

# La mer

うみ

1993年8月

日 仏 海 洋 学 会

La Société franco-japonaise  
d'océanographie  
Tokyo, Japon

# SOCIÉTÉ FRANCO-JAPONAISE D'Océanographie

## Comité de Rédaction

(de l'exercice des années de 1992 et 1993)

*Directeur et rédacteur:* M. MURANO

*Comité de lecture:* S. AOKI, T. ARIMOTO, M. HANZAWA, M. HORIKOSHI, M. MAEDA, M. OCHIAI,  
H. SUDO, Y. YAMAGUCHI, T. YANAGI

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

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

### Note pour la présentation des manuscrits

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

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

Le manuscrit devra être présenté sous la forme suivante:

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

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

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

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

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

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

Les manuscrits devront être adressés directement au directeur de publication de la Société: M. MURANO, 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; T. ICHIYE, Department of Oceanography, Texas A & M University, College Station, Texas 77843, Etats-Unis; ou T. R. PARSONS, Department of Oceanography, University of British Columbia, Vancouver, B. C. V6T 1W5, Canada.

# A numerical simulation of the general circulation in the world ocean

## Part 1. Temperature and velocity fields\*

Chitose ARAKAWA\*\* and Kenzo TAKANO\*\*

**Abstract:** A numerical simulation is carried out for an annual cycle of the general circulation in the world ocean. The model ocean extends from 70°S to 70°N. The Arctic Ocean and ice phase are ignored. Salinity is assumed to be a constant. The grid size is 2° in longitude and latitude. The circulation is driven by a prescribed surface wind stress and a surface heat flux assumed to be proportional to the difference between the predicted sea surface temperature and a prescribed reference atmospheric temperature. The external forcing varies with a period of one year. Compared with observations, the simulated sea surface temperature is a little high at high latitudes in both hemispheres, and isotherms are not well concentrated in the Kuroshio and Gulf Stream regions. However, its major features agree well with observations. The so-called "Orient Express" ("Indian Ocean Express") is identified by subsurface isotherms. The Agulhas Retroflection clearly appears in the temperature, velocity and stream function for the transport. The Indonesian Throughflow may not be well simulated; in July-August it flows from the Indian Ocean to the Pacific Ocean. The transport of the Antarctic Circumpolar Current is compatible with observations, but the subtropical gyre extends to the north too much in the northern hemisphere.

### 1. Introduction

The purpose of the present study is to understand the mechanism for the ocean heat transport and its annual cycle in the global ocean, Pacific Ocean, Indian Ocean and Atlantic Ocean by use of an ocean circulation model.

The world ocean circulation is a key factor governing not only the global water mass distribution but also the global climate change through the ocean surface temperature which depends, to a great extent, on the ocean heat transport.

The circulation in the model ocean is driven by a wind stress and a surface heat flux. The external forcing is given by climatological data and varies with a period of one year.

Part 1 describes the temperature and velocity fields. A separate paper will present Part 2 which describes the meridional and interoceanic heat transports.

### 2. Model

The grid structure and the finite differencing are the same as those described in papers by TAKANO (1974, 1986). The model world ocean extends from 70°N to 70°S. The maximum water depth is 5000m. The Arctic Ocean is excluded. Five levels are set up in the vertical. The horizontal components of velocity are calculated at depths of 20, 280, 720, 1300 and 3100m. The vertical component of velocity is calculated at depths of 150, 500, 1010 and 2200m. The ocean depth is either of these four depths or 5000m. The grid size is 2° in longitude and latitude. The ocean geometry given by DBDB5 (National Geophysical Data Center, 1986) is approximated with this grid. Apart from the main landmass comprising Eurasia, Africa and the Americas, there are seven separate landmasses: the Antarctica, Madagascar, Australia, New Guinea, New Zealand, Japan, Iceland and England-Ireland. The coastlines are defined by points where the temperature and the vertical component of velocity are defined. Ice phase is ignored. Salinity is assumed to be a constant of 35‰ everywhere. The water density

---

\* Received March 18, 1993

\*\* School of Environmental Sciences, University of Tsukuba, Tsukuba 305

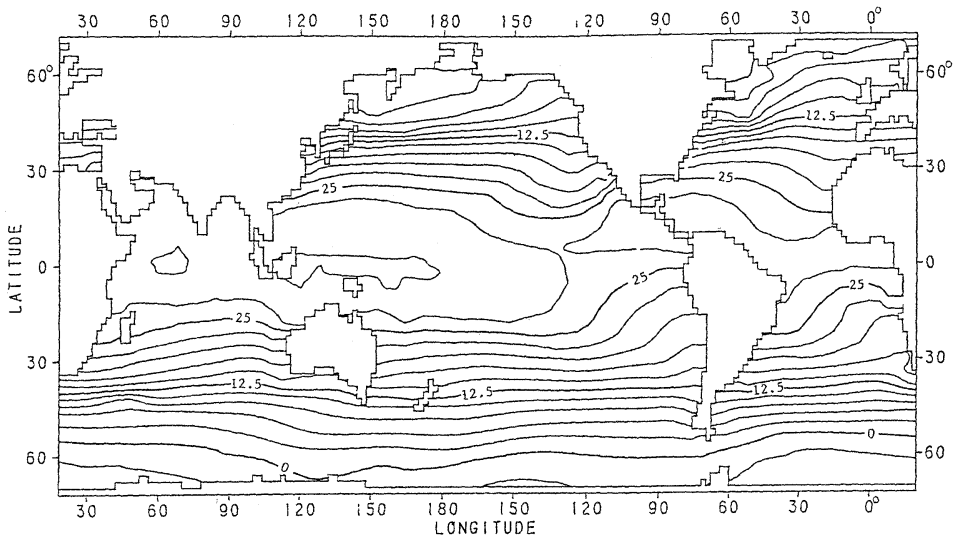


Fig. 1. Reference atmospheric temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ). Annual average.

is calculated as a function of temperature and depth with a formula of FRIEDRICH and LEVITUS (1972).

The momentum advection is neglected, because the grid size is too wide for the momentum advection to be significant.

Simple, conventional closure schemes are used for approximating subgrid scale diffusion of momentum and heat, except for vertical diffusion of heat. Instantaneous complete mixing of heat occurs over the unstable parts of the water column whenever the vertical stratification becomes unstable.

The horizontal velocity vanishes at the lateral boundary. The bottom friction ( $\tau_x$ ,  $\tau_y$ ) is calculated by assuming the presence of the bottom Ekman layer:

$$\tau_x = \rho \sqrt{|f|k/2} (u \mp v), \quad \tau_y = \sqrt{|f|k/2} (\pm u + v)$$

where  $\rho$  is the water density,  $k$  the coefficient of vertical diffusion,  $f$  the Coriolis parameter,  $u$  and  $v$  the eastward and northward components of velocity at the lowermost level, the upper signs refer to the northern hemisphere and the lower signs refer to the southern hemisphere.

The vertical component of velocity vanishes at the surface (rigid-lid approximation).

At the surface, the vertical shear of the horizontal velocity is specified by a given surface wind stress. Monthly climatological wind

stress data (HELLERMAN and ROSENSTEIN, 1983) on a grid of  $2^{\circ} \times 2^{\circ}$  are used.

There is no heat flux across the lateral and lower boundaries. The surface heat flux  $Q$  is made proportional to the difference between a specified reference atmospheric temperature  $T_a$  and the predicted temperature  $T_1$  at the uppermost level:

$$Q = \rho c d (T_a - T_1) \quad (1)$$

with a constant of proportionality  $d$  and the specific heat  $c$ .

The reference atmospheric temperature is determined as follows. Formula (1) gives

$$T_a = T_1 + Q/(\rho c d)$$

where monthly data by ESBENSEN and KUSHNIR (1981) are used for  $Q$  and  $T_1$ . Although  $d$  varies to some degree with time, longitude and latitude, a constant of  $30 \text{ W/m}^2$  is assumed. Since their data are given on a grid of  $4^{\circ} \times 4^{\circ}$ , linear interpolation is done to define  $T_a$  on a grid of  $2^{\circ} \times 2^{\circ}$ . Figure 1 shows the annual average of  $T_a$ . The space and time average of  $T_a$  is  $18.25^{\circ}\text{C}$  in the Indian Ocean,  $19.99^{\circ}\text{C}$  in the Pacific Ocean, and  $17.70^{\circ}\text{C}$  in the Atlantic Ocean. Between  $70^{\circ}\text{S}$  and  $38^{\circ}\text{S}$  the time-average of  $T_a$  is highest in the Pacific Ocean, between  $38^{\circ}\text{S}$  and  $24^{\circ}\text{S}$  it is highest in the Indian Ocean, and to the north of  $24^{\circ}\text{S}$  it is highest in the Atlantic Ocean.

The rigid-lid approximation breaks down the horizontal velocity into two components; one is the barotropic component (vertical average) and the other is the baroclinic component (deviation from the vertical average). While there is no interaction between both components of velocity through the momentum advection which is neglected here, there is through the combined effect of the pressure and depth gradient at the bottom, and through the heat advection.

Equation of continuity allows to introduce the stream function for the barotropic component of velocity multiplied by the water depth. The stream function is obtained by solving a vorticity equation. Hole relaxation technique (TAKANO, 1974) is used for determining the value of the stream function on the coast of each separate landmass (transport between landmasses).

The numerical computation consists of three phases. In Phase 1, the grid size is  $4^\circ$  in longitude and latitude. The coefficient of horizontal diffusivity is  $10^6 \text{m}^2/\text{s}$  for momentum, and  $5 \times 10^4 \text{m}^2/\text{s}$  for heat. The coefficient of vertical diffusion is  $10^{-4} \text{m}^2/\text{s}$  for momentum and heat. The annual averages of the wind stress and the reference atmospheric temperature are applied. With a time step of 6 hours, the momentum equations are integrated over 120 years from an initial state where there is no motion and the temperature varies with latitude and depth. Since a time step of 60 hours is applied to the thermal equation and a time step of 36 minutes to the vorticity equation, the simulated time is 1200 years for the thermal equation and 12 years for the vorticity equation.

In Phase 2, the grid size is reduced to  $2^\circ$  in longitude and latitude. The coefficient of horizontal diffusion is reduced to  $10^5 \text{m}^2/\text{s}$  for the momentum and to  $2.5 \times 10^3 \text{m}^2/\text{s}$  for the heat, but the coefficients of vertical diffusion remain unchanged. A large coefficient is required for momentum to suppress computational noise of checkerboard pattern (TAKANO, 1975). Starting from the final state in Phase 1, the time integration is forwarded for 12 years. A time step of 3 hours is applied to the momentum and thermal equations, while a time step of 22.5 minutes is applied to the vorticity equation. The external

Table 1. Values of  $d$ ,  $k$  and  $A$  (coefficient of horizontal diffusion of heat)

Case	$d(\text{W}/\text{m}^2\text{K})$	$k(10^{-4}\text{m}^2/\text{s})$	$A(10^3\text{m}^2/\text{s})$
1	30	1.0	2.5
2	30	1.0	1.0
3	60	1.0	1.0
4	60	0.3	1.0

forcing remains constant in time.

In Phase 3, the external forcing varies with a period of one year. Starting from the final state in Phase 2, the time integration is synchronously carried out over 42 years with the same time steps as in Phase 2. Since the time step for the vorticity equation is 1/8 of that for the other equations, the vorticity equation is integrated 8 times more than the momentum and thermal equations. Interannual variability still remains but is very small. While this case is hereafter referred to as Case 1, three additional cases, Cases 2 to 4, with different parameter values shown in Table 1 are dealt with for examining to what extent the result depends on the choice of them. The coefficient of horizontal diffusion of momentum is  $10^5 \text{m}^2/\text{s}$  in any case. Additional time integration is forwarded for about 50 years in each case. The output from Case 1 will be outlined unless otherwise mentioned.

The velocity and temperature snapshots are saved every 10 days over the last one year. These 36 sets of data are analyzed. Studies with these data sets are reported in other papers (ARAKAWA and TAKANO, 1991; TAKANO, 1992a).

### 3. Temperature field

Figure 2 shows the annual average of the simulated sea surface temperature (SST), which is compared with seasonal data compiled by NODC/NOAA (1983), hereafter referred to as NOAAT. Since NOAAT are given on a grid of  $1^\circ \times 1^\circ$ , they are averaged on an area of  $2^\circ \times 2^\circ$  for comparing the both with  $2^\circ$  resolution. The general aspect agrees well with each other. However, isotherms with the simulated data are a little less crowded in the Gulf Stream and Kuroshio regions than those with NOAAT. Correspondingly, northward flowing boundary

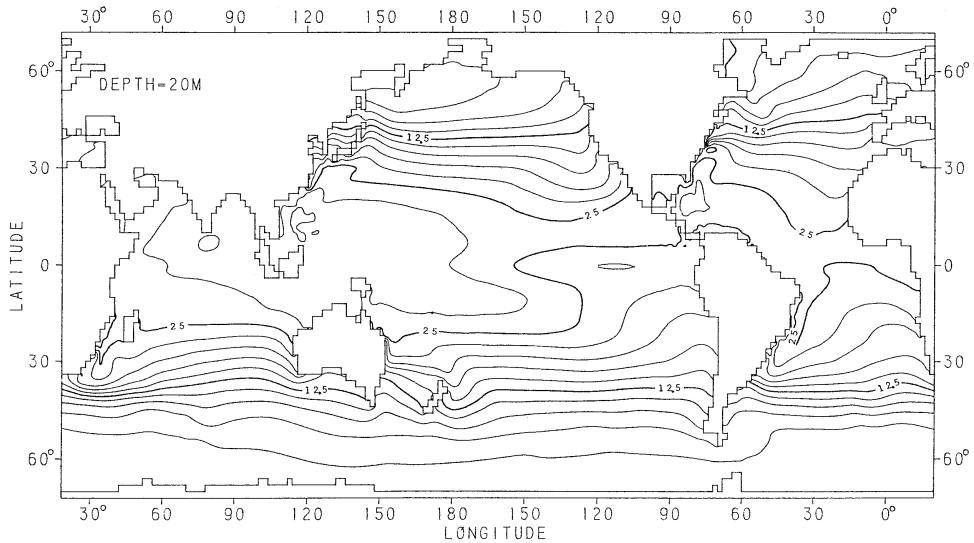


Fig. 2. Simulated sea surface temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ). Annual average.

Table 2 Averages ( $^{\circ}\text{C}$ ) in the three oceans.

depth(m)	Indian Ocean				
	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Obs
20	17.24	17.24	18.20	18.12	18.24
280	9.30	10.30	11.64	12.19	10.25
720	4.68	5.06	6.04	7.57	6.81
1300	2.68	2.58	2.66	3.30	3.68
3100	1.85	1.73	1.66	1.76	1.44
Pacific Ocean					
	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Obs
20	19.03	19.12	19.87	19.84	20.06
280	10.21	11.17	12.55	13.18	10.88
720	5.06	5.33	6.21	7.74	5.43
1300	3.02	3.02	3.20	3.71	3.15
3100	2.14	2.11	2.09	1.87	1.66
Atlantic Ocean					
	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Obs
20	16.47	16.52	17.49	17.56	17.58
280	7.98	8.79	9.96	11.27	10.57
720	3.77	3.93	4.73	6.32	5.83
1300	2.41	2.37	2.66	3.65	3.81
3100	1.75	1.67	1.65	1.74	2.36

currents, Kuroshio and Gulf stream, go up far north, and southward flowing boundary currents, Oyashio and Labrador Current, poorly

develop. The simulated SST is higher by about  $2^{\circ}\text{C}$  around the Antarctica and is a little lower in low latitudes. The simulated SST averaged over the whole ocean surface is very slightly lower than that of NOAA. The simulated temperatures averaged over the individual ocean is shown in Table 2. The sixth column (Obs) gives averages of NOAA at the surface, 275m (average of those at 250m and 300m depths), 700m, 1300m and 3000m depths, which are close to the depths of simulated temperatures. The differences between the three oceans are not well simulated. At 720m, 1300m and 3100m depths the average is highest in the Pacific Ocean and lowest in the Atlantic Ocean, while the average of NOAA is highest in the Indian Ocean and lowest in the Pacific Ocean at 720m, highest in the Atlantic Ocean and lowest in the Indian Ocean at 3100m. These differences appear more distinctly in the longitudinal average. One of the striking differences in NOAA between the Pacific and Atlantic Oceans is that, at 275m and 700m the Pacific Ocean temperature is much lower at northern mid-latitudes and much higher at southern mid-latitudes, and that, at 3000m the Pacific Ocean is colder at low- and mid-latitudes. At some latitudes, the simulated result agrees qualitatively with this observed result, but does not

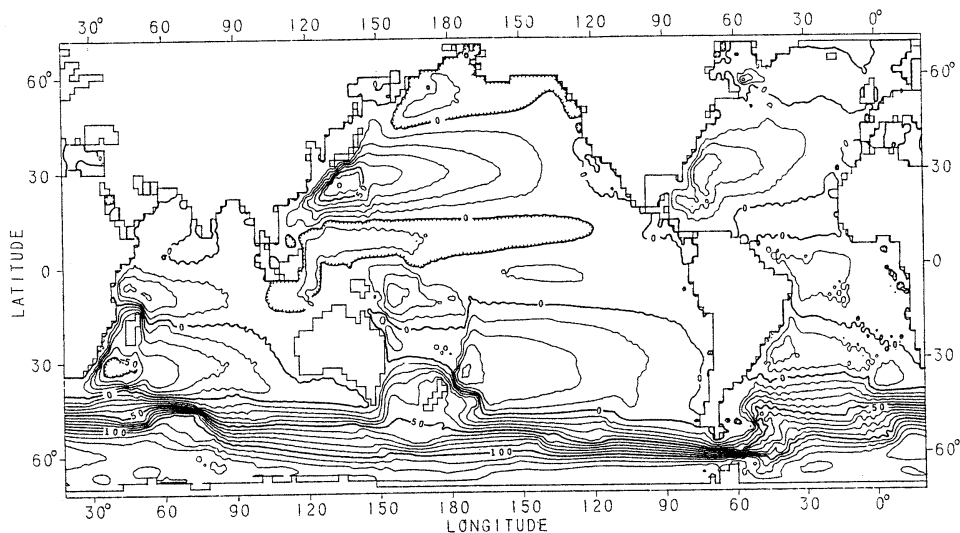


Fig. 3. Stream lines for the vertical integral of horizontal velocity (sv). Annual average.

agree quantitatively; the simulated difference between the two oceans is smaller.

A difference which is not remarkable in the annual maps but remarkable in monthly or seasonal maps is that isotherms by the simulated data are smooth (almost parallel to parallels) as in Fig. 2, while those by NOAA are wavy, in particular, south of 35°S in spring of the northern hemisphere.

Isotherms sharply push southward at and around the Mozambique Strait, which is related to the Agulhas Retroflection defined as a sharp anticyclonic turn of the Agulhas Current to the east at the Agulhas Bank near 22° E off the southern terminus of Africa.

In the Indian Ocean, isotherms north of the equator show different patterns, depending on the monsoon activity. In the southern hemisphere, however, the wind pattern does not vary much with time, so that the pattern of isotherms remains almost unchanged with time.

The incoming heat flux is calculated with Formula (1). Except in May and June, the monthly heat flux averaged over the whole ocean surface is downward. The annual average is downward and 7.8 W/m<sup>2</sup>. If the global ocean is heated at this rate, its average temperature will increase by 0.014°C/year. However, the monthly maximum downward flux ranges from 188 to 475 W/m<sup>2</sup>, and the monthly maximum upward flux

ranges from 215 to 612 W/m<sup>2</sup>. Both are much larger than the space and time average 7.8 W/m<sup>2</sup>, suggesting that an almost steady state is reached statistically.

On the annual basis, a large amount of heat goes upward from the Kuroshio and Gulf Stream regions. The simulated outgoing and incoming fluxes are larger in magnitude in most regions than those by *ESBENSEN and KUSHNIR (1981)* based on climatological data, but there is no significant difference in the large scale pattern of isopleths between them. There is no significant difference, either, all the year round.

The longitudinal-annual average is also a little larger than that by observations (*LAMBERT and BOER, 1989*).

In spring there is almost no outgoing heat flux from the Kuroshio and Gulf Stream regions to the atmosphere. The heat flux is downward into these regions for a limited short period of summer.

#### 4. Currents

Figure 3 shows the annual average of the barotropic component of velocity in terms of stream lines. Compared with common knowledge based on observations, the subtropical gyre develops too much to the north in the western North Pacific and North Atlantic Oceans. Its transport is 75.7sv in the former and 41.6sv in

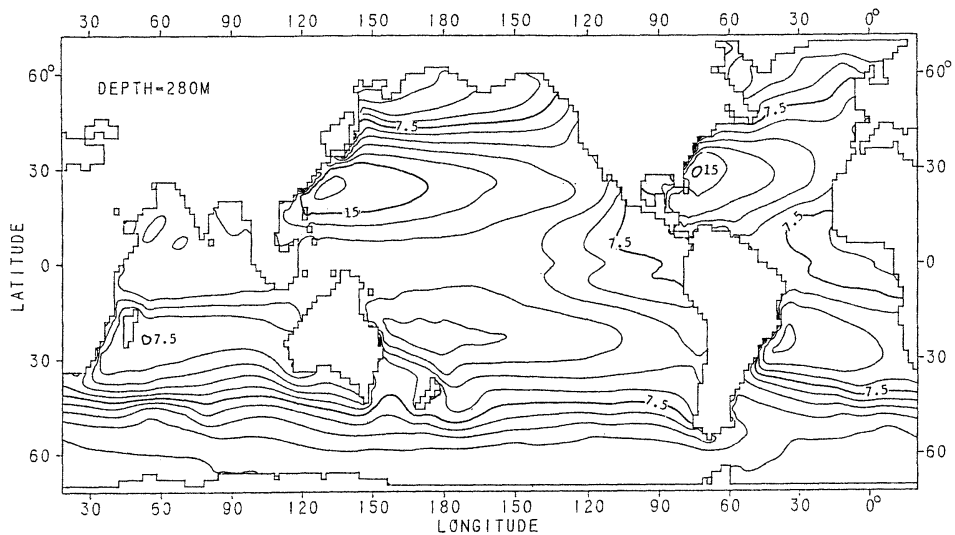


Fig. 4. Simulated temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ) at a depth of 280m. Annual average.

the latter. The Oyashio and the Labrador Current poorly develop. In a simulation of the world ocean circulation by SEMTNER and CHERVIN (1988, 1992) with a fine grid of  $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$ , the subtropical gyre develops too much, too. This is also the case of a simulation of the North Pacific circulation by TAKANO and MISUMI (1990) with a grid of  $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ . Although many studies have been done on western boundary currents, mechanism of separation of them from the western boundary is still poorly understood (e.g., HAIDVOGEL *et al.*, 1992). These unrealistic features do not seem to be readily improved by increasing horizontal resolution.

In the North Pacific Ocean, the subarctic gyre transport ranges from 17sv in summer to 35 sv in winter, and the subtropical gyre transport ranges from 68 sv in summer to 82 sv in winter. In the North Atlantic Ocean, the subarctic gyre transport ranges from 31sv in summer to 37sv in early spring, and the subtropical gyre transport ranges from 37sv in late summer to 50 sv in winter. The annual variation is most prominent in the northern North Pacific Ocean.

The Agulhas Current clearly appears with 50 to 60 sv. Most of it does not go into the South Atlantic Ocean, but turns to the east after passing through the Mozambique Strait.

Importance of the Indonesian Throughflow (transport between Eurasia and Australia) in

the global heat transport has been emphasized recently as a gateway of heat export from the Pacific Ocean to the Atlantic Ocean (GORDON, 1985, 1986). It does not apparently exist in the annual average transport, but does in summer months of the southern hemisphere to join the Madagascar Current through a current across the Indian Ocean which is hereafter referred to as "Orient Express" (or "Indian Ocean Express"). The Orient Express is distinctly traced by isotherms at a depth of 280m in Fig.4 (annual average) and throughout the year, and NOAAAT also.

Figure 5 shows the annual variation of the transports of the Antarctic Circumpolar Current (transport through the Drake Passage), Kuroshio, Gulf Stream, Indonesian Throughflow and Agulhas Current in the four cases. The transports of the Kuroshio and Gulf Stream are tentatively defined as the maximum values of the stream function in the western boundary regions. The maximum value is located south of Honshu (Japanese mainland) in the Kuroshio region throughout the year, but its location in the Gulf Stream region changes with time within the range of about 600km. While the Kuroshio transport becomes minimum in September, the Gulf Stream transport shows two minima, March–April and September–October.

The transport of the Antarctic Circumpolar



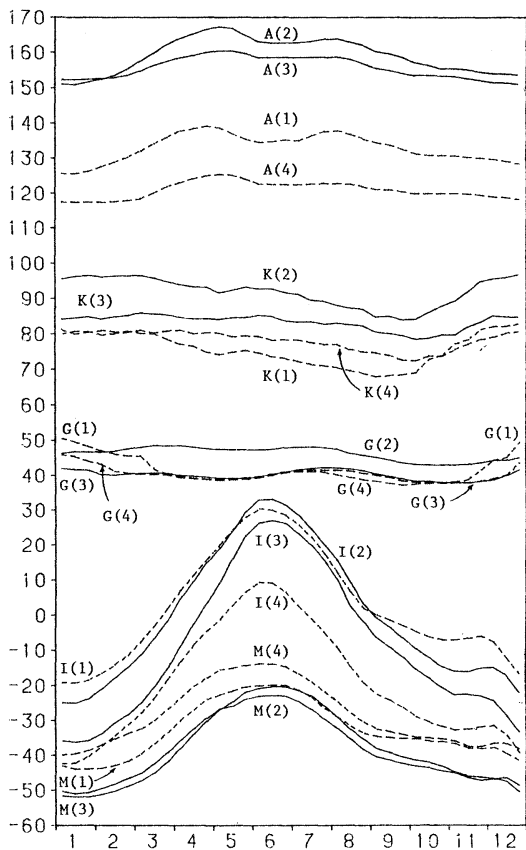


Fig. 5. Transports (sv) of the Antarctic Circumpolar Current (A), Kuroshio (K), Gulf Stream (G), Indonesian Throughflow (I) and Agulhas Current (M). Numbers 1 to 4 in parentheses refer to Cases 1 to 4.

Current at the Drake Passage ranges from 125sv in January to 139sv in May. An observation by REID and NOWLIN (1971) gives 235 sv as transport at the Drake Passage in January. CALLAHAN's result (1971) is similar to it, but FOSTER (1972) gives  $-15$ sv (westward transport). By analysis of data from heavily instrumented moorings and hydrographic cruises, WHITEWORTH (1983) shows that the total transport at the Drake Passage is probably between 118 sv and 146 sv. His result is very close to the transport simulated here, although the present study does not take sea ice into account and the coastline of the Antarctica is somewhat subjectively set up. It might be remarked that GILL and BRYAN (1971) point out the transport depends to a great extent on the geometry of the

Antarctic Ocean. According to WHITEWORTH's result, the transport is small in December to January and seems to have two weak maxima, in July-August and in March-April. This also agrees with the simulated result.

In contrast to the Antarctic Circumpolar Current, the Indonesian Throughflow is not well simulated. Although no many reliable observational results are available, it seems to flow throughout the year from the Pacific Ocean to the Indian Ocean (GORDON, 1986; MURRAY and ADRIEF, 1988). Figure 5 indicates it flows from the Indian Ocean from April to August. The simulated annual range is about 50sv, which is probably too large. This discrepancy might result from poor resolution of the bottom topography near Greater and Lesser Sundas.

The transport of the Agulhas Current (value of the stream function along the coast of Madagascar) varies in phase of the Indonesian Throughflow; strong in winter and weak in summer.

In the other three cases, the pattern of the annual cycle is similar to that in Case 1, though the magnitude of the transport is different from each other.

It is noted, for comparison, that SEMTNER and CHERVIN (1992) gives 15 to 45sv to the Gulf Stream off Cape Hatteras, up to 200sv to the Kuroshio, about 200sv with oscillations of about 8sv to the Antarctic Circumpolar Current at the Drake Passage, about 70sv to the Agulhas Current with almost no seasonal cycle, and 12 to 22sv to the Indonesian Throughflow directed from the Pacific Ocean to the Indian Ocean throughout the year.

Figure 6 shows examples of the annual variation of the speed of the baroclinic component at the upper two layers at  $135^{\circ}\text{E}$ ,  $31^{\circ}\text{N}$  (in the Kuroshio),  $77^{\circ}\text{W}$ ,  $29^{\circ}\text{N}$  (in the Gulf Stream) and  $43^{\circ}\text{E}$ ,  $17^{\circ}\text{S}$  (in the Agulhas Current).

Although the transport and barotropic component of velocity of the Kuroshio are strong in winter and weak in summer, its baroclinic component is strong in summer, and weak in fall. Similar annual variations are seen in the Gulf Stream. This phase difference between the barotropic and baroclinic components of velocity is shown also by TAKANO and MISUMI (1990). This is, however, not the case of the

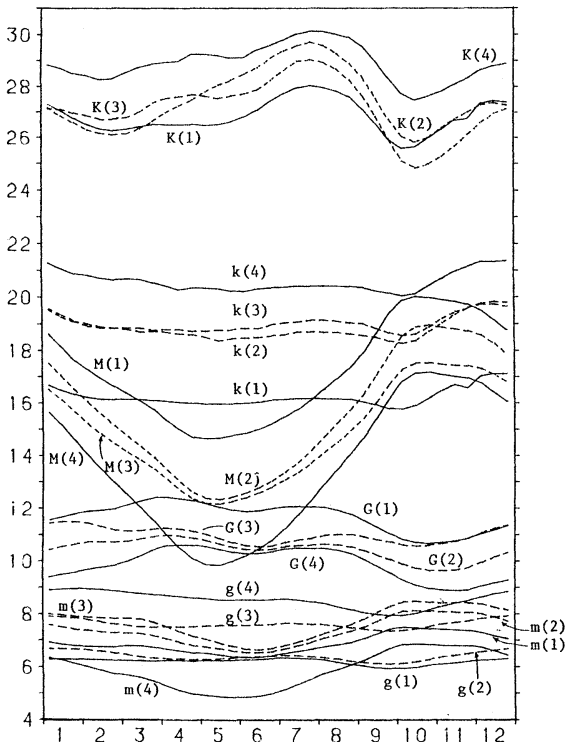


Fig. 6. Speed (cm/s) at the upper two layers in the Gulf Stream (G, g), Kuroshio (K, k) and Agulhas Current (M, m). Capitals refer to the first (surface) layer and small letters to the second layers. Numbers in parentheses refer to Cases 1 to 4, respectively.

Agulhas Current; both transport and baroclinic component at the upper two layers are strong in winter and weak in summer. The baroclinic component of the Indonesian Throughflow is directed to the Pacific Ocean at the upper two layers throughout the year, indicating importance of the barotropic component even at upper layers.

Figure 7 shows the annual average of surface currents (sum of the barotropic and baroclinic component). The scale is shown on the upper left. The maximum speed at the surface is 30 cm/s. The arrow length is proportional to the speed. Surface current pattern mostly agrees with the transport pattern shown in Fig.3. The Indonesian Throughflow which is not clear in Fig.3 flows into the Indian Ocean and goes to the west as the Orient Express. It is more clearly identified in summer months of the southern hemisphere.

The Indonesian Throughflow is directed to the Indian Ocean at a depth of 280m, directed rather to the Pacific Ocean at a depth of 760m, and clearly directed to the Pacific Ocean at a depth of 1300m. Both oceans are separated at the lowermost level 3100m deep.

A part of the Agulhas Current flows into the Atlantic Ocean through the upper two layers 500m thick over 220km (34°S to 36°S) at 21°E at a rate of 2.0 sv on the annual average. Between

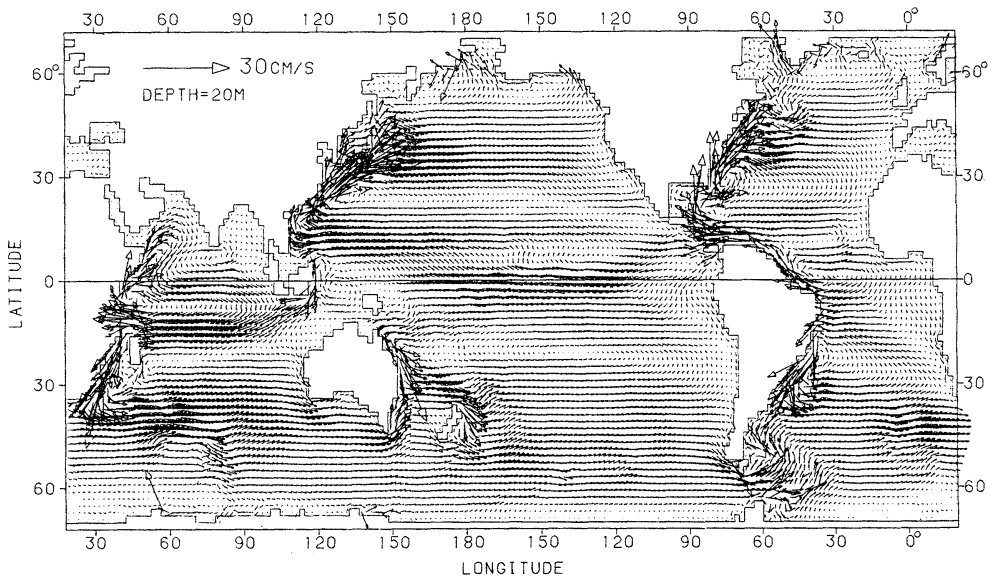


Fig. 7. Horizontal velocity vectors. Annual average. Scale on the upper left.

36°S to 38°S it flows westward at a rate of 4.2sv except at the surface layer with an eastward flow, so that the total westward transport is 6.2sv. This westward transport off the southern terminus of Africa is larger in summer than in winter of the southern hemisphere.

At the Drake Passage, the Antarctic Circumpolar Current extends from the surface to the bottom 2200m deep. Since the reference atmospheric temperature is a little lower in the Atlantic sector than in the Pacific sector of the Antarctic Ocean, the surface cooling should be stronger in the Atlantic sector, and Atlantic deep layers have trend toward cooling compared with Pacific deep layers. In fact, the simulated temperature is lower in Atlantic deep layers, though the simulated time of integration may not be enough for deep layers to reach a complete equilibrium state.

The vertical component of velocity, either upward or downward, is strong at the equator and by the borderline between land and water. A strong downwelling area is located southeast of Madagascar at 500m depth, which is closely related to the presence of simulated and observed subsurface warm water masses.

The meridional overturning (meridional circulation) is of importance in the meridional heat transport. The vertical and northward components of velocity are integrated over the latitude arc for defining the stream function for the meridional overturning. On the annual average, the maximum value is 47sv in the southern hemisphere, and 30sv in the northern hemisphere. It might be remarked that these figures do not necessarily mean the intensity of large scale sinking from the high latitude surface in the both hemispheres, but only a measure of the overall vertical motion. On the annual cycle, the maximum sinking rate in the southern hemisphere ranges from 46sv in October to 97sv in December, and 28sv in September to 86sv in December in the northern hemisphere.

## 5. Concluding remarks

The present study is successful in simulating major large scale features of the general circulation in the world ocean: sea surface temperature, transport of the Antarctic Circumpolar Current at the Drake Passage, Agulhas

Retroflection and Orient Epress.

The Oyashio and Labrador Current poorly develop in association with overdeveloped subtropical gyres in the Pacific and Atlantic Oceans. Some important processes might be missing in the model for the separation of the northward current from the western boundary and the development of the subarctic gyres.

Salinity and sea ice should be of some importance. It is remarked, however, that a model with salinity as a prognostic variable is not successful, either, in simulating the Oyashio and Labrador Current (SEMTNER and CHERVIN, 1988, 1992; TAKANO, 1992b).

The grid size is larger than 1° in most of the global ocean models so far used. In the present study it is not fine enough, either, to resolve the mesoscale eddies. Although their role is not yet clearly understood, the meridional heat transport in the numerical model seems to be almost independent of it, provided that the grid size is smaller than 1° or 2° (TAKANO, 1982).

## References

- ARAKAWA, C. and K. TAKANO (1991): Oceanic angular momentum estimated with a general circulation model. *La mer*, **29**, 52-56.
- CALLAHAN, J. E. (1971): Velocity structure and flux of the Antarctic Circumpolar Current south of Australia. *J. G. R.*, **76**, 5859-5864.
- ESBENSEN, S. K. and V. KUSHNIR (1981): The heat budget of the global ocean. An atlas based on estimates from surface marine observations. *Clim. Res. Ins., Rep. No. 29.*, Oregon State Univ., 27pp., 188 figs.
- FOSTER, L. A. (1972): Current measurements in the Drake Passage. MSc thesis, Dept. Oceanogr., Dalhousie Univ.
- FRIEDRICH, H. and S. LEVITUS (1972): An approximation to the equation of state for sea water, suitable for numerical ocean models. *J. Phys. Oceanogr.*, **2**, 514-517.
- GILL, A. E. and K. BRYAN (1971): Effects of geometry on the circulation of a three-dimensional southern hemisphere ocean model. *Deep-Sea Res.*, **18**, 51-64.
- GORDON, A. L. (1985): Indian-Atlantic transfer of thermocline water at the Agulhas Retroflection. *Science*, **227**, 1030-1033.
- GORDON, A. L. (1986): Interocean exchange of thermocline water. *J. G. R.*, **91**, 5037-5046.
- HAIKVOGEL, D. B., J. C. McWILLIAMS and P. R.

- GENT (1992): Boundary current separation in a quasigeostrophic, eddy-resolving ocean circulation model. *J. Phys. Oceanogr.*, **22**, 882-902.
- HELLERMAN, S. and M. ROSENSTEIN (1983): Normal monthly wind stress over the world ocean with error estimates. *J. Phys. Oceanogr.*, **13**, 1093-1104.
- LAMBERT, S. J. and BOER, G. J (1989): Atmosphere-ocean heat fluxes and stress in general circulation models. *Atmos.-Ocean*, **27**, 692-715.
- MURRAY, S.P. and D. ARIEF (1988): Throughflow into the Indian Ocean through the Lombok Strait, January 1985-January 1986. *Nature*, **333**, 444-447.
- National Geophysical Data Center (1986): World-wide gridded bathymetry-DBDB5.
- NODC (National Oceanographic Data Center)/NOAA (1983): Climatological atlas of the world ocean, annual and seasonal analyses. NOAA, Washington, D. C., USA.
- REID, J.L. and W.D. NOWLIN (1971): Transport of water through the Drake Passage. *Deep-Sea Res.*, **18**, 51-64.
- SEMTNER, A. J. and R. M. CHERVIN (1988): A simulation of the global ocean circulation with resolved eddies. *J. G. R.*, **93**, 15502-15522.
- SEMTNER, A. J. and R. M. CHERVIN (1992): Ocean general circulation from a global eddy-resolving model. *J.G.R.*, **97(C)**, 5493-5550.
- TAKANO, K. (1974): A general circulation model for the world ocean. Tech. Rept. No. 8, Num. simul. weather and climate, Dept. meteorol., Univ. Calif., Los Angeles, 46pp.
- TAKANO, K. (1975): Relationship between the grid size and the coefficients of lateral eddy viscosity in the finite difference computation of the linear vorticity equation in the oceans. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, **31**, 105-108.
- TAKANO, K. (1982): Grid-size dependency of the meridional heat transport in a numerical model of an ocean. *Atmos.-Ocean*, **20**, 258-267.
- TAKANO, K. (1986): An ocean model. Rept. Preoper. Survey for Ocean Dump. Radioactive Wastes. Radioactive Wastes Manag. Center, Tokyo, 270pp. (in Japanese)
- TAKANO, K. (1992a): Sea surface height calculated with a rigid-lid world ocean circulation model. Proc. CEG/IVth ISC, China Meteorol. Press, Beijing 155-165.
- TAKANO, K. (1992b): Kuroshio power estimate with a general circulation model. Proc. Symp. China-Japan Joint Res. Prog. on the Kuroshio, Qingdao (in press).
- TAKANO, K. and A. Misumi (1990): Numerical simulation of the North Pacific circulation as a fundamental study on the Kuroshio power harnessing. Proc. Japan-China Joint Res., STA (Japan) and SOA (China), 146-156.
- WHITEWORTH, T. III (1983): Monitoring the transport of the Antarctic Circumpolar Current at Drake Passage. *J. Phys. Oceanogr.*, **13**, 2045-2057.

## 世界じゅうの海水の大循環の数値シミュレーション

### 第1部 水温と流速の分布

新川 千歳世 ・ 高野 健三

要旨: 海が1年を通じて緯度線を横切って南北方向に運ぶ熱量、および、となりの海との間をゆききする熱量を海洋大循環モデルを使って求める。南緯70°から北緯70°まで緯度・経度とも2°ごとに格子点をおく。北極海を除く。氷と塩分を無視する。鉛直方向には5層を設ける。海水は海面での(鉛直)熱流量と風の応力によって駆動される。第1部では水温と流速の分布を示す。格子が粗いので細かい特徴を再現できないが、大規模特徴は観測結果とだいたい一致する。南極海流の流量は妥当であるが、黒潮や湾流は北に延びすぎるし、インドネシア通り抜け (Indonesian Throughflow) は、(南半球の) 夏にはインド洋から太平洋に向かい、観測結果と一致しないようである。この流れに始まるオリエント急行 (インド洋特急ともいう) は水温・流速・(流量についての) 流線の分布に現れる。その末端の一部は、アフリカの南端をまわって大西洋に入る。第2部では熱輸送について述べる。

# A numerical simulation of the general circulation in the world ocean

## Part 2. Meridional and interoceanic heat transports\*

Chitose ARAKAWA\*\* and Kenzo TAKANO\*\*

**Abstract:** The meridional and interoceanic heat transports are estimated with an ocean circulation model. The annual average of the simulated meridional heat transport in the world ocean is smaller in the southern hemisphere than estimates based on observations. Its annual variation is mostly accounted for by the annual cycle of the Ekman heat transport. At low latitudes the annual range of the latter is larger than that of the total meridional heat transport, indicating that some processes upset the Ekman heat transport. Between about 40°S and 20°S in the South Atlantic Ocean, the heat transport is southward, which disagrees with results by other studies. The Atlantic Ocean is the only one heat importer, and the Pacific Ocean is largest exporter. Importance of the Indian Ocean for its size is emphasized.

### 1. Introduction

A previous paper (ARAKAWA and TAKANO, 1993, hereafter referred to as AT) described simulated temperature and velocity fields in a world ocean. The present paper will describe the meridional and interoceanic heat transports.

The relative role of the atmosphere and the oceans in the meridional heat transport has been discussed since the last century. Although the atmosphere was considered more important than the oceans for several tens of years, the role of the oceans has been emphasized in recent years. In particular, recent satellite and radio-sonde observations show that the oceans transport much more heat than was previously believed.

Not a few studies based on observations were carried out on the heat transport in the Indian, Pacific, Atlantic and world oceans, and the roles of the atmosphere and the oceans in the global meridional heat transport. However, our understanding is still poor. The results are compatible with each other in some qualitative aspects: for example, in the ocean heat transport the vertical circulation (meridional overturning) is of essential importance except in the Antarctic

Ocean where the horizontal diffusion is not negligible, the role of the horizontal circulation is very small, and the surface Ekman drift current has a significant effect on its annual variation. However, not all the results are quantitatively compatible, so that the role of the oceans in the global meridional heat transport is still controversial. In some studies with satellite observations (VONDER HAAR and OORT, 1973; OORT and VONDER HAAR, 1976; CARISSIMO *et al.*, 1985), it is much more important at low and middle latitudes than the role of the atmosphere, but almost negligible in a study with atmospheric circulation model (COVEY, 1988; ROOTH, 1989).

The model used here is outlined in AT. We are concerned with four cases tabulated in Table 1, where  $d$  is a constant parameterizing the surface heat flux,  $k$  the coefficient of vertical diffusion for momentum and heat, and  $A$  the coefficient of horizontal diffusion for heat. The coefficient of horizontal diffusion for momentum is  $10^5 \text{m}^2/\text{s}$  in any case.

Table 1. Values of  $d$ ,  $k$  and  $A$  in Cases 1 to 4.

Case	$d(\text{W}/\text{m}^2\text{K})$	$k(10^4 \text{m}^2/\text{s})$	$A(10^3 \text{m}^2/\text{s})$
1	30	1.0	2.5
2	30	1.0	1.0
3	60	1.0	1.0
4	60	0.3	1.0

\* Received March 18, 1993

\*\* School of Environmental Sciences, University of Tsukuba 305 Japan

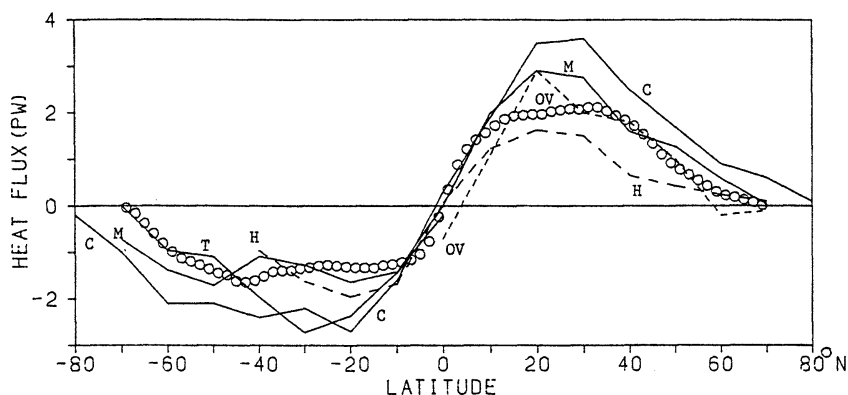


Fig. 1. Annual average of the northward heat transport (PW). Circles: Case 4, C: CARISSIMO *et al.* (1985), H: HSIUNG (1985), M: MASUDA (1988), OV: OORT and VONDER HAAR (1976), T: TRENBERTH (1979).

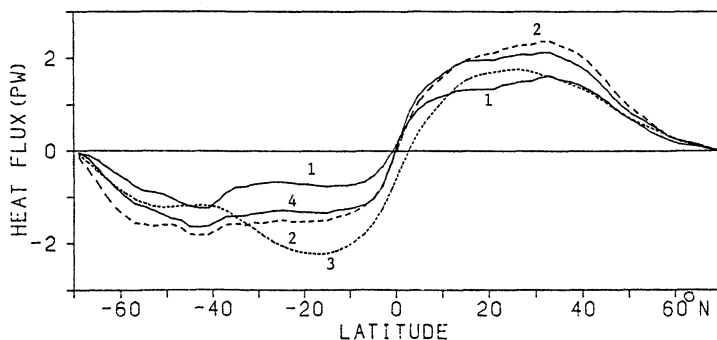


Fig. 2. Simulated annual average of the northward heat transport (PW) in Cases 1 to 4.

## 2. Heat transport in the world ocean

### 2.1. Annual average

Figure 1 shows the simulated annual heat transport in Case 4 with heat transports estimated with observations. Although the simulated magnitude may be smaller in the southern hemisphere, the latitudes of the maximum and minimum transports agree with those by observations.

Figure 2 shows results in Cases 1 to 4. The heat transport is small in Case 1, but, as a whole, there is no large difference between the four cases. The latitudes of the maximum and minimum transports in Case 3 agree well with those by HSIUNG (1985) using surface energy fluxes; the maximum northward transport at  $25^{\circ}\text{N}$  and the maximum southward transport at  $15^{\circ}\text{S}$ . Using hydrographic data and climatological wind data, BENNETT (1978) gets a northward transport between 1.1PW and 2.2PW at  $30^{\circ}\text{S}$ , which is quite different from other results

based on observations such as illustrated in Fig.1. The meridional heat transport in the southern hemisphere is still a subject of controversy.

The meridional heat transport is achieved by three processes. The meridional circulation transports heat poleward by bringing warm upper layer waters poleward and cold lower layer waters equatorward. The horizontal circulation does it by bringing warm western boundary waters poleward and cold waters equatorward in the central and eastern regions. The diffusion transports heat from warm equatorial regions to cold polar regions. Compared with the contribution from the meridional circulation, the contributions from the horizontal circulation and diffusion are negligible at low latitudes. South of  $35^{\circ}\text{S}$  to  $40^{\circ}\text{S}$ , there are no long coastlines extending in the meridional direction, which is not favorable for the development of the meridional circulation. Therefore,

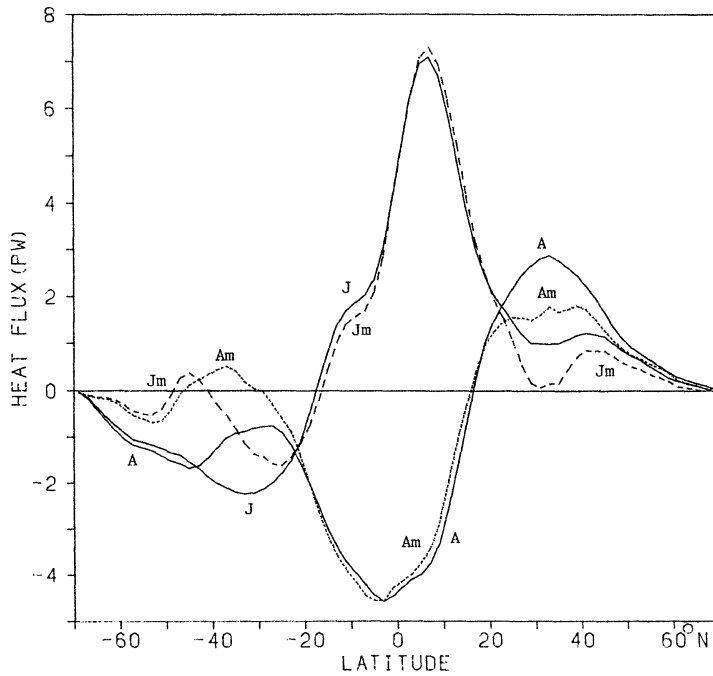


Fig. 3. Northward heat transport (PW) in January (J) and August (A) in Case 4. Heat transports by the meridional circulation in January and August are denoted by Jm and Am.

the heat transport by the meridional circulation is small and even northward at some latitudes. The horizontal circulation and diffusion are relatively important there in making the heat transport southward.

## 2.2. Annual cycle

Figure 3 shows the total northward heat transport in January and August in Case 4 with the heat transport by the meridional circulation only. The latter is almost equal to the total heat transport at low latitudes but different from it at middle latitudes in both hemispheres, and the difference is more prominent in the southern hemisphere, reflecting small contribution of the meridional circulation, as mentioned above.

The annual range (difference between the maximum and minimum northward heat transport) of the heat transport across a low latitude arc is very large, mostly due to the annual cycle of the heat transport by the meridional circulation. The horizontal circulation and diffusion contribute almost nothing to it.

At middle and high latitudes, heat is

transported northward in the northern hemisphere and southward in the southern hemisphere. The annual variation of the heat transport depends on that by the meridional circulation. Because the annual range of the latter is small at high latitudes, the annual variation of the heat transport is also small. The heat transport by the horizontal circulation and diffusion does not vary so much with time. The meridional circulation plays an important role in the meridional heat transport almost everywhere and throughout the year.

## 2.3. Comparison of simulated and observed annual cycles

The simulated annual range in the northern hemisphere is compared in Table 2 with results by OORT and VONDER HAAR (1976) and CARISSIMO *et al.*, referred to as OVH and COV, respectively.

Both are not in agreement; OHV and COV are much larger except COV at 10°N. In OVH and COV, the meridional heat transport is southward in summer at high latitudes, but the annual average is northward in association with

Table 2. Comparison of simulated and observed annual ranges of the heat transport (PW)

	0°	10°	20°	30°	40°	50°N
OVH	11.8	10.9	5.7	4.6	5.3	4.5
COV	7.3	6.4	5.4	5.1	5.2	4.3
Case 1	5.1	6.4	1.9	1.3	0.87	0.15
Case 2	5.6	6.7	2.6	1.6	1.1	0.30
Case 3	5.4	6.7	2.5	2.0	1.8	0.67
Case 4	5.7	6.7	2.5	1.6	1.1	0.17

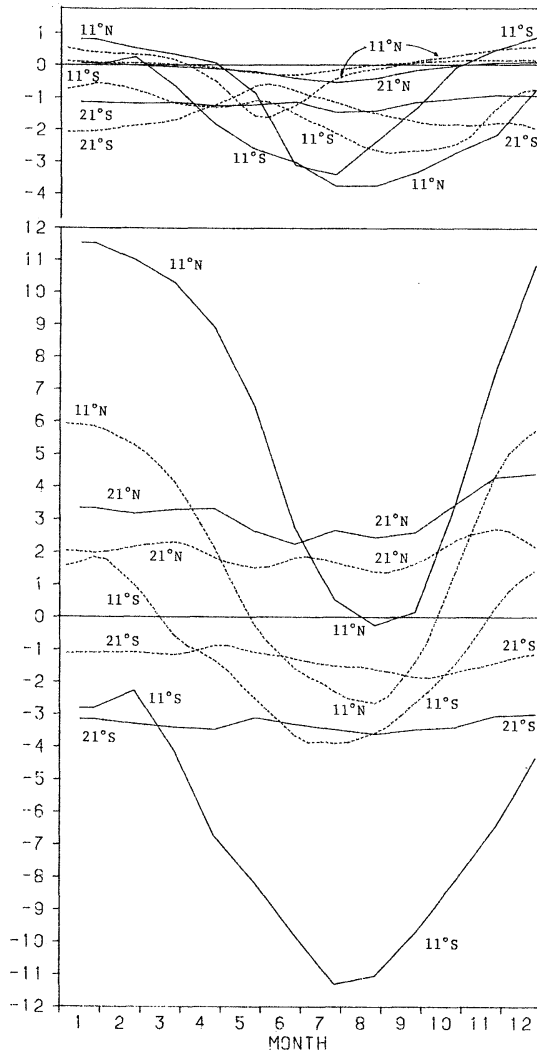


Fig. 4. Northward Ekman heat transport (broken lines) and total heat transport (solid lines) at 21°S, 11°S, 11°N and 21°N in Case 4. Upper panel for the Indian Ocean and lower panel for the global ocean. Units: PW.

its large annual amplitude. In Cases 1 to 4, however, it is northward at middle and high latitudes throughout the year.

#### 2.4. Comparison with the Ekman heat transport

The heat transport by the meridional circulation varies to a great extent from month to month. Because there is almost no annual variation in the temperature and the baroclinic component of velocity in deep layers, the simulated large annual variation of the meridional heat transport is brought about by its variation in surface layers. The large variation in surface layers is presumably in the heat transport by the Ekman drift current. The heat transport by the Ekman drift current is called "Ekman heat transport", which is defined here by the product  $\mp$  (specific heat)  $\times$  (eastward component of surface wind stress)  $\times$  (mean water temperature in the Ekman layer) / (Coriolis parameter). The upper sign refers to the northern hemisphere and the lower sign to the southern hemisphere.

First, the total Ekman heat transport across a latitude arc is calculated by using the specified wind stress and simulated SST which can be considered to be the mean temperature in the Ekman layer. Second, the same wind stress data are used with observed monthly SST compiled by WASHINGTON and THIEL (1970). Both agree very well with each other throughout the year, confirming the model is successful in simulating the surface temperature, as far as the Ekman heat transport across a latitude arc is concerned.

Next, the simulated annual cycle of the total meridional heat transport is compared with that of the Ekman heat transport. Figure 4 shows examples in Case 4. As is readily understood, the absolute value of the Ekman heat transport has no meaning but its change with



time and space. Both are surprisingly consistent with each other. At low and middle latitudes, the annual range of the Ekman heat transport is larger than that of the total meridional heat transport. This indicates the Ekman heat transport is offset to some extent by other processes, one of which is probably related to western boundary currents.

At most latitudes, the phase of the total meridional and Ekman heat transports in the Pacific and Atlantic Oceans agree well with those in the global ocean, but the magnitude of the heat transport in the Atlantic Ocean is smaller than that in the Pacific Ocean. In the northern hemisphere Indian Ocean, the phases of the total meridional and Ekman heat transports are a little ahead of those in the other two oceans, probably due to the small size of the northern hemisphere Indian Ocean basin, which makes it respond quickly to the change in external forcing.

The month-to-month variation of the total meridional heat transport at low latitudes is governed by the heat transport by the Ekman drift current. Among the three oceans, the Ekman heat transport is largest in the Pacific

Ocean primarily because of its largest zonal extent.

### 3. Heat transport in the individual ocean

The variation of the annual average of the meridional heat transport with latitude in Case 4 is shown in Fig.5 with the transports in January and August in the Indian, Pacific and Atlantic Oceans.

The annual variation is large at low and middle latitudes in the Pacific Ocean and small in the Atlantic Ocean, particularly in the southern hemisphere. Because of the effect of the monsoon, it is larger in the Indian Ocean except south of  $42^{\circ}\text{S}$ .

Previous studies show (BRYAN, 1982, 1983; BUNKER, 1976; BENNETT, 1978; BRYAN and LEWIS, 1979; HASTENRATH, 1980; FU, 1981; MEEHL *et al.*, 1982; MILLER *et al.*, 1983; RUSSEL *et al.*, 1985; MILLER and RUSSELL, 1989) that the heat is transported northward in the South Atlantic Ocean. In Fig.5, it is so south of  $40^{\circ}\text{S}$ , but southward between  $20^{\circ}\text{S}$  and  $40^{\circ}\text{S}$ . Instead, it is northward in the South Pacific Ocean. However, the heat transport in the world ocean is southward, which results from a large southward transport in the South Indian Ocean.

WUNSCH *et al.* (1983) show the heat transports at  $28^{\circ}\text{S}$  and  $43^{\circ}\text{S}$  in the Pacific Ocean are indistinguishable from zero, which is close to our result in Case 3 (Fig.5) and the other three cases.

LAMB (1981) suggests from surface heat flux data that the heat transport in the Atlantic Ocean is northward with the possible exception of November-December. By use of hydrographic data, ROEMMICH (1980) obtains 1.2PW at  $24^{\circ}\text{N}$ , 0.8PW at  $36^{\circ}\text{N}$  and almost zero at  $48^{\circ}\text{N}$  in the Atlantic Ocean. WUNSCH (1980) obtains 1.2PW at  $24^{\circ}\text{N}$ - $25^{\circ}\text{N}$  and 0.75PW at  $36^{\circ}\text{N}$ . HASTENRATH (1982) obtains 1.1PW at  $25^{\circ}\text{N}$ . HALL and BRYDEN (1982) obtain 1.2PW at  $25^{\circ}\text{N}$ , while the present study gives, at  $24^{\circ}\text{N}$ , 0.48PW, 0.66PW, 0.49PW and 0.67PW in Cases 1 to 4, respectively; at  $36^{\circ}\text{N}$ , 0.57PW, 0.79PW, 0.52PW and 0.75PW in Cases 1 to 4; at  $48^{\circ}\text{N}$ , 0.43PW, 0.52PW, 0.39PW and 0.49PW in Cases 1 to 4. Simulated transports in the Atlantic Ocean are smaller than those values based on observations.

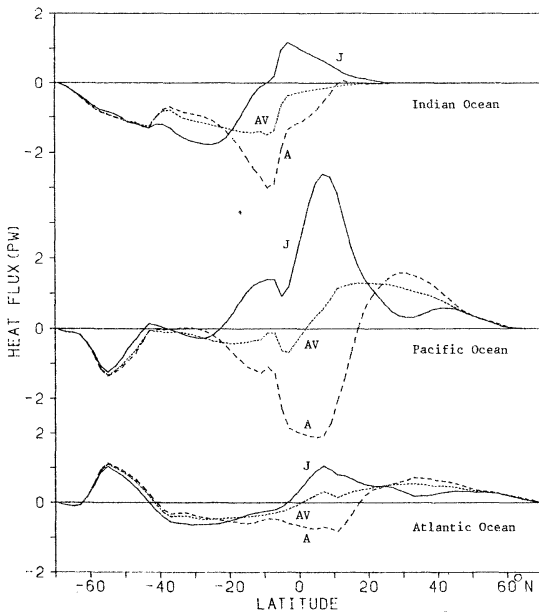


Fig. 5. Northward heat transport (PW) in the three oceans in Case 3. solid line (J): January, broken line (A): August, dotted line (AV): annual average.

Table 3. Partition(%) of the interhemispheric heat transport in the three oceans in Cases 1 to 4.

	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4
	Northward (Jan. 5)			
Indian Ocean	24.8	23.1	28.8	22.8
Pacific Ocean	59.7	63.2	62.2	61.5
Atlantic Ocean	15.5	13.6	8.9	15.7
	Southward (Aug. 5)			
Indian Ocean	30.6	31.7	25.7	31.4
Pacific Ocean	64.7	59.8	61.9	58.8
Atlantic Ocean	4.7	8.5	12.4	9.8

Table 4. Interoceanic heat exchange (TW). +: outgoing, -: incoming.

Case	Indian Ocean	Pacific Ocean	Atlantic Ocean
1	2	53	-55
2	2	115	-117
3	78	26	-103
4	64	111	-195

Importance of the Indian Ocean is shown in Table 3 in terms of the interhemispheric heat transport (transport across the equator). Transports in Jan.5 and Aug.5 are tabulated as representatives of northern hemisphere winter and summer transports.

The zonal extent of the equator of the Indian Ocean is 21% of the total length of the equatorial oceanic sector. It is 21% in the Atlantic Ocean and 58% in the Pacific Ocean.

The results are not significantly different from each other in Cases 1 to 4. In any case, the Atlantic Ocean contribution is small for its zonal extent, that of the Indian Ocean is very large, and that of the Pacific Ocean is fairly large for its zonal extent.

North of 25°N where the Indian Ocean does not exist any more, the annual cycle in the northern hemisphere world ocean is primarily governed by that in the Pacific Ocean.

Table 4 gives the annual averages of heat exchanged between the three oceans through the Drake Passage, Indonesian Straits, south of Australia and south of Africa. Although the result varies to a great extent in the Indian and Pacific Oceans, the Atlantic Ocean is essentially different from the other oceans; it is only one ocean that should import heat. Except in Case 3 the Pacific Ocean is the largest exporter.

#### 4. Remarks

By using the simulated temperature and velocity fields, the meridional heat transport in the global ocean, the Indian, Pacific and Atlantic Oceans are calculated and compared with results of previous studies. Although reliable data are few for the present, the simulated results are mostly consistent with previous results based on observations.

However, the present study is not successful in simulating the equatorward heat transport in the South Atlantic Ocean between about 20°S and 40°S.

The surface heat flux consists of the solar radiation, long wave radiation, sensible and latent heat fluxes. To calculate these components for the surface boundary condition, reliable data are necessary on evaporation, cloudiness, long wave radiation from clouds and water vapor, which are not yet available. Hence, a simple formulation is used by assuming the surface heat flux is proportional to the difference between the predicted surface temperature and a prescribed reference atmospheric temperature, as is described in AT. The above results in Cases 1 to 4 show the heat transport is fairly variable with the magnitude of the constant of proportionality which is assumed, for simplicity, to be a constant in space and time. Better results will be obtained with better specification of the surface

heat flux.

Salinity and sea ice ignored here may have some effect on the meridional heat transport through the meridional circulation driven by dense water formation at high latitudes.

Although four cases are set up with different values of the coefficients of diffusion and the constant of proportionality, we are not able to specify which case is most suitable in the light of observations, and only have a feeling about how the result is sensitive to them.

Nevertheless, the above results are encouraging. They are helpful in understanding processes of the meridional heat transport in the global ocean, the individual ocean and its annual variation. The role of the Ekman heat transport and features peculiar to each ocean are made clear to a certain degree.

#### References

- ARAKAWA, C. and K. TAKANO (1993): A numerical simulation of the general circulation in a world ocean. *La mer*, **31**, 101-110.
- BENNETT, A. F. (1978): Poleward heat fluxes in the southern hemisphere oceans. *J. Phys. Oceanogr.*, **8**, 785-798.
- BRYAN, K. (1982): Seasonal variation in meridional overturning and poleward heat transport in the Atlantic and Pacific Oceans: a model study. *J. Mar. Res.*, **40**, supplement, 39-53.
- BRYAN, K. (1983): Poleward heat transport by the oceans. *Rev. Geophys. Space Phys.*, **21**, 1131-1137.
- BRYAN, K. and L. J. LEWIS (1979): A water mass model of the world ocean. *J. G. R.*, **84**, 2503-2517.
- BUNKER, A. F. (1976): Computations of surface energy flux and annual air-sea interaction cycles of the North Atlantic Ocean. *Mon. Wea. Rev.*, **104**, 1122-1140.
- CARISSIMO, B. C., A. H. OORT and T. H. VONDER HAAR (1985): Estimating the meridional energy transports in the atmosphere and ocean. *J. Phys. Oceanogr.*, **15**, 82-91.
- COVEY, C. (1989): Atmospheric and oceanic heat transports: simulations versus observations. *Clim. Change*, **13**, 149-159.
- FU, L. L. (1981): The general circulation and meridional heat transport of the subtropical South Atlantic determined by inverse methods. *J. Phys. Oceanogr.*, **11**, 1171-1193.
- HALL, M. M., and H. L. BRYDEN (1982): Direct estimates and mechanisms of ocean heat transport. *Deep-Sea Res.*, **29**, 339-359.
- HASTENRATH, S. (1980): Heat budget of tropical ocean and atmosphere. *J. Phys. Oceanogr.*, **10**, 159-170.
- HASTENRATH, S. (1982): On meridional heat transports in the world ocean. *J. Phys. Oceanogr.*, **12**, 922-927.
- HSIUNG, J. (1985): Estimates of global oceanic meridional heat transport. *J. Phys. Oceanogr.*, **15**, 1405-1413.
- LAMB, P. J. (1981): Estimate of annual variation of the Atlantic Ocean heat transport. *Nature*, **290**, 766-768.
- MASUDA, K. (1988): Meridional heat transport by the atmosphere and the ocean: analysis of FGGE data. *Tellus*, **40A**, 285-302.
- MEEHL, G. A., W. M. WASHINGTON and A. J. SEMTNER, Jr. (1982): Experiments with a global ocean model driven by observed atmospheric forcing. *J. Phys. Oceanogr.*, **12**, 301-312.
- MILER, J. R. and G. L. RUSSELL (1989): Ocean heat transport during the last glacial maximum. *Paleoceanogr.*, **4**, 141-155.
- MILLER, J. R., G. L. RUSSELL and L. C. TSANG (1983): Annual oceanic heat transports computed from an atmospheric model. *Dyn. Atmos. Oceans*, **7**, 95-109.
- OORT, A. H. and T. H. VONDER HAAR (1976): On the observed annual cycle in the ocean-atmosphere heat balance over the northern hemisphere. *J. Phys. Oceanogr.*, **6**, 781-800.
- ROEMMICH, D. (1980): Estimation of meridional heat flux in the North Atlantic by inverse methods. *J. Phys. Oceanogr.*, **10**, 1972-1983.
- ROOTH, C. (1989): Comment on C. Covey: Atmospheric and oceanic heat transport simulations versus observations. *Climatic Change*, **15**, 479-480.
- RUSSELL, G. L., J. R. MILLER and L. C. TSANG (1985): Seasonal oceanic heat transports computed from an atmospheric model. *Dyn. Atmos. Oceans.*, **9**, 253-271.
- TRENBERTH, K. E. (1979): Mean annual poleward energy transports by the oceans in the southern hemisphere. *Dyn. Atmos. Oceans*, **4**, 57-64.
- VONDER HAAR, T. H. and A. H. OORT (1973): New estimate of annual poleward energy transport by northern hemisphere oceans. *J. Phys. Oceanogr.*, **3**, 169-172.
- WASHINGTON, W. M. and L. G. THIEL (1970): Digitized global monthly mean ocean surface temperatures. NCAR-TN-54, National Center for Atmospheric Research, Boulder, Colo., 30pp.

- WUNSCH, C. (1980): Meridional heat flux of the North Atlantic Ocean. Proc. Natl. Acad. Sci., U.S.A., **77**, 5043-5047.
- WUNSCH, C., HU, D. and B. GRANT (1983): Mass, heat, salt and nutrient fluxes in the South Pacific Ocean. J. Phys. Oceanogr., **13**, 725-753.

## 世界じゅうの海水の大循環の数値シミュレーション

### 第2部 南北方向および大洋間の熱輸送

新川 千歳世・高野 健三

要旨: 第1部「水温と流速分布」に引きつづいてインド洋・太平洋・大西洋が南北方向に運ぶ熱量およびこれら3大洋の間で交換される熱量について述べる。3大洋が緯度線を横切って運ぶ熱量の和(世界じゅうの海が運ぶ熱量)は観測にもとづいたこれまでの結果とだいたい一致するが、南半球では小さすぎるようである。南大西洋のほぼ $20^{\circ}$ と $40^{\circ}$ の間では熱は南向きに運ばれており、観測結果と一致しない。年変化は、エクマン吹送流による熱輸送(エクマン熱輸送)の年変化によって生ずるが、低・中緯度では、その年較差はエクマン熱輸送の年較差よりも小さい。つまり、エクマン熱輸送を打ち消す何らかの過程が、(たぶん西側境界層内で)働いている。インド洋は小さいけれども年変化は大西洋よりも大きい。太平洋とインド洋は熱を輸出し、大西洋は熱を輸入する。

## 紅藻カイガラアマノリの室内培養における生活史\*

能登谷正浩\*\*・菊地則雄\*\*\*・有賀祐勝\*\*・三浦昭雄\*\*\*\*

### Life history of *Porphyra tenuipedalis* Miura (Bangiales, Rhodophyta) in culture\*

MSAHIRO NOTOYA\*\*, NORIO KIKUCHI\*\*\*, YUSHO ARUGA\*\* and AKIO MIURA\*\*\*\*

**Abstract:** Life history of *Porphyra tenuipedalis* Miura was completed in culture. Growth and reproduction were observed under various photon flux densities ( $10\text{--}80\ \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ), temperatures ( $10\text{--}24\ ^\circ\text{C}$ ) and photoperiods (14L:10D, 10L:14D). The optimum growth of conchocelis filaments was observed at  $20\ ^\circ\text{C}$  and 14L:10D. The conchocelis filament did not produce conchosporangia, but a spherical cell was formed at the tip of filament. The spherical cell developed into the foliose thallus at  $15\text{--}20\ ^\circ\text{C}$  and 10L:14D. The foliose thallus matured within 16 weeks at  $15\ ^\circ\text{C}$  and 10L:14D. Monospores were not produced both in conchocelis and foliose phases.

#### 1. 緒言

アマノリ属 (*Porphyra*) の多くの種では、糸状体に形成される殻胞子嚢から放出された殻胞子が葉状体に生長する。しかし、カイガラアマノリ (*Porphyra tenuipedalis* Miura) では貝殻糸状体から直接葉状体が生長することが知られている (MIURA, 1961)。また、著者らは前報 (NOTOYA *et al.*, 1993) でカイガラアマノリの生活史、葉状体と糸状体の生長や成熟における最適温度や光量、光周期について報告した。

本報告では、カイガラアマノリの糸状体の生長や球形細胞の形成、葉状体の生長等に及ぼす温度や光量、光周期の影響、更に単胞子の形成の有無などと共に生活史の経過を詳細に報告する。

#### 2. 材料及び方法

材料には東京水産大学藻類増殖学研究室に保存培養されているカイガラアマノリの無基質糸状体を用いた。糸状体を長さ約  $200\ \mu\text{m}$  に切断し、滅菌海水に懸濁させ、スライドグラスを敷きつめたシャーレに入れ、温度  $20\ ^\circ\text{C}$ 、光量  $10\ \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 、光周期 10L:14D の下で 1 晩放置し、スライドグラス上に付着させた。このスライドグラスを  $50\text{ml}$  容のねじ口瓶に入れて糸状体の培養を行った。糸状体の培養は、温度  $10, 15, 20, 24\ ^\circ\text{C}$ 、光量  $10, 20, 40, 80\ \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 、光周期 14L:10D (長日)、10L:14D (短日) を組み合わせた 32 条件下で行った。葉状体の培養は、球形細胞が形成された糸状体を  $1\ \ell$  容の枝付きフラスコに入れ、温度  $10, 15, 20\ ^\circ\text{C}$ 、光量約  $30\ \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 、光周期 10L:14D (短日) の下で行った。培養液には Grund 改変培地 (McLACHLAN, 1973) を用い、1 週間毎に全量を交換した。

#### 3. 結果

##### 3.1. 生活環

長さ約  $200\ \mu\text{m}$  に細断された糸状体を  $20\ ^\circ\text{C}$ 、 $40\ \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 、長日条件下で培養すると 1 か月後には直径約  $2\ \text{mm}$  のコロニーに生長したが、殻胞子嚢の形成は認められなかった (Fig. 1A)。しかし、 $20\ ^\circ\text{C}$ 、 $40\ \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 、短日条件下では、糸状体の先端に直径  $20\text{--}25\ \mu\text{m}$  の球形の細胞の形成が認められた (Fig. 1B)。その後 2 か月間の培養を継続したところ、短日条件下では

\* 1993年7月1日受理 Received July 1, 1993

\*\* 東京水産大学資源育成学科, 〒108 東京都港区港南4-5-7

Department of Aquatic Biosciences, Tokyo University of Fisheries, Konan-4, Minato-ku, Tokyo, 108 Japan

\*\*\* 長崎県県北振興局商工水産部水産課, 〒857 長崎県佐世保市木場田町 3-25

Department of Fisheries, Nagasaki Northern Prefecture Promotion Bureau, Kibatacho, Sasebo, Nagasaki, 857 Japan

\*\*\*\* 青森大学工学部生物工学科, 〒030 青森市幸畑 2-3-1

Laboratory of Marine Biotechnology, Faculty of Technology, Aomori University, Kobata, Aomori, 030 Japan

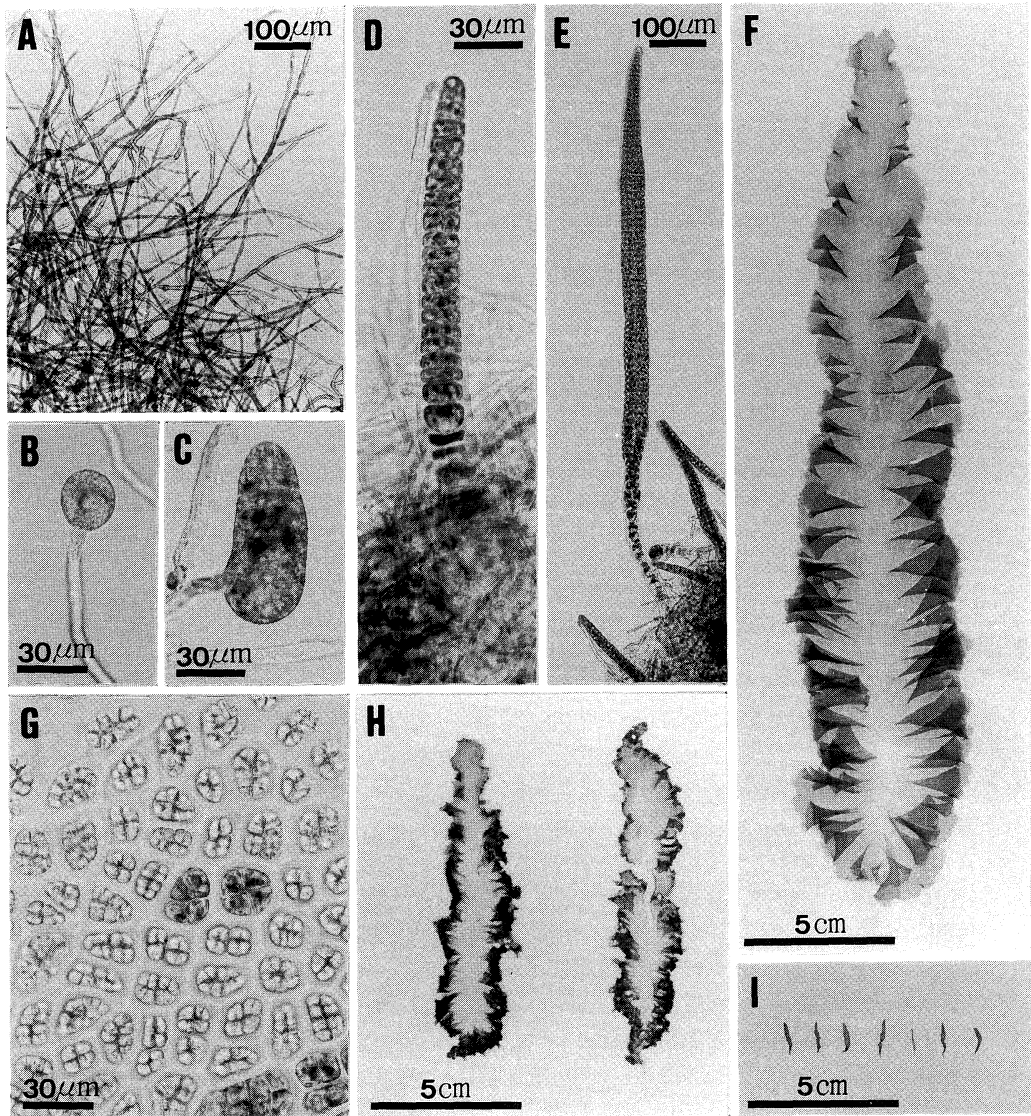


Fig. 1. *Porphyra tenuipedalis* Miura in culture. (A) Conchocelis cultured for a month at 20°C and  $40 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  under 14L:10D. (B) Spherical cell formed at the tip of conchocelis filament within 5 weeks of culture at 20°C and  $40 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  under 10L:14D. (C) Two-cell germling developed from a spherical cell after 3 days at 15°C and  $40 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  under 10L:14D. (D) Uniseriate thallus developed from a spherical cell after a week at 15°C and  $40 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  under 10L:14D. (E) Young blade after 3 weeks at 15°C and  $40 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  under 10L:14D. (F) Mature blade after 14 weeks at 15°C and  $40 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  under 10L:14D. (G) Surface view of carposporangia and antheridia. (H) Immature blades at 20°C and  $40 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  under 10 L:14D after 20 weeks in culture. (I) Immature blades at 10°C and  $40 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  under 10L:14D after 20 weeks in culture.

球形細胞の形成の増加は認められたが、球形細胞の分裂やそれからの葉状体の発生は認められなかった。また、長日条件下では球形細胞は全く形成されることなく糸状体が生長するのみであった。そこで、15°Cの短日条件下

で球形細胞が20–30個形成された糸状体コロニーを1ℓ容枝付きフラスコに移して15°C、 $40 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ の短日条件下で通気培養したところ、3日後には球形細胞は大きく発達し、2細胞となった (Fig. 1C)。更に培養を

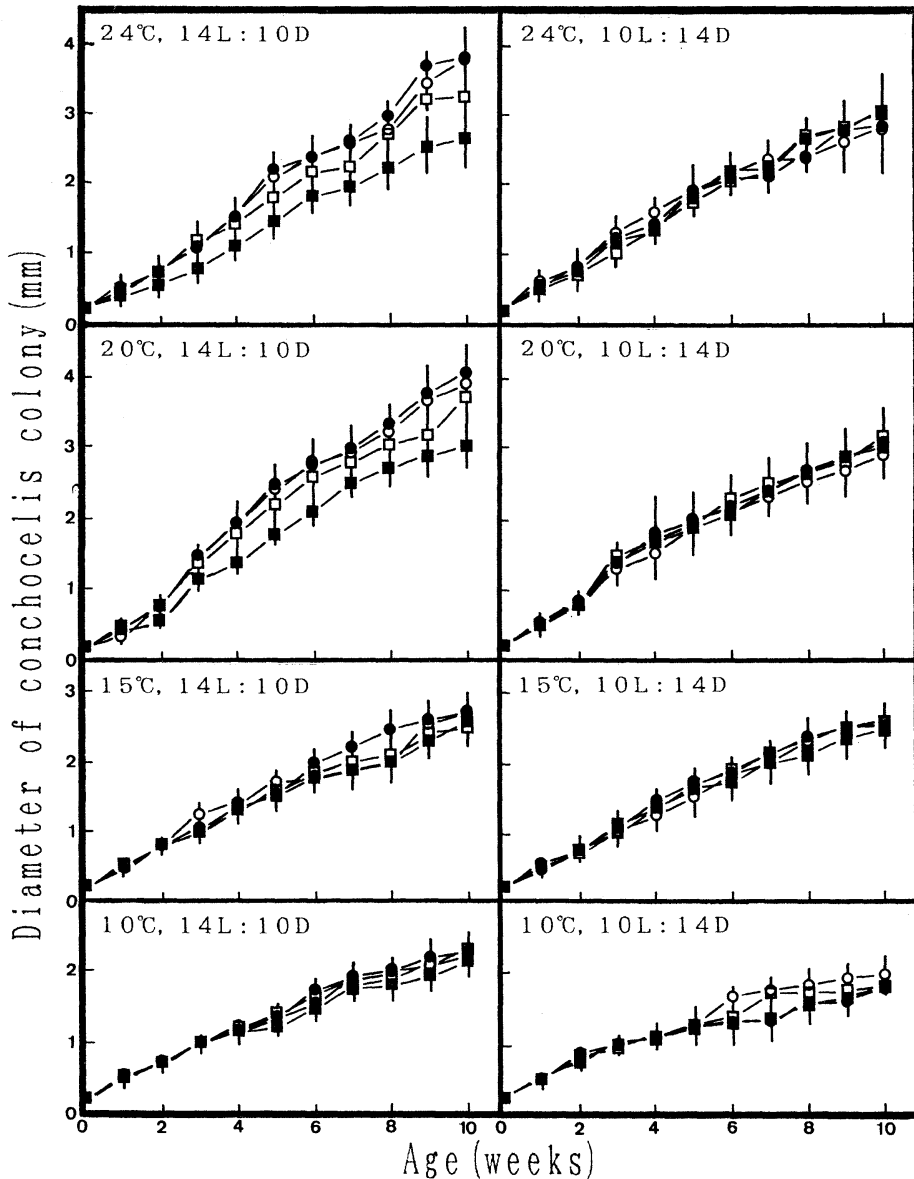


Fig. 2. Growth of the conchocelis colony of *Porphyra tenuipedalis* Miura under different temperatures, light intensities and photoperiods. ■,  $10 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ; □,  $20 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ; ●,  $40 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ; ○,  $80 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Vertical bars, standard deviation.

続けるると単列細胞の藻体として生長が認められ、2週目には藻体の長さが約0.5mmとなり体中央付近は2列細胞となった (Fig. 1D)。3週目には更に細胞列が増して3-5列からなる一層細胞の葉状体 (長さ約1mm) に発達した (Fig. 1E)。葉状体は培養14週目には葉長約27cm、葉幅約5cmに達し (Fig. 1F)、精子の形成と放出が認められた。更に2週間後には果胞子の形成と放出

が観察された (Fig. 1G)。精子囊の分裂表式は128 (a/4, b/4, c/8)、果胞子囊のそれは16 (a/2, b/2, c/4) であった。

葉状体から放出された果胞子は直径9-10 $\mu\text{m}$ の球形で、赤褐色を呈していた。果胞子は10-24°C、10-80 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 、長日および単日いずれの条件下でも発生が認められ、糸状体に生長した。単胞子の放出は葉状

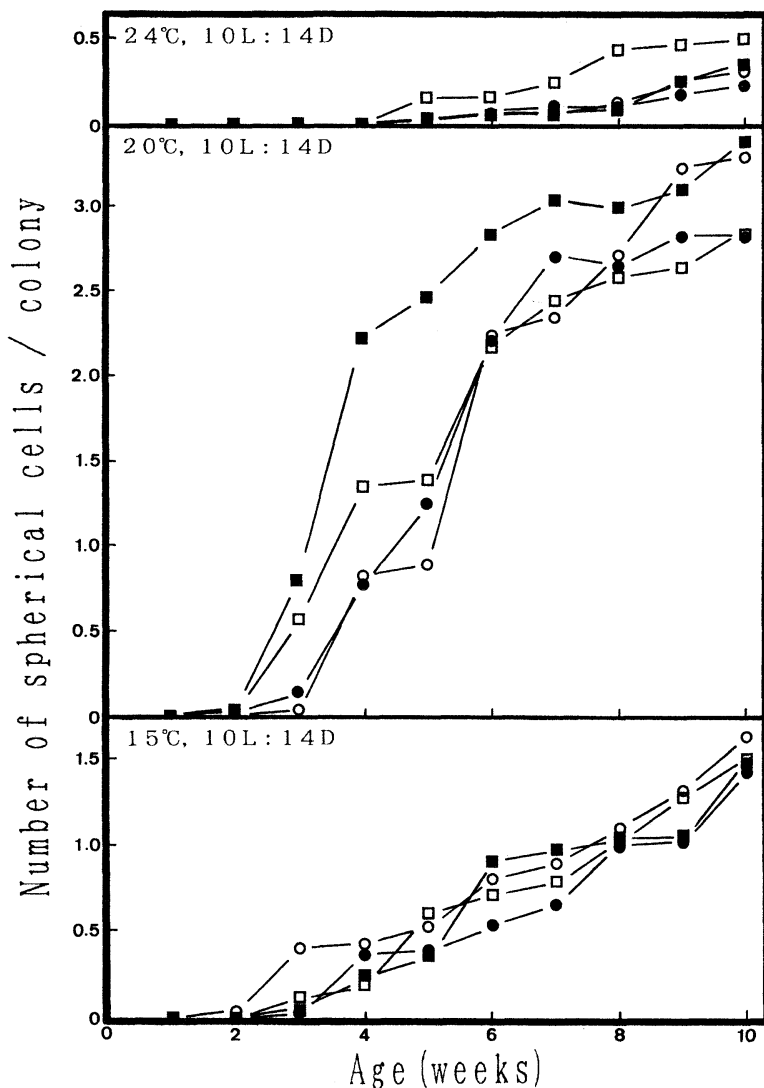


Fig. 3. Rate of spherical cell formation on the conchocelis filament of *Porphyra tenuipedalis* Miura at different temperatures and light intensities under 10L:14D. ■,  $10 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ; □,  $20 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ; ●,  $40 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ; ○,  $80 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ .

体および糸状体のいずれからも認められなかった。

### 3. 2. 葉状体および糸状体の生長と成熟に及ぼす温度, 光量, 光周期の影響

糸状体の生長は20°Cで最も速く, 次いで24°C, 15°C, 10°Cの順となり, 長日条件下の方が短日条件下よりやや速い傾向が認められた。しかし, 光量の影響はほとんど認められなかった (Fig. 2)。糸状体先端における球形細胞の形成は15-20°Cの短日条件下では2週目から, 24°Cの短日条件下では5週目から認められ, 10週目には15, 20, 24°Cではそれぞれ糸状体コロニー当たり約1.5, 3.0,

0.5個の割合であった。これら以外の長日条件下や10°Cでは球形細胞の形成は認められなかった (Fig. 3)。

葉状体の生長は15°Cで最も速く, 14週間の培養で葉長約27cm, 葉幅約5cmとなり精子嚢の形成が認められたが, 20°Cでは培養20週間でも葉長11cm, 葉幅4.6cmと小さく, 成熟には至らなかった。10°Cでの生長は極端に遅く, 培養20週間でも葉長約1cmに留まり, 成熟は見られなかった (Fig. 4)。葉状体の形態は温度によって異なり, 葉長と葉幅の比は10°Cと15°Cでは約6:1で細長く, 20°Cでは約2:1で緑辺部に鬚が多かった (Fig.



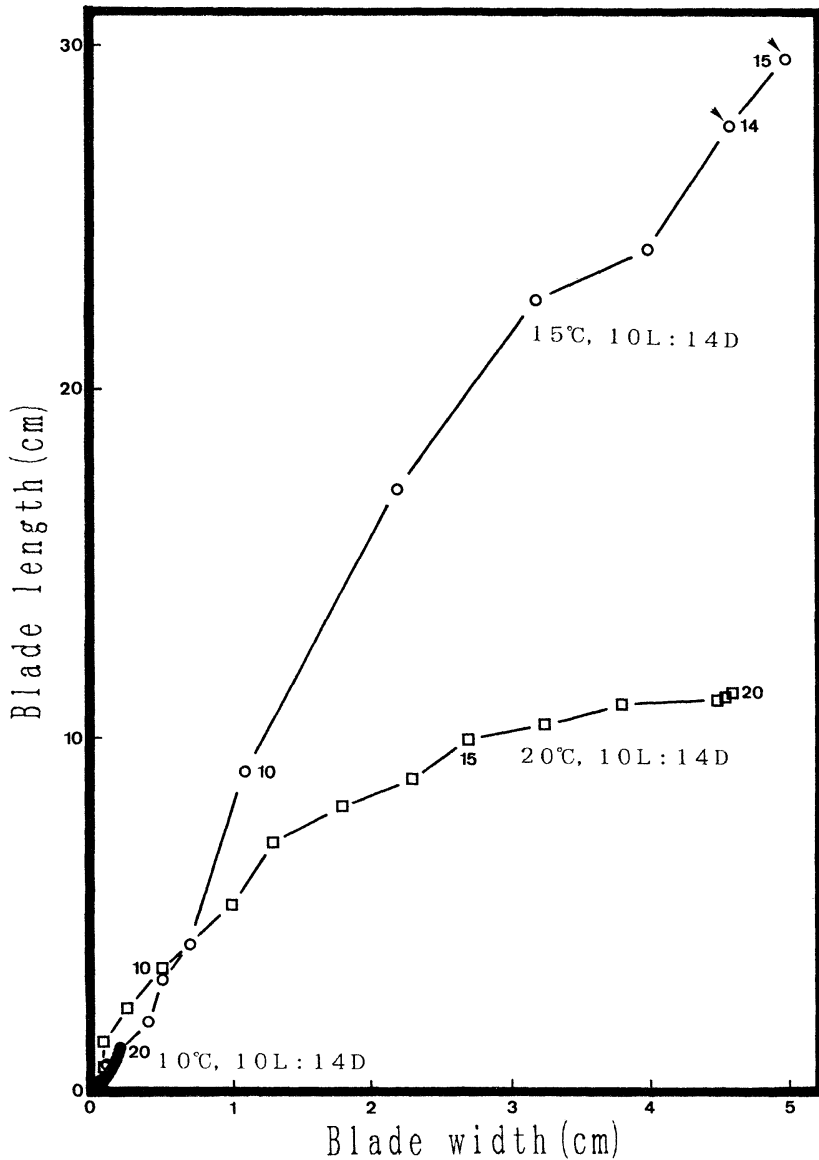


Fig. 4. Growth of the blade of *Porphyra tenuipedalis* Miura at different temperatures under  $40 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  and 10L:14D. Numbers near the data indicate weeks in culture. Arrowheads show the maturity of blade. ●, 10°C; ○, 15°C; □, 20°C.

1F-I, Fig. 4)。

#### 4. 考 察

本培養実験の結果から、カイガラアマリノは Fig. 5 に示すような生活環をとると推察され、アマリノ属の中では殻胞子嚢を形成しない特異な種であることが分かった。

現在では、アマリノ属の多くの種で殻胞子から葉状体

が形成されることは一般に認められているが、DAN-GEARD (1931) が “pluricellular buds” としたものとや DREW (1954) が *P. umbilicalis* var. *laciniata* で糸状体に直接形成される “fertile cell-row” および “plantlets” と呼んだものは葉状体ではなく殻胞子嚢枝と見做される。また、KRISHNAMURTHY (1969) が *P. cuneiformis* の培養で観察した糸状体から直接発生した葉状体は、殻胞子が糸状体から離れることなく発芽し

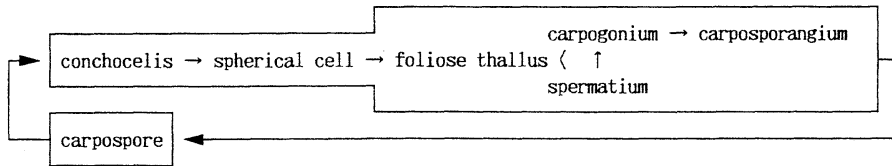


Fig. 5. Life cycle of *Porphyra tenuipedalis* Miura.

たか、または殻胞子嚢枝が変化したものであるとの推察は妥当と見做される。

これらに対し、カイガラアマノリでは糸状体に単胞子嚢や殻胞子嚢の形成は認められなかった。また、球形細胞は全て糸状体の先端にのみ形成され、分裂して単列細胞の体に生長するが、殻胞子嚢枝の様に分枝することはなく、胞子の放出も認められなかった。更に、単列細胞の体は生長して雌雄の生殖器官を形成し、天然で認められるカイガラアマノリの葉状体と同様の藻体となった。従って、本種は、多くのアマノリ属で見られるような殻胞子と類似の機能を持つ細胞が糸状体の先端に1個ずつ形成され、それが糸状体から離れることなく葉状体に生長する種と考えられる。

カイガラアマノリにおける球形細胞の形成は、15–24°Cの単日条件下でのみ認められた。このことは、これまで報告されたアマノリ属の多くの種と同様に殻胞子嚢形成は短日条件下で促進され(黒木, 1959; IWASAKI, 1961; 黒木・佐藤, 1962; 黒木ら, 1962a, b; 新村ら, 1967; DRING, 1967; KAPRAUN and LUSTER, 1980; AVILA et al., 1986; KAPRAUN and LEMUS, 1987; WAALAND et al., 1990), 温度より光周期の影響を強く受けるものと看なされる。

## 文 献

- AVILA, M., B. Santelices and J. McLachlan (1986): Photoperiod and temperature regulation of the life history of *Porphyra columbina* (Rhodophyta, Bangiales) from central Chile. *Can. J. Bot.* **64**: 1867–1872.
- DANGEARD, P. (1931): Sur le developpement des spores chez quelques *Porphyra*. *Trav. Cryptogam. ded. a L. Mangin*. p. 85–96.
- DREW, K. M. (1954): Studies in the Bangioideae. III. The life history of *Porphyra umbilicalis* (L.) Kutz. var. *laciniata* (Lightf.) J. Ag. *Ann. Bot. N. S.* **18**: 183–211.
- DRING, M. J. (1967): Effect of daylength on growth and reproduction of the conchocelis-phase of *Porphyra tenera*. *J. mar. biol. Ass. U.K.* **47**: 501–510.
- IWASAKI, H. (1961): The life-cycle of *Porphyra tenera* in vitro. *Biol. Bull. (Woods Hole)* **121**: 173–187.
- KAPRAUN, D. F. and D. G. LUSTER (1980): Field and culture studies of *Porphyra rosengurtii* Coll et Cox (Rhodophyta, Bangiales) from North Carolina. *Bot. Mar.* **23**: 449–457.
- KAPRAUN, D. F. and A. J. LEMUS (1987): Field and culture studies of *Porphyra spiralis* var. *amplifolia* Oliveira Filho et Coll (Bangiales, Rhodophyta) from Isle de Margarita, Venezuela. *Bot. Mar.* **30**: 483–490.
- KRISHNAMURTHY, V. (1969): The *Conchocelis* phase of three species of *Porphyra* in culture. *J. Phycol.* **5**, 42–47.
- 黒木宗尚 (1959): アマノリ類の糸状体の生長・成熟と光条件. I 単胞子嚢形成及び単胞子放出と日長作用(1). *東北水研研究報告* **15**: 33–42.
- 黒木宗尚, 佐藤誠一 (1962): アマノリ類の糸状体の生長・成熟と光条件. II アサクサノリの糸状体の生長・成熟と日長. *東北水研研究報告* **20**: 127–136.
- 黒木宗尚, 秋山和夫, 佐藤誠一 (1962a): アマノリ類の糸状体の生長・成熟と光条件. I 単胞子嚢形成及び単胞子放出と日長作用(2). *東北水研研究報告* **20**: 121–126.
- 黒木宗尚, 秋山和夫, 佐藤誠一 (1962b): アマノリ類の糸状体の生長・成熟と光条件. III 種による日長作用の差異. *東北水研研究報告* **20**: 138–156.
- MCLACHLAN, J. (1973): Growth media—marine. p. 25–51. In J. R. STEIN (ed.), *Handbook of Phycological Methods*. Cambridge Univ. Press, New York.
- MIURA, A. (1961): A new species of *Porphyra* and its *Conchocelis* phase in nature. *J. Tokyo Univ. Fish.* **47**, 305–311.
- NOTOYA, M., N. KIKUCHI, M. MATSUO, Y. ARUGA, and A. MIURA (1993): Culture studies of four species of *Porphyra* (Rhodophyta) from Japan. *Nippon Suisan Gakkaishi* **59**: 431–436.
- 新村徹, 椎原久幸, 田中剛 (1967): イチマツノリの糸状体の殻胞子放出におよぼす日長条件. *藻類* **15**: 123–126.
- WAALAND, J. R., L. G. DICKSON and C. S. DUF-FIELD (1990): Conchospore production and seasonal occurrence of some *Porphyra* species (Bangiales, Rhodophyta) in Washington State. *Hydrobiologia* **204/205**: 453–459.

日仏海洋学会賞受賞記念講演  
海洋の光環境と生物生産に関する研究\*

岸野元彰\*\*

Studies on optical environment and biological production in the ocean

Motoaki KISHINO\*\*

この度は思いがけず、日仏海洋学会賞を受賞させて頂き、まことに光栄に存じ心から感謝致しております。

受賞の対象になりました「海洋の光環境と生物生産に関する研究」は、海洋における光環境と植物プランクトンの相互関係を明らかにしようとしたものであります。本日は、その成果の基礎となりました光海洋学からお話をしたいと思います。

“Optical Oceanography” 一般に海洋光学と言っていますが、あえて光海洋学と言いたいと思います。これは、“Marine Optics” とはニュアンスが異なるように思います。ともすると海洋学を忘れてしまいますので、ここでは海洋学を強調し、次のように定義したいと考えております。

「光海洋学とは、海洋における光の振舞いを明らかにし、光の振舞いから海洋を知り海洋を理解する分野である」

海面に入射した太陽光と天空光は、海面で反射・屈折を受け海中に入っていきます。そこでは、波や泡が光の反射・屈折に影響を与えます。海中に透入した光は、海水中の種々の物質（例えば、植物プランクトン、その他の懸濁粒子、溶存物質と水分子）の光学的性質（吸収、散乱等）によって、指数関数的に強度が減衰し分光分布も変えて行きます（光場の形成）。これと同時に、海洋を見たときの色も海水中の種々の物質の濃度によって変化します。光場と光学的性質の関係、光学的性質と海水中の物質の関係、あるいは光場と物質との関係など様々な問題があります。それらの関係を明らかにすることが

大きなテーマと考えられます。その上で光が海洋においてその様な役割を演じているか明らかにしていくこととなります。

海洋に透入した太陽の光エネルギー全体の流れをみますと、大部分表層海水の吸収によって熱に変換されます。この熱エネルギーは大気・海洋系の境界層で重要な役割を演じているはずですが、一方、植物プランクトンに吸収され利用されるエネルギーはごくわずかです。わずかなエネルギーに見えますが、海洋における生態系を支えている唯一のエネルギー源です（厳密には光エネルギーを必要としない合成がわずかにあります）。したがって、海洋における光のふるまいを明らかにすることは、海洋の生態系にとって重要になります。

この観点から光と植物プランクトンの関係を眺めてみます。光エネルギーは、植物プランクトンの光合成のエネルギー源です。同時に植物プランクトンが増殖すると光の吸収が増加し光場を変えます。いいかえれば光と植物プランクトンは相互作用していることとなります。

海洋における光のふるまいを調べる方法として、海洋各層における分光放射照度の測定が考えられます。そのため、より精度の高い水中分光放射照度計を開発しました（KISHINO and OKAMI, 1984）。東京湾を始め日本近海において多くの測定を行いました。この装置は、パソコンでデータ収集出来るように改造しましたが現在も活躍しています。分光放射照度の測定結果から、深度と共にどの様に光エネルギーが消散していくかを研究しました。その結果、水分子とラマン散乱の分光放射照度に対する影響（SUGIHARA, *et al.*, 1984）、植物プランクトンの蛍光の影響（KISHINO *et al.*, 1984a,b）、などを明らかにしました。特に現場海洋における植物プランクトンの蛍光は、“Natural fluorescence” と呼ばれ、植物プランクトンの光合成と関係しており、活性の指標と

\* 1993年5月31日 日仏会館(東京)で講演  
Conférence à la remise du Prix de la Société  
franco-japonaise d'océanographie

\*\* 理化学研究所  
The Institute of Physical and Chemical Research,  
Wako-shi, Saitama, 351-10 Japan

して用いられ始めました (CHAMBELIN *et al.*, 1990)。

分光放射照度の測定と同時に理論計算を試みた。放射輸送理論を直接解くことは困難です。そこで各種試みが行われていますが、我々は薄層モデルと二流モデル(modified two-flow model)を試みました。リモートセンシングには、この二流モデルの適応が簡便であることがわかって来ました (OKAMI *et al.*, 1982)。

こういった理論計算には、光学的性質が必要です。そのため、海水中に含まれている各種物質の濃度と光学的性質の関係を明らかにする必要があります。溶存物質の吸収は、濾過海水の吸収測定で得られます。懸濁粒子の場合、原海水の吸収から溶存物質の吸収を差し引くか、または海水を濾過し濾紙 (GF/F) 上に残った懸濁物の吸収を測定することにより得られます。この場合、植物プランクトンとその他の懸濁物を分けて測定することはできません。

そこで、いわゆるオパールグラス法 (SSHIBATA, 1956) とメタノール色素抽出法 (TALLING and DRIVER, 1961) を組み合わせて、植物プランクトンとその他の懸濁物を分けて測定する方法を開発致しました (KISHINO *et al.*, 1985)。すなわち、はじめにグラスフィルター (GF/F) で海水を濾過し、フィルター上の懸濁粒子の吸収を測定します。次にメタノールで色素を抽出し、フィルター上の残ったものの吸収を測定します。両者の差が植物プランクトンの吸収と考えられます。この方法の欠点は、メタノールで抽出出来ない光合成色素、メタノールで抽出される植物プランクトン以外の色素があるために、過小または過大評価すること、およびフィルター上に集めたために起こるフィルター効果 (一般に pathlength amplification factor といわれています) を除く必要があること等です (MITCHELL and KIEFER, 1984)。これらの方法を使うことにより、海水の吸収係数についてモデルの作成が可能になりました。

次の問題は、散乱です。散乱関数の測定は、粒径分布の研究と共に古くから行われてきました (SASAKI *et al.*, 1960)。しかし、粒径分布測定技術の発達にともない、研究されなくなってきました。最近になり、光学的性質の一つとして再び注目されるようになりました。例えば、120°方向の散乱関数と後方散乱係数の関係を求めた研究などがあります (OISHI, 1990)。研究をさらに進める必要があります。

光と生物生産の関係を見ることにします。先に述べた様に、光エネルギーは、植物プランクトンの光合成のエネルギー源です。そこで、光エネルギーをどの様な

効率で植物プランクトンが利用しているか、明らかにすることが重要です。横軸にPARを縦軸に光合成速度をとるいわゆる光-光合成曲線の立ち上がり勾配は、量子収率と吸収係数で決まります。量子収率は、光合成速度を植物プランクトンが吸収した光子で割った値で定義されています。量子収率を求めるためには、光合成速度とともに、植物プランクトンが吸収した光エネルギー (光子単位, PUR) を知る必要があります。この植物プランクトンが吸収した光子は、プランクトンに入射する光合成に有効な光子 (PAR) と吸収係数がわかれば求められます。ここで重要なことは、入射する光エネルギーが深さによって特異的な分光分布を持っていること、および植物プランクトンの吸収係数が色素系によって選択的な吸収特性を持っていることである。従って、PURを求めるとき、分光特性を考慮した計算をする必要があります。

成層した大洋で現場において、光合成速度、植物プランクトンの分光吸収係数、各層の分光放射照度の測定を行い、量子収率を求めました (KISHINO *et al.*, 1986)。また、赤、緑、青色の各種光条件を作り、各色光下での量子収率を測定し、光条件と光合成の関係を検討しました (TAKAHASHI *et al.*, 1989)。

光海洋学の応用の最近の話題は、海色リモートセンシングです。先に述べたように、海の色は、海水の中の種々の物質の濃度で決まります。海色には、理論的考察により、物質の吸収の分光分布が効いていることがわかってきました。そこで、海の色を人工衛星から測定し、海水中のクロロフィル濃度を求めようという試みが行われました。

本格的な試みは、1978年に打ち上げられた Nimbus-7 に搭載された CZCS に始まります。海洋から衛星に到達する放射輝度はごくわずかで、衛星のセンサーが測定する輝度の大部分は、大気散乱光です。多くの研究者によって、様々なアルゴリズムが提案されました (例えば、GORDON and MOREL, 1983)。現在は、CZCSのデータは、NASA/GSFC で整備され自由に使えるようになりました。大気補正後の値を用いて、全海洋のクロロフィル分布が得られています (NASA, 1989)。しかし、CZCSは、実験センサーであったため、常に測定していただけではありません。適時1軌道2分間だけ動かしていましたので、全海洋といっても、測定まったく無い海域、測定頻度の少ない海域が多くみられます。

NASAの本格的な海色センサー Sea WiFS が1994年7月に、日本の海色センサー ADEOS/OCTS が1996年

2月に打ち上げられる予定です。これらのセンサーは、CZCSの経験を踏まえて改良され、グローバルなクロロフィル濃度分布を得ることを目的としています。気象衛星と同様に、常に測定しているので、2日から3日に1回全球の分布が得られます。もちろん雲があるとクロロフィル分布は得られませんが。従って、これらの衛星データが利用出来る様になると、クロロフィル分布の時系列分布に関する情報が得られるようになります。OCTSはクロロフィル濃度だけでなく、海面温度が得られます。又、ADEOSには、NSCATが搭載され、海上風、波が明らかになります。これらを組合せることにより、海洋生物の研究に新たな1ページを加えることと思います。

将来の海色センサーの計画としては、1999年2月にADEOS-II/GLIがあり、アメリカ、ヨーロッパでも計画されています。従って、少なくとも10年以上の期間、グローバル海色データが得られると考えられます。これらのデータを遊ばせて置く必要はなく、大いに利用して行きたいと考えています。現在、日本とアメリカでは、毎年1回、海色リモートセンシングのワークショップを交互に開催し、検討を重ねています。衛星データの有効利用を特に若い研究者に大いに期待しています。

いままで行ってきた研究成果を中心に、述べてきました。少しずつ進んで来たと思いますが、まだまだ解決すべき多くの問題点があると肝に銘じています。今後の研究は、新しいアイデアに期待するところが多いと思います。新しいアイデアのもとに、種々の海域で、現場で各種のパラメータを同時に測定し、理論的考察と共に海洋中での光の振舞いを明らかにすることが次の前進に成ると考えています。

最後に、研究を始めた頃から多くの先生方にご指導ご鞭撻を賜りました。また、多くの共同研究者に恵まれ研究を続けることができました。ここに厚くお礼申し上げます。これを機会に新たな気持ちで研究を進めたいと思いますので、皆様方の一層のご支援、ご鞭撻をお願い致します。

## 文 献

- CHAMBERLIN, W. S., C. R. BOOTH, D. A. KIEFER, J. H. MORROW and R. C. MURPHY (1990): Evidence for a simple relationship between natural fluorescence, photosynthesis, and chlorophyll in the sea. *Deep-Sea Res.*, **37**, 951-973.
- GORDON, H. R. and A. Y. MOREL (1983): Remote Assessment of Ocean Color for Interpretation of Satellite Visible Imagery: A Review. Springer-Verlag, New York, 114pp.
- KISHINO, M. and N. OKAMI (1984): Instrument for measuring downward and upward spectral irradiances in the sea. *La mer*, **22**, 37-40.
- KISHINO, M., S. SUGIHARA and N. OKAMI (1984a) : Influence of fluorescence of chlorophyll a on underwater upward irradiance spectrum. *La mer*, **22**, 224-232.
- KISHINO, M., S. SUGIHARA and N. OKAMI (1984b): Estimation of quantum yield of chlorophyll a fluorescence from the upward irradiance spectrum in the sea. *La mer*, **22**, 233-240.
- KISHINO, M., M. TAKAHASHI, N. OKAMI and S. ICHIMURA (1985): Estimation of the spectral absorption coefficients of phytoplankton in the sea. *Bull. Marine Sci.*, **37**, 634-642.
- KISHINO, M., N. OKAMI, M. TAKAHASHI and S. ICHIMURA (1986) :Light utilization efficiency and quantum yield of phytoplankton in a thermally stratified sea. *Limnol. Oceanogr.*, **31**, 557-566.
- MITCHELL, B. G. and D. A. KIEFER, (1984): Determination of absorption and fluorescence excitation spectra for phytoplankton. *Marine Phytoplankton and Productivity*, O. HOLM-HANSEN, L. BOLIS and R. GILLES, (eds.), Springer-Verlag, 157-169.
- NASA(1989): *Ocean color from space*.
- OISHI, T. (1990): Significant relationship between the backward scattering coefficient of seawater and the scatterance at 120°. *Appl. Opt.*, **29**, 4658-4665.
- OKAMI, N., M. KISHINO and S. SUGIHARA (1984): Analysis of ocean color spectra (I). Calculation of irradiance reflectance. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, **38**, 208-214.
- SASAKI, T., N. OKAMI, G. OSHIBA and S. WATANABE (1960): Angular distribution of scattered light in deep sea water. *Rec. Oceanogr. Works Japan*, **5**, 1-10.
- SHIBATA, K. (1956): Spectrophotometry of intact biological materials. *J. Biochem.*, **45**, 599-623.
- SUGIHARA, S., M. KISHINO and N. OKAMI (1984): Contribution of Raman Scattering to upward irradiance in the sea. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, **40**, 397-404.

- TAKAHASHI, M., S. ICHIMURA, M. KISHINO and N. OKAMI (1998): Shade and chromatic adaptation of phytoplankton photosynthesis in a thermally stratified sea. *Mar. Biol.*, **100**, 401-409.
- TALLING J. F. and D. DRIVER (1961): Some problems in the estimation of chlorophyll-a in phytoplankton. *Proceedings of the conference on primary productivity measurement, marine and freshwater*. M. S. DOTDY, (ed.), U.S. Atomic Energy Commission, TID-7633, 142-146.

## シンポジウム「水圏化学1993」

### UNESCO・Russian-IHP Symposium “Hydrochemistry 1993”

近年における人為的汚染は地球環境の大気圏と水圏とに著しい影響を与えている。この結果、陸水資源の質的变化は人類生存に致命的な影響を与えるようになってきている。この問題の解決のために、陸水環境における汚染物質の輸送と変化の過程を検討して、将来にむけての問題解決のための研究者間の国際的科学的協力の奨励を行う目的で本シンポジウムが企画された。そして、国連ユネスコとロシアIHP委員会との共催する水圏化学1993が、ロシア国立水圏化学研究所とアメリカ合衆国環境保護局などの後援によって、ロシア国ロストフナドヌ市において平成5年5月24日から5月29日の期間に開催された。ロシア、アメリカ合衆国、カナダ、フランス、ポーランド、エジプトなどから38題の講演と7題のポスターがあった。

本シンポジウムは、シンポジウム事務局のロシアIHP委員会代表 Kimstach 博士とロストフナドヌ市所在水圏化学研究所 Nikanorov 所長による開会の辞の後に、国連派遣の WHO 所属 Helmer 博士による政治的色彩の強い講演「国家のおよび国際的な水質管理」があった。続いて、ロシア科学者によるチェルノブイリ原発事故を教訓にロシアが施行している水圏の放射性汚染物質管理方式に関する政治的科学的講演があった。この講演に対して、ロシア国内の科学者のみならず、国外の科学者から活発な質疑応答のあったことは、現在のロシア民主化の状態を示すことで好感が持てた。この後のシンポジウムは科学講演に終始することとなったが、それらのセッション首席座長は文部省派遣で出席した関が務めることとなり、筆頭講演「太平洋地域の種々な湖沼型環境における微生物の栄養摂取反応」を行った。講演においてのみならず質疑応答においても、本シンポジウムで取り扱う科学事象には微生物学的な過程が根幹にあることを、特にロシアや発展途上国の代表者に認識させたようである。因みに欧米科学先進国においても、自然界における水圏微生物の基礎的な浄化機構を、環境問題解消のために役立つレベルまで詳細に解明している研究例は極めて数少ない。

その後に講演や研究発表は、水質管理における方法や技術の進歩状態、あるいは、種々な汚染物質による各国

で社会問題となっている実情紹介で終始した。シンポジウム会期中に最も印象的であったことは、ロシアの研究者が思想根底を持ち続けてきた大国主義的な発想を横において、西欧米の学術基盤で研究を行おうとする態度が講演に強く見られたことである。この態度は地方の研究所からの若手研究者に強く、若々しく情熱に富んだ研究発表に表現されており、数年先には相当な科学水準にまで向上する期待が持たれた。ロシアの経済事情の悪さに、科学アカデミー研究所から離れて民間企業に移った若手研究者が多いと聞いたが、残った情熱的な若手研究者に敬意を表したい。

シンポジウムの会期後には、UNEP/WHO などによる国連プログラムとの連携協定で、モスクワでの水質管理研修会にロシア科学アカデミーの研究所から直行する部長クラスの科学者が注目された。いろんな意味で危機に直面しているロシアが、水圏科学面でも生き残りを賭けて努力している姿は美しいし、ナポレオンやナチの進攻を阻んだような良い結果を期待したい。

本会議の会期中に、特にロシアの科学者から、ロシアの政府中央（モスクワ）を通さず、地方行政機関所属の研究機関への日本政府の支援（研究技術の指導、研究者の日本での教育などの強化）を直接的にも行って欲しいとの強い要請があった。ロシアの研究体制における基礎層が、日本の科学技術に向けている情熱は欧米に対するものより遙かに高いものが強く感じられた。この日本への情熱は、本シンポジウムにおける文部省派遣の関に対するロシア事務局の取り扱いが、ユネスコ派遣のシンポジウム運営委員会構成員である欧米科学者より上位にあったことでも分かる。また、ロシアの地方官庁や研究所などに、日本の学術活動の現状を周知したり、留学生募集などの情報を是非流して欲しいとの要望もあった。日本に真の好感を持っているロシア科学者が非常に多いのである。

本シンポジウムの成果は IAHS-Red Book Series の一つの学術論文集として、本年の9月に出版される予定である。

(筑波大学生物科学系 関文威)





## 学 会 記 事

1. 1993年5月27日(木) 東京水産大学において平成5年度第1回幹事会が開かれた。主要な議事は下記のとおり。
  - 1) 日本学術会議第16期会員の選出に係る学術研究団体の登録申請について  
(5月27日書類提出 結果の通知は9月上旬の見込み)  
なお、この登録申請にともない、新会則を印刷した。また、過日の往復はがきによる調査をもとに会長が仮名簿を作成した。約1/3の会員から返信がなかった。
  - 2) 日仏会館公募1993年度日仏学者交換については本学会からの応募はなかった。
  - 3) 平成4年度収支決算について  
支出の部の学会誌印刷費は28巻4号から29巻3号までの4号分で、29巻4号から30巻2号までの分は未払いである。
  - 4) La mer 編集刊行について  
JECSS VIワークショッププロシーディングズは30巻3号に変更された。昨年の総会時には29巻2号が会員に届いていなかったため、この1年間に実質5号分刊行されたことになる。(その他については総会報告参照)
  - 5) 平成5年度定例評議員会および通常総会に諮る議案について審議し、下記のとおり補足を行った。
    - ① La mer 30巻3号(JECSS VIワークショッププロシーディングズ)の頒布価額を3,200円とする。
    - ② 次回の日仏学術シンポジウム(1995年日本で開催予定)参加に向けて準備をはじめ。
  - 6) その他
    - ① La mer 投稿論文の超過ページ著者負担料金を学会誌に明示する。また、役員、会費等についても表紙裏等に印刷するようにする。
    - ② 次回の日仏学術シンポジウム(1995年日本で開催予定)参加に向けて準備をはじめ。
2. 1993年5月27日(木) 東京水産大学において平成5年度評議員会が開かれた。主要な議事は下記のとおり。
  - 1) 平成4年度事業報告
  - 2) 平成5年度学会賞受賞候補者選考経過報告
  - 3) 平成4年度収支決算報告及び監査報告
  - 4) 平成5年度事業計画案審議  
原案どおり承認した。
  - 5) 平成5年度収支予算案審議  
原案どおり承認した。
  - 6) 平成6年度学会賞受賞候補者推薦委員会委員選出  
下記のとおり選出した。  
青木三郎, 石野 誠, 今協資郎, 落合正宏  
鎌谷明善, 岸野元彰, 小池勲夫, 高野健三  
竹松 伸, 谷口 旭, 中村重久, 松生 治  
村野正昭, 柳 哲雄, 山口征矢
  - 7) 幹事(会計)の交代  
松生幹事の転出にともなう後任幹事(会計)に竹松 伸評議員を選出した。
  - 8) その他
    - ① 学術研究発表会、学会賞受賞記念講演の座長について
    - ② 日本学術会議への学術研究団体の登録審査基準について  
庶務幹事から学部学生を除く会員数300以上(第4部の場合)という基準があるとの説明があった。また、学会の財政好転をはかるためにも、本年度も各評議員最低1人以上の新入会員の紹介を会長から要請することとした。
3. 1993年5月31日(月) 日仏会館会議室において平成5年度日仏海洋学会学術研究発表会が開催された。発表題目と発表者は下記のとおり。

午前(9:30~11:50)

座長 山口征矢

  1. 東京湾の風による湧昇に関する研究  
……………○鈴木亨・松山優治・須藤英雄(東水大)・  
浜谷雅信(パスコ総合環境セ)
  2. 係留式ADCPによる西部赤道太平洋の上層海流の測定……………○稲葉栄生・川畑広紀・  
飯田正樹(東海大海洋)
  3. 海洋循環モデルと物質の挙動  
……………和田 明(東海大海洋)

座長 和田 明

  4. 東京湾における環境要素の経年変化  
……………野村英明(東水大)

5. 西太平洋赤道海域の基礎生産  
 ……○佐藤博雄・金炯碩・竹内正一(東水大)
  6. ソンクラ湖(タイ)の環境と基礎生産力  
 ……○山口征矢(埼玉大)  
 Saowapa Angsupanich・Suphaphorn  
 Rakkheaw (Prince of Songkla Univ.)・  
 有賀祐勝(東水大)
  7. シガテラ原因渦鞭毛藻の成長に対する大型藻類分  
 泌物の影響  
 ……○小池一彦・石丸隆・村野正昭(東水大)
- 午後(13:10~14:30)  
 座長 佐藤博雄
8. クロアワビの夜間行動に及ぼす水中の明るさの影  
 響……○森川由隆・小池康之・森永勤(東水大)
  9. Baited Trap により中部太平洋域の海山上から  
 採集された甲殻類(予報) ……小林敬典(養殖研)・  
 ○竹内一郎(東大海洋研大槌)・  
 蓮本浩志(東大海洋研)・沼知健一(東海大海洋)
  10. インド洋西部のミドリイガイ属一同海域の大西洋  
 要素の一員—  
 ……堀越増興(東大総合研究資料館・東京久栄)
  11. 1992~1993年の厳冬季に新潟県沿岸へカマイルカ  
 など陸続と漂着……○本間義治(新潟大理)・  
 箕輪一博(柏崎市立博)・中村幸弘(上越水族博)・  
 青柳 彰(寺泊水族博)

4. 1993年5月31日(月) 日仏会館会議室において第  
 34回(平成5年度)総会が開催された。議事の概要は  
 下記のとおり。

議長: 有賀会長

1) 平成4年度事業報告

a) 庶務

会員移動状況

	4年4月	入会	退会	5年4月
名誉会員	3	—	—	3
正会員	302	4	6	300
学生会員	—	2	0	2
賛助会員	22	0	0	22

活動状況

- 評議員会 1回(5/26)  
 幹事会 3回(5/26(幹事懇談会), 8/31, 1/19)  
 総会 1回(6/1 日仏会館)  
 講演会の開催(主催 日仏会館, 日仏海洋学会)

「珊瑚の生態系の研究と長期的監視」ミッシェル・  
 リカール(ボルドー第3大学教授)(6/17日仏会  
 館)

「海洋学の未来」ユベール・セカルディ(日仏会  
 館学長)(9/16日仏会館)

学会賞授与 小池勲夫(東京大学)(6/1 日仏会館)

b) 編集

La merを4号[29/3, 29/4, 30/1, 30/2]  
 刊行, 合計226頁

29/4は日仏オーシャンフラックスワークショップ  
 (1991. 11. 25-27日仏会館)プロシーディングズ  
 30/3はJECSS VIワークショッププロシーディ  
 ングズとして初校校正中 約215頁, 30/4も印刷  
 中

現在の手持ち原稿 原著論文13編(うち3編は31  
 /1へ予定)

c) 平成5年度学会賞受賞候補者選考経過報告

2) 平成4年度収支決算報告及び監査報告

平成4年度決算

収入

前年度繰越金	728,027
正会員会費	1,502,500
学生会員会費	8,000
賛助会員会費	220,000
学会誌売上金	238,160
広告料	130,000
著者負担印刷費	522,900
雑収入	189,703
寄付金収入	200,000

計 3,739,291

支出

学会誌等印刷費	2,486,207
送料・通信費	238,986
事務費	714,970
交通費	21,390
会議費	12,138
学会賞経費	76,295
雑費	29,079
次年度繰越金	160,226

計 3,739,291

- 3) 平成5年度事業計画案審議  
 評議員会1回, 総会1回, 学術研究発表会1回, 幹事会4回  
 シンポジウム及び講演会の開催  
 学会誌の発行(4号)  
 平成5年度学会賞受賞及び平成6年度学会賞受賞候補者推薦  
 その他  
 日本学術会議第16期会員の選出に係る学術研究団体の登録

4) 平成5年度収支予算案審議  
 平成5年度収支予算

収 入	
前年度繰越金	160,226
正会員会費	1,80,000
学生会員会費	40,000
賛助会員会費	280,000
学会誌売上金	345,000
広告料	200,000
著者負担印刷費	600,000
雑収入	50,000
寄付金収入	1
計	3,475,227
支 出	
学会誌等印刷費	2,450,000
送料・通信費	220,000
事務費	700,000
交通費	20,000
会議費	10,000
学会賞経費	75,000
雑費	10,000
予備費	10,227
計	3,475,227

- 5) その他  
 a) 幹事交代の承認  
 b) 平成6年度学会賞受賞候補者推薦委員会委員の承認  
 c) 会長から、会員の増加をはかるため、各会員が1人ずつの新入会員を推薦するよう、特に学生会員制度の主旨に則して若い会員の入会促進についての依頼があった。  
 d) 会長から、ユベール・セカルディ教授に代わっ

て、昨年11月1日付けでオリビエ・アンサール氏が日仏会館フランス学長に就任した旨の報告があった。

引き続き、岸野元彰会員への学会賞受賞と学会賞受賞記念講演(座長須藤英雄会員)が行われた。また、別室で懇親会が開かれ、盛会裡に終了した。

5. 平成5年度日仏海洋学会賞

受賞者：岸野元彰(理化学研究所)

受賞課題：海洋の光環境と生物生産に関する研究

推薦理由：海洋における光の挙動の解明は、海中に透入した太陽光が唯一のエネルギー源である海洋の生物生産だけでなく、これから本格的に開始される人工衛星による水色のリモートセンシングの基礎である。岸野元彰博士は、この海洋における光の研究を、それまで蓄積された理化学研究所の実績を基にまず実測と理論的考察より始め、測器の高精度化、新しい測定法の開発によって、さらに発展させた。測器の高精度化では、海中分光放射照度を詳細に測定するために、高精度な高速走査型水中分光放射照度計を開発した。東京湾をはじめ日本近海から北西太平洋まで広い海域で測定を行い、多くの成果をあげてきた。中でも海中放射照度の測定に見られる植物プランクトンの発する蛍光を明らかにし、世界的にも注目された。この蛍光は、近年 natural fluorescence として、現場における光合成との関係で多くの測定が行われるようになってきている。

さらに、海水中の懸濁物を植物プランクトンとその他の物質に分けて吸収係数を測定する方法を世界に先駆けて開発した。すなわち、柴田のオパールガラス法とメタノールによる色素抽出を組み合わせた方法である。この方法で得られた植物プランクトンの吸収係数と、さきの分光放射照度の測定を組み合わせ、植物プランクトンの光合成のエネルギー利用効率を明らかにし、植物プランクトンと光環境の関係の研究を精力的に進めた。この新しい方法は、近年世界の多くの海洋光学研究者によって利用されている。

さらに近年は、海洋光学に基づく水色リモートセンシングの研究にも着手し、水中アルゴリズムの研究では、国内外で高い評価を得ている。

以上のように、岸野元彰博士は極めて活発に研究を展開しており、その成果は多くの論文として発表されており、海洋光学に関する業績は、国内のみならず国際的にも高く評価されている。また、同博士は国内の水色リモートセンシングに関する各種委員会の主要委員として海洋

学の発展に尽力している。1993年より NASA の Sea Wi FS Science Team のメンバーとして、国際的にも活躍が期待されている。本委員会は岸野元彰博士の研究を高く評価し、本学会賞を受賞するにふさわしい候補者としてここに推薦するものである。

学会賞受賞候補者推薦委員会

委員長 石野 誠

#### 主要論文

1. Optical properties of the water in adjacent regions of the Kuroshio (II). *La mer*, **10**, 89-94 (1972). (with OKAMI, N., OSHIBA, G. and SASAKI, T.)
2. Numerical calculation of radiative transfer in the sea. *La mer*, **12**, 26-33 (1974).
3. Studies of the optical properties of sea water. Application of Mie theory to suspended particles in sea water. *Sci. Papers Inst. Phys. Chem. Res.*, **74**, 31-45 (1980).
4. Analysis of ocean color spectra (I). Calculation of irradiance reflectance. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, **38**, 208-214 (1982). (with OKAMI, N., SUGIHARA, S. and UNOKI, S.)
5. Analysis of ocean color spectra (II). Effect of reflected sky light. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, **38**, 300-306 (1982). (with OKAMI, N., SUGIHARA, S. and UNOKI, S.)
6. Analysis of ocean color spectra (III). Measurements of optical properties of sea water. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, **38**, 362-372 (1982). (with OKAMI, N., SUGIHARA, S., TAKEMATU, N. and UNOKI, S.)
7. Ocean color spectrum meter (OCSM) for remote sensing study. *J. Remote Sensing Soc. Japan*, **3**(2), 13-20 (1983). (with SUGIHARA, S. and OKAMI, N.)
8. Instrument for measuring downward and upward spectral irradiance in the sea. *La mer*, **22**, 37-49 (1984). (with OKAMI, N.)
9. Underwater radiant energy absorbed by phytoplankton, detritus, dissolved organic matter, and pure water. *Limnol. Oceanogr.*, **29**, 340-349 (1984). (with BOOTH, C. R. and OKAMI, N.)
10. Influence of fluorescence of chlorophyll *a* on underwater upward irradiance spectrum. *La mer*, **22**, 224-232 (1984). (with SUGIHARA, S. and OKAMI, N.)
11. Estimation of quantum yield of chlorophyll *a* fluorescence from the upward irradiance spectrum in the sea. *La mer*, **22**, 233-240 (1984). (with SUGIHARA, S. and OKAMI, N.)
12. Estimation of the spectral absorption coefficients of phytoplankton in the sea. *Bull. Mar. Sci.*, **37**, 634-642 (1985). (with TAKAHASHI, M., OKAMI, N. and ICHIMURA, S.)
13. Estimation of water quality parameters from irradiance using optical models. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, **41**, 399-406 (1985). (with SUGIHARA, S. and OKAMI, N.)
14. Light utilization efficiency and quantum yield of phytoplankton in a thermally stratified sea. *Limnol. Oceanogr.*, **31**, 557-566 (1986). (with OKAMI, N., TAKAHASHI, M. and ICHIMURA, S.)
15. Theoretical analysis of the *in situ* fluorescence of chlorophyll *a* on the underwater spectral irradiance. *La mer*, **24**, 130-138 (1986). (with SUGIHARA, S. and OKAMI, N.)
16. An algorithm for estimating the water quality parameters from irradiance just below the sea surface. *J. Geophys. Res.*, **93**, 10857-10862 (1988). (with SUGIHARA, S.)
17. Shade and chromatic adaptation of phytoplankton photosynthesis in a thermally stratified sea. *Mar. Biol.*, **100**, 401-409 (1989). (with TAKAHASHI, M., ICHIMURA, S. and OKAMI, N.)
18. 人工衛星 NOAA (AVHRR) 熱赤外画像で捉えた伊豆諸島の湧昇水塊の分布と黒潮との関係。月刊海洋, **21**, 569-573 (1989).
19. Phytoplankton pigment distributions in regional upwelling around the Izu Peninsula detected by Coastal Zone Color Scanner on May 1982. *J. Oceanogr.*, **48**, 305-327 (1992). (with ISHIZAKA, J., FUKUSHIMA, H., SAINO, T. and TAKAHASHI, M.)

#### 6. 新入会員

(正会員・学生会員)

氏名	所属・住所	紹介者
奥村 裕	〒104 中央区勝どき5-5-1 中央水産研究所	森永 勤
谷井潤郎	〒256 小田原市酒匂4-13-20 日本たばこ産業海水総合研究所	石丸 隆
大石友彦	〒424 清水市折戸3-20-1 東海大学海洋学部基礎物理	森永 勤
伊藤 明	〒240 横浜市保土ヶ谷区天王町 2-42-2-1-507	森永 勤
内海真生	〒305 つくば市天久保3-6-10 かすみハイツB-206	関 文威
* 森川由隆	〒108 港区港南4-5-7 東京水産大学海洋生産学科	森永 勤

\*印：学生会員

7. 住所変更

小長俊二 〒102 千代田区麹町4-5 海事センタービル  
 内 日本気象協会  
 高野秀昭 〒227 柏市南逆井6-11-9  
 高野健三 〒271 松戸市上本郷2677-17

8. 退会

(正会員) 内田 弘  
 (賛助会員) 西日本流体技研, 日本アクアラング(株)

9. 逝去

石野 誠

10. 受贈図書

Chinese Science Bulletin, 38(1-10)  
 青島海洋大学学报, 23(1,2)  
 Aquatic Living Resources, 6(1,2)  
 水産学報, 17(2)  
 日本学術会議だより  
 広島日仏協会報, No. 121  
 東京大学海洋研究所30年史  
 なつしま, No. 124, 125  
 勇魚, No. 8  
 海洋調査報告一覧 (1993.3)  
 海洋産業研究資料, 24(7,8,9,10,11)  
 NTT R & D, 42(5,6,7)  
 東北区水産研究所報告, No. 55  
 Preliminary Report of the Hakuho Maru Cruise  
 KH-91-6  
 経ヶ岬沖表層堆積図  
 東海大学海洋研究所年報, No. 14  
 東海大学海洋研究所研究報告, No. 14  
 養殖研究所研究報告, No. 26  
 JODCニュース, No. 46, 47  
 CTD データ校正の手引き

日仏海洋学会役員・評議員

(1992-1993年度)

顧問: ユーベル・プロシェ ジャン・デルサルト  
 ジャック・ローベル アレクシス・ドラ  
 デール ベルナール・フランク ミシェル・  
 ルサージュ ローベル・ゲルムール ジャ  
 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 ユーベル・セカ  
 ルディ

名誉会長: オリビエ・アンサール

会長: 有賀祐勝

副会長: 高木和徳 岡市友利

幹事: (庶務) 須藤英雄 有元貴文  
 (会計) 森永 勤 竹松 伸  
 (研究) 関 文威 小池勳夫  
 (編集) 山口征矢 渡邊精一

監事: 久保田稜 辻田時美

編集委員長: 村野正昭

評議員:

青山恒雄 有賀祐勝 有元貴文 石井丈夫  
 石丸 隆 今脇資郎 宇野 寛 大塚一志  
 岡市友利 梶浦欣二郎 金成誠一 鎌谷明善  
 国司秀明 黒田一紀 小池勳夫 佐伯和昭  
 坂本市太郎 坂本 亘 杉森康宏 須藤英雄  
 関 文威 関根義彦 平 啓介 高木和徳  
 隆島史夫 高野健三 高橋正征 竹松 伸  
 谷口 旭 辻田時美 寺崎 誠 寺本俊彦  
 鳥羽良明 永田 豊 奈須敬二 西沢 敏  
 畑 幸彦 平野敏行 堀越増興 前田明夫  
 松生 治 松村臯月 松山優治 丸茂隆三  
 村野正昭 森永 勤 柳 哲雄 山口征矢  
 和田 明 渡邊精一

平成6年度学会賞受賞候補者推薦委員会委員

青木三郎 今脇資郎 落合正宏 鎌谷明善  
 岸野元彰 小池勳夫 高野健三 竹松 伸  
 谷口 旭 中村重久 松生 治 村野正昭  
 柳 哲雄 山口征矢

## 日本学術会議だより

## No.29

## 「学術分野における国際貢献についての基本的提言」を採択

平成 5 年 5 月 日本学術会議広報委員会

日本学術会議は、去る4月21日から23日まで第116回総会を開催しました。今回の日本学術会議だよりでは、同総会の議事内容及び同総会で採択された「学術分野における国際貢献についての基本的提言」等についてお知らせいたします。

## 日本学術会議第116回総会報告

日本学術会議第116回総会（第15期・第5回）が、4月21日～23日の3日間にわたって開催された。

総会の初日の午前には、会長からの前回総会以降の経過報告に続いて、各部、各委員会等の報告が行われた。次いで、今回総会に提案されている2案件について、それぞれ提案説明がなされた後、質疑応答が行われた。

午後からも提案案件に対する質疑応答が行われた後、引き続き各部会が開催され、午前中に提案説明された総会提案案件の審議が行われた。

総会2日目の午前には、前日提案された2案件及び緊急に提案された1案件の審議・採決が順次行われた。

まず、「国際対応委員会の改組について(申合せ)」が採択された。これは、学術の国際化の急速な進展に伴い、国際学術団体及び国際学術協力事業への対応の重要性がますます増大してきており、日本学術会議としてもその職務を遂行する上で、学術の国際化に関する状況の迅速かつ的確な把握が不可欠であるという観点から、より広範囲にわたる国際学術情報の収集と、それに基づく適切な対応ができるよう、国際対応組織の充実強化を図るために、必要な措置を講じたものである。

次いで、「学術分野における国際貢献についての基本的提言」が採択された。本件については、日本学術会議第15期活動計画の中の重点目標として掲げられており、また、一昨年秋の第113回総会において内閣官房長官から、「学術研究の分野で我が国がどのような国際的貢献をなすべきかについて全学問領域から総合的に検討し、意見を出すよう」求められ、以来、日本学術会議における重要案件として鋭意審議してきたものである。

提言は、1. 学術分野における国際貢献の意義、2. 学術分野における国際貢献の在り方、3. 学術分野における国際貢献を進めるための提案という構成内容になっており、日本学術会議は、今後とも、本提言に基づき、具体的な諸課題について検討していくこととしている。

最後に、上記の提言に基づき、日本学術会議は、国際貢献のための新しいシステムを構築するための具体的方策を直ちに検討し、その速やかな推進を図るといった内容の「学術分野における国際貢献についての基本的提言に関する附帯決議」が採択された。

また、「学術分野における国際貢献についての基本的提言」に関する会長談話を22日付けで発表した。

午後からは、現在、常置委員会、特別委員会で審議されている懸案事項について、自由討議が行われた。

総会3日目は、午前は各特別委員会、午後は各常置委員会・国際対応委員会がそれぞれ開催された。

なお、近藤会長が、4月22日に河野内閣官房長官と、また、同27日に宮澤内閣総理大臣とそれぞれ会見し、「学術分野における国際貢献についての基本的提言」を手渡すとともに、同提言について報告した。

## 学術分野における国際貢献についての基本的提言（抜粋）

(前文略)

## 1. 学術分野における国際貢献の意義

(本文略)

## 2. 学術分野における国際貢献の在り方

(本文略。項目のみ)

- (1) 対等・互恵の原則に基づいた国際学術協力の強化
- (2) 国際学術協力の積極的発議等
- (3) 人材育成への協力による国際貢献の推進
- (4) 我が国の学術情報の提供・紹介の促進
- (5) 学術に関する国際団体への対応強化

## 3. 学術分野における国際貢献を進めるための提案

前節で述べた我が国の学術分野における国際貢献の在り方を踏まえ、これを推進していくために、以下の事項を提案する。

## (1) 我が国からの情報提供機能等の充実・強化

## ① 学会の支援・育成

我が国の学会は、高等教育研究機関や産業界の研究成果の発表の場として重要な役割を果たしてきた。また、研究者相互の活発な国際交流等を通じて、情報の提供に努めているところである。しかしながら、ほとんどの学会は、資金の不足から、必要な活動も十分にできない状況にある。

学術分野における国際貢献という観点において、非政府機関(NGO)としての学会の果たす役割は極めて大きく、それらが有する情報提供機能を最大限に発揮できるよう、学会の支援・育成を図る必要がある。

## ② アジア地域における学術研究に関する連携の強化

我が国と地理的・歴史的・文化的な関係の深いアジア地域の学術の発展に資するため、アジア地域の科学者や学術研究機関の間の学術研究ネットワークを拡充・強化することが必要である。また、将来的には、アジアの学術振興のための国際的な組織の在り方について、関係各国の科学者と協議していく必

要がある。

(2) 国際学術交流のための支援の充実

① 学術研究機関の整備等

新しい知識の創造と発展は、優れた研究者が集い、切磋琢磨するところから生まれるものであり、研究者の未知への挑戦に対して最も適切な施設・資金・支援システムなどの研究環境を提供することが必要である。したがって、全世界の研究者が日本で研究することに魅力を感じ、充実した研究生活が送れるように、学術研究機関の整備及び適切な運営を図るべきである。

② 来日研究者・留学生への支援の充実

学術分野における国際貢献の第一歩として、各国の人材育成への協力、とりわけ来日研究者・留学生の支援に十分な配慮がなされなければならない。したがって、内外における日本語教育の充実や、来日研究者・留学生の住居、日本人研究者・学生や地域の人々との交流を可能とする交流施設など生活・文化施設の整備・充実を早急に図るべきである。

③ 海外派遣研究者への支援の拡充

国際学術交流は、相手国の国情に応じた総合的配慮の下に行われる必要がある。したがって、その国の研究者との恒常的な連携・協力を維持するとともに我が国からの海外派遣研究者が必要とする各種情報の提供や連絡・調整などもできる人材の当該国への配置など、海外派遣研究者の支援体制の拡充を検討する必要がある。

(3) 学術分野における国際貢献のための新しいシステムの構築

国際的な学術協力については、我が国においても、既に多くの機関がその努力を重ねているところである。しかしながら、投入されている資金等そのための支援は、質・量ともに、未だ国際的な要求に応える水準にまで達しているとは言えない。しかも、現在個別に推進されている学術協力の相互の連絡・調整は、必ずしも十分ではなく、我が国の総力を挙げてこれを推進しているとは言えない状態にある。

また、今後ますます増えていくと思われる各種の国際的な学術協力プロジェクトの立案や協力、参加、推進については、これまで以上に、科学者の総意を反映しつつ、総合的かつ適切な判断を機動的になし得る場を確保しなければならない。

さらに、我が国が国際的な学術協力のための諸施策を強力に推進するためには、科学者の力のみならず、政府・産業界の協力、更には国民の理解等総合的な支援が必要である。

これらの問題点を改善し、学術分野において国際社会の期待に応える貢献をなし得るように、国民の理解の下に、諸課題の整理、必要な資金の確保・配分等を行う新しいシステム(例えば「学術協力機構」)を構築するなど、今後真剣に検討を進める必要がある。

終わりに

日本学術会議は、人類共通の資産としての学術の発展こそが人類の繁栄と世界の平和の礎となるとの見地から、本提言を取りまとめたものである。

なお、日本学術会議は、今後とも、本提言に基づき、内外の科学者を始め、広く関係各方面の意見を聴きながら、具体的な諸課題について引き続き検討していくことを付言したい。

## 平成5年(1993年)度共同主催国際会議

日本学術会議では、我が国において開催される学術関係国際会議のうち毎年おむね6件について、学・協会と共同主催している。

本年もまた、6件の国際会議を共同主催することとしており、その概要は、次のとおりである。

◆第7回太平洋学術中間会議(6月27日～7月3日)

太平洋地域の住民の繁栄と福祉に直接関わる学術上の問題に関する研究を進展させるため、討論を行い、最新の研究情報を交換することを目的として宜野湾市(沖縄コンベンションセンター、沖縄都ホテル、メルパルク沖縄)において開催される。

参加予定人数500人(国外300人、国内200人)参加予定国数29か国。

◆第6回国際気象学大気物理学協会科学会議及び第4回国際水文科学協会科学会議合同国際会議(7月11日～23日)

気象学、大気物理学及び陸水・水文科学に関する研究を進展させるため、討論を行い、最新の研究情報を交換することを目的として横浜市(横浜国際平和会議場)において開催される。

参加予定人数1,500人(国外700人、国内800人)、参加予定国数68か国。

◆第15回国際植物科学会議(8月23日～9月3日)

植物科学に関する研究を進展させるため、討論を行い、最新の研究情報を交換することを目的として横浜市(横浜国際平和会議場)において開催される。

参加予定人数4,000人(国外1,500人、国内2,500人)、参加予定国数81か国。

◆第24回国際電波科学連合総会(8月23日～9月3日)

電波科学に関する研究を進展させるため、討論を行い、最新の研究情報を交換することを目的として京都市(国立京都国際会館)において開催される。

参加予定人数1,200人(国外800人、国内400人)、参加予定国数49か国。

◆アジア社会科学研究協議会連盟第10回総会

(9月5日～11日)

アジア・太平洋地域における社会科学の教育、研究、訓練及び普及を促進するため、討論を行い、最新の研究情報を交換することを目的として川崎市(かながわサイエンスパーク)において開催される。

参加予定人数120人(国外60人、国内60人)、参加予定国数17か国。

◆第21回国際純粋・応用物理学連合総会(9月20日～25日)

物理学を進展させるため、討論を行い、最新の研究情報を交換することを目的として奈良市(奈良県新公会堂)において開催される。

参加予定人数300人(国外150人、国内150人)、参加予定国数41か国。

御意見・お問い合わせ等がありましたら、下記までお寄せください。

〒106 東京都港区六本木7-22-34

日本学術会議広報委員会 電話03(3403)6291代





日仏海洋学会会員名簿 (1993年9月1日現在)

名 誉 会 員

- 坂 口 謹一郎 (Sakaguchi Kinichiro) 〒152 東京都目黒区鷹番 3-17-4 ☎ 03-3712-7033  
 和 達 清 夫 (Wadati Kiyoo) 〒160 東京都新宿区内藤町1-8 ☎ 03-3341-3503  
 富 永 政 英 (Tominaga Masahide) 〒185 東京都国分寺市西元町 2-11-44 ☎ 0423-21-4324

正 会 員

氏 名	所 属 機 関	現 住 所
A 阿 部 宗 明 Abe Tokiharu	〒113 東京都文京区本郷 7-3-1 東京大学総合研究資料館動物部門	〒176 東京都練馬区小竹町 2-54 ☎ 03-3956-1805
阿 部 友三郎 Abe Tomosaburo		〒151 東京都渋谷区幡ヶ谷 3-31-3 ☎ 03-3377-7683
阿 部 保 之 Abe Yasuyuki		〒950 新潟市笹口 3-17 ライフコア笹口 606号 ☎ 025-244-0102
安 達 六 郎 Adachi Rokuro	〒514 三重県津市上浜町 1515 三重大学生物資源学部養殖管理学 ☎ 0529-31-9531	〒515 三重松阪市小黒田町 310-3 ☎ 0598-21-0579
秋 葉 芳 雄 Akiba Yoshio	〒041 北海道函館市港町 3-1-1 北海道大学水産学部漁業学科海洋気象学講座 ☎ 0131-40-8825 FAX 0131-43-5015	〒041 北海道函館市日吉町 4-25-9 ☎ 0138-53-1477
青 木 斌 Aoki Hitoshi	〒424 静岡県清水市折戸 3-20-1 東海大学海洋学部海洋資源学科 ☎ 0543-34-0411(内2302) FAX 0543-34-0937	〒151 東京都渋谷区代々木1-35-7-1004 ☎ 03-3370-3607
青 木 三 郎 Aoki Saburo	〒351 埼玉県朝霞市岡 2-11-10 東洋大学文学部自然科学研究室 ☎ 048-468-6723 FAX 048-468-6790	〒115 東京都北区赤羽台 3-14-29 ☎ 03-3907-1654
青 山 恒 雄 Aoyama Tsuneo	〒156 東京都世田谷区上北沢 5-42-1 ケンコー マヨネーズ (株) 総務本部 ☎ 03-5317-1111 (内122) FAX 03-5317-1161	〒158 東京都世田谷区奥沢6-31-11-402 ☎ 03-5707-0210
荒 川 久 幸 Arakawa Hisayuki	〒108 東京都港区港南 4-5-7 東京水産大学海洋生産学科海洋漁場学講座 ☎ 03-3471-1251 (内464)	〒143 東京都大田区大森西 3-5-8 田中荘 ☎ 03-3766-6477
有 元 貴 文 Arimoto Takafumi	〒108 東京都港区港南 4-5-7 東京水産大学海洋生産学科生産システム設計学講座 ☎ 03-3471-1251 (内260)	〒124 東京都葛飾区小岩 4-16-1-608 ☎ 03-3603-9526
有 賀 祐 勝 Aruga Yusho	〒108 東京都港区港南 4-5-7 東京水産大学資源育成学科水産生物学講座 ☎ 03-3471-1251 (内315) FAX 03-3471-5794	〒144 東京都大田区西蒲田 2-4-21 ☎ 03-3753-0078

氏 名	所 属 機 関	現 住 所
浅田 敏 Asada Toshi	〒259-12 神奈川県平塚市北金目 1117 東海大学開発技術研究所 ☎ 0463-58-1211 (内5300, 5308)	〒161 東京都新宿区下落合3-13-17-101 ☎ 03-3951-7655
C CHARLERY, Eric シャルルリー・ エリック	〒107 東京都港区南青山 2-24-15 日本スリオ電子(株) ☎ 03-3423-4031 FAX 03-3423-4034	〒155 東京都世田谷区代沢 2-31-27 ☎ 03-3413-6776
E 遠藤 昌宏 Endoh Masahiro	〒305 茨城県つくば市長峰 1-1 気象研究所海洋研究部 ☎ 0298-51-7111 (内433) FAX 0298-55-1439	〒305 茨城県つくば市並木 2-141-104 ☎ 0298-52-3547
江口 一平 Eguchi Ippei	〒850 長崎市南山手町 11-51 長崎海洋気象台	
遠藤 泰司 Endo Yasuji	〒105 東京都港区新橋 2-1-13 新橋富士ビル 9F 日本テトラポット(株) ☎ 03-3501-7681	〒270-11 千葉県我孫子市並木 5-2-33 ☎ 0471-82-7088
F 藤井 泰司 Fujii Shinji		〒759-41 山口県長門市仙崎 2861-3 ☎ 08372-6-0476
藤石 昭生 Fujishi Akio	〒759-65 山口県下関市永田本町 2-7-1 水産大学校漁業学科漁具学講座 ☎ 0832-86-5111 (内243) FAX 0832-86-2292	〒752 山口県下関市長府松小田中町 2番地6 ☎ 0832-46-0611
藤田 亀太郎 Fujita Kametaro	〒104 東京都中央区銀座 6-2-10 極東鋼弦コンクリー振興(株) ☎ 03-3571-8651	
福田 雅明 Fukuda Masaaki	〒005 札幌市南区南沢 5-1-1 北海道東海大学工学部海洋開発工学科 ☎ 011-571-5111 (内618) FAX 011-571-7879	〒060 札幌市中央区大通西15丁目 ☎ 011-611-7023 FAX 011-611-7023
淵 秀隆 Futi Hidetaka		〒236 横浜市金沢区富岡西 2-25-5 ☎ 045-773-9516 FAX 045-773-9516
H 花本 栄二 Hanamoto Eiji	〒238-02 神奈川県三浦市三崎城ヶ島 神奈川県水産試験場 ☎ 0468-82-2311	〒240-01 神奈川県三浦郡葉山町長柄 1413-124
半澤 正男 Hanzawa Masao	〒658 神戸市東灘区深江南町 5-1-1 神戸商船大学海事資料館 ☎ 078-431-6200 (内561) FAX 078-431-6365	〒658 神戸市東灘区岡本 1-2-27-213
原田 英司 Harada Eiji	〒649-22 和歌山県西牟婁郡白浜町臨海 京都大学理学部附属瀬戸臨海実験所 ☎ 0739-42-3515	〒649-22 和歌山県西牟婁郡 白浜町栄 293-1

氏 名	所 属 機 関	現 住 所
長谷川 英 一 Hasegawa Eiichi	〒514 三重県津市上浜町 1515 三重大学生物資源学部水産資源開発学講座 ☎ 0592-31-9543 FAX 0592-31-9538	〒510-03 三重県安芸郡河芸町 上野 1168-127 ☎ 0592-45-6009
羽 島 正 紘 Hashima Masahiro	〒359 埼玉県所沢市並木 3-2 防衛医科大学校物理 ☎ 0429-95-1211 (内2231)	〒359 埼玉県所沢市並木 3-2-2-302 ☎ 0429-95-4120
畑 幸 彦 Hata Yoshihiko	〒917 福井県小浜市学園町 1-1 福井県立大学生物資源学部海洋生物資源学科 ☎ 0770-52-6300 FAX 0770-52-6003	〒917 福井県小浜市一番町 6-3 県大雲浜公舎 A-301 ☎ 0770-52-4036
服 部 寛 Hattori Hiroshi	〒005 札幌市南区南沢 5条 1-1-1 北海道東海大学工学部海洋開発工学科 ☎ 011-571-5111 (内611) FAX 011-571-7879	〒062 札幌市豊平区西岡 4条 7-1-20-701 ☎ 011-854-3498
服 部 茂 昌 Hattori Shigemasa	〒158 東京都世田谷区玉川 3-14-5 新日本気象海洋(株)環境生物部 ☎ 03-3708-1161 (内344) FAX 03-3708-1451	〒134 東京都江戸川区東葛西 5-2-18-1207 ☎ 03-3687-6856
日比谷 京 Hibiya Takashi	〒154 東京都世田谷区下馬 3-34-1 日本大学農獣医学部水産学科 ☎	〒168 東京都杉並区久我山 5-13-4 ☎ 03-3333-9087
平 川 廣 満 Hirakawa Hiromitsu	〒890 鹿児島市郡元 1-21-40 鹿児島大学工学部 ☎	
平 野 敏 行 Hirano Toshiyuki	〒227 横浜市緑区鴨志田町 1204 トキワ松学園女子短期大学 ☎ 045-962-2221 FAX 045-961-7371	〒155 東京都世田谷区代沢 4-1-1 ☎ 03-3411-8955 FAX 03-3411-3032
平 山 和 次 Hirayama Kazutsugu	〒852 長崎市文教町 1-14 長崎大学水産学部生物環境学研究室 ☎ 0958-47-1111 (内3151) FAX 0958-44-3516	〒852 長崎市女ノ都 2-34-3 ☎ 0958-45-5393
本 間 義 治 Honma Yoshiharu	〒950-21 新潟市五十嵐二の町 8050 新潟大学理学部(臨海実験所) ☎ 025-262-6264 FAX 025-262-6116	〒951 新潟市稲荷町3460番地55 ☎ 025-225-1320
本 座 栄 一 Honza Eiichi	〒305 茨城県つくば市東 1-1-3 地質調査所燃料資源部 ☎ 0298-54-3670 FAX 0298-54-3533	〒305 茨城県つくば市吾妻 2-823-1 ☎ 0298-51-9895
堀 越 増 興 Horikoshi Masuoki	〒333 埼玉県川口市芝鶴ヶ丸 6906-10 (株)東京久栄 技術センター ☎ 0482-68-1600 FAX 0482-65-8074	〒153 東京都目黒区目黒 1-3-31-302 ☎ 03-3492-5070
I 市 川 香 Ichikawa Kaoru	〒606-01 京都市左京区北白川追分町 京都大学理学研究科地球物理学専攻 ☎ 075-753-3923 FAX 075-753-3928	〒816 福岡県大野城市白木原 1-2-9 大象閣 201号 ☎ 092-584-0150
市 村 俊 英 Ichimura Shun-ei		〒177 東京都練馬区三原台 1-26-6

氏 名	所 属 機 関	現 住 所
飯 沢 正 人 Iizawa Masato		〒010-06 秋田県男鹿市戸賀 204
池 田 弥 生 Ikeda Yayoi	〒108 東京都港区港南 4-5-7 東京水産大学資源育成学科学水産養殖学講座 ☎ 03-3471-1251 (内324) FAX 03-3450-6992	〒272 千葉県市川市市川南 3-3-10 永島ビル 201 ☎ 0473-26-3024 FAX 0473-26-3024
池 田 豊 Ikeda Yutaka		〒232 横浜市南区永田東 1-13-5 ☎ 045-714-5657
今 脇 資 郎 Imawaki Shiro	〒816 福岡県春日市春日公園 6-1 九州大学応用力学研究所海洋境界力学部門 ☎ 092-573-9611 (内537) FAX 092-584-2570	〒816 福岡県大野城市東大利 1-10-6-302 ☎ 092-575-0967
今 関 昭 博 Imazeki Akihiro	〒108 東京都港区港南 4-5-7 東京水産大学 練習船青鷹丸 ☎ 03-3471-1251 (内388)	〒263 千葉県稲毛区轟町 3-1-3-1007 ☎ 043-254-9175
稲 葉 栄 生 Inaba Hideo	〒424 静岡県清水市折戸 3-20-1 東海大学海洋学部 ☎ 0543-34-0411	〒424 静岡県清水市馬走 963-11 ☎ 0543-46-4882
井 上 裕 雄 Inoue Hiroo	〒761-07 香川県木田郡三木町池戸 香川大学農学部 ☎ 08789-8-1411	〒760 香川県高松市浜の町 66-2-314 ☎ 0878-51-3490
井 上 清 Inoue Kiyoshi		〒251 神奈川県藤沢市辻堂新町1-12-16 ☎ 0466-36-3892
井 上 尚 文 Inoue Naofumi	〒951 新潟市水道町 1-5939-22 日本海区水産研究所 ☎ 025-228-0451 (内20) FAX 025-224-0950	〒950 新潟市河渡新町 2-2-1-401 ☎ 025-270-2167
井 上 敏 彦 Inouye Toshihiko	いすゞ自動車(株)	〒363 埼玉県桶川市泉 2-19-50, 3-109 ☎ 048-786-1558 FAX 048-787-6131
井 上 喜 洋 Inoue Yoshihiro	〒314-04 茨城県鹿島郡波崎町海老台 水産工学研究所漁法研究室 ☎ 0479-44-4961 FAX 0479-44-1875	〒164 東京都中野区東中野 4-18-5 ☎ 03-3362-2651
石 丸 隆 Ishimaru Takashi	〒108 東京都港区港南 4-5-7 東京水産大学資源育成学科学水産生物学講座 ☎ 03-3471-1251 (内322) FAX 03-3471-5794	〒135 東京都江東区白河 1-7-18-901 ☎ 03-3630-2783
石 渡 直 典 Ishiwata Naonori		〒251 神奈川県藤沢市鶴沼松が岡5-1-5 ☎ 0466-26-1798 FAX 0466-22-7302
磯 田 豊 Isoda Yutaka	〒790 愛媛県松山市文京町 3 愛媛大学工学部土木海洋工学科海洋環境工学講座 ☎ 0899-24-0711 (内3752) FAX 0899-27-5852	〒790 愛媛県松山市東長戸 4-3-1 愛媛大学東長戸宿舎 253号室 ☎ 0899-26-0610

氏 名	所 属 機 関	現 住 所
伊 藤 明 Itoh Akira	〒105 東京都港区芝 3-38-14 戸板女子短期大学色彩学 ☎	〒240 横浜市保土ヶ谷区天王町 2-42-2-1-507 ☎ 045-333-5817
糸 洩 長 敬 Itocho Chokey	〒108 東京都港区港南 4-5-7 東京水産大学海洋生産学科生産システム設計学講座 ☎ 03-3471-1251 (内443) FAX 03-3450-4687	〒300-23 茨城県筑波郡伊奈町谷井田 1204-27 ☎ 0297-58-4437
出 雲 義 朗 Izumo Yoshiro	〒108 東京都港区白金台 4-6-1 国立公衆衛生院 ☎ 03-3441-7111 (内9)	〒236 横浜市金沢区泥亀 1-23-2505
岩 淵 義 郎 Iwabuchi Yoshio	〒104 東京都中央区築地 5-3-1 海上保安庁水路部 ☎ 03-3541-3811 (内500)	〒270 千葉県松戸市常盤平 2-31-1 サンハイツ B501 ☎ 0473-88-2554
岩 崎 伸 一 Iwasaki Shinichi	〒254 神奈川県平塚市虹ヶ浜 9-2 国立防災科学技術センター平塚海洋防災研究所 ☎ 0463-32-7159, 5755	〒254 神奈川県平塚市東八幡 4-21-44 ☎ 0463-21-6207
岩 下 光 男 Iwashita Mitsuo	〒065 札幌市南沢 5 条1-1-1 北海道東海大学海洋開発工学科	〒064 札幌市中央区南 4 条西13丁目 3-15-105
J		
(有)ジャパン イン グリッシュ サービス (Yoshiwara Eiko)	〒299-32 千葉県山武郡大網白里町南玉 48-2 ☎ 0475-72-6130 FAX 0475-72-6167	
K		
梶 浦 昌 弘 Kajihara Masahiro	〒041 函館市港町 3-1-1 北海道大学北洋水産研究施設 ☎ 0138-40-8873 FAX 0138-43-5015	〒041-11 北海道亀田郡七飯町本町581-15 ☎ 0138-65-6683
梶 原 欣 二 郎 Kajiura Kinjiro	〒158 東京都世田谷区玉川 3-14-5 新日本気象海洋 (株) ☎ 03-3708-1161	〒156 東京都世田谷区赤堤 4-13-9 ☎ 03-3328-3588
柿 元 皓 Kakimoto Hiroshi	〒759-65 山口県下関市永田本町 2-7-1 水産大学校増殖科増殖第二講座 ☎ 0832-86-5111 (内452) FAX 0832-86-2292	〒759-65 山口県吉見竜王町 4-5 ☎ 0832-86-2152
鎌 谷 明 善 Kamatani Akiyoshi	〒108 東京都港区港南 4-5-7 東京水産大学海洋生産学科 ☎ 03-3471-1251	
金 成 誠 一 Kanari Sei-ichi	〒060 札幌市北区北10条西 8 丁目 北海道大理学部海洋物理学講座 ☎ 011-716-2111 (内3564) FAX 011-756-4463	〒061-11 北海道札幌郡広島町山手町 7-4-14 ☎ 011-373-0457
金 沢 昭 夫 Kanazawa Akio	〒890 鹿児島市下荒田 4-50-20 鹿児島大学水産学部 ☎ 0992-54-2181	
金 沢 延 幸 Kanazawa Nobuyuki	〒158 東京都世田谷区玉川 3-14-5 新日本気象海洋 (株) システム開発部 ☎ 03-3708-1161	

氏 名	所 属 機 関	現 住 所
菅野 尚 Kanno Hisashi	〒116 東京都荒川区荒川 2-1-5 セントラル荒川ビル 6F (社) 日本栽培漁業協会 ☎ 03-3802-6061 (内25) FAX 03-3802-6221	〒135 東京都江東区深川 1-10-6-1002 ☎ 03-3641-4651 FAX 03-3641-4651
加納 敬 Kano Takashi	〒108 東京都港区港南 4-5-7 東京水産大学海洋生産学科システム設計学講座 ☎ 03-3471-1251 (内287)	〒251 神奈川県藤沢市弥勒寺 4-8-14 ☎ 0466-25-8056
河田 実 Kawada Minoru	〒206 東京都多摩市落合 1-15-2 (株) C R C 総合研究所 ☎ 0423-38-1203 FAX 0423-38-1250	〒211 神奈川県川崎市幸区東古市場 20-1 ☎ 044-522-0133
川名 吉一郎 Kawana Kichiichiro	〒737-01 広島県呉市広末広 2-2-2 中国工業技術試験所海洋開発部 ☎ 0823-72-1111 (内311) FAX 0823-73-3284	〒737 広島県呉市焼山中央 2-9-46 ☎ 0823-34-1052
川澄 修 Kawazumi Osamu		〒277 千葉県柏市東町 2-3-22
菊地 真一 Kikuchi Shinichi	〒164 東京都中野区本町 2-9-5 東京写真大学	
木村 耕三 Kimura Kozo		〒659 兵庫県芦屋市東山町 116
木村 茂 Kimura Shigeru	〒108 東京都港区港南 4-5-7 東京水産大学食品生産学科食品化学講座 ☎ 03-3471-1251 (内297)	〒120 東京都足立区綾瀬 5-14-8 ☎ 03-3605-8278
岸野 元彰 Kishino Motoaki	〒351-01 埼玉県和光市広沢 2-1 理化学研究所地球科学研究室 ☎ 048-462-1111 (内3635) FAX 048-462-1449	〒338 埼玉県浦和市西堀 5-2-10-115 ☎ 048-863-7386
木谷 浩三 Kitani Kozo	〒236 横浜市金沢区福浦 2-12-4 中央水産研究所 ☎ 045-788-7641	〒104 東京都中央区勝どき 5-1-16 ☎ 03-3536-4329
北野 康 Kitano Yasushi		〒465 名古屋市名東区神里 2-93 ☎ 052-701-3680
小網 汪世 Koami Hiroyo	〒425 静岡県焼津市中港 2-8-1 焼津漁業協同組合内 海洋圏研究所焼津海洋情報センター ☎ 0546-8-7513	
小林 平八郎 Kobayashi Heihachiro	〒424 静岡県清水市折戸 3-20-1 東海大学海洋学部海洋資源学科 ☎ 0543-34-0411 (内2305) FAX 0543-34-5095	〒416 静岡県富士市水戸島 396-901 ☎ 0545-61-6027 FAX 0545-61-6027
小林 博 Kobayashi Hiroshi	〒631 奈良市中町 3327-204 近畿大学農学部水産学科水産生物研究室 ☎ 0742-43-1511 (内3209) FAX 0742-43-2970	〒631 奈良市右京 5 丁目 9 番地15棟 101号 ☎ 0742-71-1269
小林 和男 Kobayashi Kazuo	〒237 神奈川県横須賀市夏島町 2-15 海洋科学技術センター ☎ 0468-66-3811 (内414) FAX 0468-66-4600	〒110 東京都台東区谷中 2-8-6-103 ☎ 03-5814-3151

氏 名	所 属 機 関	現 住 所
小林 正博 Kobayashi Masahiro	〒424 静岡県清水市上清水町 3-15 (株)小桜海洋開発研究所	
小林 信雄 Kobayashi Nobuo	〒413-01 静岡県熱海市網代 57-1 丸和水産(株)	
小林 貴 Kobayashi Takashi	〒225 横浜市緑区鉄町 1614 桐蔭学園横浜大学工学部 ☎ 045-972-5881 (内7732) FAX 045-972-5972	〒154 東京都世田谷区上馬 1-30-8-306 ☎ 03-3422-6759
児玉 理彦 Kodama Satohiko	〒300 茨城県土浦市東中貫町 2-7 日本テトラポット(株) ☎ 0298-31-7411	
小池 勲夫 Koike Isao	〒164 東京都中野区南台 1-15-1 東京大学海洋研究所	
小池 隆 Koike Takashi	〒514 三重県津市上浜町 1515 三重大学生物資源学部水産資源開発学 ☎ 0592-31-9544 FAX 0592-31-9538	〒514 三重県津市川添町 5-23-102 ☎ 0592-26-5433
小池 孝知 Koike Takatomo	〒108 東京都港区港南 4-5-7 東京水産大学漁業生産学科漁業工学講座 ☎ 03-3471-1251 (内270)	〒251 神奈川県藤沢市片瀬 2-15-12 ☎ 0466-23-3140
小池 康之 Koike Yasuyuki	〒294-03 千葉県館山市坂田字宮城 東京水産大学坂田実験実習場 ☎ 0470-29-1144 FAX 0470-29-1145	〒294-03 千葉県館山市坂田 669 ☎ 0470-29-0464
小池 義夫 Koike Yoshio	〒108 東京都港区港南 4-5-7 東京水産大学練習船 ☎ 03-3471-1251	
小島 博 Kojima Hiroshi	〒779-23 徳島県海部郡日和佐 徳島県水産試験場 ☎ 08847-7-1251	
小牧 勇藏 Komaki Yuzo		〒167 東京都杉並区荻窪 3-33-4 ☎ 03-3220-5055
小長 俊二 Konaga Shunji	〒102 東京都千代田区麴 4-5 海事センタービル内 日本気象協会 ☎ 03-3238-0295	〒300-24 茨城県筑波郡谷和原村絹の台 6-3-10 ☎ 0297-52-6876
小菅 晋 Kosuge Susumu	〒424 静岡県清水市折戸 3-20-1 東海大学海洋学部海洋土木工学科 ☎ 0543-34-0411 (内2207)	〒424 静岡県清水市村松 3248-20 ☎ 0543-35-0789
小寺山 亘 Koterayama Wataru	〒816 福岡県春日市春日公園 6-1 九州大学応用力学研究所海中計測システム学部門 ☎ 092-573-9611 (内551) FAX 092-592-4832	〒818-01 福岡県太宰府市青葉台3-20-8 ☎ 092-924-6292

氏 名	所 属 機 関	現 住 所
久保 洋一郎 Kubo Yoichiro	〒461 名古屋市東区東桜 2-17-43 玉野総合コンサルタント(株) 海洋部環境調査課 ☎ 052-931-5359 FAX 052-931-4100	
久保田 穰 Kubota Minoru		〒254 神奈川県平塚市平塚 4-16-16 ☎ 0463-34-6306
久保田 直治 Kubota Naoji	〒870-11 大分市大字巨野原 700 大分大学工学部応用化学科機能物質化学講座 ☎ 0975-69-3311 (内279) FAX 0975-69-7957	
國司 秀明 Kunishi Hideaki		〒606 京都市左京区岩倉南四ノ坪町37 ☎ 075-781-6957
栗田 嘉宥 Kurita Yoshihiro	〒108 東京都港区港南 4-5-7 東京水産大学 青鷹丸 ☎ 03-3471-1251 (内388)	〒251 神奈川県藤沢市藤が岡 3-24 RA24 ☎ 0466-27-5920
黒田 一紀 Kuroda Kazunori	〒985 宮城県塩釜市新浜町 3-27-5 東北区水産研究所資源管理部 ☎ 022-365-1191	〒985 宮城県多賀城町丸山 1-18-21-24 ☎ 022-366-8648
M		
前田 明夫 Maeda Akio	〒890 鹿児島市郡元 1-21-40 鹿児島大学工学部海洋土木開発工学科 ☎ 0992-54-7141 (内604)	
前田 昌調 Maeda Masachika	〒516-01 三重県度会郡南勢町中津浜浦 422-1 水産庁養殖研究所環境管理部 ☎ 05996-6-1830 (内19) FAX 05996-6-1962	〒519-04 三重県度会郡玉城町佐田 411-2 ☎ 0596-58-7138
前田 勝 Maeda Masaru	〒108 東京都港区港南 4-5-7 東京水産大学海洋生産学科 ☎ 03-3471-1251	
前川 行幸 Maegawa Miyuki	〒514 三重県津市上浜町 1515 三重大学生物資源学部藻類増殖学研究室 ☎ 0592-31-9530 (内2553) FAX 0592-31-9523	〒514 三重県津市河辺町 3051-12 ☎ 0592-28-4987
丸茂 隆三 Marumo Ryuzo	〒099-24 北海道網走市八坂 196 東京農業大学生物産業学部生物生産学科 ☎ 0152-48-2116	〒162 東京都新宿区矢来町 59 ☎ 03-3269-5041
丸尾 啓二 Maruo Keiji	〒106 東京都港区六本木 7-15-17 ユニ六本木ビル内 (財)リモートセンシング技術センター ☎ 03-3403-1761 FAX 03-3403-1766	〒158 東京都世田谷区上用賀 4-35-12-315 ☎ 03-3426-6722
麻崎 昭仁 Masaki Akihito	〒816 福岡県大野城市牛頸 854 大野城市立平野中学校 ☎ 092-596-6501	〒816 福岡県春日市弥生 2 丁目59番地 ☎ 092-574-2305
増澤 譲太郎 Masuzawa Jotaro		〒248 神奈川県鎌倉市腰越 5-3-19-305 ☎ 0467-31-3984



氏 名	所 属 機 関	現 住 所
松 生 治 Matsuike Kanau	〒759-65 山口県下関市永田本町 2-7-1 水産大学校 ☎ 0832-86-5111	〒751 山口県下関市貴船町 3-4-1 ☎ 0832-35-8797
松 本 宗 治 Matsumoto Muneharu	〒111 東京都台東区柳橋 1-13-4 芙蓉海洋開発(株) ☎ 03-5820-1181 FAX 03-5820-1225	
松 村 皐 月 Matsumura Satsuki	〒424 静岡県清水市折戸 5-7-1 遠洋水産研究所海洋・南大洋部 ☎ 0543-34-0715 (内90) FAX 0543-35-9642	〒422 静岡市大谷洋光台 2900-57 ☎ 054-238-1233 FAX 054-238-1233
松 島 晟 Matsushima Akira	〒852 長崎市文教町 1 長崎大学教養部物理教室 ☎ 0958-47-1111 (内3257)	〒854 長崎県諫早市永昌町 32-7 ☎ 0957-26-2379
松 山 優 治 Matsuyama Masaji	〒108 東京都港区港南 4-5-7 東京水産大学海洋生産学科海洋環境学講座 ☎ 03-3471-1251 (内245) FAX 03-3474-2195	〒351-01 埼玉県和光市諏訪原団地 1-5-506 ☎ 048-462-9301 FAX 048-462-2886
三 村 徹 Mimura Toru	170, rue Blomoet, 75015 Paris, France	〒113 東京都文京区千駄木 3-2-6 ☎03-3821-2265
峰 雄 二 Mine Yuji	〒108 東京都港区港南 4-5-7 東京水産大学 練習船 ☎ 03-3471-1251 (内407)	〒279 千葉県浦安市弁天 4-10-9 ☎ 0473-55-2512
三 沢 良 文 Misawa Yoshibumi	〒424 静岡県清水市折戸 3-20-1 東海大学海洋学部	
三 浦 昭 雄 Miura Akio	〒030 青森市幸畑 2-3-1 青森大学工学部生物工学科 ☎ 0177-38-2004 (内5531) FAX 0177-38-0143	〒251 神奈川県藤沢市辻堂東海岸3-4-8 ☎ 0466-33-6476 FAX 0466-33-8081
宮 坂 紘 一 Miyasaka Koichi		〒164 東京都杉並区下井草 5-10-23
宮 田 元 靖 Miyata Motoyasu	〒113 東京都文京区弥生 2-11-16 東京大学理学部地球惑星物理学教室 ☎ 03-3812-2111	PICES Secretariat, Institute of Ocean Sciences, P.O. Box 6000, Sidney V8L 4B2 Australia
宮 崎 龍 雄 Miyazaki Tatsuo	〒305 茨城県つくば市天王台 1-1-1 筑波大学生物科学系 ☎ 0298-53-6658, 4529 FAX 0298-53-6614	〒305 茨城県つくば市並木 2-101-303 ☎ 0298-52-1820
水 鳥 雅 文 Mizutori Masafumi	〒270-11 千葉県我孫子市我孫子 1646 (財)電力中央研究所 我孫子研究所水理部 ☎ 0471-82-1181 (内319) FAX 0471-83-2966	〒301 茨城県竜ヶ崎市松葉 1-12-3 ☎ 0297-66-3909
望 月 賢 二 Mochizuki Kenji	〒260 千葉県中央区青葉町 955-2 千葉県立中央博物館自然誌・歴史研究部 ☎ 043-265-3111 FAX 043-266-2481	〒113 東京都文京区千駄木 3-25-6-601 ☎ 03-3823-8308

氏名	所属機関	現住所
門谷 茂 Montani Shigeru	〒761-07 香川県木田郡三木町池戸 香川大学農学部生物資源科学科海洋生化学研究室 ☎ 0878-98-9636 FAX 0878-98-7295	〒761-01 香川県木田郡牟礼町牟礼 1440-6-104 ☎ 0878-45-4607
森川 由隆 Morikawa Yoshitaka	〒108 東京都港区港南 4-5-7 東京水産大学海洋生産学科 ☎	〒143 東京都大田区大森西 2-22-18 ☎ 03-3761-7736
森永 勤 Morinaga Tsutomu	〒108 東京都港区港南 4-5-7 東京水産大学海洋生産学科海洋漁場学講座 ☎ 03-3471-1251 (内276)	〒251 神奈川県藤沢市藤が岡 3-24 RB18 ☎ 0466-27-6691
森田 良美 Morita Yoshimi		〒167 東京都杉並区南荻窪 1-20-5 グリーンマンション 1F ☎ 03-3332-8380
森谷 誠生 Moritani Nobuo	〒921 石川県金沢市弥生 1-33-8 (財) 日本気象協会北陸センター ☎ 0762-44-1562 FAX 0762-47-7319	〒921 石川県金沢市高尾 2-180 ☎ 0762-98-3290
森山 剛一 Moriyama Goichi		〒180 東京都武蔵野市吉祥寺南町 4-21-11
森安 実己郎 Moriyasu Mikio	Apt. #15, 42 Donovan Terrace, Moncton, N.B., E1A 4N6 Canada	〒165 東京都中野区野方 6-39-3
森実 庸男 Morizane Tsuneo	〒798-01 愛媛県宇和島市下波 5516 愛媛県水産試験場増殖室 ☎ 0895-29-0236 FAX 0895-29-0230	〒798 愛媛県宇和島市川内甲 1950-2 ☎ 0895-27-2016
元田 茂 Motoda Sigeru		〒166 東京都杉並区阿佐ヶ谷 2-35-2 ☎ 03-3339-0230
村野 正昭 Murano Masaaki	〒108 東京都港区港南 4-5-7 東京水産大学資源育成学科水産生物学講座 ☎ 03-3471-1251 (内373) FAX 03-3471-5794	〒168 東京都杉並区下高井戸 3-32-36 ☎ 03-3302-4940
N		
内藤 宗一 Naito Munekazu		〒230 横浜市鶴見区汐田町 4-157-3
永延 幹男 Naganobu Mikio	〒424 静岡県清水市折戸 5-7-1 遠洋水産研究所 ☎ 0543-34-0715	
長沼 毅 Naganuma Takeshi	〒237 神奈川県横須賀市夏島町 2-15 海洋科学技術センター 深海環境プログラム ☎ 0468-66-3811 FAX 0468-66-6364	〒242 神奈川県大和市柳橋 2-13-23 ☎ 0462-69-1072
永田 豊 Nagata Yutaka	〒113 東京都文京区弥生 2-11-16 東京大学理学部地球惑星物理学教室 ☎ 03-3812-2111 (内4288) FAX 03-3818-3247	〒263 千葉県稲毛区千草台 1-16-305 ☎ 043-256-7268
南雲 昭三郎 Nagumo Shozaburo		〒152 東京都目黒区中根 1-17-23

氏 名	所 属 機 関	現 住 所
中 川 平 介 Nakagawa Heisuke	〒724 広島県東広島市鏡山 1-4-4 広島大学生物生産学部水産増殖学研究室 ☎ 0824-22-7111 (内4097) FAX 0824-22-7059	〒724-05 広島県東広島市西条町大沢 881-2 ☎ 0824-25-1524
中 村 泉 Nakamura Izumi	〒625 京都府舞鶴市字長浜 京都大学農学部附属水産実験所	
中 村 充 Nakamura Makoto	〒917 福井県小浜市学園町 1 番 1 号 福井県立大学生物資源学部海洋生物資源学科 ☎ 0770-52-6300 FAX 0770-52-6003	〒254 神奈川県平塚市松風町 23-30 ☎ 0463-22-7241 FAX 0463-22-7241
中 村 重 久 Nakamura Shigehisa	〒649-23 和歌山県西牟婁郡白浜町堅田 京都大学防災研究所 白浜海象観測所 ☎ 0739-42-4352	
中 村 善 彦 Nakamura Yoshihiko	〒108 東京都港区港南 4-5-7 東京水産大学海洋生産学科漁業工学講座 ☎ 03-3471-1251 (内267)	〒251 神奈川県藤沢市大鋸 3-12-48 ☎ 0466-25-7848
中 村 幸 雄 Nakamura Yukio	〒945-03 新潟県柏崎市荒浜 4-7-17 (財) 海洋生物環境研究所実証試験場 ☎ 0257-24-8300	
中 野 猿 人 Nakano Masito		〒186 東京都国立市東 4-8-14 ☎ 0425-72-4280
中 田 英 昭 Nakata Hideaki	〒164 東京都中野区南台 1-15-1 東京大学海洋研究所	
中 田 喜三郎 Nakata Kisaburo	〒305 茨城県つくば市小野川 16-2 資源環境技術総合研究所	
奈 須 敬 二 Nasu Keiji	〒883 宮崎県日向市細島字鉢島 1029-1 ドルフィン アイランド ホコジマ ☎ 0982-54-6780 FAX 0982-54-6780	〒240-01 神奈川県三浦郡葉山町長柄 705-32 ☎ 0468-75-5815
野 村 英 明 Nomura Hideaki	〒108 東京都港区港南 4-5-7 東京水産大学資源育成学科水産生物学講座浮遊生物学 ☎ 03-3471-1251 (内449) FAX 03-3471-5794	〒245 横浜市戸塚区深谷町 1854 ☎ 045-851-2339
野 村 稔 Nomura Minoru		〒252 神奈川県綾瀬市綾西 2-5-5 ☎ 0467-78-3969
野 村 正 Nomura Tadashi	〒026 岩手県釜石市鈴子町 35 岩手科学技術専門学校水産バイオ学科 ☎ 0193-22-0151 (内35) FAX 0193-22-0152	〒026 岩手県釜石市浜町 1-1-507 ☎ 0193-24-2845
能登谷 正 浩 Notoya Masahiro	〒108 東京都港区港南 4-5-7 東京水産大学資源育成学科藻類増殖学研究室 ☎ 03-3471-1251 (内329) FAX 03-3471-2165	〒251 神奈川県藤沢市藤が岡 3-24 RA23 ☎ 0466-23-4167
布 垣 寛 一 Nunogaki Kanichi	〒617 京都府長岡京市今里 2-16-10 三鬼エンジニアリング (株)	

氏 名	所 属 機 関	現 住 所
<b>O</b>		
落合 弘明 Ochiai Hiroaki	〒517 三重県鳥羽市池上町 17-14 鳥羽商船高等専門学校 ☎ 0599-25-3137 (内280) FAX 0599-25-6941	〒516 三重県伊勢市本町 17-14 ☎ 0596-23-3941
落合 正宏 Ochiai Masahiro	〒192-03 東京都八王子市大沢 1-1 東京都立大学理学部化学科分析化学研究室 ☎ 0426-77-2531, 2959 FAX 0426-77-2525	〒223 横浜市港北区茅ヶ崎南 4-14-1 港北ガーデンホームズ 1301 ☎ 045-942-5951
小笠原 義光 Ogasawara Yoshimitsu	〒424 静岡県清水市折戸 3-20-1 東海大学海洋学部水産学科 ☎ 0543-34-0411	〒781-51 高知市介良乙 1018-15 ☎ 0888-60-5851
小 河 久 朗 Ogawa Hisao	〒022-01 岩手県気仙郡三陸町越喜来字烏頭160-4 北里大学水産学部 ☎ 0192-44-2121 FAX 0192-44-2125	〒022-01 岩手県気仙郡三陸町越喜来 字明神道 16
小 口 節 子 Oguchi Setsuko	〒164 東京都中野区南台 1-15-1 東京大学海洋研究所	〒281 千葉県あやめ台 2-24-205
小 倉 通 男 Ogura Michio	〒136 東京都江東区南砂 2-7-5 東陽町小野田ビル2F (株)小野田 ☎ 03-5683-2016 FAX 03-5683-2071	〒259-13 神奈川県秦野市千村 652-38 ☎ 0463-87-3177
大 石 友 彦 Oishi Tomohiko	〒424 静岡県清水市折戸 3-20-1 東海大学海洋学部基礎物理 ☎ 0543-34-0411	〒424 静岡県清水市三保 1854-19 駿河マンション 505 ☎
岡 部 史 郎 Okabe Shiro	〒424 静岡県清水市折戸 3-20-1 東海大学海洋学部 ☎ 0543-34-0411	〒424 静岡県清水市北矢部 850-3
岡 市 友 利 Okaichi Tomotoshi	〒760 香川県高松市幸町 1-1 香川大学本部 ☎ 0878-61-4141 FAX 0878-36-1613	〒761 香川県高松市上之町 3-6-8-305 ☎ 0878-66-7308
岡 見 登 Okami Noboru		〒270-01 千葉県流山市江戸川台東 4-268 ☎ 0471-52-2737
岡 寄 守 良 Okazaki Moriyoshi		〒330 埼玉県大宮市堀崎町1200-42-1 ☎ 048-685-8417
岡 崎 由 夫 Okazaki Yoshio	〒085 北海道釧路市城山町 139 北海道教育大学釧路分校	
大 越 健 嗣 Okoshi Kenji	〒986 岩手県石巻市南境新水戸 1 石巻専修大学理工学部生物生産工学科 ☎ 0225-22-7716 (内3163) FAX 0225-22-7746	〒981 宮城県仙台市青葉区台原 1-13-19-401 ☎ 022-275-8164
奥 田 邦 明 Okuda Kuniaki	〒236 横浜市金沢区福浦 2-12-4 中央水産研究所海洋生産部変動機構研究室 ☎ 045-788-7641	〒247 神奈川県鎌倉市岡本 1188-4-1-502 ☎ 0467-47-0221

氏 名	所 属 機 関	現 住 所
奥村 裕 Okumura Yutaka	〒236 横浜市金沢区福浦 2-12-4 水産庁中央水産研究所 ☎ 045-788-7641	〒252 千葉市花見川こてはし台 6-53-4 ☎ 043-250-9040
尾本 幹夫 Omoto Mikio	〒339 岩槻市西町 3-6-13 (株)応用地質調査事務所埼玉支店	〒171 東京都豊島区高田 3-30-14-702号
小坂 丈予 Osaka Joyo	〒152 東京都目黒区大岡山 2-12-1 東京工業大学	
太田 通靖 Ota Michiyasu		〒143 東京都大田区南馬込 4-41-2
大塚 一志 Otsuka Kazuyuki	〒108 東京都港区港南 4-5-7 東京水産大学海洋生産学科海洋漁場学講座 ☎ 03-3471-1251 (内274) FAX 03-3450-4279	〒245 横浜市泉区和泉町 6212-10-301 ☎ 045-802-7927
大内 正夫 Ouchi Masao	〒612 京都市伏見区深草藤森町 1 京都教育大学理科教育研究室	〒606 京都市左京区修学院石掛町 6-4 ☎ 075-791-7604
大山 桂 Oyama Katura	〒517 三重県鳥羽市鳥羽 5-29-7 鳥羽水族館(株)飼育研究所 ☎ 0599-25-5589 FAX 0599-25-5582	
S		
佐伯 和昭 Saheki Kazuaki	〒150 東京都渋谷区恵比須南 2-4-1 カルピス食品工業(株)品質管理室 ☎ 03-3713-2460 FAX 03-3713-2397	〒153 東京都目黒区中町 1-38-10 ☎ 03-3715-3746
斉藤 誠一 Saitoh Sei-ichi	〒041 北海道函館市港町 3-1-1 北海道大学水産学部漁業学科漁業航海学講座 ☎ 0138-40-8843 FAX 0138-43-5015	〒040 北海道函館市豊川町 8-8 ベイコート豊川 802号室 ☎ 0138-23-8272
斎藤 泰一 Saito Yasukazu		〒236 横浜市金沢区平潟町 31-1-414 ☎ 045-781-4615
坂本市太郎 Sakamoto Ichitaro	〒550 大阪市西区江戸堀 3-2-23 新日本気象海洋(株)大阪支店 ☎ 06-448-2551 FAX 06-448-2625	〒514 三重県津市高茶屋小森町1700-19 ☎ 0592-34-2308
坂本 亘 Sakamoto Wataru	〒606-01 京都市左京区北白川追分町 京都大学農学部水産学科水産物理学講座 ☎ 075-753-6214 FAX 075-753-6227	〒611 京都府宇治市羽拍子町 20-3 ☎ 0774-44-4699
櫻井 仁人 Sakurai Masahito	〒890 鹿児島市郡元 1-21-40 鹿児島大学工学部海洋土木工学科海洋環境講座 ☎ 0992-85-8467 FAX 0992-85-8467	〒899-27 鹿児島県日置郡松元町春山 166-38 ☎ 0992-78-1780
桜本 和美 Sakuramoto Kazumi	〒108 東京都港区港南 4-5-7 東京水産大学資源管理学科資源管理システム学講座 ☎ 03-3471-1251 (内456) FAX 03-3472-3272	〒329-02 栃木県小山市平和 49-24 ☎ 0285-45-8734
寒川 強 Samukawa Tsuyoshi	〒305 茨城県つくば市小野川 16-3 資源環境技術総合研究所 ☎ 0298-58-8377	〒305 茨城県つくば市松代 5-528-101 ☎ 0298-51-2901

氏 名	所 属 機 関	現 住 所
佐々木 洋 Sasaki Hiroshi	〒986 宮城県石巻市南境新水戸 1 石巻専修大学理工学部生物生産工学科 ☎ 0225-22-7716 (内3111) FAX 0225-22-7746	〒986 宮城県石巻市門脇新館 74-174 ☎ 0225-93-8447
佐藤 孫七 Sato Magoshichi		〒999-74 山形県鶴岡市由良 1-2-28 ☎ 0235-73-3694
佐藤 猛 Sato Takeshi	〒424 静岡県清水市三保 2389 東海大学海洋科学博物館博物館課 ☎ 0543-34-2385 FAX 0543-35-7095	〒424 静岡県清水市幸町 16-24 ☎ 0543-35-6806
佐藤 義夫 Sato Yoshio	〒424 静岡県清水市折戸 3-20-1 東海大学海洋学部海洋科学科 ☎ 0543-34-0411 (内2293) FAX 0543-34-9051	〒424 静岡県清水市馬走 815-22 ☎ 0543-46-5503
佐藤 博雄 Satoh Hiroo	〒108 東京都港区港南 4-5-7 東京水産大学海洋生産学科海洋漁場学講座 ☎ 03-3471-1251 (内446)	〒272 千葉県市川市東大和田 2-11-7-502 ☎ 0473-78-1921
澤本 彰三 Sawamoto Shozo	〒424 静岡県清水市折戸 3-20-1 東海大学海洋研究所 ☎ 0543-34-0411 (内2603) FAX 0543-34-9764	〒424 静岡県清水市月見町 20-21
関 文威 Seki Humitake	〒305 茨城県つくば市天王台 1-1-1 筑波大学生物科学系 ☎ 0298-53-4663 FAX 0298-53-6614	〒305 茨城県つくば市竹園 3-207-3 ☎ 0298-51-5808
関根 明彦 Sekine Akihiko	〒175 東京都板橋区蓮沼町 75-1 (株)トプコン技術本部研究所研究グループ ☎ 03-3558-2562 FAX 03-3966-5054	〒175 東京都板橋区高島平2-26-5-305 ☎ 03-5399-3542
関根 義彦 Sekine Yoshihiko	〒514 三重県津市上浜町 1515 三重大学生物資源学部海洋環境学講座 ☎ 0592-31-9550 FAX 0591-31-9540	〒514 三重県津市観音寺町 511 三重大宿舎 C-34 ☎ 0592-23-2654
瀬古 勲 Seko Isao	〒683 島根県米子市彦名町 4448 米子工業高等専門学校電気工学科 ☎ 0859-24-5112 FAX 0859-24-5029	〒683 島根県米子市上福原 1850 ☎ 0859-22-2541
柴木 秀之 Shibaki Hidenori	〒116 東京都荒川区南千住 1-59-7 東京三菱自販ビル2号館 (株)エコー 第一技術部数理解析課 ☎ 03-3802-7011	
嶋野 敏夫 Shimano Toshio	〒108 東京都港区港南 4-5-7 東京水産大学教養科 ☎ 03-3471-1251	
島津 仁一 Shimazu Yoshikazu	〒350-13 埼玉県狭山市上広瀬東久保 591-9 (株)イワキ ☎0429-54-6436 FAX 0429-54-0453	〒383 埼玉県浦和市栄和 1-20-14 メイテイフラット栄和 202
下田 徹 Shimoda Tohru	〒236 横浜市金沢区福浦 2-12-4 中央水産研究所物質循環研究室 ☎ 045-788-7641	

氏 名	所 属 機 関	現 住 所
篠 田 裕 Shinoda Yutaka	〒275 千葉県習志野市津田沼 2-17-1 千葉工業大学土木工学科 ☎ 0474-78-0440 FAX 0474-78-0474	〒273 千葉県船橋市海神 3-24-10 ☎ 0474-34-7311
塩 本 明 弘 Shiomoto Akihiro		〒424 静岡県清水市折戸 5-6-2 A棟36号 ☎ 0543-35-8443
庄 司 大 太 郎 Shoji Daitaro		〒141 東京都品川区上大崎 2-9-10 ☎ 03-3441-1816
曾 野 和 彦 Sono Kazuhiko	〒222 横浜市港北区新横浜 3-6-12 日総第12ビル10F 日本エヌ・ユー・エス(株)エネルギー事業本部 ☎ 045-474-7815 FAX 045-474-7812	〒221 横浜市神奈川区沢渡 64 ☎ 045-311-1817
須 藤 英 雄 Sudo Hideo	〒108 東京都港区港南 4-5-7 東京水産大学海洋生産学科海洋環境学講座 ☎ 03-3471-1251 (内246) FAX 03-3474-2195	〒206 東京都多摩市落合 5-9-19-4 ☎ 0423-39-7750
須 賀 次 郎 Suga Jiro		〒135 東京都江東区牡丹町 3-9-1 ☎ 03-3643-3639
杉 原 滋 彦 Sugihara Shigehiko	〒351-01 埼玉県和光市広沢 2-1 理化学研究所地球科学研究室 ☎ 048-462-1111 (内3633) FAX 048-462-4654	〒359 埼玉県所沢市南住吉 16-18 ☎ 0429-28-1515
杉 森 康 宏 Sugimori Yasuhiro	〒424 静岡県清水市折戸 3-20-1 東海大学海洋学部海洋工学科 ☎ 0543-34-0411 (内3421) FAX 0543-35-4155	〒259-03 神奈川県足柄下郡 湯河原町宮上 742-153 ☎ 0465-63-3710
杉 田 治 男 Sugita Haruo	〒154 東京都世田谷区下馬 3-34-1 日本大学農獣医学部水産学科	
鈴 木 誠 Suzuki Makoto		〒114 東京都北区西ヶ原 1-27-3-208 ☎ 03-3918-8846
T 平 啓 介 Taira Keisuke	〒164 東京都中野区南台 1-15-1 東京大学海洋研究所海洋物理部門 ☎ 03-5351-6417 FAX 03-5351-6418	〒195 東京都町田市小野路町 4452-159 ☎ 0427-36-5185
高 木 和 徳 Takagi Kazunori	〒153 東京都目黒区青葉台 3-1-8-206 オウディクス トウキョウ ☎ 03-3496-6243 FAX 03-3496-6243	〒153 東京都目黒区青葉台 3-1-8-206 ☎ 03-3496-6243 FAX 03-3496-6243
高 橋 正 征 Takahashi Masayuki	〒113 東京都文京区本郷 7-3-1 東京大学理学部植物学教室 ☎ 03-3812-2111 (内4474) FAX 03-3814-1728	〒305 茨城県つくば市小白裕 672-162 ☎ 0298-36-5781
高 橋 淳 雄 Takahashi Tadao		〒899-25 鹿児島県日置郡伊集院町 妙円寺1-58-12 ☎ 09927-3-3918
高 橋 正 Takahashi Tadashi		〒237 神奈川県横須賀市追浜南町 1-4 ☎ 0468-66-2896

氏 名	所 属 機 関	現 住 所
高野 秀昭 Takano Hideaki	〒154 東京都世田谷区下馬 3-34-1 日本大学農獣医学部水産学科海洋学教室 ☎ 03-3421-8121 (内403)	〒277 千葉県柏市南逆井 6-11-9 ☎ 0471-72-0608
高野 健三 Takano Kenzo		〒271 千葉県松戸市上本郷 2677-17 ☎ 0473-65-7843
隆島 史夫 Takashima Fumio	〒108 東京都港区港南 4-5-7 東京水産大学資源育成学科資源培養学講座 ☎ 03-3471-1251 (内330)	〒174 東京都板橋区坂下 3-20-1-311 ☎ 03-3967-3744
高杉 由夫 Takasugi Yoshio	〒737-01 広島県呉市広末広 2-2-2 中国工業技術試験所海洋開発部 ☎ 0823-72-1111 FAX 0823-73-3284	〒737 広島県呉市阿賀中央 5-10-40 ☎ 0823-73-0976
高柳 洋吉 Takayanagi Yokichi		〒982 宮城県仙台市太白区八木山東 2-21-1
高山 晴光 Takayama Harumitsu	〒160 東京都新宿区四谷 4-11 科学史科学教育研究所 ☎ 03-3351-8119	〒167 東京都杉並区井草 2-9-2 ☎ 03-3397-5995 FAX 03-3397-5995
武田 恵二 Takeda Keiji	チリ国コキンボ市 ノルテカトリック大学海洋科学部 ☎ 56-051-311984 FAX 56-051-311287, 313475	〒031 青森県八戸市新井田字小久保尻 1-228 ☎ 0178-25-3173 FAX 0178-25-3173
竹松 伸 Takematsu Noburu	〒351-01 埼玉県和光市広沢 2-1 理化学研究所地球科学研究室 ☎ 048-462-1111 (内3635)	〒351-01 埼玉県和光市諏訪原団地 2-3-204 ☎ 048-465-7131
武居 薫 Takesue Kaoru	〒759-65 山口県下関市吉見永田本町 1944 水産大学校	
竹内 能忠 Takenouti Yositada		〒041 北海道函館市日吉町 2-8-15 ☎ 0138-51-6028
竹内 一郎 Takeuchi Ichiro	〒028-11 岩手県上閉伊郡大槌町赤浜 2-106-1 東京大学海洋研究所大槌臨海研究センター ☎ 0193-42-5611 FAX 0193-42-3715	〒026-03 岩手県釜石市鶴住居町 29-18-15-401 ☎ 0193-28-4673
竹内 淳一 Takeuchi Junichi	〒649-35 和歌山県西牟婁郡串本町串本 1551 和歌山県水産試験場資源部 ☎ 07356-2-0940 FAX 07356-2-3515	〒649-35 和歌山県西牟婁郡串本町 潮岬2754-3 ☎ 07356-2-4522
多紀 保彦 Taki Yasuhiko	〒108 東京都港区港南 4-5-7 東京水産大学資源育成学科水産生物学講座 ☎ 03-3471-1251	
田中 克 Tanaka Masaru	〒606-01 京都市左京区北白川追分町 京都大学農学部水産学科水産生物学講座 ☎ 075-753-6220 FAX 075-753-6229	〒611 京都府宇治市五ヶ庄 京都大学職員宿舍 921 ☎ 0774-33-2503



氏 名	所 属 機 関	現 住 所
谷 田 一 衛 Tanida Kazue		〒253 神奈川県茅ヶ崎市東海岸南 4-12-11 ☎ 0467-82-5566
谷 口 旭 Taniguchi Akira	〒981 仙台市青葉区堤通雨宮町 1-1 東北大学農学部生物生産科学科生物海洋学講座 ☎ 022-272-4321 (内298) FAX 022-272-1870	〒981-31 仙台市泉区加茂 4-11-5 ☎ 022-378-2418
谷 井 潤 郎 Tanii Junro	〒256 神奈川県小田原市酒匂 4-13-20 日本たばこ産業(株)海水総合研究所 ☎ 0465-47-3161	〒250 神奈川県小田原市久野 154-8 ☎ 0465-32-4678
寺 本 俊 彦 Teramoto Toshihiko	〒259-12 神奈川県平塚市土屋 2946 神奈川大学理学部情報科学科 ☎ 0463-59-4111 (内2711) FAX 0463-58-9684, 9688	〒182 東京都調布市芳葉町 1-37-9 ☎ 03-3300-0740
寺 崎 誠 Terazaki Makoto	〒164 東京都中野区南台 1-15-1 東京大学海洋研究所 ☎ 03-5351-6478 FAX 03-5351-6480	〒336 埼玉県浦和市原山 1-5-9-401 ☎ 048-887-3250
鳥 羽 良 明 Toba Yoshiaki	〒980 仙台市青葉区荒巻字青葉 東北大学理学部宇宙地球物理学科海洋物理学講座 ☎ 022-222-1800 (内3342) FAX 022-227-3671	〒982 仙台市太白区八木山南 6-7-11 ☎ 022-245-3695
徳 田 廣 Tokuda Hiroshi		〒235 横浜市磯子区磯子 8-3-401 ☎ 045-751-1075
富 田 宏 Tomita Hiroshi	〒181 東京都三鷹市新川 6-38-1 運輸省船舶技術研究所 ☎ 0422-45-5171	
土 隆 一 Tsuchi Ryuichi	〒422 静岡市宮竹 1-9-24 土研究事務所 ☎ 054-238-3240 FAX 054-238-3241	〒420 静岡市東千代田 2-26-28 ☎ 054-261-4590
土 田 明 Tsuchida Akira		〒305 茨城県つくば市吾妻 3-17-3 ドミトリー筑波 2-28
津 田 良 平 Tsuda Ryohei	〒631 奈良市中町 3327-204 近畿大学農学部水産学科漁場学研究室 ☎ 0742-43-1511 (内3212) FAX 0742-43-2970	〒560 豊中市蛍池東町 3-13-15 ☎ 06-841-6844 FAX 06-841-6844
辻 正 明 Tsuji Masaaki	〒305 茨城県つくば市小野川 16-3 工業技術院資源環境技術総合研究所環境影響予測部 ☎ 0298-58-8371 FAX 0298-58-8357	〒305 茨城県つくば市上広岡 460-33 ☎0298-57-2683
辻 義 人 Tsuji Yoshito	〒237 横須賀市夏島町 2-15 海洋科学技術センター情報室 ☎ 0468-66-3811 (内520) FAX 0468-66-6169	〒233 横浜市港南区野庭町 634-2-262 ☎ 045-844-0176
辻 田 時 美 Tsuji Tokimi		〒251 神奈川県藤沢市大庭 5056-6 湘南スカイハイツ 1-1-1134 ☎ 0466-88-0138

氏 名	所 属 機 関	現 住 所
津久井 文 夫 Tsukui Fumio	〒415 静岡県下田市白浜 251-1 静岡県水産試験場伊豆分場 ☎ 0558-22-0835 FAX 0558-22-9330	〒415 静岡県下田市東中 12-12 職員住宅 102号 ☎ 0558-23-5366
U		
上 原 研 吾 Uehara Kengo	ウシオ電機 (株)	〒215 神奈川県川崎市麻生区虹ヶ丘 2-3-9-308
宇 野 寛 Uno Yutaka		〒175 東京都板橋区徳丸 1-6-1-231 ☎ 03-3937-7236 FAX 03-3937-7236
内 海 真 生 Utsumi Motoo	〒305 茨城県つくば市天王台 1-1-1 筑波大学生物科学系 ☎	〒305 茨城県つくば市天久保 3-6-10 かすみ B-206
W		
和 田 明 Wada Akira	〒424 静岡県清水市折戸 3-20-1 東海大学海洋学部海洋土木工学科 ☎ 0543-34-0411 (内2205) FAX 0543-34-5095	〒170 東京都豊島区駒込 1-32-1-401 ☎ 03-3947-7567 FAX 03-3947-7567
渡 邊 精 一 Watanabe Seiichi	〒108 東京都港区港南 4-5-7 東京水産大学資源育成学科 ☎ 03-3471-1251	
Y		
八 木 宏 樹 Yagi Hiroki	〒046 北海道余市郡余市町浜中町 238 北海道立中央水産試験場海洋部 ☎ 0135-23-7451 (内221) FAX 0135-23-3141	〒047 北海道小樽市真栄 1-4-175 ☎ 0134-23-9081
山 田 佳 昭 Yamada Yoshiaki	〒238-02 神奈川県三浦市三崎城ヶ島養老子 神奈川県水産試験場資源研究部 ☎ 0468-82-2311 (内232) FAX 0468-81-7903	〒232 横浜市南区六ッ川 3-27-21 ☎ 045-711-6891 FAX 045-743-0240
山 口 征 矢 Yamaguchi Yukuya	〒338 埼玉県浦和市下大久保 255 埼玉大学教養部生物学教室 ☎ 048-852-2111 (内2857) FAX 048-855-5851	〒332 埼玉県川口市元郷 1-13-6 ☎ 048-223-5294
山 路 勇 Yamaji Isamu		〒640 和歌山市九家の丁 17 ☎ 0734-28-2058
山 本 秀 行 Yamamoto Hideyuki		〒227 横浜市緑区東本郷 6-3-11-1125
山 中 一 郎 Yamanaka Ichiro		〒419-01 静岡県田方郡函南町平井 1264-77 ☎ 0559-78-6586 FAX 0559-78-6586
柳 川 三 郎 Yanagawa Saburo		〒223 横浜市港北区日吉本町 2-63-4 ☎ 045-561-5564

氏 名	所 属 機 関	現 住 所
柳 哲 雄 Yanagi Tetsuo	〒790 愛媛県松山市文京町 3 愛媛大学工学部土木海洋工学科海洋環境工学 ☎ 0899-24-7111 (内3751) FAX 0899-27-5852	〒790 愛媛県松山市久米窪田 443 久米住宅 723
矢 内 秋 生 Yanai Akio	〒161 東京都新宿区中落合 4-31-1 目白学園女子短期大学生生活科学科環境情報研究室 ☎ 03-5996-3137 FAX 03-5996-3137	〒189 東京都東村山市萩山町 4-2-2
矢 野 和 成 Yano Kazushige	〒750 山口県下関市東和町 2-5-20 西海区水産研究所下関支所 ☎ 0832-66-0661	
伊 藤 希 Ytow Nozomi	〒305 茨城県つくば市天王台 1-1-1 筑波大学生物科学系 ☎ 0298-53-4529 FAX 0298-53-6614	〒305 茨城県つくば市並木 4-912-303 ☎ 0298-52-7235

## 外 国 会 員

Ayodhya  
P.O. Box 183/JNG, Jakarta  
Timur, Indonesia

Hubert J. Ceccaldi  
27 rue Rocca  
13008 Marseille  
France

Jacques Chouteau  
Universite d'Aix-Marseille III,  
rue Henri Poincare,  
13397 Marseille Cedex,  
France

J. R. Donguy  
Bibliotheque,  
Centre ORSTOM de Noumea,  
B.P. A5, Noumea,  
Nouvelle Calédonie

Marc Eyries  
Etablissement Principal du  
Service Hydrographique et  
Océanographique de la Marine,  
Route de Bergot 29, N-Brest,  
France

Yves Henocque  
c/o Société franco-japonaise  
d'océanographie,  
Institut océanographique,  
195, rue Saint Jacques,  
F-75005 Paris,  
France

Alexander Ivanoff  
Laboratoire d'Océanographie  
Physique de la Faculté des  
Sciences de Paris,  
Paris 5,  
France

Gerald F. Kraft  
Department of Biology,  
Institute for Freshwater Studies,  
Western Washington State  
College, Bellingham,  
Washington 98225,  
U.S.A.

P. Bensam  
C.M.F.R.I. Regional Centre,  
Marine Fisheries P.O.,  
Mandapam Camp, PIN: 623 520,  
India

張 善 德  
韓國釜山特別市釜山鎮區大淵洞  
釜山水產大學

Y. Dandonneau  
Centre ORSTOM de Noumea,  
B.P. A5, Noumea,  
Nouvelle Calédonie

Frederic Dumas  
Port Issol Sanary Vav.,  
France

Michel Fabre Della Ripelle  
13 Rue de l'Yvette, Paris 16,  
France

Sung Yun Hong  
Institute of Marine Sciences,  
National Fisheries University  
of Busan,  
Busan,  
Korea

P. S. Joseph  
Physical Oceanography  
Division, National Institute of  
Oceanography, Goa,  
India 40 3004

Ives Le Grand  
Laboratoire de Physique  
Appliquée,  
Muséum National d'Histoire  
Naturelle,  
43-45, rue Cuvier, Paris 5,  
France

Frederico P. Brandini  
Centro de Biologia Marinha da  
Universidade Federal do  
Parana,  
Curitiba 80.000, Parana  
Brasil

Chen-Tung A. Chen (陳鎮東)  
Institute of Marine Geology,  
National Sun Yat-Sen University,  
Kaohsiung,  
Taiwan, R.O.C.

Cognie Daniel  
IFREMER, B.P. 7004 Taravao,  
Tahiti-Polynesie Francaise

Sharon Essrey  
Sio Library C-0750c,  
University of California,  
San Diego, La Jolla,  
California 92093,  
U.S.A.

Maurice Fontaine  
President,  
Institut Océanographique,  
195, rue St. Jacques,  
75005 Paris,  
France

Ichiye Takashi (市栄 誉)  
Department of Oceanography,  
Texas A & M University,  
College Station,  
Texas 77843-3146,  
U.S.A.

Ronald Kolpack  
2038 Thomas Place, West Covina,  
California 91792,  
U.S.A.

Liu Cho-Teng (劉倬騰)  
Institute of Oceanography,  
National Taiwan University,  
P.O. Box 23-13, Taipei,  
Taiwan, R.O.C  
(國立台灣大學海洋研究所)

柳 晟 奎  
韩国釜山市南区大淵洞 599-1  
釜山水産大学養殖学科

Serge Y. Maestrini  
Centre de Recherche en Ecologie  
Marine et Aquaculture de  
l'Houmeau,  
CREMA - l'Houmeau,  
B.P. 5, 17137 l'Houmeau,  
France

Andre Morel  
Laboratoire de Physique et  
Chimie Marines,  
Universite P. et M. Curie  
(Paris 6), B.P. 8,  
F-06230 Villefranche-sur-mer,  
France

朴 周  
韩国釜山特別市影島区南港洞  
2 街16番地  
国立水産振興院海洋調査課

Soisson Patrik  
24, Rue de la Lionne,  
45000 Orleans,  
France

Joel Querellou  
Division Amenagements  
Littoraux et Aquaculture,  
C.T.G.R.E.F.,  
Antenne de Bretagne,  
Avenue des Freres,  
Luniere 2926, Lesneven,  
France

Sally J. Stone  
Editor,  
Oceanographic Literature  
Review,  
Elsevier Science Publishers Ltd.,  
Regency House, 34 Duke Street,  
Norwich NR3 3AP,  
England

温 保 華  
中国青島市齊東路 9-24

梁 龍 林  
韩国釜山市南区大淵洞 599-1  
釜山水産大学漁業学科

Svend Aage Malmberg  
Oceanografiska Institutionen,  
Box 1038, Goteborg 4,  
Sweden

C. Nedelec  
Institute Scientifique et  
Technique des Pecheurs  
Maritimes,  
Boulogne-sur-Mer 629,  
Pas de Calais,  
France

P. Kilho Park  
7 Fallswood Court,  
Rockville, MD 20854,  
U.S.A.

J. M. Peres  
Station Marine d'Endoume,  
Rue de la Batterie des Lions,  
13007 Marseille,  
France

Francois Simard  
Musee Oceanographique,  
Avenue Saint-Martin,  
Monaco-Ville, MC-98000,  
Monaco

Paula Szilard  
University of Hawaii Library,  
Science & Technology Reference,  
2550 The Mall,  
Honolulu, Hawaii 96822,  
U.S.A.

Pierre Willm  
Institut Francaise du Retrole,  
1 et 4 Avenue de Bois Prean,  
Rueil-Malmaison (S. et O.),  
France

Nadine Lucas  
8, rue Lacepede, 75005 Paris,  
France

Samuel P. Meyers  
Louisiana State University,  
Baton Rouge, Louisiana 70803,  
U.S.A.

I. Njoman Sumertha Nuitja  
Faculty of Fisheries,  
Bogor Agricultural University,  
Darmaga Campus, Bogor,  
Indonesia

Timothy R. Parsons  
Department of Oceanography,  
University of British Columbia,  
Vancouver, B. C.  
V6T 1W5, Canada

Noel B. Plutchak  
1120 W 27th, Los Angeles,  
California,  
U.S.A.

Alain Sournia  
Station Biologique,  
29211 Roscoff,  
France

Philippe Tailliez  
2 Bd. Mistral,  
Toulon, 83000,  
France

## 日 仏 海 洋 学 会 会 則

昭和35年4月7日 制定

昭和60年4月27日 改正

平成4年6月1日 改正

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

### 日仏海洋学会評議員・役員選出規定

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

### 日仏海洋学会賞規定

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

#### 覚書

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

## 賛 助 会 員

阿 部 嘉 方	東京都練馬区春日町 2-15-6
株式会社 内田老鶴園 内 田 悟	東京都文京区大塚 3-34-3
有限会社 英和出版印刷社	東京都北区中里 2-7-7
株式会社 カ イ ジ ョ ウ	東京都西多摩郡羽村町栄町 3-1-5
㈱ 海洋生物環境研究所	東京都千代田区内神田 1-18-12 北原ビル内
株式会社 川 合 海 苔 店	東京都大田区大森本町 2-31-8
株式会社 自然・情報環境研究所	横浜市栄区桂町 1-1, 3-401
新日本気象海洋株式会社	東京都世田谷区玉川 3-14-5
全日本爬虫類皮革産業連合会	東京都足立区梅田 4-3-18
株式会社 高 岡 屋	東京都台東区上野 6-7-22
株式会社東京久栄技術センター	埼玉県川口市芝鶴ヶ丸 6906-10
株式会社西日本流体技研	長崎県佐世保市棚方町 283
日本アクアラング株式会社	神奈川県厚木市温水 2229-4
㈱ 三 菱 総 合 研 究 所 (社会情報システム部)	東京都千代田区大手町 2-3-6
宮 本 悟	東京都中央区かきどき 3-3-5 かちどきビル ㈱本地郷
株式会社 読 売 廣 告 社	東京都中央区銀座 1-8-14
渡 辺 機 開 工 業 株 式 会 社	愛知県瀬美郡田原町神戸大坪 230
株式会社 渡部計器製作所	東京都文京区向丘 1-7-17



応援します。  
 良い海苔づくり—

生海苔活性調整機

RS-2型

海苔の等級が数段あがる

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



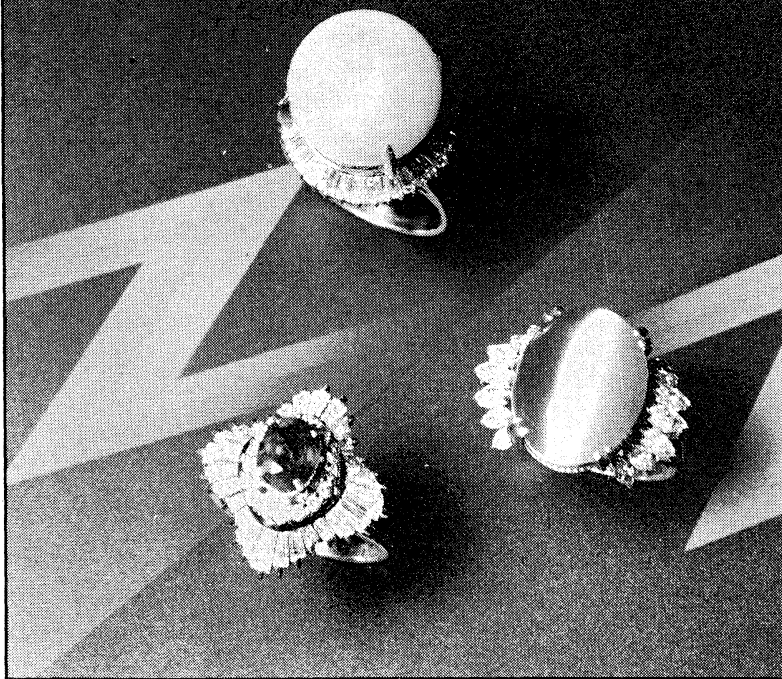
	RS-1型	RS-2型
高 さ	770mm	1,210mm
幅	980mm	950mm
重 量	880kg	780kg
	65kg	180kg
モーター	40W 1台	40W 2台
	100W 1台	50W 1台
		100W 1台
		150W 1台



渡辺機開工業株式会社

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

# Pearl & Jewelry



輝  
へんこんぎんざ

宝石の名門



東京・銀座

東京都中央区銀座6-7-2  
電話572-5011(代表)

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

## 営 業 案 内

- 科学魚探SIMRAD
- 理研式GEK
- 曳航式水温計

D. B. T. C/S T D 水中照度計 水中濁度計 溶存酸素測定器 サリノメーター	水中テレビジョン 自記流向流速計 比重計, 水色計, 標準海水 アクアラング プランクトンネット類 採水器類	採泥器類 電氣流速計 船用機器模型及標本類 標識票類
---	---	-------------------------------------

ホ ン                    子                    ゴウ  
株式会社   **本                    地                    郷**

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

代表取締役   宮 本                    悟                    取締役   大 塚 昌 治

## 日 仏 海 洋 学 会 編 集 委 員 会 (1992-1993)

委 員 長: 村野正昭

委 員: 青木三郎, 有元貴文, 半沢正男, 堀越増興, 前田 勝, 落合正宏, 須藤英雄, 山口征矢, 柳 哲雄

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

幹 事: 渡辺精一, 山口征矢

### 投 稿 の 手 引

1. 「ろみ」(日仏海洋学会機関誌; 欧文誌名 *La mer*) は, 日仏海洋学会正会員およびそれに準ずる非会員からの投稿(依頼稿を含む)を, 委員会の審査により掲載する。
2. 原稿は海洋学および水産学両分野の原著論文, 原著短報, 総説, 書評, 資料などとする。すべての投稿は, 本文, 原図とも正副2通とする。副本は複写でよい。本文原稿用紙はすべてA4判とし, 400字詰原稿用紙(和文)に, または厚手白紙にダブル・スペース(和文ワープロでは相当間隔)で記入する。表原稿および図説明原稿は, それぞれ本文原稿とは別紙とする。
3. 用語は日, 仏, 英3カ国語の何れかとする。ただし, 表および図説明の用語は仏文または英文に限る。原著論文(前項)には約200語の英文または仏文の要旨を, 別紙として必ず添える。なお, 欧文論文には, 上記要旨の外に, 約500字の和文要旨をも添える。ただし, 日本語圏外からの投稿の和文要旨については編集委員会の責任とする。
4. 投稿原稿の体裁形式は最近号掲載記事のそれに従う。著者名は略記しない。記号略号の表記は委員会の基準に従う。引用文献の提示形式は, 雑誌論文, 単行本分載論文(単行本の一部引用を含む), 単行本などの別による基準に従う。
5. 原図は版下用として鮮明で, 縮尺(版幅または1/2版幅)に耐えられるものとする。
6. 初校に限り著者の校正を受ける。
7. 正会員に対しては7印刷ページまでの掲載を無料とする。ただし, この範囲内であっても色彩印刷を含む場合などには, 別に所定の費用を著者負担とすることがある。正会員の投稿で上記限度を超える分および非会員投稿の印刷実費はすべて著者負担(10,000円/頁)とする。
8. すべての投稿記事について, 1篇あたり別刷50部を無料で請求できる。50部を超える分は請求により, 50部単位で作製される。別刷請求用紙は初校と同時に配布される。
9. 原稿の送り先は下記の通り。

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

1993 年 8 月 25 日 印刷  
1993 年 8 月 28 日 発行

ろ み 第 31 巻  
3 号

定 価 等 1,600

編 集 者 村 野 正 昭

発 行 所 日 仏 海 洋 学 会

財団法人 日仏会館内

東京都千代田区神田駿河台2-3

郵便番号: 101

電話: 03(3291)1141

振替番号: 東京 5-96503

印 刷 者 佐 藤 一 二

印 刷 所 有限会社英和出版印刷社

東京都北区中里2-7-7

郵便番号: 114

電話: 03(5394)4856

(本誌出版費の一部は平成5年度文部省科学研究費補助金「研究成果公開促進費」による。)

Publication of *La mer* has been supported in part by a Grant-in-Aid for Publication of Scientific Research Result from the Ministry of Education, Science and Culture, Japan.

## SOMMAIRE

## Notes originales

- A numerical simulation of the general circulation in the world ocean.  
 Part 1. Temperature and velocity fields.....Chitose ARAKAWA and Kenzo TAKANO 107
- A numerical simulation of the general circulation in the world ocean.  
 Part 2. Meridional and interoceanic heat transports  
 .....Chitose ARAKAWA and Kenzo TAKANO 117
- Life history of *Porphyra tenuipedalis* Miura (Bangiales, Rhodophyta)  
 in culture (in Japanese) .....Masahiro NOTOYA, Norio KIKUCHI,  
 Yusho ARUGA and Akio MIURA 125

## Conférence commémorative

- Studies on optical environment and biological production in the ocean  
 (in Japanese).....Motoaki KISHINO 131

## Faits divers

- UNESCO • Russian - IHP Symposium "Hydrochemistry 1993"  
 (in Japanese) .....Humitake SEKI 135
- Procès-verbaux ..... 137
- Liste des membres de la société franco-japonaise d'océanographie ..... 145

## 第 31 卷 第 3 号

## 目 次

## 原 著

- 世界じゅうの海水の大循環の数値シミュレーション  
 第1部 水温と流速の分布(英文) .....新川千歳世・高野健三 107
- 世界じゅうの海水の大循環の数値シミュレーション  
 第2部 南北方向および大洋間の熱輸送(英文) .....新川千歳世・高野健三 117
- 紅藻カイガラアマノリの室内培養における生活史  
 .....能登谷正浩・菊地則雄・有賀祐勝・三浦昭雄 125
- 日仏海洋学会賞受賞記念講演  
 海洋の光環境と生物生産に関する研究.....岸野元彰 131
- 資 料  
 シンポジウム「水圏化学 1993」 .....関 文威 135
- 学会記事..... 137
- 会員名簿..... 145