率は、正常の発生や雌性発生に比べ極めて低く、5~30%位になってしまう。これは、 $\gamma$ 線照射により、卵核が破壊されると同時に細胞質中のDNA、RNA、タンパク質も影響を受けるためと考えられる。このようにして発生させた胚はみな半数体なので、これを倍数化させる必要がある。これは水圧を加え紡錘体を消失させ、染色体の移動を阻害するといった方法をとる。そこで受精後様々な時間に水圧処理をして倍数化を試みたところ、260分~350分までの非常に長時間にわたって倍数化が起こった。しかし、この処理を加えたものの内、7%位しか正常な胚は生まれず、更に、倍数化には成功しているものの異常な胚が多数出現してくるといった問題がある。このように低率ではあるが精子由来の個体を作ることができた。そこで、生まれてきた雄が、本当にYYになっているかを確認するため、この個体の精子と普通の雌の卵とを受精させた。その結果、全ての個体で100%近く雄が生まれてきたため、雄性発生によって生じた雄は超雄になっている事が明らかとなった。次に、絶滅した種を復活させる場合には、同種の卵はもう利用できないので異種の卵を借りて、精子由来の子が生まれるかという事を確かめるため、サクラマスの卵にアマゴの精子を用いて雄性発生を行った。この場合同種間での雄性発生より更に低い発生を示し、0.2%しか生残しなかったが、明らかにアマゴの形質を備えた精子由来の子が生じた。更にどの程度離れた系統の卵でも雄性発生が可能か、という事を調べるために属の異なる魚の卵を借りて、前述した様に凍結保存をした精子を用いて実験を行った。これにはイワナ属のイワナの卵を借りて、サケ属のサケ、サクラマス、カラフトマスの精子を用いた。その結果、異なる属の卵を借り、しかも凍結保存しておいた精子を用いても、発生自体はかなり高率で起き、更に胚体が生じたものの染色体を見てみると、核型は明らかに父親の性質を示しており、この場合も精子由来の胚が発生してきたという事が確認された。この様な事が成功率は低いが一応可能になったという事は、こういった方法が先にも示した様に、将来、種の保存とか、全雄生産、あるいは核、細胞質雑種の作製といった事に応用されていく可能性が出て来たと言えよう。

## 4. 魚類の倍数体育種

上 野 紘 一\*

### 4. Techniques d'élevage polyproïde des poissons

Koichi UENO\*

水産におけるバイオテクノロジーは他分野のそれに比べてかなり遅れており、現段階では、主に育種技術をバイオテクノロジーと称している。ここでは最近最も注目を集めている魚類の倍数体育種について、その操作の原理と技術、作出魚の利用性等につき概説したい。

倍数体誘導の基礎として、受精とその後の卵内における核の行動を初めにみておくことにする。動物の精子は完全に減数分裂を終えた状態で受精の時期を向えるが、卵は減数分裂途中の特定の時期にしか受精できず、魚類の卵では、減数分裂の第2分裂中期の段階にとどまって受精の機会をまつ。この点は魚類の倍数体を誘導するうえに極めて重要である。魚類の精子には卵膜をとかすのに必要な先体がないが、これに対応して卵膜には細胞質に達する穴が1個用意されている。精子が卵の細胞質に達すると、第2分裂中期で止まっていた卵の核は目覚めたように分裂を再開し、やがて分裂の残りの部分を終らせる。受精には、染色体数を2nの状態に還元させるという役目のほかに、このような卵を付活化させるという重要な働きがある。

次に、バラタナゴ受精卵の組織像に基づいて、このへんの様子を実際にみてみよう。精子侵入時に、卵の核は卵細胞質のごく表層に位置し、典型的な中期像を示しているが、20°Cのもとで、媒精後10分には後期へと進み、15分後には終期に達して極体を放出する。極体は微小な細胞であるが、1組の染色体(n)を含んでいる。精核と卵核は、その後胞状化して媒精後35分には接合する。この状態は第1卵割まで維持され、核膜が1つに融合することはない。媒精後70分には第1卵割の核分裂が起こるが、このとき染色体はすでに複製されており4nとなっている。倍数体の誘導処理は、こうした卵発生の初期段階に行われる。つまり3倍体の誘導は、受精卵に極体放

出を阻止する処理を施して、卵由来の2セットの染色体(2n)と精子核の1セットの染色体(n)を卵内にとどめることにより成就される。また4倍体の誘導は、第1卵割核分裂を阻止し、4nの染色体を卵内にとどめることにより成就される。3n、4nの染色体を備えた卵は、その後体細胞分裂を繰り返しながら、それぞれ3倍体、4倍体個体を形成していく。

減数分裂の第2分裂や第1卵割の核分裂の阻止には、染色体を極へ導く紡錘糸を壊すことによって達成されるが、この点を少し詳しくみておこう。紡錘糸はシングルレット微小管そのものであり、この微小管は2種類のタンパク分子が交互に結合してできた原繊維をもとにして、これが管状に13本組み合わせられたものである。微小管の分子は一定の化学的・物理的処理を施すことによって解離する。つまり紡錘体の破壊は微小管の脱重合にはかならない。分裂装置の1器官である中心子も微小管でできているが、これは強固なトリプレット構造をもち、こうした処理に対して影響を受けにくい。動物の倍数体誘導には、毒性の強い化学物質による処理はほとんど用いられず、温度と圧力による処理がとられている。

倍数体を高頻度で作出するには、適正な処理温度・圧力、受精後の処理開始時間、および処理の継続時間を明らかにしなければならない。魚類の倍数体の誘導において、低温、高温処理は卵の発生適温から15~20°C離れた温度で行われ、低温では30~60分間、高温では数分間処理されている。また水圧による場合は650~750kg/cm<sup>2</sup>で数分間処理されている。受精後の処理開始時間は、3倍体の誘導においては極体が放出されるまでの時間ということになるが、分裂後期の初めが特に有効と考えられている。コイ科魚類、アユ、タイ科魚類、ヒラメなどでは媒精後5分に開始されている。4倍体誘導のための適正な処理開始時期については、まだ十分な知見が得られていない。

雌性発生2倍体の作出には、遺伝的に不活化した精子

\* 〒577 東大阪市小若江 3-4-1  
近畿大学農学部水産学科  
Université de Kinki

で卵を受精し、この卵に前述の処理を施すのである。卵に対する処理を減数分裂の第2分裂期に行うか第1卵割期に行うかという点については、後に述べる作出魚の利用目的と関連して異なってくる。精子の遺伝的不活化には、精液を浸透圧や  $K^+$  濃度を調整した人工精漿で 30~100 倍に希釈し、これを薄い層に伸ばした後、波長 260 nm 付近の紫外線により  $2,000\sim 6,000 \text{ erg/mm}^2$  照射している。人工精漿の使用は、精子の動きを止めて媒精時までその運動エネルギーを温存するためであり、260 nm の波長の採択は、核酸塩基への吸収がよく、遺伝的不活化がすみやかに行われる点にある。精子は、遺伝物質が壊されても鞭毛運動を行って卵内へ侵入し、卵を付活させる。精子の中心体は、遺伝物質が破壊された後も正常に保持されていることが必要で、これは第1卵割の極の形成に不可欠である。

3 倍体、4 倍体の出現頻度を正確にとらえるためには核型を分析しなければならないが、この作業はかなり複雑であり、通常は染色体数の算定やマーカー染色体の計数によってその頻度を決めている。また簡易的には、銀染色法により間期の核小体数を調べたり、赤血球の長径を測定する方法がとられている。一方、雌性発生 2 倍体の誘導率は、交配に当り対立遺伝子の異なる親魚を用いておき、作出魚のアイソザイムを分析することによって得ている。雌性発生した個体には雄親魚のアイソザイムは検出されない。雌性発生 2 倍体の作出においては、精子や卵に対する処理不成功によって半数体、3 倍体、単なる交配によって生じた 2 倍体が出現してくるが、アイソザイムの数や活性比からこれらの割合を調べることもできる。系統的類縁関係の隔たった魚種間でこの誘導を行うと、半数体のほか、異質 3 倍体、雑種 2 倍体は卵発生中や孵化後まもない時期に死亡してしまうので、雌性発生 2 倍体のみが選択的に作出できる。

次に、作出魚の利用性について述べよう。3 倍体魚の不妊性と、それによって引き起こされる生理生態的性質の変化は、魚類養殖にさまざまな効果をもたらすものと考えられている。ここでは実験的に生産されたティラピアとアユの 3 倍体についてその利用性を検討してみたい。熱帯性の養殖魚ティラピア・ニロチカは、水温  $24^\circ\text{C}$  以上では終年産卵し、粗放的な養殖池では餌生物を取り合って商品サイズに満たない魚が多量に生産されてしまう。また雌魚は口腔内哺育、雄魚はなわばり闘争という養殖上不利な性質を備えている。3 倍体ティラピアを成魚の段階まで飼育してその生殖腺を調べたところ、精巢、卵巢共にかなりの発達を示したが、2 倍体に比べて劣り、排卵や排精は起こらなかった。こうした不妊化は、この魚の再生産力を抑止し、計画的に商品サイズの魚を生産するの役立つと思われる。また雄魚のなわばり闘争も抑制されたが、この点は養殖空間の有効的利用につながるであろう。3 倍体アユの生殖腺を産卵期に調べたところ、前者のそれに比べてより退化的で、人工挿出によっても採卵採精することができなかった。アユは 1 年で成熟し産卵後死亡するが、このために商品としての売買期間が著しく短い。不妊のアユは産卵期を越えても生残するので、通常のエ照処理を施すことなく売買期間を延長できる。また、3 倍体アユは退化的生殖腺をもつことによって、産卵期においても可食部の減少がおさえられ、肉質の劣化も軽減される。

雌性発生 2 倍体の作出には、全雌生産とクローン魚生産という 2 つの目的がある。雌魚の単性養殖や魚の遺伝的純化は、養殖効果を高めるうえに重要な意義をもっている。全雌生産は雄ヘテロ型の魚種でなければ行えず、クローン化には交叉の現象を考えると誘導率の低い第 1 卵割阻止による方法を採用しなければならないという問題がある。



## 5. バイオセンサーによる魚の鮮度測定

渡 辺 悦 生\*

### 5. Estimation de la fraîcheur du poisson par le biocapteur

Etuo WATANABE\*

魚肉の鮮度は、魚肉を原料とした製品の品質を左右するので、品質管理上迅速かつ正確に鮮度を計測する必要がある。また、魚肉の鮮度計測は、特に日本人の場合は魚を生で食べる習慣があるので、食品衛生上からも必要である。従って、魚の鮮度計測法の確立が各界から強く望まれている。そこで、ここでは簡便性、迅速性、経済性といった面で非常に優れているバイオセンサーによる魚の鮮度測定について述べる。

まず世界で最初に考案されたセンサーは透析膜内に酵素溶液と電気化学デバイスとを挿入することにより構成された。すなわち、基質は通すが酵素は通さない透析膜で酵素溶液を覆ってこれを試料溶液に入れると、試料中の基質が膜内に侵入し、酵素反応が起き、これらの反応で生成あるいは消費された化学物質の量をデバイスで測定し記録する。しかし、この方法では数回使用すると酵素が失活した。そこで酵素の安定性を維持させる必要が生じた。酵素を固定化する技術が開発されて以来酵素の安定性が著しく改良され、グルコース、尿素、アルコール、アミノ酸などのセンサー開発が急速に進んだ。しかも酵素は基質特異性があるため、種々の物質が混合したサンプルの中からも目的の物質を測定できるという利点もある。

酵素固定化の方法は、我々の研究室の例で示すと、まず、1,8-ジアミノ-4-メチルオクタン含有トリアセチルセルロース膜をグルタルアルデヒド処理した後、これを酵素溶液に浸漬し、酵素のアミノ基と膜面上のアルデヒド基との間にシッフ塩を形成させることにより酵素を固定化した。この方法では、酵素の活性中心が阻害されることも充分考えられるが、活性部位と無関係な所で結合し正常に働く酵素も存在すると思われる。この方法で固定化された酵素は容易に脱落しないという利点があ

る。

次にグルコースセンサーを例にしてセンサーの原理を述べる。まず、グルコースオキシダーゼを固定化した膜を酸素電極上に装着することによりグルコースセンサーを製作し、これに絶えず緩衝液を移送する。すると緩衝液に溶けている酸素量に比例した電流値が記録計にベースラインとして記録される。そこへサンプルを注入すると、サンプル中のグルコースが膜上のグルコースオキシダーゼの作用で酸化される事により酸素が消費され、その結果電極に到達する酸素量は減少し、それに比例して出力電流も減少する。したがって、初めのベースラインとの差から酸素の消費量がわかり、最終的にグルコースの量が求められる。しかしながら、バイオセンサーの最大の欠点は、物理センサーに比べて安定性が非常に悪いことである。これまでに開発されたセンサーの安定性はたかだか20~30日、長くても100日位しか維持できない。

本題の鮮度センサーについて述べる。一般に生体内で分解、合成、酸化、還元といった反応が常温、常圧、中性といった条件で進行するのは酵素が働いているため、これらの反応は温度やpHに著しく影響される。魚の死後、筋肉中で進行する種々の化学反応もまたこの酵素が関与している。動物の死後、嫌気の状態になると、筋肉中のグリコーゲンが嫌氣的分解を起し（グリコリシス）、乳酸が多量に生成される。その結果pHが低下すると、ATPaseが働き出しATP（アデノシン三リン酸）がIMP（イノシン-5'-リン酸）まで分解される。さらにpHが5.4位まで低下するとヘキソキナーゼが失活しグリコリシスは停止し、乳酸の生成は停止する。この頃ATPがADPに分解される時に生じる高エネルギーを使って筋肉が収縮するいわゆる死後硬直が始まる。約1日位で肉が柔らかくなる（解硬）頃から筋肉中に存在する酵素によって自己消化が始まり、同時に細菌が繁殖し始め腐敗に至る。このような一連の変化の中から鮮度を表わすための様々な鮮度指標が見い出されている。

\* 〒108 東京都港区港南 4-5-7

東京水産大学食品生産学科

Université des Pêches de Tokyo

まず死後硬直度は魚の頭を保持し尾の水平面からの垂れ下がりの度合いによって示される。生菌数は有用な指標ではあるが、結果が出るまでに時間がかかる上に操作も繁雑であり現場的でない。VBN (揮発性塩基窒素量) はアンモニア、トリメチルアミン、ジメチルアミンに由来する窒素を測定するものであるが、この方法では揮発性成分を測定するため測定誤差が大きく再現性に乏しい。K 値は、簡単に言えば、ATP 関連化合物の中で最終代謝産物がどの位の割合で蓄積されているかという値で、 $\{HxR(\text{イノシン})+Hx(\text{ヒポキサンチン})\}/(ATP+ADP+AMP+IMP+HxR+Hx)\times 100$  で表わされ、死後初期の段階における“生きの良さ”を示した値である。さらに、pH も特定の魚種の特定位について測定した場合には、鮮度と非常に相関が高い。このように様々な鮮度指標が提案されているが、特にK 値の信頼度が高い。詳細な実験の結果、K 値を構成している6つの成分のうち死後1日経過すると ATP, ADP, AMP はほとんど魚肉中には存在しないことが明らかになったので、新しい鮮度指標として  $K_1=(HxR+Hx)/(IMP+HxR+Hx)\times 100$  を提案し、これを計測するためのバイオセンサーを開発した。

まず、固定化キサンチンオキシダーゼ膜を酸素電極の先端に装着することにより Hx センサーを製作した。同様にして、キサンチンオキシダーゼとスクレオシドホスホリラーゼ両酵素固定化膜を用いて HxR センサーを、更に 5'-スクレオチダーゼ、スクレオシドホスホリラーゼ、キサンチンオキシダーゼ固定化膜を用いて IMP センサーを製作した。これらのセンサーを一つのフローセルにセットし鮮度センサーシステムを構成した。このシステムに魚肉抽出液を注入することにより、IMP, HxR, Hx の濃度を約5分で計測し、コンピュータ処理することにより鮮度をパターン表示した。その結果、これまでのK 値では不明であった魚種によって異なる3成分の含有量の微少な違いを明らかにすることが出来た。

ところで、これまでの酵素センサーは1成分1センサー

であった。次に一つの酸素電極で2成分を測定できる多機能センサーについて述べる。まず、1,8-ジアミノ-4-アミノメチルオクタン含有トリアセチルセルロース膜上にスクレオシドホスホリラーゼ、キサンチンオキシダーゼをそれぞれ別々に固定化し、次にこれら2つの酵素膜間にセルロース膜を3枚はさみ、キサンチンオキシダーゼ膜が電極から一番遠くなるように酸素電極の先端に装着することによりセンサーを構成した。Hx はキサンチンオキシダーゼで酸化され、まず一つのピークを生じる。一方、HxR はスクレオシドホスホリラーゼでまず Hx になり、これが拡散してキサンチンオキシダーゼ膜にたどり着いて初めて酸素を消費する。したがって、ここで、2つめのピークを生じる。前述のセンサーでは Hx と HxR が同時に存在する際、両者を区別して測定することが不可能であったが、本センサーでは酵素反応開始の時間的ずれを利用して Hx および HxR の両者を分離計測することが可能である。

最後に、人間の舌は各々の成分が何gあるといった事で味や鮮度を判断するのではなく、全体を一瞬に評価する。そこで、いわゆる魚肉の状態を評価するために、細菌の呼吸活性を利用した微生物センサーを考案した。細菌は肉たんぱく質や高分子の糖よりも低分子化したペプチドや遊離のアミノ酸、グルコースなどを好んで資化するところから、鮮度低下にしたがって当然増加すると思われる低分子化合物量を腐敗菌の呼吸活性から測定しようとするものである。センサーは、*Alteromonas putrefaciens* を固定化したメンブランフィルターと酸素電極とから構成されている。この結果、各成分量から魚肉の状態を推定するのではなく、いわゆるその時の魚肉の状態が直接測定できた。本センサーで得られた値はK 値とも高い相関性を示した。

現在、電極を魚肉に直接接触させることによって“生きの良さ”や“おいしさ”が計測できるような微生物センサーを開発中であるが、将来、海洋学方面にもこのようなバイオセンサーが使われることを期待したい。

## 6. フランスにおけるバイオテクノロジーの現状

ダニエル・パルド\*

### 6. Activité d'aujourd'hui en biotechnologie de la France

Daniel BARDOT\*

19世紀にパスツールは、人々においしい物を食べさせたり飲ませたりすることを可能にしていることが、微生物の特有の能力に依存している事実を明らかにした。例えばパン、ワイン、酒、豆腐、チーズなどは、バクテリアや酵母がある物質を他の物質に変換する能力を利用してしかできない。つまり、パスツールと共にバイオテクノロジーは誕生したと言えるだろう。それ以来今日に至るまで、特にヨーロッパにおける生物学や工学、情報科学は、ただ単に生物界を理解するために発達したのみならず、生命現象を支配、制御することまで可能とした。分子生物学の幕開けとなったDNAの二重らせん構造の発見はイギリスにおいてであったし、DNAとタンパク質の主要な媒介者であるmRNAの存在を発見したのは、フランスのパスツール研究所においてであった。最近、パスツール研究所のモンタニエのグループはエイズの原因であるHIV1とHIV2を発見した。わが国では、非常に高レベルのバイオテクノロジー研究チームが様々な分野において活動している。これは、今日まで常に基礎研究を優先させてきたからで、それは未来への投資であり、その成果によって恩恵を受けるのは全人類であるからである。現在、フランスでは「バイオテクノロジーの飛躍」と名付けたリードプログラムが有るが、このプログラムは、単に奨励金を出したりするだけでなく、公的な研究機関や大学、企業などの間での情報交換を促進する。従って、このプログラムは、バイオテクノロジーに関する様々な省庁が係わっており、外務省と緊密に連絡をとりつつ国際的活動を調整する役目も行なう。このプログラムは、農業生物学、健康、情報科学、国際問題の4つの分野に及んでいて、4つの目的を有している。第一は基礎分野を発展させること、第二は関連産業組織を再構成すること、第三はバイオテクノロジーに関連し

ている産業の経済的、社会的な成果を究明すること、最後は科学的、産業的、制度的に異なった分野における教育者協力関係を作り上げることである。このプログラムの具体的な内容、目的には5本の柱がある。第一は情報収集のためのデータバンクで、遺伝子やタンパク質の構造に関して高度な機械によって核酸やタンパク質の塩基配列の情報を得ることが可能である。また、生サンプルの銀行も作られていて、現在、研究者は培養株を手元に置くことができ、新物質の製造などの研究の発展に不可欠とされている。この際、フランス国内のみならず、生サンプルのヨーロッパ規模での収集が必要となっている。実際、パスツール研究所に預けられている微生物の培養コレクションは2,000株にものぼり、それらは、コンピューター管理されている。さらに、現在では生殖細胞や胚、組織、器官の低温保存技術が検討されている。

第2の柱は、分子生物学と遺伝子工学、微生物学、酵素学とタンパク質、植物の分野、それから免疫学を包含するものである。3番目の柱は、応用分野であり、対象はまず農業生産物である。このリードプログラムにおいては、農産物利用のプログラムに対して、科学的、かつ技術的援助を行う。例えば、微生物の株の検索と性質の決定、混合培養、不連続培養、酵素工学、乳酸菌、アルコール発酵、永久発酵などは、フランス農業省の財政的援助が受けられる。

応用プログラムの第2は、健康に関するものである。中心は病気の診断試薬としてのモノクローナル抗体の開発、それにワクチンである。また、産業に直接的に貢献する遺伝子工学や、その他の応用分野として、化粧品、廃水、水処理、エネルギーの生物変換などが挙げられる。3番目のプログラムは、研究者の養成である。若い研究者を養成することは必須であり、オーバードクターの活用についてのプログラムが他の機構と関連を取りつつ図られようとしている。また、研究者養成のための機関がトゥールーズとコンピエーニュに設けられた。

\* 〒106 東京都港区南麻布 4-11-44  
フランス大使館  
Embassade française au Japon

次のプログラムは国際的な活動であり、EC の年次計画によると全企画の 22% にフランスの研究所が、また 45% にフランス人が参加している。

最後に、今後の展望について示すと、まず目下弱体な分野を援助することがあげられる。例えば農業生物分野では、微生物の遺伝学や生理学、タンパク質化学と酵素化学、植物育種学などに対することがあげられる。健康と医療の分野では、今まで行われてきた活動及びその結果を、より多様な形で拡げることが必要だろう。さらに、国際協力は重要で、例えば、目下検討中の日仏共同

研究所設設計画が成果を結ぶように努力を続ける必要がある。また、研究者養成に関しては、研究所と文部省、前記バイオテクノロジーセンターの協力が欠くべからざるものと思われる。全人類にとって国際的な協力は必要不可欠であり、今後、伝染病、遺伝子病、ガンなどの問題に対して国際協力が必要である。フランスと日本には、この点で大きな責任があり、今後は生命科学分野での協力が強化される必要がある。日本側研究者の協力を切望する。

## 資 料

### 古典的海洋観測からみた海洋トモグラフィについて\*

中 村 重 久\*\*

#### A note to ocean acoustic tomography in a scope of a traditional routine oceanography\*

Shigehisa NAKAMURA\*\*

**Abstract:** This is a simple overview about the essential concept and purpose of the ocean acoustic tomography (or ocean tomography) referring to the recent research activities appeared mainly in the United States of America. The ocean tomography utilizes a perturbation of acoustic signals between a source and a receiver under the sea with a distance of several hundred kilometers through the sound channel located near the toe of thermocline or pycnocline. It seems that the satellite data is helpful for the ocean tomography. Remarks are for possible response to the idea of the ocean tomography in the northwestern Pacific, especially around the Japan Islands, and for expectation of other new techniques as effective tools for coastal oceanography, fishery and the related fields in order to promote our oceanography.

#### 1. 緒 言

海洋中の音速極小層は、サーモクライン（温度躍層）あるいはピクノクライン（密度躍層）の下部付近にあって、これを利用すると、数百キロメートルの遠距離間でも、海中音波信号の送受信が可能である。これに関連して、ここでは、米国を中心として最近の海洋学的新技法のひとつとして注目されている“海洋トモグラフィ”の基本的概念と要点を、海洋観測に関心をもつ者の立場から記述した。日本の海中音波の研究やその応用の範囲がごく限定されているように感じられる現在、わが国の沿岸海洋や水産・漁業など関連分野での今後の問題としても検討しなくてはならないと考えている。

#### 2. 海洋トモグラフィと海洋学

海洋トモグラフィは、ごく最近、海洋物理関係の分野で

耳にするようになった言葉である（たとえば WUNSCH, 1984）。語源からみると、トモグラフィ（tomography）は医学用語のひとつで、たとえば、人体内の断面をX線や超音波走査によって検査する手法である。このような手法を、医学関係者の間では computer aided tomography（略して CT あるいは CAT）と称している。すなわち、人体内の断層写真を人体を傷つけることなく得る新しい技法である。工学的な面からみれば、材料試験における非破壊検査に対応する。このようなトモグラフィの技術を海洋内部の断面調査に応用しようというわけである。言うならば、この場合、海洋学者は、海洋の医者として、海洋の断面の検査をし、海洋の時間的・空間的構造の診断と予測をしようとしているわけである。

ちなみに、1983年、西ドイツのハンブルグで開催された IUGG（国際測地学地球物理学連合）総会のシンポジウムのひとつとして‘oceanographic advances from new technology’が設けられ、そこでは、海洋トモグラフィに関する研究発表が3編みられた（CORNUELLE, 1983; WORCESTER, 1983; WORCESTER and MILLER, 1983）。

\* 1986年11月5日受理 Received November 5, 1986

\*\* 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, DPRI,  
Kyoto University, Katada-Hatasaki, Shirahama,  
Wakayama, 649-22 Japan

日本では、とくに海洋物理関係で注目的となっているようであり、寺本 (1983) の記述と紹介や、友田・高野 (1983) の解説などの例がある。

また、計測技術全般の見地からみた海洋学的評価は FUGLISTER *et al.* (1984) によって行なわれている。

いずれにしても、ごく限られた海洋物理を専門とする分野のもの以外になじみのうすい、海洋トモグラフィの概念や基本的問題点を適確にとらえておくことは必要であろう。これが、あるいは、日本の海洋学にもいろいろの形で影響を及ぼすことも考えられる。ここでは、MUNK and WUNSCH (1982) の所論を中心にして、海洋トモグラフィの考え方と方向をわかるようにし、湾流についてのデモンストレーション (OCEAN TOMOGRAPHY GROUP, 1982) の例を参考にして考察をする。

### 3. 当面の課題

海洋のエネルギー源は、主として太陽からの輻射エネルギーと考えられる。もっとも、海水の運動には、天文潮のような直接的遠隔作用によるもののほか、風や気圧のような海面に対する大気的作用も考えられる。その運動は、大陸などの海岸線や海底地形という境界によって束縛されている。一方、海洋の存在は、大気に対して気候学的作用を及ぼしており、この気候学的予測は主要課題のなかでもとくに重要なものと考えられる。

日本周辺についてみれば、たとえば、黒潮の変動は、現象そのものが地球流体力学の問題としても究明されるべきであるが、同時に、沿岸の人間活動に大きな影響を及ぼすところから、その予測もまた重要である。沿岸域の海況も、黒潮の影響を直接・間接に受けていることを忘れてはならない。

ところで、このようなことから、海況の予測の問題を考えると、従来、関連機関などで得られている海洋観測データの利用には、いろいろ注意すべきことがある。観測船やブイによる観測は、多くの測点で同時刻のデータを得るには適当ではないが、直接測定の利点がある。海面付近のみに限れば、広範囲にわたって同時刻のデータ収集は、人工衛星を利用した計測によって可能となってきている。海洋のいろいろのスケールの渦をとらえるにもいろいろの方法が考えられると思うが、その中のひとつの新しい方法として海洋トモグラフィをあげることはできるであろう (たとえば ROBINSON, 1983)。

### 4. 海洋トモグラフィの出発点

海洋トモグラフィのデモンストレーション (OCEAN

TOMOGRAPHY GROUP, 1982) によれば、パーミューダ島と米国本土との間の主サーモクライン付近に伝わる音波の走時から湾流のパロトロピックな変化をとらえることができると言われている。このようなデモンストレーションの基盤は突如として出現したものではなさそうである。その出発点は、MUNK (1974) の SOFAR に関する研究あるいはそれ以前にさかのぼるものと考えられる。以来、MUNK らは、海洋トモグラフィの理論的基礎とそれに関連した諸問題について、いろいろの面から検討を重ね、その成果を次々と発表してきた (たとえば、MUNK and WUNSCH, 1979; MUNK, 1980; MUNK and WUNSCH, 1982a, b; 1983)。この間にも、彼らの海洋トモグラフィの考え方の延長線上にあると考えられる研究が LONGUETT-HIGGINS (1982) によって発表されている。一方、地震関係では、ボア・ホールに関連して地震トモグラフィの研究 (MCMEECHAN, 1983) がある。これが、上述の海洋トモグラフィとどの程度関連があるかについては不明であるが、トモグラフィの発想の基盤には共通したところがあるものと考えられ、その発表が時期的にもほとんど同時期であることは大変興味深いことである。

### 5. 海洋トモグラフィの基本的方向

海洋トモグラフィの当初の意図については MUNK and WUNSCH (1982a) が述べている。これによると、その概要はつぎのとおりである。

#### (i) 背景

ここ数年、海洋大循環にも再び関心が向けられるようになり、その変動も研究されるようになった。中規模スケールの変動については、たとえば、MODE GROUP (1978) によるものほか多数の発表があり、最近の日本の例で著者の目にふれることのできたものには、IMAWAKI and TAKANO (1982), IMAWAKI (1983), IMAWAKI *et al.* (1984) などがある。このような海洋の変動現象は気候変動に対して重要な役割を果しているものと考えられる。この観点から、水温・熱輸送・流れ・渦度・湧昇などを対象とした同時刻観測の必要性にこたえるべく、MUNK and WUNSCH (1979) は海洋トモグラフィを提唱した。とくに、1981年の観測結果は OCEAN TOMOGRAPHY GROUP (1982) によって報告されている。この場合、水中音波のパルスの伝播時間の摂動は、水温・密度・流速の摂動との関連で説明できるものと考えられている。北大西洋西部での一連の観測にひきつづいて、1990年には、太平洋東部で 1,000 km 程

度の観測網での観測を予定しているようである。

(ii) 長 所

- かなりのスケールの空間的全体像の把握が可能となる。
- 係留ブイの数が多ければ多いほど情報量は増える。
- 装置は海面上に出ないように設置するので、たとえば、海水期でも利用できる。
- 強流域でのリモート・センシングと併用が可能である。
- 鉛直方向の分解能が顕著に大きい。

(iii) 短 所

音速は水温や密度によって一義的に定まるわけではない。ただし、水温・塩分の関係が一定している海域では、水温場と塩分場（そして密度場）をそれぞれある程度の精度でもとめることができる (CORNUELLE, 1983)。

(iv) 観測項目とその目標とする精度

- 水温 2,500 m の測線上で  $10^{-3}$  °K の変化の検出を可能にする。
- 熱輸送 流速と水温のトモグラフィから平均流速と平均水温はもとめる。これによって熱輸送をもとめる方法として考えられる主な方法は
  - ①数値モデルの利用
  - ②準線型バロクリニック・ロスビー波の力学的ような解析的方法
  - ③音波の正逆伝播時間の差を利用
- 流れ 音波の伝播時間を  $10^{-6}$  の精度でもとめることを目標とする。これは、音速の  $10^{-6}$  程度の流速、すなわち 1.5 mm/s をもとめることに相当する。なお、現在の標準的流速計の精度は 1 cm/s 程度である。
- 渦度 観測アレイをめぐるシング・アラウンド伝播時間を正逆もとめる。その差  $\delta A$  の精度を、アレイのスケール  $L$  に関係なく  $10^{-6}$  とすると、得られる渦度は
 
$$1 \times 10^{-9} \text{ s}^{-1} = 1 \times 10^{-5} \cdot f$$
 である。ただし、この場合、 $L=2,500$  km とし、 $f=2\Omega \sin \phi$  であり、 $\Omega$  は地球自転角速度、 $\phi$  は緯度である。  
この場合、係留ブイの位置のふらつきは  $10^{-6} \times L = 2.5$  m 以下、これにともなう  $\delta A$  のふらつきは 1.7 ms でなくてはならない。
- 湧昇 非発散の条件下で、質量の保存則が満たされているものとして、流速の鉛直成分については  $10^{-5}$

cm/s (およそ 1 m/day) を測定可能にする。

f. 船位決定の誤差は水平距離 1 m 程度にする。

装置の回収・移動(移設)やデータの収集・処理・解析のために、(i) 音波による海岸の受信局でのデータ転送、(ii) 海面からデータ信号を衛星中継して転送するなどが考えられる。

(v) 衛星によるデータとの関係

この約20年間に、いろいろの形で、人工衛星による海洋測定が可能になってきた。とくに、赤外線画像によってもとめた海面温度分布がよく利用されている。しかし、これには、大気中の水蒸気などに対する補正が必要である。このような衛星データの質・精度・得失は、以下に記すとおりである。

- 高度 SEASAT 搭載高度計の精度は 5 cm に近い。
- 軌道半径 誤差の主な原因として、地球重力場の不確定性や衛星に対する大気の抵抗が考えられ、太陽や地球のアルベド放射も無視できないであろう。現在利用できるジオイドに準拠して SEASAT 追跡データをみると、ランダム誤差は各軌道について 50 cm 以下と推定される。将来は、これが 10 cm 以下となるだろう。
- 潮汐 全地球的スケールでの数値モデルにおける精度は 10 cm 程度。
- 波浪 この影響は、波高の平均 2 乗の 5 パーセント程度。
- 大気中の水蒸気 大気の屈折係数に関係し、高度測定用パルス信号の遅速に関係する。航空機による直接測定による解決が考えられる。
- 電離層の電子密度 電子密度のモデルの利用および異った (2 つの) 周波数による高度測定による補正が必要。
- 大気圧の負荷 気圧換算で -1 cm/m bar の割合で外海の海面は、気圧に静的に追従していると考えられる。
- ジオイド 形状の決定が必要。  
海上の観測と対比させて衛星搭載の高度計や散乱計による長短を要約するとつぎようになる。
- 長所
  - ごく短時間に全地球上を測定可。
  - 全地球上でいろいろのデータが得られる。
  - 力学的方程式の境界条件に必要な測定が可能 (高度計から表面気圧傾度、散乱計から渦度がわかる)。
- 短所
  - 測定はごく表層のみに限られる。
  - このように、衛星による方法とトモグラフィによる方

Table 1. Specific properties of acoustic waves travelling a distance of 1,000 km. Referred to MUNK and WUNSCH (1979),

Term	Example 1	Example 2
Frequency band $f \pm \frac{1}{2}(df)$ Hz	220 ± 20	30 ± 20
Duration time of pules $\Delta t$ sec	240	240
Acoustic level at source dB/ $\mu$ Pa	178	170
acoustic watts	9	1
Directional gain at source dB	7	7
Spherical spreading dB	-120	-120
Attenuation dB	-10	-2
Intensity at receiver dB/ $\mu$ Pa	55	55
Noises: Winds dB/Hz	65 ± 10	40 ± 10
Navigations dB/Hz	55 ± 10	65 ± 10
Total frequency band width at source	81	81
S/N ratio at receiver dB	-26	-26
Directional gain at receiver dB	13	6
S/S ratio dB	20	20

法とは、一見、別個のもののようにみえ、海洋構造を調べるシステムとしては互に相反するもののようにみえる。しかし、考え方によっては、この2つの方法は相補的なものとみることできる。

気象学では、たとえば、12時間ごとに天気予報のための天気図をモデルに用いてシミュレーションが可能である。これには問題点がないわけではない。それでも、同様な予報を海洋について試みることを考えてもよい段階になっているのではないだろうか。その場合、シミュレーションの対象は、衛星によって得られた風応力か表面気圧のほか、トモグラフィから得られる熱流量・流速・渦度などということになる。

## 6. 計測技術上の可能性

ここにみた海洋トモグラフィでは、海面下数百メートルの主サーモクラインを中心とした導波帯を考えることになるが、北西太平洋海域での応用の可能性をさぐるにききだして、現在の計測技術からみて、どの程度の出力を考える必要があるか、また、信号はどの程度のものとなるかについて目安になるものがあれば好都合である。いま、1,000 km の距離で音波の送受信をすることを、音波のパラメータは Table 1 のようなものが考えられる。その場合、到達時刻の差を  $\frac{1}{2}\pi f$  ( $f$ : 周波数) より小さくするためには、低周波を用いるとうまくいく可能性がある (MUNK and WUNSCH, 1974)。

## 7. 黒潮変動観測への応用の可能性

海洋トモグラフィあるいはそれに対応する発想は、海

洋中の音波を利用しているにもかかわらず、日本ではまだ育っていないようにみえる。たしかに、わが国では、海洋音響学の基礎づくりとその応用を地道に推進し、沿岸海況や漁況の変動の予測への利用をはかる可能性を検討すべきかもしれない。

しかし、すでに述べたように海洋トモグラフィには、それなりの長所と短所とがある。このことを念頭において、日本周辺海域に目を向けてみよう。日本周辺海域で現在とくに研究されている問題の主要なものひとつとして黒潮がある。黒潮の消長は沿岸域にも影響を及ぼし、中規模渦の挙動を左右しているようにもみえる。このようなことから、さしあたって、黒潮をひとつの例としてとりあげるならば、つぎのような海洋トモグラフィの予備実験を考えることはできないであろうか。ちなみに、(i) 八丈島—野島崎間 (約 200 km), (ii) 八丈島—潮岬間 (約 380 km), (iii) 種子島—奄美大島間 (約 220 km) などの測線をえらび、その鉛直断面の時間的・空間的海洋構造を明らかにできれば、海況予測に寄与するところは大きい。

ただ、ここで注意しておかなくてはならないことがある。海洋トモグラフィの実施は、大規模な事業となるので、大学などの研究部門のみでなく、関連省庁の研究機関などの有機的協力をまつ必要がある。問題とするスケールが領海外に及び、さらに、他国の領海まで包含されるような場合には、あるいは、関係各国の政府間協定などの下に、国際的事業として対処しなくてはならないこともありうるのではないだろうか (大隅編, 1985)。

沿岸の海況の変動の要因のひとつとして、外洋の変動、



たとえば黒潮の変動が考えられる。沿岸の海況変動予測の手がかりをもとめるためにも、沖合の情報が必要である。湾流域・大西洋の海洋トモグラフィの背景と実態とをよく見極めた上で、日本周辺海域で海洋トモグラフィに劣らぬ優れた技法を案出する努力も必要なことと考えられる。

本文をまとめあげるまでには、多数の方々の御意見や御助言をいただいた。ここに心から感謝の意を表す。

### 文 献

- CORNUELLE, B.A. (1983): Inverse methods for the 1981 ocean acoustic tomography experiment. IAPSO Programme and Abstracts, XVIII General Assembly, Hamburg, FRG, 15-27 August 1983. p. 123-142.
- FUGLISTER, F.C., P.L. RICHARDSON, W.J. SCHMITZ, JR. and H.M. STOMMEL (1984): An account of the usefulness of new techniques of measurement in study of the Gulf Stream. *Mar. Technol. Soc. J.*, **17**, 13-18.
- 日高孝次 (1983): 海流の話. 築地書館. 230 pp. (とくに p. 211-215 の寺本俊彦の記述).
- IMAWAKI, S. (1983): Vorticity balance for mid-ocean mesoscale eddies at an abyssal depth. *Nature*, **303**, 606-607.
- IMAWAKI, S. and K. TAKANO (1982): Low-frequency eddy kinetic energy spectrum in the deep western North Pacific. *Science*, **216**, 1407-1408.
- IMAWAKI, S., K. TAIRA and T. TERAMOTO (1984): Mesoscale current fluctuations observed in the deep western North Pacific. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, **40**, 39-45.
- LONGUET-HIGGINS, M.S. (1982): On triangle tomography. *Dynamics of Atmosphere and Oceans*, **7**, 33-46.
- MCMECHAN, G.A. (1983): Seismic tomography in bore hole. *Geophys. J. Roy. Astr. Soc.*, **74**, 601-612.
- MODE GROUP (1978): Mid-ocean dynamics experiment. *Deep-Sea Res.*, **25**, 859-910.
- MUNK, W.H. (1974): Sound channel in an exponentially stratified ocean with application to SOFAR. *J. Acoust. Soc. Amer.*, **55**, 220-226.
- MUNK, W.H. (1980): Horizontal deflection of acoustic paths by mesoscale eddies. *J. Phys. Oceanogr.*, **10**, 596-604.
- MUNK, W.H. and C. WUNSCH (1979): Ocean acoustic tomography: A scheme for large-scale monitoring. *Deep-Sea Res.*, **26**, 123-161.
- MUNK, W.H. and C. WUNSCH (1982a): Observing the ocean in the 1990s. *Phil. Trans. R. Soc. London*, **A307**, 439-464.
- MUNK, W.H. and C. WUNSCH (1982b): Up/down resolution in ocean acoustic tomography. *Deep-Sea Res.*, **29**, 1415-1436.
- MUNK, W.H. and C. WUNSCH (1983): Ocean acoustic tomography: Rays and modes. *Rev. Geophys. Space Phys.*, **21**, 777-793.
- OCEAN TOMOGRAPHY GROUP (1982): A demonstration of ocean acoustic tomography. *Nature*, **299**, 121-125.
- 大隅健一郎編 (1985): 模範六法 (昭和61年版). 三省堂. 1982 pp. (とくに p. 1803-1883, 国際法関連).
- ROBINSON, A.R. (1983): *Eddies in Marine Sciences*. Springer-Verlag, Berlin. 609 pp.
- 友田好文・高野健三 (1983): 海洋 (地球科学講座第4巻). 共立出版. 261 pp.
- WORCESTER, P.F. (1983): Ocean acoustic tomography: A progress report. IAPSO Programme and Abstracts, XVIII General Assembly, Hamburg, FRG, 15-27 August 1983. p. 129.
- WORCESTER, P.F. and J.G. MILLER (1983): Ocean acoustic tomography: The exploitation of vertical arrival angle. IAPSO Programme and Abstracts, XVIII General Assembly, Hamburg, FRG, 15-27 August 1983. p. 131.
- WUNSCH, C. (1984): Acoustic tomography and other answers. In "It's the Water that Makes You Drunk" (A Celebration in Geophysics and Oceanography 1982, Scripps Inst. Oceanogr., Univ. of Calif., San Diego, La Jolla, Calif.). p. 47-60.

## 学 会 記 事

1. 昭和62年3月13日 日仏会館会議室においてシンポジウム「日仏におけるバイオテクノロジーをめぐる最近の話題」が開催された(本誌 p. 73 参照)。
2. 昭和62年4月28日 東京水産大学において昭和62年度第1回幹事会が開かれた。議事は次のとおり。
  - 1) 日仏学術シンポジウムについて
  - 2) 日本学術会議第14期会員選出にかかる学術研究団体の登録申請について
  - 3) 学術研究動向に関するアンケート調査について
  - 4) La mer の編集について
  - 5) JECSS IV (日本海・東シナ海研究集会, 1987. 9. 1~5. 筑波において) 後援について

### 3. 新入会員

(正会員)

氏名	所 属	紹介者
佐々木 洋	〒980 仙台市堤通雨宮町1-1 東北大学農学部	谷口 旭
長沼 毅	〒305 茨城県筑波郡谷田部町 春日4-14-31 関頭コーポ203	関 文威
岩崎 伸一	〒254 神奈川県平塚市虹ヶ浜9-2 国防防災科学技術センター平塚支所	

### 4. 住所変更

(正会員)

寺本 俊彦 〒182 調布市若葉町1-37-9

(賛助会員)

内田老鶴園新社 〒112 東京都文京区大塚3-34-3

### 5. 退 会

田中勝行, 菊地真一, 今村 豊, 野津治郎

深田サルベージ株式会社

### 6. 受贈図書

日本学術会議月報 28(2, 3)

Bull. Ocean Res. Inst., Univ. Tokyo (24, 25)

海洋産業研究資料 18(1, 2)

海洋牧場ニュース 4

鯨研通信 (367)

東海大学海洋学部紀要 (24)

東海大学海洋学部業績集 16

航 海 (91)

日本航海学会論文集 (76)

なつしま (87)

研究実用化報告 36(2, 3, 4)

広島日仏協会報 (96)

広島県水産試験場事業報告 (昭和60年度)

Prel. Rep. Hakuho Maru Cruise KH 77-2, 81-1,  
83-3, 85-1, 85-2, 86-3

ASFA 抄録リスト III

日本近海波浪統計図表

日仏文化 (48)

農業土木試験場場報 (48)

農業土木試験場報告 (26)

船と港のはくぶつかん (32~35)

滋賀大学教育学部附属湖沼実習施設概要

日本海区水産研究所研究報告 (37)

東北区水産研究所研究報告 (49)

漁業資源評価・漁海況予報会議研究報告 (9, 10)

あざらし戦争

水産庁海洋観測資料 (昭和58年)

海を越えてきたエール

くじらと食文化

海上気象報告 (42)

Bull. Nat. Sci. Museum 12(4), 13(1)

RESTEC (18)

神奈川自然誌資料 (8)

山東海洋学院報 17(1)

科学通報 32(3~7)

海洋与湖沼 17(5, 6)

韓国海洋学会誌 22(1)

Beitr. Meereskunde 54, 55

Revue travaux de l'institut des pêches maritimes  
48(3-4)

Occasional Papers Allan Hancock Found. N.S. (6)

Ann. l'institut océanogr. 62(2)

## 日仏海洋学会役員・評議員

(昭和61~62年度)

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

名誉会長 オーギュスタン・ベルク

会長 宇野 寛

副会長 高野健三, 内田 宏

幹事 (庶務) 須藤英雄, 有元貴文; (会計) 松生  
 治, 高橋 正; (渉外) 高木和徳, 佐伯和昭;  
 (研究) 関 文威, 小池勲夫; (編集) 有賀  
 祐勝, 山口征矢

監事 久保田 穰, 辻田時美

評議員 青木三郎, 青山恒雄, 阿部友三郎, 有賀祐勝,  
 石野 誠, 磯 舜也, 市村俊英, 井上 実,  
 岩井 保, 内田 宏, 宇野 寛, 岡市友利,  
 岡部史郎, 岡見 登, 小倉通男, 加藤重一,  
 梶浦欣二郎, 鎌谷明善, 川合英夫, 川原田  
 裕, 久保田 穰, 黒木敏郎, 西条八東, 佐伯  
 和昭, 坂本市太郎, 坂本 亘, 末常泰男,  
 須藤英雄, 関 文威, 平 啓介, 高木和徳,  
 高野健三, 高橋 正, 多紀保彦, 谷口 旭,  
 辻田時美, 寺本俊彦, 鳥羽良明, 富永政英,  
 永田 豊, 奈須敬二, 奈須紀幸, 西沢 敏,  
 根本敬久, 野村 正, 畑 幸彦, 半沢正男,  
 日比谷 京, 平野敏行, 増沢譲太郎, 松生  
 治, 丸茂隆三, 三浦昭雄, 村野正昭, 森田良  
 美

## お 知 ら せ

## 第5回国際無脊椎動物生殖学会議 Fifth International Congress of Invertebrate Reproduction

が、1989年8月23-28日の間名古屋市で開催されます。この集会は国際無脊椎動物生殖学会 International Society of Invertebrate Reproduction の活動の一環として3年ごとに催されるものですが、前回までは International Symposium of Invertebrate Reproduction と呼ばれていました。今回の会議では、主題として次の5分野が取り上げられる予定です: 1, Asexual Reproduction; 2, Gametogenesis, Fertilization and Development; 3, Environmental Adaptations; 4, Population Dynamics and Reproductive Strategies; 5, Manipulation and Control. 予備登録の期限は1987年12月31日です。予備登録の受付などの照会先は: 5th ICIR 事務局 (星 元紀) 〒152 東京都目黒区大岡山 2-12-1 東京工業大学理学部生物学教室 電話 03-726-1111 内線 2570. (野村 正)

## 賛 助 会 員

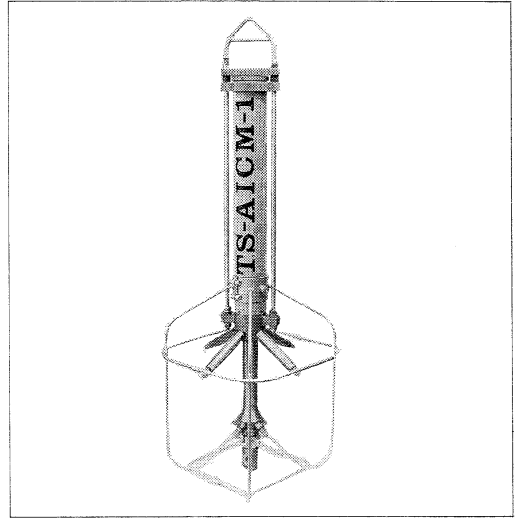
- 旭化成工業株式会社  
株式会社 旭 潜 研  
阿 部 嘉 方  
株式会社内田老鶴園新社 内田 悟  
有限会社 英和出版印刷社  
株式会社 オセアノート  
小樽船用電機株式会社  
海上電機株式会社  
株式会社 川合海苔店  
三信船舶電具株式会社  
シュナイダー財団極東駐在事務所  
昭和電装株式会社  
新日本気象海洋株式会社  
全日本爬虫類皮革産業連合会  
高 岡 屋  
株式会社 鶴見精機  
株式会社 東京久栄  
株式会社東京久栄技術センター  
東京製網繊維ロープ株式会社  
株式会社 東急フーズミート  
中川防蝕工業株式会社  
株式会社 中村鐵工所  
株式会社 西日本流体技研  
日本アクアラング株式会社  
㈱ 日本気象協会研究所  
日本テトラポッド株式会社  
日立造船株式会社  
因島工場バイオ事業部  
古野電気株式会社  
北斗理研株式会社  
丸文株式会社  
三井海洋開発株式会社  
宮 本 悟  
株式会社ユニオン・エンジニア  
ング 佐野博持  
吉野計器製作所  
株式会社 読売広告社  
株式会社 離合社  
渡辺機開工業株式会社  
株式会社 渡部計器製作所
- 東京都千代田区有楽町 1-1-2 三井ビル  
東京都北区栄町 9-2  
東京都練馬区春日町 2-15-6  
東京都文京区大塚 3-34-3  
東京都文京区本駒込 6-15-10  
東京都世田谷区北沢 1-19-4-202  
小樽市色内町 3-4-3  
東京都西多摩郡羽村町栄町 3-1-5  
東京都大田区大森本町 2-31-8  
東京都千代田区神田 1-16-8  
東京都港区南青山 2-2-8 DFビル  
高松市寺井町 1079  
東京都世田谷区玉川 3-14-5  
東京都足立区梅田 4-3-18  
東京都台東区上野 6-7-22  
横浜市鶴見区鶴見中央 2-2-20  
東京都中央区日本橋 3-1-15 久栄ビル  
埼玉県川口市柴鶴ヶ丸 6906-10  
東京都中央区日本橋本町 1-7-1  
東京都品川区東品川 4-10-21  
東京都千代田区神田鍛冶町 2-2-2 東京建物ビル  
東京都江東区亀戸 1-43-1  
長崎県佐世保市棚方町 283  
神奈川県厚木市温水 2229-4  
東京都千代田区麹町 4-5 海事センタービル内  
東京都新宿区西新宿 2-7-1 新宿第一生命ビル17F  
広島県因島市土生町2274-1  
東京都中央区八重洲 2-3-13 藤和ビル  
東京都東村山市多摩湖町 1-25-2  
東京都中央区日本橋大伝馬町 8-1  
東京都千代田区一ツ橋 2-3-1 小学館ビル  
東京都中央区かきどき 3-3-5 かちどきビル (株本地郷)  
神戸市中央区海岸通 3-1-1 KCC ビル4F  
東京都豊島区駒込 7-13-14  
東京都中央区銀座 1-8-14  
東京都文京区本郷 6-19-7  
愛知県渥美郡田原町神戸大坪 230  
東京都文京区向丘 1-7-17

# T.S三次元超音波流向流速計

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

## 特 徴

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



## 装置仕様

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

## 環境性能

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

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

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

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

T.S.K

株式会社 鶴見精機

横浜市鶴見区鶴見中央2丁目2番20号

☎(045) 521-5252代

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

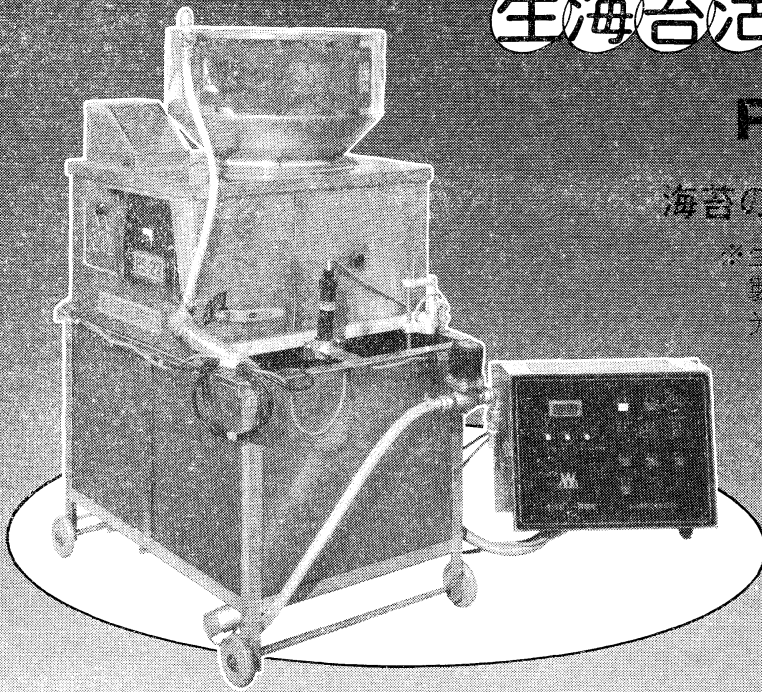
応援します。  
 良い海苔づくり—

生海苔活性調整機

RS-2型

海苔の等級が数段あがる

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



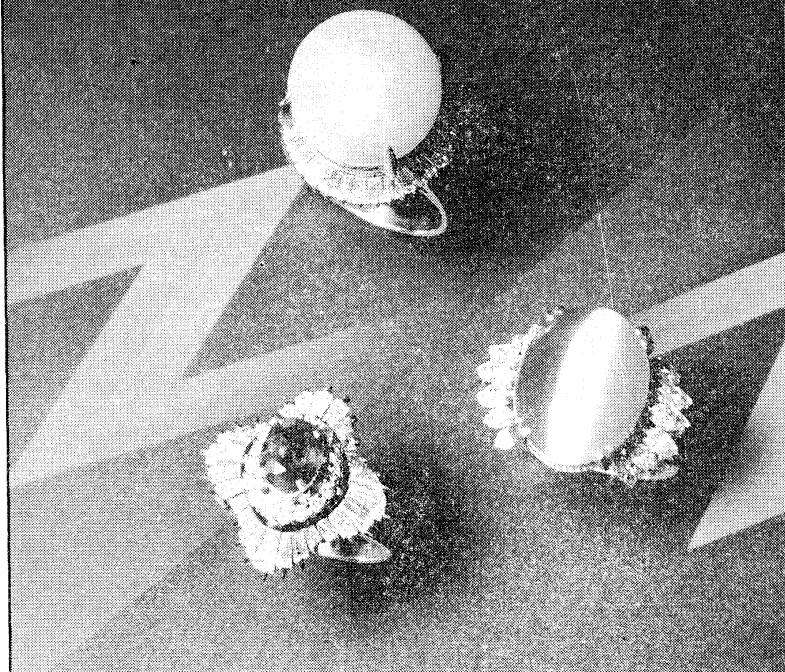
	RS-1型	RS-2型
高さ	770mm	1,400mm
幅	980mm	960mm
奥行	680mm	780mm
重量	65kg	180kg
	40W 1台	40W 2台
モーター	100W 1台	80W 1台
		100W 1台
		150W 1台



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  
〜  
Ginza  
〜  
ミワ

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

# アーンデラー表層域流速計 Model P-RCM

## 表層域(波浪域)測流の決定版!!

永年の豊富な知識と実績により浅海域の計測は新時代を迎えました。

Recording Current Meter

RCM sereise

Model. RCM-5  
(深海用)

Model. RCM-4S (浅海用)

Model. P-RCM (表層用)

Model. P-RCMは、アーンデラー流向流速計の安定した信頼性を、そのまま維持しながら、弊社におきまして独自に改良を加えられたものです。本機は、正逆の両方向の流速を別々に計測、及び磁気テープに記録する事により表層域における真の流速値を確実にとらえる事が出来ます。

輸入販売代理店: 株式会社 **ユニオンエンジニアリング**  
本社 神戸市中央区海岸通3丁目1-1 KCCビル4F  
Tel. (078) 332-3381代・Fax. (078) 332-5119 〒650  
支店 東京都中央区銀座7丁目18銀座スカイハイツ602号  
Tel. (03) 543-5399 Fax. (03) 545-5510 〒104



製造元: **AANDERAA INSTRUMENTS**



DATA COLLECTING INSTRUMENTS FOR LAND, SEA AND AIR  
ADDRESS: 5051 BERXGEN, NORWAY

そのほか、弊社取扱製品(アーンデラー製品全般、及び他の海洋関連機器)に関する詳細資料を請求下されば御送付させていただきます。



# 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)

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

## 日 仏 海 洋 学 会 編 集 委 員 会 (1986-1987)

委員 長: 高木和徳

副委員 長: 関 文 威

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

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

幹 事: 有賀祐勝, 山口征矢

### 投 稿 の 手 引

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

〒108 東京都港区港南4-5-7 東京水産大学資源育成学科気付

日仏海洋学会編集委員会 委員長 高木和徳

---

昭和62年5月25日 印刷  
昭和62年5月30日 発行

う む 第25巻  
第2号

定 価 ￥1,600

編 集 者 高 木 和 徳

発 行 所 日 仏 海 洋 学 会

財団法人 日仏会館内

東京都千代田区神田駿河台2-3

郵便番号:101

電話:03(291)1141

振替番号:東京5-96503

印 刷 者 佐 藤 一 二

印 刷 所 有 限 会 社 英 和 出 版 印 刷 社

東京都文京区本駒込6-15-10

郵便番号:113

電話:03(941)6500

---

Tome 25 N° 2

SOMMAIRE

Notes originales

- Early developmental stages of some marine fishes from India 2. *Ilisha melastoma*,  
*I. megaloptera*, *Thryssa dussumieri*, *T. mystax* and *Chanos chanos* .....Pathrose BENSAM 43
- Etude numérique sur l'interaction résonante entre des vagues d'amplitude finie.....Hiroshi TOMITA 53
- A note on a sporadic gale accompanied by a distant typhoon observed at offshore  
fixed tower station (in Japanese) .....Shigehisa NAKAMURA 62
- Distribution of organic carbon, organic nitrogen, total phosphorus and pheo-pigments  
in surface sediment from Harima-nada, the Seto Inland Sea, Japan (in Japanese)  
..... Shigeru MONTANI, Kuninao TADA and Tomotoshi OKAICHI 67

Colloque

- Aspects actuels de la biotechnologie au Japon et en France (en japonais) ..... 73

Miscellanées

- A note to ocean acoustic tomography in a scope of a traditional routine  
oceanography (in Japanese) .....Shigehisa NAKAMURA 85

- Procès-verbaux ..... 90

第 25 卷 第 2 号

目 次

原 著

- インド産海産魚類の初期初生段階 2. *Ilisha melastoma*, *I. megaloptera*,  
*Thryssa dussumieri*, *T. mystax* および *Chanos chanos* (英文).....Pathrose BENSAM 43
- 有限振幅水面波の共鳴相互作用に関する数値的研究 (仏文).....富田 宏 53
- 海洋観測塔で記録された遠隔台風による突発的強風 .....中村重久 62
- 播磨灘堆積物中の有機態炭素・窒素, 全リンおよびフェオフィチン  
の水平分布..... 門谷 茂・多田邦尚・岡市友利 67

シンポジウム

- 日仏におけるバイオテクノロジーをめぐる最近の話題 ..... 73

資 料

- 古典的海洋観測からみた海洋トモグラフィについて .....中村重久 85

- 学会記事 ..... 90