

La mer



Tome 40 Numéro 1 Février 2002

La Société franco-japonaise

d'océanographie

Tokyo, Japon

SOCIÉTÉ FRANÇO-JAPONAISE D'OcéANOGRAPHIE

Comité de Rédaction

(de l'exercice des années de 2000 et 2001)

Directeur et rédacteur: Y. YAMAGUCHI

Comité de lecture: M. OCHIAI, Y. TANAKA, H. NAGASHIMA, M. MAEDA, S. MONTANI, T. YANAGI, S. WATANABE

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

Services de rédaction et d'édition: H. SATOH, J. YOSHIDA

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 intéressantes les membres de la société. Les sujets traités doivent avoir un rapport direct avec l'océanographie générale, ainsi qu'avec les sciences halieutiques.

Les manuscrits doivent être présentés avec un double, et dactylographiés, en *double interligne*, et au recto exclusivement, sur du papier blanc de format A4 (21×29.7 cm). Les tableaux et les légendes des figures seront regroupés respectivement sur des feuilles séparées à la fin du manuscrit.

Le manuscrit devra être présenté sous la forme suivante:

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

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

3° Les figures ou dessins originaux devront être parfaitement nettes en vue de la réduction nécessaire. La réduction sera faite dans le format 14.5×20.0 cm.

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

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

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

Les manuscrits devront être adressés directement au directeur de publication de la Société: Y. YAMAGUCHI, Université des Pêches de Tokyo, Konan 4-5-7, Minato-ku, Tokyo, 108 Japon; ou bien au rédacteur étranger le plus proche: H. J. CECCALDI, EPHE, Station marine d'Endoume, rue Batterie-des-Lions, 13007 Marseille, France; E. D. GOLDBERG, Scripps Institution of Oceanography, La Jolla, California 92093, Etats-Unis; ou T. R. PARSONS, Institute of Ocean Sciences, P.O.Box 6000, 9860W, Saanich Rd., Sidney, B. C., V8L 4B2, Canada.

お 知 ら せ

第 40 卷第 2 号 (2002) より編集委員会が交代いたします。

ご投稿、ご連絡は下記宛にお願いいたします。

日仏海洋学会編集委員会：吉田次郎（編集委員長）

〒108-8477 東京都港区港南 4-5-7

東京水産大学海洋環境学科

TEL: 03-5463-0459

FAX: 03-5463-0453

e-mail: jiroy@tokyo-u-fish.ac.jp.

A Notice

The editorial board of “La mer” will be changed to new board (2002-2003).

All manuscript for publication should be sent to following address;

Dr. Jiro YOSHIDA

Department of Ocean Sciences

Tokyo University of Fisheries

4-5-7 Konan, Minato-ku, Tokyo,

108-8477 Japan

TEL: +81 3 5463 0459

FAX: +81 3 5463 0453

e-mail: jiroy@tokyo-u-fish.ac.jp.

Ecosystem conditions in wet and dry seasons of Banten Bay, Indonesia

Susanna NURDJAMAN* and Tetsuo YANAGI**

Abstract : The ecosystem conditions in wet and dry seasons of Banten Bay, Indonesia are studied by using observed data and a box ecosystem model. The observed values of chlorophyll *a* concentration are well reproduced by the calculation. Chlorophyll *a* was higher in dry season than in wet season. Generally, concentrations of ecosystem compartment are higher in dry season than in wet season. As a whole, Banten Bay water is strongly affected by seasonal variation (wet and dry seasons). Recycling of DIN plays the important role in the increase of chlorophyll *a* concentration, transfer efficiency is almost the same with that in Hakata Bay, Japan, which is located in mid-latitude and hyper-eutrophic. The ratio of new production to regenerated production is smaller in Banten Bay than in Hakata Bay. Banten Bay is under the transition condition between oligotrophic and eutrophic condition.

Key words : *Banten Bay, wet and dry seasons, box ecosystem model, new production, regenerated production, transfer efficiency, Hakata Bay.*

1. Introduction

Banten Bay is a semi-enclosed bay located at the northwest coast of Java, 60 km west of Jakarta, and is connected to the Java Sea, and its surface area is 150 km² (Fig. 1). It is shallow with averaged depth of 7 m. The area accommodates a valuable marine ecosystem such as seagrass field, coral reefs and a bird sanctuary of international importance at a peninsula near the town of Banten. The coastal zone, particularly the western part, is rapidly industrializing and is to become one of the major growth centers near Jakarta. Impact of inland pollution, though not yet severe, are expected to become important threats.

NONTJI (1974) compiled all chlorophyll *a* data of the Indonesian waters and obtained an average value of 0.19 mg/m³. A higher average (0.24 mg/m³) was obtained in the southeast monsoon (dry season), while during the northwest monsoon (wet season) the average value was

0.16 mg/m³. However no one tried an ecosystem modeling in coastal seas around Indonesia.

In this study, we investigate the lower trophic level ecosystem and nitrogen budget of Banten Bay in wet and dry seasons using a box ecosystem model and the results are compared to their field observation data. Also we compare our result with the ecosystem condition in Hakata Bay, Japan, which is located in mid-latitude and hyper-eutrophic condition.

2. Observation

Research and Development Center for Oceanology of the Indonesia carried out field observations at 4 stations shown in Fig. 1 four times from 1979 to 1981. Each time corresponds to wet season (northwest monsoon) or dry season (southeast monsoon), they were 18-31 December 1979 (wet season), 18-30 June 1980 (dry season), 29 January - 20 February 1981 (wet season), and 16 August - 12 September 1981 (dry season). The field observations of water temperature, DIN (Dissolved Inorganic Nitrogen) and chlorophyll *a* concentrations were taken at the depth of 0, 5, 10, 15, 20 meters. Station 5 is used as outer value (boundary

*Interdisciplinary Graduate School of Engineering Sciences, Kyushu University, Kasuga 816-8580, Japan

**Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University, Kasuga 816-8580, Japan

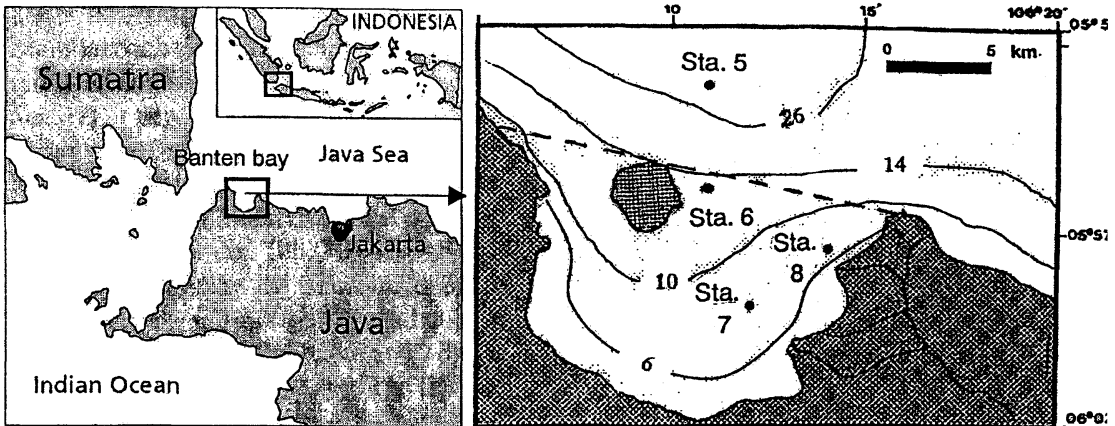


Fig. 1. Banten Bay and observation stations. Numbers show the depth in meters. Broken line shows the model boundary.

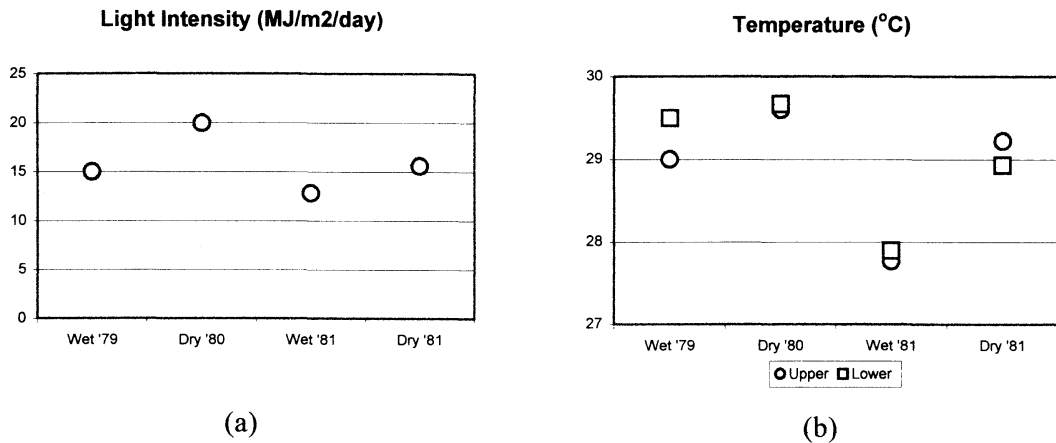


Fig. 2. Light intensity at Jakarta (a). Average water temperatures in the upper and lower layers of Banten Bay (b).

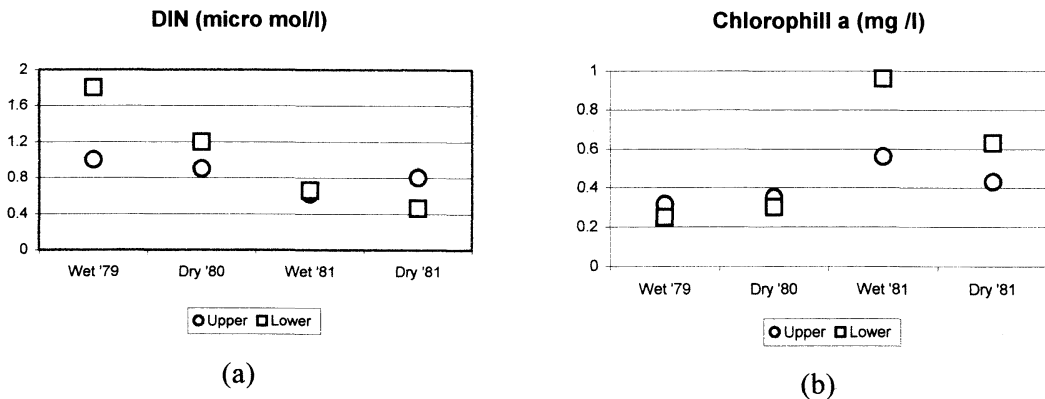


Fig. 3. DIN concentration (a) and chlorophyll *a* concentration at station 5 (b)

condition of the model) and stations 6, 7 and 8 as inner values (for verification). Seasonal variation of solar radiation, I , at Jakarta was observed by Geophysics and Meteorology Agency, Indonesia and is shown in Fig. 2 (a). The thickness of the euphotic layer (H_e) is taken to be 5.5 m in wet season and 6.0 m in dry season, based on the transparency data in the bay (Anonymous, 1980 a, b, 1981 a,b). Variation of water temperature in the upper (euphotic) and lower (aphotic) layers are shown in Fig. 2(b). From Fig. 2 a, light intensity was higher in dry season than in wet season, therefore water temperature was also higher in dry season.

Concentrations of DIN and chlorophyll a at outer bay are shown in Fig. 3 that are used for the boundary conditions of the model calculation.

The load of DIN from rivers, industrial and sewage treatment plants, which flow into Banten Bay, has been investigated by Dutch Team (LINDEBOOM *et al.*, 2001), and it is 4.5 kmol N/day in wet season and 1.5 kmol N/day in dry season.

From Dutch team data (LINDEBOOM *et al.*, 2001), Dissolved Inorganic Phosphorus (DIP) in the bay was 0.07 mmol and DIN in the bay was 0.12 mmol and the mole ratio between DIN and DIP was 1.7. This value is much smaller than the Redfield ratio of 16, so DIN becomes a limited nutrient for photosynthesis, and therefore we investigate only nitrogen cycle in this study.

3. Model Description

We consider five compartments (Phytoplankton (PHY), zooplankton (ZOO), Particulate Organic Nitrogen (PON), Dissolved Organic Nitrogen (DON) and Dissolved Inorganic Nitrogen (DIN), shown in Fig. 4, as compartments of ecosystem in the upper (euphotic) and lower (aphotic) layers. Time evolution of those constituents is described with differential equations, which are composed of biological source and sink terms, and diffusion terms. Details are given below (based on KAWAMIYA *et al.*, 1995) :

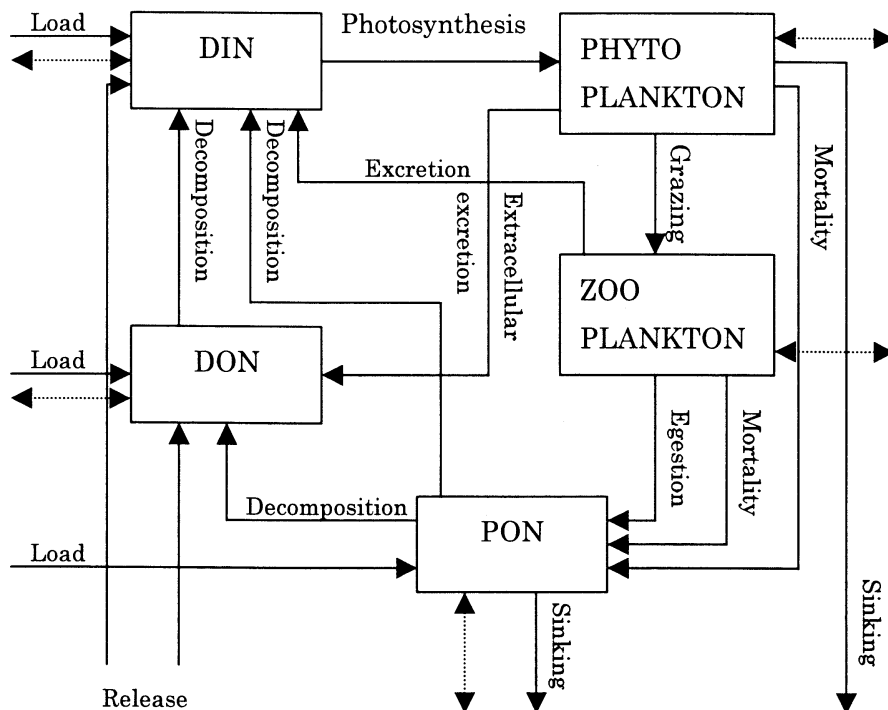


Fig. 4. Interaction among the compartments of numerical ecosystem model. Dashed arrow represents the exchange by diffusion.

$$V_u \frac{dDIN_{iu}}{dt} = DIN_{LA} - V_u(A_1PHY_{iu} - B_2ZOO_{iu} - D_1DON) - S_u \frac{K_h}{L}(DIN_{iu} - DIN_{ou}) - A \frac{K_{vD}}{H}(DIN_{iu} - DIN_{il}), \quad (1)$$

$$V_u \frac{dPHY_{iu}}{dt} = V_u(A_1PHY_{iu} - B_2ZOO_{iu} - A_2PHY_{iu} - A_1PHY_{iu}) - Aw_pPHY_{iu} - S_u \frac{K_h}{L}(PHY_{iu} - PHY_{ou}) - A \frac{K_{vP}}{H}(PHY_{iu} - PHY_{il}), \quad (2)$$

$$V_u \frac{dZOO_{iu}}{dt} = V_u(B_1ZOO_{iu} - B_2ZOO_{iu} - B_3ZOO_{iu} - B_4ZOO_{iu}^2) - S_u \frac{K_h}{L}(ZOO_{iu} - ZOO_{ou}) - A \frac{K_{vD}}{H}(ZOO_{iu} - ZOO_{il}), \quad (3)$$

$$V_u \frac{dPON_{iu}}{dt} = PON_{LA} + V_u(A_3PHY_{iu}^2 + B_3ZOO_{iu} + B_4ZOO_{iu}^2 - C_1PON_{iu} - C_2PON_{iu}) - Aw_DPON_{iu} - S_u \frac{K_h}{L}(PON_{iu} - PON_{ou}) - A \frac{K_{vP}}{H}(PON_{iu} - PON_{il}), \quad (4)$$

$$V_u \frac{dDON_{iu}}{dt} = DON_{LA} + V_u(A_3PHY_{iu} + C_2PON_{iu} - D_1DON_{iu}) - S_u \frac{K_h}{L}(DON_{iu} - DON_{ou}) - A \frac{K_{vD}}{H}(DON_{iu} - DON_{il}), \quad (5)$$

$$V_u \frac{dDIN_{il}}{dt} = DIN_{ER} + V_l(B_2ZOO_{il} + C_1PON_{il} + D_1DON_{il}) - S_u \frac{K_h}{L}(DIN_{il} - DIN_{ol}) - A \frac{K_{vD}}{H}(DIN_{il} - DIN_{il}), \quad (6)$$

$$V_l \frac{dPHY_{il}}{dt} = V_l(-B_1ZOO_{il} - A_3PHY_{il}^2) - Aw_pPHY_{iu} - S_u \frac{K_h}{L}(PHY_{il} - PHY_{ol}) + A \frac{K_{vP}}{H}(PHY_{iu} - PHY_{il}), \quad (7)$$

$$V_l \frac{dZOO_{il}}{dt} = V_l(B_1ZOO_{il} - B_2ZOO_{il} - B_3ZOO_{il} - B_4ZOO_{il}^2) - S_l \frac{K_h}{L}(ZOO_{il} - ZOO_{ol}) - A \frac{K_{vP}}{H}(ZOO_{il} - ZOO_{il}), \quad (8)$$

$$V_l \frac{dPON_{il}}{dt} = PON_{RE} + V_l(A_3PHY_{il}^2 + B_3ZOO_{il} + B_4ZOO_{il}^2 - C_1PON_{il} - C_2PON_{il}) - Aw_DPON_{iu} - PON_{SINK}$$

$$- S_l \frac{K_h}{L}(PON_{il} - PON_{ol}) + A \frac{K_{vP}}{H}(PON_{iu} - PON_{il}), \quad (9)$$

$$V_l \frac{dPON_{iu}}{dt} = DON_{RE} + V_l(C_2PON_{il} - D_1DON_{il}) - S_u \frac{K_h}{L}(DON_{il} - DON_{ou}) + A \frac{K_{vD}}{H}(DON_{iu} - DON_{il}), \quad (10)$$

where subscript u, l, i, o denote upper layer, lower layer, inner bay, and outer bay, respectively. Subscript LA refers to the load from river, RE to release from the bottom. V denotes volume of the box, S is the sectional area between the inner and outer areas of the bay. A is the sectional area between the upper and lower layers.

Formulation of each biological processes are written below:

a. Photosynthesis (A_1), Photosynthesis is assumed to be a function of temperature, nutrient concentration and intensity of light.

$$A_1 = V_{max} \left[\frac{DIN_{iu}}{DIN_{iu} + K_N} \right] \cdot \exp(kT_u) \cdot \frac{I_a}{I_{opt}} \exp \left[1 - \frac{I_a}{I_{opt}} \right] \quad (11)$$

where V_{max} is the maximum nitrogen uptake rate, K_N is a half saturation constant for DIN, k denotes the temperature dependency of photosynthesis, I_{opt} is optimum light intensity for photosynthesis and I_a is average light intensity in the upper layer :

$$I_a = \frac{1}{H_u} \int_0^{H_u} 0.5I \exp(-k_z x) dz \quad (12)$$

where 0.5 is the conversion factor for the fraction of photosynthetically active radiation in the total radiation (PARSONS *et al.*, 1984), I is the total surface radiation observed at Climatological Data for Jakarta Observatory (shown in Fig. 2a) and k_e is the extinction coefficient as estimated by $k_e = 4.6/H_u$, where H_u is the thickness of euphotic layer (PARSONS *et al.*, 1984).

b. Extra cellular Excretion (A_2)

$$A_2 = \gamma A_1 \quad (13)$$

Table 1. Parameter values used in this model. Values in parenthesis are those used by Kawamiya *et al.* (1995).

K_h	Horizontal diffusivity	13	m ² /sec
K_{vD}	Vertical diffusivity of dissolved material	0.0002	m ² /sec
K_{vP}	Vertical diffusivity of particulate material	0.00001	m ² /sec
V_{max}	Maximum photosynthesis rate at 0°C	0.65(1.0)	/day
k	Temperature coefficient for Photosynthesis rate	0.03(0.063)	/°C
K_N	Half Saturation constant for dissolve inorganic nitrogen	0.02(3.0)	μ mol/l
I_{opt}	Optimum Light Intensity	18.0(4.21)	MJ/m ² /day
γ	Ratio of Extra cellular Excretion to Photosynthesis	0.135	
M_{PO}	Phytoplankton Mortality Rate at 0°C	0.05(0.0281)	1/μ molN day
k_{MP}	Temperature Coefficient for Phytoplankton Mortality rate	0.069	/°C
α	Assimilation Efficiency of Zooplankton	0.7	
β	Growth Efficiency of Zooplankton	0.3	
GR_{max}	Maximum Grazing Rate at 0°C	0.12(0.3)	/day
k_g	Temperature Coefficient for Grazing	0.0693	/°C
λ	Ivlev Constant	0.93(1.4)	1/μ molN
PHY^*	Threshold Value for Grazing	0.043	μ molN/l
M_{ZO}	Zooplankton Mortality Rate at 0°C	0.0585	1/μ molN day
k_{MZ}	Temperature Coefficient for Zooplankton Mortality rate	0.0693	/°C
V_{PIO}	PON Decomposition Rate at 0°C (to DIN)	0.03	/day
V_{PIT}	Temperature Coefficient for PON Decomposition (to DIN)	0.0693	/°C
V_{PDO}	PON Decomposition Rate at 0°C (to DON)	0.03	/day
V_{PDT}	Temperature Coefficient for PON Decomposition (to DON)	0.0693	/°C
V_{DIO}	DON Decomposition Rate at 0°C	0.03	/day
V_{DIT}	Temperature Coefficient for DON Decomposition	0.0693	/°C
w_p	Sinking speed of phytoplankton	0.04(0.05)	m/day
w_D	Sinking speed of detritus	0.4(0.5)	m/day

c. Mortality

$$\text{Mortality of phytoplankton } (A_3) \\ = M_{PO} \exp(k_{MP}T) \quad (14)$$

$$\text{Mortality of zooplankton } (B_4) \\ = M_{ZO} \exp(k_{MZ}T) \quad (15)$$

d. Grazing (B_1)

$$B_1 = G_{max} (1 - \exp(-\lambda(PHY^* - PHY))) \exp(k_g T) \quad (16)$$

e. Excretion and Egestion

$$\text{Excretion } (B_2) = (\alpha - \beta) B_1 \quad (17)$$

$$\text{Egestion } (B_3) = (1 - \alpha) B_1 \quad (18)$$

f. Decomposition of Organic Matters

$$\text{Decomposition of PON into DIN } (C_1) \\ = V_{PIO} \exp(V_{PIT}T) \quad (19)$$

$$\text{Decomposition of PON into DON } (C_2) \\ = V_{PDO} \exp(V_{PDT}T) \quad (20)$$

$$\text{Decomposition of DON into DIN } (D_1) \\ = V_{DIO} \exp(V_{DIT}T) \quad (21)$$

Coefficient of horizontal diffusivity, vertical diffusivity of dissolved material and vertical diffusivity of particulate material, K_h , K_{vD} , and

K_{vP} respectively, are taken to be constant for both seasons (Table 1). Horizontal diffusivity (K_h) is 13 m²/sec (LINDEBOOM *et al.*, 2001). Other parameters are based on KAWAMIYA *et al.* (1995). We change the values of V_{max} , k , K_N , I_{opt} , M_{PO} , GR_{max} , λ , w_p , and w_D due to tuning. Because parameters by KAWAMIYA *et al.* (1995) are applied in high latitude, so those parameters may be changed in the tropics.

According to Parson *et al.* (1984), the range of photosynthetic rate (V_{max}) is 0.05 /day – 8.1 /day, in this model 0.65 /day (at 0°C) was adopted. Small V_{max} and k than by KAWAMIYA *et al.* (1995) may be due to the small sensitivity of tropical phytoplankton compared to that in mid-latitude. For the half saturation constant (K_N), PARSONS *et al.* (1984) shows that the range is 0.01 – 4.21 mmol/l. In this model 0.02 mmol/l was used. Such small K_N in tropics may be due to that DIN concentration in tropics is much smaller than that in the mid-latitude. As

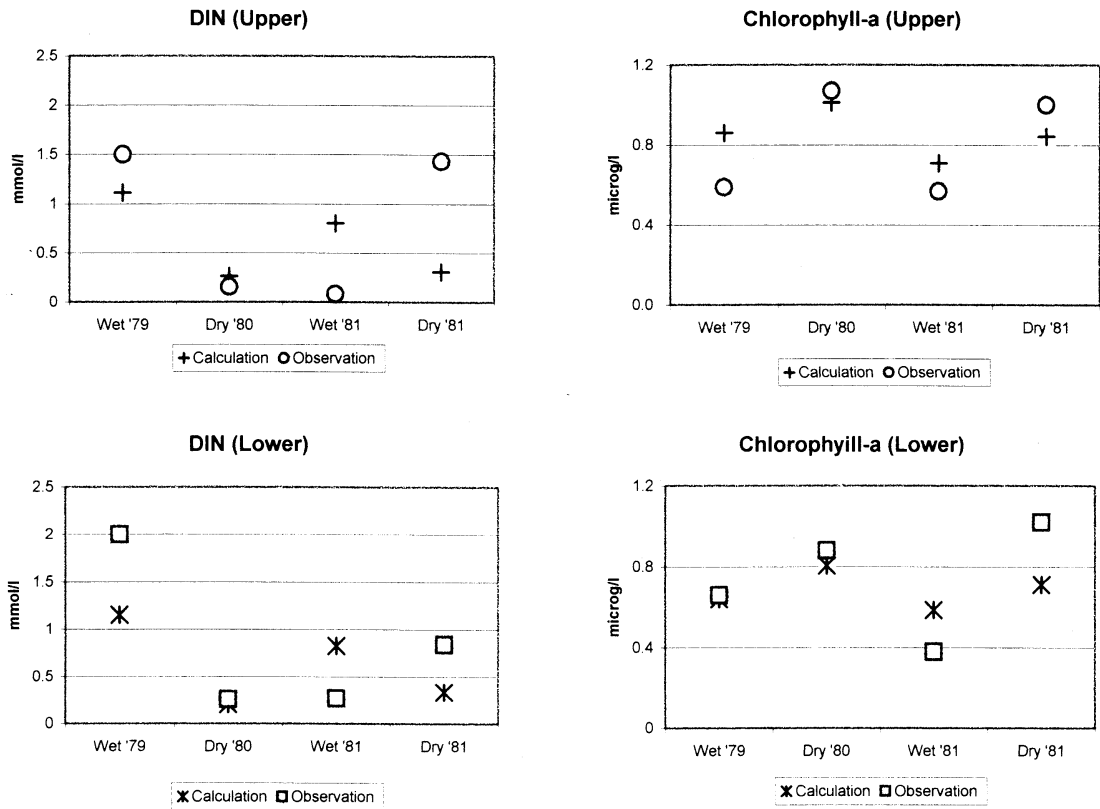


Fig. 5. Comparison between calculated results and observed data in Banten Bay.

for the grazing parameter (GR_{max}), KREMER and NIXON (1978)'s review shows that maximum grazing rate lie in the range of 0.1–2.5 /day, and 0.12 /day was used in this model. For Ivlev constant, KREMER and NIXON (1978) reported the range of 0.4–25.1/mg:C. In this model, 10.1/mg:C was adopted and this value was set to be 0.93 l/mmol/l by an assuming C:N ratio to be 106:16. Almost all parameters, which are tuned, are smaller than those in KAWAMIYA *et al.* (1995) because the small sensitivity of tropical biota compared with those in mid-latitude area.

The initial condition is given as the same values as those at Sta. 5. The quasi-steady state is obtained 50 days after the beginning of the calculation. As the horizontal gradient terms are much larger than the temporal changing terms in equations (1) to (10), we may consider the quasi-steady state is established in each

observation time.

4. Results and Discussion

Comparisons of calculations with observations are shown in Fig 5. Calculated chlorophyll *a* concentrations reproduce well the observed ones for the upper and lower layers. Calculation results show good agreement with the observations as to higher chlorophyll *a* in dry season than in wet season. This chlorophyll *a* variation is strongly associated with the variation of light intensity and water temperature, which are higher in dry season than in wet season. The variation of chlorophyll *a* concentration is not affected by DIN concentration variation.

On the other hand, observed DIN concentration is rather well reproduced by the calculation, except in 1981. This discrepancy may be caused by the insufficiency of data for load of DIN each year, that is, only averaged DIN load

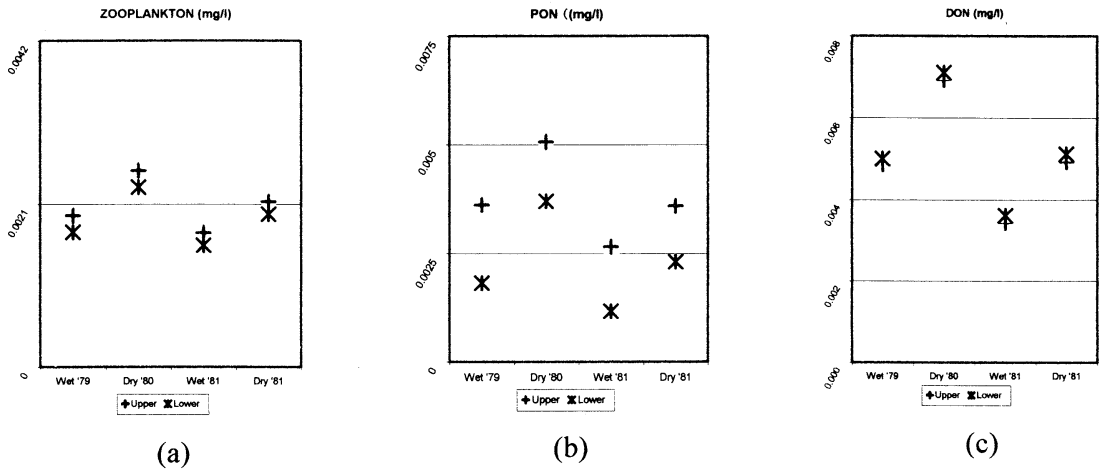


Fig. 6. Results of calculated Zooplankton, PON and DON concentrations in Banten Bay.

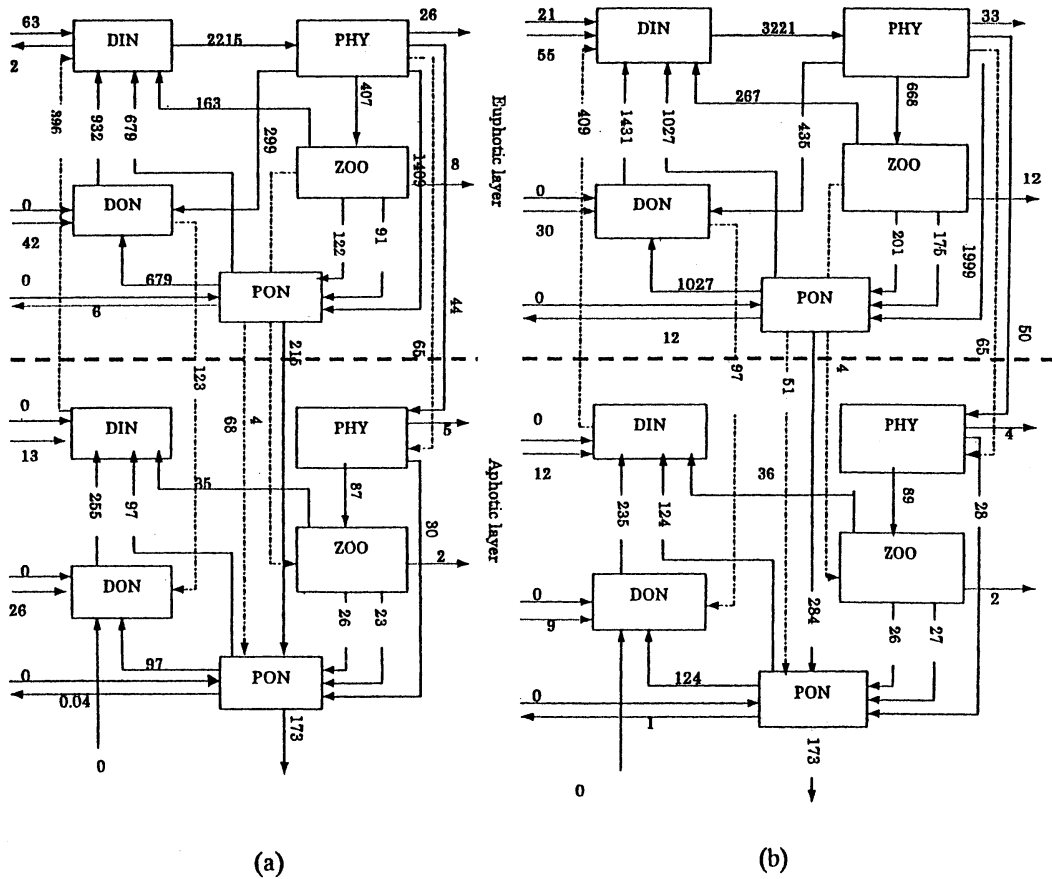


Fig. 7. Nitrogen cycling in December 1979 (wet season) (a) and June 1980 (dry season) (b) in Banten Bay (unit in kg/day)

Table 2. Comparison of average ecosystem conditions between Banten Bay and Hakata Bay.

	Central North Pacific	Banten Bay	Hakata Bay (Yanagi <i>et al.</i> , 1999)
DIN ($\mu\text{g/l}$)	1.90 (Eppley <i>et al.</i> , 1973)	1.68	243
DIP ($\mu\text{g/l}$)	1.57 (Eppley <i>et al.</i> , 1973)	2.17	8.00
Chlorophyll- <i>a</i> ($\mu\text{g/l}$)	0.097 (Eppley <i>et al.</i> , 1973)	0.808	2.32
New Prod. Regenerated prod.	0.0475 (Eppley <i>et al.</i> , 1979)	0.196	1.07
Transfer Efficiency	10.0 % (open ocean) Ryther, 1969	19.6 %	20.0 %

data are given in this model though it has a year-to-year variation. Calculated DIN concentration is higher in wet season than in dry season, because we assume the load from river is much more in wet season than in dry season.

Figure 6 shows the variation in zooplankton, PON and DON. Generally, the concentrations of these parameters are higher in dry season than in wet season. This pattern is related to chlorophyll *a* concentration, that is, chlorophyll *a* concentration is higher in dry season than in wet season.

Beside concentration of compartments, this model can calculate nitrogen cycling. Nitrogen cycling in Banten Bay in wet season (Dec. 1979) and in dry season (June 1980) are shown in Fig. 7.(a) and (b), respectively. Nitrogen flux from DIN to phytoplankton is lower in wet season than in dry season, which is 2,215 kgN/day in wet season and 3,221 kg N/day in dry season. Such difference of fluxes is caused by higher chlorophyll *a* concentration in dry season than in wet season. And the nitrogen flux is 35 times as the inflowed DIN flux from land in wet season and 153 times in dry season. It means that the large DIN load from land does not cause directly high chlorophyll *a* concentration in Banten Bay but the recycling DIN in the bay plays the most important role for high concentration of chlorophyll *a*. From model results, we can calculate new production and regenerated production. New production, which is defined as DIN flux in the upper layer from

river or rain (load) and from the lower layer by diffusion, is a little bit larger (almost the same) in wet season due to higher load than in dry season. Regenerated production, which is defined as DIN flux in the upper layer by decomposition of PON and DON and excretion of zooplankton, is smaller in wet season, when the primary production is smaller, than in dry season. The ratio of new production to regenerated production is $(63+396) : (932+679+163) = 1 : 2.6$ in wet season and $(21+409) : (1431+1027+267) = 1 : 6.3$, in dry season. It means that new production is smaller than regenerated production for both seasons, and ratio of regenerated production to new production is higher in dry season than in wet season. The transfer efficiency from the primary production to the secondary production is 18 % in wet season and 20 % in dry season. Transfer efficiency becomes larger in dry season than in wet season because the increase of chlorophyll *a* concentration results in an increase of grazing speed by zooplankton.

Table 2 shows the comparison of average ecosystem condition between Banten Bay and Hakata Bay (Yanagi and Onitsuka, 2000), Japan. Hakata Bay is located in mid-latitude and hyper-eutrophicated condition. DIN, DIP and chlorophyll *a* concentration in Hakata Bay are higher than in Banten Bay. The mole ratio between DIN and DIP is higher in Hakata Bay than in Banten Bay, so limiting factor in Hakata Bay is phosphate, while in Banten Bay

it is nitrogen. Ratio of new production to regenerated production in Banten Bay is lower than in Hakata Bay. In Hakata Bay, the new production is larger than regenerated production. It means load of DIN and diffusion from lower layer is large and plays the most important role in Hakata Bay, while in Banten Bay, regenerated production plays the most important role. Transfer efficiency is almost the same in both bays, because in Hakata Bay, which is under hyper-eutrophic, transfer efficiency becomes small due to that much phytoplankton remains without being grazed and the increase of phytoplankton density does not result in an increase of grazing speed by zooplankton. While in Banten Bay, chlorophyll *a* concentration is not so high compared with Hakata Bay, therefore transfer efficiency becomes small too. These results show that Banten Bay is under transition condition between oligotrophic and hyper-eutrophic (Hakata Bay) condition.

5. Conclusion

The model calculations in Banten Bay show good agreement with the observed ones as for high chlorophyll *a* concentration in dry season and low one in wet season.

Chlorophyll *a* concentration in dry season is higher than that in wet season, because water temperature and light intensity become higher in dry season than in wet season. And observed DIN concentration is also reproduced by the model calculation except in 1981. Generally, concentrations of lower trophic ecosystem compartments are higher in dry season than in wet season. From this study, we can say that Banten Bay water is strongly affected by seasonal variation.

Recycling of DIN plays the important role in the increase of chlorophyll *a* concentration. Compared with Hakata Bay, Japan which is located in mid-latitude and hyper-eutrophic, Banten Bay, which is located in tropics, is under transition condition between oligotrophic and hyper-eutrophic condition, that is, DIN, DIP and chlorophyll *a* concentrations are smaller than those in Hakata Bay and ratio of new production to regenerated production is smaller than that in Hakata Bay. Beside that, transfer efficiency is almost the same in both

bays.

References

- ANONIMOUS (1980a): Laporan Pelayaran I KM. Samudra di pantai utara Jawa 18–31 Desember 1979. Proyek Penelitian Masalah Pengembangan Sumber Daya Laut dan Pencemaran Laut LON LIPI, Jakarta. 1–159
- ANONIMOUS (1980b): Pemonitoran Perairan Pantai Utara Jawa Laporan No. 2 Pelayaran KM. Samudra 18–30 Juni 1980. Proyek Penelitian Masalah Pengembangan Sumber Daya Laut dan Pencemaran Laut LON- LIPI, Jakarta. 1–265
- ANONIMOUS (1981a): Pemonitoran Perairan Pantai Utara Jawa Laporan No. 3 Pelayaran KM. Bawal Putih 29 Januari – 20 Februari 1981. Proyek Penelitian Masalah Pengembangan Sumber Daya Laut dan Pencemaran Laut LON- LIPI, Jakarta. 1–163
- ANONIMOUS (1981b): Pemonitoran Perairan Pantai Utara Jawa Laporan No. 4 Pelayaran KM. Samudra 16 Agustus–12 September 1981. Proyek Penelitian Masalah Pengembangan Sumber Daya Laut dan Pencemaran Laut LON- LIPI, Jakarta. 1–173.
- Badan Meteorologi dan Geofisika (1986) : Climatological Data For Jakarta Observatory, Departemen Perhubungan, Indonesia.
- HOITINK, A.J.F (2000): Three Dimensional Velocity Structure and Suspended Sediments at Coral Reef in Teluk Banten, Indonesia, Institute for Marine and Atmospheric Research Utrecht.
- KAWAMIYA, M., M. KISHI, Y. YAMANAKA and N. SUGIHARA (1995) : An ecological-physical coupled model applied to Station Papa. *J. Oceanography*, **51**, 635–664.
- KREMER, J.N. and S. W. NIXON (1978): *A Coastal Marine Ecosystem*. Springer-Verlag, Berlin.
- LINDEBOOM, H., Van OOIJEN, S.V. SMITH, V. DUPRA and T. YANAGI (2001): Teluk Banten, Indonesia, Water and Salt Budgets, and Implications for the Nutrient Budgets, LOICZ Research Report, (in press)
- NONTJI (1974). Chlorophyll content in the phytoplankton of the Banda and Seram seas. *Oceanologi d; Indonesia* 2:1–16 (in Indonesian).
- STEEMANN-NIELSEN, E. (1975) : *Marine photosynthesis: with special emphasis on the ecological aspects*. Elsevier Oceanography series : 13, Elsevier Science Pub. Co. 141 pp.
- PARSONS, T., M. TAKAHASHI and B. HARGRAVE (1984) :

Biological Oceanographic Process. Pergamon Press. 3rd edition. Oxford, 330 pp.

YANAGI, T. and G. ONITSUKA (2000) : Seasonal variation in lower trophic level ecosystem of Hakata

Bay, Japan. *J. Oceanography*, **56**, 233–243.

Received July 9, 2001

Accepted November, November 30, 2001

東京湾の表層域における仔稚魚の季節的出現と分布様式

加納光樹^{1,2}・荒山和則¹・今井 仁^{1,3}・金沢 健^{1,4}・小池 哲^{1,5}・河野 博¹

Seasonal and spatial changes in the larval and juvenile fish fauna in surface waters of Tokyo Bay, central Japan

Kouki KANOU^{1,2}, Kazunori ARAYAMA¹, Hitoshi IMAI^{1,3}, Ken KANAZAWA^{1,4},
Tetsu KOIKE^{1,5} and Hiroshi KOHNO¹

Abstract: A total of 16,189 larval and juvenile fishes representing 57 families and 115 species was collected by monthly larval net (mouth diameter 1.3 m and mesh size 0.3 mm) sampling in the surface waters of Tokyo Bay, central Japan, from September 1995 to January 1999. The Engraulidae was the most abundant family, comprising 34.9 % of the total number of fish, followed by the Clupeidae (23.3%), Gobiidae (8.0%), Callionymidae (7.2%), Blennidae (4.2%). The most abundant species were *Engraulis japonicus* (34.9%), *Sardinella zunasi* (13.1%) and *Konosirus punctatus* (10.2%). The number of species increased from spring to early autumn and the highest number occurred in September, its pattern being similar to seasonal changes of surface-waters temperature. Of the fourteen abundant species, larvae of *E. japonicus* and *Parablennius yatabei* occurred abundantly over four months, whereas those of others only a few months. Classification, using the abundance of each of the 115 species recorded at the different sites, showed that the composition of the larval and juvenile fish fauna in the inner bay and the mouth of bay differed markedly from each other. Based on developmental stages, and horizontal and vertical distribution pattern of larvae and juvenile fish, the manner of utilization of the surface waters in Tokyo Bay by the fourteen abundant species was summarized as follows. 1) *K. punctatus*, *Apogon lineatus* and *Lateolabrax* spp. utilized surface waters only in planktonic phase (yolksac - flexion stage), whereas the other eleven species also in swimming phase (postflexion - juvenile stage). 2) The abundant species except *S. zunasi* occurred to the mouth of bay in a various stage of early life history. 3) The habitat of *E. japonicus* and *Hexagrammos otakii* shifted with growth from the mouth of bay to the inner bay.

Key words : Ichthyoplankton, seasonal occurrence, spatial distribution, Tokyo Bay

¹東京水産大学魚類学研究室 〒108-8477 東京都港区港南4-5-7 Laboratory of Ichthyology, Tokyo University of Fisheries, 4-5-7 Konan, Minato-ku, Tokyo 108-8477, Japan

²(現住所) 東京大学大学院農学生命科学研究科農学国際専攻 〒113-8657 東京都文京区弥生1-1-1 Department of Global Agricultural Sciences, Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo, 1-1-1 Yayoi, Bunkyo-ku, Tokyo 113-8657, Japan

³(現住所) 財団法人自然環境研究センター 〒110-8676 東京都台東区下谷3-10-10 Japan Wildlife Research Center, 3-10-10 Shitaya, Taito-ku, Tokyo 110-8676, Japan

⁴(現住所) 大分県臼津関地方振興局 水産課 〒875-0041 大分県臼杵市大字臼杵字洲崎72-254 Usutsuseki Regional Development Bureau, Oita Prefectural Government, 72-254 Sunosaki, Oozausukiaza, Usuki, Oita 875-0041, Japan

⁵(現住所) 日本海洋株式会社 〒114-0005 東京都北区栄町9-2 Nippon Kaiyo Co., Ltd., 9-2 Sakae-cho, Kita-ku, Tokyo 114-0005, Japan

1. はじめに

内湾は魚類の育成場として重要な役割を担っている(田北, 1980; 森, 1995; 座間, 1999)。日本各地の内湾では、水産上有用な魚種の初期生活史を明らかにするために、多くの仔稚魚相調査が実施され(千田, 1964; YAMASHITA and AOYAMA, 1984; 川端・大森, 1993; 森, 1995; 山本ら, 1997; 甲原・河野, 1999など)、内湾における仔稚魚の季節的出現や水平・垂直分布様式が明らかにされてきた。しかし、内湾の仔稚魚相には、各種の地理的分布だけではなく、流入河川の規模、湾口の広さ、湾の水深などに代表される内湾環境の特性が反映されるために(千田, 1964; 森, 1995)、既往の知見を未調査の対象海域に当てはめることはできない。

東京湾(州崎と剣崎を結ぶ線以北の海域)では、水深10~50 mの砂泥域(TAKAGI, 1959; 岩田ら, 1979; 時村・清水, 1998)、干潟と浅瀬(岩田ら, 1979; 竹内・安田, 1980; 東京都水産試験場, 1990; 工藤, 1995; 東京都環境保全局水質保全部, 1999; 加納ら, 2000)、人工海浜(工藤, 1997)、砂浜海岸や磯浜海岸(荒山ら, 印刷中)、垂直岸壁(岩田ら, 1979)、および岩礁域(林・伊藤, 1974)などのさまざまな環境で詳細な魚類相研究が行われており、とくに内湾性魚種については稚魚から成魚の出現パターンに関する情報が蓄積されている。また、テンジクダイ(KUME *et al.*, 1998; 1999; 2000)、ハタテヌメリ(IKEJIMA and SHIMIZU, 1998, 1999)、シロギス(SULISTIONO *et al.*, 1999)、およびコノシロ(KONG *et al.*, 1998)など、各種の生活史を扱った研究も多い。しかし、発育初期の仔稚魚の出現に関しては、スズキ属、アイナメ属、ハタテヌメリ、およびサンゴタツなどの数種で詳細な知見があるもの(中田・岩槻, 1991; 岩槻・中田, 1991; IKEJIMA and SHIMIZU, 1999; KANOU and KOHNO, 2001)、仔稚魚群集を扱った報告は湾最奥部での断片的な知見があるに過ぎない(竹内, 1979; 竹内・安田, 1980; 甲原・河野, 1999)。そこで本研究では、1995年9月から1999年1月にかけて、東京湾全域の表層域で稚魚ネットにより仔稚魚を採集し、仔稚魚の季節的出現と水平分布パターンを明らかにした。

2. 材料と方法

2.1 採集場所

仔稚魚の採集は、東京湾に設置したA~Fの6つの海域で行った(Fig. 1)。水深は、Aで13~18 m, Bで22~26 m, Cで26~31 m, Dで39~49 m, Eで51~190 m, Fで237~784 mであり、湾最奥部から外海へ向けて徐々に深くなっている。底質は、A~Cでは主に泥であるが、D~Fでは砂または砂泥に岩盤が混じった環境になる(貝塚, 1993)。各海域に近い海岸線は、A~Cでは垂直岸壁や干潟、Dでは垂直岸壁や干潟および磯浜、E~Fでは磯浜である。

2.2 採集方法

採集期間は1995年9月から1999年1月までで、各採集海域において8月を除くすべての月の昼間に1~13回(合計293回)の採集を行った(Table 1)。仔稚魚の採集には、口径1.3 m、長さ4.3 mの大きさで、胴部はモジ網、筒部の目合が0.33 mmの稚魚ネットを用いた。この稚魚ネットを上端が水面からやや出るように船舷側に設置し、船速約2ノットで、1回の採集当たり15分間の表層曳きを行った。採集の終了と同時に表層水の水温と塩分を測定した。採集した仔稚魚は10%海水ホルマリンで固定し、研究室に持ち帰った。

2.3 仔稚魚の同定と発育段階

研究室では、実体顕微鏡下で仔稚魚の同定を行った後に、体長を計測し、個体数を計数した。仔稚魚の同定は、主に内田ら(1958)や沖山(編)(1988)、中坊(編)(1993)に基づいて行い、小さな個体についてはシリーズ法(LEIS and RENNIS, 1983)によっても同定を行った。発育初期のために、または破損しているために目レベルの同定も困難な標本は、同定できない標本として扱った。体長の定義はLEIS and TRNSKI(1989)に従った。発育段階区分は基本的にKENDALL *et al.*(1984)に従ったが、移行仔魚(transformation larva)の段階は用いず、上屈後仔魚期と稚魚期との境界は鰭条の定数化によって決定した。さらに、優占種については、LEIS(1993)を参考にして、浮遊個体(KENDALL *et al.*(1984)の卵黄囊仔魚から上屈仔魚)および遊泳個体(上屈後仔魚と稚魚)に大別し、その区分ごとに水平分布パターンを明らかにした。なお、一般に、ふ化直後から浮遊生活を送っていた仔魚は、脊索末端の上屈完了の時期に、尾鰭の推進力による遊泳機能が向上するものと考えられている(例えばKOHNO *et al.*, 1983; 河野ら, 2000)。

リストの科の配列、和名と学名は中坊(編)(1993)に従った。本研究で使用した標本は70%エチルアルコール中で保存し、東京水産大学水産資料館の仔稚魚コレクション(MTUF-P(L))に登録・保管されている。

2.4 成魚の生息場所

岡村・尼岡(編)(1997)や中坊(編)(1993, 1998)などを参考にして、出現種を成魚の生息場所により、以下の7つに区分した: 淡水種(成魚の生息場所は河川や湖沼の淡水域)、浅海砂泥種(水深150 m以浅の砂泥域)、浅海岩礁種(水深150 m以浅の岩礁域)、浅海砂泥・岩礁種(水深150 m以浅の砂泥域と岩礁域)、表層種(沿岸から沖合の表層域)、大陸棚斜面種(水深200 m前後の大陸棚斜面域)、中深層種(水深200 m以深の中深層域または深海域)。

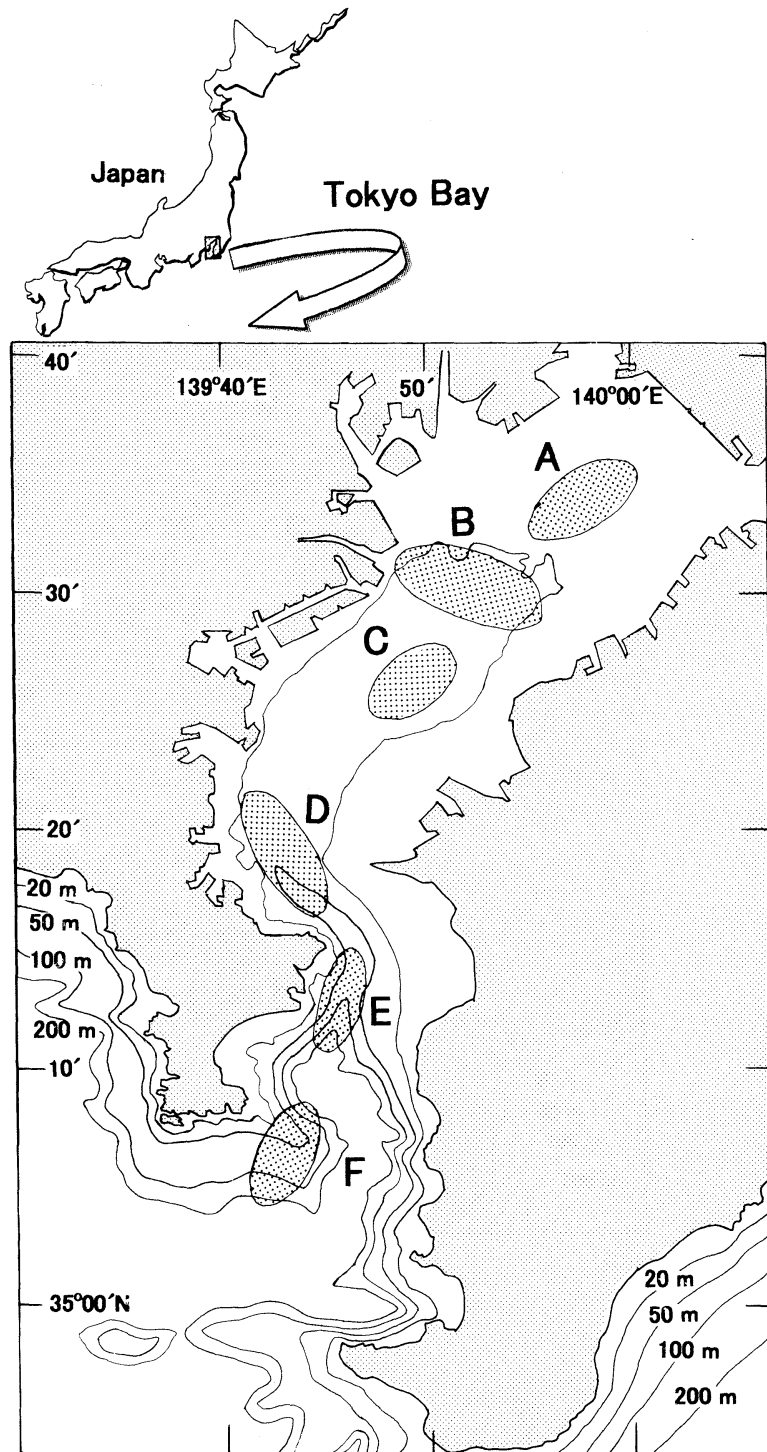


Fig. 1. Map showing sampling sites in Tokyo Bay.

Table 1. Number of tows at each site in Tokyo Bay from September 1995 to January 1999

Sites	Month											Total
	1	2	3	4	5	6	7	9	10	11	12	
A	3	2	1	2	2	2	3	3	2	3	2	25
B	10	9	2	10	7	7	3	12	13	13	9	95
C	5	4	2	4	3	3	4	3	5	5	4	42
D	6	5	3	4	2	2	5	5	6	6	5	49
E	6	5	3	5	4	3	5	5	6	6	5	53
F	3	2	1	2	2	3	3	3	3	4	3	29
Total	33	27	12	27	20	20	23	31	35	37	28	293

2.5 解析方法

沿岸域に出現する多くの魚種では、仔稚魚の出現量が中層域よりも表層域で少なく（沖山, 1965; 南・玉木, 1980）、また、分布量の日間変動も大きいため、月1回の採集結果でその月の状況を代表させることは難しい（千田, 1962）。本研究では、千田（1962）を参考にして、3年半の調査結果を総合し、海域間または月間で曳網回数当たりの種数や個体数を比較することで、全体的な傾向を明らかにした。優占種の出現量を海域間で比較する場合には、浮遊個体と遊泳個体とを別々にして、曳網当たりの個体数を算出した。海域間の仔稚魚群集の比較では、各月における曳網当たりの個体数のデータを採集海域ごとに合計し、それらのデータを対数変換（ $\text{Log}_{10}(X+1)$ ）した後に、Bray-Curtisの類似度指数 PS_2 を求めた。その類似度に基づくクラスター分析は群平均法で行った。

3. 結果

3.1 塩分と水温

表層水の塩分は、年間を通して、湾最奥部から外海へ向けて徐々に高くなっていった（Fig. 2）。33 psu 以上の高い塩分は、主に E~F で 11~5 月にかけて記録された。逆に、30 psu 以下のやや低い塩分は、主に A~B で 7~10 月にかけて記録された。

全海域の表層水温の平均値は、3~9 月にかけて上昇し、最高は 9 月の 25.7 °C であった。9 月以降は再び下降し、最低は 3 月の 10.3 °C であった（Fig. 3）。海域による水温の違いは、4~11 月にかけては小さく、A~F で 1~2 °C の差異があるだけであったが、12~2 月にかけては大きく、C~F で約 5 °C の差異がみられた（Fig. 2）。

3.2 出現魚種の概要

種組成と優占種 本研究で採集された仔稚魚は、57 科 115 種以上の 16,189 個体であった（Table 2）。これらのうち、76 種が種まで、17 種が属まで、22 種が科まで同定された。破損していたために、または発育初期であったために、科レベルの同定もできなかった仔魚は、

全採集個体数の 0.5% のみであった。

科別の種数はフサカサゴ科とイソギンボ科が最も多く（8 種）、次いで、ハゼ科（7 種）、テンジクダイ科（6 種）で、残り 53 科では 1~4 種だけが出現した（Table 2）。採集個体数では、カタクチイワシ科が最も多く（5,643 個体）全体の 34.9% を占め、次いでニシン科（23.3%）、ハゼ科（8.0%）、ネズボ科（7.2%）、イソギンボ科（4.2%）であった。

最も多く採集された種は、カタクチイワシの 5,643 個体で全個体数の 34.9% を占め、次いでサッパ（13.1%）、コノシロ（10.2%）、ハゼ科不明種（8.0%）、ネズボ科不明種（7.2%）、アイナメ（5.2%）、カサゴ（3.3%）、イソギンボ（2.6%）、メバル（1.5%）、テンジクダイ（1.6%）、サンゴタツ（1.2%）、アミメハギ（1.0%）、トウゴロイワシ（0.8%）、スズキ属不明種（0.8%）、イダテンギンボ（0.7%）、シロギス（0.7%）であった。これら 16 種の個体数の合計は、全体の 92.8% を占めていた。

成魚の生息場所別種数 成魚の生息場所別にみた種数は、アイナメやイソギンボなどの浅海岩礁種が 35 種と最も多く、次いでサッパやテンジクダイなどの浅海砂泥種（29 種）、サンゴタツやアミメハギなどの浅海砂泥・岩礁種（19 種）、カタクチイワシやトビウオなどの表層種（16 種）、ハダカイワシ科不明種やメダイなどの中深層種（7 種）、ホソタチモドキやヒメなどの大陸棚斜面種（5 種）、アユの淡水種（1 種）であった（Table 2）。

発育段階 採集された魚種のうち、卵黄嚢仔魚は 15 種、上屈前仔魚は 58 種、上屈仔魚は 44 種、上屈後仔魚は 50 種、稚魚は 57 種が出現した（Table 2）。

前述した優占種のうち、属または種レベルまで同定された 14 種について、浮遊個体（卵黄嚢仔魚から上屈仔魚）と遊泳個体（上屈後仔魚と稚魚）の出現量を比較した（Table 3）。浮遊個体のみが多く出現したのは、テンジクダイとコノシロおよびスズキ属不明種の 3 種であった。一方、遊泳個体のみが多く出現したのは、アミメハギとサンゴタツの 2 種であった。残りの 9 種では、浮遊個体と遊泳個体のそれぞれが少なくとも 20 個体以上採集された。

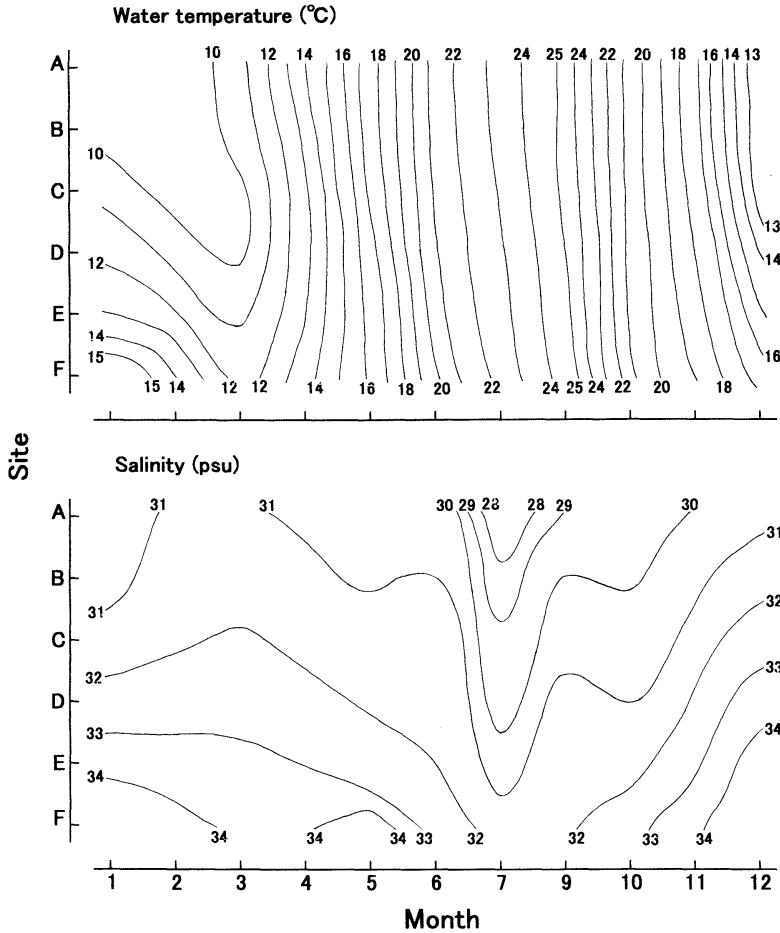


Fig. 2. Monthly changes of horizontal profiles of mean water temperatures and salinities in Tokyo Bay from September 1995 to January 1999.

3.3 出現の季節変化

種数と個体数 曳網当たりの種数は1月から4月は2種前後で少なかったが、5月から9月にかけて徐々に増加し、最多は9月の8.4種であった (Fig. 3)。10月以降は徐々に減少し、12月には3.1種と少なくなった。

曳網当たりの個体数は1月から3月にかけて減少し、3月には最低の5.6個体であった。5月以降は急激に増加し、最多は9月の167.9個体、次いで6月の124.7個体であった。10月以降は再び減少し、12月には8.3個体と少なくなった。

優占種 前述した優占種の出現の季節変化を明らかにするために、各月の曳網当たりの個体数を比較した (Fig. 4, Table 2)。なお、ここでは3~5月を春期、6~7月を夏期、9~11月を秋期、12~2月を冬期とする。

優占種のうちで春期を中心に出現した種はなかった。夏期を中心に出現したのはコノシロとカタクチイワシの

2種であった。コノシロは4~7月に出現し、7月に47.0個体と最も多かった。また、カタクチイワシは4~12月に出現し、6月に87.3個体と最も多かった。夏期から秋期を中心に出現したのはトウゴロウイワシとイダテンギンボの2種であった。トウゴロウイワシは6~9月に出現し、9月に2.6個体と最も多かった。イダテンギンボは6~9月に出現し、9月に2.5個体と最も多かった。

秋期を中心に出現したのはイソギンボ、ネズボ科不明種、サンゴタツ、ハゼ科不明種、サッパ、シロギス、テンジクダイ、およびアミメハギの8種であった。イソギンボは4~11月に出現し、9月に7.0個体、10月に6.3個体と多かった。ネズボ科不明種は5月と7~11月に出現し、9~11月に7.7~11.8個体と多かった。サンゴタツは5~12月に出現し、9月に3.1個体と最も多かった。ハゼ科不明種は5~12月に出現し、9月に29.7個体と最も多かった。サッパは7月と9月に出現し、9月に67.0

Table 2. Larval and juvenile fish collected from all the sampling sites in Tokyo Bay from September 1995 to January 1999

Family and Species	Individual No.	%	Month	Sites	Size range (BL, mm)	Development stage	Habitat of adult
Muraenesocidae							
<i>Muraenesox cinereus</i>	1		10	D	7.0	pre.	Ns
Clupeidae							
<i>Sardinella zunasi</i>	2125	13.1	6-9	A-F	2.2-16.9	yol.-pos..	Ns
<i>Konosirus punctatus</i>	1646	10.2	4-7	A-F	2.7-9.9	yol.-pos..	Ns
<i>Sardinops melanostictus</i>	9		2,4,7,12	D-F	3.5-19.6	pre.,pos.	S
Engraulididae							
<i>Engraulis japonicus</i>	5643	34.9	4-12	A-F	1.8-41.8	yol.-juv.	S
Bathylagidae							
Bathylagidae sp.	1		11	E	5.3	pre.	M
Plecoglossidae							
<i>Plecoglossus altivelis altivelis</i>	46		10-12	A-C,F	3.8-13.2	yol.-pos.	F
Phosichthyidae							
<i>Vinciguerria nimbaria</i>	4		11-12	D	7.3-13.4	pos.	M
Aulopodidae							
<i>Aulopus japonicus</i>	1		9	D	3.3	pre.	C
Synodontidae							
<i>Saurida</i> spp.	2		9	D	2.6-4.2	pre.	Ns
Synodontidae spp.	73	0.5	9	E-F	1.8-4.1	pre.	Ns/r
Myctophidae							
<i>Lampanyctus</i> sp.	1		11	E	4.2	pre.	M
Myctophidae spp.	44		2,4,7-10	D-F	2.6-7.5	yol.-pos.	M
Macrouridae							
Macrouridae sp.	16		2,11	D-F	2.4-3.1	yol.-pre.	M
Atherinidae							
<i>Hypoatherina valenciennesi</i>	129	0.8	6-9	A-F	4.0-39.4	pre.-juv.	Ns/r
<i>Atherion elymus</i>	2		1,7	D-E	6.8,29.1		Nr
Hemiramphidae							
<i>Hyporhamphus intermedius</i>	1		7	A	55.4	you.	S
<i>Hyporhamphus sajori</i>	1		7	B	7.3	pos.	S
Exocoetidae							
<i>Cypselurus agoo agoo</i>	2		9	B	11.3-18.8	juv.	S
<i>Cypselurus heterurus doederleini</i>	2		6	B,F	16.2-20.2	juv.	S
<i>Cypselurus hiraii</i>	1		6	B	21.8	juv.	S
Exocoetidae spp.	2		7,11	D-E	3.1-9.5	fle.-pos.	S
Belonidae							
<i>Strongylura anastomella</i>	9		6-7	A-C	8.3-32.7	pos.-juv.	S
Fistulariidae							
<i>Fistularia petimba</i>	1		12	F	104.2	juv.	Ns/r
Macroramphosidae							
<i>Macroramphosus scolopax</i>	3		1,4	F	7.8-9.4	juv.	Ns
Syngnathidae							
<i>Urocampus nanus</i>	1		12	F	51.8	juv.	Ns
<i>Festucalex erythraeus</i>	1		10	D	22.1	juv.	Nr
<i>Syngnathus schlegeli</i>	47		5-12	A-F	8.3-179.5	pre.-juv.	Ns
<i>Hippocampus mohnikei</i>	195	1.2	5-12,1	A-F	6.0-65.3	juv.	Ns
Scorpaenidae							
<i>Sebastes inermis</i>	245	1.5	1-6,12	A-F	4.2-34.5	pre.-juv.	Nr
<i>Sebastes hubbsi</i>	24		1,10-12	A-F	4.8-17.1	fle.-juv.	Nr
<i>Sebastes pachycephalus pachycephalus</i>	9		1-4	B-D	5.4-14.1	pre.-juv.	Nr
<i>Sebastes matsubarae</i>	1		3	F	3.6-3.9	pre.	C
<i>Sebastes marmoratus</i>	532	3.3	1-5,9-12	B-E	1.3-16.5	pre.-juv.	Nr

Table 2. Continued

Family and Species	Individual No.	%	Month	Sites	Size range (BL, mm)	Development stage	Habitat of adult
Scorpaenidae sp.1	1		9	E	5.9	juv.	-
Scorpaenidae sp.2	3		9	E-F	1.5-1.7	pre.	-
Scorpaenidae sp.3	1		9	E	2.4	pre.	-
Triglidae							
<i>Chelidonichthys spinosus</i>	4		1-2,4,7	C,E-F	11.6-13.8	juv.	Ns
<i>Lepidotrigla</i> sp.	1		10	C	3.9	pre.	Ns
Platycephalidae							
<i>Platycephalus</i> sp.	5		7-10	B-F	2.2-9.4	pre.,pos.-juv.	Ns
Hexagrammidae							
<i>Hexagrammos otakii</i>	926	5.7	12-4	A-F	5.9-49.8	yol.-juv.	Nr
<i>Hexagrammos agrammus</i>	6		1-2	D	19.6-35.2	pos.-juv.	Nr
Cottidae							
<i>Ocynectes maschalis</i>	4		1	D	8.8-11.7	fle.-juv.	Nr
<i>Pseudoblennius</i> sp.	1		1	E	7.2	fle.	Nr
Percichthyidae							
<i>Lateolabrax</i> spp.	125	0.8	12-2	B-F	2.2-8.7	yol.-pre.	Ns/r
Terapontidae							
<i>Rhyncopelates oxyrhynchus</i>	3		6,9	E	2.9-3.8	pre.	Ns/r
<i>Terapon jarbua</i>	7		6,7-10	B,D,F	7.5-11.9	juv.	Ns/r
Apogonidae							
<i>Apogon lineatus</i>	266	1.6	9-10	A-F	2.1-7.1	pre.-juv.	Ns
<i>Apogon semilineatus</i>	50		9-10	C,E-F	2.3-9.2	pre.-juv.	Nr
<i>Gymnapogon</i> sp.1	3		9-10	D,E	2.4-2.7	pre.	Nr
<i>Gymnapogon</i> sp.2	4		9	E-F	1.9-2.4	pre.	Nr
Apogonidae sp.1	2		10	C	3.8-4.0	fle.	Ns/r
Apogonidae sp.2	8		9	E	3.2-4.7	pre.-pos.	Ns/r
Sillaginidae							
<i>Sillago japonica</i>	115	0.7	6-10	A-F	1.8-10.0	pre.-pos.	Ns
Branchiostegidae							
<i>Branchiostegus japonicus</i>	1		11	D	11.7	juv.	Ns
Scombroptidae							
<i>Scombrops</i> sp.	1		4	C	12.9	juv.	C
Labracoglossidae							
<i>Labracoglossa argentiventris</i>	53		1,11-12	D-F	2.8-7.0,33.2	pre.-juv.	Nr
Carangidae							
<i>Elagatis bipinnulata</i>	1		9	E	12.4	juv.	S
<i>Seriola quinqueradiata</i>	6		4-6	C,F	12.7-28.4	juv.	S
<i>Scomberoides</i> sp.	1		12	D	5.2	fle.	S
<i>Trachurus japonicus</i>	18		4-5,7-11	A-F	1.9-24.3	pre.-juv.	S
Coryphaenidae							
<i>Coryphaena hippurus</i>	1		11	E	12.5	juv.	S
Sparidae							
<i>Acanthopagrus schlegeli</i>	18		6,7	A-B,D-F	3.0-9.1	pre.-pos.	Nr
<i>Pagrus major</i>	1		1	F	5.4	pos.	Ns/r
Mullidae							
Mullidae sp.1	2		6	F	17.1-17.5	juv.	Ns/r
Mullidae sp.2	1		10	E	28.3	juv.	Ns/r
Girellidae							
<i>Girella</i> spp.	15		1,4	C-E	2.9-16.4	pre.-juv.	Nr
Oplegnathidae							
<i>Oplegnathus fasciatus</i>	4		6	F	8.9-12.0	juv.	Nr
Pomacentridae							
<i>Abudefduf vaigiensis</i>	8		9,11	E-F	7.0-17.8	juv.	Nr

Table 2. Continued

Family and Species	Individual No.	%	Month	Sites	Size range (BL, mm)	Development stage	Habitat of adult
<i>Chromis notata notata</i>	31		9-10,12	C-F	2.3-10.1	pre.-juv.	Nr
Pomacentridae sp.	1		12	D	4.5	pos.	Nr
Cheilodactylidae							
<i>Goniistius zonatus</i>	4		12	D	5.3-6.8	fle.-pos.	Nr
Mugilidae							
<i>Mugil cephalus cephalus</i>	51		1,3,11	D,F	5.1-24.6	juv.	Ns/r
Mugilidae spp.	8		6,9,11-12	C-F	2.8-4.9	pre.-fle.	Ns/r
Labridae							
<i>Pseudolabrus</i> sp.	33		9-12	D-F	1.8-11.3	pre.-juv.	Nr
Stichaeidae							
<i>Dictyosoma burgeri</i>	44		1,2	B-D	5.9-16.6	pre.-juv.	Nr
Pholididae							
<i>Pholis nebulosa</i>	5		3-4,6	A,C,E	14.2-91.4	pos.-juv.	Nr
Uranoscopidae							
<i>Xenocephalus elongatus</i>	2		10	E	7.2-9.1	juv.	Ns
Chaenopsidae							
<i>Neoclinus bryope</i>	27		1	D	5.6-6.0	pre	Nr
Blenniidae							
<i>Omobranchus elegans</i>	60		6-7	B-F	2.1-10.4	pre.-pos.	Nr
<i>Omobranchus fasciolatoceps</i>	28		6-9	A-E	2.2-11.1	pre.-pos.	Nr
<i>Omobranchus punctatus</i>	112	0.7	6-9	A-F	1.9-18.5	pre.-juv.	Nr
<i>Scartella emarginata</i>	2		11	F	10.0-10.3	juv.	Nr
<i>Parablennius yatabei</i>	426	2.6	4-12	A-F	1.6-15.1	yol.-juv.	Nr
<i>Petroscirtes breviceps</i>	25		9-11	D-F	2.7-29.6	pre.-juv.	Nr
<i>Petroscirtes springeri</i>	2		10	E-F	17.7-22.1	juv.	Nr
Blenniidae spp.	19		4,7	E-F	2.3-4.3	pre.-fle.	Nr
Callionymidae							
Callionymidae spp.	1162	7.2	5,7-12	A-F	1.4-5.6	yol.-juv.	Ns
Gobiidae							
<i>Luciogobius</i> sp.1	26		4-6	B-E	2.5-4.4	yol.-fle.	Nr
<i>Luciogobius</i> sp.2	3		3-5	E	3.8-3.9	pre.	Nr
<i>Parioglossus</i> sp.	1		11	F	5.9	pos.	Ns/r
<i>Acanthogobius flavimanus</i>	2		3-4	A,C	5.2-5.6	pre.-fle.	Ns
<i>Acanthogobius lactipes</i>	1		10	A	6.9	pos.	Ns
<i>Acentrogobius pflaumii</i>	1		12	D	21.1	juv.	Ns
Gobiidae spp.	1288	8.0	5-12	A-F	1.9-7.1	yol.-pos.	Ns/r
Sphyraenidae							
<i>Sphyraena</i> sp.	1		7	E	4.1	pre.	Ns/r
Gempylidae							
Gempylidae spp.	4		9-11	D-E	5.5-6.0	fle.	M
Trichiuridae							
<i>Trichiurus japonicus</i>	1		10	B	10.1	fle.	C
<i>Benthodesmus elongatus</i>	3		11	E	5.1-7.0	pre.	C
Scombridae							
<i>Scomber</i> sp.	4		4,7	E	5.1-6.4	fle.-pos.	S
Scombridae sp.	4		9	E	1.6-2.8	yol.-pre.	S
Centrolophidae							
<i>Hyperoglyphe japonica</i>	1		2	F	11.3	juv.	M
<i>Psenopsis anomala</i>	2		5,9	B	9.6,37.4	juv.	Ns
Paralichthyidae							
<i>Paralichthys olivaceus</i>	1		4	D	9.1	pos.	Ns
Bothidae							
<i>Psettina</i> sp.	1		11	F	7.9	pos.	Ns

Table 2. Continued

Family and Species	Individual No.	%	Month	Sites	Size range (BL, mm)	Development stage	Habitat of adult
Bothidae sp.	1		10	E	4.2	pre.	Ns
Pleuronectidae							
<i>Pleuronectes yokohamae</i>	11		1-3	C-E	2.3-4.8	yol.-pre.	Ns
Cynoglossidae							
<i>Cynoglossus robustus</i>	9		9-10	D-E	2.2-3.2	yol.-pre.	Ns
Monacanthidae							
<i>Rudarius ercodes</i>	155	1.0	1,9-11	B-F	2.8-18.1	fle.-juv.	Ns
<i>Paramonacanthus japonicus</i>	3		9-10	F	6.2-16.8	pos.-juv.	Ns
<i>Stephanolepis cirrifer</i>	58		6,9-10	B-F	4.9-20.9	pos.-juv.	Ns
<i>Thamnaconus modestus</i>	1		6	D	34.9	juv.	Ns/r
Tetraodontidae							
<i>Takifugu</i> sp.	1		7	D	10.9	juv.	Ns
Tetraodontidae sp.1	1		12	F	5.4	fle.	Ns/r
Tetraodontidae sp.2	1		7	E	2.8	pre.	Ns/r
Broken and unidentified specimens	76	0.5					
Total	16189						

Developmental stage(yol., yolk sac larvae; pre., preflexion larvae; fle., flexion larvae; pos., postflexion larvae), habitat of adult (C, continental shelf slope area; F, freshwater; M, middle/deep layer; N, middle/deep layer; Nr, neritic rocky area; Ns, neritic sandy area; Ns/r, neritic sandy/rocky area; S, surface layer; -, unknown).

Table 3. Number of individuals and peak sites of the pelagic and/or swimming phase of the 14 dominant species

	Pelagic phase		Swimming phase	
	<i>n</i>	Peak sites	<i>n</i>	Peak sites
Inner bay				
<i>Sardinella zunasi</i>	765	B	2472	A-B
Mouth of bay				
<i>Apogon lineatus</i>	252	D-E	9	
<i>Konosirus punctatus</i>	1645	E-F	1	
<i>Lateolabrax</i> spp.	122	E-F	0	
<i>Rudarius ercodes</i>	1		154	D-F
Whole bay				
<i>Omobranchus punctatus</i>	124	A-B,D	54	A,D
<i>Sillago japonica</i>	101	C-E	21	
<i>Parablennius yatabei</i>	605	B-E	143	A,C-E
<i>Hippocampus mohnikei</i>	-		197	B-E
<i>Hypoatherina valenciennes</i>	44	A-B,D	122	A-B,D
Whole bay→inner bay				
<i>Hexagrammos otakii</i>	530	B-E	403	B-C
<i>Sebastes inermis</i>	129	B-D,F	112	B-D
Whole bay→mouth of bay				
<i>Sebastes marmoratus</i>	493	B,D-F	38	D-F
Mouth of bay→whole bay				
<i>Engraulis japonicus</i>	3142	E-F	2393	A-F

Pelagic phase: yolk sac larvae, preflexion larvae and flexion larvae; swimming phase: postflexion larvae and juveniles. Peak sites: sites where collectively at least 90% of the each phase of the 14 dominant species were found, being only given when $n > 30$.

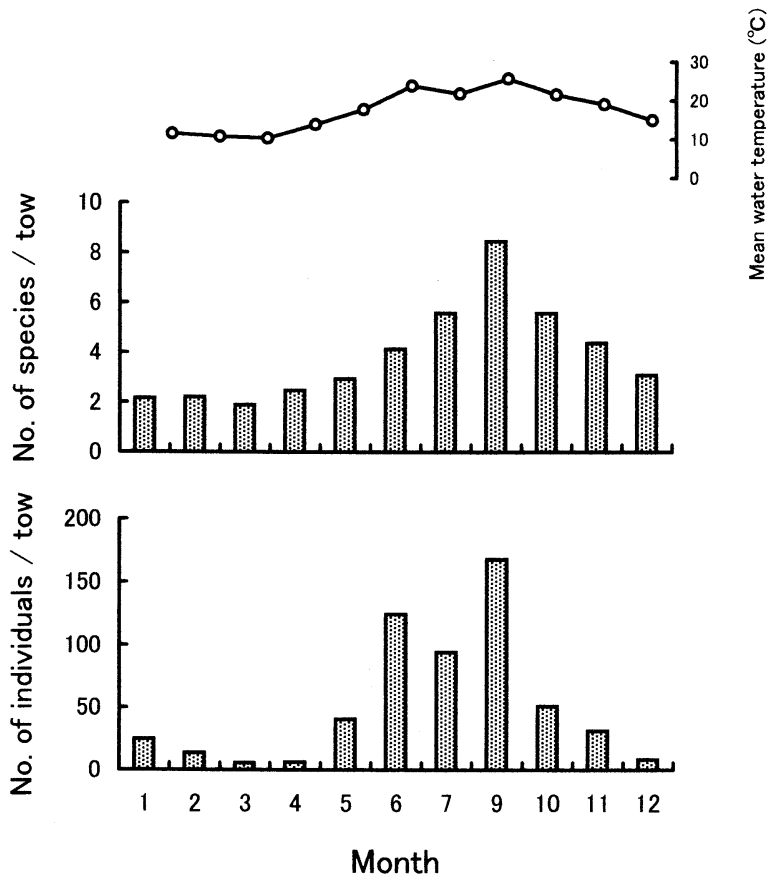


Fig. 3. Number of species and individuals per tow for larval and juvenile fish collected at all six sampling sites of Tokyo Bay in each month between September 1995 and January 1999.

個体と最も多かった。シロギスは6~10月に出現し、9月に1.5個体、10月に1.8個体と多かった。テンジクダイは9~10月に出現し、9月に6.5個体と最も多かった。アミメハギは1月と9~11月に出現し、9月に2.1個体、10月に2.3個体と多かった。なお、イソギンポとネズボ科不明種では5月にも小さな出現のピークがみられた。

秋期から冬期を中心に出現したのはカサゴのみであった。カサゴは9~4月に出現し、11月に7.3個体と最も多かった。冬期を中心に出現したのは、アイナメとメバルおよびスズキ属不明種の3種であった。アイナメは12~3月に出現し、1月に18.4個体と最も多かった。メバルは12~6月に出現し、1月に3.3個体、2月に3.2個体と多かった。スズキ属不明種は12~2月に出現し、1月に2.4個体と最も多かった。

3.4 仔稚魚の水平分布パターン

群集による海域の分類 採集海域間の群集の類似度に基づくクラスター分析の結果 (Fig. 5), 6 海域は類似

度 0.51 で A~C (以下, 東京湾内湾部とする) と D~F (東京湾湾口部) に大きく分かれた。それぞれのクラスターの中で各海域は類似度 0.55 以上でまとまり、さらに、B と C および D と E が類似度 0.71 と 0.67 でクラスターを形成した。

種数と個体数 曳網当たりの種数は内湾部よりも湾口部で多く、F (4.8種), E (4.7種), D (4.3種), C (3.8種), B (3.0種), A (2.3種) の順であった (Fig. 6)。同様に、曳網当たりの個体数も内湾部より湾口部で多く、E (102.3個体), F (68.1個体), D (49.2個体), B (38.2個体), C (31.6個体), A (18.0個体) の順であった。

成魚の生息場所別種数 内湾部と湾口部で成魚の生息場所別に曳網当たりの種数を比較した (Table 4)。内湾部の方でより多く採集されたのは、淡水種だけで、曳網当たりの種数は内湾部で 0.03~0.12 種、湾口部で 0~0.01 種であった。一方、湾口部の方でより多かったのは、中深層種 (湾口部で 0.11~0.27 種 vs. 内湾部で 0 種)、大陸棚斜面種 (0.02~0.09 種 vs. 0~0.03 種)、浅海岩礁

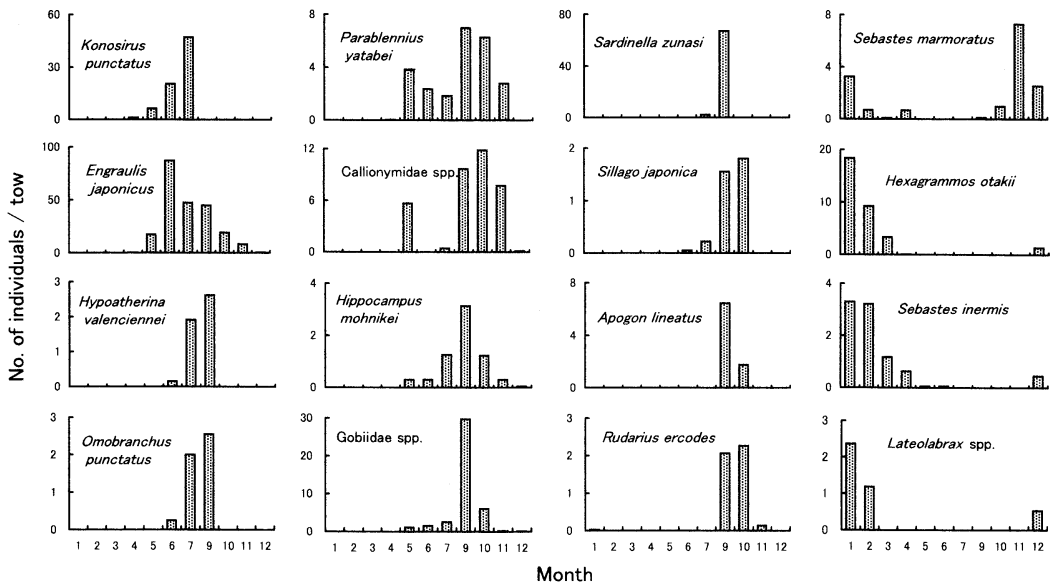


Fig. 4. Number of individuals per tow of sixteen most abundant species recorded throughout Tokyo Bay in each month between September 1995 and January 1999.

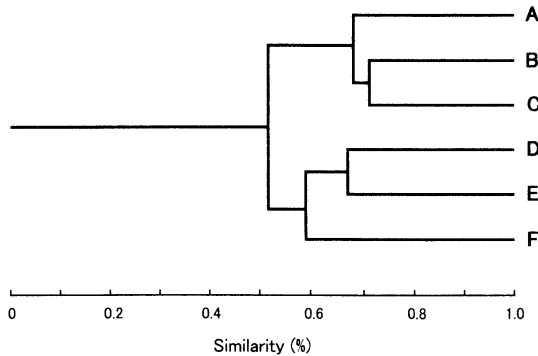


Fig. 5. Dendrogram of sampling sites, based on Bray-Curtis similarity coefficient, for fish assemblages at all six sampling sites in Tokyo Bay from September 1995 to January 1999.

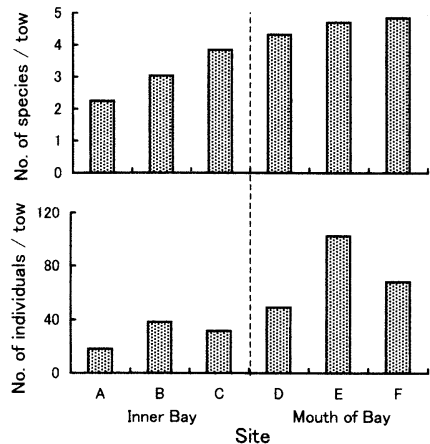


Fig. 6. Number of species and individuals per tow for larval and juvenile fish collected at each site in Tokyo Bay from September 1995 to January 1999.

種 (1.86~2.04 種 vs. 0.79~1.52 種), 浅海砂泥・岩礁種 (0.7~0.86 種 vs. 0.32~0.41 種) であった。浅海砂泥種と表層種では、内湾部と湾口部のどちらかへ出現が片寄る傾向はみられなかった。

優占種 前述した優占種のうち、属または種レベルまで同定された14種について、浮遊個体と遊泳個体を別々にして内湾部と湾口部で曳網当たりの個体数を比較したところ (Fig. 7), 以下の6つの水平分布パターンに分けることができた (Table 3): ①内湾型 (内湾部で個体数の90%以上が出現する; サッパ), ②湾口型 (湾口部で個体数の90%以上が出現する; テンジクダイ, コ

ノシロ, スズキ属不明種, アミメハギ), ③全湾型 (内湾部または湾口部への明瞭な個体数の片寄りが無い; イダテンギンボ, シロギス, イソギンボ, サンゴタツ, トウゴロウイワシ), ④全湾→湾口型 (成長に伴って全湾型から湾口型に変化する; カサゴ), ⑤全湾→内湾型 (成長に伴って全湾型から内湾型に変化する; メバル, アイナメ), ⑥湾口→全湾型 (成長に伴って湾口型から全湾型に変化する; カタクチイワシ)。

Table 4. Number of species per tow of each habitat at the six sites in Tokyo Bay

Habitat of adult	Inner bay			Mouth of bay		
	A	B	C	D	E	F
Continental slope	0	0	0.03	0.02	0.03	0.09
Freshwater	0.12	0.08	0.03	0	0	0.01
Middle/deep layer	0	0	0	0.11	0.27	0.25
Neritic sandy-muddy area	0.63	0.76	1.26	1.14	1.05	0.85
Neritic sandy-muddy/rocky area	0.32	0.41	0.40	0.70	0.86	0.80
Neritic rocky area	0.79	1.36	1.52	1.86	1.79	2.04
Surface layer	0.40	0.43	0.60	0.49	0.62	0.78
unknown	0	0	0	0	0.09	0.03
Total	2.25	3.03	3.84	4.32	4.70	4.84

4. 考察

4.1 優占する仔稚魚

本研究ではカタクチイワシが最も多く出現し、全体の34.9%を占め、次いでニシン科のサッパ(13.1%)とコノシロ(10.2%), ハゼ科不明種(8.0%), ネズッコ科不明種(7.2%)が多かった。カタクチイワシ科, ニシン科, ハゼ科, およびネズッコ科の優占は、世界の温帯域の内湾や河口域の仔稚魚相において共通している特徴である(MELVILLE-SMITH and BAIRD, 1980; YAMASHITA and AOYAMA, 1984; JENKINS, 1986; POTTER *et al.*, 1990; NEIRA *et al.*, 1992)。国内で比較すると、カタクチイワシの優占的な出現は、宮城県の女川湾(川端・大森, 1993), 岩手県の大槌湾(YAMASHITA and AOYAMA, 1984), 山口県の油谷湾(森, 1995), 大阪湾(山本ら, 1997), 瀬戸内海や中海(千田, 1964)などの内湾だけではなく、暖流の影響を受ける沿岸の表層域(内田・道津, 1958; 服部, 1964; 沖山, 1965; 小達, 1967; 南・玉木, 1980)に共通している特徴である。サッパとコノシロは内湾性魚種であり(内田ら, 1958), 東京湾の他に、瀬戸内海, 美保湾, 中海, 有明海, および大阪湾などでは優占するが(千田, 1964; 田北, 1980; 山本ら, 1997), 長崎県の有川湾や山口県の油谷湾では出現量が少ない(千田, 1964; 森, 1995)。この出現量の差異は、両種が大きな流入河川のない内湾ではあまり出現しないという指摘(千田, 1964)によく合致している。ハゼ科やネズッコ科仔魚の優占度は、他の内湾での出現状況(YAMASHITA and AOYAMA, 1984; 川端・大森, 1993; 森, 1995)と比較して低い傾向がみられるが、この両者は表層よりも中層に多いことが知られており(沖山, 1965; 南・玉木, 1980; YAMASHITA and AOYAMA, 1984; 山本ら, 1997; 甲原・河野, 1999), 表層採集のみの本研究では出現量を過小評価している可能性が高い。

4.2 仔稚魚相の季節変化

曳網当たりの種数は、5月以降徐々に増加し、最も水温の高い9月に最多になり、その後減少した。同様に、

水温が上昇する春から夏にかけて種数が増加する傾向は、北海道を除く国内の内湾では一般的な現象である(千田, 1964; 川端・大森, 1993; 森, 1995; 座間, 1999)。このような傾向は、暖流の影響を受ける沿岸域で種数が多い南方系魚類が、主に春から夏にかけて産卵することによって説明されており(座間, 1999), 北方系魚類の割合が少ない東京湾(工藤, 1997)についても同様のことがいえそうである。

曳網当たりの個体数は、春期の終わりから秋期(5~11月)にかけて多く、冬期(1月)にも小さなピークがみられた。このような仔稚魚の出現量の季節変化は、全個体数の9割以上を占めていた優占種の季節的消長を反映したものであるといえる。そこで、各季節ごとに出現のピークによって優占種を整理すると、夏期はコノシロとカタクチイワシ、夏期から秋期はトウゴロウイワシとイダテンギンポ、秋期はイソギンポ、ネズッコ科不明種、サンゴタツ、ハゼ科不明種、サッパ、シロギス、テンジクダイ、およびアミメハギ、秋期から冬期はカサゴ、冬期はアイナメとメバルおよびスズキ属不明種であり、春期にのみ出現のピークを持つ優占種はなかった。これらのうち、コノシロ、ネズッコ科、シロギス、およびテンジクダイの出現時期は、すでに報告されている東京湾での成魚の産卵期(KONG *et al.*, 1998; IKEJIMA and SHIMIZU, 1998; SULISTIONO *et al.*, 1999; KUME *et al.*, 2000)と概ね一致する傾向がみられた。優占種のそれぞれで出現量が多い時期は、カタクチイワシやイソギンポおよびネズッコ科不明種では4か月以上と長いのに対して、他の13種では1~2か月と短く、季節性が明瞭な種が大部分を占めていた。このように、短期間で優占種が劇的に変化することは、内湾の仔稚魚相における特徴の一つとされている(森, 1995)。

4.3 仔稚魚による湾表層域の利用パターン

採集海域間の群集の類似度に基づくクラスター分析の結果、各海域は内湾部(A-C)と湾口部(D-F)で大きく2つのグループに分かれた。そこで内湾部と湾口部で、

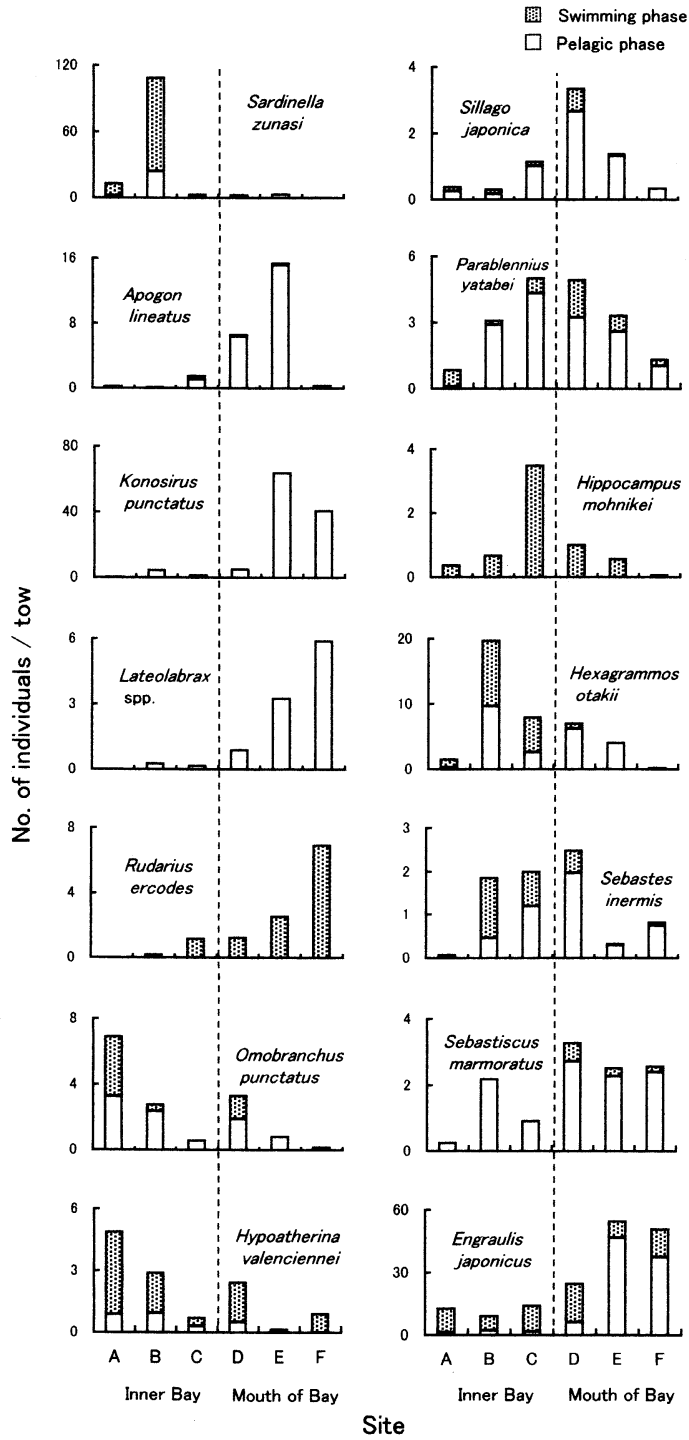


Fig. 7. Number of individuals per tow of the 14 dominant species at each site in Tokyo Bay from September 1995 to January 1999. Pelagic phase: yolk sac larvae, preflexion larvae and flexion larvae; swimming phase: postflexion larvae and juveniles.

成魚の生息場所別に曳網当たりの種数を比較すると、内湾部では淡水種が多く、湾口部では中深層種、大陸棚斜面種、浅海岩礁種、および浅海砂泥・岩礁種が多い傾向がみられた。東京湾において、内湾部は水深40m以浅で河川水の影響が強いのに対して、湾口部は水深が数百mまで急激に深くなり岩礁域も多く、そのような地形的特徴が仔稚魚相にもよく反映されているものと考えられる。

次に、優占種のうち種または属レベルまで同定された14種の水平分布パターンは、大きく次の6つの型に分けることができた：内湾型、湾口型、全湾型、全湾→湾口型、全湾→内湾型、湾口→全湾型。一般に、沿岸域において、仔魚の水平分布パターンを決定するのは、塩分や水温および海流に関連する水塊構造などの物理的な要因と、産卵場所や卵の性状などの生物学的な要因であると考えられている (LEIS and GOLDMAN, 1987; KOBAYASHI, 1989; SUTHERS and FRANK, 1991; NEIRA *et al.*, 1992; LEIS, 1993; LAURA *et al.*, 1998)。これらのうち、水塊構造などの物理的な要因は、フロント域における仔魚の集積機能に代表されるように、やや小さな空間スケールでは重要な意味をもつが (中田・岩槻, 1993; OKAZAKI *et al.*, 1998)、湾全域における仔魚の分布パターンなどには、むしろ各種の産卵場所が反映されることが多い (森, 1995)。また、一般に、沿岸で産卵される魚種では、卵の性状がふ化仔魚の沖合域への分散程度と密接な関わりを持ち (KOBAYASHI, 1989; SUTHERS and FRANK, 1991; LEIS, 1993)、湾奥部の浅所で沈性付着卵から生まれる種の多くは、ふ化直後より湾底層に滞留することで、湾全域への分散を回避しているものと考えられている (YAMASHITA and AOYAMA, 1986)。しかし、本研究の優占種のうち、沈性付着卵から生まれ、かつふ化直後の仔魚が多いアイナメ、イソギンポ、イダテンギンポ、およびトウゴロウイワシは、いずれも浮遊個体から遊泳個体にかけて中層より表層に多く出現する傾向があり (甲原・河野, 1999; 小野・河野, 東京水産大学魚類学研究室未発表)、沈性付着卵の種の中でも例外的に湾表層域へと分散する種である。したがって、卵の性状は本研究の優占種の水平分布を制限する主な要因にはなっていないものと考えられる。そこで、ここでは上記の各型ごとに、各種の産卵場所と次段階の成育場の情報のみを整理し、仔稚魚による東京湾表層域の利用パターンを明らかにした。

内湾型 (サッパ) 浮遊個体と遊泳個体がともに内湾部で多く出現したサッパは、卵が河口域や内湾部で多く (KIMURA *et al.*, 1999; 唐川, 2001)、仔魚は表層に分布する (甲原・河野, 1999)。また、より成長した仔稚魚は内湾部の干潟域では多いが湾口部の干潟域や砕波帯ではほとんど出現しない (加納ら, 2000; 荒山ら, 印刷中)。これらのことから、本種は内湾部で初期生活史をほぼ完結しているものと考えられる。

湾口型 (テンジクダイ、スズキ属、コノシロ、アミメ

ハギ) 浮遊個体が湾口部で多く出現したテンジクダイとスズキ属およびコノシロの3種のうち、テンジクダイとスズキ属では産卵期の成魚が湾口部へ集中するために (中田・岩槻, 1991; 時村・清水, 1998; KUME *et al.*, 2000)、浮遊個体の湾口部への片寄りには成魚の産卵場所を反映している可能性が高い。コノシロについては東京湾における産卵期の成魚の分布パターンは明らかではないが、他の海域では湾最奥部や河口域で卵・仔魚が多いことが知られており (田北, 1980; 森, 1995; KIMURA *et al.*, 1999; 山本ら, 2001)、今回のふ化仔魚の湾口部への片寄りは、東京湾における本種の産卵場所またはふ化仔魚の分散・生残過程が他海域とは異なることを示している可能性がある。より成長した仔稚魚または若魚は、スズキ属とコノシロでは内湾部から湾口部の河口域や砕波帯 (加納ら, 2000; 荒山ら, 印刷中) に、テンジクダイは湾口部の内湾側の底層 (時村・清水, 1998) に出現する。

アミメハギは遊泳個体が湾口部で多く出現した。沿岸域において、本種の浮遊個体は主に中層に分布し、遊泳個体になると流れ藻に付随して表層付近に出現する (沖山, 1965)。本研究でも、流れ藻の入網と同時に、流れ藻群集を構成するカワハギやニジギンポなどの稚魚 (千田, 1965; 池原, 1977; 井田, 1986) とともに採集されることが多かった。ホンダワラ類などの流れ藻は、東京湾の湾口部では多いが、内湾部ではほとんど採集されないことから (加納ら, 未発表)、本種の湾口部への片寄りは、流れ藻の分布によって影響を受けている可能性がある。より成長した稚魚は港の岸壁やアマモ場に出現する (岩田ら, 1979)。

全湾型 (イソギンポ、イダテンギンポ、トウゴロウイワシ、シロギス、サンゴタツ) この型に含まれる魚種は、とくに海域を選ばず、広く分散する種であるといえる。これらのうち、サンゴタツを除く4種は浮遊個体から遊泳個体にかけて出現した。この4種で産卵期の成魚の生息場所を比較すると、イソギンポとイダテンギンポは港の岸壁や浅海岩礁域の潮間帯から潮下帯 (道津・森内, 1980; 川口, 1996)、トウゴロウイワシとシロギスは浅海砂泥域 (田北・近藤, 1980; SULISTIONO *et al.*, 1999) とさまざまであるが、発育初期の仔魚はともに表層付近に分布する (山本ら, 1997; 甲原・河野, 1999; 小野・河野, 東京水産大学魚類学研究室未発表)。より成長した仔稚魚は、イソギンポやイダテンギンポでは岩礁域に (岩田ら, 1979; 道津・森内, 1980; 岡部, 1996; 川口, 1996)、シロギスでは砂浜海岸の砕波帯に (荒山ら, 印刷中)、トウゴロウイワシでは港の岸壁付近や河口域および砕波帯に出現する (田北・近藤, 1980; 加納ら, 1999; 荒山ら, 印刷中)。

遊泳個体のみが出現したサンゴタツは、雄の育児囊から稚魚の段階で産出され (中村, 1937)、湾表層域で成長に伴って食性を変化させることが明らかになっている (KANOU and KOHNO, 2001)。より大型の稚魚から成魚

はアマモ場周辺に出現する(座間, 1999)。

全湾→内湾型(メバルとアイナメ) メバルとアイナメは、浮遊個体では全湾に広く分布するが、遊泳個体になると内湾部を中心に分布するようになった。メバルは、浮遊個体では表・中層に分布するが、遊泳個体になるとごく沿岸域で中・底層へと移動することが知られており(NAGASAWA *et al.*, 2000)、表層域の水平分布の変化のみから成長に伴う生息場所の移動を言及することは難しい。一方、アイナメは、浮遊個体と遊泳個体がともに表層を中心に出現することから(秋元, 1991; 中原・河野, 1999)、成長に伴って全湾から内湾部へと生息場所がシフトしたものと考えられる。同様に、アイナメ仔稚魚が成長に伴ってより浅い場所へと移動する傾向は福島県の沿岸域でも確認されている(秋元, 1991)。両種のより成長した稚魚は、アマモ場や藻場、浅海岩礁域、港の岸壁付近などで生息する(HARADA, 1962; 岩田ら, 1979; 座間, 1999)。

全湾→湾口型(カサゴ) カサゴは浮遊個体では全湾に広く分布したが、遊泳個体では湾口部を中心に分布した。本種の仔稚魚については生息水深に関する知見が少なく、表層域の水平分布の変化のみから成長に伴う生息場所の移動を言及することは難しい。稚魚期以降はそれほど深くない湾底層に着底し、岩礁域で生息する(森, 1995)。

湾口→全湾型(カタクチイワシ) カタクチイワシは浮遊個体では湾口部に分布していたが、遊泳個体では全湾に広く分布した。東京湾における本種の産卵場所は明らかではないが、仔稚魚が表層付近で出現することから(中原・河野, 1999)、本種の多くは成長に伴って内湾部に入ってくるものと考えられる。同様の傾向は山口県の油谷湾でも確認されており、また、油谷湾では全長50 mm以上の個体が再び湾外へ散逸するものと考えられている(森, 1995)。

以上のことから、優占種14種による東京湾表層域の利用パターンを要約すると次のようになる:

- 1) スズキやコノシロおよびテンジクダイなど3種は主にふ化直後の浮遊生活の場として利用するが、他の11種ではそれ以降も遊泳生活の場としていた。
- 2) サッパ1種だけが内湾部のみで初期生活史を完結し、残りの13種ではさまざまな発育段階で湾口部も利用していた。
- 3) アイナメとカタクチイワシは成長に伴って湾口部から内湾部へと生息場所をシフトしていた。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、適切な指導とご助言をいただいた東京水産大学の多紀保彦博士、藤田 清博士に厚くお礼申し上げる。仔稚魚の採集に協力していただき、有益なご助言を賜った東京水産大学の石丸隆博士、田中祐二博士、野村英明博士、喜多村稔博士、茂木正人博士

に感謝する。仔稚魚の同定の際に有益なご助言をいただいた国立科学博物館の沖山宗雄博士、渋川浩一博士、財団法人海洋生物研究所の小島純一氏、株式会社環境指標生物の川口貴光氏に感謝の意を表す。島田裕至氏、高橋正知氏をはじめとする研究室の学生諸氏には、仔稚魚標本の登録・管理に際して多くの協力をしていただいた。ここに厚くお礼申し上げる。

文 献

- 秋元義正(1991): 外海における浮遊個体のアイナメ稚魚の生態. 福島県水産試験場研究報告, **7**, 119-129.
- 道津喜衛・森内新二(1980): イソギンポの生活史. 長崎大学水産学部研究報告, **49**, 17-24.
- 荒井和則・今井仁・加納光樹・河野博(2002): 東京湾外湾の砕波帯の魚類相. うみ, **40**, (印刷中).
- HARADA, E. (1962): A contribution to the biology of the black rockfish, *Sebastes inermis* Cuvier et Valenciennes. Publ. Seto. Mar. Biol. Lab., **10**, 163-361.
- 服部茂昌(1964): 黒潮ならびに隣接海域における稚魚の研究. 東海区水産研究所研究報告, **40**, 1-158.
- 林 公義・伊藤 孝(1974): 館山湾南部(沖ノ島, 鷹ノ島, 西岬, 洲崎)にみられる魚類について. 横須賀市博物館雑報, **19**, 18-30.
- 井田斉(1986): 漂流物に随伴する幼稚魚. 海洋科学, **18**, 693-698.
- 池原宏二(1977): 佐渡海峡水域の流れ藻に付随する魚卵, 稚魚. 日本水産研究所研究報告, (28), 17-28.
- IKEJIMA, K. and M. SHIMIZU (1998): Annual reproductive cycle and sexual dimorphism in the dragonet, *Repomucenus valenciennei* in Tokyo Bay, Japan. Ichthyol. Res., **45**: 157-164.
- IKEJIMA, K. and M. SHIMIZU (1999): Disappearance of a spring cohort in a population of the dragonet, *Repomucenus valenciennei*, with spring and autumn spawning peaks in Tokyo Bay, Japan. Ichthyol. Res., **46**, 331-339.
- 岩田明久・酒井敬一・細谷誠一(1979): 横浜市沿岸域における環境変化と魚類相. 公害資料 (82), 横浜市公害対策局, 246 pp.
- 岩槻幸雄・中田英昭(1991): 東京湾口におけるアイナメ科魚類の上屈前の個体の輸送過程. 月刊海洋, **23**, 204-207.
- JENKINS, G. P. (1986): Composition, seasonality and distribution of ichthyoplankton in Port Phillip Bay, Victoria.
- 貝塚爽平(1993): 第1章東京湾の生いたち. 東京湾の地形・地質と水(貝塚爽平編), 築地書館, pp. 1-19.
- 加納光樹・小池哲・河野博(2000): 東京湾の干潟域の

- 魚類相とその多様性. 魚類学雑誌, **47**, 115-129.
- KANOU, K and H. KOHNO (2001): Early life history of a seahorse, *Hippocampus mohnikei*, in Tokyo Bay, Japan. Ichthyol. Res., **48**, 361-368.
- 唐川純一 (2001): 瀬戸内海備讃瀬戸およびその周辺海域におけるサッパ卵・仔魚の出現時期と分布域. 月刊海洋, **33**, 263-268.
- 川端淳・大森迪夫 (1993): 女川湾における浮遊個体仔魚の時空間的分布. 東北海区水産研究所研究報告, **55**, 53-64.
- 川口貴光 (1996): 東京湾に生息するナベカ属魚類3種の仔稚魚の形態と出現. 東京水産大学修士論文. 67 pp.
- KENDALL, Jr., A. W., E. H. AHLSTROM and H. G. MOSER (1984): Early life history stages of fishes and their characters. In MOSER H. G., W. J. RICHARDS, D. M. COHEN, M. P. FAHAY, A. W. KENDALL, Jr. and S. L. RICHARDSON (eds), Ontogeny and systematics of fishes. Am. Soc. Ichthyol. Herpetol. Spec. Publ. 1. pp. 11-22.
- KIMURA, S., M. OKADA, T. YAMASHITA, I. TANIYAMA, T. YODO, M. HIROSE, T. SADA and F. KIMURA (1999): Eggs, larvae and juveniles of the fishes occurring in the Nagara River Estuary, central Japan. Bull. Fac. Biores. Mie Univ., **23**, 37-62.
- KOBAYASHI, D. R. (1989): Fine-scale distribution of larval fishes: patterns and processes adjacent to coral reefs in Kaneohe Bay, Hawaii. Mar. Biol., **100**, 285-293.
- KOHNO, H., Y. TAKI, Y. OGASAWARA, M. TAKETOMI and M. INOUE (1983): Development of swimming and feeding functions in larval *Pagrus major*. Japan. J. Ichthyol., **30**, 47-60.
- 河野博・栗田豊・青海忠久 (2000): 遊泳と摂餌に関する形質の発達に基づいたクジメ仔稚魚の発育段階. うみ, **38**, 77-86.
- KONG, L., H. KOHNO and K. FUJITA (1998): Reproductive biology of konosiro gizzard shad, *Konosirus punctatus*, in Tokyo Bay. J. Tokyo Univ. Fish., **85** (2), 97-107.
- 甲原道子・河野博 (1999): 稚魚ネットで採集された東京湾湾奥部の仔稚魚. うみ, **37**, 121-130.
- 工藤孝浩 (1995): 横浜市金沢区野島海岸における魚類相変化. 神奈川自然保全研究会報告書 (13): 13-26.
- 工藤孝浩 (1997): 第1部海域の生物 第4章魚類. 東京湾の自然誌 (沼田 眞, 風呂田利夫編), 築地書館, pp. 115-142.
- KUME, G., A. YAMAGUCHI and T. TANIUCHI (1998): Age and growth of the cardinalfish *Apogon lineatus* in Tokyo Bay, Japan. Fish. Sci., **64**, 921-923.
- KUME, G., A. YAMAGUCHI and T. TANIUCHI (1999): Feeding habits of the cardinalfish *Apogon lineatus* in Tokyo Bay, Japan. Fish. Sci., **65**, 420-423.
- KUME, G., A. YAMAGUCHI, I. AOKI and T. TANIUCHI (2000): Reproductive biology of the cardinalfish *Apogon lineatus* in Tokyo Bay, Japan. Fish. Sci., **66**, 947-954.
- LAURA, S. A., F. C. CÉSAR and S. V. LAURA (1998): Spatial and seasonal patterns of larval fish assemblages in the southern gulf of Mexico. Bull. Mar. Sci., **62**: 17-30.
- LEIS, J. M. (1993): Larval fish assemblages near Indo-Pacific coral reefs. Bull. Mar. Sci., **53**, 362-392.
- LEIS, J. M. and D. S. RENNIS (1983): The larvae of Indo-Pacific coral reef fishes. N.S.W. University Press, Sydney, and University of Hawaii Press, Honolulu. 269 pp.
- LEIS, J. M. and B. GOLDMAN (1987): Composition and distribution of larval fish assemblages in the Great Barrier Reef Lagoon Island, Australia. Aust. J. Mar. Freshw. Res., **38**, 211-223.
- LEIS, J. M. and T. TRNSKI (1989): The larvae of Indo-Pacific shorefishes. New South Wales University Press, Kensington. 371 pp.
- 南卓志・玉木哲也 (1980): 山陰沿岸における稚仔魚の沖合および岸寄り分布. 魚類学雑誌, **27**, 156-164.
- MELVILLE-SMITH, R. and D. BAIRD (1980): Abundance, distribution and species composition of fish larvae in the Swarokops estuary. S. Afr. J. Zool., **15**, 72-78.
- 森慶一郎 (1995): 山口県油谷湾における魚類の生態学的研究. 中央水産研究所研究報告, **7**, 277-388.
- NAGASAWA, T., Y. YAMASHITA and H. YAMADA (2000): Early life history of mebaru, *Sebastes inermis* (Scorpaenidae), in Sendai Bay, Japan. Ichthyol. Res., **47**, 231-241.
- 中坊徹次 (編) (1993): 日本産魚類検索. 東海大学出版会, 1474 pp.
- 中坊徹次 (編) (1998): 日本動物大百科第6巻魚類. 平凡社, 204 pp.
- 中村秀也 (1937): 小湊附近ノ魚卵及び稚魚, VII-VIII. 水産講習所研究報告, **32**, 15-23.
- 中田英昭・岩槻幸雄 (1991): 物質輸送過程との関連でみたスズキの再生産. 月刊海洋, **23**, 199-203.
- NEIRA, F. J., I. C. POTTER and J. S. BRADLEY (1992): Seasonal and spatial changes in the larval fish fauna within a large temperate Australian estuary. Mar. Biol., **112**, 1-16.
- 小達繁 (1967): 東北海区における稚魚の研究-IV. 出現種類と季節的出現傾向. 東北区水産研究所報告,

- 56, 105-114.
- 岡部久 (1996) : 房総半島小湊の岩礁域における灯火採集によって得られた仔稚魚. 魚類学雑誌, **43**, 79-88.
- 岡村収・尼岡邦夫 (編) (1997) : 日本の海水魚. 山と溪谷社, 783 pp.
- OKAZAKI, Y., H. NAKATA and Y. IWATSUKI (1998) : Distribution and food availability of fish larvae in the vicinity of a thermohaline front at the entrance of Ise Bay. *Fish. Sci.*, **64**: 228-234.
- 冲山宗雄 (1965) : 佐渡海峡に出現する魚卵・稚仔に関する予察的研究. 日本海区水産研究所報告, **15**, 13-37.
- 冲山宗雄 (編) (1988) : 日本産稚魚図鑑. 東海大学出版会, 東京, 1154 pp.
- POTTER, I. C., L. E. BECKLEY, A. K. WHITFIELD and R. C. J. LENANTON (1990) : The roles played by estuaries in the life cycles of fishes in temperate Western Australia and southern Africa. *Envir. Biol. Fish.* **28**, 143-178.
- 千田哲資 (1962) : 隠岐島近海における魚卵・稚魚の出現について II 季節変化. 日本生態学会誌, **12**, 163-166.
- 千田哲資 (1964) : 西日本海域における魚卵・稚魚の分布の研究. 岡山県水産試験場昭和39年度臨時報告, 1-80.
- 千田哲資 (1965) : 流れ藻の水産的効用. 水産資源保護協会, 55 pp.
- SULISTIONO, S. WATANABE and M. YOKOTA (1999) : Reproduction of the Japanese whiting, *Sillago japonica*, in Tateyama Bay. *SUISANZOSHOKU*, **47**, 209-214.
- SUTHERS, I. M. and K. T. FRANK (1991) : Comparative persistence of marine fish larvae from pelagic versus demersal eggs off southwestern Nova Scotia, Canada. *Mar. Biol.*, **108**, 175-184.
- 竹内博治 (1979) : 新浜湖における卵・稚仔期の魚類調査. 千葉県新浜研究会 千葉県新浜水鳥保護区生物調査報告, **4**, 55-74.
- 竹内博治・安田秀司 (1980) : 魚卵・稚仔魚および幼魚の垂直分布と季節的変遷. 千葉県新浜研究会 千葉県新浜水鳥保護区生物調査報告, **5**, 57-90.
- TAKAGI, K. (1959) : Zoogeographical studies on the demersal fishes of the Tokyo Bay. *J. Tokyo Univ. Fish.*, **45** (1), 37-77.
- 田北徹 (1980) : 有明海の魚類. 月刊海洋科学, **12**, 105-115.
- 田北徹・近藤慎一 (1984) : トウゴロウイワシの初期生活史. 魚類学雑誌, **30**, 435-443.
- 時村宗春・清水 誠 (1998) : 東京湾内湾部の底魚群集の変遷と環境変化. 月刊海洋, **30**, 347-359.
- 東京都環境保全局水質保全部 (1999) : 平成9年度 水生生物調査結果報告書. 東京都環境保全局水質保全部, 東京, 554 pp.
- 東京都水産試験場 (1990) : 都内湾における底生性稚魚の出現と生息環境. 昭和59-63年度 東京都内湾生息環境調査報告書, 東京都水産試験場, 東京, 102 pp.
- 内田恵太郎・今井貞彦・水戸 敏・藤田矢郎・上野雅正・庄島洋一・千田哲資・田福正治・道津喜衛 (1958) : 日本産魚類の稚魚期の研究 第1集. 九大農学部水産第二教室, viii+89 pp., 86 pls.
- 内田恵太郎・道津喜衛 (1958) : 対馬暖流水域の表層に現われる魚卵・稚魚概説. 対馬暖流開発調査報告書 第2輯 (卵・稚魚・プランクトン篇), 水産庁, 3-65.
- 山本圭吾・中嶋昌紀・辻野耕貫 (1997) : 大阪湾における魚類卵稚仔の鉛直分布について. 大阪府水産試験場研究報告, **10**, 1-17.
- 山本圭吾・中嶋昌紀・辻野耕貫 (2001) : 大阪湾におけるコノシロの生態と資源変動. 月刊海洋, **33**, 269-275.
- YAMASHITA, Y. and T. AOYAMA (1984) : Ichthyoplankton in Otsuchi Bay on Northeastern Honshu with reference to the time-space segregation of their habitats. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, **50**, 189-198.
- 座間 彰 (1999) : 万石浦に出現する魚類の生態学的研究. 東京水産大学博士論文 (自費出版). 505 pp., pl. 1-88.

2001年6月14日 受付

2001年12月20日 受理

Consideration on horizontal and vertical distribution of adult yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the Indian Ocean based on the Japanese tuna longline fisheries information

Masahiko MOHRI* and Tom NISHIDA**

Abstract: As results of data analyses of the Japanese commercial and experimental tuna longline fishing exploiting adult yellowfin tuna, following five points are suggested on their distribution: (a) high-density area of adult yellowfin tuna exists in the water off northern Madagascar Island in the western Indian Ocean, while in the eastern Indian Ocean, it is in the water off northwestern Australia, (b) high-density area in the western Indian Ocean occurs from January to May, then shrinks from June to August and expands again as month advances. In the eastern area, high-density fishing area expands to westward and is combined with the western area in May, and then shrinks as the months advances and stays in northwestern Australia, (c) mature yellowfin tuna constitutes the largest portion in north of 20° S, and only non mature individuals exist in southern area, (d) distribution of mature yellowfin tuna becomes less dense in April-September centering around the southwestern monsoon, and become denser in October-March centering on northeastern monsoon and (e) the main fishing depth stratum generally exist between 120m and 200m. In the low latitudes, it is the same as in the general case, while in the high latitudes south, it is at 180m and shallower.

Key words: *Tuna longline fishery, yellowfin tuna*

1. Introduction

In recent years, there has been a conspicuous tendency of declining fishing rates or smaller size of tuna with intensifying catch of tuna. This has created a worldwide concern about the status of its resources. There are seven commercially important tuna species, and yellowfin tuna is exploited extensively in the world's Oceans, including the Pacific, Atlantic and Indian Oceans. Of all tuna species, yellowfin tuna has the fastest growth rate, reaching about 100cm in size at the age of two (FUJITA, 1998), and can become target of fishing in a shorter period after birth compared with other species. According to a report of ***FAO, about one million tons of yellowfin tuna were harvested worldwide.

* National Fisheries University, 2-7-1, Nagatahonmachi, Shimonoseki, Yamaguchi, 759-6595

** National Research Institute of Far Seas Fisheries, 5-7-1, Orido, Shimizu, Shizuoka, 424-8633

*** FAO (1998): Capture production. FISHSTAT Plus Ver. 2.30. Nara, JIFRS, CD-ROM.

In the Indian Ocean, yellowfin tuna account for 60% of the total catch of the major five tuna species, and a predominant part of the catch is harvested by means of longline (HONMA and SUZUKI, 1972). For this reason, the Indian Ocean constitutes the most important area for yellowfin tuna of all the three major Oceans in the world. Having this in mind, this study is intended to grasp horizontal and vertical fishing distribution of yellowfin tuna in the Indian Ocean with a view to obtain a guideline for conservation and management of this species.

In this study, analyses are conducted using the following two steps: (a) catch and gonad information are used to study horizontal distribution of adult and mature yellowfin tuna respectively, and (b) depth specific catch data are used to study vertical distribution of adult yellowfin tuna.

2. Materials and methods

2.1. Materials

In this study, the following three data

sources are used, which are collected in the water surrounded by the area of 20° N–50° S and 20° E–130° E in the Indian Ocean: (a) “Annual statistical bulletin of tuna longline fisheries by fishing ground” published by the Fisheries Agency of Japan from 1967 to 1991, (b) “Data on fish size measurement” and “Ovary weight” from the experimental longline fishing conducted by the Japan Marine Fishery Resources Research Center (JAMARC) for the 1981–1986 period, and (c) “Data by depth of hook in deep longline” from the same source in (b). These information are used to examine the horizontal distribution of yellowfin tuna, to examine the horizontal distribution of mature yellowfin tuna, and to examine vertical distribution for yellowfin tuna.

2.2. Methods

2.2.1. Horizontal fishing distribution

“Annual statistical bulletin of tuna longline fisheries by fishing ground” published by the Fisheries agency of Japan are used to examine the horizontal distribution which are based on the 5-degree longitudinal and latitudinal square area (abbreviated as 5×5 area, hereafter). Using the 25 years of the data, overall average catch and monthly average catch by the 5×5 area are computed by the following equations respectively:

$$N_{jk} = \left(\sum_{i=1}^{N_k} N_{ijk} \right) / n_k$$

$$N_k = \left(\sum_{j=1}^{m_k} N_{jk} \right) / m_k$$

, where N : number of catch, i : i -th year,
 j : j -th month, k : k -th 5×5 area,
 m : number of month and
 n : number of years

Following method is applied to determine the boundary of four different classes of average catch to represent in the distribution maps: Catch data by 5-degree square are accumulated starting from the greater numbers to lesser ones, and are divided into four classes, so that each may represent a quarter of number of the catch in each map. The uppermost quarter is assigned as Class 1 (highest to 25th value), followed by Class 2 (25th–50th value), Class 3 (50th–75th value) and Class 4 (75th value–0 or

smallest value). In this study, Class 1 is designated as the highest density fishing area, while Class 1 to Class 3 as high-density fishing areas.

Secondarily, mature yellowfin is defined as follows: yellowfin tuna caught by the longliners are mainly adult (100cm or larger) and majority of fish are mature fish, while some fish are immature. To segregate between mature and immature fish, Gonad Index (GI) is used as a criterion to discriminate between immature and mature yellowfin tuna, which is expressed by $GI = W \times 10^4 / L^3$, where W is the weight of ovaries of females in gram and L is its fork length in cm. It has been suggested since the 1950s that $GI \geq 2.1$ as mature individuals (KIKAWA, 1957), and in the 1960s (KIKAWA, 1966), 1970s (SHUNG, 1973), and at present, this range is also considered as mature yellowfin tuna. Therefore, in this study as well, $GI \geq 2.1$ is treated as mature individuals.

Weight data of ovaries are processed by year, season (quarter) and 5×5 area, in order to study seasonal distribution of mature yellowfin. In addition, the overall distribution without seasonal factor is also studied.

2.2.2. Vertical fishing distribution

The structural chart of tuna longline gear is illustrated in Fig.1. This longline fishing gear has 11 hooks per basket, which can be reached as far as 300m in depth. Vertical distribution

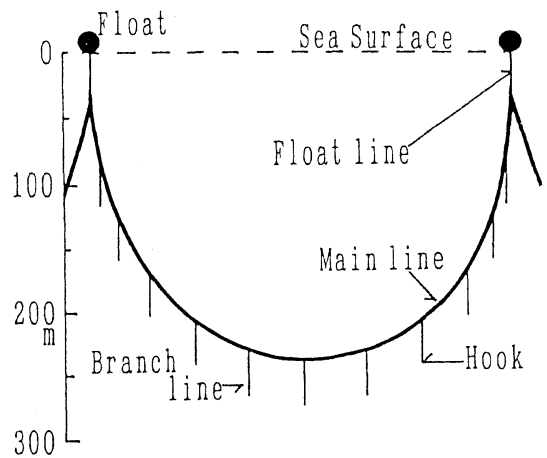


Fig. 1. Structure of tuna longline gear (in case of 11 hooks per basket).

for yellowfin tuna can be estimated indirectly by computing depths of hooks where fish is hooked. Then, three types of data are compiled in order to study vertical distribution of yellowfin, *i.e.*, location of the fishing operation, number of hooks used, and number of fishes hooked by branch line for each operation point. In order to estimate the depth of the hook, the theory based on catenaries curve is used (SAITO, 1992). If the depth meter is used to record the depth, such data are used. Depth specific hooking rates are computed by:

$$R_d = 1,000 \left(\frac{\sum_{i=1}^n C_{id}}{\sum_{i=1}^n h_{id}} \right)$$

,where d : d -th depth range. 20m is applied for the depth interval

R_d : hooking rates at d -th depth range

C_{id} : number of catch at the i -th fishing operation point and d -th depth range of dm

h_{id} : number of hooks used at the i -th fishing operation point and the d -th depth range

n : number of the data at the d -th depth range.

3. Results and discussions

3.1. Horizontal distribution

3.1.1. Distribution of average number of catch

The distribution map of average number of catch and hooks by 5×5 area during 1967-91 are shown in Fig. 2 and Appendix Fig. 1 respectively. According to Fig. 2, high-density fishing area of yellowfin tuna is centered around northern Madagascar Island and is found in the western area extending to the north and south directions along the eastern coast of the African Continent and the eastern area centering on northwestern Australia. In the area south of 40° S, the area with zero yellowfin tuna catch extended widely despite the fact that it is the

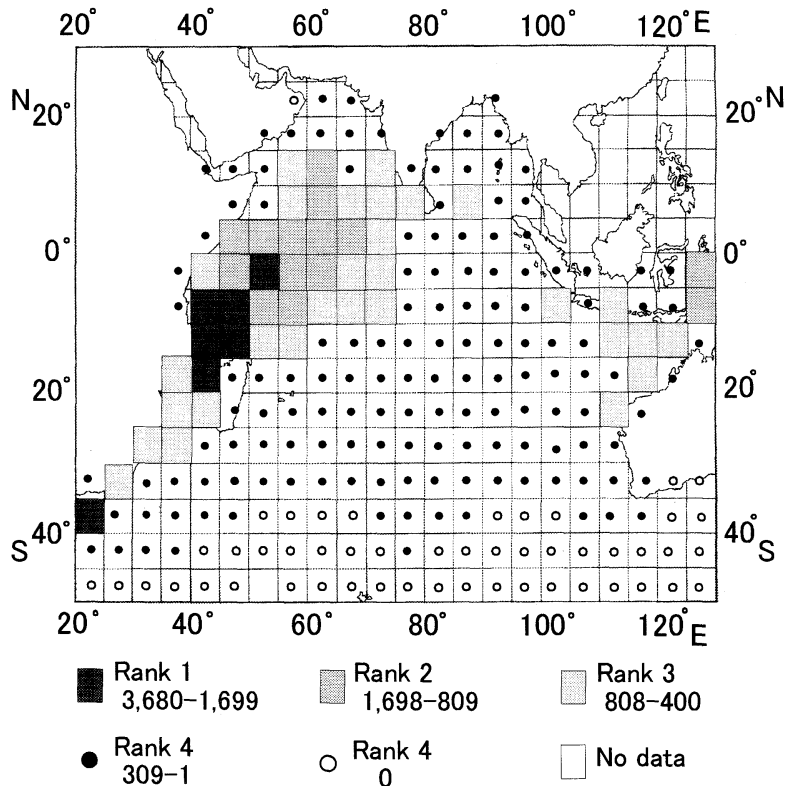


Fig. 2. Distribution of average number of yellowfin tuna catch based on the information of the Japanese commercial tuna longline fisheries operated in the Indian Ocean(1967-1991).

fishing area of southern bluefin tuna.

3.1.2. Distribution of monthly average number of catch

The distribution map of monthly average number of catch and hooks by 5×5 area during 1967-91 are shown in Fig. 3 and Appendix Fig. 2 respectively. Based on Fig. 3, distribution patterns are studied by separating the western area and the eastern area. First of all, with respect to changes in high-density fishing area in the western Indian Ocean, it expands its range to Arabian Sea and western Bay of Bengal from January to April, spreading to the largest extent in May. From June to August, high-density

sity fishing area shrinks and stays in northern Madagascar Island. Thereafter, the high-density fishing area tends to expand gradually as the month advances. However, high-density fishing area is distributed throughout the year in the water off Cape Town. With respect to the eastern Indian Ocean, high-density fishing area gradually shrinks from January to April, and expands its distribution areas westward, which becomes largest in May, and links with high density fishing area in the western area. From June, high-density fishing area shrinks gradually and stays within a certain range of north-western Australia from August to December. MORITA and KOTO(1971) suggest possibility of

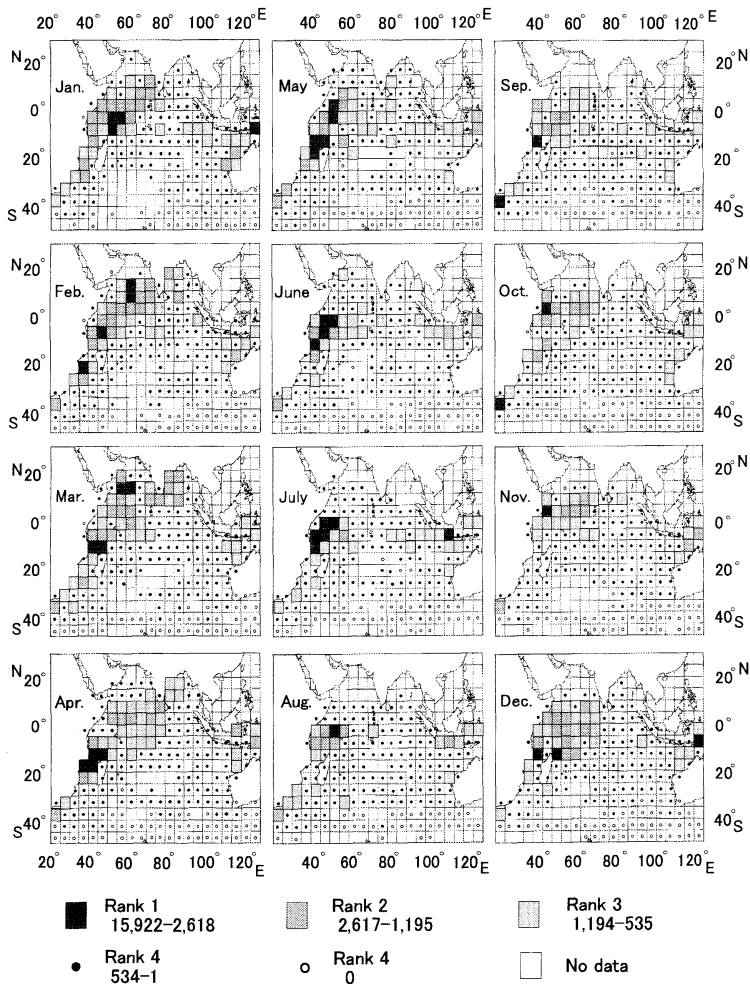


Fig. 3. Distribution of monthly average number of yellowfin tuna catch based on the information of the Japanese commercial tuna longline fisheries operated in the Indian Ocean(1967-91).

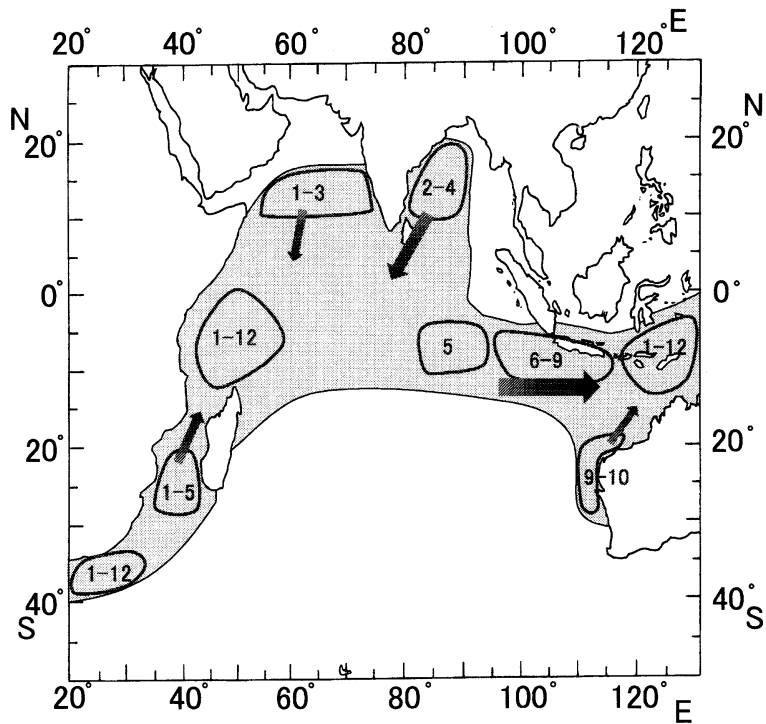


Fig. 4. Schematic map showing seasonal movements of adult yellowfin tuna in the Indian Ocean based on the catch distribution maps of Figs. 2-3.

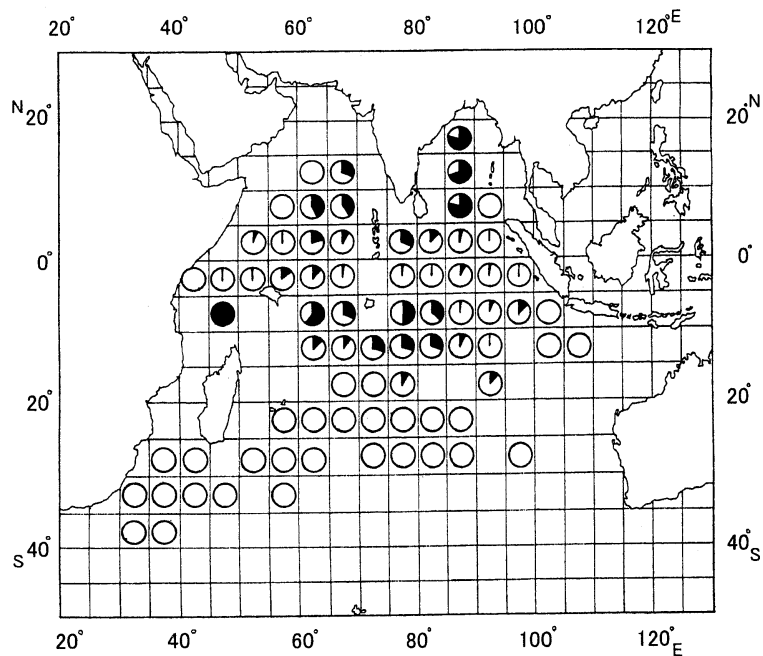


Fig. 5. Distribution of immature (\circ : G.I. $<$ 2.1) and mature (\bullet : G.I. \geq 2.1) yellowfin tuna by the 5×5 area in the Indian Ocean based on the information of the JAMARC experimental tuna longline fishing in the Indian Ocean (1981-86).

east-west mixing of fish schools in the Indian Ocean. This study also clarifies this possible mixing and suggests that it occurs in May.

3.1.3. Seasonal movement of high density fishing area

Based on monthly catch maps, we will now discuss the movement of adult yellowfin tuna by considering the patterns of high-density fishing areas. The possible seasonal movements is summarized in Fig. 4. The gray zone shows the range of high-density fishing area. Numbers and circles show 'months' and 'locations' of high-density fishing area respectively. The arrow shows the direction into which the high-density fishing areas move thereafter. In the western Indian Ocean, high-density fishing areas move from southern Arabian Sea and western Bay of Bengal to the water off southwestern Madagascal Island during January to May. After June to August, high-density areas shrink and exist only in the water off northern Madagascar Island. After August, high-density fishing areas start to expand gradually as

months advance. It is found that high-density areas are distributed throughout the year in the water off southern Cape Town. In the eastern Indian Ocean, high-density fishing areas expand distribution areas rapidly westward in May and link with the western area. In June and afterwards, high-density fishing areas shrink gradually to the direction shown by the arrow, staying at northwestern Australia.

3.1.4. Distribution of the mature fish

Fig. 5. shows the map depicting the proportion occupied by mature and immature yellowfin tuna by 5×5 area, i.e., the black part of the pie chart shows the composition of the mature fish ($GI \geq 2.1$), while the white part is for the immature fish. It is understood that mature individuals are being fished in the area north of 20° S, and only immature individuals in the area south of that demarcation.

3.1.5. Seasonal distribution of the mature fish

Distribution of mature and immature individuals by quarter and the 5×5 area is shown

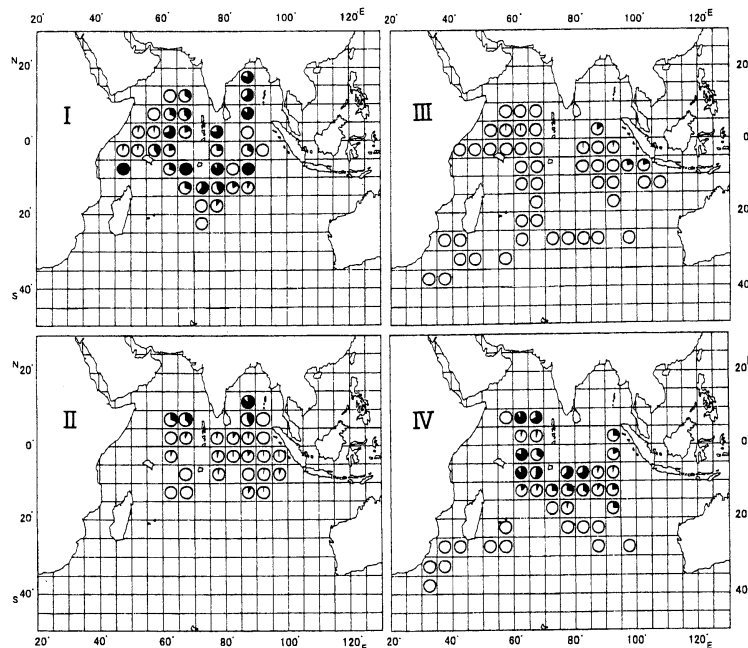


Fig. 6. Quarterly distribution of immature (\circ : $G.I. < 2.1$) and mature (\bullet : $G.I. \geq 2.1$) yellowfin tuna by the 5×5 area in the Indian Ocean based on the information of the JAMARC experimental tuna longline fishing in the Indian Ocean (1981-86, I : Jan.~Mar., II : Apr.~June, III : July~Sep., IV : Oct.~Dec.).

in Fig. 6. According to SUDO (1994), the Indian Ocean is an area largely affected by monsoon. In the season centering on Northern Hemisphere summer, there are conspicuous impact of southwestern monsoon, and that of northeastern monsoon in the season centering on winter. When the southwestern monsoon is strong, the Somali current characterized by low temperature becomes conspicuous.

Observing the quarterly distribution map (Fig. 6.) and also taking the impact of monsoon into consideration, it is understood that mature individuals are fished in an extensive range in the first and fourth quarters where the impact of northeastern monsoon is strong, and that tendency is especially significant in the first quarter. Furthermore, in the second and third quarters in which the impact of southwestern monsoon is strong, there is low-level distribution of mature individuals and that tendency is

especially significant in the third quarter. It is considered that particular distribution patterns in the third quarter, may be caused by the expansion of low water temperature brought by the Somali Current. There is need to clarify its details in the future study.

3.2. Vertical distributions

The sampling points of the data used to study vertical distribution of yellowfin tuna and also the sub-areas established for this study is shown in Fig. 7. According to the map of average catch distribution (Fig. 2.) and the monthly average map (Fig. 3.), conspicuous seasonal east-west changes of high-density fishing area occur in the area north of 15° S, with 75° E as a demarcation, and 25° S is the southern boundary of high-density fishing area in the eastern area. To make the comparison possible with the results of the study on

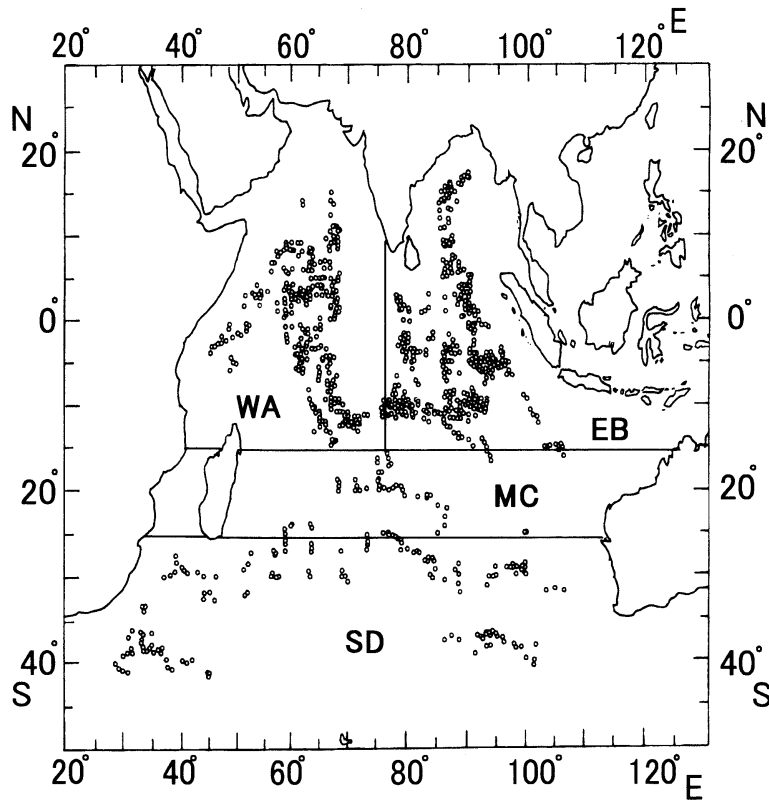


Fig. 7. Sampling sites of the JAMARC experimental tuna longline fishing in the Indian Ocean (1981–86) and four sub-areas defined to study depth specific hooking rates (WA: Western lower latitude area A, EB: Eastern lower latitude area B, MC: Mid-latitude area C, SD: Southern higher latitude area D).

vertical distribution of bigeye tuna in the Indian Ocean studied by MOHRI *et al.* (1997), same sub-areas (WA, EB, MC and SD) of their study are used to investigate the depth specific hooking rate by sub-area.

3.2.1. Depth specific hooking rates

The trends of number of hooks and hooking rates by depth is shown in Fig. 8. The left vertical axis shows the number of hooks and the right vertical axis shows hooking rates, while the horizontal axis shows depth. n_1 represents the number of hooks, while n_2 for the number of fish caught. The solid line shows hooking rates and the dotted line shows number of hooks.

As clearly understood from Fig. 8, hooking rates increase in accordance with depth up to around 60–160m, with the peak standing around 160–180m. In 160–180m and deeper, it shows the declining trend, in accordance with the depth. In the depth between 120m and 200m, 60% of the yellowfin tuna are fished, with hooking rates standing at a high level of over 8.0 Form this increasing trend in hooking

rates, it is considered that the depth between 120m and 200m is the main fishing stratum for yellowfin tuna.

3.2.2. Depth specific hooking rates by sub-area

The trends of depth specific hooking rates in four sub-areas is shown in Fig. 9. There exist higher hooking rates between 120 m and 200 m in both WA and EB, and hooking rates declining in 200 m and deeper along with depth. In the sub area, MC, it is not possible to accurately illustrate the trend due to not enough data. In the sub area of SD, relatively high hooking rates appear in 180 m and shallower, and conspicuously between 100 m and 140 m, although they are low generally. In 180 m and deeper, hooking rates tend to lower along with the depth.

From these findings, it is resulted that optimum fishing depth for higher hooking rates is located at between 120 m and 200 m in low latitudes, and shallower than 180 m in the high latitudes south. The reason why there are different hook-setting depths by area, is that hooking rates are affected by environmental

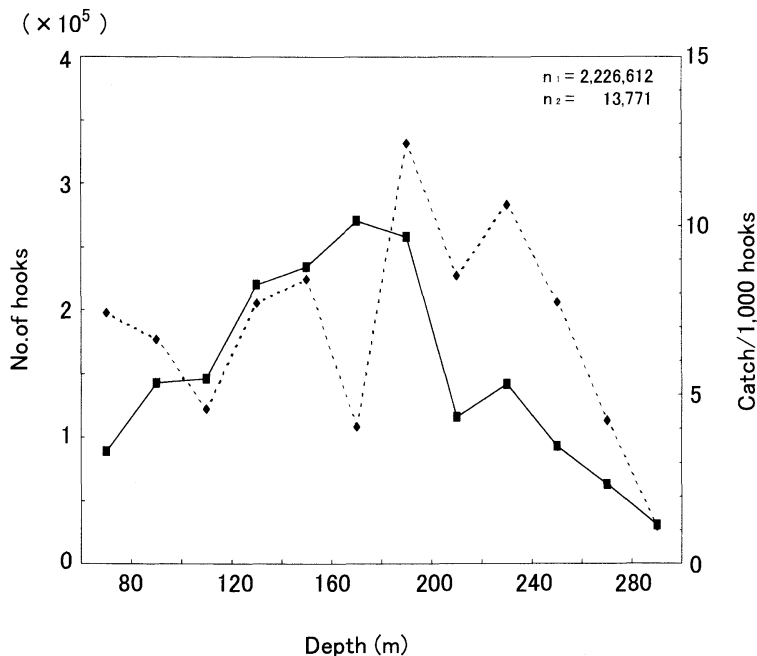


Fig. 8. Trend of depth specific hooking rates of yellowfin tuna based on the information of the experimental tuna longline fishing by JAMARC in the Indian Ocean (1981–86). n_1 : number of hooks (◆), n_2 : number of yellowfin tuna catch (■).

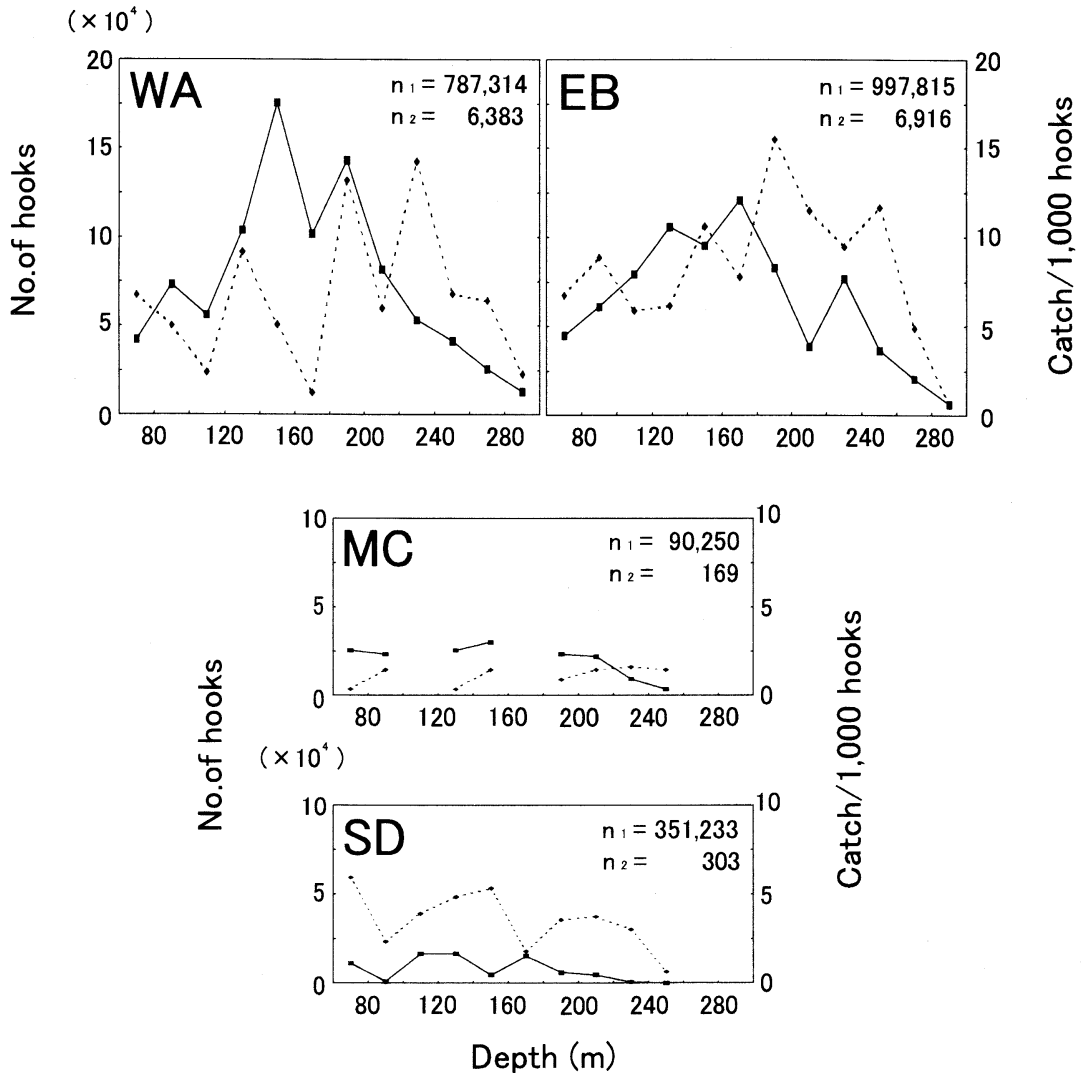


Fig. 9. Trend of depth specific hooking rates of yellowfin tuna by sub-area based on the information of experimental tuna longline fishing by JAMARC in the Indian Ocean (1981-86) n_1 : number of hooks (◆), n_2 : number of yellowfin tuna catch (■).

conditions such as water temperature and dissolved oxygen, which also vary by depth and area (SHIMAMURA and SOEDA, 1981). Further details on relationships between hooking rates and marine environmental conditions have been studied by MOHRI and NISHIDA (2002) and ROMENA *et al.* (2002).

Acknowledgements

We very much appreciate Japan Marine fishery Resources research Center (JAMARC)

which kindly provided various information to carry out this study.

References

FUJITA, K. (1998): Species and ecology of tuna. *In* From production to consumption of tuna. ONO S. (ed.). Seizando Shoten, Tokyo, p. 1-49.
 HONMA, M. and Z. SUZUKI. (1972): Stock assessment of yellowfin tuna exploited by longline fishery in the Indian Ocean, 1959-1969. *Bull. Far Seas Fish. Res. Lab.*, 7, 1-25.
 KIKAWA, S. (1957): The concentrated spawning area

of bigeye tuna in the western Pacific. Bull. Nankai Regional Fish. Res. Lab., **5**, 145-157.

KIKAWA, S. (1966): The distribution of maturing bigeye and yellowfin and an evaluation of their spawning potential in different areas in the tuna longline grounds in the Pacific. Bull. Nankai Regional Fish. Res. Lab., **23**, 131-208.

MOHRI, M., E., HANAMOTO, M. NEMOTO and S. TAKEUCHI (1997): Vertical distribution of bigeye Tuna in the Indian Ocean as seen from deep tuna longline catches. Bull. Japan. Soc. Fish. Oceanogr., **61**, 10-17.

MOHRI, M. and T. NISHIDA. (2000): Consideration of distribution of adult yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the Indian Ocean based on Japanese tuna longline fisheries and survey information. J. of National Fish. Univ., **49**, 1-11.

MORITA, Y. and T. KOTO. (1971): Some consideration on the population structure of yellowfin tuna in the Indian Ocean based on the longline fishery data. Bull. Far Seas Fish. Res. Lab., **4**, 125-140.

ROMENA, N., T. NISHIDA and M. MOHRI. (2000): Marine

environmental factors affecting distribution and reproductive ecology of yellowfin tuna in the Indian Ocean, Abstract Proceedings of the annual meeting of the Japanese Society of Fisheries Oceanography, National Fisheries University, Shimonoseki, p. 78-79.

SAITO, S. (1992): Swimming strata and longline fishing method of tuna. Seizando Shoten, Tokyo, 198pp.

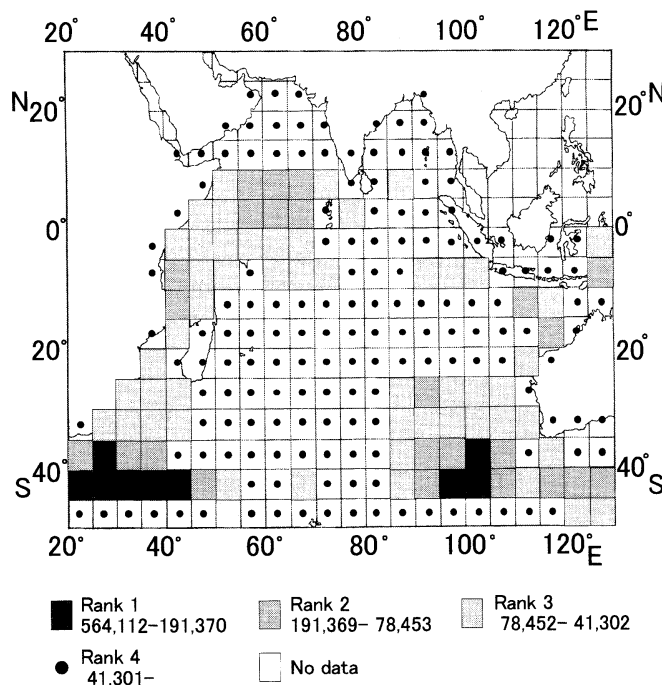
SHUNG, S. H. (1973): The sexual activity of yellowfin tuna caught by the longline fishery in the Indian Ocean, based on the examination of ovaries. Bull. Far Seas Fish. Res. Lab., **9**, 123-142.

SHIMAMURA, T. and H. SOEDA. (1981): On the Catch by Deep Layer Tuna Long Line Fishing. Bull. of the Japan. Soc. of Scientific Fish., **47**, 1559-1565.

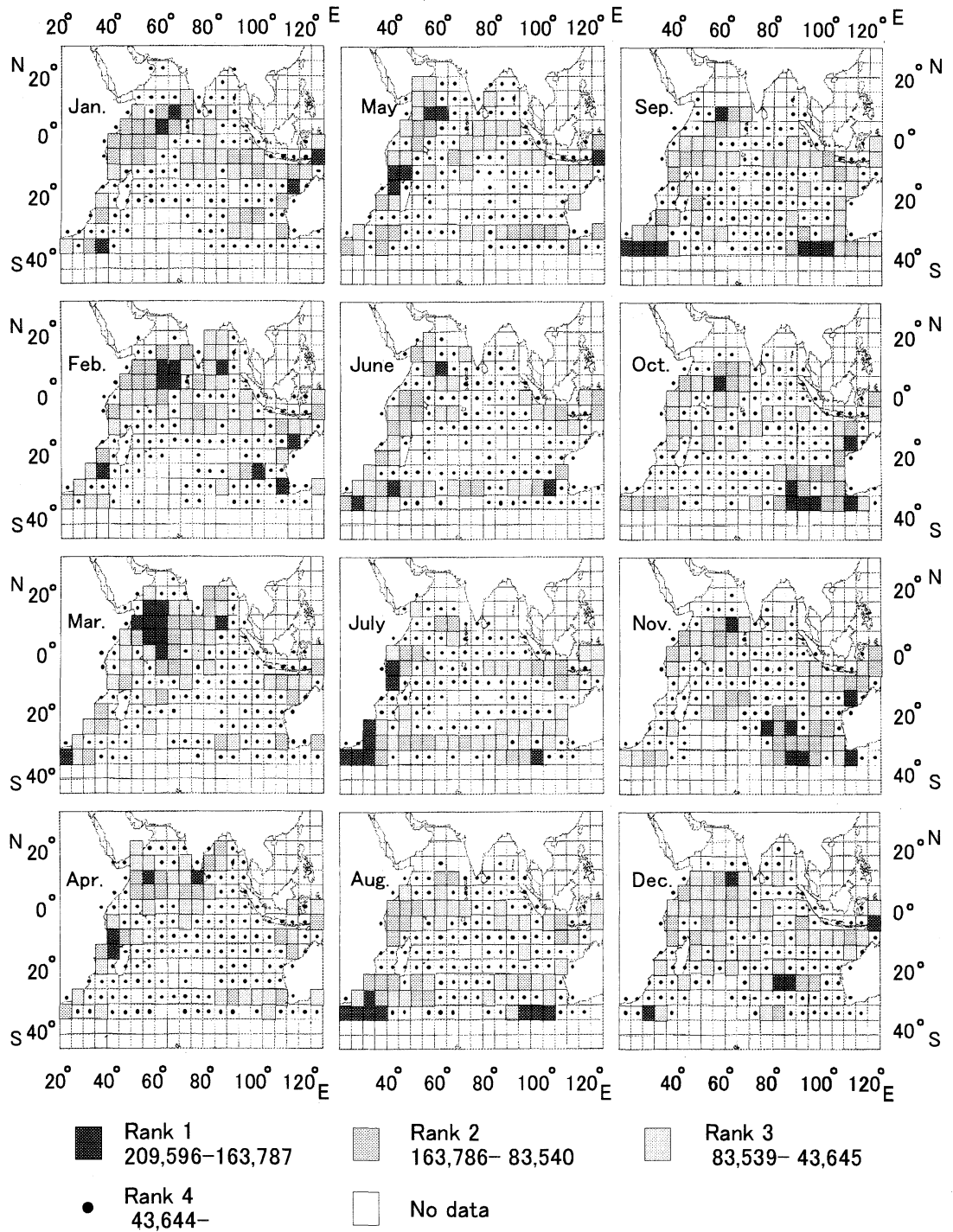
SUDO, H. (1994): The movement of sea water on the earth. In Earth environment as seen from the sea. SUDO H.(ed.) Seizando Shoten. Tokyo p. 1-39.

Received August 27, 2001.

Accepted January 31, 2002.



Appendix Fig. 1. Distribution of average number of hooks based on the information of the Japanese commercial tuna longline fisheries operated in the Indian Ocean (1967-1991).



Appendix Fig. 2. Distribution of monthly average number of hooks based on the information of the Japanese commercial tuna longline fisheries operated in the Indian Ocean (1967–91).

Climatic control of *Phaeocystis* spring bloom in the Eastern English Channel (1991–2000)

Laurent SEURONT* and Sami SOUISSI*

Abstract : The spring abundance of the prymnesiophyceae *Phaeocystis* sp. has been investigated in the coastal waters of the Eastern English Channel for 10 years (1991–2000). The North Atlantic Oscillation winter index was significantly correlated with the *Phaeocystis* abundance in April–May. Similar relationships between the North Atlantic Oscillation (NAO) and phytoplankton have been found in a variety of aquatic systems, including lakes, fjords and coastal areas, suggesting a general link between climatic forcing and phytoplankton dynamics. In particular, the negative correlation observed between the NAO and *Phaeocystis*, and the positive correlation observed between the NAO and diatoms in the Eastern English Channel support the hypothesis of a differential competitiveness between *Phaeocystis* and diatoms for light and nutrient *via* hydrodynamic control.

Key words : climate variability, English Channel, phytoplankton succession, *Phaeocystis*, diatoms, interannual variability

1. Introduction

Climatic forcing is increasingly recognized as an important factor causing interannual variability in organism abundances in both aquatic and terrestrial ecosystems (*e.g.* LINDAHL *et al.*, 1998 ; BELGRANO *et al.*, 1999 ; STRAILE, 2000). More specifically, climatic forcing on physico-chemical and biological processes in the oceans has been regarded as an important aspect when untangling the complex dynamics of marine ecosystems (DICKSON *et al.*, 1988). Because of the economic importance of North Atlantic fish stocks, there is a long history of research to understand the variability in fisheries and ecosystems in this region (MILLS, 1989), and a real need to relate large-scale ocean-atmosphere processes to biological processes (KERR, 1997).

The North Atlantic Oscillation (NAO) can be regarded as a large-scale climatic oscillation based on the difference of normalized sea level pressures between the Azores and Iceland. The

changes in NAO are reflected in an increase/decrease in the speed and direction of the westerlies, resulting in a regulation of winter temperatures on either side of the North Atlantic (HURRELL, 1995). The NAO impact on pelagic ecosystems has recently been shown to extend from the Barents and Norwegian Seas (SKJOLDAL *et al.*, 1992 ; HELLE and PENNINGTON, 1999), to the Nova Scotia Shelf (HEAD *et al.*, 1999) and the Gulf of Maine (CONVERSI *et al.*, 2001), including the Eastern and North Atlantic (FROMENTIN and PLANQUE, 1996 ; REID and PLANQUE, 1999 ; DICKSON *et al.*, 2000), the North Sea (STEPHENS *et al.*, 1998) and the English Channel (IRIGOIEN *et al.* 2000).

In the English Channel, IRIGOIEN *et al.* (2000) found a positive correlation between diatoms abundance and the NAO, and suggested that the meteorological conditions caused by positive NAO values in the North East Atlantic could favour diatoms compared with other groups or species, such as flagellates or *Phaeocystis*. In the nutrient-enriched Eastern English Channel and the Southern Bight of the North Sea, intense spring blooms (reaching biomass higher than 20 mg Chl *a* m⁻³) are

*Ecosystem Complexity Research Group, Station Marine de Wimereux, CNRS UMR 8013 ELICO, Université des Sciences et Technologies de Lille, 28 avenue Foch, BP 80, F-62930 Wimereux, France

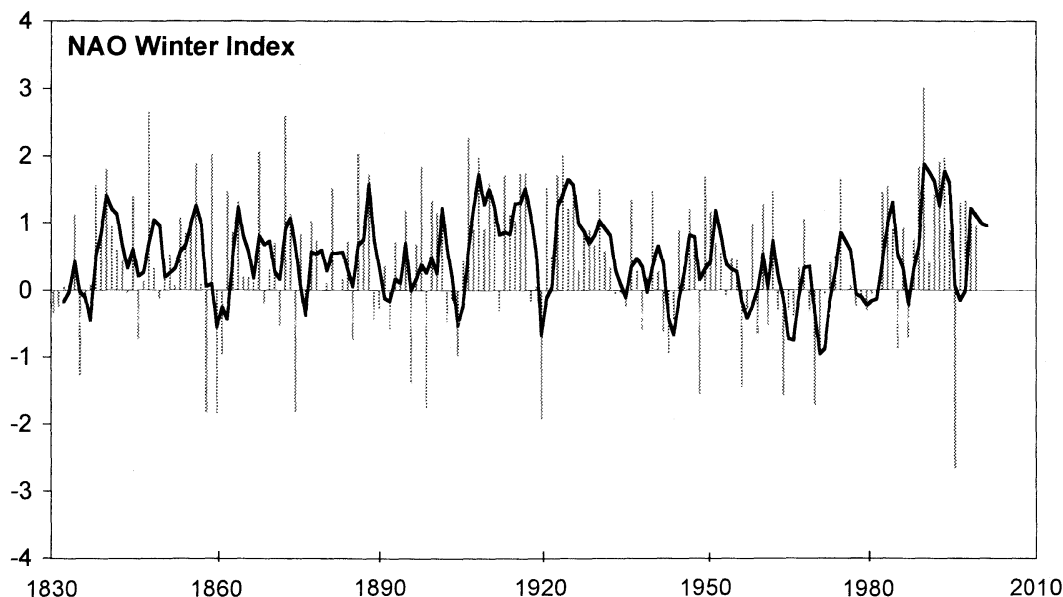


Fig. 1. The winter NAO index (HURRELL, 1995). The dark line is a three-year running mean of the yearly data.

recurrently composed of *Phaeocystis* and diatoms. Some hypotheses to explain the *Phaeocystis*/diatoms succession have been proposed, including differential competitiveness for light and/or nutrients (MATRAI *et al.*, 1995; HEGARTY and VILLAREAL, 1998; PEPPERZAK *et al.*, 1998; MOISAN and MITCHELL, 1999; MEYER *et al.*, 2000), but their determinism nevertheless remain unknown. While these hypotheses can be tested in the laboratory, large scale atmospheric forcing may also modify hydrodynamic regimes, and consequently abiotic and biotic factors related to encounter rates, growth and recruitment. However, no attention has been paid to the relation between *Phaeocystis*/diatoms abundance and atmospheric forcing.

In the present study a brief review of the main characteristics of the North Atlantic Oscillation and its effects on oceanic ecosystems will be presented. A 10-year time series of the abundance of the Prymnesiophyceae *Phaeocystis* in the English Channel will then be analysed jointly with the North Atlantic Oscillation data set, and finally a conceptual model for analysing the possible scenarios and the resulting processes which may control and regulate the observed fluctuations will be proposed.

2. The North Atlantic Oscillation and its ecological relevance

2.1 The North Atlantic Oscillation

The strongest and most well known mode of climate variability is the El Niño-Southern Oscillation (ENSO), a phenomenon originating in the tropical Pacific Ocean but impacting weather patterns and ecosystems around the world (MC PHADEN, 1999). Although the North Atlantic lacks an interannual mode of climate variability comparable in intensity to ENSO, it does exhibit an interdecadal mode, the North Atlantic Oscillation, as visible from Fig. 1 (NAO hereafter; HURRELL, 1995). Several indices have been developed to quantify the state of the NAO, but the most widely used index, Hurrell's NAO index (HURRELL, 1995), computes the pressure difference based on measurements from Lisbon, Portugal and Stykkisholmur, Iceland. In particular, NAO index values averaged from December to March have been used as a climatic index (HURRELL, 1995).

It can be thought that the recent increasing number of studies related to the NAO have been motivated by its trend toward a more positive phase over the past 30 years (Fig. 1).

The magnitude of this recent trend appears to be unprecedented in the observational record (HURRELL, 1995), and probably over the past several centuries as shown by paleoclimate data (STOCKTON and GLUECK, 1999). The most pronounced anomalies have occurred since the winter of 1989 (HURRELL, 1995; WALSH *et al.*, 1996; THOMPSON and WALLACE, 1998) when record positive values of an index of the NAO have been recorded. Moreover, the trend in the NAO accounts for several remarkable changes recently in the climate and weather over the middle and high latitudes of the Northern Hemisphere, as well as in marine and terrestrial ecosystems. Some of the main features of these changes are reviewed hereafter.

2.1.1 NAO and atmospheric circulation

The NAO has originally been described as a "seesaw" pattern with opposite temperature anomalies occurring on the eastern and western sides of the Atlantic (VAN LOON and RODGERS, 1978). This is accompanied by pronounced shifts in the storm tracks and related synoptic eddy activity which affect the transport and convergence of atmospheric moisture and can be directly tied to changes in regional precipitation. During positive NAO phases, a situation observed during much of the past two decades (Fig. 1), the increased pressure difference results in more and stronger storms crossing the Atlantic Ocean on a more northerly track, leading (i) to warmer, drier and milder conditions in central and southern Europe and in northern Canada and Greenland, and (ii) to colder, stormier and wetter-than normal conditions in northern Europe from Iceland through Scandinavia and in the eastern North America (HURRELL, 1995, 1996; THOMPSON and WALLACE, 1998). In particular, this led to the advance of some northern European glaciers (SIGGURDSON and JONSSON, 1995) and the retreat of Alpines glaciers (FRANK, 1997). In contrast, during 1996, characterised by a negative NAO winter value (see Fig. 1), conditions were much drier than in other years, leading to increased wintertime precipitation over Scandinavia, and cold temperatures and heavy snowfalls throughout southern Europe.

2.1.2 NAO and mesoscale oceanic circulation

The atmospheric shifts associated with the NAO cause changes in sea-ice cover in both the Labrador and Greenland Seas as well as over the Arctic (CHAPMAN and WALSH, 1993; CAVALIERI *et al.*, 1997), pronounced decreases in mean sea level pressure over the Arctic (WALSH *et al.*, 1996), and changes in the physical properties of Arctic sea water (SY *et al.*, 1997), changes in North Atlantic surface wave heights (KUSHNIR *et al.*, 1997). The NAO has also been demonstrated to control the intensity of convection processes in the Labrador and the Greenland-Iceland Seas, and in the related position of deepwater formation (DICKSON *et al.*, 1996) which in turn influence the strength and character of the Atlantic meridional overturning circulation (REID and PLANQUE, 1999).

2.2 Ecological effects of the NAO

2.2.1 Phytoplankton populations

While climate fluctuations over the North Atlantic should influence phytoplankton standing stocks, little attention has been paid to the relation between phytoplankton dynamics and atmospheric forcing. Some results even appear to be divergent, and exact driving mechanisms remain unclear.

Recent studies in lakes reported positive correlations between the NAO and the percentage of diatoms in the phytoplankton (WEYHENMEYER *et al.*, 1999), and between the NAO and total phytoplankton biomass (ADRIAN *et al.*, 1999; STRAILE, 2000). Similar relationships have been shown in fjords with both phytoplankton biomass and abundance of three species of toxic dinoflagellates (LINDHAL *et al.*, 1998; BELGRANO *et al.*, 1999), and in the English Channel with diatoms abundance (IRIGOIEN *et al.*, 2000). However, in the North Sea phytoplankton community was negatively and positively related to the NAO before 1980 (DICKSON *et al.*, 1988) and after 1980 (REID *et al.*, 1998), respectively. Even considering the weakness of the latter correlation (REID and PLANQUE, 1999), these contradictory association between North Sea phytoplankton and the NAO may be reconciled considering the extension of the coastal jet reported by REID and PLANQUE (1999). Prior to the mid-eighties,

increased spring wind speeds related to positive NAO index values may have been responsible for the phytoplankton fluctuations through increased vertical mixing that leads phytoplankton cells to spend a significant amount of time below the compensation depth, i.e. the depth at which a phytoplankton's photosynthetic rate equals its respiration rate. During the mid-eighties, the coastal jet extended farther up the shelf and brought warm water into the North Sea. The warm water causing increased vertical density gradients which reduced the effect of wind mixing, even though the winds remained strong during the late eighties and early nineties (see Fig. 1), the phytoplankton stocks were high. In 1988, phytoplankton standing stocks increased dramatically (REID and PLANQUE, 1999), suggesting that the switch from wind-controlled to advection-controlled blooms occurred in that year.

2.2.2 Zooplankton populations

In marine ecosystems, the zooplankton species that received, to our knowledge, the greatest amount of attention is the calanoid copepod *Calanus finmarchicus*, a species abundant throughout the North Atlantic, especially during spring and early summer (MARSHALL and ORR, 1955). *C. finmarchicus*, together with *C. helgolandicus*, were the first zooplankton species whose fluctuations in abundance were directly correlated with the NAO (FROMENTIN and PLANQUE, 1996). During positive NAO years, the abundance of *C. finmarchicus* in the North Sea decreases, while the abundance of most other zooplankton species, including *C. helgolandicus*, increases. The reverse situation is observed during negative NAO conditions. FROMENTIN and PLANQUE (1996) proposed that changes in temperature associated with positive and negative NAO conditions (warmer and colder, respectively) control species shifts. Thus, *C. finmarchicus* and *C. helgolandicus*, typically found in colder and warmer waters, flourish during negative and positive NAO years, respectively. Alternatively, STEPHENS *et al.* (1998) suggested that increased flow from the north and west during negative NAO years advects large numbers of

C. finmarchicus to the shelf region from their principle deep water overwintering habitat. Considering the effect of the NAO on the circulation patterns observed in the North Atlantic as described above, let us finally note here that the two previous hypotheses can be related by considering that temperature changes in the North Sea are determined by water mass movements: increased flow from the Norwegian Sea during negative NAO conditions would cool the North Sea and bring *C. finmarchicus* onto the shelf while displacing *C. helgolandicus* to the south.

The abundance of *C. finmarchicus* is also indirectly related to the NAO via circulation patterns in (i) the Barents Sea, where its abundance is driven by the warm Atlantic water flowing from the Norwegian Sea (HELL and PENNINGTON, 1999), and (ii) in the Gulf of Maine where a circulation-recruitment mechanism has been suggested (HEAD *et al.*, 1999; CONVERSI *et al.*, 2001).

3. The North Atlantic Oscillation and English Channel *Phaeocystis* abundance

3.1 Study area

The study area was located along the French coast of the Eastern English Channel (Fig. 2). The Eastern English Channel is characterised by its megatidal regime (the tidal range is one of the largest in the world, ranging from 3 to 9

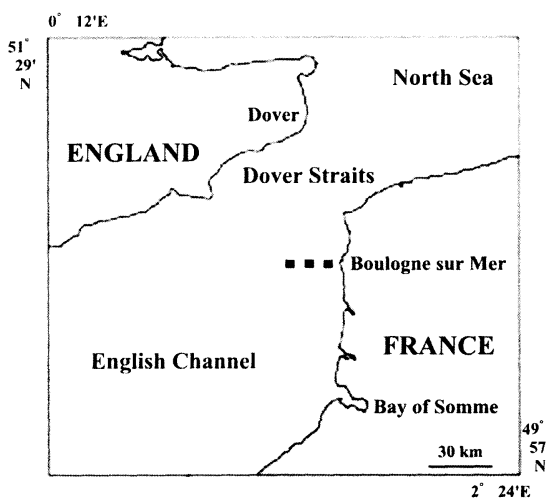


Fig. 2. Location of the sampling stations in the Eastern English Channel.

meters), and tides present a residual circulation parallel to the coast, with nearshore waters drifting from the English Channel to the North Sea. The freshwater run-off, distributed from the Bay of Seine to Cape Griz-Nez, generates a coastal water mass separated from the open sea by a tidally controlled frontal area (BRYLINSKI and LAGADEUC, 1990). This coastal flow ("fleuve côtier"; BRYLINSKI *et al.*, 1991) is characterised by its freshness, turbidity, phytoplankton and zooplankton (BRYLINSKI *et al.*, 1984; BRYLINSKI and LAGADEUC, 1990) richness. Moreover, the dissipation of tidal energy is basically regarded to be responsible for the vertical homogenisation of inshore and offshore water masses (50 m maximum depth).

3.2 Data collection and analysis

Three stations, located from inshore to offshore waters of the Eastern English Channel (Fig. 2), were sampled fortnightly between January 1991 and December 2000 in the framework of a water quality survey conducted by the Centre IFREMER of Boulogne sur Mer (France). Water samples (500 ml) were taken using a bucket in subsurface water and preserved with formaldehyde. Subsamples (10 ml) were settled for 3 hours and counted with an inverted microscope. The results presented here correspond to the abundance of the Prymnesiophyceae *Phaeocystis* sp. in these samples. In the present paper, we only considered the spring bloom, which occurred during April–May (GENTILHOMME and LIZON, 1998). We then considered the abundance of *Phaeocystis* averaged over the three stations during April–May in further analysis. However, some samples were not collected because of bad weather conditions. In particular, no samples were collected during the spring 1997, and during the spring 1996, only one sample was collected in the inshore waters and no samples were collected in intermediate and offshore waters. To ensure the relevance of our further analysis, we then did not consider the years 1996 and 1997 in the analysis. Yearly NAO winter index (December–March; HURRELL, 1995) were used as a climatic index. Pearson correlation analyses were then performed between the NAO winter index and transformed

Phaeocystis abundance.

3.3 NAO and phytoplankton abundance

Figure 3 shows a significant negative correlation between *Phaeocystis* abundance and the winter NAO index ($r=0.78$, $p < 0.05$). The abundance of *Phaeocystis* is then higher during years characterised by a low, and virtually negative NAO values. One needs to be aware here that in the English Channel and in the Southern Bight of the North sea, *Phaeocystis* appears to be co-occurrent and/or in competition with diatoms (*e.g.* ROUSSEAU, 2000). Considering the hypothesis of a climatically driven competitiveness between these two genera, the abundance of *Phaeocystis* and diatoms should be negatively and positively correlated with the NAO winter index. The diatoms abundance indeed appears to be positively correlated with the NAO winter index from 1993 to 1999 in the English Channel (IRIGOIEN *et al.*, 2000). The corresponding positive regression has been plotted together with the *Phaeocystis* / NAO regression for comparison (Fig. 3).

4. Discussion

Meteorological conditions caused by negative NAO values are lower wind stress and stronger light due to decreased cloud coverage (HURRELL, 1995; Fig. 4). Such conditions could then favour *Phaeocystis* compared with diatoms that needs stronger mixing and lower light intensity (MARGALEF, 1967, 1978). On the other hand, lower nutrient levels associated with lower rainfall and the subsequent decrease in river run-off (Fig. 4) should favour *Phaeocystis* to the detriment of other phytoplankton species, in particular diatoms (MARGALEF, 1967, 1978). More precisely, we will discuss in the following how nutrient competition and light competition hypotheses, combined with the results presented in the previous section can be suggested to provide a phenomenological explanation to the response of *Phaeocystis* sp. and diatoms to climatic forcing.

The negative phases of the NAO winter index leads to a decrease in the intensity of the westerlies. The wind forcing in the SW–NE direction is then weaker, leading to less nutrient

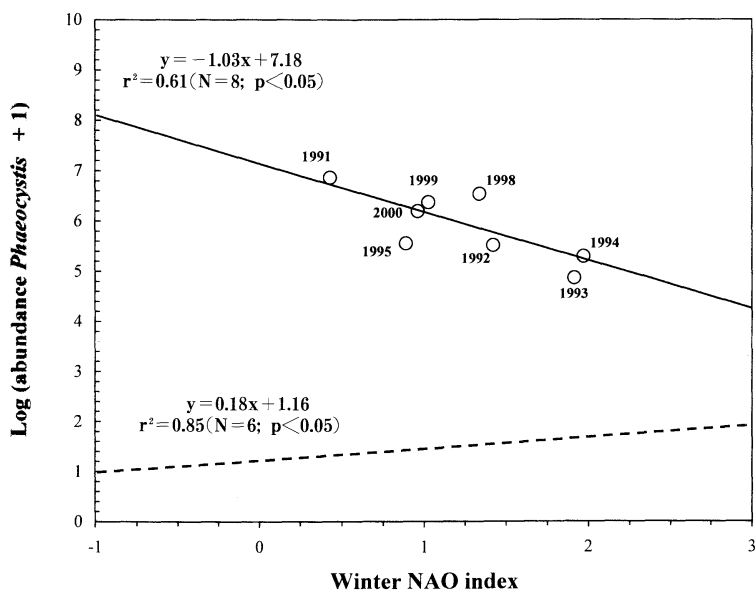


Fig. 3. Relation between the NAO winter index and the abundance of *Phaeocystis* sp. from 1991 to 2000. No data were collected in 1997, and the abundance resulting from the single sample collected in 1996 has not been considered in our analysis. The relation found by IRIGOIEN *et al.* (2000) between diatom abundance and the NAO winter index has been plotted for comparison (dashed line).

transport from the major fluvial inputs distributed along the French coast, especially from the Bay of Seine (Fig. 4), towards the Eastern English Channel. This effect is even more pronounced because of the decreased rainfall, and thus fluvial run-off, occurring during negative NAO phases. Nutrients, and in particular nitrates are then less available for phytoplankton growth, leading to a predominance of the genus *Phaeocystis*, more competitive for nitrates than diatoms (LANCELOT and BILLEN, 1985 : LANCELOT *et al.*, 1986). This functional scenario can also be applied to the Southern Bight of the North Sea, but with opposite consequences: weaker westerlies should lead to a greater extent of the flume of the Escaut estuary southward, to a greater nitrate availability and finally to predominance of diatoms in spring phytoplankton assemblages during the negative NAO years (Fig. 4). This hypothesis is supported by the positive correlation observed between salinity and spring *Phaeocystis* abundance in this area (ROUSSEAU, 2000), and suggests that the *Phaeocystis*/diatoms succession is mainly controlled by nutrient availability in

the Southern Bight of the North Sea.

We argue that the colony form of *Phaeocystis* can also be regarded as an adaptation to lower turbulent conditions occurring during negative NAO phase. The impact of turbulence on nutrient flux toward a single free-living cell or a colony is dependent on its size relative to the viscous Kolmogorov length scale in the ocean, $l_k = (v^3 / \epsilon)^{0.25}$, where v ($10^{-2} \text{ cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$) is the kinematic viscosity of sea water and ϵ ($\text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-3}$) is the turbulent energy dissipation rate. Above this scale the flow is turbulent, while below it, viscosity dominates resulting in a laminar shear. This shear S (s^{-1}) is defined as $S = (\epsilon / v)^{0.5}$ (KARP-BOSS *et al.*, 1996). The lower wind stress associated with low and negative NAO winter index leads to weaker dissipation rates ϵ , and larger viscous length scale l_k . The surrounding environment of small phytoplankton cells will then be more viscous than for larger cells. The shear is then smaller for smaller diatom cells (e.g. 5, 25 and 30 μm in diameter for *Thalassiosira*, *Rhizosolenia* and *Chaetoceros* cells) when compared with a *Phaeocystis* colony of several millimetres in diameter

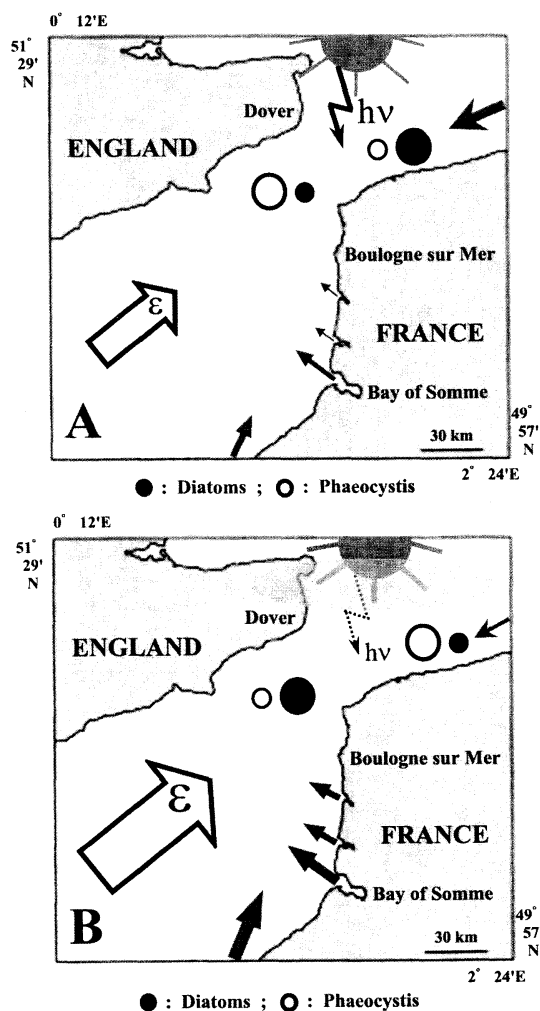


Fig. 4. Illustration of atmospheric conditions over the Eastern English Channel related to the NAO negative (A) and positive (B) phases, shown together with the dominant species in phytoplankton assemblages. During NAO negative phase (A), the weaker intensities of the westerlies (white arrow), leading to a weaker vertical mixing (ϵ), the decreased cloud coverage and decreased rainfall, and thus fluvial run-off (grey arrows) favour *Phaeocystis* sp. in the Eastern English Channel. During NAO positive phase (B), the stronger intensities of the westerlies, the increased cloud coverage and rainfall rather favour diatoms. Alternatively, in the Southern Bight of the North Sea, phytoplankton composition seems rather to be related to the nutrient availability controlled by the extent of the flume of the Escaut estuary, extending further south during negative than positive NAO phases.

(ROUSSEAU *et al.*, 1994). The subsequent nutrient flux towards diatom cells is then less efficient than towards the *Phaeocystis* cells within a colony (SEURONT, 2001). This difference in characteristic scales then provides the first phenomenological explanation for the competitive advantage of the colonial form of the genus *Phaeocystis* for nutrients when compared to diatoms, and under nutrient limitations.

Using a modelling approach, HUISMAN *et al.* (1999) showed that with high mixing rates (i.e. positive NAO phases), the species with the lowest critical light intensity (i.e. diatoms; see *e.g.* HEGARTY and VILLAREAL, 1998) should become dominant. On the contrary, with low mixing rates, species with low critical light intensity would be displaced by those able to obtain a better position in the light gradient. These theoretical results are fully congruent with the light control of cellular photosynthesis and exopolymeric synthesis by *Phaeocystis* colonies (LANCELOT and MATHOT, 1987). Moreover the buoyancy properties of *Phaeocystis* (SKRESLET, 1988), in particular those related to the colony form (LANCELOT and ROUSSEAU, 1994; LANCELOT, 1995), may be suggested as a secondary adaptation to light competition, leading *Phaeocystis* colonies to remain in surface layers and to benefit from more efficient light conditions for photosynthesis, contrary to heavier cells like diatoms (KJØRBOE, 1993). The model of HUISMAN *et al.* (1999) also predicts steep transitions in the population composition and no gradual changes. Unfortunately, similar conclusions cannot be drawn from our *Phaeocystis* data because of the weak number of data points available for the year 1996 which is the only one to be characterized by a negative NAO winter index (cf. Fig. 1). All the observations conducted here nevertheless converge toward the hypothesis of a yearly climatic control of the relative spring abundances of the genera *Phaeocystis* and diatoms via their specific competitiveness for light.

5. Conclusions

This paper demonstrates the ability for climate variability to control phytoplankton succession in coastal waters of the Eastern English

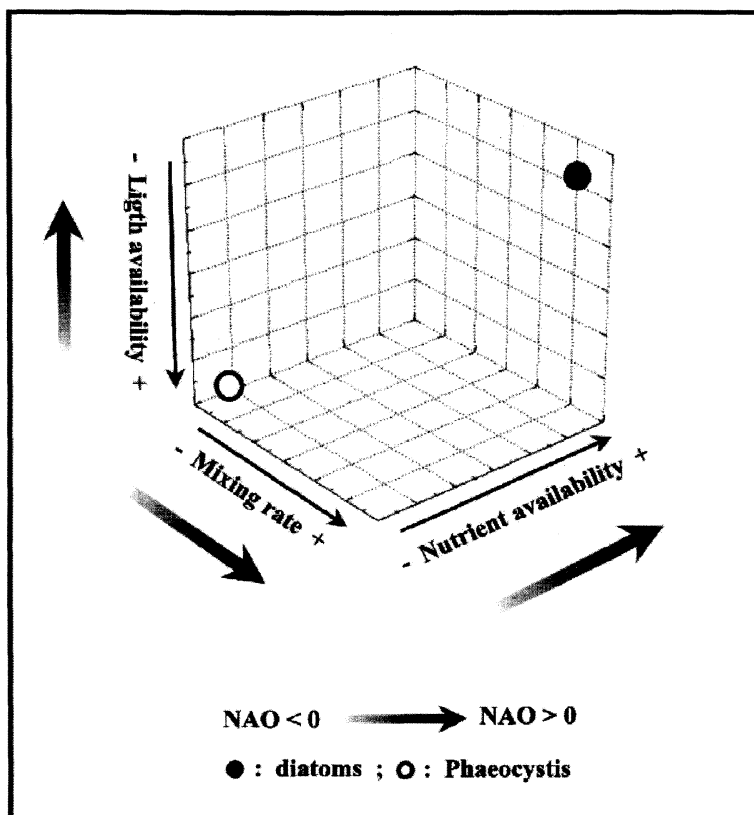


Fig. 5. Three-dimensional Intaglio which allows selection of species (*Phaeocystis* sp. or diatoms) in the Eastern English Channel, in a wide ecological space defined by both light and nutrient availability, and the intensity of mixing rates.

Channel *via* species specific adaptation to light and nutrient competition. In particular, taking into account the main meteorological conditions caused by the North Atlantic Oscillation, i.e. a lower wind stress, increased light due to decreased cloud coverage, and increased nutrient availability due to increased rainfall and subsequent fluvial run-off occurring during positive NAO phases, we propose a three-dimensional refined version of the Margalef's Mandala (MARGALEF, 1978 : MARGALEF *et al.*, 1979) and Reynolds Intaglio (REYNOLDS, 1987) for the control of *Phaeocystis*/diatoms succession in the Eastern English Channel (Fig. 5).

Finally, one needs to be aware that the growing awareness of the role of large-scale climatic forcing is not a matter of fact in marine ecology in particular, but rather seem to be the rule in ecological science in general. In particular,

the 1042 references resulting from a survey of all papers reporting the terms 'climate', 'ENSO' and 'NAO' that appeared in the journals *Science* and *Nature* respectively from 1995 to 2001, and 1996 to 2001 stress the need to relate large-scale ocean-atmosphere processes to biological processes that clearly appears as a new challenge for oceanographers.

Acknowledgments

The *Phaeocystis* abundance data are a courtesy of the IFREMER centre of Boulogne sur Mer (France). Thanks are also extended to Dr. C. LANCELOT and Dr. V. ROUSSEAU (Université Libre de Bruxelles, Belgium) for stimulating and constructive discussions, and to Dr. A. LEFEBVRE for instructive disclosure.

References

- ADRIAN, R., WALZ, N., HINTZE, T., HOEG, S. and R. RUSHE (1999): Effects of ice duration on the plankton succession during spring in a shallow polymictic lake. *Fresh. Biol.*, **41**, 621–632.
- BELGRANO, A., LINDAHL, O. and B. HERNROTH (1999): North Atlantic Oscillation primary productivity and toxic phytoplankton in the Gullmar Fjord, Sweden (1985–1996). *Proc. R. Soc. Lond. B*, **266**, 425–430.
- BRYLINSKI, J. M., DUPONT, J. and D. BENTLEY (1984): Conditions hydrologiques au large du cap Griz-Nez (France): premiers résultats. *Oceanol. Acta*, **7**, 315–322.
- BRYLINSKI, J. M. and Y. LAGADEUC (1990): L'interface eau côtière/eau du large dans le Pas-de-Calais (côte française): une zone frontale. *C. R. Acad. Sci. Paris Sér. 2*, **311**, 535–540.
- BRYLINSKI, J. M., LAGADEUC, Y., GENTILHOMME, V., DUPONT, J. P., LAFITE, R., DUPEUPLE, P. A., HUAULT, M. F., AUGER, Y., PUSKARIC, E., WARTEL, M. and L. CABIOCH (1991): Le "fleuve côtier": un phénomène hydrologique important en Manche orientale. Exemple du Pas-de-Calais. *Oceanol. Acta*, **11**, 197–203.
- CAVALIERI, D. J., GLOERSEN, P., PARKINSON, C. L., COMISO, J. C. and H. J. ZWALLY (1997): Observed hemispheric asymmetry in global sea ice changes. *Science*, **278**, 1104–1106.
- CHAPMAN, W. L. and J. E. WALSH (1993): Recent variations of sea ice and air temperature in high latitudes. *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, **74**, 33–47.
- CONVERSI, A., PIONTKOVSKI, S. and S. HAMEED (2001): Seasonal and interannual dynamics of *Calanus finmarchicus* in the Gulf of Maine (Northeastern US shelf) with reference to the North Atlantic Oscillation. *Deep-Sea Res. II*, **48**, 519–520.
- DICKSON, R. R., KELLY, P. M., COLEBROOK, J. M., WOOSTER, W. S. and D. H. CUSHING (1988): North winds and production in the eastern North Atlantic. *J. Plankton Res.*, **10**, 151–169.
- DICKSON, R. R., LAZIER, J., MEINCKE, J., RHINES, P. and J. SWIFT (1996): Long-term co-ordinated changes in the convective activity of the North Atlantic. *Prog. Oceanogr.*, **38**, 241–295.
- DICKSON, R. R., OSBORN, T. J., HURRELL, J. W., MEINCKE, J., BLINDHEIM, J., ADLANDSVIK, B., VINJE, T., ALEKSEEV, G. and W. MASLOWSKI (2000): The arctic Ocean response to the North Atlantic Oscillation. *J. Clim.*, **13**, 2671–2696.
- FRANK, P. (1997): Changes in the glacier area in the Austrian Alps between 1973 and 1992 derived from LANDSAT data. MPI report 424.
- FROMENTIN, J. M. and B. PLANQUE (1996): *Calanus* and the environment in the eastern North Atlantic. II. Influence of the North Atlantic Oscillation on *C. finmarchicus* and *C. helgolandicus*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **134**, 111–118.
- GENTILHOMME, V. and F. LIZON (1998): Seasonal cycle of nitrogen and phytoplankton biomass in a well mixed coastal system (Eastern English Channel). *Hydrobiol.*, **361**, 191–199.
- HEAD, E. J. H., HARRIS, L. R. and B. PETRIE (1999): Distribution of *Calanus* spp. On and around the Nova Scotia Shelf in April—evidence for an offshore source of *Calanus finmarchicus* to the mid and western regions. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **56**, 2463–2476.
- HELLE, K. and M. PENNINGTON (1999): The relation of the spatial distribution of early juvenile cod (*Gadus morhua* L.) in the Barents Sea to zooplankton density and water flux during the period 1978–1984. *ICES J. Mar. Sci.*, **56**, 15–27.
- HEGARTY, S. G. and T. A. VILLAREAL (1998): Effects of light level and N:P supply ratio on the competition between *Phaeocystis* cf. *pouchetii* (Hariot) Lagerheim (Prymnesiophyceae) and five diatom species. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **226**, 241–258.
- HUISMAN, J., van OOSTVEEN P. and F. J. WEISSING (1999): Species dynamics in phytoplankton blooms: incomplete mixing and competition for light. *Amer. Nat.*, **154**, 46–68.
- HURRELL, J. W. (1995): Decadal trends in the North Atlantic Oscillation: regional temperatures and precipitation. *Science*, **269**, 676–679.
- HURRELL, J. W. (1996): Influence of variations in extratropical wintertime teleconnections on Northern Hemisphere temperatures. *Geophys. Res. Lett.*, **23**, 665–668.
- IRIGOIEN, X., R. P. HARRIS, R. N. HEAD and D. HARBOUR (2000): North Atlantic Oscillation and spring bloom phytoplankton composition in the English Channel. *J. Plankton Res.*, **22**, 2367–2371.
- KARP-BOSS, L., E. BOSS and P. A. JUMARS (1996): Nutrient fluxes to planktonic osmotrophs in the presence of fluid motion. *Mar. Biol. Ann. Rev.*, **34**, 71–107.
- KERR, R. A. (1997): A new driver for the Atlantic's moods and European weather? *Science*, **275**, 754–755.
- KJØRBOE, T. (1993): Turbulence, phytoplankton cell size, and the structure of pelagic food web. *Adv. Mar. Biol.*, **29**, 1–72.
- KUSHNIR, Y., CARDONE, V. J., GREENWOOD, J. G. and M. CANE (1997): On the recent increase in North Atlantic wave heights. *J. Climate*, **10**, 2107–2113.
- LANCELOT, C. (1995): The mucilage phenomenon in the continental coastal waters of the North Sea. *The Science of the Total Environment*, **165**, 83–102.
- LANCELOT, C. and G. BILLEN (1985): Carbon-nitrogen relationship in nutrient metabolism of coastal marine ecosystems. *In* *Advances in aquatic microbiology*, Vol. 3, JANNASH, H.W. and P. J.

- WILLIAMS (eds.), Academic Press, London, p. 263–321.
- LANCELOT, C. and S. MATHOT (1987): Dynamics of a *Phaeocystis*-dominated spring bloom in Belgian coastal waters. I. Phytoplanktonic activities and related parameters. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **37**, 239–249.
- LANCELOT, C., MATHOT, S. and N. J. P. OWENS (1986): Modelling protein synthesis, a step to an accurate estimate of net primary production: the case of *Phaeocystis* pouchetii colonies in Belgian coastal waters. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **32**, 193–202.
- LANCELOT, C. and V. ROUSSEAU (1994): Ecology of *Phaeocystis*: the key role of colony forms. In *The Haptophyte Algae*, GREEN, J. C. and B. S. C. LEADBEATER (eds.), Clarendon Press, Oxford, p. 229–245.
- LINDHAL, O., BELGRANO, A. DAVIDSON, L. and B. HERNROTH (1998): Primary production, climatic oscillations, and physico-chemical processes: the Gullmar Fjord time series data-set (1985–1996). *ICES J. Mar. Sci.*, **55**, 723–729.
- MARGALEF, R. (1967): Some concepts relative to the organization of plankton. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, **5**, 257–289.
- MARGALEF, R. (1978): Life-forms of phytoplankton as survival alternatives in an unstable environment. *Oceanol. Acta*, **1**, 493–509.
- MARGALEF, R., ESTRADA, M. and D. BLASCO (1979): Functional morphology of organisms involved in red tides, as adapted to decaying turbulence. In *Toxic Dinoflagellate Blooms*, Taylor, D and H. Seliger (eds.), Elsevier, New York, p. 89–94.
- MARSHALL, S. M. and A. P. ORR (1955): *The Biology of a Marine Copepod*. Oliver and Boyd, Edinburg.
- MATRAI, P.A., VERNET, M., HOOD, R., JENNINGS, A., BRODY, E. and S. SAEMUNSDOTTIR (1995): Light dependence of carbon and sulfur production by polar clones of the genus *Phaeocystis*. *Mar. Biol.*, **124**, 157–167.
- MCPHADEN, M. J. (1999): Genesis and evolution of the 1997–98 El Niño. *Science*, **283**, 950–954.
- MEYER, A. A., TACKX, M. and N. DARO (2000): Xanthophyll cycling in *Phaeocystis* globosa and *Thalassiosira* sp.: a possible mechanism for species succession. *J. Sea Res.*, **43**, 373–384.
- MILLS, E. L. (1989): *Biological Oceanography. An early History, 1870–1960*. Cornell University Press, Ithaca, NY.
- MOISAN, T. A. and B. G. MITCHELL (1999): Photophysiological acclimation of *Phaeocystis* antarctica Karsten under light limitation. *Limnol. Oceanogr.*, **44**, 247–258.
- PEPERZAK, L., COLLIN, F., GIESKES, W. W. C. and J. C. H. PEETERS (1998): Development of the diatom *Phaeocystis* spring bloom in the Dutch coastal zone of the North-Sea: the silicon depletion versus the daily irradiance threshold hypothesis. *J. Plankton Res.*, **20**, 517–537.
- REID, P. C., EDWARDS, M., HUNT, H. G. and A. J. WARNER (1998): Phytoplankton change in the North Atlantic. *Nature*, **391**, 546.
- REID, P. C. and B. PLANQUE (1999): Long-term planktonic variations and the climate of the North Atlantic. In *The Life of the Atlantic Salmon*, MILLS, D. (ed.), Blackwell Science, Oxford, p. 153–169.
- REYNOLDS, C. (1987): Community organization in the freshwater plankton. *Symp. Br. Ecol. Soc.*, **27**, 297–325.
- ROUSSEAU, V. (2000): Dynamics of *Phaeocystis* and diatom blooms in the eutrophicated coastal waters of the Southern Bight of the North Sea. PhD Thesis, Université Libre de Bruxelles, Belgique.
- ROUSSEAU, V., VAULOT, D., CASOTTI, R., CARIOU, V., LENZ, J., GUNKEL, J. and M. BAUMANN (1994): The life cycle of *Phaeocystis* (Prymnesiophyceae) evidence and hypotheses. *J. Mar. Syst.*, **5**, 23–39.
- SEURONT, L. (2001): Microscale processes in the ocean: why are they so important for ecosystem functioning? *La Mer*, **39**, 1–8.
- SIGGURDSON, O. and T. JONSSON (1995): Relation of glacier variations to climate changes in Iceland. *Annals of Glaciology*, **21**, 263–270.
- SKJOLDAL, H. R., GJØSÆTER, H. and H. LOENG (1992): The Barents Sea ecosystem in the 1980s: ocean climate, plankton, and capelin growth. *ICES Mar. Sci. Symposia*, **195**, 278–290.
- SKRESLET, S. (1988): Buoyancy in *Phaeocystis* pouchetii. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **119**, 157–166. *Monthly Weather Review*, **112**, 1999–2015.
- STEPHENS, J. A., JORDAN, M. B., TAYLOR, A.H. and R. PROCTOR (1998): The effects of fluctuations in North Sea flows on zooplankton abundance. *J. Plankton Res.*, **20**, 943–956.
- STOCKTON, C. W. and M. F. GLUECK (1999): Long-term variability of the North Atlantic Oscillation (NAO). *Proc. Amer. Met. Soc. Tenth Symp. Global Change Studies*, 11–15 January 1999, Dallas, p. 290–293.
- STRAILE, D. (2000): Meteorological forcing of plankton dynamics in a large and deep continental European lake. *Oecologia*, **122**, 44–50.
- SY, A., RHEIN, M., LAZIER, J. R. N., KOLTERMAN, K. P., MEINCKE, J., PUTZKA, A. and M. BERSCH (1997): Surprisingly rapid spreading of newly formed intermediate waters across the North Atlantic Ocean. *Nature*, **386**, 675–679.
- THOMPSON, D. W. and J. M. WALLACE (1998): The arctic Oscillation signature in the wintertime geopotential height and temperature fields. *Geophys. Res. Lett.*, **25**, 1297–1300.
- VAN LOON, H. and J. C. RODGERS (1978) The seasaw in winter temperatures between Greenland and

- northern Europe. Part 1: General description. Monthly Weather Review, **106**, 296–210.
- WALSH, J. E. CHAPMAN, W. L. and T. L. SHY (1996): Recent decrease of sea level pressure in the central Arctic. J. Climate, **9**, 480–486.
- WEYHENMEYER, G. A., T. BLENCKNER and K. PETERSON (1999): Changes of the plankton spring outburst related to the North Atlantic Oscillation. Limnol. Oceanogr., **44**, 1788–1792.

Received October 10, 2001
Accepted January 10, 2002

資 料

第 40 卷第 1 号掲載欧文論文要旨

Susanna NURDJAMAN*・柳 哲雄** : インドネシア・バンタン湾の雨季と乾季の生態系

インドネシア・バンタン湾における雨季と乾季の低次生態系の違いを、観測値とボックス生態系モデル解析により明らかにした。乾季に高く、雨季に低くなるクロロフィル *a* の観測値の変動は、モデル計算でよく再現された。計算によれば、溶存有機物、動物プランクトン、デトリタスなどの濃度も乾季に高く、雨季に低くなる。再生 DIN がクロロフィル *a* 濃度の増加に最も大きな役割を果たしている。低緯度で貧栄養なバンタン湾の一次生産から二次生産への転送効率は、中緯度で富栄養化した博多湾とほぼ同じ値になった。しかし、新生産と再生生産の比は博多湾よりバンタン湾の方が小さい。(*九州大学大学院総合理工学府 〒816-8580 春日市春日公園 6-1, **九州大学応用力学研究所 〒816-8580 春日市春日公園 6-1)

毛利雅彦*・西田 勤** : 日本のまぐろ延縄の漁業情報に基づくインド洋のキハダ成魚の釣獲分布について

FAO (1998) の報告によると、全世界で漁獲されるキハダは約100万トンであり、特にインド洋では主要まぐろ類5種のうち同種が70% を占め、主な対象の魚種である一方、保護・管理の必要が生じている。そこで、本研究ではインド洋のキハダについて、水平および鉛直方向の釣獲分布を把握し、同種の保護・管理を行うための指針を得ることを目的とした。水産庁の「まぐろはえなわ漁業漁場別統計調査結果報告」および海洋水産資源開発センターの「深延縄の釣針別釣獲資料」を用い、水平および鉛直の両方向からキハダの釣獲分布を検討した。水平方向について、高密度釣獲域が分布したのは、マダガスカル島北部を中心とした西部海域と、オーストラリア北西部を中心とした東部海域であった。高密度釣獲域の分布に関する時間変化について、西部では1月から5月にかけて最も広がった後、月が進むに従い縮小する。鉛直方向について、全域における平均の主釣獲層は120 m から200 m に分布し、低緯度海域の主釣獲層は全域とほぼ同様の範囲にあり、南緯高緯度海域では180 m 以浅に形成された。(*水産大学校 〒759-6595 下関市永田本町2-7-1, **水産総合研究センター遠洋水産研究所 〒424-8633 清水市折戸5-7-1)

Laurent SEURONT*・Sami SOUSSI* : 英国海峡東部における *Phaeocystis* の春季ブルームに対する気候の影響 (1991-2000)

英国海峡東部沿岸域における、ハプト藻綱に属する *Phaeocystis* sp. の春季の変動を10年 (1991-2000) にわたって調査した。北大西洋振動 (NAO) の冬季指数は4月から5月の *Phaeocystis* の現存量と強い相関を示した。NAOと植物プランクトンの間には湖沼やフィヨルド、沿岸域を含む様々な水域で同様の相関が見られ、このことは気候が植物プランクトンの動態に密接に関連している事を示している。特に、英国海峡で観察されたNAOと *Phaeocystis* との間の負の相関と、NAOと珪藻との間の正の相関は、*Phaeocystis* と珪藻の間に光や栄養塩に対する異なる競合性が存在するという仮説を指示する。(*Ecosystem Complexity Research Group, Station Marine de Wimereux, CNRS UMR 8013 ELICO, Université des Sciences et Technologies de Lille, 28 avenue Foch, BP 80, F-62930 Wimereux, France)

学 会 記 事

1. 平成14・15年度評議員選挙が行われた(公示11月26日, 投票締め切り1月5日, 開票1月18日)。開票結果は次の通り。

- 1) 投票総数52通, 1585票
- 2) 有効票数1567票(無効票数18票)
- 3) 得票結果(47位までは同得票順位, 48位以降は抽選による)。

(()内は得票数)

- 1 (37) 松山優治
 - 2 (33) 柳 哲雄
 - 3 (32) 石丸 隆, 今脇資郎
 - 5 (31) 有賀祐勝, 山口征矢
 - 7 (30) 谷口 旭, 森永 勤
 - 9 (29) 長島秀樹
 - 10 (28) 中田英昭, 吉田次郎
 - 12 (27) 平 啓介, 寺崎 誠
 - 14 (26) 須藤英雄, 村野正昭
 - 16 (25) 関 文威
 - 17 (24) 門谷 茂
 - 18 (23) 高橋正征, 松生 洽
 - 20 (22) 奥田邦明
 - 21 (21) 北出裕二郎, 関根義彦, 永田 豊, 和田 明
 - 25 (20) 岩田静男, 岸野元彰, 小池勲夫
 - 28 (19) 有元貴文, 磯田 豊, 千手智晴, 鳥羽良明, 前田明夫, 前田 勝
 - 34 (18) 大塚一志, 平野敏行
 - 36 (17) 黒田一紀
 - 37 (16) 小池 隆, 渡邊精一
 - 39 (15) 青木三郎, 斉藤誠一, 福田雅明
 - 42 (14) 梶浦欣二郎, 寺本俊彦,
 - 44 (13) 岡市友利, 隆島史夫, 田中祐志, 中田喜三郎
 - 48 (12) 内藤靖彦
 - 49 (12) 荒川久幸
 - 50 (12) 佐藤博雄
 - 51 (12) 市川 香
 - 52 (12) 永延幹男
- (53位以下省略, 関 文威, 大塚一志会員は辞退のため, 52位永延幹男会員まで当選)

2. 2001年11月19日~2002年1月30日 Eメールを媒介として, 評議員から推薦のあった学会賞および論文賞受賞候補者について審議の結果, 平 啓介会員を学会

賞受賞候補者, 鷺見浩一, 森永 勤会員をそれぞれ論文賞受賞候補者と決定し, 会長へ報告することとした。

3. 2002年2月12日(火) 次期評議員予定者に対し, 平成14・15年度会長選出のための 投票を依頼した。

4. 新入会員(学生会員)

氏 名	所属・住所等	紹介者
Susanna NURJAMAN	九州大学大学院総合理工学府 大気海洋環境システム学 〒816-8580 福岡県春日市春日公園 6-1	柳 哲雄

5. 住所・所属先等変更(届出順)

- 前田 明夫 〒895-0053 鹿児島県川内市高城 2526
ポリテクカレッジ川内
- 渡部 武 〒228-0802 神奈川県相模原市上鶴間
6-10-38
コーポクレイン東林間 206号
- 辻 正明 〒305-8569 つくば市小野川 16-3
産業技術総合研究所
- 内須川正幸 〒156-0053 世田谷区桜 1-18-5
(株)自然環境リサーチ
- 才田 春夫 〒930-1262 富山県上新川郡大山町東黒
牧 65-1 富山国際大学

6. 退会

高山晴光

7. 受贈図書(受付順)

- Pathogenic Organisms and Disease Prevention 5
勇魚 25
- Bulletin of the National Science Museum 27 (2, 3)
なつしま 190, 191, 192
- NTT R&D 50 (12), 51 (1, 2)
- RESTEC 48
- 能登半島西方表層堆積図 57
- 響灘表層堆積図 56
- 塩屋崎沖海底地質図 55
- 広島日仏協会報 154
- FRA announcement 1
- 養殖研ニュース 48

日仏海洋学会会則

昭和35年4月7日 制定

昭和60年4月27日 改正

平成4年6月1日 改正

- 第1条 本会は日仏海洋学会と称する。
- 第2条 本会の目的は日仏海洋および水産学者の連絡を密にし、両国のこの分野の科学の協力を促進するものとする。
- 第3条 上記の目的を実現するため本会は次の事業を行なう。
- (1) 講演会の開催
 - (2) 両国の海洋学および水産学に関する著書、論文等の相互の翻訳、出版および普及
 - (3) 両国の海洋、水産機器の技術の導入および普及
 - (4) 日仏海洋、水産学者共同の研究およびその成果の論文、映画などによる発表
 - (5) 両国間の学者の交流促進
 - (6) 日仏海洋、水産学者の相互の親睦のために集会を開くこと
 - (7) 会報の発行および出版
 - (8) その他本会の目的を達するために必要な事業
- 第4条 本会には、海洋、水産学の分野に応じて分科会を設けることができる。
分科会は評議員会の決議によって作るものとする。
- 第5条 本会の事務所は日仏会館（〒150 東京都渋谷区恵比寿3丁目9番25号）に置く。
- 第6条 本会に地方支部を置くことができる。
- 第7条 本会会員は本会の目的に賛成し、所定の会費を納めるものとする。
会員は正会員、学生会員および賛助会員とする。
- 第8条 正会員会費は年額6,000円、学生会員会費は年額4,000円、賛助会員会費は一口年額10,000円とする。
- 第9条 本会は評議員会によって運営される。
評議員の定数は50名とし、正会員の投票によって選出される。選挙事務は別に定める選出規定による。
会長は評議員会の同意を得て5名までの評議員を追加することができる。
- 評議員の任期は2年とする。ただし、重任を妨げない。
- 第10条 評議員はその内より次の役員を選ぶ。ただし、監事は評議員以外からも選ぶことができる。
会長 1名、副会長 2名、幹事 10名、
監事 2名
役員の任期は2年とする。ただし、重任を妨げない。
役員の選出方法は別に定める選出規定による。
- 第11条 本会に名誉会長、顧問および名誉会員を置くことができる。名誉会長、顧問および名誉会員は評議員会の決議により会長これを委嘱または推薦する。
日仏会館フランス人学長を本会の名誉会長に推薦する。
- 第12条 会長は本会を代表し、総会および評議員会の議長となる。会長事故あるときは副会長がこれに代わる。
会長、副会長および幹事は幹事会を構成し、本会の庶務、会計、編集、研究発表、渉外などの会務を行う。
監事は本会の会計を監督する。
- 第13条 年に1回総会を開く。総会では評議員会の報告を開き、会の重要問題を審議する。会員は委任状または通信によって決議に参加することができる。
会長は必要に応じて評議員会の決議を経て臨時総会を招集することができる。
- 第14条 本会則の変更は総会の決議による。

日仏海洋学会評議員・役員選出規定

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

日仏海洋学会賞規定

1. 日仏海洋学会賞（以下「学会賞」という）および日仏海洋学会論文賞（以下「論文賞」という）を本学会に設ける。学会賞は本学会員で、海洋学および水産学において顕著な学術業績を挙げた者のなかから、以下に述べる選考を経て選ばれた者に授ける。論文賞は若手研究者や大学院生を筆頭著者とする論文を対象とする。原則として選考年度を含む3年（暦年）の間に、本学会誌に発表された論文のなかから、優秀な論文2編以内を選び、その著者（共著者を含む）に、以下に述べる選考を経て授ける。
 2. 学会賞および論文賞候補者を選考するため学会賞および論文賞受賞候補者推薦委員会（以下「委員会」という）を設ける。
 3. 委員会の委員は13名とする。
委員は毎年春の評議員会で選出し、委員長は委員の互選により定める。
会長は委員会が必要と認めた場合、評議員の同意を得て2名まで委員を追加委嘱することができる。
 4. 委員会は学会賞受賞候補者1件および論文賞受賞候補者2件以内を選び、12月末までに選定理由書をつけて会長に報告する。
 5. 会長は委員会が推薦した各候補者につき無記名投票の形式により評議員会にはかる。
投票数は評議員総数の3分の2以上を必要とし、有効投票のうち4分の3以上の賛成がある場合、これらを各賞受賞者として決定する。
 6. 授賞式は翌年春の総会において行い、学会賞受賞者には賞状およびメダルを、論文賞受賞者には賞状をそれぞれ贈呈する。
 7. 本規定の改正は評議員会の議を経て行う。
- 覚書
- 1 委員は各専門分野から選出されるように十分配慮すること。
 - 2 受賞者は原則として順次各専門分野にわたるよう十分配慮すること。
 - 3 平成14年度より適用する。

日仏海洋学会誌「うみ」投稿規定

1. 「うみ」(日仏海洋学会の機関誌; 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(依頼原稿を含む)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。本文原稿はすべてA4判とし, 400字詰め原稿用紙(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か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。記号略号の標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(単行本の一部引用も含む), 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印刷頁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越える分および非会員投稿の印刷実費はすべて著者負担(10,000円/頁)とする。
8. すべての投稿原稿について, 1篇あたり別刷り50部を無料で請求できる。50部を越える分は請求により50部単位で有料で作製される。別刷り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
〒108-8477 港区港南4-5-7 東京水産大学海洋環境学科(吉田次郎気付)
日仏海洋学会編集委員会

執 筆 要 領

1. 原稿

- (1) 和文原稿の場合: A4判, 400字詰横書き原稿用紙に, 新かな遣い, 常用漢字を用いて楷書体で読みやすく書き, 数字は原則としてアラビア数字を使用する。和文ワープロを用いる場合はA4判の用紙におよそ横30字, 縦25行で書くこと。
- (2) 欧文原稿の場合: A4判の上質の白色用紙に, ダブルスペース約25行にタイプライトし(ワープロの場合も同様), 十分な英文添削を経て提出すること。
- (3) 和文原稿, 欧文原稿いずれの場合も, 要旨, 表原稿および図版説明原稿はそれぞれ本文原稿とは別紙とする。
- (4) 最終原稿とともに, 原稿が入力されたフロッピーディスクの提出を歓迎する。この場合ファイルはテキスト形式で保存すること。

2. 論文記載の順序

- (1) 原著(和文原稿): 原稿の第1ページ目に表題, 著者名と住所(所属機関およびその郵便番号と所在地など)を和文と欧文で記す。またキーワード(4語程度)およびランニングヘッドを添える。第2ページ目に欧文要旨(Abstract, 200語以内)を記す, 本文は第3ページ目から, 「緒言」「方法」「結果」「考察」(あるいは「はじめに」「材料と方法」「結果と考察」など), 謝辞, 文献, 図版の説明の順に記す。なお, 原稿には通し番号のページを記入すること。
- (2) 原著(欧文原稿): 原稿の第1ページ目に表題, 著者名と住所(所属機関およびその郵便番号と所在地など), キーワード(4語程度)およびランニングヘッドを記す。第2ページ目に要旨(Abstract, 200語以内)を記す, 本文は第3ページ目から, 「緒言(Introduction)」「材料と方法(Materials and method)」「結果(Results)」

「考察 (Discussion)」「謝辞 (Acknowledgement)」「文献 (Reference)」「図版の説明 (Figure Legends) の順とする。最終ページに、和文の表題、著者名と住所および約500字以内の和文要旨を添える。なお、原稿には通し番号のページを記入すること。

- (3) 総説, 短報: 和文ならびに欧文原稿とも原著に準じる。
- (4) 資料, 学術情報: 特に記載に関する規定はないが, すでに発行されている雑誌を参考にすること。

3. 活字指定

オリジナル原稿の文中で次の活字はそれぞれ朱で指定すること。イタリック指定は下線 (____), ボールドあるいはゴシック指定は波下線 (~~~~), スモールキャピタル指定は二重下線 (====), 中点は・を四角 (□) で囲む。上付きおよび下付き文字は \vee および \wedge を入れる。和文原稿での動植物名はカタカナを用い, 学名はイタリック指定のこと。なお句読点は (。) および (,) とする。その他の活字指定は編集委員会に一任する。

4. 文 献

文献は本文および図表に引用されたものの全てを記載しなければならない。本文の最後にアルファベット順にまとめ, 各文献は下記の例に従って記載する。

(1) 論文の場合

有賀祐勝・前川行幸・横浜康継 (1996): 下田湾におけるアラメ群落構造の経年変化。うみ, **34**, 45-52.

YANAGI, T., T. TAKAO and A. MORIMOTO (1997): Co-tidal and co-range charts in the South China Sea derived from satellite altimetry data. *La mer*, **35**, 85-93.

(2) 単行本分載論文 (単行本の一部引用) の場合

有賀祐勝 (1981): 海洋植物プランクトンの生産生態。藻類の生態 (秋山 優・有賀優勝・坂本 充・横浜康継編), 内田老鶴圃, 東京, p. 81-121.

WYNNE, M. J. (1981): Phaeophyta: Morphology and classification. *In* The Biology of Seaweeds. LOBBAN, C. S. and M. J. WYNNE (eds.), Blackwell Science, Oxford, p. 52-85.

(3) 単行本の場合

柳 哲雄 (1989): 沿岸海洋学一海の中でのものはどう動くか。恒星社厚生閣, 東京, 154pp.

SVERDRUP, H. U., M. W. JOHNSON and R. H. FLEMING (1942): The Oceans: Their Physics, Chemistry and General Biology. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New York, 1087pp.

5. 図, 表および写真

(1) 図, 表および写真とその説明はすべて英文または仏文を用いる。

(2) 図は黒インキで明瞭に描き, そのまま印刷できるもののみ受け付ける。図中の線や記号, 文字, 数字はレンタリング器具などを使用して鮮明に描くこと。原図は原則として A4 判以下のサイズにして投稿すること。なおコンピュータのグラフィックソフトを用いて鮮明に描かれた図も受け付ける。この場合プリントアウトはレーザープリンター等を用いて鮮明に打ち出すこと。

(3) 表は別紙にタイプライトすること。

(4) 写真は光沢平滑印画紙 (黒白) に鮮明に焼き付け, 白地の厚手台紙に貼り付けること。カラー印刷を希望する場合はその旨明記すること。

(5) 図, 表, 写真は刷り上がり時に最大横が14cm, 縦が20cm (説明文を含む) 以内であることを考慮して作成すること。

(6) 図, 表, 写真にはそれぞれ通し番号を付け, 1枚ごとに著者名, 縮尺ならびに天地を記しておく。図および写真の説明文は別紙にまとめて書き, 添付すること。

(7) 図, 表, 写真の挿入箇所は, 本文中に置きたいおよその位置の原稿右欄外に Fig. 1 や Table 1 のように朱書すること。

(8) 地図には方位とスケールを入れること。

6. 単位

時間, 濃度, 速度, 重量, 長さ, 束 (flux) を表す場合には基本的に SI 単位を用い, 本文, 図表とも sec, min, hr, d, yr, $\mu\text{g l}^{-1}$, $\text{mg O}_2 \text{l}^{-1}$, cm sec^{-1} , $\text{gC m}^{-2} \text{d}^{-1}$ のような表現を用いること。日付の表示は西暦を用いる。

賛 助 会 員

アレック電子株式会社	神戸市西区井吹台東町7-2-3
株式会社 イーエムエス	神戸市中央区多聞通3-2-9
有限会社 英和出版印刷	文京区千駄木4-20-6
株式会社 内田老鶴圃 内田 悟	文京区大塚3-34-3
財団法人 海洋生物環境研究所	千代田区内神田1-18-12 北原ビル
株式会社 川合海苔店	大田区大森本町2-31-8
ケー・エンジニアリング株式会社	台東区浅草橋5-14-10
国土環境株式会社	世田谷区玉川3-14-5
三洋測器株式会社	渋谷区恵比須南1-2-8
株式会社 高岡屋	台東区上野6-7-22
テラ株式会社	世田谷区代田3-41-8 代田ウエスト5F
日本海洋株式会社	北区栄町9-2
株式会社 三菱総合研究所 (社会システム部)	千代田区大手町2-3-6
渡邊機開工業株式会社	愛知県渥美郡田原町神戸大坪230

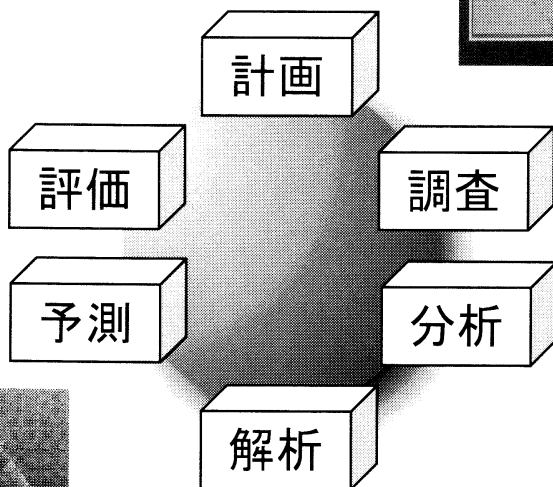
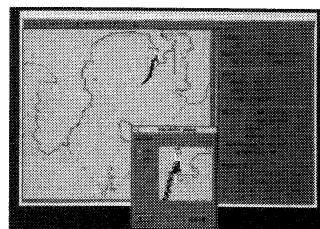
地球の健康 私達がお手伝いします

環境科学分野の総合コンサルタント



国土環境株式会社

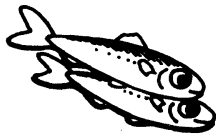
(旧：新日本気象海洋株式会社)



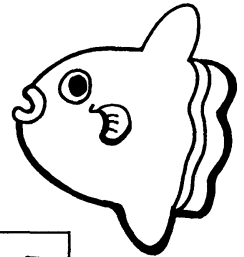
<http://www.metocean.co.jp/>

東京都世田谷区駒沢3-15-1 (〒154-8585)

TEL : 03-4544-7600 / FAX : 03-4544-7700



海洋生物資源を大切に利用する企業でありたい
 ——青魚(イワシ・サバ・サンマ)から宝を深し出す——



母なる海・海には愛を!

La mer la mère, l'amour pour la mer!



SHIDA

信田缶詰株式会社

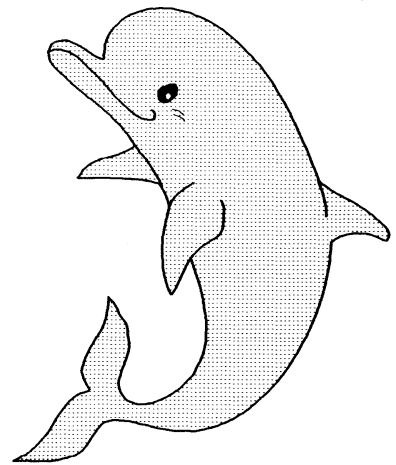
〒288 千葉県銚子市三軒町2-1 TEL 0479(22)7555 FAX 0479(22)3538

●製造品・水産缶詰・各種レトルトパウチ・ビン詰・抽出スープ・他

街をきれいにしてイルカ?

事業内容

- 産業廃棄物、一般廃棄物の収集運搬処理
- 各種槽、道路、側溝の清掃
- 上下水道、排水処理施設運転管理
- 下水道管内TVカメラ調査
- 総合ビル管理
- その他上記に付随する一切の業務



 株式会社 香海丸工業

本社 〒312 茨城県ひたちなか市長砂872-4 ☎029-285-0786 FAX285-7519
 銚子支社 〒288 千葉県銚子市長塚町6-4490-1 ☎0479-22-4733 FAX22-4746
 水戸支社 〒310 茨城県水戸市中央 2-2-6 ☎029-226-9639 FAX226-9855

Chelsea Instruments

(Chelsea社は、曳航式CTD計の専門メーカーです。)

Aquashuttle/Aquapack

曳航器・アクアシャトル

最適航速 8-20ノット

アーマードケーブルでリアルタイム測定可

CTD ロガー・アクアパック

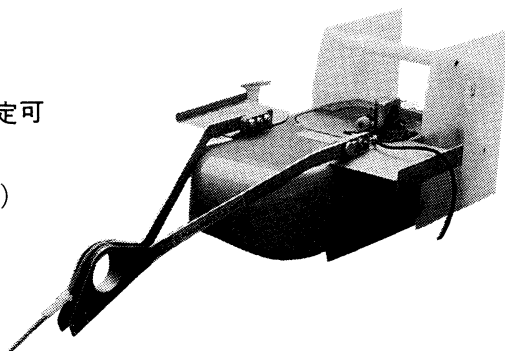
電導度 1~55mS/cm (0.01mS/cm)

温度 -2~32°C (0.005°C)

深度 0~200 m

蛍光光度 0.01 μ g ~ 100 μ g/l

メモリー 50,000データ (標準)



CI

CHELSEA
INSTRUMENTS
LIMITED



**Biospherical
Instruments
Inc.**

日本総代理店

ケー・エンジニアリング株式会社

〒111 東京都台東区浅草橋5-14-10

TEL 03-5820-8170

FAX 03-5820-8172

日仏海洋学会入会申込書

(正会員・学生会員)

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

(以下は学会事務局用)

受付	名簿	会費	あて名	学会
	原簿	原簿	カード	記事

入会申込書送付先：〒150-0013 東京都渋谷区恵比寿 3-9-25

(財) 日仏会館内

日 仏 海 洋 学 会

郵便振替番号：00150-7-96503

日仏海洋学会編集委員会 (2000-2001年度)

委員長：山口征矢

委員：落合正宏，田中祐志，長島秀樹，前田 勝，門谷 茂，柳 哲雄，渡邊精一

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

幹 事：佐藤博雄，吉田次郎

日仏海洋学会役員・評議員 (2000-2001年度)

顧問：ユベール・プロシェ ジャック・ロベール アレクシス・ドランドール ミシェル・ルサージュ
ロベール・ゲルムール ジャック・マゴー レオン・ヴァンデルメルシュ オーギュスタン・ベルク
ユベール・セカルディ オリビア・アンサール ピエール・カブラン

名誉会長：ピエール・スイリ

会 長：須藤英雄

副会長：青木三郎 今脇資郎

幹 事：(庶務) 前田 勝 森永 勤

(会計) 小池 隆 山崎秀勝

(編集) 佐藤博雄 吉田次郎

(研究) 有元貴文 長島秀樹

(渉外) 石丸 隆 小池康之

監 事：岸野元彰 村野正昭

編集委員長：山口征矢

評議員：青木三郎	有元貴文	有賀祐勝	今脇資郎	石丸 隆	磯田 豊	岩田静夫
岡市友利	奥田邦明	梶浦欣二郎	鎌谷明善	岸野元彰	黒田一紀	小池勲夫
小池 隆	小池康之	齊藤誠一	佐伯和昭	佐藤博雄	須藤英雄	関 文威
関根義彦	千手智晴	平 啓介	高橋正征	高野健三	隆島史夫	田中祐志
谷口 旭	寺崎 誠	鳥羽良明	中田英昭	中田喜三郎	長島秀樹	永田 豊
平野敏行	福田雅明	前田明夫	前田昌調	前田 勝	松生 治	松山優治
村野正昭	森永 勤	門谷 茂	八木宏樹	山口征矢	柳 哲雄	山崎秀勝
吉田次郎	渡邊精一	和田 明				

(52名会長推薦評議員含む)

2002年2月25日印刷
2002年2月28日発行

う み

第40巻
第1号

定価 ¥ 1,600

編集者 山口 征 矢
発行所 日 仏 海 洋 学 会
財団法人 日仏会館内
東京都渋谷区恵比寿 3-9-25
郵便番号：150-0013
電話：03 (5421) 7 6 4 1
振替番号：00150-7-96503
印刷者 佐 藤 一 二
印刷所 (有)英和出版印刷社
東京都文京区千駄木 4-20-6
郵便番号：113-0022
電話：03 (5685) 0 6 2 1

本雑誌に関する問い合わせ 電話番号 03(5463)0462

う み

第 40 卷 第 1 号

Notes originales

Ecosystem conditions in wet and dry seasons of Banten Bay, Indonesia
.....Susanna NURDJAMAN and Tetsuo YANAGI 1

Seasonal and spatial changes in the larval and juvenile fish fauna in
surface waters of Tokyo Bay, central Japan (in Japanese)
.....Kouki KANOU, Kazunori ARAYAMA, Hitoshi IMAI,
Ken KANAZAWA, Tetsu KOIKE and Hiroshi KOHNO 11

Consideration on horizontal and vertical distribution of adult yellowfin
tuna (*Thunnus albacares*) in the Indian Ocean based on the Japanese
tuna longline fisheries information.....Masahiko MOHRI and Tom NISHIDA 29

Climatic control of *Phaeocystis* spring bloom in the Eastern English
Channal (1991- 2000)Laurent SEURONT and Sami SOUISSI 41

Faits divers 53

Procès-verbaux 53

原 著

インドネシア・バンテン湾の雨季と乾季の生態系 (英文)Susanna Nurdjaman ・柳 哲雄 1

東京湾の表層域における仔稚魚の季節的出現と分布様式
.....加納光樹・荒山和則・今井 仁・金沢 健・小池 哲・河野 博 11

日本のまぐろ延縄の漁業情報に基づくインド洋のキハダ成魚の分布について (英文)
.....毛利雅彦・西田 勤 29

英国海峡東部における *Phaeocystis* の春季ブルームに対する気候の影響 (1991-2000) (英文)
.....Laurent SEURONT ・ Sami SOUISSI 41

資 料

第 40 卷第 1 号掲載欧文論文の和文要旨.....53

学会記事54

2002年 2 月

日 仏 海 洋 学 会