

La mer



Tome 43 Numéro 3 Août 2005

La Société franco-japonaise

d'océanographie

Tokyo, Japon

SOCIÉTÉ FRANCO-JAPONAISE D'OCÉANOGRAPHIE

Comité de Rédaction

(de l'exercice des années de 2004 et 2005)

Directeur et rédacteur: J. YOSHIDA

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), L. SEURONT (France),
T. R. PARSONS (Canada)

Services de rédaction et d'édition: Y. TANAKA, Y. KITADE

Note pour la présentation des manuscrits

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

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

Le manuscrit devra être présenté sous la forme suivante:

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

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

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

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

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

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

Les manuscrits devront être adressés directement au directeur de publication de la Société: J. YOSHIDA, 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; L. SEURONT, ECRG, Station marine de Wimereux, CNRS UMR 8013 ELICO, Université des Sciences et Technologies de Lille, 28 avenue Foch, F-62930 Wimereux, France. ou T. R. PARSONS, Institute of Ocean Sciences, P.O.Box 6000, 9860W, Saanich Rd., Sidney, B. C., V8L 4B2, Canada.

Effects of Testosterone on the Calanoid Copepod, *Acartia omorii* Bradford

Khaled HOSSAIN*, Takuo OMURA**, Seiichi TAKEDA* and Takashi ISHIMARU**

Abstract : One of the most abundant calanoid copepod in Japanese coastal water, *Acartia omorii* was used as a test organism for the endocrine disrupting agent, testosterone. Acute toxicity of testosterone to adult female of *A. omorii* was ascertained and the effect was time dependent as ordinary toxic substances. Testosterone adversely affects on adult female survivability at above 1 μ M, giving 96h-LC₅₀ of 8 μ M. The effects of testosterone on egg production and egg hatch success occur in concentrations higher than 0.1 and 2 μ M, respectively, and the effects were not exposure-time dependent. Maternal exposure seems to give no effect on egg hatching success. The test using the effect on egg production of *A. omorii* could be used as highly sensitive method for monitoring the adverse effect of endocrine disruptor on the growth of crustaceans.

Keywords : copepod, testosterone, survival, egg production, egg hatch

1. Introduction

Marine environmental contamination by endocrine disruptor has been widely studied. Tributyltin (TBT) is the most commonly used anti-biofouling agent which works as an inhibitor of androgenic metabolism resulting in increase of testosterone levels in neogastropods to cause imposex (BETTIN *et al.*, 1996). It also affects on various invertebrates in marine environment (see DEPLEDGE and BILLINGHURST, 1999). Recently, livestock wastes and municipal wastewater are recognized as a source of estrogens and testosterone (TASHIRO *et al.*, 2003 ; FINLAY-MOORE *et al.*, 2000), thus the adverse effects of natural endocrine disruptor on marine organisms are also concerned.

Copepods are the dominant constituent of the plankton in every sea area usually comprise

at least 70% of the plankton fauna (RAYMONT, 1983) and thought as important primary consumer in marine food chain. Therefore, endocrine disruptors might cause the catastrophic damage to coastal ecosystem if they adversely affect copepod production. *Acartia* spp. are the most abundant calanoid copepods along the coast of Japan (UEDA, 1986 ; YAMAJI, 1956), and *A. omorii* is strictly confined in brackish waters and embayed water bodies (UEDA, 1987) where pollutant materials could easily accumulate.

In this study, we tested the effects of testosterone on the adult survival, egg production and egg hatch of *Acartia omorii*.

2. Materials and Methods

Test animal *A. omorii* was obtained from the dock basin in Shinagawa campus of Tokyo University of Marine Science and Technology, which is besides the canal connected to the inner most part of Tokyo Bay. Zooplankton was collected by a plankton net (200- μ m mesh size) and a single gravid female of *A. omorii* was immediately sorted and cultured in an egg-collection tank filled with filtered (Whatman GF/F glass fiber filter) and diluted seawater

*Department of Ocean Sciences, Faculty of Marine Science, Tokyo University of Marine Science and Technology, 4-5-7, Konan, Minato-ku, Tokyo 108-8477, Japan

**Department of Aquatic Bioresource, Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo, Yayoi, Bunkyo-ku, Tokyo 113-8657, Japan

+ Corresponding author: ishimaru@s.kaiyodai.ac.jp

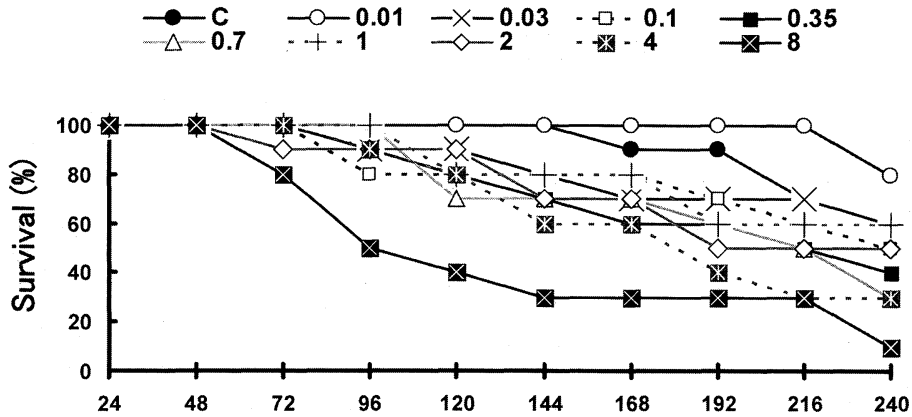


Fig. 1. Time course of survival percentages of adult females of *Acartia omorii* exposed to various concentrations of testosterone.

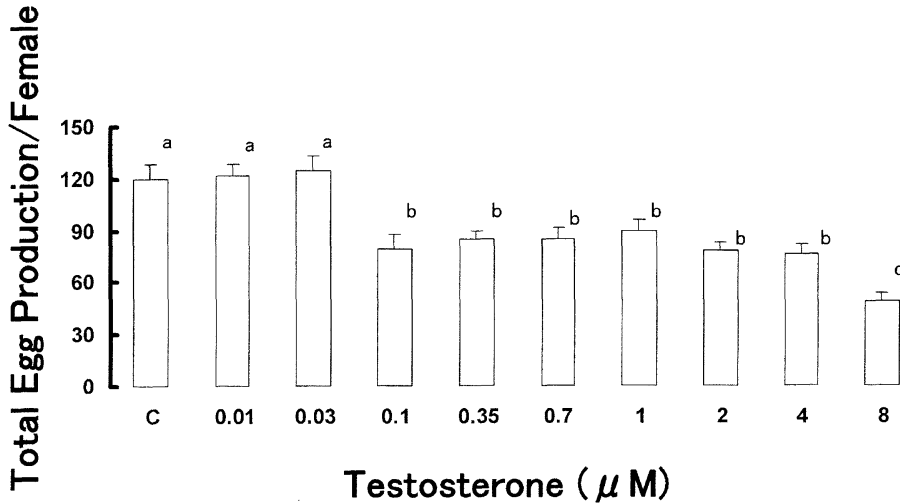


Fig. 2. Total egg production by a female of *Acartia omorii* exposed to various concentrations of testosterone during 168 h exposure. a, b and c denotes significant difference from each other ($p \leq 0.05$) and no significance in each symbol (ANOVA, Fisher's LSD test)

by ultra pure water (milli Q). The tank was composed by an outer chamber of a drinking glass and an inner chamber of 50-mm outer diameter acrylic tube with 200- μ m mesh nylon netting bottom. As Inner diameter of the tapered drinking glass at 3 cm from bottom is 50 mm, thus copepod eggs sink the space between the two chambers. Collected eggs were then moved into 1.5 L glass jar with seawater as above. Experimental conditions were the same in all observation including mass culture where temperature was 20 ± 1 °C ; salinity 25 ; light dark cycle 12L : 12D with light intensity of 80-

90 μ mole quanta $m^{-2}s^{-1}$. Copepods were fed *Tetraselmis* sp. and *Isochrysis* sp. (ca. 10,000 cells/ml, each) after 3 days and 7 days of the initiation of the mass culture, and every 24 h for adult survival and egg production experiment.

Adult copepod survival observation

Bath administration of adult copepods were conducted in exposure media with testosterone (17β -hydroxy-4-androsten-3-one, Wako Pure Chemicals, Ltd) concentrations of 0.01, 0.03, 0.1, 0.35, 0.7, 1, 2, 4 and 8 μ M in seawater. Each

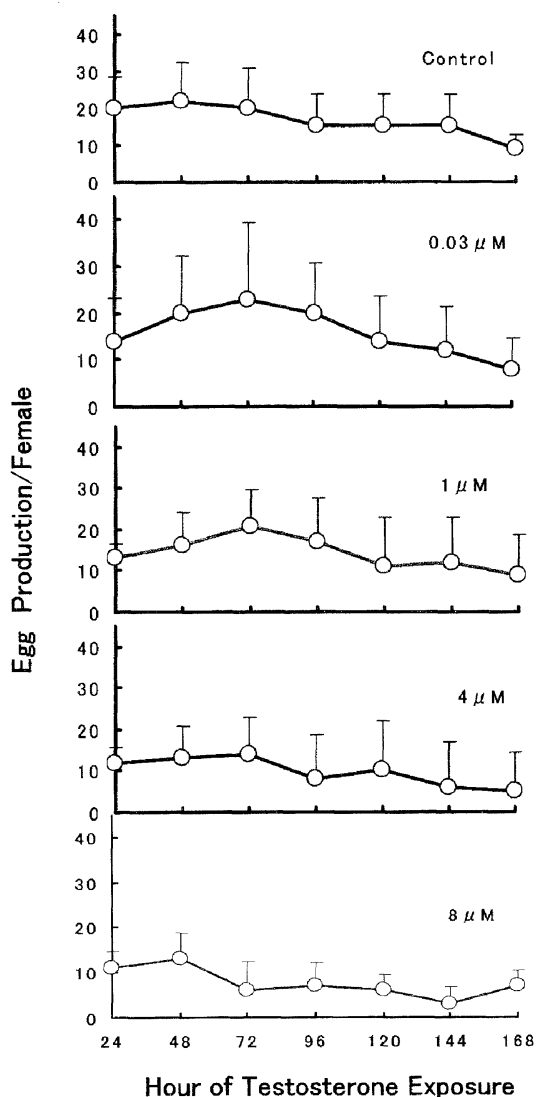


Fig. 3. Daily egg production by *Acartia omorii* exposed to various concentrations of testosterone. Data are presented as means and standard deviations in 10 replications.

concentration was prepared from initial solution of testosterone dissolved in ethanol. A control (seawater) and a solvent control (seawater containing highest ethanol concentration used in the test) experiment were also conducted.

One adult copepod was incubated in a 150 ml glass jar filled with 100 ml exposure medium and ten individuals were tested. Survivability was checked at every 24-h interval for 2 weeks using a stereoscopic microscope (Olympus,

SZ40). Mortalities were recorded when no movement were observed for the period of 60 seconds.

Egg production observation

Because *A. omorii* eat its own eggs (Liang *et al.*, 1994), usage of above mentioned egg collection tank is necessary for the separation of female from laid eggs. Randomly selected single gravid female from mass culture was moved into an egg collection tank with 150 ml exposure medium. Laid eggs were collected in following procedure for every 24 h for a week. First, the inner chamber was shut the top by hand to leave 100 ml exposure medium, and then shifted to another outer chamber with 50 ml new exposure medium. The eggs in the outer chamber was collected and counted under a stereoscopic microscope. Ten replication experiments were conducted.

Egg hatching observation

10 gravid females randomly selected from the mass culture stock were cultured in an egg collection tank with exposure medium, and eggs were collected at exposed periods of 1st, 3rd, 5th, 7th, 9th and 12th day. 20 eggs were moved into each of 10 ml chamber of 6-well micro plate filled with medium containing the same concentration of testosterone in which the female copepod was exposed. Hatched nauplii were sorted and counted under a stereoscopic microscope in every 24 h for 10 days.

3. Results and Discussion

Adult survivability is shown in Fig. 1. All animals survived to 5th, 6th and 9th day in control, solvent control (not shown) and 0.01 μ M testosterone concentration, and clear toxic effect was observed above 1 μ M. 50% lethal concentration (LC_{50}) after 96 hours was 8 μ M and 144-h LC_{50} 4 μ M. ANDERSON *et al.*, (2001) estimated 48-h LC_{10} and LC_{50} of *Acartia tonsa* as 9 and 19 μ M, respectively. Our result on *A. omorii* is close to their results.

Total egg production per female decreased in higher testosterone concentration than 0.1 μ M, however the effect was not significant among 0.1 and 4 μ M level (ca. 25% decrease; Fig. 2). Relationship between the effects of testoster-

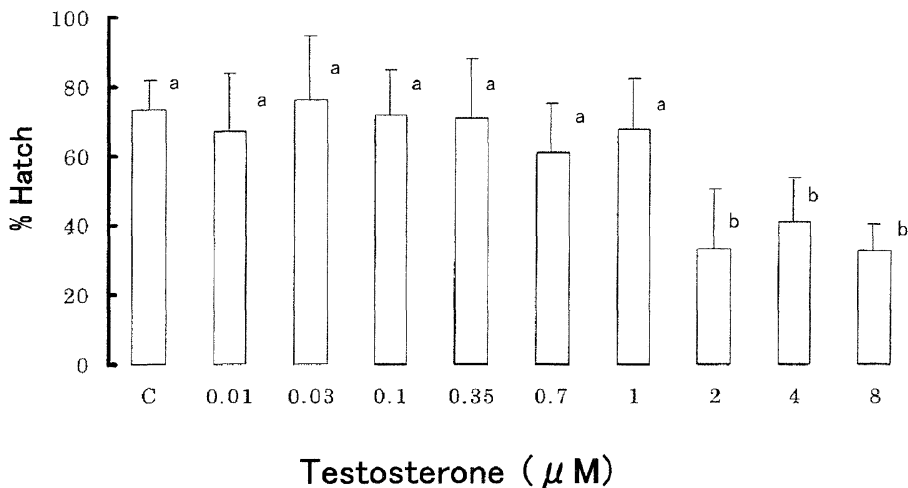


Fig. 4. Hatching success of eggs from 1 to 12day exposed *Acartia omorii* to different concentrations of testosterone. Mean and standard deviation are shown. a and b denotes significant difference from each other ($p \leq 0.05$) and no significance in each symbol (ANOVA, Fisher's LSD test).

one to exposed periods is not clear (Fig. 3.) The maximum lifetime of adult female of *A. omorii* is 30 days at 20°C under culture condition and field collected females kept laying eggs for 22 and 28 days at 21.7 and 19.7°C, respectively (UYE, 1981). Daily egg production in each adult female fluctuated, though, tendency was as follows ; low egg production in the most recently ovigerous female, increased within a few days, then kept fairly constant until half of the adult stage, and then decreased with time and ceased a few days before their death (see UYE, 1981). 10 gravid females used in our experiment were randomly selected from mass culture, therefore they can be ranged from the most recently ovigerous one to old one close to their life-time. Thus, insignificant decrease in egg production for 7 days test period in control is reasonable. Whereas, not clear decrease of egg production with exposure period in higher testosterone concentration (4 and 8 μM) suggested that the adverse effect on egg production is not time-dependent.

Averages of hatching success of eggs from 1 to 12 day treated females of *Acartia omorii* in various concentrations of testosterone are shown in Fig. 4. Decreased egg hatch success was observed from 1 day treatment in higher concentrations of testosterone than 2 μM , however the relationship between exposed

concentration and egg hatch success was not clear (data not shown). Moreover, the effect was not time-dependent as observed in egg production. Because, egg hatch test was conducted by exposing eggs in the same concentration of testosterone to which gravid female was exposed, it is suggested that testosterone only affects egg hatch process and does not affect egg itself through maternal exposure. Larval development of *A. tonsa* by testosterone occurred at concentrations (10% and 50% effective concentration : 2.5 and 5 μM) not much higher than adult lethal concentrations and no other effect than simple toxic effect was observed (ANDERSON *et al.*, 2001). MU and LE BLANC (2002) reported that testosterone elicits embryo toxicity to daphnids by interfering the activity of ecdysteroid which regulate the critical process of embryo development. They also note testosterone elicits direct toxicity to the daphnid embryos and the maternal organism can serve as the vector for exposure. In copepod, maternal exposure seems to have no effect on egg hatch process.

In this study, the acute toxicity of testosterone to adult female of *A. omorii* was ascertained and the effect was time dependent as ordinary toxic substances. Testosterone adversely affects on adult female survivability at above 1 μM , giving 96 h-LC₅₀ of 8 μM . The

effects of testosterone on egg production and egg hatch success occur in concentrations higher than 0.1 and 2 μ M, respectively, and the effects were not exposure-time dependent. Maternal exposure seems to have no effect on egg hatching success.

In crustaceans, the roles of steroid hormones have not been fully elucidated. SUMMAVIELLE *et al.*, (2003) suggested through *in vitro* incubation of ovary and hepatopancreas of penaeid shrimps, that steroid hormones have physiological role in the maturation cycle. On the contrary, testosterone is thought to elicit adversely effects not as androgen but as an antagonist of ecdysteroids (MU and LEBLANC, 2002), and synthetic estrogenic agent such as endsulfan and diethyl bestrol also act as antagonists of ecdysteroids (ZOU and FINGERMAN, 1997). Inhibition of egg production by *A. omorii* was occurred at much lower concentration of testosterone than the lethal concentration. Therefore, testosterone might act as endocrine disruptor not as a simple toxic agent. Egg production test using *A. omorii* could be a good biological model for assessing the possible endocrine disruptor in coastal environment.

References

- ANDERSON, H. R., L. WOLLENBERGER, B. HALLING-SORENSEN and K. O. KUSK (2001) : Development of copepod nauplii to copepodites—a parameter for chronic toxicity including endocrine disruption. *Environ. Toxicol. Chem.*, **20**, 2821–2829.
- BETTIN, C., J. OELHMANN and E. STROBEN (1996) : TBT-induced imposex in marine neogastropods is mediated by an increasing androgen level. *Helgolander Meeresunters.*, **50**, 299–317.
- DEPLEDGE, M. H. and Z. BILLINGHURST (1999) : Ecological significance of endocrine disruption in marine invertebrates. *Mar. Poll. Bull.*, **39**, 32–38.
- FINLAY-MOORE, O., P. G. HANTEL and M. L. CABRERA (2000) : 17 β -estradiol and testosterone in soil and runoff from grassland amended with broiler litter. *J. Environ. Quality*, **29**, 1604–1611.
- LIANG, D. S. UYE and T. ONBE (1994) : Production and loss of eggs in the calanoid copepod *Centropages abdominalis* Sato in Fukuyama Harbor, the Inland Sea of Japan. *Bull. Plankton Soc. Japan*, **41**, 131–142.
- MU, X. and G. A. LEBLANC (2002) : Developmental toxicity of testosterone in the crustacean *Daphnia magna* involves anti-ecdysteroidal activity. *Gen. Comp. Endocrinol.*, **129**, 127–133.
- RAYMONT, J. E. G. (1983) : *Plankton and Productivity in the Ocean*, Vol. 2, Zooplankton, 2nd ed. Pergamon Pr. 824pp.
- SUMMAVIELLE, T., P. R. D. MONTERIO, M. A. REIS-HENRIQUES and J. COIMBRA (2003) : *In vitro* metabolism of steroid hormones by ovary and hepatopancreas of the crustacean Penaeid shrimp *Marusupenaeus japonicus*. *Sci. Mar.*, **67**, 299–306.
- TASHIRO, Y., A. TAKEMURA, H. FUJII, K. TAKAHIRA and Y. NAKANISHI (2003) : Livestock wastes as a source of estrogens and their effects on wildlife of Manko tidal flat, Okinawa. *Mar. Poll. Bull.*, **47**, 143–147.
- UEDA, H. (1986) : Taxonomic reexamination of geographic distribution of copepods known as *Acartia clausii* in Japanese coastal and inlet waters. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, **42**, 134–138.
- UEDA, H. (1987) : Temporal and spatial distribution of the two closely related *Acartia* species *A. omorii* and *A. hudsonica* (Copepoda, Calanoida) in a small inlet waters of Japan. *Estuarine Coastal Shelf Sci.*, **24**, 691–700.
- UYE, S. (1981) : Fecundity studies of neritic calanoid copepods *Acartia clausi* Giesbrecht and *A. steueri* Smirnov : a simple empirical model of daily egg production. *J. exp. Mar. Biol. Ecol.*, **50**, 255–271.
- YAMAJI, I. (1956) : Plankton investigation in inlet waters along the coast of Japan. XIX. Regional characteristics and classification of inlet waters based on the plankton communities. *Publ. Seto Mar. Biol. Lab.*, **2**, 157–196.
- ZOU, E. and M. FINGERMAN (1997) : Synthetic estrogenic agents do not interfere with sex differentiation but do inhibit molting of the Cladoeran *Daphnia magna*. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, **58**, 596–602.

Received April 5, 2004
Accepted June 15, 2004

Dioxin concentrations in marbled sole collected from Sendai Bay, Japan

Yutaka OKUMURA¹, Youichi KOHNO², Takashi KAMIYAMA¹, Toshiyuki SUZUKI¹,
and Yoh YAMASHITA³

Abstract : The concentrations of dioxins [polychlorinated dibenzo-*p*-dioxins (PCDDs), polychlorinated dibenzofurans (PCDFs), non-*ortho* polychlorinated biphenyls (non-*ortho* PCBs), and mono-*ortho* polychlorinated biphenyls (mono-*ortho* PCBs)] in marbled sole (*Pseudopleuronectes yokohamae*) collected from Sendai Bay, Japan, were measured using high-resolution gas chromatography-mass spectrometry. The relationship between the concentrations of these compounds (dioxins) and the body length of marbled sole was examined. Among the PCDD/F congeners, 1,3,6,8- and 1,3,7,9-TeCDD, and OCDD occur as impurities in chlorinated pesticides, and some 2,3,7,8- substituted congeners tend to bioaccumulate in marbled sole. Co-PCB congener concentrations were higher than those of PCDD/F congeners, and PCB #118 and PCB #105 concentrations were higher than those of other Co-PCB congeners. Several dioxin congeners were significantly correlated with marbled sole body length, and polynomial regressions tended to have better fits than linear regressions. Although dioxin concentrations in marbled sole increased with increasing total length in fish with short to medium total lengths, they decreased with increasing total length in medium to long fish. Further, the TEQ values of Co-PCBs accounted for more than 50% of sum of TEQ values for all dioxins. The investigation of Co-PCB concentrations is important from the point of view of risk assessment.

Keywords : dioxin congeners, monitoring, bioaccumulation, marbled sole, Sendai Bay, total length

Introduction

Several congeners of polychlorinated dibenzo-*p*-dioxins (PCDDs), polychlorinated dibenzofurans (PCDFs), and coplanar polychlorinated biphenyls (Co-PCBs) are highly toxic to organisms (MOCARELLI *et al.*, 1996). For Asians, fish and shellfish are thought to be the major route of intake of PCDDs, PCDFs, and Co-PCBs (dioxins) (TAKAYAMA *et al.*,

1991, TOYODA *et al.*, 1999, TSUTSUMI *et al.*, 2001). To assess risk from dioxins, marine organisms have been monitored (LING *et al.*, 1995, IIMURA *et al.*, 2002, NAITO *et al.*, 2003, GURUGE and TANABE, 2004).

We investigated dioxin concentrations in Sendai Bay, northeastern Japan. Dioxin congeners that occur as impurities in agricultural chemicals (YAMAGISHI *et al.*, 1981, MASUNAGA *et al.*, 2001) are predominant in seawater and sediment there (OKUMURA *et al.*, 2003, 2004a). Accumulation through the marine food web in fish of the predominant PCDD/F congeners has been lower than that in invertebrates (OKUMURA *et al.*, 2003, 2004b), and the predominant PCDD/F congeners have accumulated less than Co-PCB congeners in Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*) in relation to total length (OKUMURA *et al.*, 2004c).

1 Tohoku National Fisheries Research Institute, Fisheries Research Agency, 3-27-5 Shinhama, Shiogama, Miyagi 985-0001, Japan

2 Japan Food Research Laboratories, 6-21-6 Nagayama, Tama, Tokyo 206-0025, Japan

3 Kyoto University, Fisheries Research Station, Nagahama, Maizuru, Kyoto 625-0086, Japan

(*author for correspondence, e-mail okumura@affrc.go.jp, tel. : +81-22-365-9933 ; fax : +81-22-367-1250)

Sendai Bay is a fishery for both marbled sole (*Pseudopleuronectes yokohamae*) and Japanese flounder. The total amount of marbled sole landed in Miyagi Prefecture from Sendai Bay in 2001 was about 4640 t. Marbled sole is one of the important fish resources of fisheries in Sendai Bay. Although marbled sole is in the same order as Japanese flounder, the diet of marbled sole (invertebrates such as the sand worm) is different from that of Japanese flounder (small fishes such as Japanese anchovy and sand lance; OCHIAI, 1966, OMORI, 1974, YAMADA *et al.*, 1998). Therefore, it is necessary to investigate the influence of diet on dioxin concentrations in different fish species.

In this study, the concentrations of PCDD, PCDF, and Co-PCB congeners in marbled sole from Sendai Bay were determined by high-resolution gas chromatography/high-resolution mass spectroscopy (HRGC/HRMS). First, we examined the composition and concentration of dioxins in marbled sole, and then we compared the relationship between total length of marbled sole and dioxin concentrations with that in Japanese flounder in order to investigate the influence of diet on the concentrations of dioxins in fish.

2. Materials and methods

The procedures for sampling, chemical analysis of dioxins, statistical manipulation of data, and calculation of TEQ are described in our previous report (OKUMURA *et al.*, 2004c). In this study, data on the marbled sole ($n = 4$, body length; 26.6, 28.2, 28.5, and 32.8 cm) previously described (OKUMURA *et al.*, 2003) were used in the analysis of dioxin concentration and body size.

2.1. Sampling

Marbled sole were collected in Sendai Bay, Japan, in November 2000 with a bottom trawl net ($n = 8$, the body lengths are shown in the Appendix). After the total lengths of the fish were measured, the fish were frozen at -20°C until chemical analysis.

2.2. Analysis of PCDDs, PCDFs, and Co-PCBs (Dioxins)

The concentrations of PCDDs and PCDFs

bearing from 4 to 8 chlorines and the concentrations of Co-PCB congeners in whole-body samples (including head and fins) were determined. Briefly, the methods are as follows.

2.2.1. Preparation of analytical samples

The frozen whole-body samples were homogenized, weighed (100 g), spiked with a ^{13}C -labeled internal standard (40 pg, TeCDD/Fs-HxCDD/Fs analysis; 200 pg, OCDD/F analysis; 400 pg, non-*ortho* PCBs analysis; 1000 pg, mono-*ortho* PCBs analysis), saponified with 300 mL of potassium hydroxide (2 mol/L) and 150 mL of methanol for 8–12 h, and then extracted 3 times with hexane. The hexane extracts were washed with sulfuric acid until no color was visible in the sulfuric acid layer, and the extracts were then concentrated again prior to HRGC/HRMS analysis.

2.2.2. Clean-up column chromatography

The extract of each sample was then poured through a column of silica gel (2 g, baked at 130°C for 3 h) and eluted with 200 mL of hexane. The eluate was poured through a column of alumina (15 g, basic), rinsed with 150 mL of hexane, and eluted with 200 mL of dichloromethane : hexane (2 : 98, mono-*ortho* PCBs analysis; or 60 : 40, PCDD/Fs and non-*ortho* PCBs analysis). The eluate of PCDD/Fs and non-*ortho* PCBs was poured through an activated-carbon column (0.5 g, drying column), rinsed with 100 mL of dichloromethane : hexane (5 : 95), and eluted with 250 mL of toluene. The final eluate purified by column chromatography was concentrated and subjected to congener-specific analysis by HRGC/HRMS on an AutoSpec Ultima spectrometer (Micromass Ltd., UK).

2.2.3. HRGC/HRMS analysis

Tetra- to hexachlorodibenzo-*p*-dioxin and -dibenzofuran congeners were analyzed on an SP-2331 column ($\phi 0.32\text{ mm} \times 60\text{m}$) (Sigma-Aldrich). Hepta- to octachlorodibenzo-*p*-dioxin and -dibenzofuran congeners and tetrachlorobiphenyls were analyzed on a DB-17 column ($\phi 0.32\text{ mm} \times 60\text{m}$) (J&W Scientific). Non-*ortho* and mono-*ortho* penta- to heptachlorinated biphenyls were analyzed on

DB-17 (J&W Scientific) and HT8 ($\phi 0.22$ mm $\times 50$ m) (SGE) columns, respectively. The temperature program for the analysis using the SP-2331 column was 150°C for 1 min, 15°C/min to 200°C, hold for 5 min, 2°C/min to 250°C, and then hold for 30 min. The temperature program for the DB-17 column was 150°C for 1 min, 15°C/min to 270°C, and then hold for 20 min. The temperature program for the HT8 column was 160°C for 1 min, 15°C/min to 220°C, hold for 5 min, 2°C/min to 270°C, and then hold for 5 min. The temperatures of the injector and ion source were both 260°C. Mass spectrometry was performed in electron impact (EI) mode. The voltage and current of the electron-impact ionization energy were 30 eV and 500 μ A, respectively. The mass spectrometer was operated at a resolution of 10,000. The detection limits for the tetra-, penta-, hexa-, hepta-, and octachlorinated PCDD/F congeners in the samples were 0.05, 0.05, 0.1, 0.1, and 0.2 pg/g wet weight (ww). The detection limits of Co-PCBs in the samples were 0.1 pg/g ww, respectively.

2.3. Data analysis

2.3.1. Box plot and t tests

Values below the detection limits were set at 0 pg/g ww. Box plots of dioxin profiles of marbled sole were created with SPSS 11.5J for a Windows-based system (SPSS Inc., Chicago, IL, USA). *T* tests (SPSS 11.5J) were used to compare total length between marbled sole and Japanese flounder samples.

2.3.2. Calculation of the relationship between dioxin concentration and total length by linear regression

The coefficients of determination (r^2) and the *p* values (*p*) for the relationship between the dioxin concentrations and marbled sole total lengths were calculated by simple linear regression: concentration of dioxin congener (pg/g ww) = $ax + b$, where *x* is the total length (cm), *a* the slope, and *b* the intercept. Polynomial regressions were also conducted: $y = a_1x^2 + a_2x + b$, where *y* is the concentration of the dioxin congener (pg/g ww), *x* the total length (cm), *a* the slope, and *b* the intercept. Because polynomial regression provided a better fit than linear regression, when the relationship

between *x* and *y* was nonlinear. The linear and polynomial regressions were conducted with Excel XP (Microsoft).

2.4. Calculation of toxic equivalency quotient (TEQ) values

The values below detection limits were set to zero. The average TEQ of each biological sample was calculated by using the toxic equivalency factors (TEF) for humans/mammals provided by the World Health Organization (VAN DEN BERG *et al.*, 1998).

3. Results and Discussion

3.1. Total lengths and fat concentration of marbled sole and Japanese flounder

The total length of marbled sole ranged from 15.2 to 32.8 cm (Appendix, OKUMURA *et al.*, 2003), and that of Japanese flounder from 11.7 to 36.6 cm (OKUMURA *et al.*, 2004c), but the difference was not significant (*t* test; *p* > 0.05). The marbled sole total lengths used in this study were therefore similar to those of Japanese flounder reported previously.

Fat concentrations of four marbled sole (29.0 \pm 2.66; average length \pm S.D.) and four Japanese flounder (35.4 \pm 0.81), which were caught in 1999 (OKUMURA *et al.*, 2003, 2004c), were determined. The average fat concentration of marbled sole (3.7% \pm 0.22; average \pm S.D.) was about 1.5 times that of Japanese flounder (2.5% \pm 0.41), but both values were similar to the average fat concentration of sea bass, and they are lower than that of conger eel by one order of magnitude (IIMURA *et al.*, 2002).

3.2. Dioxin concentrations in marbled sole and Japanese flounder

In marbled sole, average dioxin concentrations were 7.2 pg/g ww for PCDDs, 2.7 pg/g ww for PCDFs, 23.2 pg/g ww for non-*ortho* PCBs, and 1070.1 pg/g ww for mono-*ortho* PCBs (Fig. 1 and Appendix). On the other hand, in Japanese flounder, they were 3.1 pg/g ww for PCDDs, 1.0 pg/g ww for PCDFs, 14.1 pg/g ww for non-*ortho* PCBs, and 887.2 pg/g ww for mono-*ortho* PCBs. Total PCDDs, PCDFs, non-*ortho* PCBs, and mono-*ortho* PCBs were higher in marbled sole than in Japanese flounder, and the difference was significant

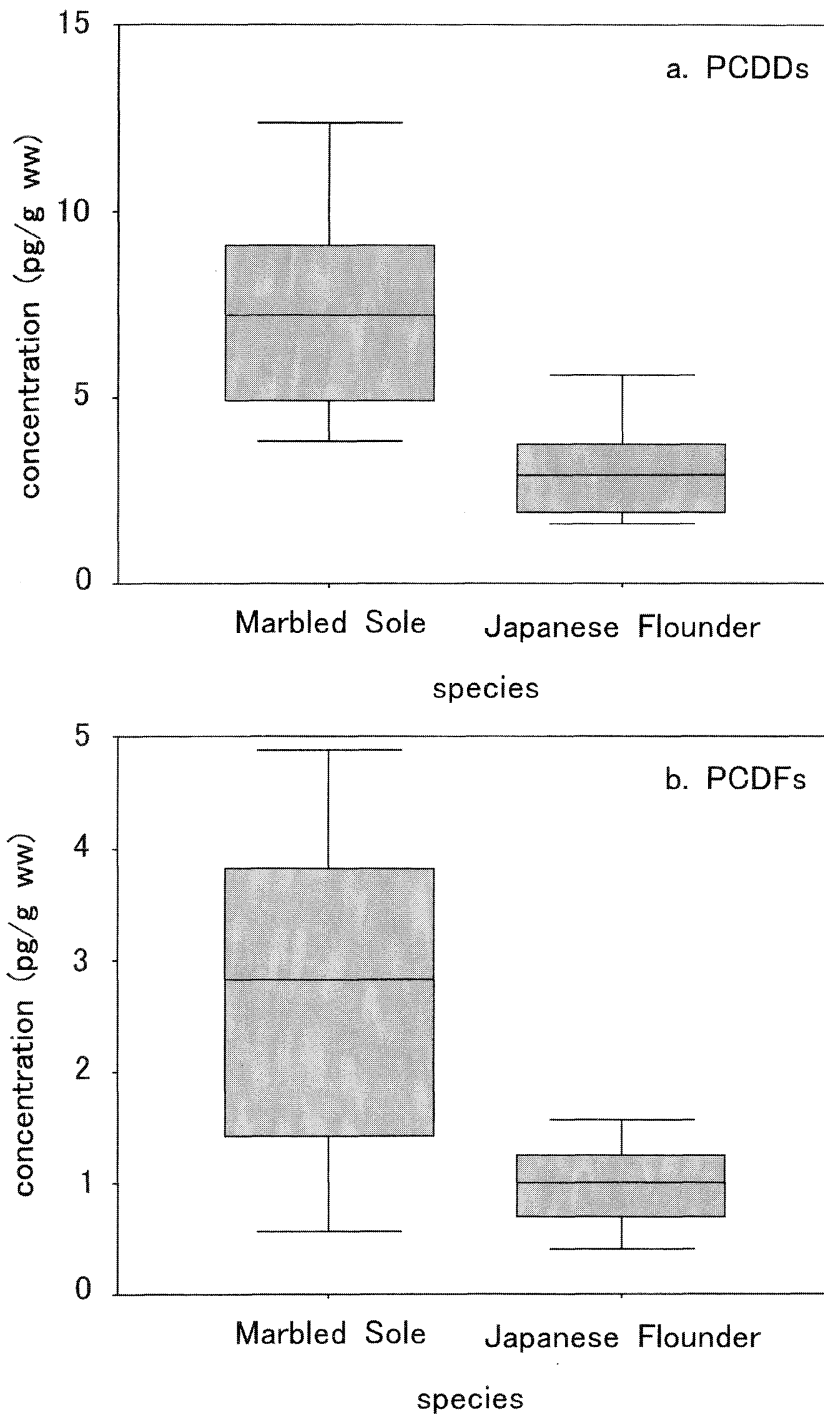


Fig. 1a, 1b. Box plots of total PCDDs, PCDFs in marbled sole ($n = 12$) and Japanese flounder ($n = 11$). The horizontal line in each box plot indicates the median, the box extends from the 25th to the 75th percentiles, and the whiskers extend to the 10th and 90th percentiles. The data for Japanese flounder and four data points for marbled sole are from OKUMURA *et al.*, (2003, 2004c).

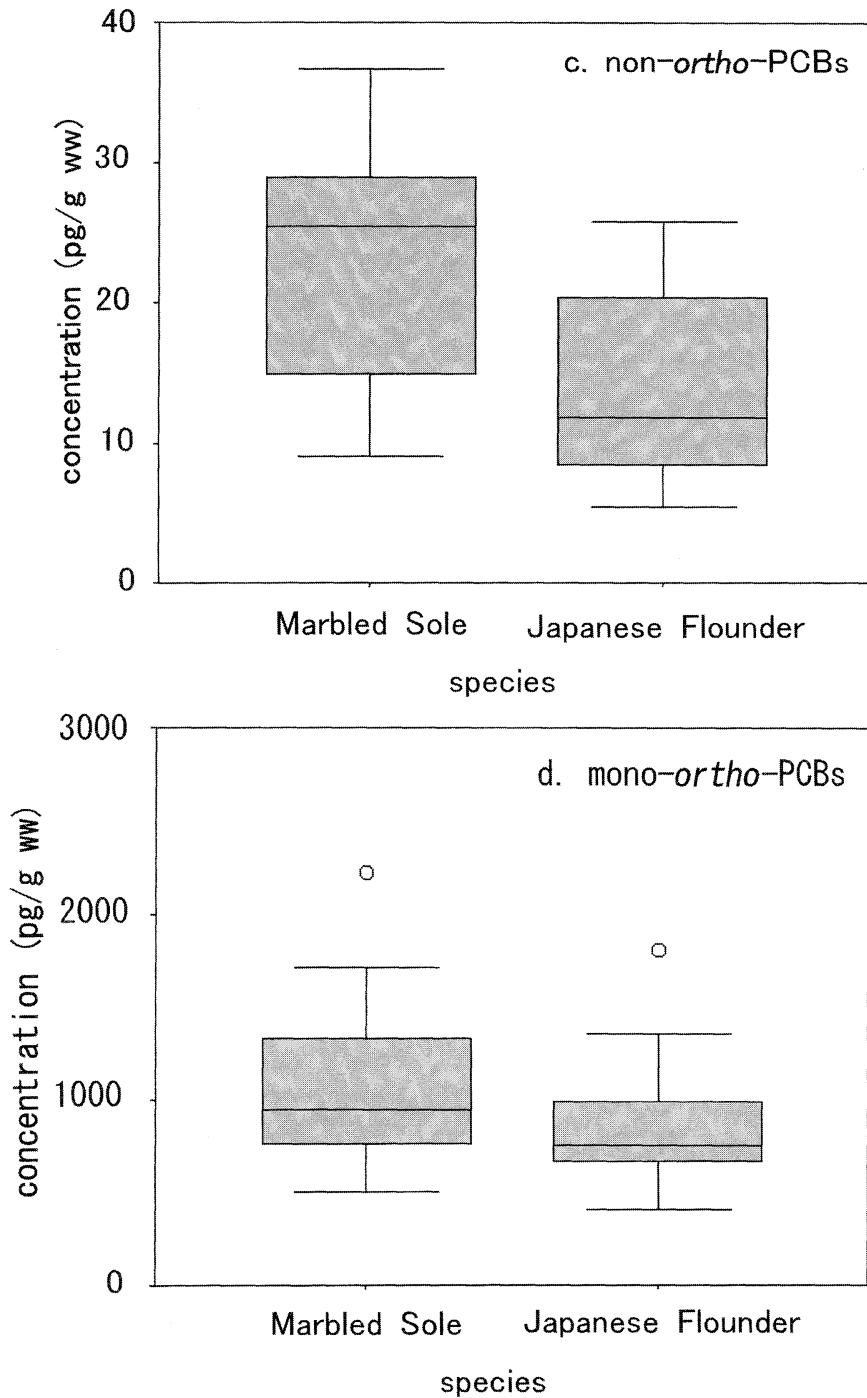


Fig. 1c, 1d. Box plots of total non-ortho PCBs, and mono-ortho PCBs in marbled sole ($n = 12$) and Japanese flounder ($n = 11$). The horizontal line in each box plot indicates the median, the box extends from the 25th to the 75th percentiles, and the whiskers extend to the 10th and 90th percentiles; the symbol \circ indicates outliers. The data for Japanese flounder and four data points for marbled sole are from OKUMURA *et al.*, (2003, 2004c).

($p < 0.05$) for PCDDs, PCDFs, and non-*ortho* PCBs (Fig. 1a-1c). Marbled sole is known to prey mainly on invertebrates such as sand worms, whereas Japanese flounder is known to prey mainly on small fishes such as Japanese anchovy and sand lance (OCHIAI, 1966, OMORI, 1974, YAMADA *et al.*, 1998). Average dioxin concentrations in sand worm (1540 pg/g ww ; OKUMURA *et al.*, 2004b) are higher than those in Japanese anchovy (730 pg/g ww ; OKUMURA *et al.*, 2003) and sand lance (560 pg/g ww ; OKUMURA *et al.*, 2004b). Thus, dioxin concentrations are higher in the diet of marbled sole than in that of Japanese flounder. We expected that dioxin concentrations would be higher in marbled sole than in Japanese flounder.

Irrespective of total length, dioxin concentrations in marbled sole decreased in the order total mono-*ortho* PCBs > total non-*ortho* PCBs > total PCDDs > total PCDFs. This result is consistent with that for Japanese flounder (OKUMURA *et al.*, 2004c). We inferred thought that bioaccumulation properties were similar in marbled sole and Japanese flounder as same order.

3.3. Dioxin congeners in marbled sole

The PCDD congener with the highest concentration in marbled sole was 1,3,6,8-TeCDD (4.95 pg/g ww), and concentrations decreased in the order 1,2,3,7,8-PeCDD (0.47 pg/g ww) > OCDD (0.45 pg/g ww) > 1,2,3,6,7,8-HeCDD (0.39 pg/g ww) > 1,2,3,4,6,7,8-HxCDD (0.24 pg/g ww) > 1,3,7,9-TeCDD (0.22 pg/g ww ; Fig. 2a). Among these PCDD congeners, 1,3,6,8- and 1,3,7,9-TeCDD occur as impurities in the chlorinated pesticide chlornitrophen (CNP ; YAMAGISHI *et al.*, 1981, MASUNAGA *et al.*, 2001), and OCDD occurs as an impurity in the chlorinated pesticide pentachlorophenol (PCP ; MASUNAGA *et al.*, 2001). These three congeners are the predominant PCDD congeners in sediment and seawater in Sendai Bay (OKUMURA *et al.*, 2003, 2004a). Therefore, we expected that the concentration of these three congeners would also be high in marbled sole. In contrast, 1,2,3,7,8-PeCDD, 1,2,3,6,7,8-HeCDD, and 1,2,3,4,6,7,8-HxCDD are less abundant PCDD congeners in sediment and seawater in Sendai Bay ; the concentrations of these three congeners are

much lower than those of 1,3,6,8- and 1,3,7,9-TeCDD and OCDD, or they are below the detection limit (OKUMURA *et al.*, 2003, 2004a). However, bioaccumulation of 2,3,7,8-substituted PCDD congeners (such as 1,2,3,7,8-PeCDD) in fishes is thought to be higher than that of non-2,3,7,8-substituted PCDD congeners (such as 1,3,6,8-TeCDD ; SIJM *et al.*, 1993), thus explaining the high concentrations of 1,2,3,7,8-PeCDD, 1,2,3,6,7,8-HeCDD, and 1,2,3,4,6,7,8-HxCDD among PCDD congeners in marbled sole.

Although the concentrations of all PCDF congeners were lower than that of 1,3,6,8-TeCDD, the concentrations of 2,3,7,8-TeCDF (0.68 pg/g ww) and 2,3,4,7,8-PeCDF (0.44 pg/g ww) were higher than those of 1,3,7,9-TeCDD, 1,2,3,7,8-PeCDD, 1,2,3,6,7,8-HeCDD, or 1,2,3,4,6,7,8-HxCDD in marbled sole (Fig. 2b). Concentrations of 2,3,7,8-TeCDF and 2,3,4,7,8-PeCDF are low in sediment and seawater of Sendai Bay, usually below the detection limit (OKUMURA *et al.*, 2003, 2004a), but the PCDF congeners 2,3,7,8-TeCDF and 2,3,4,7,8-PeCDF, as well as 1,2,3,7,8-PeCDD, 1,2,3,6,7,8-HeCDD, and 1,2,3,4,6,7,8-HxCDD, are 2,3,7,8-substituted PCDD/F congeners. The bioaccumulation of 2,3,7,8-substituted PCDF congeners such as 2,3,7,8-TeCDF in fishes is also thought to be higher than that of non-2,3,7,8-substituted PCDF congeners (SIJM *et al.*, 1993). As a result, the concentrations of 2,3,7,8-TeCDF and 2,3,4,7,8-PeCDF were comparatively high in marbled sole.

The concentration of PCB #118 (average, 695.8 pg/g ww) was highest among dioxin congeners in marbled sole, and the next most abundant PCB congener was PCB #105 (200.0 pg/g ww) (Fig. 2c). In agreement with this result, these Co-PCB congeners were previously found to be predominant in biological samples (IIMURA *et al.*, 2002, KUMAR *et al.*, 2001, NAITO *et al.*, 2003, WAN *et al.*, 2005). They were also predominant in commercial PCB products such as Kanechlor (TAKASUGA *et al.*, 1995) and in environmental samples such as river sediment (HATTORI *et al.*, 2004), exhaust gas of incinerator (SAKAI *et al.*, 1996), air and deposition at Yokohama (KIM *et al.*, 2004), and seawater and marine sediment (IIMURA *et al.*, 2002). The

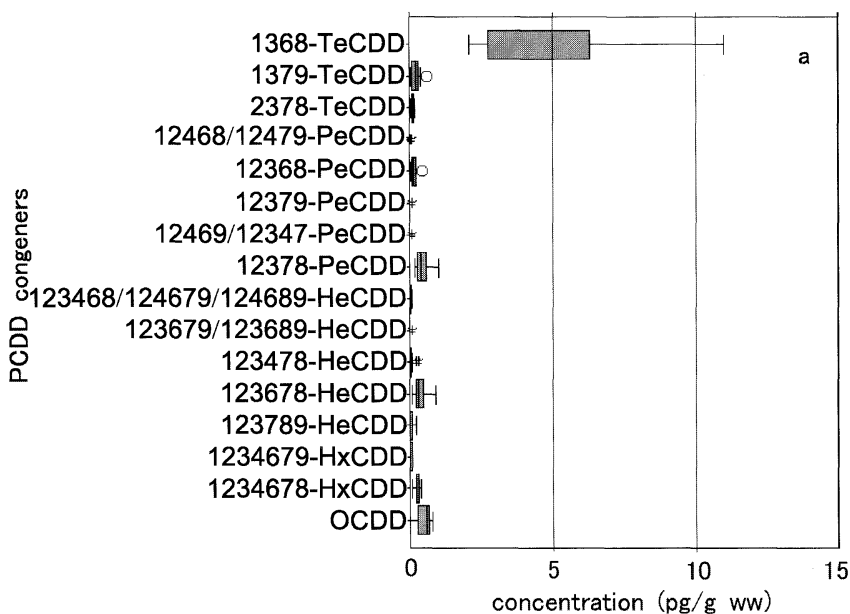


Fig. 2a. Box plots of PCDD congeners in marbled sole. Four data points for marbled sole are from OKUMURA *et al.*, (2003).

concentrations of these PCB congeners in sediment and seawater of Sendai Bay are higher than those of PCDD/F congeners (OKUMURA *et al.*, 2003, 2004a). Moreover, absorption efficiencies are similar among PCB congeners (NIIMI, 1996), and Co-PCB congeners are thought to bioaccumulate in fishes more than PCDD/F congeners. Therefore, it was expected that PCB #118 and PCB #105 would be predominant in marbled sole.

3.4. Relationships between total length and the concentration of dioxin congeners

Relationships between total length and dioxin concentrations are shown in Table 1 and Fig. 3. The concentrations of one PCDD congener (OCDD), five PCDF congeners (2,3,7,8-, 2,3,6,7-TeCDF, 1,3,4,6,8-, 1,2,3,6,7-, and 2,3,4,6,7-PeCDF), and one non-*ortho* PCB (PCB #77) showed a significant linear correlation with total length ($r^2 = 0.36\text{--}0.54$, $p < 0.05$). The slopes of the regression lines were positive (0.006–0.71) for the five PCDFs and the non-*ortho* PCB, but negative (–0.029) for OCDD. The relationships of two PCDD congeners (1,2,3,7,8-PeCDD and OCDD), 13 PCDF congeners (1,3,7,8/1,3,7,9-, 2,3,7,8-, 2,3,6,7-TeCDF, 1,3,4,6,8-, 1,2,

3,6,8/1,3,4,7,8-, 1,2,3,4,8/1,2,3,7,8-, 1,2,3,6,7-, 2,3,4,7,8- and 2,3,4,6,7-PeCDF, and 1,2,3,4,6,7-HeCDF) and three non-*ortho* PCB congeners (PCB #77, PCB #126, and PCB #169) to total length could be correlated by using polynomial expressions. The correlation coefficients (r^2) ranged from 0.35 to 0.71 and were significant ($p < 0.05$; Table 1 and Fig. 3). Polynomial expressions showed a better fit than linear expressions for most congeners. On the other hand, no mono-*ortho* PCB congeners could be correlated with total length by either linear or polynomial expressions ($r^2 < 0.26$, $p > 0.05$).

Previously, OKUMURA *et al.*, (2004c) reported that linear rather than polynomial regression resulted in more significant correlations between the concentrations of dioxin congeners in Japanese flounder and total length. Moreover, the mean concentration of all Co-PCB congeners in Japanese flounder was also significantly linearly correlated with total length ($r^2 = 0.55$ and 0.88 ; $p > 0.05$). Thus, the results for marbled sole are not consistent with those for Japanese flounder (OKUMURA *et al.*, 2004c).

It is difficult to explain why a linear relationship to total length was found for fewer

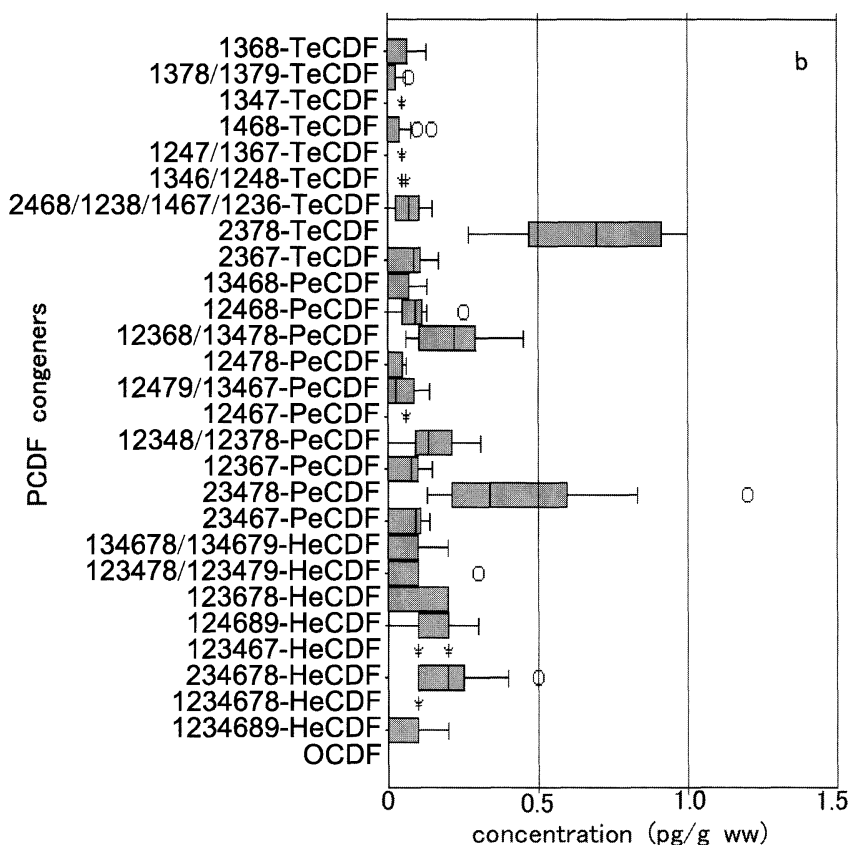


Fig. 2b. Box plots of PCDF congeners in marbled sole. Four data points for marbled sole are from OKUMURA *et al.*, (2003).

congeners in marbled sole. As fish grow, their rate of growth is thought to decrease (YAMASHITA *et al.*, 2001), and the bioconcentration of chemicals by fish is also thought to decrease as they grow (SCHIMMEL *et al.*, 1977). Thus, bioaccumulation of dioxin congeners in marbled sole may decrease as their total length increases. As a result, the slopes of regression lines would tend to be positive when total length is short (small body size), and they would tend to become negative as total length increases. This may explain the better fit of polynomial expressions than linear expressions to this relationship in the case of most congeners. Further, dioxin concentrations are higher in the diet of marbled sole than in that of Japanese flounder (OKUMURA *et al.*, 2003, 2004b). Several dioxin congeners may therefore reach equilibrium faster in marbled

sole than in Japanese flounder. The reason why no mono-*ortho* PCB congeners could be correlated by linear or polynomial expressions with total length may be related more to the availability of different types of prey than to the bioaccumulation properties of mono-*ortho* PCB congeners in marbled sole, because dioxin concentrations in sand worm are higher than those in marbled sole (a predator of sand worm), whereas those in sand lance and Japanese anchovy are lower than those in Japanese flounder (OKUMURA *et al.*, 2003, 2004b, 2004c).

3.5. Toxic equivalency (TEQ) values

The whole-body total TEQ values ranged from 0.68 to 2.9 pg TEQ/g ww for marbled sole (Appendix) and from 0.73 to 1.78 pg TEQ/g ww for Japanese flounder (OKUMURA *et al.*,

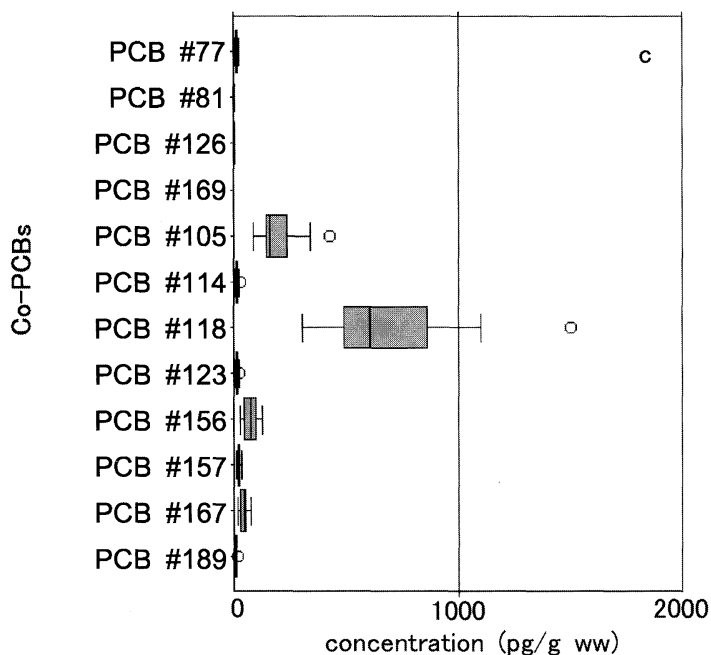


Fig. 2c. Box plots of mono-ortho PCB congeners in marbled sole. Four data points for marbled sole are from OKUMURA *et al.* (2003).

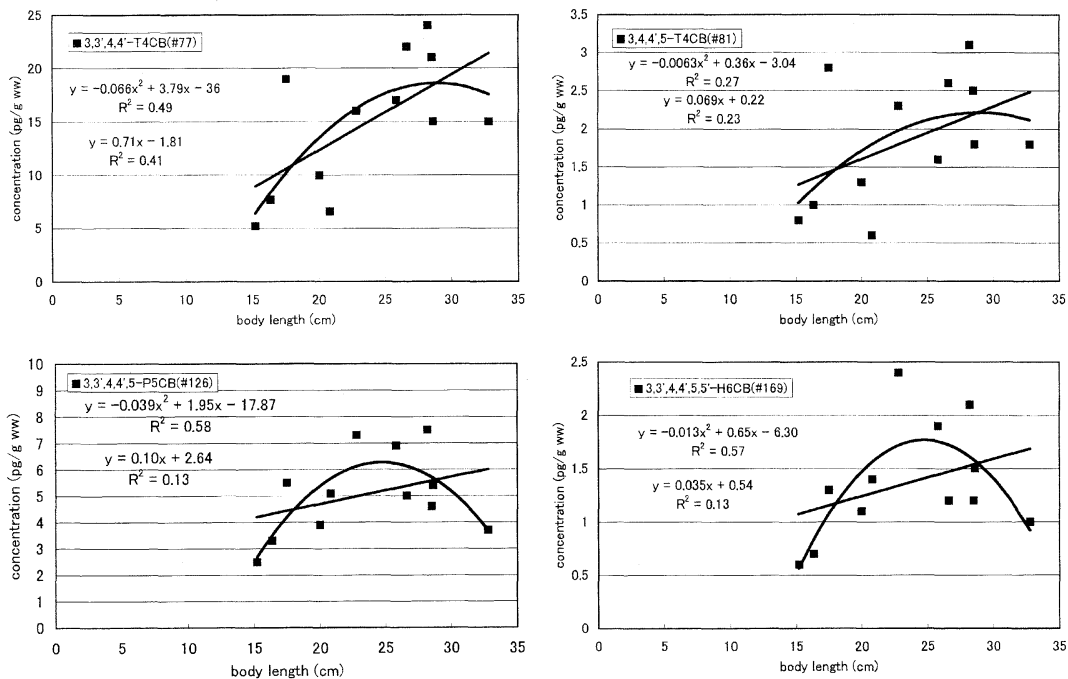


Fig. 3. Relationships between concentrations of non-ortho PCBs and body length of marbled sole. Four data points for marbled sole are from OKUMURA *et al.*, (2003).

Table 1. Equation parameters for the relationship between body length of marbled sole and the concentrations of PCDD/Fs and mono-ortho PCBs.

	y=ax+b			y=a ₁ x ² +a ₂ x+b			
	a	b	r ²	a	b	c	r ²
1368 – TeCDD	0.19	0.37	0.19	-0.017	0.27	-0.52	0.19
1379 – TeCDD	-0.072	0.39	0.07	0.0002	-0.017	0.5	0.07
2378 – TeCDD	0.0012	0.07	0.05	-0.0005	0.026	-0.21	0.28
12468/12479 – PeCDD	0.001	-0.013	0.05	-0.0002	0.011	-0.12	0.09
12368 – PeCDD	0.0006	0.13	0.0009	-0.0007	0.032	-0.22	0.03
12379 – PeCDD	0.0014	-0.025	0.08	-0.00003	0.003	-0.04	0.08
12469/12347 – PeCDD	0.001	-0.017	0.07	-0.00003	0.0025	-0.034	0.08
12378 – PeCDD	0.0067	0.31	0.02	-0.007	0.33	-3.3	0.47
123468/124679/124689 – HeCDD	0.0021	-0.024	0.07	-0.0006	0.03	-0.35	0.21
123679/123689 – HeCDD	-0.0002	0.014	0.002	-0.0004	0.017	-0.17	0.12
123478 – HeCDD	0.00006	0.049	0.00001	-0.018	0.085	-0.89	0.24
123678 – HeCDD	0.0061	0.24	0.02	-0.0054	0.26	-2.55	0.35
123789 – HeCDD	0.0018	0.016	0.02	-0.014	0.066	-0.69	0.23
1234679 – HxCDD	-0.0033	0.11	0.14	0.0004	-0.02	0.29	0.18
1234678 – HxCDD	0.0037	0.15	0.07	-0.0006	0.03	-0.14	0.11
OCDD	-0.029	1.14	0.37	-0.0009	0.012	0.69	0.38
1368 – TeCDF	0.0043	-0.067	0.28	0.0002	-0.064	0.051	0.29
1378/1379 – TeCDF	0.0028	-0.05	0.32	0.0002	-0.0052	0.038	0.35
1347 – TeCDF	0.0004	-0.0059	0.03	-0.0001	0.0061	-0.069	0.08
1468 – TeCDF	0.0048	-0.085	0.27	0.0002	-0.0035	0.007	0.28
1247/1367 – TeCDF	0.0007	-0.012	0.07	-0.00002	0.0018	-0.024	0.08
1346/1248 – TeCDF	0.0012	-0.02	0.1	-0.0002	0.009	-0.11	0.15
2468/1238/1467/1236 – TeCDF	0.0022	0.017	0.06	0.0001	-0.0035	0.079	0.06
2378 – TeCDF	0.028	0.007	0.36	-0.0059	0.3	-3.06	0.71
2367 – TeCDF	0.0082	-0.12	0.56	-0.0003	0.02	-0.25	0.58
13468 – PeCDF	0.0055	-0.099	0.4	0.0002	-0.0025	-0.0097	0.41
12468 – PeCDF	0.0067	-0.069	0.32	-0.0002	0.16	-0.17	0.33
12368/13478 – PeCDF	0.012	-0.059	0.31	-0.0019	0.1	-1.06	0.49
12478 – PeCDF	-0.001	0.042	0.05	0.00001	-0.0017	0.049	0.05
12479/13467 – PeCDF	0.0042	-0.055	0.22	-0.00001	0.0048	-0.062	0.22
12467 – PeCDF	0.0005	-0.0071	0.03	-0.0001	0.0073	-0.082	0.08
12348/12378 – PeCDF	0.0083	-0.053	0.22	-0.0022	0.11	-1.21	0.59
12367 – PeCDF	0.006	-0.077	0.42	-0.0007	0.037	-0.42	0.53
23478 – PeCDF	0.0071	0.27	0.02	-0.0079	0.38	-3.83	0.44
23467 – PeCDF	0.0063	-0.08	0.43	-0.0004	0.023	-0.27	0.46
134678/134679 – HeCDF	0.0059	-0.066	0.2	-0.0007	0.037	-0.41	0.25
123478/123479 – HeCDF	-0.0005	0.06	0.0009	-0.0014	0.064	-0.66	0.17
123678 – HeCDF	0.0014	0.043	0.006	-0.0014	0.066	-0.67	0.15
124689 – HeCDF	-0.0022	0.68	0.04	-0.0006	0.028	-0.26	0.12
123467 – HeCDF	0.0062	-0.0039	0.19	-0.0012	0.06	-0.6	0.35
234678 – HeCDF	0.0065	0.063	0.08	-0.0014	0.073	-0.67	0.17
1234678 – HxCDF	0.0011	-0.009	0.02	-0.0004	0.021	-0.24	0.12
1234689 – HxCDF	-0.004	0.15	0.11	-0.00009	0.00001	0.1	0.12
OCDF	-	-	-	-	-	-	-
2,3,3',4,4' – PeCB (#105)	-4.02	294.83	0.05	-0.44	16.6	66	0.07
2,3,4,4',5 – PeCB (#114)	-0.47	25.54	0.17	-0.035	1.19	7.13	0.19
2,3',4,4',5 – PeCB (#118)	-18.92	1142.2	0.09	-2.18	83.4	6.66	0.12
2',3,4,4',5 – PeCB (#123)	-0.17	18	0.03	-0.051	2.23	-8.65	0.09
2,3,3',4,4',5 – HeCB (#156)	-2.04	121.63	0.13	-0.34	14.1	-57.47	0.22
2,3,3',4,4',5' – HeCB (#157)	-0.06	22.24	0.002	-0.12	5.73	-42	0.21
2,3',4,4',5,5' – HeCB (#167)	-0.68	59.66	0.05	-0.23	10.33	-62.43	0.18
2,3,3',4,4',5,5' – HxCB (#189)	-0.07	9.85	0.02	-0.05	2.3	-16.39	0.26

bold and italic; r² is significant

Appendix. PCDD, PCDF, and Co-PCB concentrations and TEQs in marbled sole (*Pseudopleuronectes yokohamae*).

	2000-1	2000-2	2000-3	2000-4	2000-5	2000-6	2000-7	2000-8
body length (cm)	15.2	16.35	17.5	20	20.8	22.8	25.8	28.6
1368-TeCDD	2.1	4.6	6.3	2.6	2.6	3.4	5.4	5.9
1379-TeCDD	0.26	0.37	0.3	0.2	0.09	0.2	0.27	0.59
2378-TeCDD	0.07	0.06	0.13	0.08	0.08	0.13	0.12	0.1
total TeCDD	2.43	5.03	6.73	2.88	2.77	3.73	5.79	6.59
12468/12479-PeCDD	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.05	N.D.	0.08
12368-PeCDD	0.12	0.16	0.18	0.08	0.07	0.23	0.22	0.43
12379-PeCDD	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.1
12469/12347-PeCDD	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
12378-PeCDD	0.17	0.17	0.54	0.32	0.51	0.98	1	0.44
total PeCDD	0.29	0.33	0.72	0.4	0.58	1.26	1.22	1.05
123468/124679/124689-HeCDD	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.1	N.D.	0.1
123679/123689-HeCDD	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.1	N.D.	N.D.
123478-HeCDD	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.2	0.1	0.3	N.D.
123678-HeCDD	0.1	0.2	0.5	0.2	0.4	0.8	0.9	0.4
123789-HeCDD	N.D.	N.D.	0.1	N.D.	N.D.	0.2	0.2	N.D.
total HeCDD	0.1	0.2	0.6	0.2	0.6	1.3	1.4	0.5
1234679-HxCDD	0.1	0.1	N.D.	N.D.	N.D.	0.1	N.D.	0.1
1234678-HxCDD	0.2	0.2	0.3	0.1	0.2	0.3	0.3	0.3
total HxCDD	0.3	0.3	0.3	0.1	0.2	0.4	0.3	0.4
OCDD	0.7	0.8	0.6	0.3	0.4	0.6	0.6	0.7
total PCDDs	3.82	6.66	8.95	3.88	4.55	7.29	9.31	9.24
1368-TeCDF	N.D.	N.D.	0.05	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
1378/1379-TeCDF	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
1347-TeCDF	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
1468-TeCDF	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
1247/1367-TeCDF	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
1346/1248-TeCDF	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
2468/1238/1467/1236-TeCDF	N.D.	0.09	0.12	0.05	N.D.	0.07	0.05	0.11
2378-TeCDF	0.27	0.3	0.62	0.55	0.41	1	1	0.82
2367-TeCDF	N.D.	N.D.	0.08	N.D.	N.D.	0.09	0.07	0.11
total TeCDF	0.27	0.39	0.87	0.6	0.41	1.16	1.12	1.04
13468-PeCDF	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
12468-PeCDF	N.D.	0.05	0.12	0.05	N.D.	0.07	0.08	0.11
12368/13478-PeCDF	0.06	0.08	0.21	0.13	0.08	0.45	0.25	0.23
12478-PeCDF	N.D.	0.05	0.06	N.D.	N.D.	N.D.	0.05	0.05
12479/13467-PeCDF	N.D.	N.D.	0.07	N.D.	N.D.	0.08	N.D.	0.05
12467-PeCDF	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
12348/12378-PeCDF	N.D.	N.D.	0.15	0.08	0.1	0.31	0.28	0.13
12367-PeCDF	N.D.	N.D.	0.06	N.D.	N.D.	0.15	0.09	0.09
23478-PeCDF	0.13	0.13	0.39	0.23	0.76	0.83	1.2	0.32
23467-PeCDF	N.D.	N.D.	0.1	N.D.	N.D.	0.13	0.06	0.09
total PeCDF	0.19	0.31	1.16	0.49	0.94	2.02	2.01	1.07
134678/134679-HeCDF	N.D.	N.D.	0.1	N.D.	N.D.	0.2	0.1	N.D.
123478/123479-HeCDF	N.D.	N.D.	0.1	N.D.	N.D.	0.3	0.1	N.D.
123678-HeCDF	N.D.	N.D.	0.2	N.D.	N.D.	0.2	0.2	N.D.
124689-HeCDF	N.D.	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1
123467-HeCDF	N.D.	N.D.	0.1	N.D.	N.D.	0.2	N.D.	N.D.
234678-HeCDF	0.1	0.1	0.3	0.1	0.1	0.5	0.2	0.2
total HeCDF	0.1	0.2	1	0.2	0.2	1.5	0.8	0.3
1234678-HxCDF	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.1	N.D.	N.D.
1234689-HxCDF	N.D.	0.2	0.1	N.D.	N.D.	0.1	0.1	0.1
total HxCDF	0	0.2	0.1	0	0	0.2	0.1	0.1
OCDF	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
total PCDFs	0.56	1.1	3.13	1.29	1.55	4.88	4.03	2.51
3,3',4,4'-TeCB (#77)	5.2	7.7	19	10	6.6	16	17	15
3,4,4',5'-TeCB (#81)	0.8	1	2.8	1.3	0.6	2.3	1.6	1.8
3,3',4,4',5'-PeCB (#126)	2.5	3.3	5.5	3.9	5.1	7.3	6.9	5.4
3,3',4,4',5,5'-HeCB (#169)	0.6	0.7	1.3	1.1	1.4	2.4	1.9	1.5
total non-ortho PCBs	9.1	12.7	28.6	16.3	13.7	28	27.4	23.7
2,3,3',4,4'-PeCB (#105)	89	280	430	140	150	200	170	180
2,3,4,4',5'-PeCB (#114)	7.4	22	30	12	13	15	14	13
2,3',4,4',5'-PeCB (#118)	330	1000	1500	510	570	730	650	660
2',3,4,4',5'-PeCB (#123)	6.7	17	26	11	12	15	14	14
2,3,3',4,4',5'-HeCB (#156)	36	110	130	66	70	90	77	75
2,3,3',4,4',5'-HeCB (#157)	9.9	24	28	19	20	27	24	24
2,3',4,4',5,5'-HeCB (#167)	23	55	71	34	44	54	48	43
2,3,3',4,4',5,5'-HxCB (#189)	5.4	9.2	9.3	7	7.9	15	9.4	8.7
total mono-ortho PCBs	507.4	1517.2	2224.3	799	886.9	1146	1006.4	1017.7
total Co-PCBs	516.5	1529.9	2252.9	815.3	900.6	1174	1033.8	1041.4
PCDD/Fs TEQ*	0.06999	0.20917	0.29124	0.11564	0.12593	0.16254	0.14232	0.1427
Co-PCBs TEQ*	0.32659	0.54704	0.85642	0.51777	0.65065	0.91837	0.85318	0.69938
total Dioxins TEQ*	0.68066	0.90412	1.91398	1.1228	1.73869	2.77293	2.88024	1.55095

unit; pg/g ww, *pgTEQ/g ww

2004c). Although the maximum TEQ value was higher in marbled sole than in Japanese flounder, the difference in TEQ was not significant. The TEQ ranges for PCDD/Fs and Co-PCBs in marbled sole were 0.07–0.29 and 0.33–0.92 pg TEQ/g ww, respectively. The TEQ values of Co-PCBs accounted for more than 50% of total TEQ for all dioxins. The results for marbled sole were similar to those for Japanese flounder. TEQ values of Co-PCBs were higher than those of PCDD/Fs in 92% of fish samples (223 individuals) (FISHERIES AGENCY 2003). These results indicate that Co-PCBs are the most important dioxins in fishes, and, in particular, non-*ortho* Co-PCBs are the most important dioxins in marbled sole in Sendai Bay.

Acknowledgements

We thank Dr. H. Yamada (National Research Institute of Fisheries Science, Fisheries Research Agency) and Dr. S. Isagawa (Japan Food Research Laboratories) for their helpful comments on the manuscript. This work (B-65) was made possible by a grant from the Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council Secretariat, Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries, Japan, to the project titled Integrated Research Program for Effects of Endocrine Disrupters on Agriculture, Forestry and Fisheries and their Action Mechanisms on Domestic Animals and Fishes.

References

- BIRMINGHAM, B., A. GILMAN, D. GANT, J. SALMINEB, M. BODDINGTON, B. THORPE, I. WHILE, P. TOFT and V. ARMSTRONG (1989) : PCDD/PCDF multimedia exposure analysis for the Canadian population : Detailed exposure estimation. *Chemosphere*, **19**, 637–642.
- FISHERIES AGENCY (2003) : The investigation of dioxins in marine organisms (in Japanese). http://www.maff.go.jp/www/press/cont2/20040929_press_6b1.pdf.
- GURUGE, K. S. and S. TANABE (2004) : Polychlorinated dibenzo-*p*-dioxins, dibenzofurans and dioxin-like biphenyls in biota from Sri Lankan coast. *Mar. Pollut. Bull.*, **48**, 1004–1008.
- HATTORI Y., T. SHIMIZU, M. KISHIDA, A. KAMADA, K. TAKAHASHI, T. TAMURA, M. UEBORI, H. YAMAMOTO (2004) : Distribution and characterization for dioxins in river water and sediment of Osaka Prefecture (in Japanese). *J. Environ. Chem.*, **14**(3), 575–585.
- IMURA, F., Y. SASAKI, T. TSUKUL, H. YOSHIOKA, K. HIGASHINO, Y. TAKEDA and K. KASAI (2002) : Contamination of dioxins and PCBs in fish in Tokyo Bay. *J. Environ. Chem.*, **12**(2), 343–352.
- KIM, K. S., Y. HIRAI, M. KATO, K. URANO and S. MASUNAGA (2004) : Detailed PCB congener patterns in incinerator flue gas and commercial PCB formulations (Kanechlor). *Chemosphere*, **55**, 539–553.
- KUMAR, K. S., K. KANNAN, O. N. PARAMASIVAN, V. P. S. SUNDARAM, J. NAKANISHI, and S. MASUNAGA (2001) : Polychlorinated Dibenzo-*p*-Dioxins, Dibenzofurans, and Polychlorinated Biphenyls in Human Tissues, Meat, Fish, and Wildlife Samples from India. *Environ. Sci. Technol.* **35**, 3448–3455.
- LING, Y. C., D. K. SOONG and M. K. LEE (1995) : PCDD/DFs and coplanar PCBs in sediment and fish samples from the Er-Jen River in Taiwan. *Chemosphere*, **31**(3), 2863–5872.
- MASUNAGA, S., T. TAKASUGA and J. NAKANISHI (2001) : Dioxin and dioxin-like PCB impurities in some Japanese agrochemical formulations. *Chemosphere*, **44**, 873–885.
- MOCARELLI, P., P. BRAMBILLA, P. M. GERTHOUS, D. G. PATTERSON, Jr. and L. L. NEEDHAM (1996) : Change in sex ratio with exposure to dioxin. *Lancet*, **348**(9024), 409.
- NAITO, W., J. JIN, Y. S. KANG, M. YAMAMURO, S. MASUNAGA and J. NAKANISHI (2003) : Dynamics of PCDDs/DFs and coplanar-PCBs in an aquatic food chain of Tokyo Bay. *Chemosphere*, **53**, 347–362.
- NIIMI, A. J. (1996) : Evaluation of PCBs and PCDD/Fs retention by aquatic organisms. *Sci. Total Environ.* **192**, 123–150.
- OCHIAI, A. (1966) : *Paralichthys olivaceus*. In *Gyoriugaku ge*. MATSUBARA, K. and A. OCHIAI (eds.), Kouseisha Kouseikaku, Tokyo, p. 911–913. (in Japanese).
- OKUMURA, Y., Y. YAMASHITA and S. ISAGAWA (2003) : Sources of polychlorinated dibenzo-*p*-dioxins (PCDDs), polychlorinated dibenzofurans (PCDFs), and coplanar polychlorinated biphenyls (Co-PCBs), and their bioaccumulation through the marine food web in Sendai Bay, Japan. *J. Environ. Monit.*, **5**(4), 610–618.
- OKUMURA, Y., Y. YAMASHITA, Y. KOHNO, and Y. NAGASAKA (2004a) : Historical trends of PCDD/Fs and CO-PCBs in a sediment core collected in Sendai Bay, Japan. *Wat. Res.*, **38**(16), 3511–3522.
- OKUMURA, Y., Y. YAMASHITA and Y. KOHNO (2004b) : Bioaccumulation of PCDD/Fs and Co-PCBs in lower-trophic-level organisms in Sendai Bay, Japan. *Wat. Air Soil Pollut.* **159**, 291–312.

- OKUMURA, Y., Y. YAMASHITA and S. ISAGAWA (2004c) : Concentrations of polychlorinated dibenzo-*p*-dioxins, dibenzofurans, non-*ortho* polychlorinated biphenyls, and mono-*ortho* polychlorinated biphenyls in Japanese flounder, with reference to the relationship between body length and concentration. *J. Environ. Monit.*, **6**(3), 201-208.
- OMORI, M. (1974) : On the production ecology of the flatfish, *Limanda yokohamae*-I. Feeding habits and distribution (in Japanese). *Bull. Jpn. Sci. Fish.*, **40**, 1115-1126.
- SAKAI S., M. HIRAOKA, N. TAKEDA and K. SHIOZAKI (1996) : Behavior of coplanar PCBs and PCNs in oxidative conditions of municipal waste incineration. *Chemosphere*, **32**, 79-88.
- SCHIMMEL, S. C., J. M. PATRICK, Jr. and J. FORESTER (1977) : Uptake and toxicity of toxaphene in several estuarine organisms. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, **5**, 353-367.
- SLJM, D.T.H.M., H. WEVER, and A. OPPERHUIZEN (1993) : Congener - specific biotransformation and bioaccumulation of PCDDs and PCDFs from fly ash in fish. *Environ. Toxicol. Chem.*, **12**, 1895-1907.
- TAKASUGA, T., T. INOUE and E. OHI (1995) : All congener specific analytical method for polychlorinated biphenyls (PCBs) with various chromatographic clean-up and HRGC/HRMS (in Japanese). *J. Environ. Chem.*, **5**, 647-675.
- TAKAYAMA, K., H. MIYATA, O. AOZASA, M. MIMURA and T. KASHIMOTO (1991) : Dietary intake of dioxin-related compounds through food in Japan (in Japanese). *Syokueishi*, **32**, 525-532.
- TOYODA, M., H. UCHIBE, T. YANAGI, Y. KONO, T. HORI and T. IIDA (1999) : Dietary daily intake of PCDDs, PCDFs, and coplanar PCBs by total diet study in Japan (in Japanese). *Syokueishi*, **40**, 98-110.
- TSUTSUMI, T., T. YANAGI, M. NAKAMURA, Y. KONO, H. UCHIBE, T. IIDA, T. HORI, R. NAKAGAWA, K. TOBISHI, R. MATSUDA, K. SASAKI and M. TOYODA (2001) : Update of daily intake of PCDDs, PCDFs, and dioxin-like PCBs from food in Japan. *Chemosphere*, **45**, 1129-1137.
- VAN DEN BERG, M., L. BIRNBAUM, A. T. C. BOSVELD, B. BRUNSTROM, P. COOK, M. FREELY, J. P. GIESY, A. HANBERG, R. HASEGAWA, S. W. KENNEDY, T. KUBIAK, J. C. LARSEN, F. X. R. VAN, LEEUWEN, A. K. D. LIEM, C. NOLT, R. E. PETERSON, L. POELLINGER, S. SAFE, D. SCHRENK, D. TILLITT, M. TYSKLIND, M. YOUNES, F. WAERN and T. ZACHAREWSKI (1998) : Toxic equivalency factors (TEFs) for PCBs, PCDDs, PCDFs for humans and wildlife. *Environ. Health Perspect.*, **106**, 775-792.
- WAN, Y., J. HU, M. YANG, L. AN, W. AN, X. JIN, T. HATTORI and ITOH, M. (2005) : Characterization of Trophic Transfer for Polychlorinated Dibenzo-*p*-dioxins, Dibenzofurans, Non- and Mono-*ortho* Polychlorinated Biphenyls in the Marine Food Web of Bohai Bay, North China. *Environ. Sci. Technol.*, **39**, 2417-2425.
- YAMADA, H., K. SATO, S. NAGAHORA, A. KUMAGAI and Y. YAMASHITA (1998) : Feeding habits of the Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* in Pacific coastal waters of Tohoku district, north-eastern Japan. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **64**, 249-258.
- YAMAGISHI, T., T. MIYAZAKI, K. AKIYAMA, M. MORITA, J. NAKAGAWA, S. HORII and S. KANEKO (1981) : Polychlorinated dibenzo-*p*-dioxins and dibenzofurans in commercial diphenyl ether herbicides, and in freshwater collected from the application area. *Chemosphere*, **10**, 1137-1144.
- YAMASHITA, Y., M. TANAKA and J. M. MILLER (2001) : Ecophysiology of juvenile flatfish in nursery grounds. *J. Sea Res.*, **45**, 205-218.

Received April 1, 2005
Accepted October 13, 2005

A westward propagation signal in the sea ice concentration in the Indian sector of the Southern Ocean

Xuhui XIE*, Hideki NAGASHIMA, and Masao NEMOTO

Abstract : From longitude-time plots for Sea Ice Concentration (SIC) anomalies along 63.71°S in the period 1979 to 1999, a wave-like pattern is found to propagate westward from 60°E to 140°E. This pattern fluctuates with a period of nearly 5 years and propagates at a speed of approximately 3.3 cm/s. Such characteristics differ from those of the Antarctic Circumpolar Wave (ACW), the signal for which repeats every 4-5 years, and which propagates eastward around Antarctica with an average speed of about 8 cm/s. A 48-month time-lagged extended empirical orthogonal function (EEOF) analysis of SIC anomalies shows that SIC variability with interannual time scales is negatively coupled to SST fluctuations, and the SIC anomalies propagate eastward in the Pacific and Atlantic oceans. In the Indian Ocean from 60°E to 140°E, however, this analysis cannot identify such a negative correlation.

Keywords : sea ice concentration, EEOF, EOF, westward propagation

1. Introduction

The Sea Ice Concentration (SIC) in the Southern Ocean is considered to play an important role in the state and variability of both regional and global climates through the action of thermodynamic and dynamic processes and feedback mechanisms.

WHITE and PETERSON (1996) have reported that an interannual oscillation with a period of 3-4 years dominates in Sea Level Pressure (SLP), sea surface temperature (SST), meridional wind stress, and Sea Ice Extent (SIE) anomalies in the Southern Ocean. This fluctuation is named the Antarctic Circumpolar Wave (ACW). The signal repeats itself every 4-5 years and propagates eastward around Antarctica with an average velocity of about 8 cm/s in a phase-locked manner. The eastward propagation of the ACW was also found by JACOBS and MITCHELL (1996), who observed coherent variations in sea surface

height, SST, and atmospheric pressure. Those authors showed that the eastward-propagating ACW has a period of about 4 years and a wavelength of 180 degrees in longitude.

WHITE and PETERSON (1996) have suggested a tele-connection of ACW with the El Niño-Southern Oscillation (ENSO) phenomenon. Their model simulations of the ACW demonstrate that there must be a coupling between ocean and atmosphere for this phenomenon to exist. QIU and JIN (1997) showed that the mechanism of the ACW is based on a local ocean-atmosphere interaction.

In addition to elucidating the ACW's variability many studies have suggested that the Antarctic sea ice fields co-vary with the ENSO phenomenon in the tropical Pacific (CHIU, 1983; CARLETON, 1989; SIMMONDS and JACKA, 1995; WHITE and PETERSON, 1996; YUAN *et al.*, 1996; SMITH *et al.*, 1996; LEDLEY and HUANG, 1997; CARLETON *et al.*, 1998; YUAN and MARTINSON 2000, 2001; HARANGOZO, 2000; KWOK and COMISO, 2002; MARTINSON and IANNUZZI, 2003; YUAN, 2004). Recently, YUAN and MARTINSON (2000) found that an out-of-phase relationship between SIC and SST anomalies in the South Pacific and South Atlantic persists three to

*Department of Ocean Sciences, Tokyo University of Marine Science and Technology, Konan 4-5-7, Minatoku, Tokyo 108-8477, Japan
Telephone: 03-5463-0465 Fax: 03-5463-0378
E-mail: xifui2003@yahoo.co.jp

four seasons after being triggered by the ENSO forcing. This relationship is called the Antarctic dipole (ADP).

From the analysis of SIC variability inside the ice pack, GLOERSEN and WHITE (2001) found evidence to support that the thermal inertia associated with the SST provides the most dominant factor influencing the amount of sea ice that forms each winter around Antarctica. They concluded that the memory of the ACW in the sea ice pack is carried from one austral winter to the next by the neighboring water temperatures, since the sea ice pack retreats nearly to Antarctica in austral summer.

As mentioned above, the ACW is now one of the most notable phenomena around Antarctica. VENEGAS (2003), however, pointed out that there is another signal in the SST fluctuations, propagating westward in the western Indian Ocean between 45° E and 90° E. As SST data are not available near Antarctica because of sea ice, especially in austral winter, the SIC analysis will help clarify the existence of the westward-propagating signal near and around Antarctica. Thus, we focus on SIC variability near Antarctica especially in the Indian sector and investigate both its interannual fluctuation characteristics and the relationship between the spatial variability in the Antarctic SIC and global SST.

In this paper, we carry out an empirical orthogonal function analysis of SIC anomalies. In section 3, we show that the signal of the ACW is unclear near the coastal area in the Indian sector, although the general characteristics of SIC fluctuations are similar to those in SIE, SLP, and so on. Next, in section 4, a westward-propagating signal is shown from the longitude-time analysis of SIC anomalies along 63.71° S. A discussion and concluding remarks are given in sections 5 and 6, respectively.

2. Data collection and methodology

Two data sets are used in this study: (1) the monthly mean SIC; the areal fraction covered by sea ice is obtained irrespective of ice type, and the ratio describing the density of ice is derived from grid brightness temperatures, ranging from 0 to 100%. The data set spans 21 years from 1979 to 1999 and was provided by the

National Snow and Ice Data Center (NSIDC). These data are derived from SSMR and SSM/I satellite passive microwave observations with a grid resolution of 25 km. (2) The monthly optimum interpolation (OI) of SST data spans an 18-year period from 1982 to 1999 and was provided by the National Centers for Environmental Prediction (NCEP). A set of 1° × 1° grid data was derived from a combination of *in situ* and satellite radiometer measurements.

These data sets are processed to determine the mean annual cycle and to compute the monthly average over the record length. Time series of monthly anomalies in each grid were determined by the difference relative to the monthly mean values for the applicable record length. Such procedures result in the removal of the average seasonal cycle.

To suppress further seasonal and possible biennial signals, and also to remove long-term trends, the time series were band-passed with a filter having a 3–7 year admittance window. A time-longitude diagram is then created.

3. Empirical orthogonal function (EOF) analysis of SIC anomalies

In the present study, the sea ice region is defined by a group of grids in which the SIC is greater than 15% at least once a month during the 21-year period.

The SIC anomalies are rearranged into an $N \times P$ matrix, where the number of samples N is the time series of 252 months from 1979 to 1999, and the parameter P (=4678) is taken as the number of grids describing the sea ice region. From this data matrix, a 4678-square spatial covariance matrix is calculated.

The EOF leading mode eigenvector has 7.6% of the total SIC variance (shown in Fig. 1a). From the power spectral analysis (Fast Fourier Transform) of the leading EOF score drawn in Fig. 1b, it is found that there is a significant peak in the spectral energy at a period of 3.5 years (0.0238 cycles mon^{-1}), as shown in Fig. 1c. This analysis revealed the most important patterns of spatially and temporally coherent variability in SIC anomalies.

Many studies have suggested a mode-3 wave in the Southern Ocean. For example, COMISO (2000) indicated that the Antarctic sea ice cover

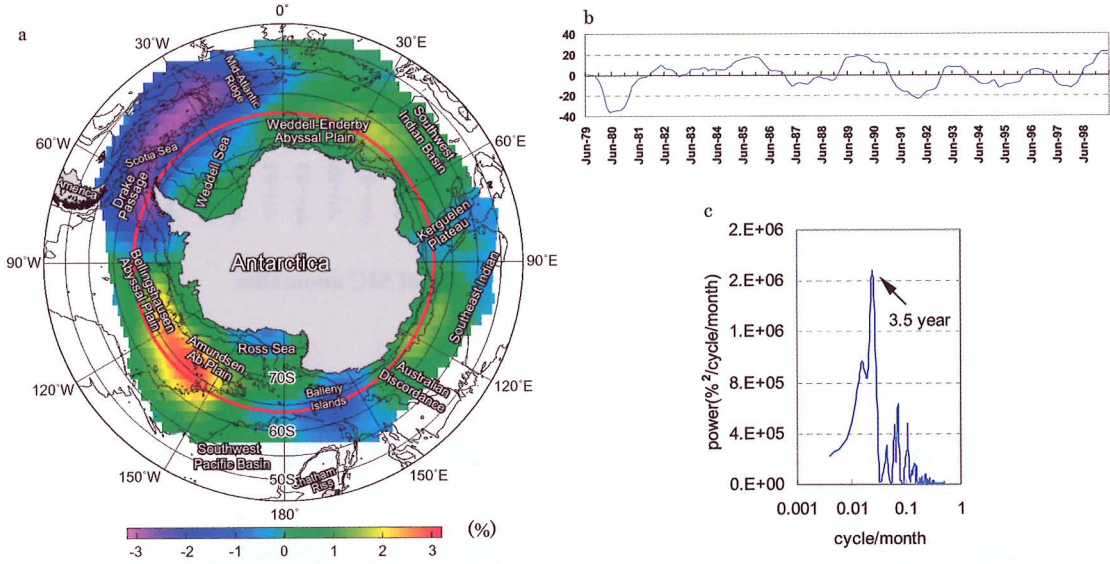


Fig. 1a). Leading EOF mode eigenvector of SIC (%) anomalies contains 7.6% of the total SIC variance from Jan 1979 to Dec 1999. High amplitudes occur in the Bellingshausen Abyssal Plain, Drake Passage, and Scotia Seas, indicating positive SIC anomalies and negative SIC anomalies, respectively. The leading EOF mode eigenvector shows a spatial pattern of wave number 3; the largest wave spans longitudes between 160°W and 10°E, the second largest wave was detected in the region from 90°E to 180°, and the third largest wave, from 10°E to 90°E, was very weak. The color bar ranges from -25 to 25 (%). The red circle is the longitude of the 63.71°S.
 b) Temporal variation in the score of the leading EOF mode of SIC anomalies in the Southern Ocean.
 c) Spectra of the leading EOF score of SIC anomalies obtained during the 21-year period from 1979 to 1999 show a significant peak in the period of about 3.5 years.

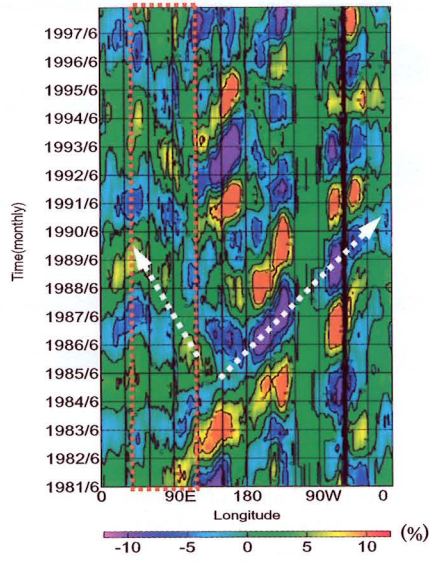
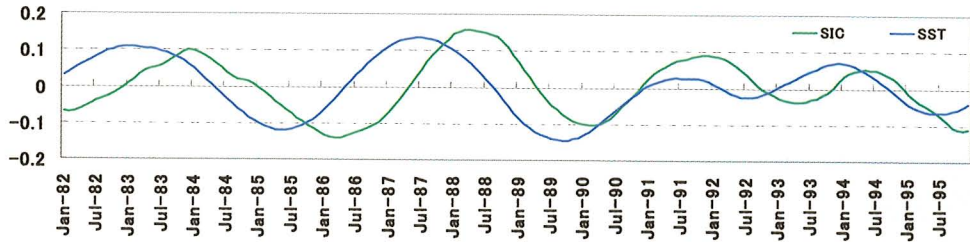


Fig. 2. Time-longitude diagrams of SIC (%) anomalies after passing through a 3-7 year band-pass filter. In the Pacific and Atlantic oceans (from 140°E to 60°E), an eastward ACW-type propagation occurs. Conversely, that in the Indian Ocean (from 60°E to 140°E) propagates westward. The color bar ranges from -12 to 12 (%).



EOF of SST anomalies

EOF of SIC anomalies

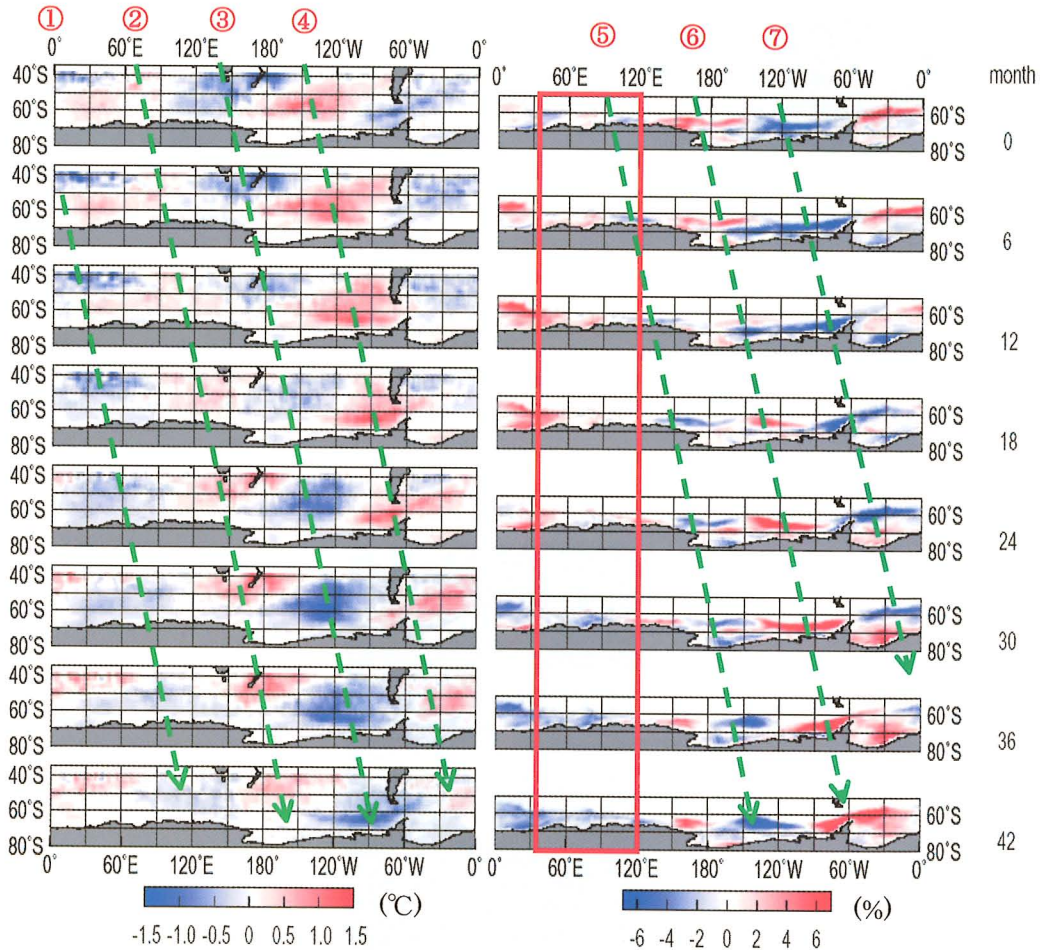


Fig. 3. Top panel: Temporal variation in the scores of the leading EOF mode of SIC and SST anomalies in the Southern Ocean after passing through a 3–7 year band-pass filter. The cross-correlation is 0.80. Bottom panel: Lag sequences of the dominant EOF mode of interannual SIC (%) and SST (°C) anomalies. Broken lines show a clear negative correlation between SIC and SST anomalies; they all propagate eastward in the Pacific and Atlantic oceans. In the Indian Ocean, however, there is not always a negative correlation between SIC and SST anomalies. In months 6–18, positive SST anomalies dominate in the Indian sectors, and positive SIC anomalies also appear in this region. In months 30–42, a negative SST and SIC dominate in the region. The color bar ranges from -1.5 to 1.5 (°C), and for SIC anomalies the color bar ranges from -7 to 7 (%).

consists predominantly of mode-3 waves. CONNOLLEY (1997) analyzed SLP anomalies, and Hans et al. (1999) analyzed SLP and the curl of wind stress. In both of those studies, the authors found a similar pattern of the mode-3 wave. In those studies, a spatial pattern with a wave number 3 is also found in the Southern Ocean. The largest wave is found to span from 160° W to 10° E. Positive/negative SIC anomalies occur in the Bellingshausen Abyssal Plain/Drake Passage and in the Scotia Sea. The second largest wave is detected in the region from 90° E to 180° , and the third largest wave, between 10° E and 90° E, is very weak.

4. Propagation characteristics of the westward wave-like signal observed in SIC records in the Indian sector of the Southern Ocean

As described in section 3, the EOF first mode of SIC anomalies shows three waves around Antarctica, the second largest of which is in the Indian sector. The peak and trough of the wave are found around 64° S. Since the Antarctic coast extends further north in this sector and the Antarctic Circumpolar Current (ACC) is a little far from this latitude, the propagation characteristics are probably different from those in other sectors.

Thus, we plot SIC anomalies along 63.71° S near 64° S on a time-longitude diagram, because this latitude is located almost at the center of a 25×25 km cell. The horizontal resolution of the data analyzed is 1° in longitude. The results are illustrated in Fig. 2. One question is whether or not an ACW-type signal is apparent in the SIC anomalies. Actually, the SIC anomalies depicted in the diagram reveal clear eastward propagation signals in the Pacific and Atlantic oceans. In contrast, a westward propagation is quite apparent in the Indian Ocean between 60° E and 140° E. This propagation is in contrast to the more familiar ACW type.

The SIC anomalies in the Pacific and Atlantic oceans appear to propagate eastward with a period of 3–5 years. It takes 7–9 years to circle Antarctica at an average propagation velocity of about 6–8 cm/s. On the other hand, the SIC anomalies in the Indian Ocean propagate westward over a slightly longer period, nearly 5

years, and their velocity is about 3.3 cm/s, which is slower than that of the eastward propagation observed.

Similar westward-propagating signals are found around 60° S and 65° S, but the signal around 64° S is clearer than the others. Note that the time-longitude analysis for SST anomalies around 45° S, 50° S, 55° S, and 60° S suggests that the eastward-propagating signal is not so clear (not shown here) in the Indian sector around 60° S.

As mentioned above, the propagation characteristics in the Pacific and Atlantic oceans are similar to those for the ACW described by WHITE and PETERSON (1996). In the Indian Ocean, however, the SIC anomalies appears to propagate to the opposite direction and with a slower velocity. One of the reasons for this difference must be the topography of the Indian Ocean. As shown in Fig. 1a, the Kerguelen Plateau and the Balleny Islands obstruct the eastward propagation of the ACC near the coast. Another reason is probably the existence of a cyclonic gyre of wind and current systems at high latitudes in the Indian sector of the Southern Ocean.

5. Discussion

As described above, the EOF analysis shows that the SIC anomalies propagate eastward in general. However, the time-longitude diagram along 63.71° S indicates a signal of westward propagation in the Indian Ocean. Thus, we discuss the time-space variability of SIC anomalies based on the EEOF analysis. The EEOF method has shown some promise for improving our understanding of the nature of the dominant patterns for coherent variability in space and time.

Here we apply EEOF to SST and SIC anomalies in order to clarify the relationship between them, and also to identify whether or not the westward propagation of the SIC anomalies is related to the SST anomalies in the Indian Ocean.

In Fig. 3, we show the results of the EEOF analysis for the SIC and SST anomalies. The scores of the leading EEOF mode of the SIC and SST anomalies with a 3–7 year band-pass filter have a cross-correlation of 0.80 (Fig. 3, top).

We identify the ACW propagation by EEOF analysis. SST anomalies (left panel in Fig. 3) slowly propagate eastward with the variability of interannual time scales. As shown by broken line 4, well-developed positive SST anomalies in the South Pacific extend in a zonal direction in months 0–6. Then, in months 12–18, the warm SST anomalies move slowly toward the east and ran into the Drake Passage around 70°W , causing large negative SIC anomalies in this region as shown by the broken line 7. In months 24–36, well-developed positive SIC anomalies in the Weddell Sea around 40°W prevent the eastern propagation of positive SST anomalies. The SST anomalies then become weaker and move to the east of the Atlantic and to the Indian Oceans in months 36–42, and the warm SST anomalies in this region move to a lower latitude. As a result, the SST anomalies slowly move eastward, traversing more than half of the Southern Ocean from 150°E to 90°E during a 42-month period. It is shown that SST anomalies fluctuate with a 3.5-year quasi-periodicity in the Southern Ocean. We also identify the eastward propagation of the SST anomalies shown by broken lines 1–3. WHITE and CHEN (2002) also indicated that an ACW with a 3–4 year period propagates eastward around the Southern Ocean, covaries with SST and SLP anomalies, and consists of two wavelengths circling most of the global ocean along the mid-latitude storm track near 40°S .

The propagation of positive SST anomalies shown by broken lines 2 and 4 corresponds to the propagation of negative SIC anomalies shown by broken lines 5 and 7, although they all propagate toward the east with time. In addition, the negative propagation of SST anomalies shown by broken line 3 corresponds to the positive propagation of SIC anomalies shown by broken line 6. Accordingly, a clear negative correlation between the SIC and SST anomalies over most of the Pacific sectors and the Atlantic sector of the Southern Ocean is suggested, and both the SST and SIC anomalies propagate eastward. In the Indian Ocean, however, there is not always a negative correlation between these two anomalies, although we can find eastward propagation in the SST but not in the SIC anomalies. In months 6–18, positive

SST anomalies dominate in the Indian sectors, and positive SIC anomalies also appear in this region. In months 30–42, negative SST and SIC dominate in the region. Thus, the EEOF analyses show that there is not a strong negative correlation between SST and SIC anomalies in this region.

The ACW was observed to follow the mid-latitude storm track in the eastern Atlantic, Indian, and western Pacific sectors of the Southern Ocean between 30°S and 45°S (WHITE and CHEN, 2002). In addition, the ACW is the dominant climate signal in monthly SST, SLP, and SIE in the Southern Ocean (VENEGAS, 2003; WHITE, 2004; POTTIER *et al.* 2004). In the present study, however, westward propagation of SIC anomalies is implied in the Indian sector.

6. Concluding remarks

A brief summary of the sea ice variability in the Southern Ocean described in this paper is as follows.

Interannual oscillations with periods of about 3–5 years were found to characterize the SIC variability in the Southern Ocean. The SIC anomalies fluctuate with a peak of 3.5-year quasi-periodicity and with a spatial pattern of wave number 3. The largest wave appeared in the Pacific and Atlantic oceans. The second largest wave was detected in the region of the Indian Ocean. The third largest wave, from 90°E to 180° , was very weak.

We focused on the Indian sector and found that SIC anomalies propagate westward in the Indian Ocean. The anomalies fluctuate with a period of approximately 5 years and propagate at a speed of 3.3 cm/s. This is a little longer and slower than the ACW, which propagates eastward in the Pacific and Atlantic oceans.

EEOF analysis revealed a clear negative correlation between SIC and SST anomalies over most Pacific sector and the Atlantic sector of the Southern Ocean. In the Indian Ocean, however, there is rather a positive correlation between SIC and SST anomalies. We can find eastward propagations in SST anomalies, which are the characteristics of ACW, in all of the Southern Ocean, but we cannot find eastward propagation in SIC anomalies in the Indian sectors.

The westward propagation of the SIC anomalies shows little association with the SST in the Indian sector. We suggest that this is probably affected by topography and is associated with currents moving westward along the coast. The Kerguelen Plateau and the Balleny Islands obstructed the eastward propagation of the covarying ACC, resulting in a westward current. Similarly, obstacles to the westward propagation of this near-coastal current are likely to result in a similar augmentation of the ACC. These findings suggest that the westward propagation of the SIC anomalies is closely related to the westward current, which is generated by extensive gyres in the basins. Further studies on propagation characteristics in the Southern Ocean should focus on whether or not westward circumpolar propagation occurs inside the ACW near the continental Antarctic coast.

Acknowledgment

We are grateful to Dr. S. SUGIHARA, Dr. J.F. ZHAO, and Mr. Y. NARUMI of the Tokyo University of Marine Science and Technology for their fruitful and useful discussions with us.

References

- CARLETON, A. M. (1989): Antarctic sea-ice relationships with indices of the atmospheric circulation of the Southern Hemisphere. *Clim. Dyn.*, **3**, 207–220.
- CARLETON, A. M., G. JOHN, and R. WELSCH (1998): Interannual variations and regionality of Antarctic sea-ice-temperature associations. *Ann. Glac.*, **27**, 403–408.
- CHIU, L. S. (1983): Antarctic sea ice variations 1973–1980. In *Variations in the global water budget*, Street-Perrott, F.A., M. Beran, and R. Ratcliffe, (eds.), Dordrecht: Reidel, 301–311.
- COMISO, J. C. (2000): Variability and trends in Antarctic surface temperatures from in situ and satellite infrared measurements. *J. Clim.*, **13** (10), 1674–1696.
- CONNOLLEY, W. M. (1997): Variability in annual mean circulation in southern high latitudes. *Clim. Dyn.*, **13**, 745–756.
- GLOERSEN, P. and W. B. WHITE (2001): Reestablishing the circumpolar wave in sea ice around Antarctica from one winter to the next. *J. Geophys. Res.*, **106**, 4391–4396.
- HANS, B., S. ANDREAS and J. K. GERBRAND (1999): Interannual variability in the Southern Ocean from an ocean model forced by European Center for Medium-Range Weather Forecasts reanalysis fluxes. *J. Geophys. Res.*, **104** (13), 317–331.
- HARANGOZO, S. A. (2000): A search for ENSO teleconnections in the west Antarctic Peninsula climate in austral winter. *Int. J. Clim.*, **20**, 663–678.
- JACOBS, G. A. and J. L. MITCHELL (1996): Ocean circulation variations associated with the Antarctic circumpolar wave. *Geophys. Res. Lett.*, **23**, 2947–2950.
- KWOK, R. and J. C. COMISO (2002): Southern Ocean climate and sea ice anomalies associated with the Southern Oscillation. *J. Clim.*, **15**, 487–501.
- LEDLEY, T. S. and Z. HUANG (1997): A possible ENSO signal in the Ross Sea. *Geophys. Res. Lett.*, **24**, 3253–3256.
- MARTINSON, D. G. and R. A. IANNUZZI (2003): Spatial/temporal patterns in Weddell gyre characteristics and their relationship to global climate. *J. Geophys. Res.*, **108**, doi: 10.2929/2000JC000538.
- POTTIER, C., J. P. CERON, J. SUDRE, I. DADOU, S. BELAMARI, and V. GARCON (2004): Dominant propagating signals in sea level anomalies in the Southern Ocean. *Geophys. Res. Lett.*, **31**, L11305, doi: 10.1029/2004GL019565.
- QIU, B. and F. F. JIN (1997): Antarctic circumpolar waves: An indication of ocean-atmosphere coupling in the extratropics. *Geophys. Res. Lett.*, **24**, 2585–2588.
- SIMMONDS, I. and T. H. JACKA (1995): Relationships between the interannual variability of Antarctic sea ice and the Southern Oscillation. *J. Clim.*, **8**, 637–647.
- SMITH, R. C., S. E. STAMMERJOHN, and K. S. BAKER (1996): Surface air temperature variations in the western Antarctic Peninsula region. *Antarctic Research Series*, **70**, 105–121.
- VENEGAS, S. A. (2003): The Antarctic Circumpolar Wave: A combination of two signals? *J. Clim.*, **16** (15), 2509–2525.
- WHITE, W. B. (2004): Comments on “Synchronous variability in the Southern Hemisphere atmosphere, sea ice, and ocean resulting from the annular mode”. *J. Clim.*, **17**, 2249–2254.
- WHITE, W. B. and R. PETERSON (1996): An Antarctic circumpolar wave in surface pressure, wind, temperature, and sea ice extent. *Nature*, **380**, 699–702.
- WHITE, W. B. and S. C. CHEN (2002): Thermodynamic mechanisms responsible for the troposphere response to SST anomalies in the Antarctic circumpolar wave. *J. Clim.*, **15**, 2577–2596.
- YUAN, X. (2004): ENSO-related impacts on Antarctic sea ice: a synthesis of phenomenon and mechanisms. *Antarctic Science*, **16** (4), 415–425.

- YUAN, X., M. A. CANE, and D. G. MARTINSON (1996): Climate variation - cycling around the South Pole. *Nature*, **380**, 673-674.
- YUAN, X. and D. G. MARTINSON (2000): Antarctic sea ice extent variability and its global connectivity. *J. Clim.*, **13**, 1697-1717.

- YUAN, X. and D. G. MARTINSON (2001): The Antarctic dipole and its predictability. *Geophys. Res. Lett.*, **28**, 3609-3612.

Received: October 25, 2005
Accepted: December 5, 2005

東京湾湾口部における表層域の仔稚魚相

長岩理央・茂木正人*・河野 博・藤田 清

Larval and juvenile fish assemblages in surface waters at the mouth of Tokyo Bay

Riou NAGAIWA, Masato MOTEKI*, Hiroshi KOHNO and Kiyoshi FUJITA

Abstract : In order to clarify larval and juvenile fish assemblages in surface waters at the mouth of Tokyo Bay, monthly samplings using a ring net were conducted from June 2002 to May 2003. A total of 4,098 individuals, representing over 24 species from 18 families, were collected. Most abundant species was *Engraulis japonicus* (3,974 individuals), followed by *Konosirus punctatus* (41), *Trachurus japonicus* (41), *Scomber* spp. (9), *Sardinops melanostictus* (7). The highest number of species was recorded in July (8 species), decreasing through winter (1 in December and February, 5 in January). As to the number of individuals, the highest value was recorded in June (2,916), and the lowest in December and February (2 individuals in both months). In order to compare the larval and juvenile fish assemblages with those of inside the bay, same samplings were made at 4 stations within the bay. A cluster analysis was made by seasons based on similarities of larval fish assemblages among sampling stations, which revealed that the larval fish assemblage at the mouth of Tokyo Bay was clearly different from those of inside of the bay.

Keywords : Larva, Juvenile, Fish assemblage, Tokyo Bay

1. はじめに

東京湾（本研究では、房総半島洲崎と三浦半島剣崎を結ぶ線の北側とする）は南北方向に長い湾で、最奥から湾口までの距離はおよそ80 kmに及ぶ。ほぼ中間に位置する観音崎と富津岬の間は極端に狭くなり、その北側は閉鎖的な内湾を形成している（Fig. 1）。東京湾では、湾最奥部から外湾域にかけての干潟や砕波帯、あるいは湾全域の表層において、稚魚ネットや小型曳網を用いた仔稚魚相の研究が行われ、近年になり季節的消長や水平分布などが明らかにされてきた（中原・河野, 1999; 加納ら, 2000, 2002; 荒山ら, 2002; 桑原ら, 2003; 山根ら, 2003）。加納ら（2002）は、東京湾全域で稚魚ネットの表層曳きを行い、仔稚魚相を明らかにし、得られた仔稚魚群集の類似度に基づいて、東京湾表層域を内

湾と湾口の2つの海域に類別している。しかし、湾内と湾外の仔稚魚相を比較する研究はこれまで行われていない。東京湾の仔稚魚相を明らかにするためには、その外側に位置する海域での調査は不可欠である。そこで本研究では、湾外に位置する湾口部に1定点を設け、周年にわたって表層域の仔稚魚相調査を行い、さらに、湾内に設けた4定点で同様の調査を行い、比較を行った。

2. 材料と方法

採集は、東京湾内の4定点A～Dと、洲崎と剣崎を結ぶ線の南側に位置する定点E（本研究では湾近傍と呼ぶ）で行った（Fig. 1）。各定点の水深はA: 23～26 m, B: 25～29 m, C: 276～330 m, D: 548～649 m, E: 823～871 mであった。採集は2002年6月から2003年5月の間、各定点において原則的に毎月1回ずつ日中に採集を行った。しかし、悪天候などで採集できなかった定点もあり、曳網回数は合計52回であった。仔稚魚の採集は東京水産大学（現東京海洋大学）研究練習船「青鷹丸」により、稚魚ネット（口径1.3 m, 側長4.3 m; 目合はコードエンドから1.5 mまでが0.33 mm, 残りの部分は3 mm）を用いて行った。稚魚ネットは舷側に設置し、船速1～2ノットで15分間、表層を曳網した。採集の終了

東京海洋大学海洋環境学科魚類学研究室, 108-8477
東京都港区港南4-5-7

Laboratory of Ichthyology, Department of Ocean Sciences, Tokyo University of Marine Science and Technology, 4-5-7 Konan, Minato, Tokyo 108-8477, Japan

* Corresponding author. Email: masato@s.kaiyodai.ac.jp; Tel 03-5463-0527; Fax 03-5463-0527

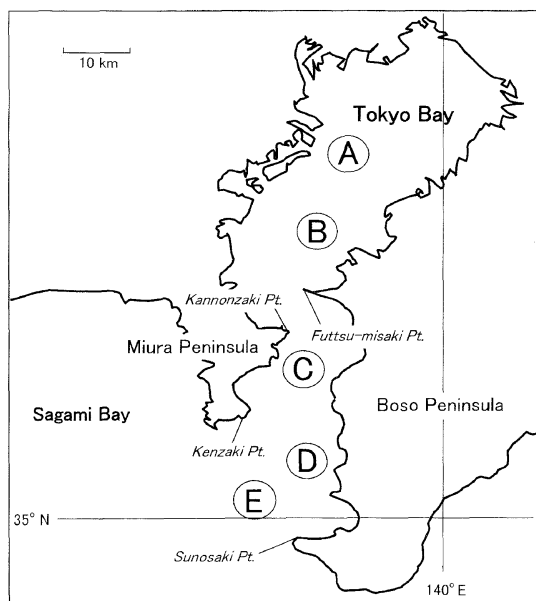


Fig. 1. Location of sampling stations in Tokyo Bay (St. A-D) and the mouth of the bay (St. E). Major points of land are shown in italic letters.

時に表層水の水温と塩分を測定した。採集した仔稚魚は5%海水ホルマリンで固定した。仔稚魚の同定は、内田ほか(1958)と沖山(編)(1988)に基づいて、可能な限り低位の分類群まで行った。全長は、10 mm未満の個体については接眼マイクロメーターで、10 mm以上の個体はノギスで計測した。さらに、仔稚魚はKENDALL *et al.* (1984)に基づいて、卵黄囊仔魚、上屈前仔魚、上屈仔魚、上屈後仔魚および稚魚の発育段階に分けた。採集された仔稚魚のリスト(Table 1)における科の配列および和名と学名は中坊(編)(2000)に従った。塩分は実用塩分値(psu)で表記した。

定点間の仔稚魚相の比較のため、定点ごとの一曳網あたり個体数を合計し対数変換($\log_{10}(N+1)$)したのち、Bray-Curtisの百分率類似度指数 PS_2 (小林(1995)から引用)を求めた。 PS_2 は、2定点AとBでの種*i*の個体数 n_{iA} , n_{iB} 、総個体数 N_A , N_B によって

$$PS_2 = 1 - 0.5 \sum_i \left| \frac{n_{iA}}{N_A} - \frac{n_{iB}}{N_B} \right|$$

と表される。また、その類似度に基づくクラスター分析は非加重群平均法(小林, 1995)で行った。ただし、欠測した定点がある月は、分析から除外した。

標本は、東京海洋大学水産資料館仔稚魚コレクション(MTUF-P (L) 11939~12152)として登録・保管されている。

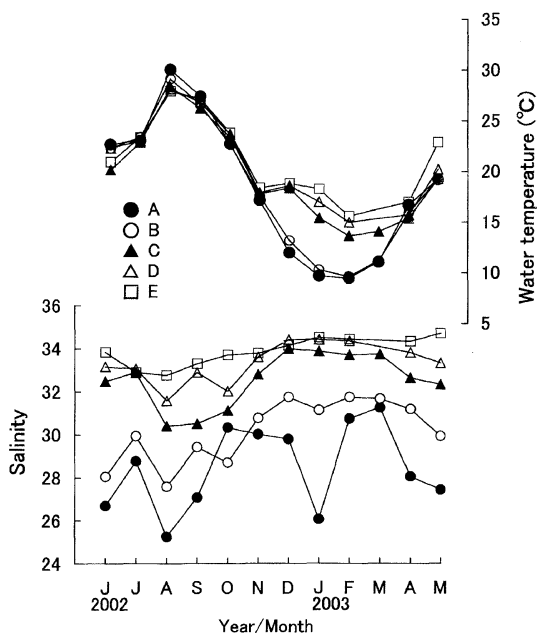


Fig. 2. Monthly changes of surface water temperature (top) and salinity (bottom) from June 2002 to May 2003 at five sampling stations in Tokyo Bay. Alphabets indicate sampling stations shown in Fig. 1.

3. 結果

3.1 水温と塩分

水温は、6月には20~23°Cであったが、8月には28~30°Cまで上昇した(Fig. 2)。その後は下降し、どの定点も2月に最低水温を記録した(9~15°C)。その後、水温は上昇し5月には19~22°Cであった。水温は、6~11月には各定点でほぼ同様に推移したが、12~3月にかけては、湾奥側の定点AとBでC~Eより6~9°C低かった。4、5月には、各定点間の水温の差異は再び小さくなった。

塩分は年間を通して湾奥から湾外へかけて高くなる傾向が見られた(Fig. 2)。定点A, Bでは年間を通して25(A, 8月)と32(B, 2月)の間を大きく変化した。定点Cでは8~10月に30~31であったが、その他の月では32~34を示した。定点D, Eでは、年間を通して32~35の間で比較的安定していた。

3.2 出現魚種の概要

本研究で採集された仔稚魚は、45科80種以上12,888個体であった(Table 1)。このうち湾外の定点Eでは、18科24種からなる4,100個体が採集され、もっとも多かったのはカタクチイワシ *Engraulis japonicus* (3,974個体)で全体の96.9%を占めた。次いで、コノシロ *Konosirus*

Table 1. Larvae and juveniles collected from the sampling stations (St. A-E) in surface waters of Tokyo Bay from June 2002 to May 2003

Family/Species	St. A-D				St. E				Species code
	Number	Month	Size range (TL,mm)	Developmental stage*	Number	Month	Size range (TL,mm)	Developmental stage*	
Congridae									
<i>Muraenesox cinereus</i>	1	Sep.	10.0	pre.	-	-	-	-	
Clupeidae									
<i>Sardinella zunasi</i>	1,628	Mar., June.Sep.	4.8-15.1	yol.-pos.	1	Aug.	5.0	pre.	Sz
<i>Konosirus punctatus</i>	1,284	Mar.-July	3.8-5.9	yol.-pre.	41	July	4.2-8.2	yol.-fle.	Kp
<i>Sardinops melanostictus</i>	-	-	-	-	7	Jan.	8.0-9.1	pre.	Sa
Engraulididae									
<i>Engraulis japonicus</i>	4,037	Mar.-Oct.	4.9-32.2	pre.-juv.	3,974	Apr.-Aug.,Oct.,Jan.	3.7-27.9	pre.-pos.	Ej
Gonorynchidae									
<i>Gonorynchus abbreviatus</i>	-	-	-	-	1	Oct.	5.5	pre.	Ga
Synodontidae									
<i>Trachinocephalus myops</i>	1	Sep.	4.0	pre.	-	-	-	-	
Myctophidae									
Myctophidae sp.	1	Sep.	3.0	pre.	-	-	-	-	
Atherinidae									
<i>Hypoatherina valenciennei</i>	102	Jun., Aug., Sep.	5.3-22.5	pre.-juv.	-	-	-	-	
Exocoetidae									
<i>Cypselurus hiraii</i>	1	July	13.5	juv.	-	-	-	-	
<i>Cypselurus heterurus doederleini</i>	2	May, July	6.8,7.0	pos.	-	-	-	-	
Scomberesocidae									
<i>Cololabis saira</i>	-	-	-	-	1	Jan.	8.0	pos.	Cs
Fistulariidae									
<i>Fistularia petimba</i>	-	-	-	-	1	Sep.	37.6	juv.	Fp
Syngnathidae									
<i>Urocampus nanus</i>	1	May	33.5	juv.	-	-	-	-	
<i>Syngnathus schlegeli</i>	8	July, Oct., Dec.	15.9-68.2	pre.-juv.	-	-	-	-	Ss
<i>Hippocampus mohnikei</i>	19	July, Sep., Oct.	7.0-25.0	juv.	3	July	11.1-26.5	juv.	Hm
Scorpaenidae									
<i>Sebastes marmoratus</i>	29	Nov.-May	2.9-4.0	pre.	-	-	-	-	Sm
<i>Sebastes inermis</i>	63	Dec.-Mar.	4.5-7.2	pre.-fle.	1	Jan.	4.5	pre.	Si
<i>Sebastes schlegeli</i>	35	Mar.	4.4-6.5	pre.	-	-	-	-	
<i>Sebastes pachycephalus pachycephalus</i>	1	Apr.	11.2	fle.	-	-	-	-	Sp
Scorpaenidae sp.1	1	July	3.0	pre.	-	-	-	-	
Scorpaenidae sp.2	4	Sep., Oct.	2.8-3.2	pre.	-	-	-	-	
Scorpaenidae sp.3	1	Sep.	8.5	pos.	-	-	-	-	
Scorpaenidae sp.4	1	May	4.5	pre.	-	-	-	-	
Tetrarogidae									
Tetrarogidae sp.	3	May	3.0	pre.	-	-	-	-	
Triglidae									
<i>Chelidonichthys spinosus</i>	1	Dec.	14.0	juv.	-	-	-	-	
Platycephalidae									
Platycephalidae sp.	1	Oct.	3.0	pre.	-	-	-	-	
Hexagrammidae									
<i>Hexagrammos otakii</i>	35	Jan.-Mar.	6.9-31.3	pre.-juv.	-	-	-	-	Ho
Cottidae									
<i>Astrocottus matsubarae</i>	1	Mar.	6.0	fle.	-	-	-	-	
Percichthyidae									
<i>Lateolabrax spp.</i>	4	Feb., Mar.	4.5-5.0	yol.	-	-	-	-	La
Teraponidae									
<i>Terapon jarbua</i>	11	Sep., Oct.	1.9-3.2	pre.	-	-	-	-	
<i>Rhyncopelates oxyrhynchus</i>	7	Aug., Sep.	3.4-7.0	pre.-pos.	-	-	-	-	
Apogonidae									
<i>Apogon lineatus</i>	6	Oct.	2.3-7.2	pre.-pos.	-	-	-	-	Al
Sillaginidae									
<i>Sillago japonica</i>	368	July, Aug., Oct.	2.2-10.2	pre.-pos.	1	Aug.	5.0	fle.	Sj
Labracoglossidae									
<i>Labracoglossa argentiventris</i>	-	-	-	-	1	Dec.	4.0	pre.	
Carangidae									
<i>Seriolina nigrofasciata</i>	1	Sep.	21.8	juv.	-	-	-	-	
<i>Seriola quinqueradiata</i>	-	-	-	-	1	May	6.2	pre.	
<i>Seriola dumerili</i>	1	July	12.8	juv.	-	-	-	-	
<i>Trachurus japonicus</i>	6	July., Sep.	3.5-10.2	pre.-pos.	41	May	1.9-2.1	yol.	Tj
<i>Decapterus sp.</i>	26	Sep. Oct.	5.1-15.0	pre.-juv.	4	June-Aug.	9.1	pos.-juv.	De

Table 1. Continued

Family/Species	St. A-D				St. E				Species code
	Number	Month	Size range (TL,mm)	Developmental stage*	Number	Month	Size range (TL,mm)	Developmental stage*	
Coryphaenidae									
<i>Coryphaena hippurus</i>	1	Sep.	13.2	pos.	-	-	-	-	
Leiognathidae									
<i>Leiognathus nuchalis</i>	2	July	5.2, 7.1	pos.	-	-	-	-	Ln
Haemulidae									
<i>Parapristipoma trilineatum</i>	1	May	4.0	pre.	-	-	-	-	
Sparidae									
<i>Acanthopagrus schlegeli</i>	40	May	2.9-7.6	pre.-pos.	1	July	7.6	pos.	As
<i>Pagrus major</i>	29	May, July	3.1-3.5	pre.	-	-	-	-	
Mullidae									
Mullidae sp.	-	-	-	-	1	Jan.	5.0	pre.	Mu
Girellidae									
<i>Girella</i> sp.	-	-	-	-	1	June	4.1	pre.	
Pomacentridae									
<i>Chromis notata notata</i>	87	Jun., Sep., Oct.	2.1-5.0	pre.-pos.	-	-	-	-	Cn
<i>Abudefduf vaigiensis</i>	3	Oct.	12.8-13.8	juv.	-	-	-	-	
<i>Pomacentrus coelestis</i>	-	-	-	-	1	June	10.2	juv.	
Pomacentridae sp.1	-	-	-	-	1	July	3.2	pre.	
Pomacentridae sp.2	4	Oct.	7.8-10.1	pos.	-	-	-	-	
Pomacentridae sp.3	68	Jul., Oct.	1.8-3.1	pre.	-	-	-	-	Po
Mugilidae									
<i>Mugil cephalus cephalus</i>	9	Feb., Mar.	26.8-31.2	juv.	1	Oct.	7.8	juv.	Mc
Labridae									
<i>Pseudolabrus japonicus</i>	1	Nov.	2.6	pre.	-	-	-	-	
Uranoscopidae									
<i>Xenopthalmus elongatus</i>	-	-	-	-	1	Aug.	5.0	pos.	
Blenniidae									
<i>Parablennius yatabei</i>	200	May-Oct.	1.5-10.0	yol.-fle.	1	July	4.9	pre.	Py
<i>Omobranchus fasciolatoceps</i>	1	July	3.0	pre.	-	-	-	-	
<i>Omobranchus punctatus</i>	44	July, Aug.	2.8-7.5	pre.-pos.	-	-	-	-	Op
<i>Omobranchus elegans</i>	3	Jun., Aug., Oct.	3.0-17.9	pre.-juv.	-	-	-	-	
<i>Petroscirtes breviceps</i>	2	Aug.	3.0, 13.0	pre., Juv.	-	-	-	-	
Blenniidae sp.	2	July	3.0, 3.3	pre.	-	-	-	-	
Callionymidae									
Callionymidae spp.	122	Jul., Sep., Oct.	1.2-10.0	yol.-Juv.	-	-	-	-	Ca
Gobiidae									
<i>Luciogobius</i> sp.	1	Apr.	3.0	pre.	-	-	-	-	
<i>Acentrogobius pflaumii</i>	1	July	40.0	juv.	-	-	-	-	
Gobiidae spp.	80	Jan.-Oct.	1.9-7.0	yol.-pos.	-	-	-	-	Go
Siganidae									
<i>Siganus fuscescens</i>	2	Sep.	18.0, 23.9	juv.	-	-	-	-	
Sphyraenidae									
<i>Sphyraena pinguis</i>	4	July, Aug.	3.2-5.2	pre.	-	-	-	-	
Gempylidae									
Gempylidae sp.	1	Sep.	2.4	pre.	-	-	-	-	
Scombridae									
<i>Scomber</i> spp.	85	Apr.-Aug.	1.9-5.0	yol.-pre.	9	Apr., June, July	3.9-5.2	pre.-fle.	Sc
Scombridae sp.	1	Aug.	5.0	pre.	-	-	-	-	
Pleuronectidae									
<i>Pleuronichthys cornutus</i>	1	Jan.	2.8	yol.	-	-	-	-	Pc
<i>Pleuronectes yokohamae</i>	2	Feb., Mar.	4, 5.2	pre.	-	-	-	-	
Pleuronectidae sp.1	3	Sep.	2.0-4.0	yol.-pre.	-	-	-	-	
Pleuronectidae sp.2	3	Feb.	3.4-4.0	pre.	-	-	-	-	Pl
Soleidae									
<i>Heteromycteris japonica</i>	1	Sep.	4.2	fle.	-	-	-	-	
Cynoglossidae									
<i>Cynoglossus robustus</i>	2	Sep.	2.2, 3.4	yol.	-	-	-	-	
Triacanthidae									
<i>Triacanthus biaculeatus</i>	1	Aug.	2.4	pre.	-	-	-	-	
Monacanthidae									
<i>Rudarius erodes</i>	201	Sep., Oct.	2.0-15.0	pre.-juv.	-	-	-	-	Re
<i>Stephanolepis cirrhifer</i>	76	May, Aug.-Oct.	4.5-13.9	pos.	4	Aug., Sep.	6.9-15.2	pos.-juv.	Sc
Unidentified specimens	13				1				

For sampling stations, see Fig. 1.

*Developmental stage : yol., yolk sac larva ; pre., preflexion larva ; fle., flexion larva ; pos., postflexion larva ; juv., juvenile.

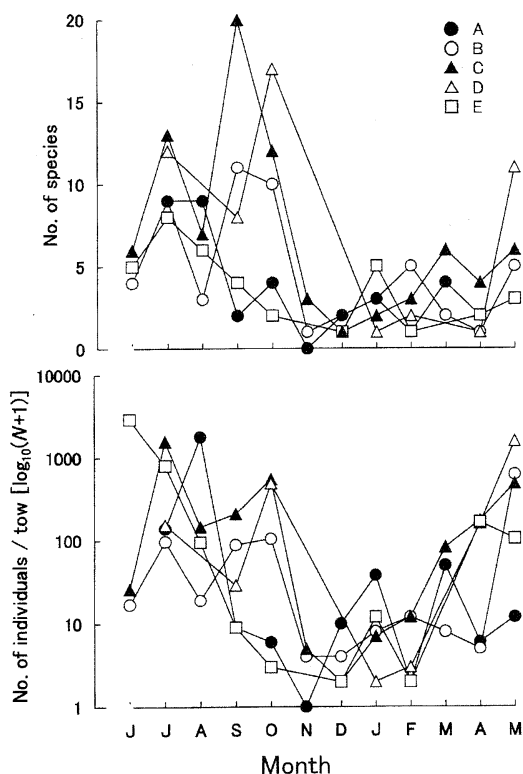


Fig. 3. Monthly changes of the number of species (top) and individuals (bottom) for larvae and juveniles collected from each station in Tokyo Bay from June 2002 to May 2003. Alphabets indicate sampling stations shown in Fig. 1.

*punctatus*とマアジ *Trachurus japonicus* がともに41個体採集された。その他には、サバ属 spp. *Scomber* spp. (9個体)、マイワシ *Sardinops melanostictus* (7)、ムロアジ属 sp. *Decapterus* sp. (4)、カワハギ *Stephanolepis cirrhifer* (4)、サンゴタツ *Hippocampus mohnikei* (3) が上位を占めた。

湾内(定点A~D)では、38科69種からなる8,788個体が採集された。湾内で多かったのは、カタクチイワシ(4,037個体)、サッパ *Sardinella zunasi* (1,628)、コノシロ(1,284)、シロギス *Sillago japonica* (368)、アミメハギ *Rudarius ercodes* (201)、イソギンポ *Parablennius yatabei* (200)、ネズボ科 spp. *Callionymidae* spp. (122)、トウゴロウイワシ *Hypoatherina vallienciennei* (102) などであった。

3.3 各定点の種数と個体数の経月変化

定点Eの種数は7月に最も多く8種が出現した (Fig.

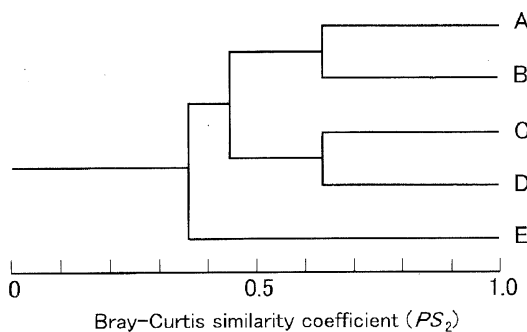


Fig. 4. Dendrogram of sampling stations based on the Bray-Curtis similarity coefficient for fish assemblages at five stations (St. A-E) in Tokyo Bay from June 2002 to May 2003.

3)。7月以降は徐々に減少し、12月と2月に最少(1種)となったが、1月には5種が出現した。定点B~Dでは、7~10月にかけて多く、BとCでは9月(B: 11種, C: 20種)、Dは10月(17種)に種数が最多となった。11月以降には急激に種数が減少し、4月までは6種以下で推移した。また、定点Aは7月と8月に最多(9種)となり、9~4月は4種以下で推移した。

湾外の定点Eの個体数は6月に最多を示した(2,915個体; Fig. 3)。その後は減少し、12月と2月に最少(1個体)となり、4月以降は再び増加した。その他の定点では、B~Dでよく似た推移の様式を示した。これらの定点では、5月と7~10月にかけて個体数が多く(最多は、B: 625個体, D: 1,591個体,ともに5月; C: 1,571個体, 7月)、11~2月に少ない(S(1~11個体))という傾向が見られた。また、定点Aは8月(1,789個体)に最多となり、11月(0個体)に最少を記録するまで減少した。11~5月は低い値ながらも増減をくりかえすが、1月と3月は比較的多く出現した(それぞれ37, 49個体)。

3.4 各定点の群集組成の類似度に基づくクラスター分析

周年をまとめたデータに基づくクラスター分析では (Fig. 4)、定点Eが類似度0.36でA~Dと分かれた。さらに、A~Dは類似度0.45で定点A, BとC, Dに分かれ、それぞれ類似度0.63, 0.62でクラスターを形成した。

季節ごと(春季4, 5月; 夏季7月, 秋季9, 10月; 冬季1, 2月)にクラスター分析を行った結果では (Fig. 5)、夏季に定点EがC, Dと類似度0.53でクラスターを形成した。しかし、その他の季節では、A~Dが類似度0.34(秋季)~0.49(春季)で一つのクラスターを形成し、類似度0.12(冬季)~0.36(春季)でEがこれらに加わった。

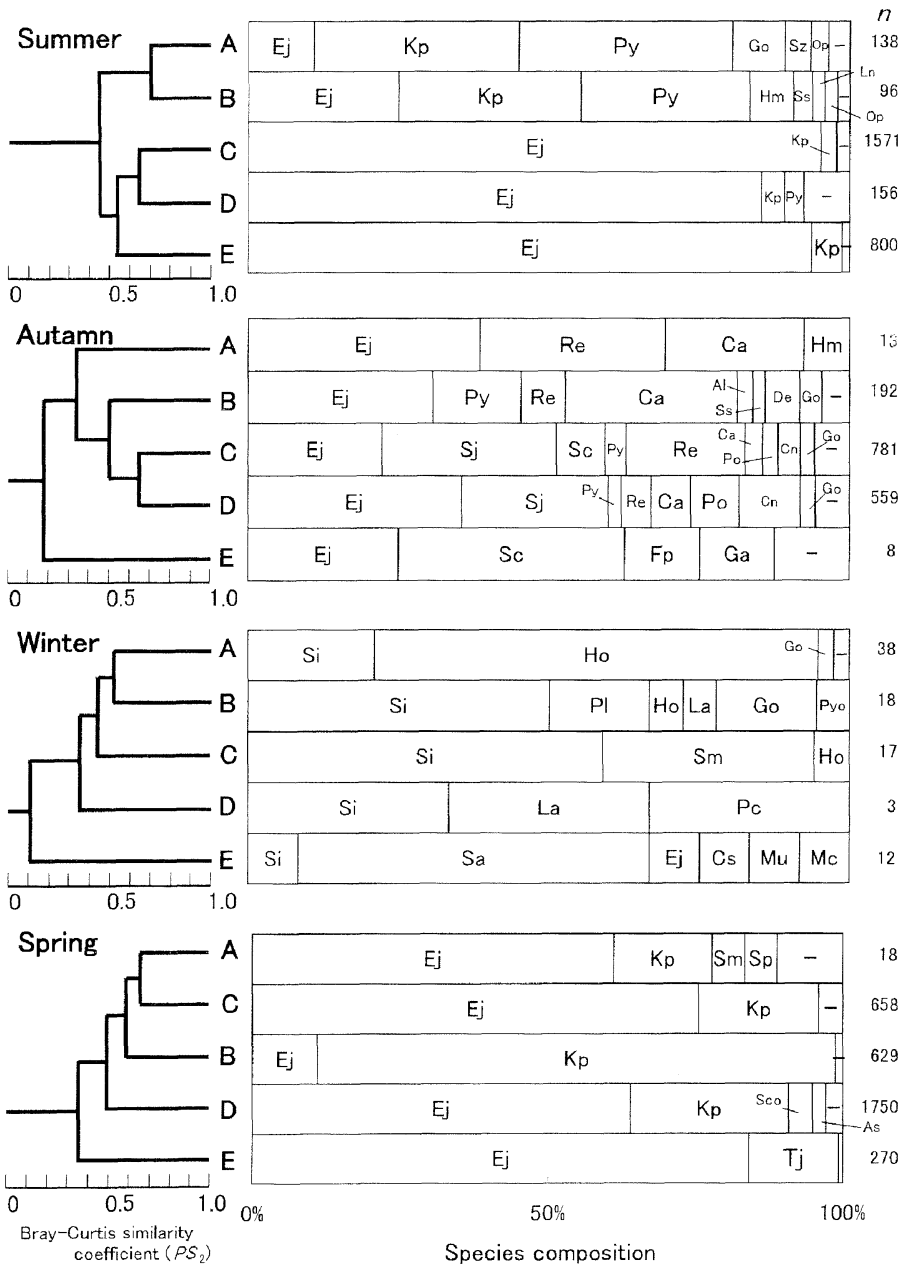


Fig. 5. Dendrogram of sampling stations based on the Bray-Curtis similarity coefficient for fish assemblages and species composition at five stations (St. A-E) by seasons in Tokyo Bay. Species codes are given in Table 1. Species occurring more than 2% in number at each sampling station are shown.

3.5 各季節における各定点の出現種 (Fig. 5)

夏季 (7月) : 定点C, DおよびEではカタクチイワシが優占し, 総個体数の85.3~95.1%を占めた。一方, AとBではカタクチイワシの割合は少なく (10.9~25.0%), コノシロ (30.2~34.1%), イソギンボ (28.1~35.5%)が高い割合で出現した。

秋季 (9, 10月) : カタクチイワシは全ての定点で出現した (22.3~38.5%)。定点Eでは, カワハギ (37.5%), アカヤガラ *Fistularia petimba*, ネズミギス *Gonorynchus abbreviatus* (12.5%) が出現し, A~Dではネズミギス科 spp. (2.9~28.6%), イソギンボ (2.1~14.6%), アミメハギ (5.0~30.8%), ハゼ科 spp. (2.5~3.6%) が出現した。また, CおよびDではシロギス (24.3~28.9%) が優占していた。

冬季 (1, 2月) : 全ての定点においてメバルが出現したが, 定点Eにおける割合は他の定点に比べて低かった (E: 8.3%, A~D: 21.1~58.8%)。Eではマイワシが優占したほか (58.3%), カタクチイワシ, サンマ *Cololabis saira*, ヒメジ科 sp. Mullidae sp., ボラ *Mugil cephalus cephalus* が出現した。その他の定点では, アイナメ *Hexagrammos otakii*, スズキ属 spp. *Lateolabrax* spp., ハゼ科 spp. *Gobiidae* spp. などが出現した。

春季 (4, 5月) : Bを除く全ての定点でカタクチイワシが優占した (63.9~84.1%)。Eでは, その他にマアジ (15.2%) が大きな割合を占めた。その他の定点ではコノシロ (18.8~26.9%) が多く出現し, Bでは優占種となった (87.8%)。

4. 考察

4.1 東京湾内の仔稚魚相

本研究で得られた東京湾内表層域の仔稚魚組成と, 湾内全域における3年にわたる採集データをまとめた加納ら (2002) の結果を比較した。加納ら (2002) では, カタクチイワシ, サッパ, コノシロ, シロギス, アミメハギ, イソギンボ, ネズミギス科 spp., トウゴロウイワシ, ハゼ科 spp., メバル, イダテンギンボ *Omobranchus punctatus* などが優占種となっており, 本研究の結果もこれとほぼ一致している。さらに, 加納ら (2002) では, 富津と観音崎を結ぶ線を境に, 内湾域と外湾域で群集組成が分かれることを報告しており, 本研究でも, 周年のデータをまとめて解析した場合にこれと同様の結果を得た。しかしながら, 季節ごとのクラスター分析の結果では, このように分かれなかった場合があった。

4.2 東京湾近傍水域の仔稚魚相の特徴

本研究では, 周年のデータをまとめて, あるいは季節ごとに行ったクラスター分析のいずれにおいても, 湾近傍の群集組成が湾内のそれとは異なることが明らかとなった。ただ, 夏季においてのみ, カタクチイワシが湾口か

ら湾外にかけて (定点C~E) 著しく優占したことにより, EとC・Dの比較的高い類似性が示された。カタクチイワシ以外に湾近傍で出現した主な魚種は, アカヤガラとネズミギス (秋季), マイワシ, サンマ, ヒメジ科 sp. およびボラ (冬季), マアジ (春季) であった (Fig. 5)。これらの種は, 隠岐島近海, 黒潮隣接海域 (本州南方~東方), 佐渡海峡, 東北海区, 薩南海域などの日本周辺の外海域で優占種となることが知られている (千田, 1962; 服部, 1964; 沖山, 1965; 小達, 1967; 松田, 1969)。一方, 東京湾 (本研究; 加納ら, 2002) のほか, 油谷湾 (森, 1995), 大槌湾 (YAMASHITA and AOYAMA, 1984), 女川湾 (川端・大森, 1993) などの内湾域で優占するハゼ科, ネズミギス科, アミメハギ, イソギンボ, メバル, カサゴ *Sebastes marmoratus*, シロギスなどは, 湾近傍ではわずかしこ出現していない。本研究を行った海域は, 東京湾に隣接するにもかかわらず, 表層における群集組成は, 湾内の群集組成と著しく不連続であり, 一般的な外海域の特徴を有していると考えられる。

4.3 東京湾近傍水域の仔稚魚相に影響を与える要因

女川湾における研究では, 群集組成の違いによって極沿岸域, 湾奥, 湾口および湾外に海域が区分され, その要因として外洋水の影響の強弱があることが示唆されている (川端・大森, 1993)。本研究では, 年間を通して, 内湾から湾近傍にかけて徐々に塩分が高くなる傾向がみられた。これらの傾向は湾奥部に大きな河川があり, 河川水の影響を受ける一方, 湾口部では外洋水の影響を強く受けることなどによるものと考えられる (宇野木, 1993)。しかし, 夏季 (6月) や冬季 (12~2月) では定点C~Eでほとんど塩分が同じであり, 水温については, 年間を通してC~Eでは大きな差異がみられなかった。したがって, 本研究の結果では, 少なくとも塩分や水温という環境要因から, 湾近傍と湾内の群集組成の不連続性を説明することはできなかった。

森 (1995), 加納ら (2002) あるいは LAURA *et al.* (1998) は, 仔稚魚の分布を決定する最も大きな要因が種ごとの産卵場所の相違にあることを指摘している。本研究で, 各季節で湾近傍にのみ出現した種のうち, マイワシでは, 卵・仔稚魚は12~3月にかけて大島近海から相模灘や相模湾東部海域に出現し, マサバでは, 大島近海で産卵された卵の一部が相模灘に流入してくることが報告されている (中田, 1979)。また, ネズミギス稚魚は9~11月に房総近海, サンマ稚魚は2~3月に黒潮主流域, マアジ稚魚は4~6月に伊豆諸島周辺海域と, いずれも外海域に濃密分布域がみられる (服部, 1964)。このことから, 東京湾近傍水域の仔稚魚相は, おもに外海域で産卵された卵やふ化した仔稚魚が供給されることと, カタクチイワシのように内湾から外海域に広く仔稚魚が分布するタイプの種とによって形成されていると考えられる。

ただし、サバ属 spp. は、本研究では湾近傍よりも湾内で個体数が多く、その分布様式を決定する要因は不明である。また、湾内で沈性卵を産むか産仔すると考えられる魚種（例えばハゼ科、ネズッコ科、イソギンボ、カサゴ、メバルなど）が湾近傍でほとんど出現しなかったが、これは、これらの仔稚魚の湾内から外海への分散が、表層ではあまり起きていないことを示唆するものと考えられる。

謝辞

仔稚魚のサンプリングにご協力いただき、有益なご助言を賜った東京海洋大学の石丸 隆教授、山口征矢教授、田中祐志助教授、堀本奈穂助手に厚くお礼申し上げる。毎月の仔稚魚のサンプリングにご協力いただいた東京海洋大学研究練習船「青鷹丸」の栗田嘉宥船長をはじめ、乗組員の皆様に心から感謝する。また、東京海洋大学海洋環境学科の学生諸氏には、船上での様々な作業をお手伝いいただいた。Erin WITTEKE氏には英文を校閲していただき、池田正史氏と長岩友佳子氏には標本の管理・登録に協力していただいた。ここに感謝する。

文献

- 荒山和則・今井 仁・加納光樹・河野 博 (2002) : 東京湾外湾の碎波帯の魚類相. *うみ*, **40**, 59-70.
- 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**, 1-104.
- 加納光樹・小池 哲・河野 博 (2000) : 東京湾内湾の干潟域の魚類相とその多様性. *魚類学雑誌*, **47**, 115-129.
- 加納光樹・荒山和則・今井 仁・金沢 健・小池 哲・河野 博 (2002) : 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. *うみ*, **40**, 11-27.
- 川端 淳・大森迪夫 (1993) : 女川湾における浮遊期稚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.
- KENDALL, Jr., A. W., E. H. AHLSTROM and H. G. MOSER (1984) : Early life history stages of fishes and their characteristics. *In* *Ontogeny and Systematics of Fishes*. MOSER, H. G., W. J. RICHARDS, D. M. COHEN, M. P. FAHAY, A. W. KENDALL, Jr. and S. L. RICHARDSON (eds.), *Am. Soc. Ichthyol. Herpetol. Spec. Publ.* **1**, p.11-22.
- 小林四郎 (1995) : 生物群集の多変量解析. 蒼樹書房, 東京, 194 pp.
- 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.
- 桑原悠宇・土田奈々・元山 崇・河野 博・加納光樹・島田裕至・三森亮介 (2003) : 葛西人口渚西浜 (東京湾湾奥部) の魚類相. *うみ*, **41**, 28-36.
- LAURA, S. A., F. C. CESAR 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.
- 松田星二 (1969) : 南西海区水域に出現する魚卵・稚魚の研究-I. 出現種類と出現期. 南西海区水産研究所研究報告, **2**, 49-83.
- 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.
- 中坊徹次 (編) (2000) : 日本産魚類検索 (第二版). 東海大学出版会, 東京, 1474 pp.
- 中田尚宏 (1979) : 神奈川県沿岸域に出現する魚卵・稚仔魚について. 相模湾資源環境調査報告書, **2**, 117-128.
- 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. 東北海区水産研究所研究報告, **27**, 61-69.
- 沖山宗雄 (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研究報告, **15**, 13-37.
- 沖山宗雄 (編) (1988) : 日本産稚魚図鑑. 東海大学出版会, 東京, 1154 pp.
- 千田哲資 (1962) : 隠岐島近海に於ける魚卵・稚魚の出現について. I. 出現する種類. *日本生態学会誌*, **12** (4), 152-157.
- 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., 86pls.
- 宇野木早苗 (1993) : 東京湾の水と流れ. 東京湾の地形・地質と水 (貝塚爽平編), 築地書館, 東京, p.135-186.
- 山根武士・岸田宗範・原口 泉・阿部 礼・大藤三矢子・河野 博・加納光樹 (2003) : 東京湾内湾の人工海浜2地点 (葛西臨海公園と八景島海の公園) の仔稚魚相. *うみ*, **42**, 35-42.
- YAMASHITA, Y. and T. AOYAMA (1984) : Ichthyoplankton in Otsuchi Bay on northeastern Honshu with reference to the time-space segregation of their habitats. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **50**, 189-198.

2004年11月25日受付
2005年11月12日受理

大槌湾における海面熱収支の経年変動

安保綾子*¹・長島秀樹*¹・根本雅生*¹・轡田邦夫*²・乙部弘隆*³

Inter-annual variation of heat budget through the sea surface in Otsuchi Bay.

Ayako ANBO*¹, Hideki NAGASHIMA*¹, Masao NEMOTO*¹, Kunio KUTSUWADA*² and
Hirotaka OTOBE*³

Abstract : We investigated inter-annual variation of heat budget through the sea surface of Otsuchi Bay by using weather and sea condition data supplied by International Coastal Research Center, the University of Tokyo and neighborhood meteorological stations, the Japan meteorological agency. The results show a clear difference in heat budget between the 80' and 90'. This difference is attributed to differences in both downward shortwave radiation and wind speed in Tohoku area.

Keywords : Otsuchi Bay, Heat budget, Downward shortwave radiation, Wind speed

1. 緒言

大槌湾は、岩手県の東部、陸中海岸のほぼ中央に位置する三陸リアス式湾の一つである。湾奥には、東京大学海洋研究所国際沿岸海洋研究センター（当時の名称は、大槌臨海研究センターで、以下センターと略す）が1973年に設立され、臨海におけるフィールド研究施設として機能している。同センターでは、1977年から稼動している海象・気象観測装置（四竈ら、1978）により風向、風速、気温などの海上気象要素のほか、湾内の1定点における海水温が4層で四半世紀以上にわたり連続観測されている。これらの資料は、旬平均値として大槌臨海研究

センター報告に収録され、沿岸に生息する生物環境をモニターする資料として利用されている。また、これらの資料は、湾内の水温変動を支配すると考えられる海面を通しての熱収支を知る上で有用である。このような観点から乙部ら（1979, 1982）は、大槌湾における海面熱収支を評価することに着手した。その後、これらの研究を踏まえ、轡田・四竈（1988）は1978年から1987年の海面熱収支の時間変化に対して考察を行った。その結果、湾内水温の季節変化は、海面を通しての熱フラックスによってほぼ説明できるが、経年変化は海面熱フラックスのみによって説明することは困難であり、湾外の水温変化に依存することを指摘している。しかし、1988年以降の水温変動や海面熱収支に関しては、旬平均値として毎年大槌臨海研究センター報告に記されているが、長期的な変動については考察されていない。

そこで本研究では、1980年から1999年のデータを使用して海面熱収支の経年変動を調べたところ、80年代90年代に大きな相違があることがわかり、この20年の変化を80年代と90年代に分けて、それぞれの年代における海面熱収支の特徴を把握し、年代間の相違を生む気象要因を明らかにすることを目的とした。また、大槌湾の海面熱収支を支配するこの気象要因について、東北地方広域の気象データに基づいて考察した。

2. 資料と計算方法

大槌湾は、南北約2 km、東西約8 km、湾口部の平均

*¹ 東京海洋大学海洋科学部 〒108-8477 東京都港区港南4-5-7

Department of Ocean Sciences, Tokyo University of Marine Science and Technology, 4-5-7 Konan, Minato-ku, Tokyo 108-8477, Japan

*² 東海大学海洋学部海洋科学科 〒424-8610 静岡県静岡市清水折戸3-20-1

School of Marine Science and Technology, Tokai University, 3-20-1 Shimizu-Orido, Shizuoka 424-8610, Japan

*³ 東京大学海洋研究所国際沿岸海洋研究センター 〒028-1102 岩手県上閉伊郡大槌町赤浜2-106-1 International Coastal Research Center, Ocean Research Institute, the University of Tokyo, 2-106-1 Akahama, Otsuchi, Iwate 028-1102, Japan

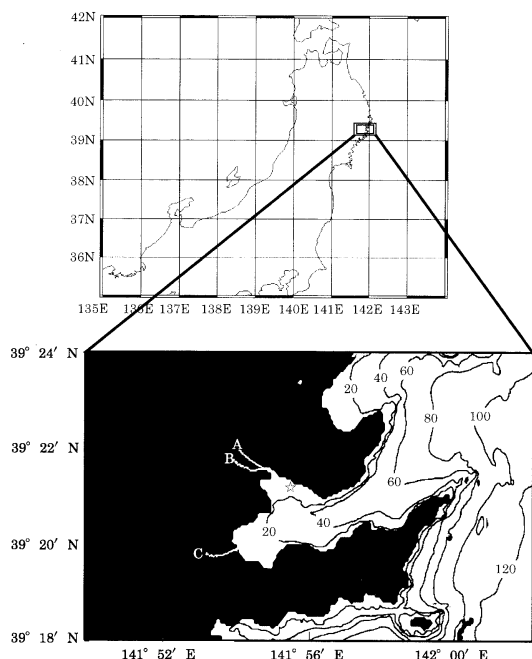


Fig. 1. Coastal and Bottom topography in Otsuchi Bay. Numerals attached to lines denote depth in meter. ☆ : Sea-condition and weather monitor station. A : Otsuchi river, B : Kotsuchi river and C : Unosumai river.

水深は約80mの湾である。湾軸はほぼ東西に位置し湾口部は東向きである。また、湾内には3つの河川が流入する (Fig. 1)。大槌湾の海象・気象資料は、センターが設置した海象・気象観測総合記録装置により連続的に得られている。それらの中で本研究に使用した項目は、水温 (1m深)、風速、気温、湿度、海面気圧、日射 (短波放射の下向き成分、全放射 (下向き成分) である。ただし、1990年以前の気象データは測器の故障による欠測が多い等のため、近隣の宮古と大船渡における測候所が測定したデータを用いて推定した (安保ら、投稿中)。解析にあたっては、気象庁が提供している日射量や風速データと同様に、月平均値を用いた。解析期間は、1980年から1999年までの20年間である。また、考察では、Fig. 2に示すように、臨海都市である青森市、秋田市、酒田市、宮古市、仙台市、小名浜 (いわき市) の気象データを用いた。

次に、海面熱収支の算出方法を示す。海面を通しての熱フラックスは、次のように表すことができる。

$$Q_n = Q_r + Q_e + Q_h \dots\dots (1)$$

ここで、 Q_n は海面熱収支、 Q_r は放射フラックス、 Q_e は潜熱フラックス、 Q_h は顕熱フラックスである。各フラックスは下記の経験式を用いて求めた。

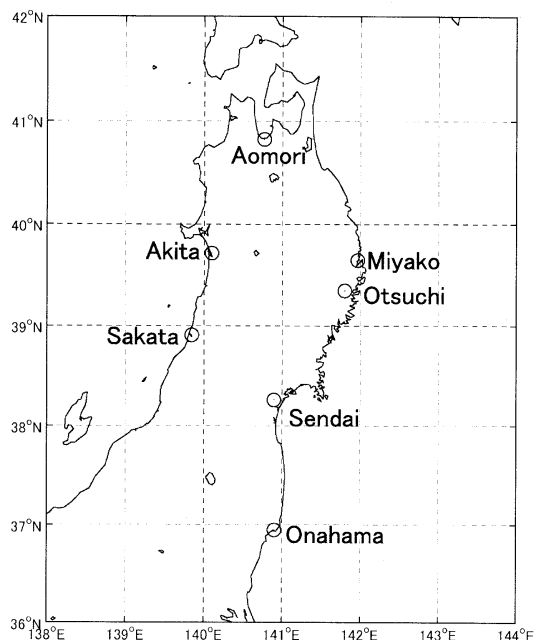


Fig. 2. Meteorological data used in this study collected by local meteorological stations at 6 cities in Tohoku area.

$$Q_r = (Q_{sd} - Q_{su}) + \epsilon(Q_{ld} + Q_{lu}) \dots\dots (2)$$

$$Q_{su} = rQ_{sd} \dots\dots (2a)$$

$$Q_{lu} = \sigma T_w^4 \dots\dots (2b)$$

$$Q_e = \rho C_p C_s W (q_a - q_w) \dots\dots (3)$$

$$Q_h = \rho C_p C_s W (T_a - T_w) \dots\dots (4)$$

計算式 (2)~(4) の各変数と定数の説明を、Table 1に示す。なお、 L 、 ρ 、 C_p 、 C_s は、それぞれ気象ハンドブック (1979)、理科年表 (1979)、Kondo (1975) を使用した。また、それぞれの熱フラックスは、大気から海洋への値を正としている。

3. 結果

1980年から1999年における放射収支 (Q_r)、潜熱 (Q_e)、顕熱 (Q_h)、海面熱収支 (Q_n) の変化をみるため、それらの月平均値の時系列をFig. 3に示す。いずれも顕著な季節変化を示している。 Q_r の経年変化は明瞭ではないが、90年代の1990、1993、1995、1996年の夏季において他の年と比較すると小さい傾向がみられる。また、 Q_r はほとんどの年に5月から6月と8月から9月にピークが2つ現れる。冬季の Q_r は年による相違は小さい。一方、 Q_e と Q_h は、冬季において経年的な変化がみられる。特に、80年代と比較して90年代の Q_e と Q_h の値は小さく、海から大気への熱輸送が増加している。

Table 1. Items for calculating equations of (2)-(4).

Symbol	Content	Value/Unit
Qsd	Downward shortwave radiation	W/m^2
Qld	Downward longwave radiation	W/m^2
Qsu	Upward shortwave radiation	W/m^2
Qlu	Upward longwave radiation	W/m^2
ρ^{*1}	Air density	1.15-1.33 kgm^{-3}
ε	Emissivity at the sea surface	0.9
r	Albedo at the sea surface	0.06
L^{*2}	Latent heat of evaporation	2.43-2.52 Jkg^{-1}
qw	Saturated specific humidity at T_w	
qa	Specific humidity	
T_w	Sea surface temperature	$^{\circ}C$
T_a	Air temperature	$^{\circ}C$
σ	Stefan-Boltzmann constant	$5.673 \times 10^{-8} Wm^{-2}K^{-4}$
C_p	Specific heat of air	1002.8
C_s, C_L^{*3}	Bulk transfer coefficients	

*1 ρ is computed by using Chronological Scientific Table (1979).

*2 L is computed by using Meteorological handbook (1979).

*3 C_s, C_L is computed by using Kondo (1975).

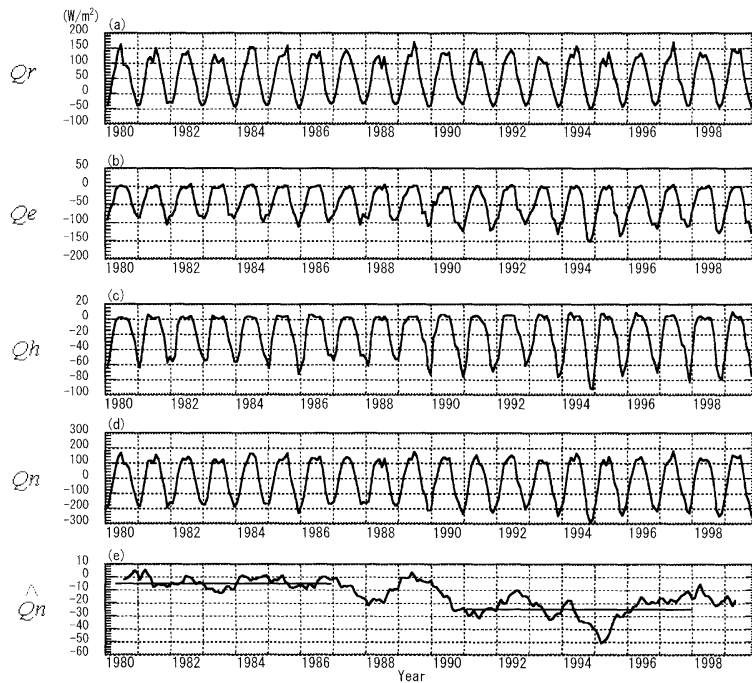


Fig. 3. Time series of heat fluxes; a) monthly mean of Q_r , b) monthly mean of Q_e , c) monthly mean of Q_h , d) monthly mean of Q_n and e) 12-month moving average of \hat{Q}_n . Two solid lines indicate the average from 1980 to 1986 and from 1991 to 1997.

Q_r, Q_e, Q_h をすべて加算した海面を通しての正味の熱収支である Q_n は、夏季における経年変動は明瞭ではないが、冬季は年とともに減少する傾向がみられる。そこで、 Q_n の経年変動を明確にするため、 Q_n の12ヶ月移動平均 \hat{Q}_n を求め、結果をFig. 3 (e) に示した。 \hat{Q}_n は全

期間を通して、 $5.3 \sim -51.1 W/m^2$ の範囲で変動しているが、数年スケールの変動を繰り返しながら80年代から90年代にかけて減少傾向にあることがわかる。この傾向を詳細にみると、1980年から1987年までは、平均値 $-4.9 W/m^2$ を中心として約 $\pm 10 W/m^2$ 以内の比較的狭

Table 2. Q_n , Q_r , Q_e and Q_h averaged over 20years between 1980 and 1999.

	Q_n	Q_r	Q_e	Q_h
20-year average* ¹	-15.3	53.1	-46.7	-21.6
80's* ²	-4.9	54.0	-39.3	-19.6
90's* ³	-25.6	52.1	-54.1	-23.6
Difference between 90's and 80's	-20.7	-1.9	-14.8	-4.0

Unit: W/m²*¹ between 1980 and 1999.*² between 1980 and 1986.*³ between 1991 and 1997.Table 3. Monthly average of Q_r , Q_e and Q_h in 80' s and 90' s, and their difference.

Q_r												
	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
80's	-35.3	-1.6	49.0	97.2	125.7	128.7	126.3	125.7	70.0	22.5	-20.8	-39.0
90's	-32.7	1.9	45.3	97.3	120.5	121.2	133.7	113.2	60.5	24.3	-18.1	-42.2
90's-80's	2.6	3.5	-3.7	0.1	-5.2	-7.5	7.4	-12.5	-9.5	1.8	2.7	-3.2
Q_e												
	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
80's	-84.0	-60.5	-33.1	-7.4	-3.1	-2.6	0.7	-0.5	-33.2	-70.7	-88.8	-88.5
90's	-109.0	-85.2	-53.8	-23.4	-6.6	-2.3	1.4	-10.4	-47.0	-80.2	-112.0	-120.8
90's-80's	-25.0	-24.7	-20.7	-16.0	-3.6	0.3	0.7	-9.9	-13.8	-9.6	-23.2	-32.3
Q_h												
	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
80's	-60.8	-43.7	-13.5	2.8	3.1	1.7	1.8	2.6	-7.2	-25.0	-42.9	-54.6
90's	-69.9	-51.9	-22.0	2.2	6.4	4.1	4.2	1.4	-10.1	-26.9	-50.0	-70.6
90's-80's	-9.2	-8.2	-8.5	-0.7	3.2	2.4	2.4	-1.2	-2.9	-1.9	-7.1	-16.1

Unit: W/m²

い範囲で変化している。しかし、1987年の中頃から減少傾向に転じ、1987年から1990年までは、冷却傾向がさらに強まる1991年以降の期間への移行期と考えられる。1987年1月から1990年12月の間に約20 W/m²の減少を示す。この減少は、1986年以前にはみられない大きいものである。1991年以降においては変動を示すものの常に負の値を示し、平均値は-25.6 W/m²となっている。この期間における Q_n は、最大でも-10.1 W/m²である。

また、1994年から1995年にかけて冬季には Q_n が低下し、海面から冷やされる傾向が顕著にみられた。これは北西からの卓越季節風の強化に起因する潜熱、顕熱フラックスの増加によると考えられる(乙部ら, 1995)。このことはまた、Fig. 3 (b) と (c) で Q_e と Q_h の冬季における値が小さいことに対応している。また、夏季(1995年6月)については、Fig. 3にもみられるように、 Q_r が平年に比べ小さいことによるが、これはこの時期雨天の日が多く、日射量が例年より低下したためである(乙部ら, 1996)。

この Q_n の急激な低下の後、 Q_n は1995年の冬季に向って増大する。1997年以降の Q_n は、90年代初期の変化よ

りは、それほど大きな変動ではなく比較的安定している。このように1990年以降において Q_n は変動を示すもの、平均的には1980年から1986年の Q_n に比べ小さな値をとっている。

以上のように、1987年から1990年を移行期として考えると、それ以前と以降では Q_n の値に大きな相違がみられる。そこで、この相違に着目し、以後便宜的に1980年から1986年までの期間を80年代、1991年から1997年までの期間を90年代として呼ぶことにした。

80年代と90年代における各熱フラックスの平均値($\overline{Q_n}$, $\overline{Q_r}$, $\overline{Q_e}$, $\overline{Q_h}$)を、Table 2に示す。これより、 $\overline{Q_n}$ は、80年代では-4.9 W/m²、90年代では-25.6 W/m²で、両年代の間には20.7 W/m²もの差がある。この差は、大槌湾の晴天時における冬季の日中短波放射の25%に相当する。このように、大槌湾は平均的にみると海面から冷やされる傾向にあるが、90年代では80年代よりさらに冷やされる傾向が強まっていることがわかる。各熱フラックスをみると、90年代の放射収支($\overline{Q_r}$)、潜熱フラックス($\overline{Q_e}$)、顕熱フラックス($\overline{Q_h}$)は80年代と比べそれぞれ1.9 W/m²、14.8 W/m²、4.0 W/m²低く

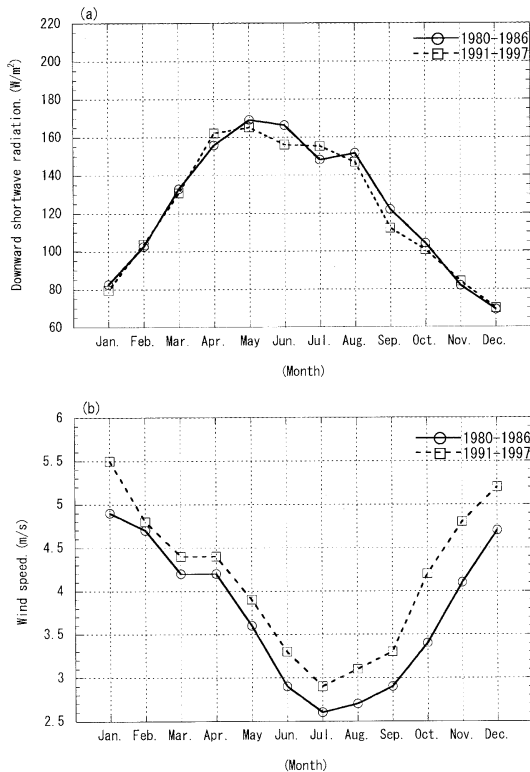


Fig. 4. Seasonal variation of downward shortwave radiation (a) and wind speed (b), observed in 80's (circle) and 90's (square).

なっており、中でも $\overline{Q_e}$ は最も大きな差がみられる。そこで、このような各熱フラックスの相違を詳細に調べるために、それぞれの熱フラックスの月平均値を求め、結果をTable 3に示した。これによると、 $\overline{Q_r}$ は3, 5, 6, 8, 9, 12月において、90年代の方が80年代に比べて小さくなっていた。その中で、特に6, 8, 9月が顕著であり、それぞれ年代間で 7.5 W/m^2 , 12.5 W/m^2 , 9.5 W/m^2 の差があった。最も大きな差がみられたのは8月である。一方、1, 2, 4, 7, 10, 11月においては、他の月と反対に日射量は90年代の方が大きい。しかし、7月の 7.4 W/m^2 を除いて全般的にその差は小さく 3.5 W/m^2 以下となっている。一方、 $\overline{Q_e}$ は6, 7月を除く全ての月で90年代の方が80年代より小さい、特に11月~3月の冬季において年代間の差が大きく、12月に最大値 32.3 W/m^2 を示す。また、 $\overline{Q_h}$ は、 $\overline{Q_e}$ とほぼ同様な季節的な変化を示していた。以上のように、80年代と90年代の $\overline{Q_r}$, $\overline{Q_e}$, $\overline{Q_h}$ には差があるが、その差は季節によって異なる。

そこで、これらの差が生じる原因を明らかにするため、各気象要素の中で Q_r に大きな影響を及ぼす(2)式の Q_{sd} , および Q_e , Q_h に大きな影響を及ぼす(3), (4)式の W に関して月別に検討した。Fig. 4は、大槌湾に

おける日射量と風速の年代別の月平均値の推移を示したものである。Fig. 4に示した日射量をみると、90年代は80年代に比べ5, 6月と8, 9月に値が低く、その中でも6月における年代間の差は 10.1 W/m^2 と最も大きかった。これとは逆に7月は 7.1 W/m^2 と90年代の日射量の方が80年代より大きかった。これらの結果は、前述したように90年代の Q_r が80年代より、5, 6, 8, 9月において小さいことと一致する。さらに、90年代の日射量が80年代より大きいことは、90年代の Q_r が80年代に比べ7月において大きいこととも一致する(Table 3)。したがって、日射量の年代間での相違が Q_r の年代間の相違を引き起こしていることがわかる。

次に、Fig. 4に示した風速をみると、年間を通して常に90年代の方が強く、10月~1月の年代間の差はそれぞれ 0.6 , 0.8 , 0.7 , 0.6 m/s であった。90年代の風速が全ての月で80年代と比べ大きいことは、90年代の Q_e と Q_h がほぼ全ての月で80年代と比べ小さいことの要因となっていることがわかる(Table 3)。また、90年代の風速が80年代と比べ、特に10月~1月において大きいことは、前述した冬季の90年代の $\overline{Q_e}$ が80年代と比べ小さいことの要因である。したがって、風速における年代間の相違が Q_e と Q_h の年代間の相違を引き起こしていることがわかる。

4. 考察

1980年~1999年において、大槌湾は、平均的にみると海面から冷やされていることを述べた。この冷やされる傾向を経年的にみると、80年代より90年代において強まり、その結果、1987年~1990年を移行期としてそれ以前と以後では大きな相違が生じている。この明瞭な相違は、日射量と風速の相違に起因していた。

そこで、大槌湾でみられた日射量と風速の80年代と90年代における相違が、東北地方でどの程度広範囲にみられるかを調べた。Fig. 5に、それぞれの期間における月平均日射量を示す。左側に日本海側の都市を、右側に太平洋側の都市を表示している。全ての都市において、6月から7月に極小がみられ、これは梅雨と密接な関係があることを示している。Fig. 5から、80年代と比べ90年代において日射量が少ない時期は、仙台市、小名浜では5月、他の都市では6月、また、青森市、宮古市、仙台市では9月にも日射量が減少する傾向がみられた。特に、6月にはTable 4に示した全ての都市において日射量が減少している。Sato and Takahashi (2001)は、近年、全国的に夏季の日照時間が減少していると指摘しており、その原因として日本周辺の寒帯気団の強化を挙げている。このことは、大槌湾および東北地方における90年代夏季の日射量が80年代と比べて少ないことを裏付けている。

次に、大槌湾の80年代と90年代における風速の相違が、東北地方でどの程度広範囲にみられるかを調べた。Fig.

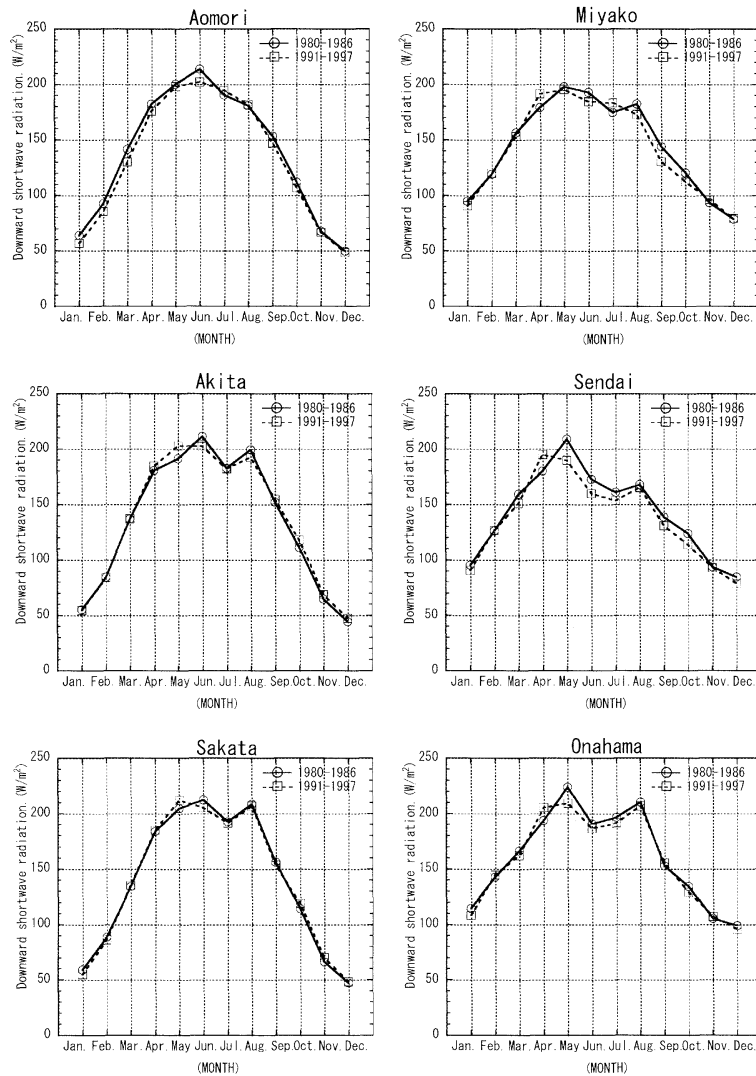


Fig. 5. Comparison of monthly shortwave radiation averaged over a period between 1980 and 1986 (circle) with those between 1991 and 1997 (square) in 6 cities.

6は、それぞれの期間における月平均風速を表している。月平均風速は、冬季から春季にかけ最も強くなり夏季に最も弱くなる。また、小名浜、秋田市、酒田市を除いて、いずれの月においても90年代は80年代に比べ風速が強くなっていることがわかった。Table 4に各都市における各月平均風速の90年代と80年代の差を示す。これによると、青森市、宮古市、仙台市、大槌湾では冬季から春季にかけて、秋田市、酒田市は、夏季において、風速が80年代と比べると90年代において強くなっていた。近隣の宮古市、仙台市は、年代間で比較すると1月から2月に相違が顕著で90年代では80年代と比べ、両市ともに平均0.9 m/s強くなっていた。さらに、6つの都市の90年代

の風速から80年代の風速を差し引いた年平均値は、青森市が0.8 m/s、秋田市が0.4 m/s、酒田市が0.3 m/s、宮古市が0.6 m/s、仙台市が0.5 m/s、小名浜が0.1 m/sである。このように、東北地方ほぼ全域において90年代は80年代に比べ程度の差はあるものの風速が強くなっていることがわかる。

杉本・吉田(2002)は、北太平洋冬季における風応力場を調べ、亜寒帯循環と亜熱帯循環の境界にあたるcurl $\tau = 0$ となる緯度帯が、1980年代前半には36°N付近であったのに対して、1990年代には38°N付近に移動していると指摘している。このことは、90年代には、強風帯が大槌湾の位置する39°Nにより近づいたことを意味す

Table 4. Difference of monthly mean of downward shortwave radiation and wind speed between 90's and 80's.

Downward shortwave radiation

	Aomori	Miyako	Sendai	Onahama	Sakata	Akita	Otsuchi
Jan.	-7.2	-3.9	-4.7	-6.4	-4.1	-0.8	-3.0
Feb.	-7.2	0.9	0.5	2.1	-2.4	-0.2	1.1
Mar.	-11.5	-3.3	-8.3	-4.2	1.2	0.3	-2.1
Apr.	-6.3	12.4	14.9	11.7	1.2	3.9	6.2
May	-2.2	-2.7	-19.1	-14.6	7.5	11.6	-4.0
Jun.	-11.6	-8.5	-12.8	-4.1	-7.2	-8.9	-10.1
Jul.	4.2	8.6	-7.4	-5.0	-1.3	-0.6	7.1
Aug.	1.1	-9.6	-2.6	-3.6	-1.8	-6.8	-4.7
Sep.	-6.3	-13.6	-7.8	2.7	-2.8	2.6	-9.8
Oct.	-5.2	-8.0	-10.1	-5.1	4.8	6.8	-3.5
Nov.	-0.8	2.7	-0.7	1.8	3.9	4.0	2.3
Dec.	-1.2	0.4	-5.9	-3.2	0.9	3.1	0.7

Unit:W/m²

Wind speed

	Aomori	Miyako	Sendai	Onahama	Sakata	Akita	Otsuchi
Jan.	0.7	0.8	0.8	0.1	-0.3	-0.4	0.6
Feb.	0.9	1.0	0.9	0.2	0.3	0.2	0.1
Mar.	1.0	0.5	0.4	0.2	0.5	0.3	0.2
Apr.	1.1	0.7	0.8	0.2	0.7	0.6	0.2
May	0.6	0.7	0.6	0.2	0.5	0.4	0.3
Jun.	0.8	0.4	0.4	0.1	0.6	0.4	0.4
Jul.	0.9	0.4	0.3	0.0	0.9	0.6	0.3
Aug.	0.7	0.4	0.2	-0.1	0.8	0.6	0.4
Sep.	0.8	0.4	0.4	0.2	0.8	0.7	0.4
Oct.	0.6	0.4	0.1	0.0	0.1	0.1	0.8
Nov.	0.9	0.7	0.4	0.2	0.3	0.3	0.7
Dec.	0.9	0.3	0.3	0.0	0.3	0.4	0.5

Unit:m/s

る。このため、90年代には大槌湾での風速が強まったものと考えられる。このような傾向は、大槌湾だけのローカルな現象ではなく、東北地方広域にみられる (Fig. 4, 6)。

以上をまとめると、1980年から1999年における大槌湾海面熱収支を調べた結果、海面熱フラックスは総じて海より大気への向きであり、海面を通して大槌湾は冷やされていることがわかった。また、90年代は、80年代と比べその傾向が強くなり、年代間の差は20.7 W/m²に達する。これは、90年代における夏季の日射量の減少、冬季における風速の増大が原因であることがわかった。

謝辞

本研究は、東京大学海洋研究所国際沿岸海洋研究センターとの共同研究として行われた。研究を行うにあたり、貴重な資料を提供いただき、数々のご協力を賜りました同センターの皆様へ深く感謝いたします。また、本論文に対して有益なコメントをいただいた査読者の方々に心より感謝いたします。なお、本研究は平成16、17年度科学研究費補助金の援助を受けた。

文献

- 安保綾子・長島秀樹・根本雅生・乙部弘隆：大槌湾で連続観測された海象・気象データの特性とその利用。東京大学海洋研究所国際沿岸海洋研究センター研究報告，投稿中。
- 朝倉 正・関口理郎・新田 尚 (1979)：気象ハンドブック。朝倉書店，東京，661pp。
- KONDO, J. (1975)：Air-sea bulk transfer coefficients in diabatic conditions. *Boundary-Layer Meteorol.*, 9, 91-112.
- 響田邦夫・四竈信行 (1988)：大槌湾における海面熱収支の変動特性。東京大学海洋研究所大槌臨海研究センター報告，14, 47-53。
- 文部省国立天文台 (編) (1979)：理科年表。丸善，東京，437pp。
- 乙部弘隆・四竈信行・中井俊介・平 啓介・服部明彦 (1979)：大槌湾における熱収支の研究のための予備観測。東京大学海洋研究所大槌臨海研究センター報告，5, 1-7。
- 乙部弘隆・四竈信行・中井俊介・平 啓介・服部明彦

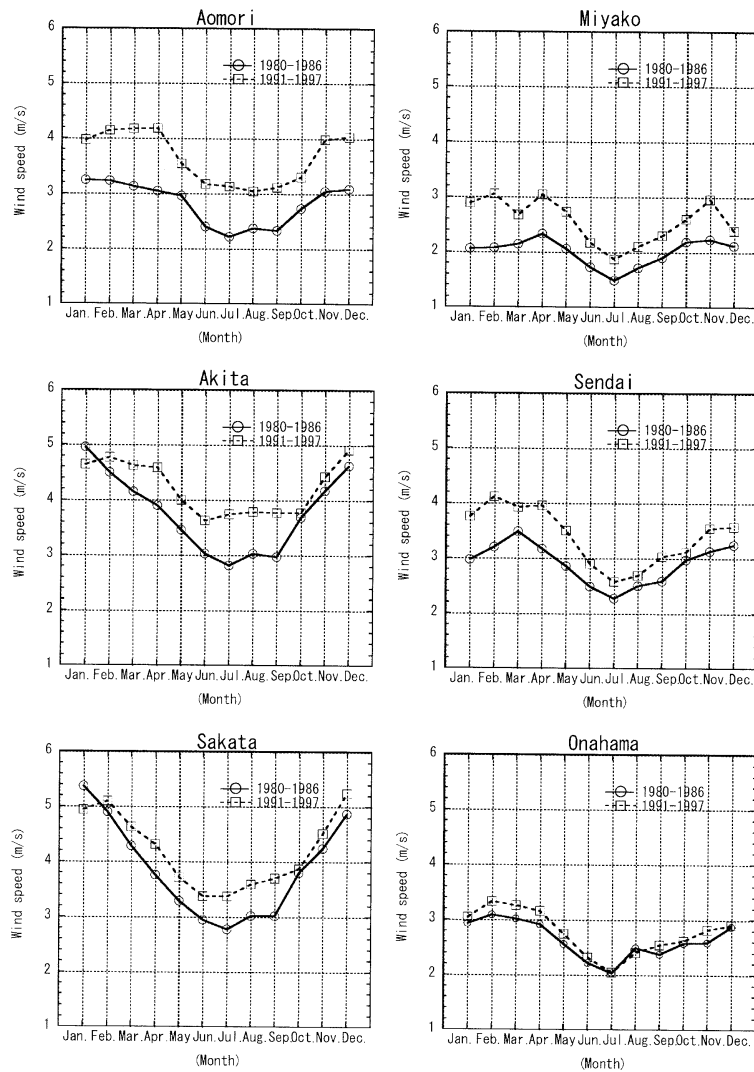


Fig. 6. Comparison of monthly wind speed averaged over a period between 1980 and 1986 (circle) with those between 1991 and 1997 (square) at 6 cities.

(1982)：大槌湾における熱収支の研究のための予備観測－Ⅲ．東京大学海洋研究所大槌臨海研究センター報告，8，77-82.

乙部弘隆・佐々木千昭・盛田孝一・川村 忠・平野健一 (1995)：海象・気象観測結果 (1994年版)．東京大学海洋研究所大槌臨海研究センター報告，20，91-106.

乙部弘隆・加賀美美・佐々木千昭・盛田孝一・平野健一・佐渡欣也・川村 忠 (1996)：海象・気象観測結果 (1995年版)．東京大学海洋研究所大槌臨海研究センター報告，21，93-109.

SATO, N. and M. TAKAHASHI (2001)：Long-term

Variations of the Baiu Frontal Zone and Mid summer Weather in Japan. *J. Meteor. Soc. Japan*, 79 (3), 759-770.

四竈信行・川村 忠・藤井繁幸 (1978)：海象・気象総合記憶装置について．大槌臨海研究センター報告，4，80.

杉本悟史・吉田 隆 (2002)：表面水温の長期変動，SAGE第1分科会講演要旨，SAGE，つくば，茨城.

2005年10月13日受付

2005年12月4日受理

資 料

第 43 卷第 3 号掲載欧文論文の和文要旨

カレド ホサイン・大村卓朗・武田誠一・石丸 隆：カラヌス目カイアシ類 *Acartia omorii* に対するテストステロンの影響

日本沿岸に多量に分布するカラヌス目カイアシ類 *Acartia omorii* に対する内分泌攪乱物質テストステロンの影響を調べた。メスの成体に対する急性毒性が $1\mu\text{M}$ 以上の濃度で認められ、96時間の半数致死濃度は $8\mu\text{M}$ であった。卵の生産と、孵化に対する影響は、それぞれ $0.1\mu\text{M}$ 、 $2\mu\text{M}$ 以上の濃度で見られたが、その影響はテストステロンに暴露した時間には依存しなかった。メスの成体に対する暴露の影響は卵の孵化には影響しないものと考えられる。

A. omorii の卵の生産は内分泌攪乱物質に対して極めて感受性が高く、甲殻類の成長に対する影響評価テストに用いることが可能である。

(東京海洋大学海洋環境学科海洋生物学講座 〒108-8477 東京都港区港南4-5-7)

奥村裕*, 河野洋一**, 神山孝史, 鈴木敏之, 山下洋***：仙台湾で採捕されたマコガレイ中のダイオキシン類濃度

仙台湾で採捕されたマコガレイ中のダイオキシン類(ダイオキシン、シベンゾフラン、コプラナーPCB)濃度を測定した。マコガレイに蓄積していたダイオキシン/ジベンゾフランは、主に農薬の不純物と考えられているダイオキシン異性体や、2,3,7,8-位に塩素置換した異性体であった。コプラナーPCB 異性体は、ダイオキシン/ジベンゾフランより濃度が高く、中でも PCB#118 と PCB#105 の濃度が高かった。いくつかのダイオキシン類異性体はマコガレイの全長との間に有意な相関関係があり、回帰式は線形近似より多項式近似の方が適合する傾向にあった。マコガレイはある長さまで全長が長くなるに従いダイオキシン類濃度も増加したが、それ以上になると全長が長くなるに従い、ダイオキシン類濃度は逆に減少した。また、コプラナーPCB は全ダイオキシン類の TEQ の 50%以上を占めており、リスクアセスメントの観点からコプラナーPCB の調査が重要と考えられた。

(* 独立行政法人水産総合研究センター東北区水産研究所 〒985-0001 宮城県塩釜市新浜町 3-27-5. **財団法人日本食品分析センター 〒206-0025 東京都多摩市永山 6-11-10. ***京都大学フィールド科学教育研究センター舞鶴水産実験所 〒625-0086 京都府舞鶴市字長浜無番地)

Xuhui XIE, 長島秀樹, 根本雅生：南大洋インド洋セクターの海水密接度に見られる西方伝播シグナル

National Snow and Ice Data Center (NSIDC) が提供している1979-99年の21年間に得られた南大洋における海水密接度(SIC)資料の解析を行った。まず、 $25\times 25\text{km}$ の解像度を持つそれぞれのグリッドで得られている毎月の海水密接度資料より21年間の月平均からの偏差を求めた。このデータより、南緯63度42分についてホフメラー図を作成したところ、太平洋区、インド洋区では南極周極波(ACW)の性質を持つ東方伝播のシグナルが見られたに対し、インド洋区ではACWと異なり西方伝播のシグナルが明瞭に認められた。このシグナルはおよそ5年の周期をもち、 3.3cm/s の速さで伝播する。つぎに、National Centers for Environmental Prediction (NWCP) が提供しているSea Surface Temperature (SST) の資料を加え、SIC資料とともにExtended Empirical Orthogonal Function (EEOF) 解析を行った。その結果、SSTの偏差は3海洋区とも東方伝播シグナルが顕著に見られた。また太平洋区と大西洋区ではSSTの正の偏差にSICの負の偏差がよく対応していた。しかしながら、インド洋区ではそのような対応は見られず、ホフメラー解析で得られたSICの変動はSSTの変動との関連性が乏しいことがわかった。

(東京海洋大学海洋環境学科 〒108-8477 東京都港区港南4-5-7)

学 会 記 事

1. 2005年6月4日(土)日仏会館会議室において、平成17年度学術研究発表会が開かれ発表題目と発表者は次の通り。

1. 大気・海洋間の二酸化炭素収支を考慮した二酸化炭素挙動解析……………○島根 彰男
 和田 明(日大・大学院)
 長谷川 一幸(財・海生研)
2. 南大洋インド洋セクターにおける乱流拡散と二重拡散対流について……………○平野大輔
 北出 裕二郎・松山 優治・長島 秀樹
 和高牧子・石井 美帆(海洋大)
3. Characteristic of Tidal Current Observed at the Oshima West Channel in Sagami Bay○An gmalisang, P.A., M. Matsuyama and Y. Kitade (Tokyo Univ. of Mari. Sci. and Tech.)
4. The Oceanic structures along 137° E line during the period of 1990-2002
 ……○Bernawis, L.I., K. Shimada and J. Yoshida (Tokyo Univ. of Mari. Sci. and Tech.)
5. 透明度深における透明度板のコントラストについて……………○荒川 久幸・稲田 真理
 森永 勤(海洋大)
6. 海底堆積粒子の定量的採取法について
 ……○荒川 久幸・○松田 あかり・益子正和
 森永 勤(海洋大)
7. マイワシの加入量変動と海洋環境との関係について……………○下山智美・桜本和美
 鈴木直樹(海洋大)
8. 沿岸域に生育するマコンブの生育域と水温変動との関係について……………○神谷徳成
 和田 明(日大・大学院)
 長谷川 一幸(財・海生研)
9. 14Cによる湘南港・東浜に打ちあがるハイガイ *Tegillarca granosa* (Linnaeus, 1758) の年代について……………黒部 典子(近畿大・理工工・遺伝)
10. 2002年の東京湾・相模湾における光合成一光曲線の季節変化……………○堀本 奈穂
 伊藤 洋介・石丸 隆・山口 征矢(海洋大)
11. 東京湾湾口部の仔稚魚相の鉛直構造
 ……○長岩理央・茂木正人・河野博(海洋大)
12. 東京湾湾口部における浅海域の仔稚魚相
 ……○丹羽 裕介・○茂木正人・長岩理央
 河野博(海洋大)

13. タラソセラピーのひとつ、牡蠣療法について
 ……○野村 正・村瀬 暁(NPO・日海療研)

2. 2005年6月4日(土)日仏会館会議室において第46回(平成17年度)総会が開かれた。議事の内容は次の通り。

1. 平成16年度事業報告
 1) 庶務関係
 会員異動状況

	H16年4月	入会	退会	逝去	資格変更	17年3月
名誉会員	2	-	-	-	-	2
正会員	269	7	10	0	0	266
学生会員	7	1	4	0	0	4
賛助会員	8	0	1	0	0	7

2) 活動状況

- 評議員会 1回(16/6/14)
- 幹事会 3回(16/4/26,16/6/14,16/11/29)
- 総会 1回(16/6/19 日仏会館於)
- 学術研究発表会 1回(16/6/19 日仏会館於)
- 学会誌発行 41巻4号~42巻1号
- 学会賞授与 磯田 豊(北海道大学16/6/19)
- 論文賞授与 藤村弘行(琉球大学 16/6/9)

3) 編集関係

学会誌「La mer」41(4), 42(1) 発刊

2. 平成16年度収支決算報告

平成16年度収支決算

収入の部		
費目	金額	備考
前年度繰越金	3,436	
正会員会費	1,082,000	延べ数 145名(外為含む)
学生会員会費	8,000	2名(4000×2名)
賛助会員会費	130,000	(7社、13口)
学会誌売上金	162,399	
広告料	20,000	
別刷り印刷費	480,500	

著者負担印刷費	250,000	
雑収入	99,311	(DVD販売、研究発表会会計、学術著作権使用料他)
収入合計	2,235,646	

支出の部		
費目	金額	備考
学会誌印刷費	1,325,870	41 (2-3) 一部、41 (4)、42 (1) 一部
送料・通信費	99,373	
事務費	688,089	人件費、事務用品、封筒他
交通費	19,500	
会議費	3,525	
学会賞経費	27,135	メダル、賞状他
雑費	20,487	郵便・銀行振込手数料他
次年度繰越(銀行残高)	51,667	
支出合計	2,235,646	

原案通り承認された。

3、平成17年度事業(案) 審議

- 1) 18、19評議員選出、会長選出、評議員会、総会、学術研究発表会、幹事会
- 2) La merの発刊
- 3) 日仏共同研究事業計画
ミニシンポジウム
「若手研究者のための日仏海洋研究相互理解について」の開催
- 4) ケルゲレン諸島学術調査事業

4、平成17年予算(案)

収入の部		
費目	金額	備考
正会員会費	1,120,000	140名×8000円
65歳以上会員	90,000	15名×6000円
学生会員会費	8,000	2名×4000円
賛助会員会費	130,000	(7社、13口)
学会誌売上金	160,000	
広告料	20,000	
著者負担別刷り印刷費	480,000	
著者負担印刷費	800,000	16編×50000円
雑収入	100,000	(要旨集売上、DVD売上、学術書著作権使用料他)

16年度繰越(銀行残高)	51,667	
収入合計	2,959,667	

支出の部		
費目	金額	備考
学会誌印刷費	2,000,000	4冊×500000円
送料・通信費	100,000	
事務費	700,000	人件費、事務用品、封筒他
交通費	20,000	
会議費	5,000	
学会賞経費	100,000	メダル、賞状他
雑費	25,000	郵便・銀行振込手数料他
予備費	9,667	
支出合計	2,959,667	

原案通り承認された。

5、平成17年度学会賞・論文賞受賞候補者推薦委員会委員

- 今脇資郎 小池勲夫 岸野元彰 門谷 茂
 関根義彦 小池 隆 松山優治 前川行幸
 関 文威 寺崎 誠 平 啓介 前田昌調
 磯田 豊

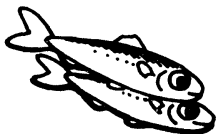
6、その他

引き続き石丸隆会員への学会受賞授与と受賞記念講演が行われた。終了後アトレ恵比寿店ライオンで懇親会がひらかれ盛会裡に終了した。

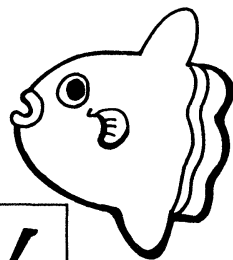
- ◎ 大会参加費：会員2,000円 学生会員1,000円
 非会員 3,000円(含要旨集)

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	千代田区神田神保町3-29 帝国書院ビル5F
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 (環境情報研究所)	横浜市都筑区早濑2-2-2
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	文京区湯島4-1-13-402
渡邊機開工業株式会社	愛知県渥美郡田原町神戸大坪230

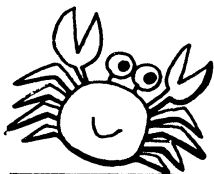


海洋生物資源を大切に利用する企業でありたい
 —— 青魚(イワシ・サバ・サンマ)から宝を深し出す ——



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

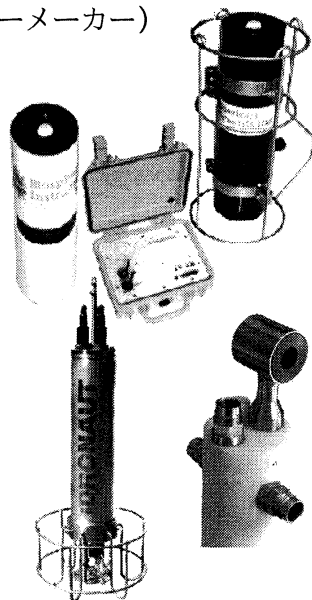
〒288-0045 千葉県銚子市三軒町2-1 TEL 0479(22)7555 FAX 0479(22)3538

● 製造品・水産缶詰・各種レトルトパウチ・ビン詰・抽出スープ・栄養補助食品・他

URL <http://www.fis-net.co.jp/shida/> メールアドレス: shida@choshinet.or.jp

Biospherical Instruments (水中分光放射計・PAR センサーメーカー)

- 10 ダイナミックレンジ水中分光プロファイラー
- 自然蛍光光度測定
- 洋上輝度観測モニター
- Scalar・Cosine PAR センサー
- モノクロセンサー

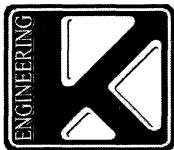


Idronaut (WOCE CTD メーカー)

- 24 ビット分解 メモリー/FSK プロファイラー
- 6 項目測定+ROSETTE 採水装置インタフェース
- 多項目観測プイ・ボルタンメトリー電極

Richard Brancker Research (水中ロガーメーカー)

- 24 ビット分解・RS インタフェース内蔵ロガー
- 6 項目測定



日本総代理店 **ケー・エンジニアリング株式会社**

〒111-0053 東京都台東区浅草橋 5-14-10

TEL 03-5820-8170 FAX 03-5820-8172

www.k-engineering.co.jp sales@k-engineering.co.jp

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		E-mail:
自 宅 住 所 〒		
電 話		E-mail:
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 (2004-2005年度)

委員長：吉田次郎

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)，L. SEURONT (フランス)，
T. R. PARSONS (カナダ)

幹 事：田中祐志，北出裕二郎

日仏海洋学会役員・評議員 (2004-2005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 ビエール・カブラン

名誉会長：ピエール・スイリ

会長：須藤英雄

副会長：山口征矢 八木宏樹

幹 事：(庶務) 山崎秀勝 森永 勤

(会計) 小池 隆 荒川久幸

(編集) 田中祐志 北出裕二郎

(研究) 河野 博 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：吉田次郎

評議員：青木三郎	有賀祐勝	荒川久幸	今脇資郎	石丸 隆	磯田 豊	市川 香
岩田静夫	内海真生	奥田邦明	神田穰太	岸野元彰	北出裕二郎	河野 博
小池勲夫	小池 隆	小池康之	小池義夫	小松輝久	斉藤誠一	佐伯和昭
佐藤博雄	須藤英雄	関根義彦	千手智晴	平 啓介	多田邦尚	高橋正征
田中祐志	谷口 旭	寺崎 誠	中田英昭	中田喜三郎	長島秀樹	永延幹男
前田明夫	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

2005年5月25日印刷
2005年5月28日発行

う み

第43巻
第3号

定価 ¥ 2,500

編集者 吉 田 次 郎

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)7641

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)0621

本雑誌に関する問い合わせ 電話番号 03(5463)0462

う み

第 43 卷 第 3 号

Notes originales

- Effects of Testosterone on the Calanoid Copepod, *Acartia omorii* Bradford
.....Khaled HOSSAIN, Takuo OMURA, Seiichi TAKEDA and Takashi ISHIMARU 69
- Dioxin concentrations in marbled sole collected from Sendai Bay, Japan
.....Yutaka OKUMURA, Youichi KOHNO, Takashi KAMIYAMA,
Toshiyuki SUZUKI, and Yoh YAMASHITA 75
- A westward propagation signal in the sea ice concentration in the Indian sector of the
Southern OceanXuhui XIE, Hideki NAGASHIMA, and Masao NEMOTO 89
- Larval and juvenile fish assemblages in surface waters at the mouth of Tokyo Bay
.....Riou NAGAIWA, Masato MOTEKI, Hiroshi KOHNO and Kiyoshi FUJITA 97
- Inter-annual variation of heat budget through the sea surface in Otsuchi Bay
.....Ayako ANBO, Hideki NAGASHIMA, Masao NEMOTO,
Kunio KUTSUWADA and Hirotaka OTOBE 105

Faits divers 113

Procès-verbaux 114

原 著

- カラヌス目カイアシ類 *Acartia omorii* に対するテストステロンの影響 (英文)
.....カレド ホサイン, 大村卓朗, 武田誠一, 石丸 隆 69
- 仙台湾で採捕されたマコガレイ中のダイオキシン類濃度 (英文)
.....奥村 裕, 河野洋一, 神山孝史, 鈴木敏之, 山下 洋 75
- 南大洋インド洋セクターの海水密度に見られる西方伝播シグナル (英文)
.....Xuhui XIE, 長島秀樹, 根本雅生 89
- 東京湾湾口部における表層域の仔稚魚相長岩理央, 茂木正人, 河野 博, 藤田 清 97
- 大槌湾における海面熱収支の経年変動安保綾子, 長島秀樹, 根本雅生, 響田邦夫, 乙部弘隆 105

資 料

第 43 卷第 3 号掲載欧文論文の和文要旨 113

学会記事 114

2005年 8 月

日 仏 海 洋 学 会