

## Observed Turbulence Properties over the Continental Shelf and Slope off Jogashima, Sagami Bay

Yuli NAULITA<sup>+</sup> and Yujiro KITADE<sup>+</sup>

**Abstract:** In order to clarify the characteristics of turbulence and mixing in Sagami Bay, direct measurements of turbulence using Turbulence Ocean Microstructure Acquisition Profiler (TurboMap) were carried out along the ridge west off Jogashima twelve times from June 2007 to October 2010. Turbulence kinetic energy dissipation rate was large near the bottom of shelf edge. In some case, large value of  $\varepsilon$  was found along a characteristic curve for semidiurnal internal tide emanated from near-critical bottom slope off Jogashima. Since the rate of loss of temperature variance  $\chi_T$  was in linear relation with  $\varepsilon$  and almost all of mixing efficiency  $\Gamma_T$  was smaller than unity, the effect of double diffusion was considered to be small in the bay. Eddy diffusivity coefficients of density  $K_\rho$  estimated by using constant theoretical value of  $\Gamma_T=0.2$ , were in O ( $10^{-7}$ – $10^{-2}$ )  $\text{m}^2\text{s}^{-1}$ . Large values of  $K_\rho$  were found near the bottom of continental shelf and slope. Monthly average values of turbulent parameter, i.e.,  $\varepsilon$  and  $K_\rho$ , were examined and show no clear seasonal variation, except high in summer and low in winter. Since the averaged values of  $\varepsilon$  show good relation with the surface tidal amplitude time squared value of buoyancy frequency, the internal tides were considered to be one of major energy source of turbulence in the bay.

**Keywords:** *Turbulence, internal tide, mid-slope mixing, Sagami Bay*

### 1. Introduction

Recently, turbulent measurements are performed in various areas in the ocean for a reason that turbulence plays an important role on water mass modification. A lot of energy sources and processes are proposed and studied for the generation of ocean turbulence, which is mainly induced by shear instability, wave breaking and vertical convection motion (eg. THORPE, 2007). Turbulence associated with shear instability and wave breaking is frequently observed near the generation area of internal waves, and strong turbulence could be found along the ray path of the internal wave (eg. LIEN and GREGG, 2001). Vertical convection motion induced by cooling is also considered to be an important process for turbulence

in surface mixed layer (SMYTH *et al.* 1996). OAKEY (1988) discussed the water modification of Meddy, that is, Mediterranean salty water mass observed in Atlantic Ocean, by terms of turbulent mixing and double-diffusive convection. However, the effect and importance of turbulence on water mass modification in coastal ocean are more complicated due to the existence of bottom topography, freshwater discharged from river and combined effect of various physical phenomena, such as internal wave and coastal upwelling. From the points of the exchange of various materials and fisheries environment, coastal ocean is an important area for human beings. Therefore, it is necessary to make detailed turbulent measurements for clarifying the circulation of various materials in the coastal ocean.

There are many physical processes, which affects water exchange and modification in Sagami Bay, eg. internal tides, surface water circulation associated with the Kuroshio,

---

<sup>+</sup>Graduated school of Marine Science and Technology, Tokyo University of Marine Science and Technology, Konan4-5-7, Minato-ku, 108-8477, Tokyo, Japan

coastal upwelling and coastal-trapped waves induced by wind, and intermediate-intrusion of the Oyashio water, etc. (IWATA and MATSUYAMA, 1989; KITADE and MATSUYAMA, 1997, 2000; KITADE *et al.*, 1998; NURJAYA *et al.*, 1999; SENJYU *et al.*, 1999). These phenomena have a characteristic of baroclinic motion. Especially internal tide and coastal trapped wave are expected to have strong vertical current shear and contribute possible energy source of turbulence in Sagami Bay (Fig. 1). Sagami Bay is a typical deep bay and having narrow continental shelves. Thus the internal tides are generated at the northern part of Izu Ridge and southern part of Boso Peninsula propagated into the bay and reflected at the coast (KITADE and MATSUYAMA, 1997). From theoretical analysis by using narrow continental shelf model, KAWAMURA and KITADE (2007) indicated that the internal tides with higher vertical mode are regenerated by the reflection and/or scattering of the lowest-mode internal tide at the coast and shelf edge. By using a three-dimensional level model, KAWAMURA *et al.* (2005) reported that a beamlike structure of internal wave, which consists of higher-modes of internal waves, is induced at the shelf edge by a scattering of the first-mode internal Kelvin wave. Such a regeneration process of the higher-mode internal wave might be important for the generation of turbulence and mixing. Since the strong horizontal currents associated with internal tide has been frequently observed near the shelf edge off Jogashima, the east of Sagami Bay (eg. KITADE *et al.* 1993), there is a possibility that the scattering of internal tide is induced at the shelf edge. The scattering process of internal tide is considered to cause strong vertical shear of horizontal current.

To clarify the characteristics of turbulence and mixing in Sagami Bay, microstructure measurements were carried out twelve times over the continental shelf and slope off Jogashima from summer of 2007 until autumn of 2010. In this study, we try to present the turbulence properties and its seasonal variability and try to clarify the effects of internal wave scattering on turbulent mixing over the continental shelf and slope.

Table 1. Number of cast at each microstructure measurement station off Jogashima during summer of 2007 to autumn of 2010

| Year | Date         | Station |    |    |    |    |    |
|------|--------------|---------|----|----|----|----|----|
|      |              | T1      | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 |
| 2007 | June 17      | 1       | 2  | 2  | 3  | 3  | 3  |
|      | July 9       | 2       | 3  | 3  | 3  | 3  | 2  |
| 2008 | May 24       | 1       | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
|      | June 14      | 1       | 2  | 2  | 3  | 2  | 2  |
|      | July 6       | 2       | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  |
|      | September 1  | 1       | 2  | 3  | 3  | 3  | 2  |
| 2009 | December 2*  | 1       | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  |
| 2010 | January 19*  | 2       | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  |
|      | July 15      | 1       | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
|      | August 28    | 1       | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
|      | September 13 | 1       | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
|      | October 15*  | 2       | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  |

\* accompanied with CTD measurements

## 2. Observation and Data

Repeated direct measurements of microstructure were conducted by the TR/V Seiyo Maru (Tokyo University of Marine Science and Technology) off Jogashima, Sagami Bay, from summer 2007 to autumn 2010. During this period, the microstructure observations were carried out twelve times using Turbulence Ocean Microstructure Acquisition Profiler (TurboMAP, by JFE Advantech). Table 1 presents the date and number of cast at each station. To confirm the temperature and salinity data obtained by the TurboMAP, hydrographic observations using Integrated CTD (ICTD; Falmouth Scientific, Inc.) were occasionally performed at the same stations (Table 1). Although our observations were not conducted sequentially in one year, but they covered all season. Most of observations were carried out from early summer to autumn, the seasons when signals of internal tide are expected to be predominant from previous studies. The observation stations are located along a small ridge across the shelf, on  $139^{\circ}29' - 139^{\circ}34'E$  at  $35^{\circ}08'N$ , off Jogashima, Sagami Bay (Fig. 1). The length of cross-shelf transect is about 8 km which consists of six stations (T1 to T6). The distances between stations are about 1 or 1.5 minute in longitude. Measurements in one section take about 3 hours, with two or three casts at each station. All survey spanned in different surface tide condition. But in June 2007, we

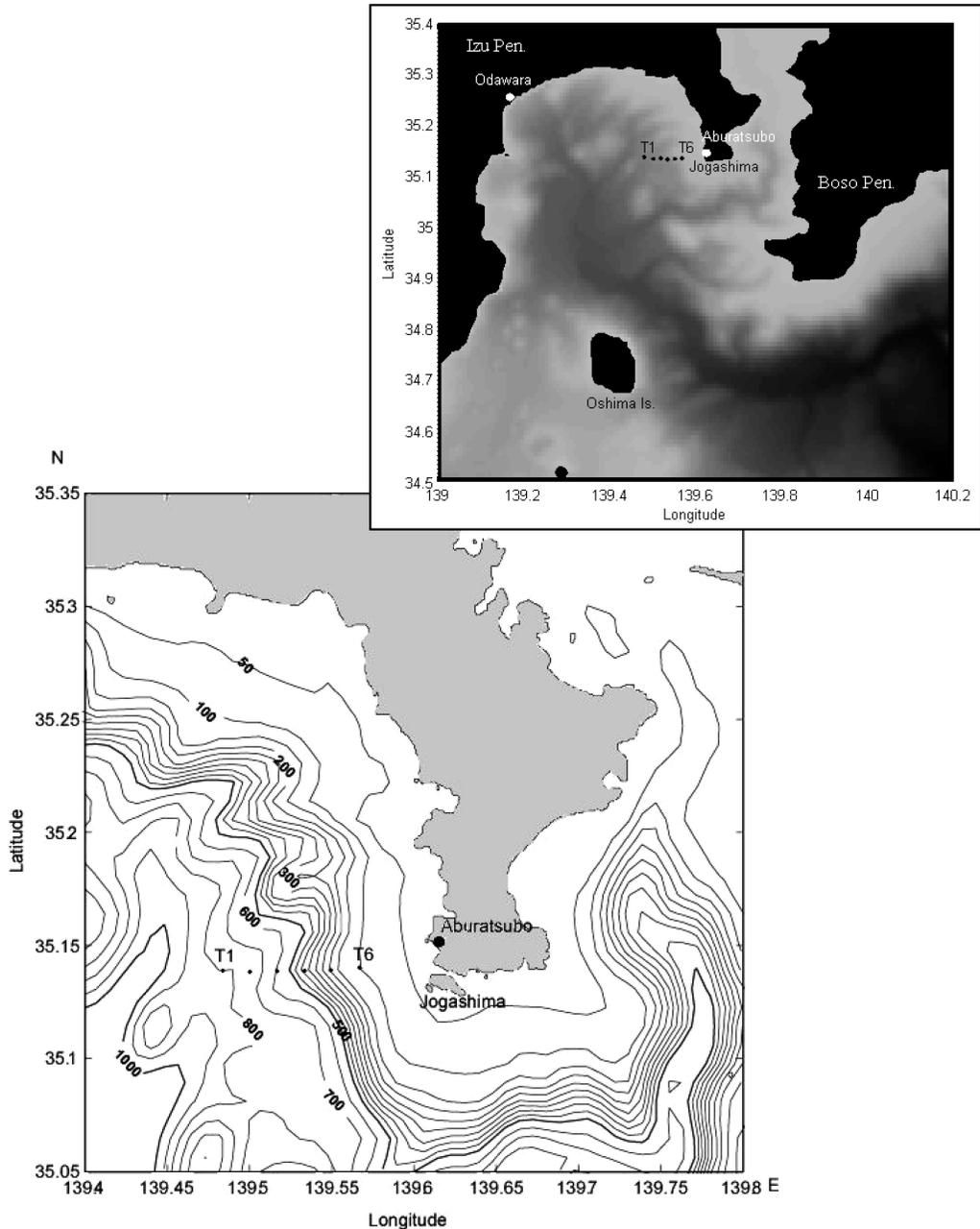


Fig. 1. The observation section (station T1-T6) off Jogashima (inset: shows the location of Sagami Bay). Bathymetric contour derived from JTOPO-30.

were conducted the observation in both flood and ebb tides. The tide condition was obtained from Aburatsubo Tidal Station, near Jogashima.

TurboMAP is a free-falling instrument and

its falling speed was adjusted to  $0.65 \text{ m s}^{-1}$ . The instrument can obtain data of the rate of change of velocity, low-resolution temperature data, conductivity, pressure, three dimensional acceleration and high-resolution temperature

data from sea surface to bottom (up to 500 m depth if the water depth is deeper than 500 m). The low-resolution data was obtained by platinum wire thermometer, whereas the high-resolution temperature was obtained by FP07 thermistor. The instantaneous shear  $du'/dz$  and temperature gradient  $dT'/dz$  were extracted from raw observed shear and temperature gradients data with a high-pass Butterworth filter. The pressure data were filtered with a low-pass Butterworth filter. Turbulence kinetic energy dissipation rate  $\varepsilon$  was estimated in 5m interval from the variance of vertical shear by the following equation

$$\varepsilon = \frac{15}{2} \nu \overline{\left(\frac{\partial u'}{\partial z}\right)^2} \quad (1)$$

where  $\nu$  is the kinematic viscosity ( $\nu = 1.27 \times 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ ). Variances of shear were estimated by integrating power spectrum of vertical shear.

In handling of temperature and salinity data obtained by the TurboMAP, we synchronized the response speed of conductivity sensor to that of temperature sensor as well as possible, and then applied a 1-m running mean to the salinity data. After handling the subsequent data processing, we processed the data in 1-m increments. In the case of trouble of conductivity data obtained by the TurboMAP, such as in October 2010, salinity data obtained by ICTD were used in the following data analysis.

### 3. Distribution and variation of temperature field

Before describing the distribution of turbulence and its property, it is worthwhile to inspect the distribution and seasonal variation of temperature field in Sagami Bay. Figure 2 shows the distribution of temperature obtained at each observation. Observations were carried out along a small ridge with steep bottom slope. The shape of ridge which indicated in the figure is of the shallowest region of the ridge. Since observation were carried out along the ridge extending from the continental shelf with steep bottom slope, water depth of the observation station is occasionally somewhat different from the shallowest part of the ridge. We can see the seasonal variations of temperature

field, that is, the seasonal thermocline began to develop from early summer and its depth increased in autumn, and the surface mixed layer deepen in winter. Main thermocline exists at the depth of about 300m in Sagami Bay. In some cases the thermocline shows slightly down to the right, indicating northward current associated with anti-clockwise circulation that is frequently observed in Sagami Bay (IWATA and MATSUYAMA, 1989). The tilt of thermocline is especially large in July 2010, indicating warm water intrusion. The process of warm water intrusion will be discussed later. Wave-like variations with small horizontal scale, about 3km, are also found in the temperature distribution in upper layer. The distribution of phase and amplitude of the small scale waves implies the contribution of higher mode internal waves.

## 4. Characteristics of turbulence and mixing

### 4.1. Distribution of turbulent energy dissipation rate

Figure 3 shows the turbulence energy dissipation rate  $\varepsilon$ , which is estimated in 5m interval from the shear data obtained by the TurboMAP. The averaged values of  $\varepsilon$  were indicated in the figure where the vertical profiles of shear were obtained more than once. The ray paths of  $M_2$  internal tide originating from near critical bottom slope, along which strong current shear is expected to be generated, were drawn in the figure. The ray slope,  $c$ , is given by  $c^2 = (\omega^2 - f^2) / (N^2 - \omega^2)$ , where  $\omega$  is the  $M_2$  tidal frequency ( $1.4 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ ),  $f$  is the inertial frequency ( $8.5 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ ), and  $N$  is the local buoyancy frequency ( $N^2 = (-g/\rho) (\partial \rho / \partial z)$ , where  $g$  is the gravitational acceleration and  $\rho$  is the water density) (e.g. PRINSENBERG *et al.*, 1974). The internal tide is generated in where the bottom slope matches the slope of ray path for the internal tide. The two slopes match at the shelf edge, around 105–110m depth, and on the continental shelf, at 86–88m depth, suggesting that both sites are favorable for generating  $M_2$  internal tides with strong vertical shear. Near critical bottom slope, that is,  $c \approx dh/dx$  (where  $h$  is the water depth) existed on the continental shelf and shelf break from spring to fall, but only on the shelf break

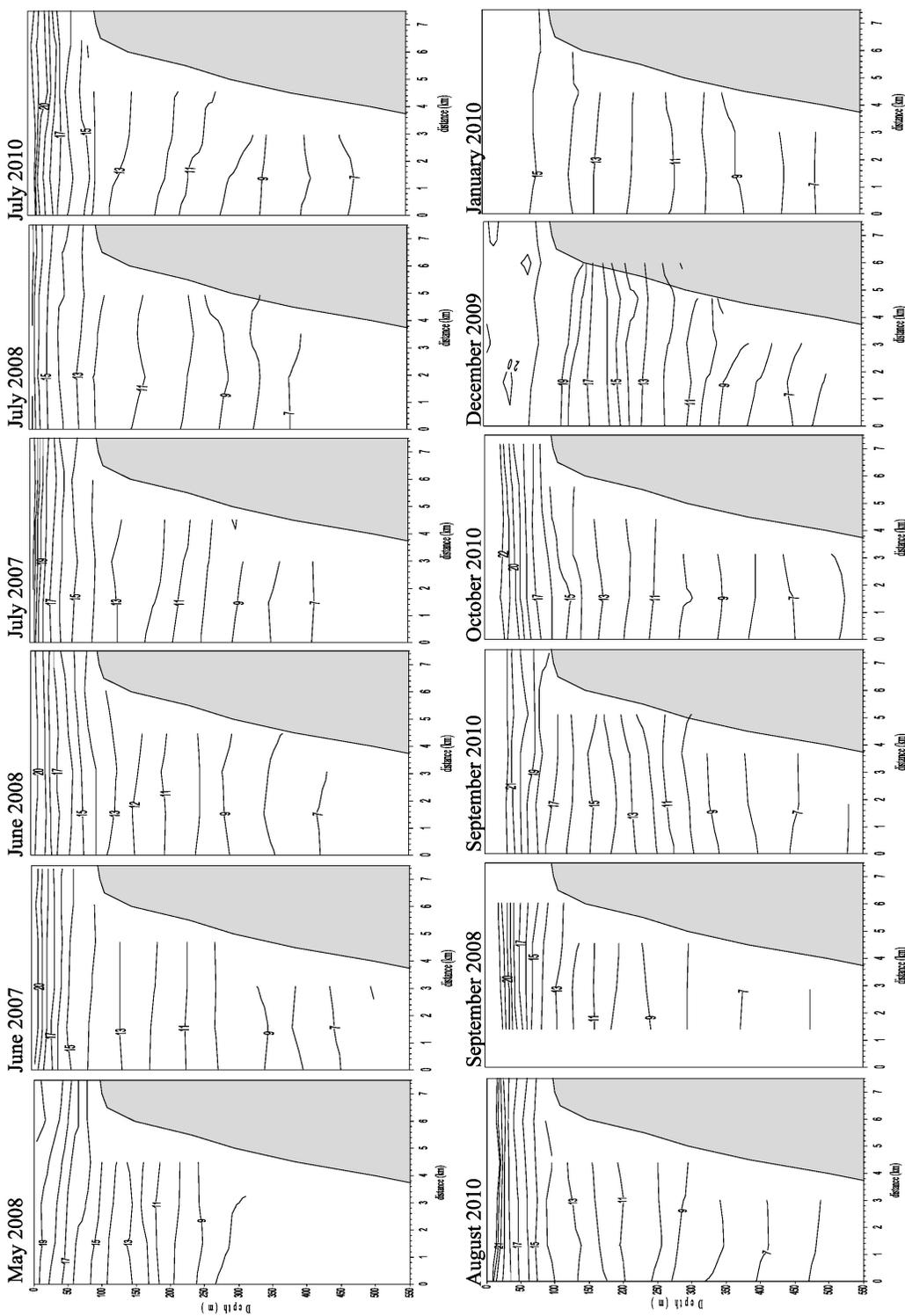


Fig. 2. The distribution of temperature off Jogashima during summer of 2007 to autumn of 2010.

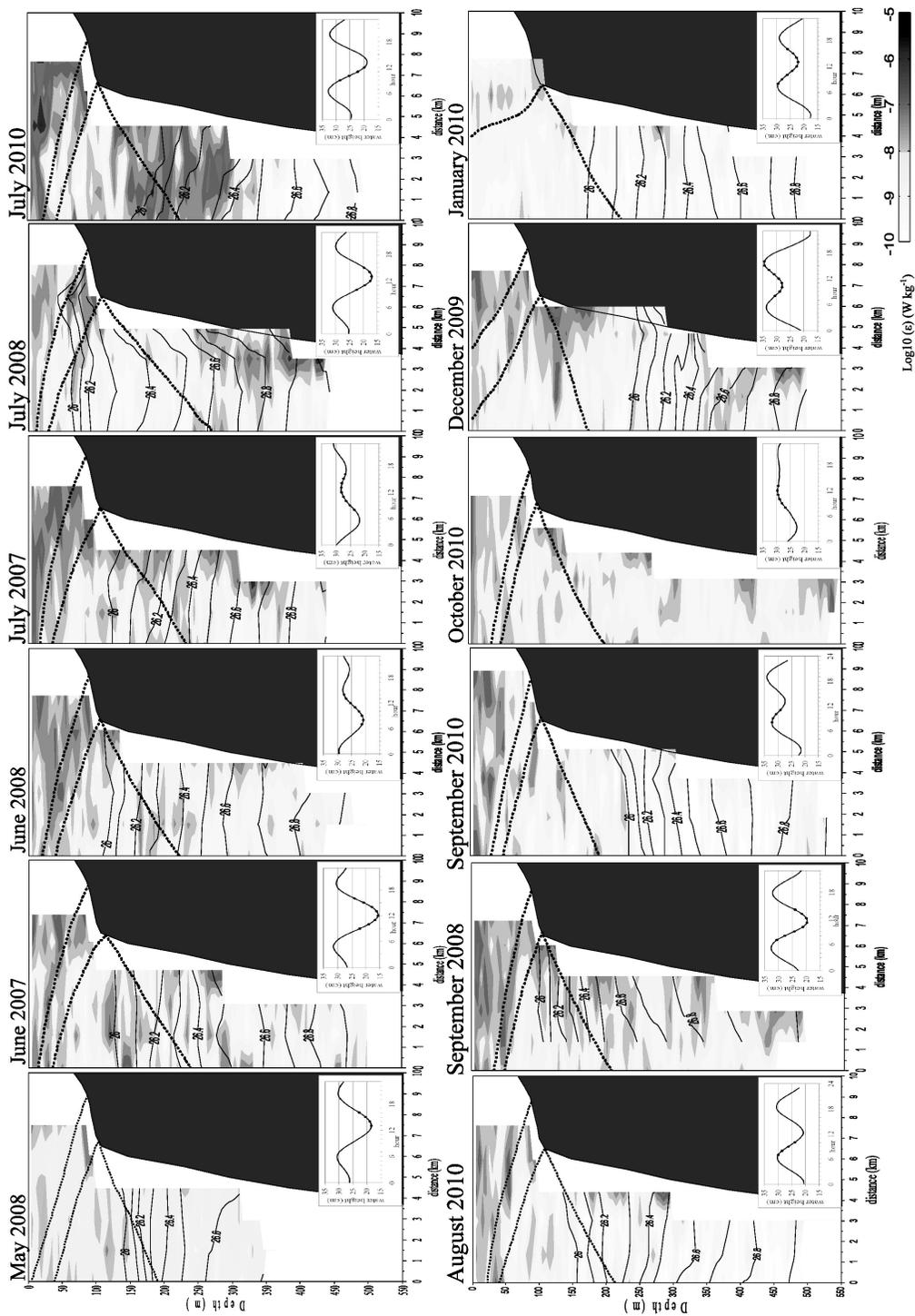


Fig. 3. Distribution of turbulence kinetic energy dissipation rate  $\epsilon$  off Jogashima during summer of 2007 to autumn of 2010. White contour lines denote constant potential density  $\sigma_\theta$  at interval  $0.1 \text{ kg m}^{-3}$ . Right lower panels: tidal condition at Aburatsubo during observation

in winter. There are some active turbulence layers over the continental shelf and slope off Jogashima. The strong turbulence layer,  $\varepsilon = 10^{-7}$ – $10^{-5}$   $\text{W kg}^{-1}$ , appeared in the shelf edge around 100-m depth and near the bottom of continental shelf. The other is some of turbulence patches ( $\varepsilon = 10^{-8}$ – $10^{-7}$   $\text{W kg}^{-1}$ ) which showed in a beam-like structure away from the shelf edge to offshore. Distribution of the beam-like structure agrees with ray path of  $M_2$  internal tide in June and July of 2007, June and September of 2008. These results imply that the scattering of semidiurnal internal tide energy near the shelf and shelf break is one of the major processes on the generation of turbulence.

In interior of water column, most of  $\varepsilon$  shows typical value in open ocean,  $10^{-10}$ – $10^{-9}$   $\text{W kg}^{-1}$ , but we have also observed some sporadic patches of strong turbulence ( $\varepsilon \geq 10^{-8}$   $\text{W kg}^{-1}$ ). The patchy turbulence is located at different depth in different month. Some of most intense turbulence layer ( $\varepsilon > 10^{-6}$   $\text{W kg}^{-1}$ ) also occurred occasionally in 255–440 m depth over the continental slope in June and July of 2007, July and September of 2008, August of 2010. These strong turbulence layers were 100–150 m away from bottom and become stronger in summer. Furthermore, in July of 2010, the value of  $\varepsilon$  was relatively large in 150–300 m depth of all stations. From the distribution property of  $\varepsilon$ , these two cases are expected to be caused by other process and/or energy source rather than induced by the scattering of semidiurnal internal tide.

#### 4.2. Relation of $\varepsilon$ and $\chi_T$

The rate of dissipation of thermal variance  $\chi_T$  can be estimated from the data of FPO7 on TurboMAP and is expected to be large at large  $\varepsilon$  region in stably stratified ocean. This parameter is determined from,

$$\chi_T = 6k_T \left( \frac{\partial T}{\partial z} \right)^2 \quad (2)$$

where  $k_T$  is molecular conductivity of heat ( $k_T = 1.39 \times 10^{-7}$   $\text{m}^2 \text{s}^{-1}$ ). The  $\partial T / \partial z$  is obtained from instantaneous temperature gradient. In our observation, the falling speed ( $\sim 0.65$  m/s) of TurboMap was slightly faster than that suitable falling speed for measurement of FPO7

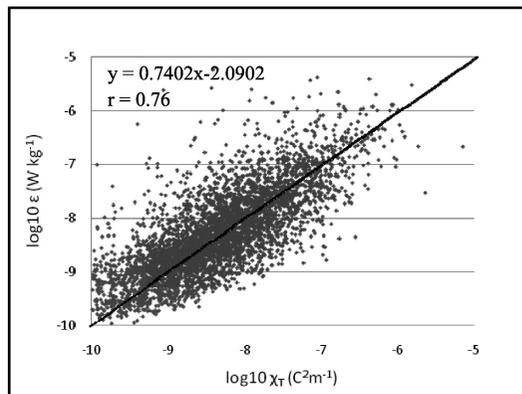


Fig. 4. Scatter plots of turbulence kinetic energy dissipation rate  $\varepsilon$  and rate of loss of temperature variance  $\chi_T$  off Jogashima during summer of 2007 to autumn of 2010.

(GREGG, 1999), so as the FPO7 data would cause underestimated  $\chi_T$  value. Therefore, we did not describe the structure of  $\chi_T$  in detail. The FPO7 data were only used to examine the contribution of double diffusion in Sagami Bay. As discussed by OAKEY, 1988 and INOUE et al. (2007), the contribution of double diffusion is expected to appear in the relation of  $\chi_T$  and  $\varepsilon$ , and through the value of mixing efficiency,  $\Gamma_T$ . When we assume  $K_\rho = K_T = K_S$  (where  $K_\rho$ ,  $K_T$  and  $K_S$  are the diffusivity coefficient of density, temperature and salinity, respectively), the value of  $\Gamma_T$  can be estimated by

$$\Gamma_T = \frac{\chi_T N^2}{2\varepsilon \left( \frac{\partial \theta}{\partial z} \right)^2} \quad (3)$$

The value of mixing efficiency has been estimated to 0.25–0.33 in the stably stratified ocean (OAKEY, 1988; MOUM, 1996). On the contrary, the value has been known larger than unity in the case of active double diffusive convection, larger than 1 (OAKEY, 1988; INOUE et al., 2007).

Figure 4 shows the relation of  $\varepsilon$  and  $\chi_T$  for all observed data. The relationship of  $\varepsilon$  and  $\chi_T$  is almost linear, implying that the effect of double diffusive convection was not significant. Figure 5 shows the frequency distribution of  $\Gamma_T$  for all 5-m grid data by using equation (3). In temporal variation, the  $\Gamma_T$  values varied from 0.02 to 0.25, having relatively small values in summer and large values in winter. A few of

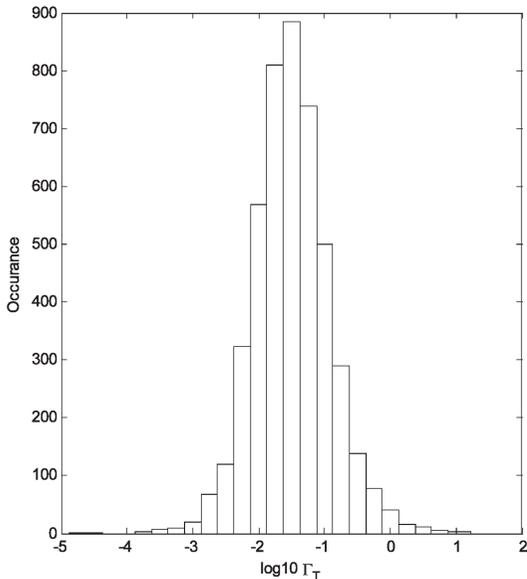


Fig. 5. Histogram of logarithm of mixing efficiency  $\Gamma_T$  of all observed data off Jogashima during summer of 2007 to Autumn of 2010.

large values of  $\Gamma_T$  appeared in weak stratification layer of wintertime. When averaging all observed values of  $\Gamma_T$ , we obtained 0.1. The average value of our observation was less than 0.2 as suggested by OSBORN (1980) literally. However, the reason for the smaller value of  $\Gamma_T$  may arise from our observation method as discussed in GREGG (1999). Namely, the falling speed was somewhat faster than that suitable falling speed, which might with the result in our underestimation of  $\chi_T$ . Even if we assume that our value was the half of real value of  $\Gamma_T$ , there is a few occurrence frequencies with  $\Gamma_T > 0.5$ . Consequently, we may say that the effect of double diffusive convection was not significant in the Sagami Bay.

#### 4.3. Distribution of eddy diffusivity of density

Other turbulence parameter, the diapycnal eddy diffusivity was estimated to quantify the strength of turbulent mixing. The diapycnal eddy diffusivity  $K_\rho$  is computed from  $\varepsilon$ ,  $\Gamma_T$  and buoyancy frequency by

$$K_\rho = \Gamma_T \frac{\varepsilon}{N^2} \quad (4)$$

(OSBORN, 1980). In the present study,  $\Gamma_T = 0.2$  was used because our FPO7 data might be underestimated, besides the  $\Gamma_T = 0.2$  is traditionally used in many papers so that convenient in comparing them. Figure 6 shows the vertical section of  $K_\rho$  over the continental shelf and slope. Relatively large turbulent diffusivity,  $K_\rho > 10^{-4} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ , is found near the shelf region in summertime and September 2008. On the other hand, a relatively large turbulent diffusivity is found in the upper layer up to 100 m in winter January. The  $K_\rho$  on the shelf edge was in  $O(10^{-4} - 10^{-3}) \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ , mostly one order higher than that on the continental slope  $O(10^{-5} - 10^{-3}) \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ . The mid-slope mixing signal shows a high  $K_\rho$  of order  $(10^{-2}) \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$  in July 2008. Even it was weaker in September 2008,  $K_\rho$  still in high values ( $O(10^{-4} - 10^{-2}) \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ ). No beam-like structure of  $K_\rho$  as seen on  $\varepsilon$ . The regions of large value of  $K_\rho$  are found near the bottom in many cases. It is interesting that  $K_\rho$  is large below 300 m depth and reaches  $10^{-3} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ .

#### 4.4. Seasonal Variability of Turbulence

In the present study turbulence parameters were obtained in all season, while observations were not made in every month. In this subsection, we examined the seasonal variations of  $\varepsilon$ ,  $\chi_T$  and  $K_\rho$  (Fig. 7). Monthly averaged values are indicated in the figure. In order to get the common features of variability of turbulence properties, we averaged all depth, above permanent thermocline layer (10–300m), below permanent thermocline layer (more than 300m up to the deepest observation depth) and mid-slope mixing signal found at 255–440m depth of station T3 and T4. Both of  $\varepsilon$  and  $K_\rho$  are the largest in July and smallest in January as a whole. We can see that the  $\varepsilon$  in Sagami Bay has high level ( $> 10^{-8} \text{ Wkg}^{-1}$ ) throughout the year except in January. Seasonal variation of  $K_\rho$  is also not clear and monthly average values are greater than  $10^{-4} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ . The active layer in slope region has the highest averaged- $\varepsilon$  and  $K_\rho$  compared with others and strong turbulence occurs throughout the year. Besides of the internal tides that significantly observed in summertime in Sagami Bay, mid-slope mixing may also contributes to the mixing process of the shelf edge region.

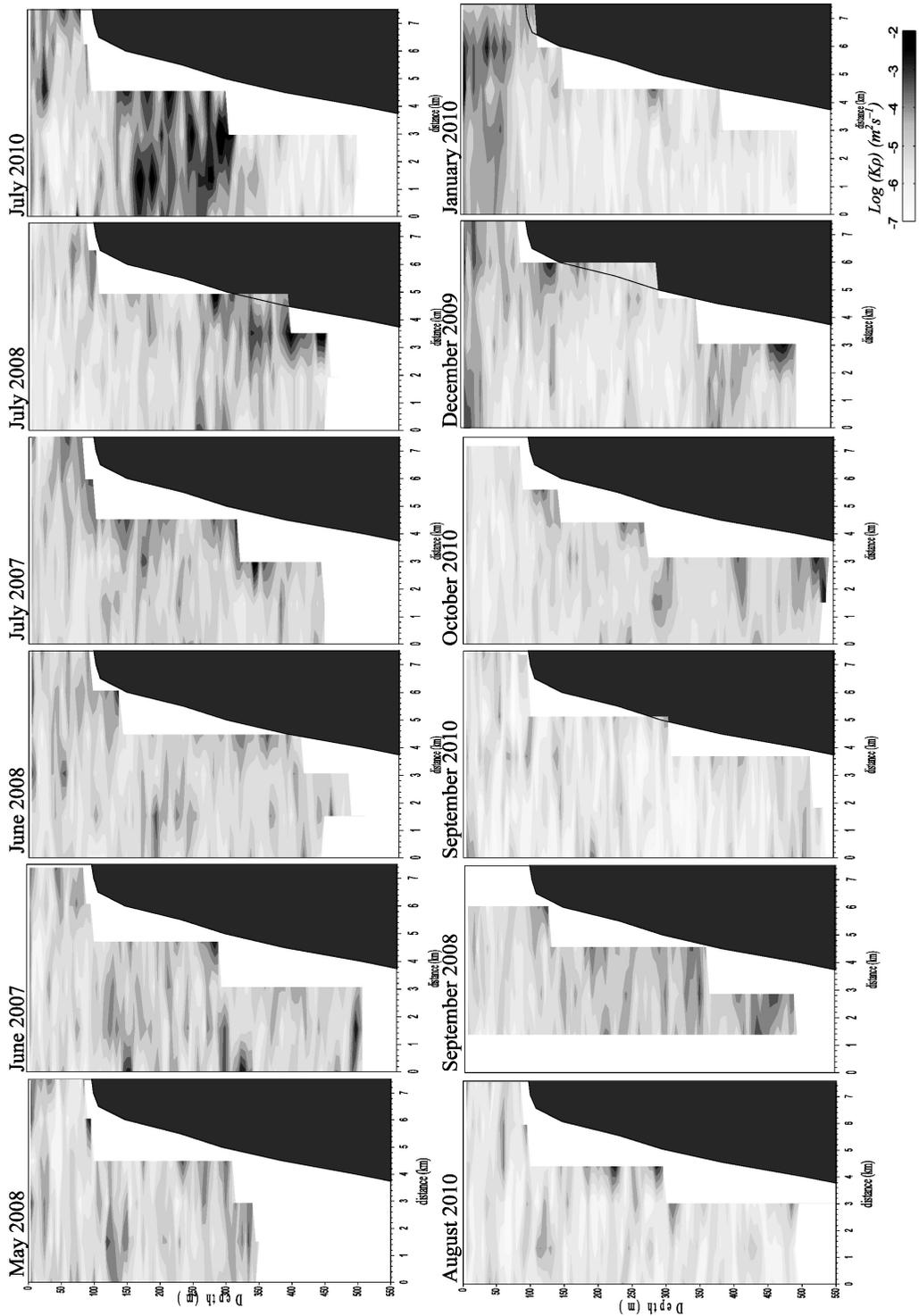


Fig. 6. The distribution of diapycnal eddy diffusivity  $K_\rho$  off Jogashima during summer of 2007 to autumn of 2010.



Table 2. Tidal amplitude and buoyancy frequency during June of 2007 to October of 2010

| Month                                      | May      |          | June     |          |          | July     |          |          | August   |          | September |          | October | December | January |
|--|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|---------|----------|---------|
| Year                                       | 2008     | 2007     | 2008     | 2007     | 2008     | 2010     | 2008     | 2010     | 2008     | 2010     | 2008      | 2010     | 2010    | 2009     | 2010    |
| Tidal amp. (m)                             | 0.616    | 0.795    | 0.435    | 0.448    | 0.704    | 0.767    | 0.519    | 0.652    | 0.633    | 0.399    | 0.813     | 0.626    |         |          |         |
| $N^2$ throughout water column ( $s^{-2}$ ) | 6.82E-05 | 6.83E-05 | 6.11E-05 | 8.67E-05 | 8.12E-05 | 7.74E-05 | 8.70E-05 | 1.18E-04 | 7.95E-05 | 7.70E-05 | 5.81E-05  | 2.63E-05 |         |          |         |

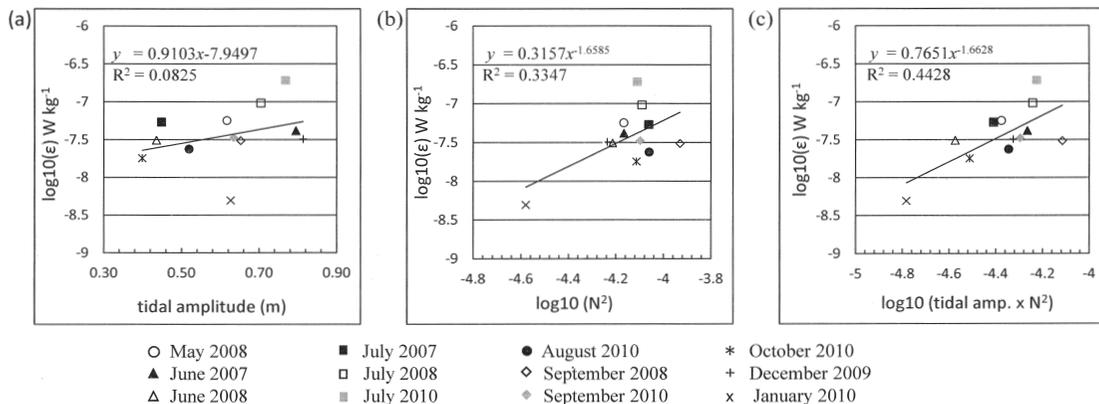


Fig. 8. Scatter plots of averaged turbulence kinetic energy dissipation rate  $\epsilon$  against Tidal amplitude (a),  $N^2$  (b) Tidal Amplitude  $\times N^2$  (c) in upper 300 m layer off Jogashima during summer of 2007 to autumn of 2010.

Consequently, we may say that the turbulence parameters in Sagami Bay depend on oceanographical condition of observational period rather than seasonal variation. To investigate the cause of variation of turbulence properties, we have examined the physical background which potentially contributes to observed variability in the following section.

## 5. Discussion

Semidiurnal internal tide in Sagami Bay is frequently observed in summer and its generation area has been considered at the northern part of Izu Ridge and the shallow region off southwest of Boso peninsula (KITADE and MATSUYAMA, 1997). The internal tides are expected to reflect and scatter at the continental shelf off Jogashima at the mouth of Sagami Bay. From the microstructure measurement along the small ridge off Jogashima in Sagami Bay, a beam-like structure of active turbulence patch was found to be following the ray path of  $M_2$  internal tides which is originating from continental shelf. Thus, the beam-like structures of the active turbulence patch were considered to be regenerated by the scattering of internal tide at the shelf edge off Jogashima.

These results imply that an internal tide is one of the major energy sources of turbulence in Sagami Bay. However, energy dissipation rate  $\epsilon$  was not so large in August, while the seasonal thermocline was strengthened and the internal tidal energy was expected to be large in summer. The reason of the low  $\epsilon$  observed in August may relate to tide age, that is, spring and neap tidal cycle. Therefore, in this sub section, relationship between  $\epsilon$  and effects of internal tide were tried to be examined. Unfortunately, no current data are available during the microstructure survey, in which internal tide property can be obtained. Therefore, the sea level data and stratification condition were analyzed and compared with the strength of turbulence.

Table 2 presents tidal amplitude estimated from sea level difference in one day including the observation period. The tidal amplitude ranges was vary from 0.40 to 0.81 m while the observation has been conducting. Figure 8 (a) and (b) show relation between amplitude of sea surface displacement and  $\epsilon$ , and buoyancy frequency and  $\epsilon$  in the permanent thermocline layer (10 to 300m depth), respectively. However, the tidal amplitude might not enough to

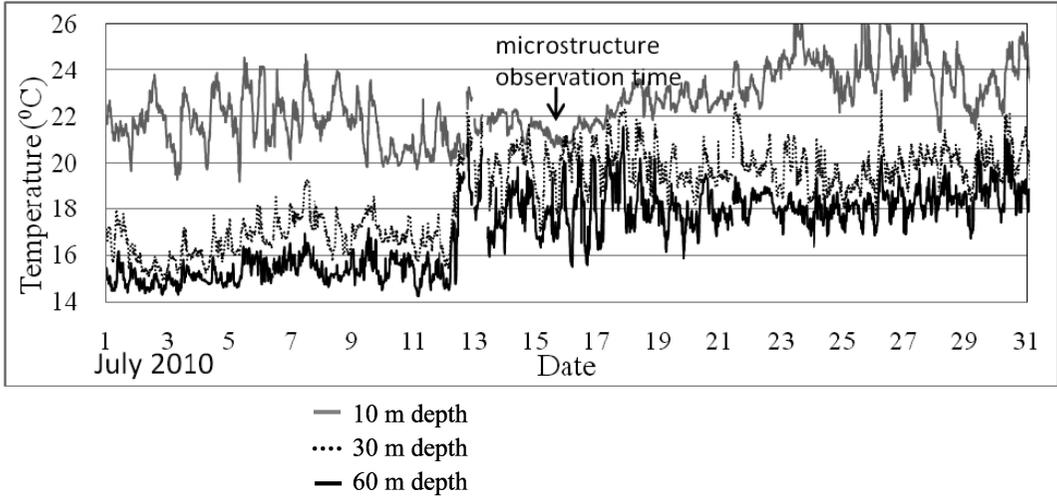


Fig. 9. Time variations of temperature obtained at monitoring station off Odawara in July 2010. Water depth of the monitoring station is 65m. The date started at 0:00.

explain the variation of turbulence. There is a linear relation between buoyancy frequency and  $\varepsilon$ , and correlation coefficient is about 0.58. Forcing from surface tide to internal tide is expressed by the forcing term  $F$  as follows (e.g. BAINES, 1982),

$$F = -\frac{QN^2}{\omega} \frac{zh'(x)}{h^2} \sin \omega t \quad (5)$$

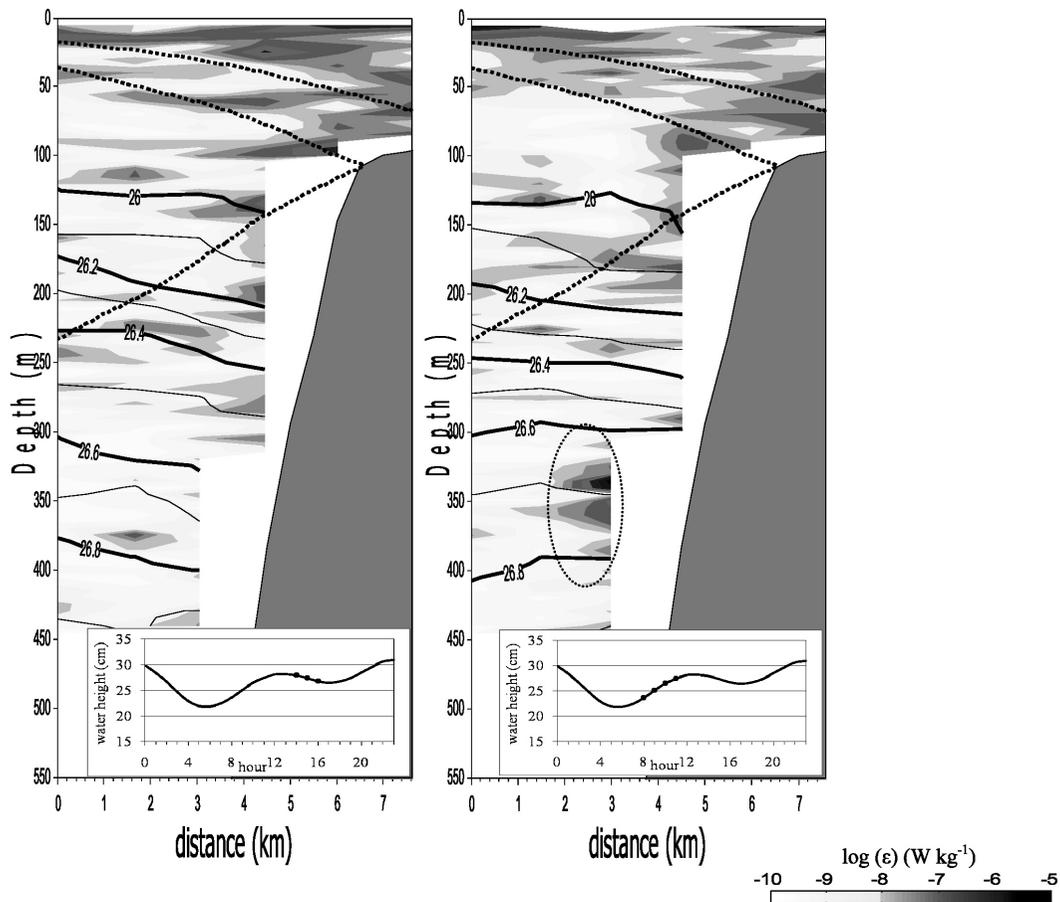
where  $\omega$  is the frequency of forcing,  $h$  and  $h'$  are the water depth and its horizontal gradient, and  $Q$  is mass flux by surface tidal current and expressed by  $Q = u_0 h$  (where  $u_0$  is the amplitude of barotropic tidal current over the topography), respectively. Generation area of internal tides in Sagami Bay is the northern part of Izu Ridge and the shallow region off southwest of Boso peninsula. We cannot easily separate the contribution of each generation area. However we can expect that the forcing term (5) affects on generation of internal tides in the same way at each generation site every time. Furthermore, barotropic tidal current is considered to be proportional to sea surface elevation. Thus we can expect that the amplitudes of internal tides,  $A_{\text{internal}}$ , is proportional to the value of  $N^2$  times amplitude of sea surface displacement,  $A_{\text{surface}}$ , as follows,

$$A_{\text{internal}} \propto N^2 Q \propto N^2 A_{\text{surface}} \quad (6)$$

Hereinafter we call  $N^2 A_{\text{surface}}$  index of forcing.

We found an increasing of correlation coefficient of linear regression  $\varepsilon$  with the index of forcing (Fig. 8 (c)). Correlation coefficient of 0.67 is higher than the 5% significant level. These results indicate that internal tides are one of the major energy sources of turbulence in Sagami Bay.

However,  $\varepsilon$  obtained in July 2010 was one order in magnitude larger than that obtained in the other periods. The reason of such an extremely active turbulence is considered to be associated with strengthen of anti-clockwise circulation in Sagami Bay, because the density surface in main pycnocline tilted in the active turbulence layer. Variations of surface circulation in the bay have been studied by IWATA and MATSUYAMA (1988) who explained that it related to the variation of the Kuroshio. The intrusion of Kuroshio water into the Sagami bay in July 2010 can be seen through the temperature time series data obtained off Odawara (Fig.9). The warm water started come into the bay two days before the microstructure observation time (indicated by arrow in Fig.9), specifically in deeper depth (60 m depth). The warming took place in long term and fluctuated with large tidal amplitude. Thus, both effects of current shear associated with the warm water intrusion and amplified tidal fluctuation are expected to be important for the strong



(a) Ebb condition

(b) Flood condition

Fig. 10. Distribution of kinetic energy dissipation  $\varepsilon$  in ebb tide (a) and flood tide (b) of July 2007. Lower panels : tidal condition at Aburatsubo during observation.

turbulence in July 2010. However, it is difficult to separate each effect and discuss each process in detail by the present our data set.

Finally, we should pay attention to the active turbulence layer which found at deep part near the slope region, that is, the intense turbulence layer ( $\varepsilon > 10^{-6} \text{ W kg}^{-1}$ ) occurred at the depth from 255 m to 440 m over the continental slope in June and July of 2007, July and September of 2008, and August of 2010. Since the barotropic tidal current in Sagami Bay is very weak, it is difficult to explain that the mid depth strong turbulence is directly caused by the barotropic tidal current. One possible mechanism is the internal hydraulic jump

induced by internal tidal current. LIEN and GREGG (2001) showed the strong mid-depth mixing layer induced by internal hydraulics as a result of along shore currents flowing across the fan ridge. In internal hydraulic turbulence, the strong turbulence path shifted to both sides of obstacle during different surface tide. To confirm the structure of intense turbulence layer in detail, we present two sections of  $\varepsilon$  in July 2007 as shown in Fig. 10, which have been discussed before in the averaged fields in Fig. 3. In July 2007, we conducted 2.25 hours observation in rising tide and 2 hour later, continued to 2.25 hours observation in falling tide. We found the active layer occurred only when the

surface tide was rising (Fig.10 (b)). From comparison of Fig.10 (a) and (b), we can see that the mid-slope mixing signal is accompanied by elevated isopycnal surface of  $\sigma_\theta$  26.6–26.8. The variation of the isopycnal surface reaches 15 m in vertical within about four hours. These results led us to suggest the possibility of turbulence controlled by the internal hydraulic caused by internal tidal current at the small ridge off Jogashima in Sagami Bay. However, to clarify the mechanism of active turbulence layer which has been found in the mid depth, it is necessary to carry out detailed observation along the shelf including deployment of current meter mooring.

## 6. Summary

Direct measurements of turbulence using TurboMap were carried out along the ridge west off Jogashima in Sagami Bay twelve times from June 2007 to October 2010. Turbulence kinetic energy dissipation rate  $\varepsilon$  was large near the bottom of shelf edge. In some case, large value of  $\varepsilon$  was found along a characteristic curve for semidiurnal internal tide emanated from near-critical bottom slope off Jogashima. These results imply that the scattering of semidiurnal internal tide energy near the shelf and shelf break is one of the major processes on the generation of turbulence.

The effect of double diffusion was considered to be small on mixing process in the bay. It is inferred from linear relationship between the rate of loss of temperature variance  $\chi_T$  with  $\varepsilon$  and almost all of mixing efficiency  $\Gamma_T$  was smaller than unity. The distribution of  $K_\rho$  is different from  $\varepsilon$ , where large values of  $K_\rho$  was found mostly near the bottom of continental slope and no large  $K_\rho$  along the characteristic curve for semidiurnal internal tide.

No clear seasonal variation in monthly average values of turbulent parameter  $\varepsilon$  and  $K_\rho$ , except high in summer and low in winter. The averaged values of  $\varepsilon$  show good linear relation with the surface tidal amplitude time square of buoyancy frequency. Therefore, we considered internal tides as one of the major energy source of turbulence in Sagami bay.

The effect of warm water intrusion on turbulence mixing is shown in July 2010, where the

large value of  $\varepsilon$  was found in thermocline layer of all stations. From present observation, the possibility of internal hydraulic jump was appeared. We have found shifted strong turbulence signal in middepth associated with tidal fluctuation which accompanied by elevated isopycnal surface of  $\sigma_\theta$  26.6–26.8. However, it is difficult to describe the detail of mechanism because of the snap short observation. It is necessary to performs detailed observation along the shelf and deploys mooring observation. Therefore, together with other strong turbulence layer which is found in July 2010, will be our future study.

## Acknowledgement

We wish to thank Drs. Yuji KAWAMURA, Masao NEMOTO and Daisuke HIRANO for their help in caring out the observation. We also wish to thank captains and crews of TR/V Seiyo-Maru of Tokyo University of Marine Science and Technology.

## References

- BAINES, P. G. (1982): On internal tide generation modes. *Deep-Sea Res.*, **29**, 307–338.
- INOUE, R., H. YAMAZAKI and F. WOLK, T. KONO and J. YOSHIDA (2007) An estimation of buoyancy flux for a mixture of turbulence and double diffusion, *J. Phy. Oceanogr.*, **37**, 611–324.
- IWATA, S. and M. MATSUYAMA (1989): Surface circulation in Sagami Bay: the response to variations of the Kuroshio axis. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, **45**, 310–320.
- GREGG, M. C (1999): Uncertainties and limitations in measuring  $\varepsilon$  and  $\chi_T$ , *J. Atmos. Oceanic Technol.*, **16**, 1483–1490.
- LIEN, R. C., and M. C. GREGG. (2001): Observation of turbulence in a tidal beam and across a coastal ridge, *J. Geophys.Res.*, **106**, 4575–4591.
- KAWAMURA, Y., KITADE, Y., and M. MATSUYAMA (2005): Scattering of semidiurnal internal Kelvin wave at step bottom topography. *J. Oceanogr.*, **61**, 59–68
- KAWAMURA, Y., and Y. KITADE (2007): Effects of scattering and resonance on energy dissipation of internal tide in narrow shelf. *J. Oceanogr.*, **63**, 15–25.
- KITADE, Y., M. MATSUYAMA and S. IWATA (1993): Characteristics of internal tides observed in the upper layer of Sagami Bay. *Umi no Kenkyu*, **2**, 333–341 (in Japanese with English abstract).
- KITADE, Y. and M. MATSUYAMA (1997): Characteristics of internal tides in upper layer of Sagami

- Bay. *J. Oceanogr.*, **53**, 143–159.
- KITADE, Y., M. MATSUYAMA, S. IWATA and I. WATABE (1998): SDP and LP fluctuations observed along the coast of Sagami Bay. *J. Oceanogr.*, **54**, 297–312.
- KITADE, Y. and M. MATSUYAMA (2000): Coastal-trapped waves with several-day period caused by wind along the southeast coast of honshu, Japan. *J. Oceanogr.*, **56**, 727–744.
- MOUM, J. N. (1996): Efficiency of mixing in the main thermocline. *J. Geophys. Res.*, **101**, 12057–12069.
- MATSUYAMA, M., H. ISHIDOYA, S. IWATA, Y. KITADE and H. NAGAMATSU (1999): Kyucho induced by intrusion of Kuroshio water in Sagami Bay, Japan. *Continental Shelf Research*, **19**, 1561–1575.
- NASH, J. D., and J. N. MOUM, (2001): Internal hydraulic flows on the continental shelf: High drag states over a smallbank. *J. Geophys. Res.*, **106**, 4593–4612.
- NURJAYA, I W., Y. KITADE, M. MATSUYAMA and S. MATSUI (1999): Distribution of low saline water near the mouth of Tokyo Bay. *La mer*, **37**, 1–10.
- OAKEY N. S. (1988): Estimate of mixing inferred from temperature and velocity microstructure. *Small Scale Turbulence and Mixing in the Ocean*, J.C. J. Nihoul and B. M. Jamart, Eds., Elsevier Oceanography Series Vol. **46**, 239–247.
- OSBORN, T. R. (1980): Estimates of the local rate of vertical diffusion from dissipation measurements. *J. Phys. Oceanogr.*, **10**, 83–89.
- PRINSENBURG, S. J., W. L. WILMOT and M. RATTAY, Jr. (1974): Generation and dissipation of coastal internal tides. *Deep-Sea Res.*, **21**, 263–281.
- SMYTH, W.D., D. HEBERT and J.N. MOUM (1996): Local ocean response to a multiphase westerly wind burst 2. Thermal and freshwater responses. *J. Geophys. Res.*, **101**, 22513–22533.
- SENJYU, T., N. ASANO, M. MATSUYAMA and T. ISHIMARU (1998): Intrusion Events of the Intermediate Oyashio Water into Sagami Bay, Japan. *Journal of Oceanography*, **54**, 29–44. 1998.
- THORPE, S. A. (2007) :An Introduction to Ocean Turbulence, Cambridge University Press, Cambridge, p.240.

*Received: April 4, 2011*

*Accepted: July 1, 2011*



## 衛星画像を用いた石西礁湖の底質環境マッピングからの 生態情報の抽出

澤山周平\*・小松輝久\*\*

### Collection of ecological data from coral reef habitat mapping of Sekisei Lagoon using satellite imagery

Shuhei SAWAYAMA\* and Teruhisa KOMATSU\*\*

**Abstract :** Coral reef habitats worldwide are now seriously endangered due to various human or natural impacts. In order to monitor and conserve these habitats, it is essential for scientists and managers to collect their distribution efficiently, which is expected to be achieved by habitat mapping derived from satellite imagery. The ALOS AVNIR-2 imagery of Sekisei Lagoon (in Okinawa, Japan) obtained on 31 May, 2009 was analyzed to collect ecological data experimentally. Groundtruth data were obtained in Feb, 2011 around Sekisei Lagoon by the survey on ship using a towed video camera. From radiance values of the image, Depth-Invariant indices (DI-indices) were calculated to remove the water column attenuation effects and applied for classification as well as radiance values. In the classification of DI-indices, class number was changed from 4 to 3 to assess the capacity of the classification detail. As a result, the classification accuracy of the mapping by DI-index was significantly higher than that by radiance values ( $p < 0.01$ ). Similarly, mapping with 3 classes was resulted in higher accuracy than that with 4 classes. Tau-coefficient of the resulting map by DI-index with 3 classes reached 0.72, which supported the thesis that DI-index would be effectively applied for coral reef. Ecological data which could be extracted from resulting maps such as the status and distribution of living coral or information about patch reefs were argued. It is suggested that the potential of satellite remote sensing added to conventional methods contributes monitoring and conserving coral reef habitats effectively.

**Keywords:** Coral reef, Habitat mapping, Remote sensing, ALOS AVNIR-2

---

\* 東京大学大学院農学生命科学研究科、水産資源学研究室

〒113-8657 東京都文京区弥生1-1-1  
Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo, The Laboratory of Fisheries Biology, Yayoi 1-1-1, Bunkyo-ku, Tokyo 113-8657, Japan

\*\* 東京大学大気海洋研究所、行動生態計測分野  
〒277-8564 千葉県柏市柏の葉5-1-5  
Atomosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, Behaviour, Ecology and Observation Systems Group, Kashiwanoha 5-1-5, Kashiwa-shi, Chiba 277-8564, Japan

#### 1. 背景

サンゴ礁は沿岸生態系の中でも特に高い生物多様性を有することが知られ、人類に対して多くの財や生態系サービスを提供する源泉としても非常に重要である (MOBERG and FOLKE, 1999)。しかしながら、近年世界的にサンゴ礁生態系の衰退を示す多くの事例が報告され、2008年の時点では世界のサンゴ礁の19%が完全に衰退し、15%が20年以内に失われる危機に瀕していると報告されている (WILKINSON, 2008)。その原因の一端として考えられるのは、サンゴ礁周辺における人間活動が急速に発展したことに伴う環境負荷の急激な上昇である。具体的には、沿岸の富栄養化、農地

からの赤土の流出、火薬を用いた漁業活動、乱獲による生態系の攪乱など、様々な人間活動の影響によってサンゴ礁の直接的または間接的な破壊が引き起こされている (SZMANT, 2002; OMIJA, 2004; PET-SOEDE and ERDMAN, 1998)。また、地球温暖化による海水温度の上昇で白化現象が増加したこと、オニヒトデの大量発生による食害などもサンゴ礁生態系が衰退した要因であることが示唆されている (HUGHES *et al.*, 2003; LOUREY *et al.*, 2000)。

サンゴ礁を始めとする海洋沿岸域の環境悪化の機構について正しく理解し、適切に保護していくため、生態学的研究の必要性が高まっている (JACKSON *et al.* 2001; MUMBY and STENECK, 2008)。生態学的情報を正確かつ効率的に収集したうえで適切な海洋保護区 (MPA) を設置し、継続的なモニタリングを行っていくことが望まれる。沿岸生態系における古典的な海底環境調査の手法としては SCUBA 潜水を用いたライン調査や水中カメラによる撮影などがあるが、これらの手法はごく局所的なモニタリングに限られ、広範囲の海底環境をマッピングするには適さない。より広範囲の生態系の環境変動を効率的にモニタリングするため、海底環境マッピングにリモートセンシングの技術が応用されるようになった。とりわけ人工衛星画像を用いたリモートセンシングは非常に広範囲をカバーできるため、沿岸域マッピングにおけるその有効性を検証するために多くの研究が行われてきた (LYZENGA, 1981; GREEN *et al.* 1996; MUMBY *et al.*, 1998; SAGAWA *et al.*, 2008)。

人工衛星は 1970 年代ごろから本格的に環境リモートセンシングに用いられるようになり、以降は人工衛星のセンサーの技術的な発展 (空間解像度の向上、観測域の拡大、バンド数の増加など) によってめざましい進歩を遂げた。しかしながら、海洋沿岸域のマッピングにおいては陸域とは異なり多くの技術的な問題が存在する。これらのうち最も大きな問題の一つは、水深の影響による底質の誤分類である。

一般に衛星画像を用いたマッピングでは、画像上の各ピクセルについて得られた複数のバンドの放射輝度値から底質を分類する。しかしながら、光は水深を増すごとに指数関数的に減衰していくため (LYZENGA, 1978)、底質が同じであっても水深の違いによって得られる放射輝度値が大きく異なる。底質を正しく分類するためには、光の減衰の影響を取り除くことが必要になる (以下、このような補正を水柱放射量補正と呼ぶ) が、これは理論上は画像上の各ピクセルにおける水深の情

報を得れば可能となる。砂浜などの平坦で水深の変動が小さい底質環境においては、水深の情報比較的容易に得ることができる (SAGAWA *et al.*, 2008)。それに対し、サンゴ礁の地形は非常に変化に富むため、広範囲の水深情報を正しく得ることは非常に困難である (MUMBY *et al.*, 1998)。その代替手段として、LYZENGA (1981) は光学的な理論から水柱放射量補正のための新たな枠組みを提案した。この手法では、画像上の各ピクセルの 2 種類のバンドの放射輝度値を基に Depth-invariant index (以下、DI 指数) を算出し、水深情報を得ることなく水柱放射量補正を行うことが可能である。DI 指数を用いた底質環境マッピング手法は、透明度の比較的高いサンゴ礁域において精度面での有効性が確かめられている (e.g., MUMBY *et al.*, 1998)。水柱放射量補正の手法が確立されたことで、衛星リモートセンシングによる効率的な海底環境マッピングの可能性が切り開かれたと言える。

過去の衛星リモートセンシングを用いたサンゴ礁域のマッピングに関する研究では、異なる解析手法の間の精度の比較など、手法論的な側面が強かった。しかしながら、生態環境の保全を目的とするマッピング技術の向上のためは、リモートセンシングから具体的にどのような生態学的情報が得られるかという点も非常に重要である。本研究では、人工衛星画像に水柱放射量補正を用いた場合と用いない場合、分類クラス数が異なる場合など、複数の条件下での自動分類による底質マッピングの結果を検討することとした。これにより、サンゴ礁域のリモートセンシングによっていかなる生態学的情報が得られるか、リモートセンシングがサンゴ礁生態系の効率的な保全に寄与するかについて明らかにすることを目的とした。

本研究では調査地として、日本有数の広大なサンゴ礁域として知られる石西礁湖の一部である竹富島周辺海域を選択した。また、「だいち (ALOS)」衛星のマルチスペクトラルセンサ、高性能可視近赤外放射計 2 型 (AVNIR-2) の画像を解析に用いた。

## 2. 資料と方法

### 2.1. 調査地

石西礁湖は沖縄県八重山諸島の石垣島と西表島の間東西約 25km、南北約 20km に渡って広がる日本最大のサンゴ礁海域である (Fig. 1a)。また日本では唯一の大規模な堡礁地形であり、1972 年に全域が西表国立公園の内部に指定され、更に 1977 年に竹富島南西のシモビシ、同北西のタキドングチ、黒島東のキャングチ、新城島北西のマイ

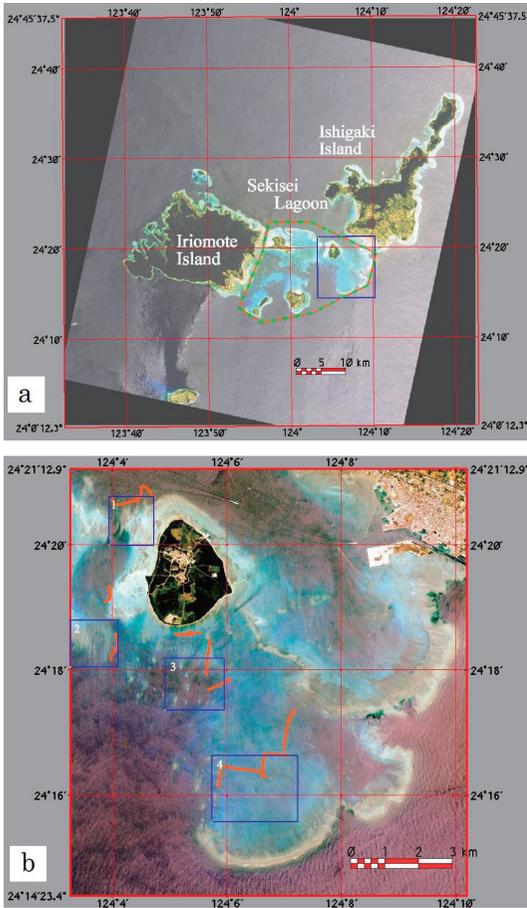


Fig. 1. a) Original AVNIR-2 image of the Sekisei Lagoon and surrounding islands. Green and red dotline encircling the area of Sekisei Lagoon. Blue rectangle indicates the location of research site (Fig. 1b).

b) Map showing the research site. Blue rectangles with white numbers 1, 2, 3 and 4 correspond to the locations of Fig. 6a (Takidonguchi), Fig. 6b (Shimobishi), Fig. 5 and Fig. 7, respectively. Orange color dots indicate the location of ground truth survey points at intervals of 5 sec.

ビシの4区画が海中公園地区（現・海域公園地区）として指定された（SHIMOIKE, 2004）。礁湖内には希少種を含む363種もの造礁サンゴが生息することが知られ（西平・VERON, 1995）、「種の多様性が高く、希少種を含む代表的な地域であり、サンゴ幼生供給源として重要で、自然度が高い」という理由から環境省により「日本の重要湿地500」にも選ばれている。同地域ではSCUBAダイビングやグラスボートなどのマリレジャーが盛ん

であり、八重山漁業協同組合組合員による漁業活動も行われている（SHIMOIKE, 2004）。

石西礁湖内の造礁サンゴ類（以下、サンゴと呼ぶ）は1970年代以降オニヒトデ（*Acanthaster planci*）の大発生により大きな被害を受け（SHIMOIKE, 2004）、近年もオニヒトデは分布域を変化させながらサンゴに被害を与えている（環境省, 2010）。また、石西礁湖内部は外海との海水交換が緩慢な閉鎖的地形のため、夏季に海水温が上昇し易い傾向にある。その影響により、近年1998年、2001年、2003年、2005年、2007年と高い頻度で白化現象が確認されている。特に1998年と2007年の白化現象によるサンゴの死滅は甚大であった（野島・岡本, 2008）。また夏季には同地域は台風の通り道でもあり、強い波によりサンゴが擾乱を受けることがある（SHIMOIKE, 2004）。このように石西礁湖のサンゴ礁生態系は不安定な状態にあり、実際に同地域では健全なサンゴの被度や分布域が数年の間に大きく変動していることを示す報告がある（e.g., 環境省, 2010）。これらのことから、同地域のサンゴ礁の適切な保全のためには、白化の状態や生きたサンゴの被度、分布などについての巨視的なモニタリングが必要と考えられる。

本研究では二ヶ所の海中公園地区（シモビシ、タキドングチ）を含む竹富島周辺海域を調査地として選択した（Fig. 1b）。調査地は水深の変化に富み（0 m～およそ20m）、海底底質も変化に富むと考えられた。

## 2. 2. 衛星画像

ALOSは2006年に打ち上げられた地球観測用人工衛星で、主に陸域・沿岸域の環境モニタリングや災害時の緊急観測に用いられてきた。ALOSに搭載されたAVNIR-2は10mの空間解像度を有し、可視・近赤外域の4バンド（バンド1；0.42-0.50、2；0.52-0.60、3；0.61-0.69、4；0.76-0.89、単位 $\mu\text{m}$ ）から成るマルチスペクトラルセンサである。ALOSは5年の設計寿命を超えて運用が継続していたが、2011年4月22日に発生した電力異常の影響により、同年5月12日に運用が終了した。現在は後継機であるALOS-2、ALOS-3の開発が急がれている。

沿岸生態系環境の観測においては、センサの空間解像度、すなわち画像上の1画素のスケールが小さいほど海底環境のより細かい分布が検出できる。特にサンゴ礁域ではパッチリーフなどに代表されるように小規模なスケールで複雑に底質が変化するため、空間解像度は重要となる。しかしながら、一般に空間解像度が優れたセンサは観測幅

やバンド数などが限られるため、定常的なモニタリングには不都合が生じることがある。例えば IKONOS 衛星の 4 バンドマルチスペクトルセンサは空間解像度が約 4 m と優れているが、観測幅が 11.3 km であり AVNIR-2 の 70 km と比べると非常に狭い。また観測幅が 60 km と AVNIR-2 と同程度である SPOT-5 衛星の HRG-X センサ (空間解像度 10 m) は、可視・近赤外のバンド数が 3 つと少ない。これらのことから、AVNIR-2 はサンゴ礁域の定常的なモニタリングに適した性能を有していると言える。

本研究では解析用画像として、AVNIR-2 センサにより 2009 年 5 月 31 日に撮影された石垣島から西表島周辺の画像 (シーン ID; ALAV2A178403 110、中心北緯; 24.38、中心東経; 123.953、中心時刻; 2: 29: 56、雲量; 0 ~ 2%) を取得した (Fig. 1a)。処理レベルは幾何補正済みの 1B2-G を選択した。AVNIR-2 のマルチスペクトラル画像データを TNTmips (Ver. 7.4, Microimage 社) にインポートし、各バンドの白黒画像を得た。

各バンドの画像に地理情報を付加した後、石西礁湖の竹富島周辺海域のみを切り出して使用した (Fig. 1b)。

### 2. 3. グランドトゥルースデータの取得

グランドトゥルースデータ (GTD) とはリモートセンシングを用いた環境マッピングにおける用語で、実地調査で得た底質環境情報を指す。GTD は教師付き分類におけるトレーニングデータや分類の精度を算出する際の参照データとして用いられる。

2011 年 2 月 5 日と 7 日の 2 日間に渡り、石西礁湖の竹富島周辺海域において水中カラービデオカメラ (FM-4100, キュー・アイ社) を用いた底質観測を行った。カメラは損傷を防ぐため鉄製のフレームで囲み、カメラから延びるケーブルは頑丈なロープと束ねることで補強した。ボートからカメラを吊り下げ、およそ 2-3 ノットの速さで曳航し、連続的に底質の撮影を行った。カメラを吊り下げる深度は、水深や地形に応じておよそ 0.5 m から 5 m 程度まで変化させた。使用したカメラは、ケーブルとつながるコントローラを操作することにより、レンズの内蔵された球体を上下・水平方向に回転させることができる。また、カメラの映像はコントローラのディスプレイにリアルタイムで映し出される。AVNIR-2 センサの空間解像度を考慮すると、可能な限り広範囲の底質情報を得る必要がある。そのため、レンズの方向は直下よりもやや進行方向の斜め下を映すよう、撮影中に映像を見ながら常に調整した。カメラからコント

ローラを経由して送られた信号を AV 端子でデジタルビデオカメラに入力し、mini-DV カセットテープに映像を記録した。

観測を行う地点は可能な限り底質や水深の変化に富むことが望ましく、事前の調査と現地協力者との交渉の結果選定された。観測と同時に小型 GPS 機器 (m-241, HOLUX 社、精度 3.0 m CEP) によって実際の撮影地点 (緯度・経度) を記録した。GPS により記録された実際の撮影地点の位置情報を Fig. 1b 中に示した。また、参考のためボートに装備された測深器の表示から撮影時の各時刻における水深の情報を記録した。

映像の各時刻において撮影された底質を生サンゴ (lc)、死サンゴ (dc)、砂 (sd)、礫混じりの砂 (sdrb)、海草藻場 (sg) などのクラスに分類し記録した。各分類クラスの判断基準と映像中の例を Table 1 に示す。映像と GPS の記録時間を照合することで、GPS の各記録地点と一致するピクセルの底質を GTD として得た。その際、GPS の軌道を AVNIR-2 画像の上に重ね、画像のピクセルの中心付近を通過している GPS の点のみを採用した。また、1 つのピクセル上を通過中に一様に同じ底質が記録されている場合のみ GTD として採用した。カメラが傾くなどして底質を明瞭に写していなかった点、底質が遠すぎて判別できなかった点、GPS が明らかに誤差を生じている点などはデータとして不適と判断し除外した。

上記のように得られた GTD のうち 350 点がトレーニングデータとして、残りの 42 点が分類精度評価の参照データとしてそれぞれ用いられた。また、GTD のうち砂 (sd) については放射輝度値のデータが消散係数比の算出にも用いられた。なお、海草藻場 (sg) に関しては映像で記録された地点数が少なく、調査区全体に占める面積も非常に小さいことが予想されたため、GTD として用いなかった。

衛星画像が撮影された 2009 年 5 月から GTD を取得した 2011 年 2 月の間には、それ以前にあったような台風によるサンゴ礁の大規模損壊や深刻な白化現象は記録されていない。また 2 月から 5 月の間にサンゴの生存状態に大きな季節変化があるとは考えられない。これらより、本研究では得られた GTD が 2009 年 5 月の衛星画像中の底質を代表するという前提のもと解析を行った。

### 2. 4. 画像の処理と自動分類

本研究の衛星画像の処理と解析には、GIS ソフトウェア TNTmips (Ver. 7.4, Microimage 社) を用いた。

本研究では水柱放射量補正として LYZENGA

Table 1 ; Standard for identification of classes and visual examples from the videos. The coverage of Seaweeds on substrata are not taken into account.

| Class Name       | ab.  | Standard for Identification   | Example of View  |
|------------------|------|---|--|
| Living Coral     | lc   | Any substrata covered with living hard corals regardless of phylogeny or morphology (>30%).   |    |
| Dead Coral       | dc   | Bedrock substrata made of dead hard corals, or covered with their fragments uniformly, except for those identified as "lc".                               |    |
| Sand             | sd   | Flat substrata composed of sandy particles with relatively small and uniform size, except for those identified as "sg".                                   |    |
| Sand with Rubble | sdrb | Flat substrata composed of sandy particles mixed with rubbles (fragments of branching corals, mainly) more than 50%, except for those identified as "sg". |   |
| Seagrass         | sg   | Flat substrata covered with living seagrasses (e.g., <i>Halodule</i> sp., <i>Cymodocea</i> sp., <i>Syringodium</i> sp.) (>30%).                           |  |

(1981) の提唱した DI 指数を適用した。バンド  $i$ ,  $j$  から得られる DI 指数 ( $DI_{ij}$ ) は以下の (1) 式で与えられる。

$$DI_{ij} = X_i - K_{ij} \cdot X_j \quad (1)$$

ここで、

$$X_i = \ln(L_i - L_{si}) \quad (2)$$

$$X_j = \ln(L_j - L_{sj}) \quad (3)$$

( $L_i$ ; バンド  $i$  の放射輝度値、 $L_{si}$ ; バンド  $i$  の水深の十分に大きいピクセルにおける放射輝度値、 $K_{ij}$ ; バンド  $i, j$  の消散係数比)

処理前の各バンドの画像のピクセルは始めは放射輝度値と異なる DN 値を有しているが、これに各バンド固有に設定された係数を乗じることで放射輝度値 ( $L_i$ ) に変換した。次に、底質の反射が見られないような水深の十分に大きな海域にお

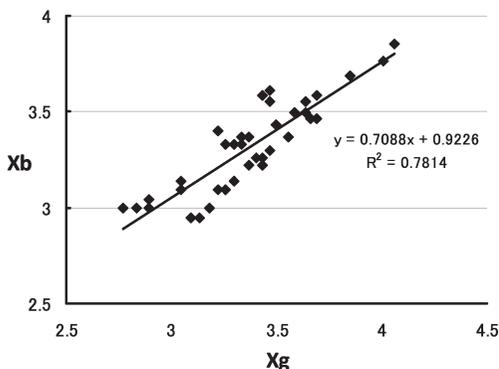


Fig. 2. Scatter plot of X values for Band 1 (B) and Band 2 (G) from the pixels of "sd" according to GTD. The slope of the regression line is equivalent to  $K_{bg}$ .

けるピクセルの各バンドの放射輝度値 ( $L_{si}$ ) を求め、全てのピクセルの各バンドの放射輝度値からその値を減算した画像を得た ( $Li - L_{si}$ )。

消散係数比  $K_{ij}$  は底質が同じで水深が異なるピクセルにおける  $X_i$  と  $X_j$  の散布図から求めることができる (LYZENGA, 1981)。例えば底質が砂 (sd) のピクセルのみから得た  $X_j$  を横軸に、 $X_i$  を縦軸において線形回帰を行うと、回帰直線の傾きが  $K_i/K_j$ 、すなわち  $K_{ij}$  となる。本研究では回帰精度が高かった ( $R^2=0.78$ ) バンド 1 (B) とバンド 2 (G) の消散係数比 ( $K_{bg}$ ) とその値から得られた DI 指数 ( $DI_{bg}$ ) のみを採用した。 $K_{bg}$  を求めるために作成した散布図を Fig. 2 に示す。

このように得られた  $L_b - L_{sb}$ ,  $L_g - L_{sg}$ ,  $K_{bg}$  を基に、TNTmips の SML スクリプト機能を用いて (1) 式より 2 つのバンド画像から  $DI_{bg}$  への変換を行った。

続いて画像中の陸域と深い海域 (水深) 約 20m) 部分をこの後の画像分類から省くため、各バンドの放射輝度値の分布や海岸線地図、海底地形図などを参考に手でマスク処理を行った。

本研究では画像の教師付き分類の手法として、TNTmips の自動分類機能のうち最小距離法を選択した。ビデオカメラの映像から得られた GTD をトレーニングデータとして用いた。上記のように得た  $DI_{bg}$  の単一画像と、バンド 1 とバンド 2 の放射輝度値画像 ( $L_b$ ,  $L_g$ ) をそれぞれ自動分類に供した。バンド 3 (R) とバンド 4 (NIR) の放射輝度値画像 ( $L_r$ ,  $L_{nir}$ ) を分類に用いなかった理由として、第一に DI 指数を求めるのに用いたものと等しいバンドでの分類結果の比較が行いにくかったこと、第二にバンド 3, 4 の波長帯の放射輝度値は比較的水深による影響を受けやすく、

ごく浅い海底の底質分類以外には不向きであることがある。

どの程度細かいカテゴリまで分類が可能か評価するため、 $DI_{bg}$  画像の自動分類においてはトレーニングデータ中の分類クラスを生サンゴ ( $lc$ )、死サンゴ ( $dc$ )、砂 ( $sd$ )、礫混じりの砂 ( $sdrb$ ) の 4 つとしたものと、生サンゴ ( $lc$ )、死サンゴ ( $dc$ )、砂または礫混じりの砂 ( $sd$  or  $sdrb$ ) の 3 つとしたものの 2 パターンで行った。 $L_b$ ,  $L_g$  画像による分類では 3 つのクラスとした。

それぞれの分類結果について誤差行列 (error matrix) を作成し、ユーザ精度、プロデューサ精度、全体の精度、タウ係数などの分類精度指数を算出した。誤差行列は行に画像分類の結果でのクラスを、列に GTD でのクラスをそれぞれ置き、参照データの全てのピクセルを表の形にまとめたものである (CONGALTON, 1991)。誤差行列において、ユーザ精度は各行について、プロデューサ精度は各列について、全体の精度は全ピクセルについて正しく分類されたピクセル数をそれぞれ表す。タウ係数 ( $T$ ) は以下の (4) 式から求められる値で、全体の精度から偶然の一致が除かれているため、分類精度の一般的な指標として用いることができる (MA and REDMOND, 1995)。

$$T = (P_0 P_r) / (1 - P_r) \quad (4)$$

$$\text{ここで、} \quad P_r = \frac{1}{N^2} \sum_{i=1}^M n_i \cdot x_i \quad (5)$$

( $P_0$ ; 全体の精度、 $N$ ; 参照データの総ピクセル数、 $M$ ; 分類クラス数、 $n_i$ ; 誤差行列  $i$  行目の合計ピクセル数、 $x_i$ ; 誤差行列  $i$  行目の正しく分類されたピクセル数)

また、分類クラスが同数の 3 である 2 つの分類結果から得られたタウ係数については、MA and REDMOND (1995) の手法に倣って  $Z$  検定を行い、それぞれの分類精度の間に有意な差があるかを調べた。

分類精度解析の後、各分類結果について得られた生態学的情報について検討するとともに、サンゴ礁域マッピングの持つ可能性や環境保護策に関する改善点について考察した。

### 3. 結果

#### 3.1. 自動分類

自動分類に用いられたバンド 1 (B) とバンド 2 (G) の放射輝度値 ( $L_b$ ,  $L_g$ ) それぞれの白黒画像を Fig. 3a, b に、それらを用いて得られた DI 指数 ( $DI_{bg}$ ) の白黒画像を Fig. 3c にそれぞれ示した。放射輝度値の 2 つの画像では水深の影響によって暗くなっていた部分が、DI 指数の画像で

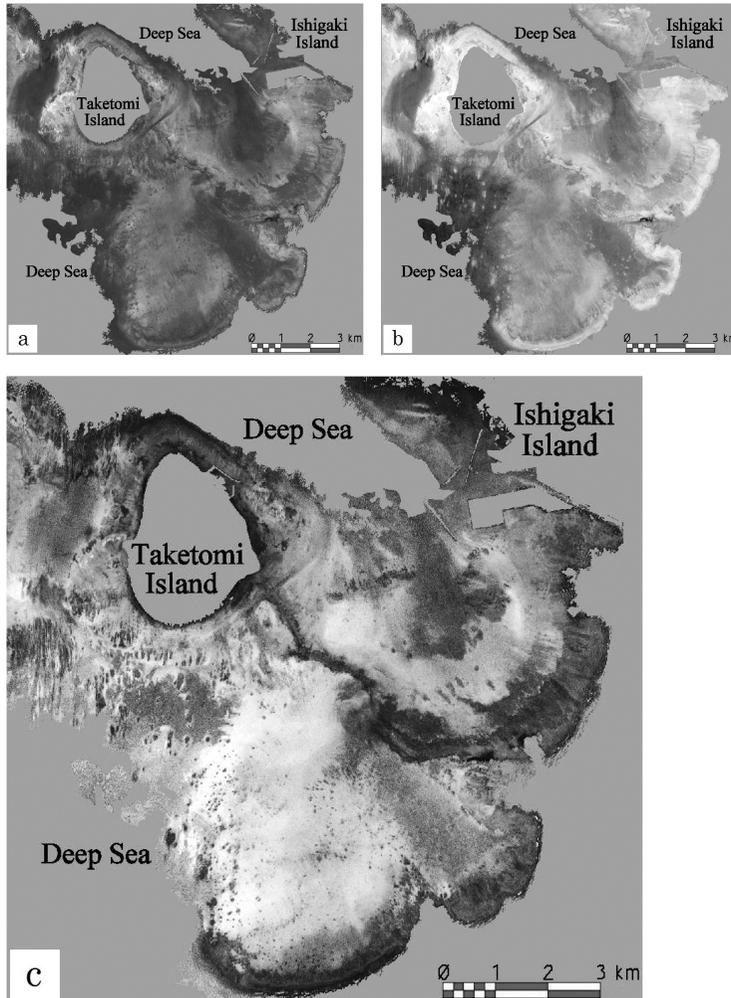


Fig. 3. Map of the research site corresponding to the area of Fig. 1b, after masked out the land and deep sea areas : a) Lb image; b) Lg image; c) DIbg image.

は水深の影響が補正されて底質の分布が現れた。

最小距離法により Lb, Lg の画像から 3 つのクラスによる自動分類を行った結果、Fig. 4a のような分類結果が得られた。また、同様に DIbg の画像から 4 つのクラスによる分類を行った結果、Fig. 4b が、また 3 つのクラスによる分類を行った結果、Fig. 4c がそれぞれ得られた。同じ DIbg 画像を 4 つのクラスで分類した結果と 3 つのクラスで分類した結果 (Fig. 4b と 4c) を比較すると、前者では sd と sddc が交じり合っている部分が、後者では概ね sd or sddc に分類されている以外は目立った変化は見られなかった。それに対し、Lb, Lg 画像による分類結果と DIbg 画像による同じクラス数での分類結果 (Fig. 4a と 4c) は、

見た目にも大きく異なった分類結果となった。

また、映像には記録されたが自動分類の際トレーニングデータとしては用いなかった海草藻場 (sg) の分布していた場所は、ほとんどが dc や lc に誤分類されていた。

### 3. 2. 分類精度の解析

Fig. 4a, b, c までの分類結果を基に作成した誤差行列と、算出された各分類精度指数 (ユーザ精度、プロデューサ精度、全体の精度、タウ係数) の値を、Table 2a, b, c に示す。

分類に用いた画像による分類精度の違いを比較したところ、Lb, Lg 画像による分類結果 (Table 2a) は DIbg による分類結果 (Table 2c) に比べ、

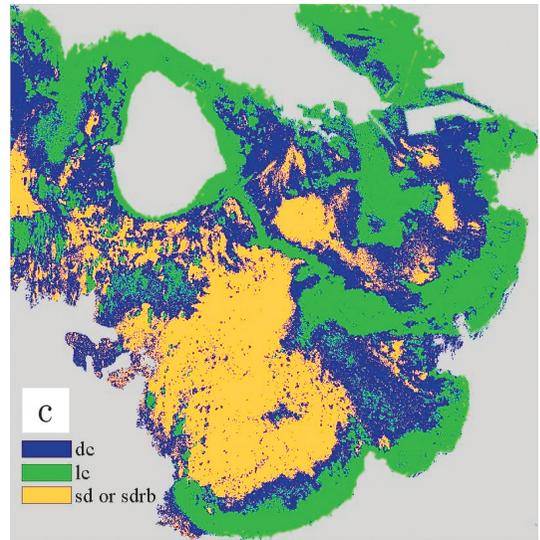
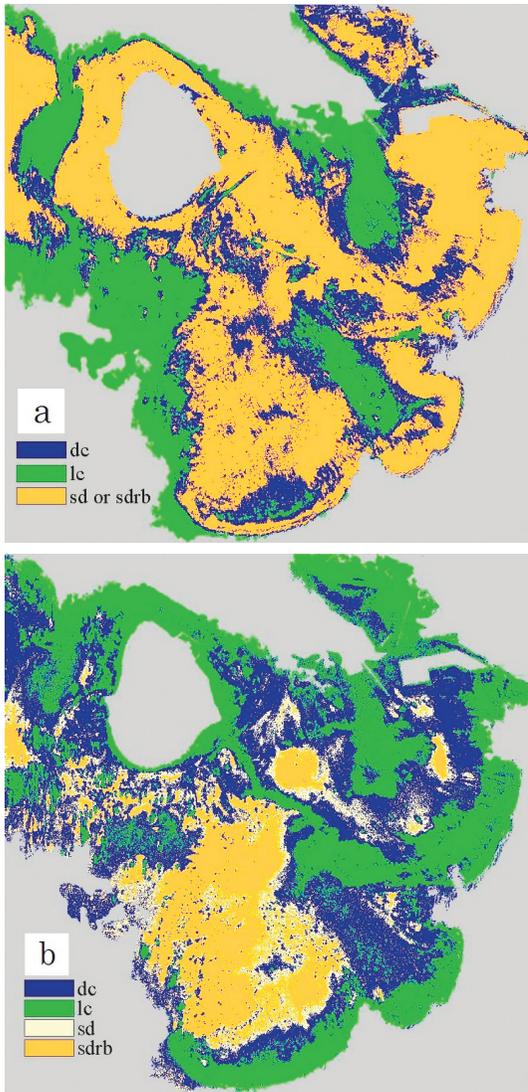


Fig. 4 Results of the classification of research site, corresponding to the area of Fig. 1b: a) by Lb and Lg with 3 classes; b) by DIbg with 4 classes; c) by DIbg with 3 classes.

較したところ、4クラスでの分類 (Table 2b) から3クラスでの分類 (Table 2c) にクラス数を減らすと全体の精度、タウ係数とも大きく向上した。4クラスでの分類では sd と sdrb の間の誤分類が多く、全体の精度を低下させる要因となっていた。特に sd のユーザ精度、プロデューサ精度はともに非常に低い値 (それぞれ 0.43、0.30) であった。それに対し、3クラスとした分類では sd or sdrb とまとめられたクラスのユーザ精度、プロデューサ精度がそれぞれ 0.90、0.83 と高い値となった。

#### 4. 考察

##### 4. 1. 手法に関する評価

本研究で分類や精度解析に用いた GTD はビデオカメラによる線のデータから得たため、そのスケールは必ずしも AVNIR-2 画像の空間解像度 (10m×10m) と一致しない。GPS の測位に多少の誤差があった可能性があるほか、GTD の作成にある程度恣意性が内在している点も問題点として挙げられる。このように GTD の取得手法は今後改善の余地があるが、全体の精度にして最大 0.81、タウ係数にして最大 0.72 という高い精度の分類結果が得られたことは、今回の手法がある程度効果的なデータ取得手法であったことを裏付けている。

DIbg による分類結果は Lb, Lg による分類結果よりも有意に高い精度を示した。これは DI 指

全ての分類精度指数について低い値を示した。特に lc についてのユーザ精度は、DIbg 画像による分類では 0.78 と高い値であるのに対し、Lb, Lg 画像による分類では 0.38 と大きく減少している。一方、lc についてのプロデューサ精度はそれぞれ 1.00 と 0.86 で、ユーザ精度ほど大きな差は無かった。このことは Lb, Lg 画像による分類では lc の分布が過大評価される恐れがあることを示唆している。また両者のタウ係数 (それぞれ 0.45 と 0.72) について Z 検定を行ったところ、Z 値は 3.17 ( $>2.58$ ) となり、有意水準 1% で分類精度に有意差有りという結果が得られた。

また分類クラスの数による分類精度の違いを比

Table 2 ; Error matrices of each classification and calculated coefficients of accuracy (User's accuracy, Producer's accuracy, Overall accuracy, and Tau-coefficient) : a) by Lb and Lg with 3 classes; b) by DIbg with 4 classes; c) by DIbg with 3 classes.

|                     |            | Reference data |      |            |       | User's accuracy |
|---------------------|------------|----------------|------|------------|-------|-----------------|
|                     |            | lc             | dc   | sd or sdrb | Total |                 |
| mapping result      | lc         | 6              | 7    | 3          | 16    | 0.38            |
|                     | dc         | 1              | 3    | 5          | 9     | 0.33            |
|                     | sd or sdrb | 0              | 2    | 15         | 17    | 0.88            |
|                     | Total      | 7              | 12   | 23         | 42    |                 |
| Producer's accuracy |            | 0.86           | 0.25 | 0.65       |       |                 |
| Overall accuracy    |            |                |      |            | 0.57  |                 |
| Tau-coefficient     |            |                |      |            | 0.45  |                 |

|                     |      | Reference data |      |      |      | User's accuracy |       |
|---------------------|------|----------------|------|------|------|-----------------|-------|
|                     |      | lc             | dc   | sdrb | sd   |                 | Total |
| Mapping result      | lc   | 7              | 2    | 0    | 0    | 9               | 0.78  |
|                     | dc   | 0              | 8    | 2    | 2    | 12              | 0.67  |
|                     | sdrb | 0              | 0    | 9    | 5    | 14              | 0.64  |
|                     | sd   | 0              | 2    | 2    | 3    | 7               | 0.43  |
| Total               |      | 7              | 12   | 13   | 10   | 42              |       |
| Producer's accuracy |      | 1.00           | 0.67 | 0.69 | 0.30 |                 |       |
| Overall accuracy    |      |                |      |      | 0.64 |                 |       |
| Tau-coefficient     |      |                |      |      | 0.57 |                 |       |

|                     |            | Reference data |      |            |       | User's accuracy |
|---------------------|------------|----------------|------|------------|-------|-----------------|
|                     |            | lc             | dc   | sd or sdrb | Total |                 |
| mapping result      | lc         | 7              | 2    | 0          | 9     | 0.78            |
|                     | dc         | 0              | 8    | 4          | 12    | 0.67            |
|                     | sd or sdrb | 0              | 2    | 19         | 21    | 0.90            |
|                     | Total      | 7              | 12   | 23         | 42    |                 |
| Producer's accuracy |            | 1.00           | 0.67 | 0.83       |       |                 |
| Overall accuracy    |            |                |      |            | 0.81  |                 |
| Tau-coefficient     |            |                |      |            | 0.72  |                 |

数を用いた底質環境マッピングをサンゴ礁域へ適用することの有用性を強く支持する結果である。Fig. 4aを見るとLb, Lgによる分類では各分類クラスが水深帯に沿って帯状に分布し、水深の大きい順からlc, dc, sd or sdrbに分類されている傾向が見られる。一方、Fig. 4cのDIbgによる分類では各クラスの分布は帯状ではなくなり、水深帯の影響が大幅に除去されていることが分かる。DI指数による底質判別の向上が顕著な部分の例として、Fig. 4の拡大画像をFig. 5a, bに示した。

Fig. 5aでは一様にlcに分類されていた部分から、Fig. 5bでは主にdcで構成される礁の輪郭が明瞭に浮かび上がっている。また前述のように、Lb, Lgを用いた分類ではlcを過大評価する危険性があることを考えても、サンゴ礁域の底質マッピングにはDI指数を用いるのが適切と言えよう。

また、分類クラスを4つとして分類した結果精度は低い値であったが、sdとsdrbを1クラスとしてまとめることで分類精度が大きく向上した。このことはAVNIR-2画像の空間解像度とバン

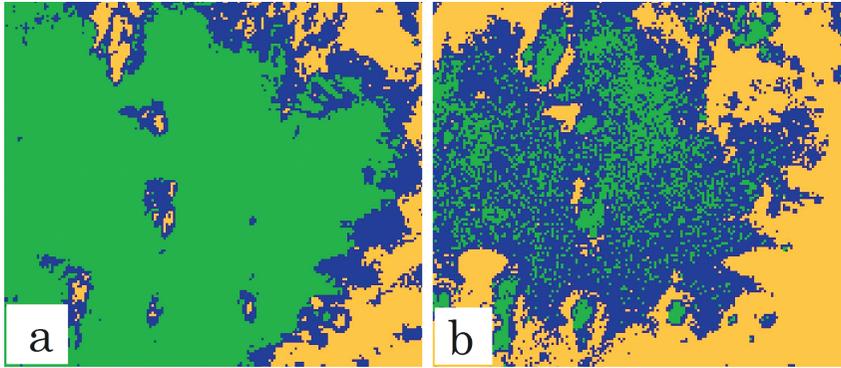


Fig. 5. Extended maps of the area representing the improvement of classification due to water-column correction (corresponding to the blue rectangle with number 3 in Fig. 1b, upper-left;  $E124^{\circ}04'55.2''$ ,  $N24^{\circ}18'10.9''$  lower-right;  $E124^{\circ}05'57.2''$ ,  $N24^{\circ}17'21.9''$ ); a) derived from Fig. 4a ; b) derived from Fig. 4c. The influence of depth looks larger in former than in latter.

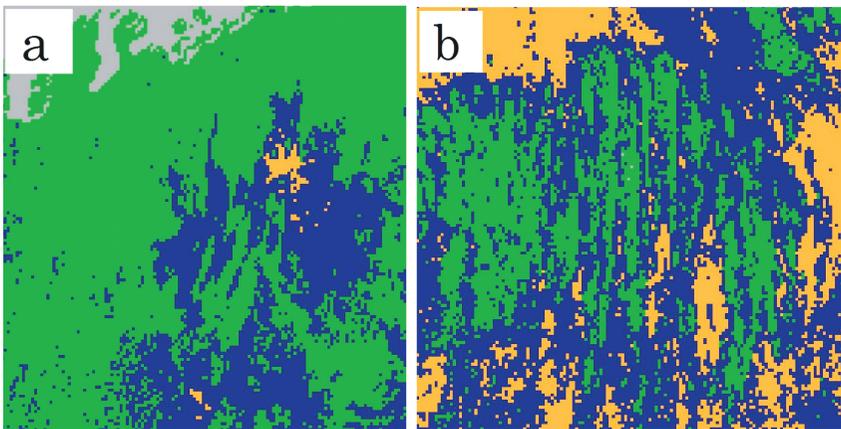


Fig. 6. Extended maps of two marine protected areas in research site derived from Fig. 4c : a) Takidonguchi (corresponding to the blue rectangle with number 1 in Fig. 1b, upper-left;  $E124^{\circ}03'56.4''$ ,  $N24^{\circ}20'46.1''$  lower-right;  $E124^{\circ}04'43.2''$ ,  $N24^{\circ}19'59.7''$ ) ; b) Shimobishi (corresponding to the blue rectangle with number 2 in Fig. 1b upper-left;  $E124^{\circ}03'15.5''$ ,  $N24^{\circ}18'47.7''$  lower-right;  $E124^{\circ}04'05.8''$ ,  $N24^{\circ}18'03.0''$ ).

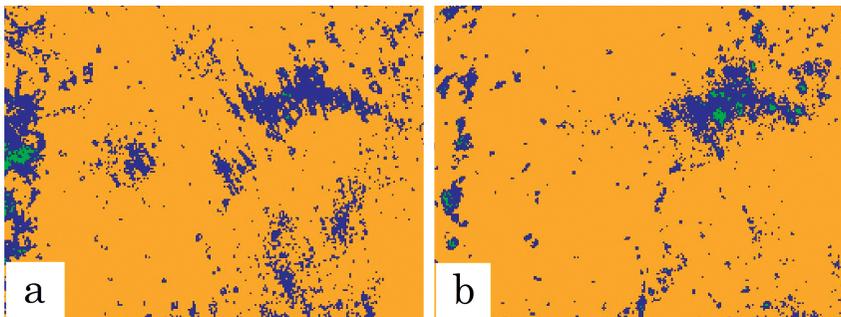


Fig. 7. Extended maps of the area in which many patch reefs are distributed (corresponding to the blue rectangle with number 4 in Fig. 1b, upper-left;  $E124^{\circ}05'44.1''$ ,  $N24^{\circ}16'37.6''$  lower-right;  $E124^{\circ}07'14.1''$ ,  $N24^{\circ}15'34.7''$ ) : a) from Fig. 4a ; b) from Fig. 4c. Distribution and shapes of patch reefs look clearer in latter than in former.

ド帯では砂と礫混じりの砂を分類することが困難であることを示している。これらの分類については、可視光域のバンド数がより多い Worldview-2 などの衛星画像を用いることで達成できる可能性があり、今後検証が望まれる。

この後の生態情報に関する考察では、最も分類精度の高かった DIbg による分類結果を中心に議論を行う。

#### 4.2. 画像解析から得られる生態情報

サンゴ礁域の衛星画像解析においては、生きたサンゴの分布や現存量に主眼が置かれることが多い。この目的のためには、前述のように分類クラスの分布が水深帯に大きく左右される放射輝度値による分類結果よりも、水深の影響を除去した DI 指数による分類結果を評価に用いた方が適切である。海域公園に指定されているタキドングチ周辺とシモビシ周辺の DIbg による分類結果を Fig. 6a, b にそれぞれ拡大して示した。これらの画像の範囲内における全てのピクセルに対する lc (生サンゴの被度30%以上)の割合を求めたところ、それぞれ 70.8%と 26.1%であった。環境省の調査によれば、2009年6月のシモビシ周辺の調査区では生サンゴ被度が10%程度と低い値であった(環境省, 2010)。またタキドングチ周辺の調査区の10月の生サンゴ被度はおよそ10%だったと報告されているが、同じ報告書内の他の調査では6月に被度が50%以上の調査区も見られたと記載されている。環境省の報告書は特定の狭い調査区における直接観測の結果を基に作成されているため、本研究の結果と単純に比較できるものではないが、これらの報告の内容は本研究の結果と大きく矛盾してはいない。従って、2009年5月のそれぞれの海域公園地区のサンゴの生存状態は、タキドングチでは概ね良好、シモビシではやや衰退していたものと考えられる。

また、ビデオ映像の判定で sg と分類された地点が DIbg の分類結果では dc や lc と誤分類されていたことから、dc や lc の分布域は過大評価されているおそれがある。同様に、表面に海藻類の繁茂した dc が lc に誤分類された地点が存在する可能性も考えられる。例えば、Fig. 5b の分類結果では dc で主に構成される中央の礁に lc が細かく入り混じっている。ビデオ判定の際にこの付近の死サンゴ上にホンダワラ類と考えられる海藻が繁茂しているのが確認されているため、この lc が海藻類の誤分類である可能性は否定できない。また、竹富島周囲の岸のごく近くは lc と分類されているが、地理的に見てこれも海藻類の誤分類である可能性がある。DI 指数のみで一次的に

自動分類を行う場合、値が似通っている異なるクラス間では誤分類が避けられないという問題点がある。改善手段として、明らかな誤分類については手動で修正を加えることによりマッピング精度を上げることができる (MUMBY *et al.*, 1998)。より正確な底質マップを作成するため、手動修正の参考データとなるような追加的な調査を行うことも考える必要がある。

Fig. 4 を見ると、竹富島南沖で広く sd or sdrb が分布している海域に、主に dc で構成される大小多様なパッチリーフが散在していることが分かる。その海域の一部を、Fig. 7a (Lb, Lg による分類の拡大画像)、7b (DIbg による分類の拡大画像)に拡大して示した。これらの画像を見比べると、両者でパッチリーフの規模や分布が大きく異なっている。パッチリーフは造礁サンゴの幼生の着底基盤となり、サンゴ礁の回復の足がかりとして重要な環境である。また、パッチリーフを住処とする魚種にとっては、パッチリーフの規模や数が次世代の加入や成魚の移入の量を左右する (SCHROEDER, 1987; ROBERTSON, 1988)。さらに、砂や礫に比べ複雑な地形を有するため、生態系全体の生物多様性に大きく寄与していると考えられる。しかしながら、パッチリーフは台風などの自然現象によって破壊され消失することが知られている (e.g., 環境省, 2010)。これらのことから、パッチリーフの規模や数、分布を正しくマッピングすることは、サンゴ礁生態系の状態のモニタリングと保全に大いに役立つと考えられる。それぞれの分類精度から考えると、Fig. 7a の分類結果を用いて評価を行った場合、パッチリーフの規模や分布の評価を誤る危険性がある。逆に Fig. 7b のように DI 指数による自動分類を行うことでパッチリーフについての有益な情報が得られ、その情報はサンゴ礁生態系の状態のモニタリングの際の一つの重要な要素となりうる。なお、AVNIR-2 の後継機として現在開発が行われている ALOS-3 のマルチスペクトラルセンサでは空間解像度が 5m の仕様となるため、より細かなパッチリーフまで検出できるようになると考えられる。

#### 4.3. 石西礁湖保全の今後

現在の石西礁湖のモニタリングでは主に狭い調査区における実地観測が用いられており (e.g., 環境省, 2010)、広域的な評価はそれらの結果から導かれている。精度が 80%程度のリモートセンシングによる底質マッピングのみからサンゴ礁の健全性を評価することは困難であり、詳細な実地調査でのみ得ることができる重要な生態情報 (e.g., サンゴの優占種、魚類などの生息状況、オ

ニヒトデの分布情報)が存在するのも事実である。しかしその一方で、調査区の生態情報が必ずしも周囲の状態を代表しているとは限らないため、このような実地観測は広域的な生態系の評価を誤る危険を孕んでいる。こうしたリスクを回避し、サンゴ礁全体の状態を正しく評価するためには、リモートセンシングによる概観的・広域的な観測も必要であると考えられる。また、リモートセンシングを用いることで実地調査の対象外の細かいパッチリーフの分布や規模の経時変化を追跡することも可能である。すなわち、従来の観測手法に本研究のようなDI指数を用いた底質マッピングを追加的に行うことは、石西礁湖の生態系のモニタリングに大きく寄与しうると考えられる。本研究の実地調査に要した時間は移動もあわせて合計10時間足らずであり、少ないコストで調査を行えることも特筆すべき点である。

2010年に名古屋で行われた生物多様性条約のCOP10では全海域の10%をMPAとすることが2020年目標として掲げられ、現在のMPA面積がわずか数%である日本では海域公園地区の再設定や拡大の議論が活発化している。石西礁湖には既にタキドングチ、シモビシを含む4ヶ所の海域公園地区が設定されているが、いずれも小規模であり、シモビシのようにサンゴ礁の健全性が低下している地区もある。今後もオニヒトデの食害や台風、白化現象などによって健全なサンゴの分布が変遷していくことが予想されるため、海域公園の再編成には慎重を要する。本研究のような衛星リモートセンシングによる底質マッピングは、各地点のサンゴの相対的な状態や健全なサンゴの分布の移り変わりを評価する指標となるため、海域公園の再編成の際にも有用な技術であると考えられる。

#### 謝辞

本研究を行うにあたり、東京海洋大学海洋学部の岡本峰雄教授には近年の石西礁湖のサンゴ礁の状態に関してご教示頂くとともに、調査地の選択に関する貴重なご助言を頂きました。実地調査のベースキャンプであった石垣島では、有限会社マリポイントの屋良部守氏および屋良部守明氏には、調査地の選択についてご助言を頂いたほか、調査の際の操船と案内にご協力頂き、また備品や作業所をご提供頂くなど、大変お世話になりました。また、環境省自然環境局国際サンゴ礁研究・モニタリングセンターの職員の皆様には石垣島滞在中に大変お世話になりました。ここに厚く御礼申し上げます。また本研究は副著者がPIであった独立行政法人宇宙航空研究開発機構 (JAXA)

のALOSプロジェクトの成果であることを付記する。本研究は、環境研究総合研究費新戦略型課題S-9「アジア規模での生物多様性観測・評価・予測に関する総合的研究」の成果の一部である。

#### 文献

- CONGALTON, R. G. (1991): A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. *Remote Sensing of the Environment*, **37**: 35-46.
- GREEN, E. P., P. J. MUMBY, A. J. EDWARDS and C. D. CLARK (1996): A review of remote sensing for the assessment and management of tropical coastal resources. *Coastal Management*, **24**: 1-40.
- HUGHES, T. P., A. H. BAIRD, D. R. BELLWOOD, M. CARD, S. R. CONNOLLY, C. FOLKE, R. GROSBURG, O. HOEGH-GULDBERG, J. B. C. JACKSON, J. KLEYPAS, J. M. LOUGH, P. MARSHALL, M. NYSTROM, S. R. PALUMBY, J. M. PANDOLFI, B. ROSEN and J. ROUGHGARDEN (2003): Climate change, human impacts, and the resilience of coral reefs. *Science*, **301**: 929-933.
- JACKSON, J. B., M. X. KIRBY, W. H. BERGER, K. A. BJORN DAL, L. W. BOTS FORD, B. J. BOURQUE, R. H. BRADBURY, R. COOKE, J. ERLANDSON, J. A. ESTES, T. P. HUGHES, S. KIDWELL, C. B. LANGE, H. S. LENIHAN, J. M. PANDOL, C. H. PETERSON, R. S. STENECK, M. J. TEGNER and R. R. WARNER (2001): Historical overfishing and the recent collapse of coastal ecosystems. *Science*, **293**: 629-37.
- 環境省 (2010): 平成21年度石西礁湖サンゴ礁保全総合調査業務報告書。
- LOUREY, M. J., D. A. J. RYAN and I. R. MILLAR (2000): Rates of decline and recovery of coral cover on reefs impacted by, recovering from and unaffected by crown-of-thorns starfish *Acanthaster planci*: a regional perspective of the Great Barrier Reef. *Marine Ecology Progress Series*, **196**: 179-186.
- LYZENGA, D. R. (1978): Passive remote sensing techniques for mapping water depth and bottom features. *Applied Optics*, **17** (3): 379-384.
- LYZENGA, D. R. (1981): Remote sensing of bottom reflectance and water attenuation parameters in shallow water using aircraft and Landsat data. *International Journal of Remote Sensing*, **2** (1): 71-82.
- MA, Z. and R. L. REDMOND (1995): Tau coefficient for accuracy assessment of classification of remote sensing data. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, **61**: 435-439.
- MOBERG, F. and C. FOLKE (1999): Ecological goods and services of coral reefecosystems. *Ecological Economics*, **29**: 215-233.
- MUMBY, P. J. and R. S. STENECK (2008): Coral reef management and conservation in light of rapidly

- evolving ecological paradigms. *Trends in Ecology & Evolution*, **23** (10): 555-563.
- MUMBY, P. J., R. S. CLARK, E. P. GREEN and A. J. EDWARDS (1998): Benefits of water column correction and contextual editing for mapping coral reefs. *International Journal of Remote Sensing*, **19** (1): 203-210.
- 西平守孝・VERON, J. E. N. (1995): 日本の造礁サンゴ類. 海游舎, 東京, pp. 439.
- 野島 哲・岡本峰雄 (2008): 造礁サンゴの北上と白化. *日本水産学会誌*, **74** (5): 884-888.
- OMIJA, T. (2004): Terrestrial inflow of soils and nutrients. In: M. TSUCHIYA, K. NADAOKA, H. KAYANNE, H. YAMANO (Eds), *Coral Reefs of Japan. The Japanese Coral Reef Society and Ministry of the Environment, Tokyo*, pp. 64-68.
- PET-SOEDE, L. and M. V. ERDMANN (1998): Blast fishing in Southwest Sulawesi, Indonesia. *Naga, ICLARM Quarterly*, April-June: 4-9.
- ROBERTSON, D. R. (1988): Abundances of surgeonfishes on patch-reefs in Caribbean Panama: due to settlement, or post-settlement events? *Marine Biology*, **97**: 495-501.
- SAGAWA, T., A. MIKAMI, T. KOMATSU, N. KOSAKA, A. KOSAKO, S. MIYAZAKI and M. TAKAHASHI (2008): Technical Note. Mapping seagrass beds using IKONOS satellite image and side scan sonar measurements: a Japanese case study. *International Journal of Remote Sensing*, **29** (1): 281-291.
- SCHROEDER, R. E. (1987): Effects of patch reef size and isolation on coral reef Fish recruitment. *Bulletin of Marine Science*, **41** (2): 441-451.
- SHIMOIKE, K. (2004): Terrestrial inflow of soils and nutrients. In: Tsuchiya, M., Nadaoka, K., Kayanne, H., Yamano, H. (Eds), *Coral Reefs of Japan. The Japanese Coral Reef Society and Ministry of the Environment, Tokyo*, pp. 219-224.
- SZMANT, A. M. (2002): Nutrient enrichment on coral reefs: Is it a major cause of coral reef decline? *Estuaries*, **25** (4b): 743-766.
- WILKINSON, C. (2008): 2008. Status of Coral Reefs of the World: 2008. Global Coral Reef Monitoring Network and Reef and Rainforest Research Centre, Townsville, Australia.

受付年月日：2011年5月6日

受理年月日：2011年6月8日



資 料

## 第 49 卷第 1-2 号掲載欧文論文の和文要旨

Yuli NAULITA\*・北出裕二郎\*：相模湾大陸棚斜面上の乱流特性

相模湾における乱流と混合の特徴を明らかにするため、城ヶ島沖の大陸棚および斜面域で、2007年6月から2010年10月にかけて、12度にわたりターボマップによる乱流の直接観測を実施した。乱流エネルギー散逸率 $\varepsilon$ は、多くの場合海底付近と陸棚端で高いが、幾つかのケースでは、near-criticalとなる海底斜面（半日周期内部波の特性曲線の傾きと一致する海底斜面）から発せられた特性曲線に沿って高くなっていた。水温分散の散逸率 $\chi_T$ と $\varepsilon$ は線形の関係であること、混合効率 $\Gamma_T$ が殆どの場合1よりも小さいことから、相模湾では二重拡散対流の効果は小さいと考えられた。混合効率 $\Gamma_T=0.2$ を用い、密度の鉛直渦拡散係数 $K_\rho$ を求めると、 $K_\rho$ は $O(10^{-7}-10^{-2})\text{ m}^2\text{ s}^{-1}$ であり、大きな値は陸棚と斜面の海底近傍で見られた。乱流パラメータの月平均値は夏季に高く、冬季に低いという傾向は見られたが、それ以外の季節的な特徴は明確ではなかった。 $\rho$ の平均値と外部潮汐から内部潮汐へのforcingの指標（海面変位の振幅と浮力振動数の二乗を掛け合わせた値）とには、有意な相関関係が認められたことから、内部潮汐は相模湾における乱流の主要なエネルギー源のひとつであると考えられた。

(\* 〒108-8477 東京都港区港南4-5-7 東京海洋大学海洋科学技術研究科 電話番号03-5463-0447, E-MAIL ynaulita@yahoo.com)

## 学 会 記 事

1. 2011年6月18日(土)15時30分~16時20分, 日  
仏会館501会議室において, 2011年度総会が開かれ  
た. 出席者は63名(参加; 17, 委任状による出席;  
46, 定足数; 22)であった.

### 協議事項

#### 第1号議案 2010年度事業報告

- 1) 庶務関係として, 荒川庶務幹事より会員異動状況  
の報告があった.
- 2) 活動状況として, 以下を報告.
  - ・評議員会1回(2010/10 メール会議)
  - ・幹事会3回(2010/5/17, 9/22 日仏会館,  
2011/2/25 メール会議)
  - ・総会1回(2010/10/19 日仏会館)・学会賞  
1件, 論文賞2件の授与・学会賞委員半数改選
  - ・創立50周年記念日仏海洋学シンポジウム  
Part 1(2010/10/15 神戸国際展示場), Part 2  
(2010/10/19 日仏会館)
- 3) 編集関係として, 学会誌「La mer」47巻4号,  
48巻1号, 2号, 3-4号の発刊を報告.  
各報告の後, 第1号議案は承認された.

#### 第2号議案 2010年度収支決算報告および監査報告

2010年度収支決算は資料1に従って報告された.  
神田会計幹事より, 監査は, 長島秀樹監事によって5  
月27日に行われ, 会計が適切であると認められたこ  
とが報告された. 各報告の後, 一部語句修正の上,  
第2号議案が審議・承認された.

#### 第3号議案 2011年度事業案について, 以下の案が提 示された.

- 1) 総会(1回), 学術研究発表会(1回), 評議員会  
(1回), 幹事会(3回)の開催.
- 2) 学会賞, 論文賞の候補者の推薦と授与.
- 3) 評議員選挙, 会長選挙, 学会賞委員選挙(半数改  
選). (荒川庶務幹事)
- 4) 創立50周年記念号出版, La mer 49巻1-4号の  
発刊について吉田編集委員長より説明があった.
- 5) 学会ホームページを, 学協会情報発信サービスの  
停止に伴い, 民間のサーバで開設する.  
(内田広報幹事)

各項目の説明後, 第3号議案は審議・承認された.

#### 第4号議案 神田会計幹事より, 2011年予算案が資料2 に従って説明された. 審議ののち第4号議案は承認さ れた.

#### 第5号議案 荒川庶務幹事より, 資料3に基づき2011

年度役員の変更, 学会賞推薦委員のリストが紹介され,  
第5号議案は承認された.

### 報告事項

- ①3年以上の会費未納者53名について, 若干の猶予  
の後, 自動退会として扱うことが報告された. (今  
協会長)
- ②津波で被災した宮城県カキ養殖業復興のための義援  
金募金実行委員会の立ち上げが報告された. (小松  
副会長)

総会につづき, 2011年度論文賞の授賞式が行われ,  
論文賞が橋濱史典会員(海洋大)とA.  
A.HUTAHAEAN会員(名大)に授与された. 受賞対  
象の論文は以下の通り.

1. F. HASHIHAMA and J. KANDA: Automated  
colorimetric determination of trace silicic acid in  
seawater by gas-segmented continuous flow  
analysis with a liquid waveguide capillary cell.  
La mer 47 (4), 119-127, 2010
2. A. A. HUTAHAEAN, J. ISHIZAKA, A.  
MORIMOTO, J. KANDA, N. HORIMOTO and  
T. SAINO: Development of algorithms for esti-  
mating the seasonal nitrate profiles in the upper  
water column of the Sagami Bay, Japan. La mer,  
48 (2), 71-86, 2010

2. 2011年6月18日(土)10:00~14:40, 日仏会館  
501会議室において, 2011年度研究発表会が行なわれ  
た. プログラムは以下の通り.

10:00-11:00 座長 内田 裕 (JAMSTEC)

1. Properties of turbulence and contribution of in-  
ternal tides in turbulent mixing over the conti-  
nental shelf and slope off Jogashima, Sagami  
Bay  
○Yuli NAULITA・Yujiro KITADE (TUMSAT)
2. Quantity evaluation of turbulent mixing in the  
Central Equatorial Pacific  
○Lingqiao CHENG・Yujiro KITADE・Kohei  
MIZOBATA (TUMSAT)
3. 対馬海峡東水道から西部山陰沿岸における表層水  
温変動

○渡辺俊輝（山口水研セ）・千手智晴（九大応力研）

11:00-11:40 座長 北出裕二郎（海洋大）

4. 海水の絶対塩分の測定

○内田裕・河野健（JAMSTEC）・青山道夫（気象庁気象研）・村田昌彦（JAMSTEC）

5. LISST と LOPC による広範囲の海中粒子サイズ分布の計測に関する研究

○王 歆・荒川久幸（海洋大）・藤森康澄（北大）

14:00-14:40 座長 飯淵 敏夫（海生研）

6. 東京湾における二酸化炭素分圧の分布と変動 続報

○久保篤史・前田洋作・神田穰太（海洋大）

7. 貧栄養海域におけるリン動態解析—高感度分析法によるアプローチ—

○橋濱史典・木内新子・神田穰太（海洋大）

14:40-15:20 座長 小松輝久（東大大海研）

8. 石垣島南部海域におけるキクメイシ科サンゴのダメージ評価

○松本陽・田村兼吉・樋富和夫・桐谷伸夫・山之内博・篠野雅彦（海技研）・荒川久幸（海洋大）

9. ブラックバス類 2 種の遊泳能力に関する研究

○勝矢晃太（千葉柏陵高）・森川由隆（三重大）

3. 新入会員

| 氏名                     | 所属  | 紹介者          |
|------------------------|---|--------------|
| 石坂丞二                   | 〒464-8601<br>愛知県名古屋市中種区不老町<br>名古屋大学地球水循環研究センター  | 小松輝久,<br>柳哲雄 |
| Andreas<br>A.Hutahaean | Bld.BRKP,3rd Fl,J1.Pasir Putih 1<br>Ancol Timur 14430 Jakarta, Indonesia<br>ResearchCenter for coastl & Marine Resources, Agency for Research and Development of Marine and Fisheries |              |
| 渡辺俊輝                   | 〒759-4106<br>山口県長門市仙崎 2861-3<br>山口県水産研究センター   | 千手智晴         |
| TRAN VAN<br>VIET       | 〒108-8477<br>東京都港区港南 4/5-7<br>国際交流会館 306  | 桜本和美         |

4. 退会（逝去者含む）

小島博, 木谷浩三, 峰雄二, 高木和徳  
兵庫県水産技術センター

5. 所属および住所変更

小牧加奈絵

東京都千代田区神田松下町 14 東信神田ビル 4F

KANSO テクノス

Email kana-komaki@yahoo.co.jp

今脇資郎

〒236-0001 神奈川県横浜市金沢区昭和町 3173-25

海洋研究開発機構/地球情報研究センター

Email: imawaki@jamstec.go.jp

中延幹男

〒236-8648 神奈川県横浜市金沢区福浦 2-12-4

水産総合研究センター

遠洋水産研究所

045-788-7501

渡部俊広

〒314-0408 茨城県神栖市波崎 7620-7

水産工学研究所

0479-44-5950

6. 寄贈図書

農工研ニュース（農村工学研究所）No. 71-74

農村工学研究所研究成果情報（農村工学研究所）平成 22 年度

神奈川県立博物館研究報告（神奈川県立生命の星地球博物館）No. 40

FRAN NEWS（水産総合研究センター）No. 25-27

水産総合研究センター研究報告（水産総合研究センター）No. 31-34

広島観光コンベンション（広島観光コンベンションビューロー）Vol. 82-83

Ship & Ocean Newsletter（海洋政策研究財団）No. 249-264

農村工学研究所報告（農村工学研究所）No. 30

なつしま（JAMSTEC）Vol. 82-88

水産技術（水産総合研究センター）Vol. 3 No. 2

J-STAGE NEWS（独立行政法人科学技術振興機構）No. 27-28

「海—自然と文化」（東海大学海洋学部）Vol. 3 No. 3- Vol. 9 No. 1

Techno-ocean News（テクノオーシャンネットワーク）No. 40-41

Bulletin oft the national museum of nature and science（国立科学博物館）2009-2011

養殖研究レター（水産総合研究センター）No. 7

年報（水産総合研究センター）平成 21 年度

Niogata Convention Topics 2010（新潟県産業労働観光部環境局交流企画課コンベンション推進グループ）Vol. 1

RESTEC news（財団法人リモート連寝具技術センター）2011 No. 3

Face to Face (ちば国際コンベンションビューロー)  
No. 64

Ocean Breeze (東京大学大気海洋研究所) No. 3-4  
高知大学海洋生物研究報告 (高知大学総合研究センター  
海洋生物研究教育施設) No. 26

ATMOSPHERE AND OCEAN RESEARCH IN-  
STITUTE THE UNIVERSITY OF TOKYO

(東京大学大気海洋研究所) 2010 年度  
海洋白書 (海洋政策研究財団) 2011 年度

Coastal Marine Science in Southeast Asia  
(TERRAPUB Tokyo) 2001-2010

釧路沖表層堆積図 (地質調査総合センター) No. 71-  
74

**資料 1**

**2010 年度収支決算**

| 収入の部   |           |           |            |                 |
|--------|-----------|-----------|------------|-----------------|
| 費 目    | 予算額       | 決算額       | 増 減        | 備 考             |
| 前年度繰越金 | 623,991   | 623,991   | 0          |                 |
| 正会員会費  | 984,000   | 704,000   | ▲280,000   | 88名(8000×88名)   |
| 特別会員   | 72,000    | 48,000    | ▲24,000    | 8名(6000×8名)     |
| 学生会員会費 | 8,000     | 8,000     | 0          | 2名(4000×2名)     |
| 賛助会員会費 | 140,000   | 130,000   | ▲10,000    | (7社, 13口)       |
| 学会誌売上金 | 120,000   | 146,280   | 26,280     |                 |
| 広告料    | 20,000    | 20,000    | 0          |                 |
| 別刷り代等  | 500,000   | 563,645   | 63,645     | 別刷り, 超過頁・カラー印刷費 |
| 著者掲載料  | 800,000   | 350,000   | ▲450,000   |                 |
| 雑収入    | 100,000   | 18,029    | ▲81,971    | (学術著作権使用料他)     |
| 寄付金    | 500,000   | 157,495   | ▲342,505   |                 |
| 収入合計   | 3,867,991 | 2,769,440 | ▲1,098,551 |                 |

| 支出の部        |           |           |            |                |
|-------------|-----------|-----------|------------|----------------|
| 費 目         | 予算額       | 決算額       | 増 減        | 備 考            |
| 学会誌印刷費      | 1,800,000 | 1,304,905 | ▲495,095   |                |
| 送料・通信費      | 150,000   | 74,410    | ▲75,590    |                |
| 事務費         | 700,000   | 610,470   | ▲89,530    | 人件費, 事務用品, 封筒他 |
| 交通費         | 20,000    | 11,400    | ▲8,600     |                |
| 会議費         | 5,000     | 10,710    | 5,710      |                |
| 学会賞経費       | 50,000    | 10,481    | ▲39,519    | 賞状他            |
| 50周年記念事業    | 800,000   | 0         | ▲800,000   | 別途, 特別会計で実施    |
| 雑費          | 25,000    | 10,480    | ▲14,520    |                |
| 次年度繰越(銀行残高) | 317,991   | 736,584   | 418,593    |                |
| 支出合計        | 3,867,991 | 2,769,440 | ▲1,098,551 |                |

## 資料 2

## 2011 年度予算

| 収入の部        |           |           |          |                 |
|-------------|-----------|-----------|----------|-----------------|
| 費 目         | 2011年度予算  | 2010年度予算  | 増 減      | 備 考             |
| 正会員会費       | 936,000   | 984,000   | ▲48,000  | 117名×8,000円     |
| 特別会員        | 60,000    | 72,000    | ▲12,000  | 10名×6,000円      |
| 学生会員会費      | 12,000    | 8,000     | 4,000    | 3名×4,000円       |
| 賛助会員会費      | 140,000   | 140,000   | 0        | 14口×10,000円(8社) |
| 学会誌売上金      | 120,000   | 120,000   | 0        |                 |
| 広告料         | 20,000    | 20,000    | 0        |                 |
| 別刷り代等       | 500,000   | 500,000   | 0        | 別刷り, 超過頁・カラー印刷費 |
| 著者掲載料       | 800,000   | 800,000   | 0        | 16編×50,000円     |
| 雑収入         | 100,000   | 100,000   | 0        |                 |
| 前年度繰越(銀行残高) | 736,584   | 623,991   | 112,593  |                 |
| 寄付金         | 0         | 500,000   | ▲500,000 |                 |
| 収入合計        | 3,424,584 | 3,867,991 | ▲443,407 |                 |

| 支出の部     |           |           |          |                |
|----------|-----------|-----------|----------|----------------|
| 費 目      | 2011年度予算  | 2010年度予算  | 増 減      | 備 考            |
| 学会誌印刷費   | 1,800,000 | 1,800,000 | 0        | 4冊×450,000円    |
| 送料・通信費   | 150,000   | 150,000   | 0        |                |
| 事務費      | 700,000   | 700,000   | 0        | 人件費, 事務用品, 封筒他 |
| 交通費      | 20,000    | 20,000    | 0        |                |
| 会議費      | 5,000     | 5,000     | 0        |                |
| 学会賞経費    | 50,000    | 50,000    | 0        | メダル, 賞状他       |
| 雑費       | 25,000    | 25,000    | 0        | DVD制作費含        |
| 50周年記念事業 | 0         | 800,000   | ▲800,000 |                |
| 予備費      | 674,584   | 317,991   | 356,593  |                |
| 支出合計     | 3,424,584 | 3,867,991 | ▲443,407 |                |

**資料 3**

日仏海洋学会 役員・評議員（2010－2011 年度）

会 長：今脇資郎

副会長：森永 勤 小松輝久

編集委員長：吉田次郎

幹 事：（庶務）河野 博 荒川久幸  
（会計）神田穰太 山崎秀勝  
（編集）田中祐志 北出裕二郎  
（研究）石丸 隆 鈴木秀和  
（広報）内田 裕 溝端浩平

監 事：長島秀樹 小池 隆

評議員：荒川久幸，石丸 隆，磯田 豊，市川 香，  
今脇資郎，神田穰太，北出裕二郎，小池勲夫，  
小池 隆，河野 博，小松輝久，齊藤誠一，  
関根義彦，千手智晴，田中祐志，中田英昭，  
長島秀樹，前田昌調，森永 勤，門谷 茂，  
柳 哲雄，山口征矢，山崎秀勝，吉田次郎  
（選挙選出 24 名）  
溝端浩平，内田 裕，鈴木秀和，小池康之  
（会長推薦 4 名）

以上 28 名

賞委員：

2010年度：○小松輝久，荒川久幸，河野 博，和泉 充，  
門谷 茂，神田穰太，石丸 隆，田中祐志，  
市川 香

2011年度：神田穰太，○石丸 隆，田中祐志，市川 香，  
吉田次郎，瀬川 進，千手智晴，有元貴文，  
北出裕二郎（○は委員長）

以上

## 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  
 平成19年6月9日 改正  
 平成21年6月20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) 海洋および水産に関する研究会および講演会の開催
  - (2) 定期刊行物、学術上の刊行物の発行
  - (3) 学会賞の授与
  - (4) 日仏両国を主とする海洋および水産に関する共同研究成果の発表、ならびに、技術開発成果の導入および普及
  - (5) 両国の海洋・水産関係者の交流促進および親睦をはかること
  - (6) その他本会の目的を達成するために必要な事業
- 第4条 本会には、海洋、水産学の分野に応じて分科会を設けることができる。  
分科会は評議員会の決議によって作るものとする。
- 第5条 本会の事務所は日仏会館（〒150-0013 東京都渋谷区恵比寿3丁目9番25号）に置く。
- 第6条 本会に地方支部を置くことができる。
- 第7条 本会会員は本会の目的に賛成し、所定の会費を納めるものとする。会員は正会員、特別会員（年度初めに満65歳以上で申告のあった者）、学生会員、団体会員および賛助会員とする。会費（年額）は、正会員8,000円、特別会員6,000円、学生会員4,000円、団体会員9,000円、賛助会員一口10,000円とする。
- 第8条 会員は、退会、死亡、または除名によって、資格を喪失する。
- (1) 会員で退会しようとするものは、理由を付して退会届を会長に提出しなければならない。この場合、未納会費があるときはこれを全納しなければならない。
  - (2) 会員が本会の名誉を毀損または会費を3年以上滞納したとき、評議員会の承認によってこれを除名することができる。
- 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28名以内とし、24名は正会員、特別会員および学生会員の投票によって選出される。会長は評議員会の同意を得て4名以内の正会員、特別会員および学生会員を評議員に委嘱することができる。評議員の任期は2年とする。ただし、再任を妨げない。  
評議員会は評議員総数の3分の1以上の出席がなければ成立しない。ただし、出席できない評議員で、委任状により他の出席評議員または議長に決議を委任した者は、出席者とみなす。評議員会の議決は出席者の過半数でなされる。
- 第10条 評議員はその内より次の役員を選ぶ。ただし、監事は評議員以外からも選ぶことができる。  
会長 1名、副会長 2名、  
幹事 10名以上12名以内、監事 2名  
役員の任期は2年とする。ただし、再任を妨げない。
- 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が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。会長に事故あるときは副会長がこれに代わる。  
会長、副会長および幹事は幹事会を構成し、本会の庶務、会計、編集、研究発表、渉外などの会務を行う。

監事は本会の会計を監督する。

- 第13条 通常総会は毎年1回会長が招集する。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。総会では評議員会の報告に基づいて、会の重要問題を審議する。総会は正会員、特別会員および学生会員の6分の1以上の出席がなければ成立しない。ただし、

出席できない会員で、委任状により他の出席会員または議長に決議を委任した者は、出席者とみなす。総会の議決は出席者の過半数でなされる。

第14条 本会則の変更は総会の決議による。

第15条 本会の解散と資産の処分は総会における、出席者の3分の2以上の議決を経なければならない。

## 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. 評議員の選出は正会員、特別会員および学生会員の24名連記無記名投票による。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）および日仏海洋学会論文賞（以下「論文賞」という）を本学会に設ける。学会賞は本学会員で、海洋学および水産学において顕著な学術業績を挙げた者のなかから、以下に述べる選考を経て選ばれた者に授ける。論文賞は若手研究者や大学院生を筆頭著者とする論文を対象とする。原則として選考年度を含む3年（暦年）の間に、本学会誌に発表された論文のなかから、優秀な論文2編以内を選び、その著者（共著者を含む）に以下に述べる選考を経て授ける。
2. 学会賞および論文賞候補者を選考するため学会賞および論文賞受賞候補者推薦委員会（以下「委員会」という）を設ける。
3. 委員会の委員は9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。委員の任期は2年とし、隔年に4名および5名を交代する。会長は委員会が必要と認めた場合、評議員の同意を得て2名まで委員を追加委嘱することが出来る。ただし、追加委嘱された委員の任期はその年度限りとする。
4. 委員会は学会賞受賞候補者1件および論文賞受賞候補者2件以内を選び、12月末までに選考理由書をつけて会長に報告する。
5. 会長は委員会が推薦した各候補者につき無記名投票の形式により評議員会にはかる。投票数は評議員総数の3分の2以上を必要とし、有効投票のうち4分の3以上の賛成がある場合、これらを各賞受賞者として決定する。
6. 授賞式は翌年春の総会において行い、学会賞受賞者には賞状およびメダルを、論文賞受賞者には賞状をそれぞれ贈呈する。
7. 本規定の改正は評議員会の議を経て行なう。

### 覚書

1. 委員は各専門分野から選出されるように十分配慮すること。
2. 受賞者は原則として順次各専門分野にわたるよう十分配慮すること。
3. 平成14年度より適用する。

## 日仏海洋学会誌「うみ」投稿規定

1. 「うみ」(欧文誌名 La mer)は日仏海洋学会の機関誌として、和文または欧文により、海洋学および水産学ならびにそれらの関連分野の研究成果を発表する学術雑誌であり、同時に研究者間の情報交換の役割をもつことを目的としている。
2. 「うみ」は、原則として年4回発行され、投稿(依頼原稿を含む)による原著論文、原著短報、総説、学術資料、書評その他を、編集委員会の審査により掲載する。これらの著作権は日仏海洋学会に帰属する。
3. 投稿は日仏海洋学会会員、および日仏海洋学会正会員に準ずる非会員からとする。共著者に会員を含む場合は会員からの投稿とみなす。
4. 用語は日、仏、英3カ国語のいずれかとする。ただし、表および図の説明の用語は仏文または英文に限る。原著論文には約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、欧文論文には約500字の和文要旨も添える。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。
5. 原稿はすべてワードプロセッサを用いて作成し、本文・原図とも2通(正、副各1通)ずつとする。副本は複写でよい。本文原稿はすべてA4判とし、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。表原稿および図の説明原稿は本文原稿とは別紙とする。
6. 投稿原稿の体裁形式は「うみ」最近号掲載論文のそれに従う。著者名は略記しない。記号略号の表記は編集委員会の基準に従う。引用文献の表示形式は、雑誌論文、単行本分載論文(単行本の一部引用も含む)、単行本などの別による基準に従う。
7. 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。
8. 初稿に限り著者の校正を受ける。
9. すべての投稿原稿について、1編あたり5万円の論文掲載料を申し受けます。
10. 会員に対しては10印刷ページまでの掲載を無料とする。会員の投稿で上記限度を超える分および非会員投稿(依頼原稿を除く)の印刷実費はすべて著者負担(1万円/ページ)とする。ただし、カラー印刷を含む場合には、別に所定の費用(1ページあたり9万円)を著者(会員、非会員とも)負担とする。
11. すべての投稿原稿について、1編あたり別刷り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部単位で有料で作製される。別刷り請求用紙は初稿校正と同時に送付される。
12. 原稿の送り先は下記の通りとする。なお著者(共著の場合は代表者)連絡先のe-mailアドレス並びにFAX番号を付けることとする。

〒108-8477 東京都港区港南4-5-7

東京海洋大学海洋科学部海洋環境学科(吉田 次郎気付)

日仏海洋学会編集委員会

e-mail: jiroy@s.kaiyodai.ac.jp

### 執筆要領

#### 1. 原稿

- (1) 和文原稿の場合: ワードプロセッサを使用し、A4版の用紙におよそ横30字、縦25行を目安に作成すること。
- (2) 欧文原稿の場合: ワードプロセッサを使用し、A4版の用紙にダブルスペース25行でタイプし、十分な英文添削または仏文添削を経て提出すること。
- (3) 和文原稿、欧文原稿いずれの場合も、要旨、表原稿および図版説明原稿はそれぞれ本文原稿とは別紙とする。
- (4) 最終原稿提出の際に、印刷原稿とともに原稿、表、図版が保存されたフロッピーディスク、CD-R/RW、MO等での提出を依頼する。この場合、原稿はMicrosoft WORD、Just System 一太郎、PDFの原稿のみに限る。また、表、図版はこれら原稿ファイルの中に取り込むか、bmp、jpg等の一般的な画像ファイルに保存したものに限る。なお、電子媒体は返却しない。

## 2. 原稿記載の順序

- (1) 原著（和文原稿）：原稿の第1ページ目に表題，著者名，研究の行われた所属機関，所在地，郵便番号を和文と英文で記載する。研究終了後所属機関が変わった場合は現所属機関も記載する。連絡先（共著の場合は連絡先とする著者を明示する）の住所，電話番号，ファックス番号，E-mailアドレスも記す。最後にキーワード（4語以内），ランニングヘッドを英文で記載すること。第2ページ目に欧文要旨（欧文表題，著者名を含む）を200語以内で記す。本文は第3ページ目から，「緒言」「資料」「結果」「考察」「謝辞」「文献」「図版の説明」などの章立てあるいは項目で順に記載する。基本的には最近号掲載論文の体裁形式を参考にして投稿原稿を作成すること。原稿には通しのページ番号を記入すること。
- (2) 原著（欧文原稿）：原稿の第1ページ目に表題，著者名，研究の行われた所属機関，所在地，郵便番号を記載する。研究終了後所属機関が変わった場合は現所属機関も記載する。最後にキーワード（4語以内），ランニングヘッドを記載すること。第2ページ目に欧文要旨（欧文表題，著者名を含む）を200語以内で記す。本文は第3ページ目からとする。「Introduction」「Data」「Results」「Discussion」「Acknowledgement」「References」「Figure Caption」などの章立てで順に記載する。基本的には投稿原稿の体裁形式は最近号掲載論文を参考にして作成すること。最終ページに和文の表題，著者名，連絡先著者住所，電話番号，ファックス番号，E-mailアドレスおよび約500字以内の和文要旨を添える。原稿には通しのページ番号を記入すること。
- (3) 原著短報，総説：和文ならびに欧文原稿とも原著論文に準ずる。
- (4) 学術資料，書評：特に記載に関する規定はないが，すでに掲載されたものを参考にすること。

## 3. 活字の指定

原稿での活字は10.5pt~12ptを目安に設定し，英数字は半角フォントを用いること。学名はイタリック，和文原稿での動植物名はカタカナとすること。句読点は（。）および（，）とするが，文献リストでは（.）および（,）を用いること。章節の題目，謝辞，文献などの項目はボールドまたはゴシックとする。

## 4. 文献

文献は本文および図表に引用されたもののすべてを記載しなければならない。和文論文，欧文論文共に筆頭著者のアルファベット順（同一著者については，単著，共著の順とし，それぞれ発表年の古い順）にまとめ，以下の例に従って記載する。

### (1) 論文の場合

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

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

### (2) 単行本分載論文（単行本の一部引用の場合）

村野正昭 (1974): あみ類と近底層プランクトン. *海洋学講座10 海洋プランクトン* (丸茂隆三編), 東京大学出版会, 東京, p.111-128.

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

### (3) 単行本の場合

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

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

### (4) 本文中での文献の引用

本文中での文献の引用方法はすでに発行された雑誌を参考にすが，基本的には次の形式に従う。

① GREVE and PARSONS (1977)

② (AVIAN and SANDRIN, 1988),

③ YANAGI *et al.* (1997) は…… (3名以上の共著の場合)

④ ……示されている (例えば, YANAGI *et al.*, 1997) (3名以上の共著の場合)

## 5. 図, 表および写真

- (1) 図, 表および写真とその説明はすべて英文または仏文を用いる。
- (2) 図, 表はそのまま写真製版用の草稿となるような明瞭なもので, A4版の上質紙に作製したもの(写真は, 正原稿についてもオリジナルとは別にA4版の用紙にコピーしておくことが望ましい)のみを受け付ける。カラー図を希望する場合はその旨明記する。この場合, 別に所定の費用を著者負担とする。
- (3) 写真は光沢平滑印画紙に鮮明に焼き付けたものを受け付ける。カラー写真の印刷を希望する場合はその旨明記する。この場合, 別に所定の費用を著者負担とする。
- (4) 図, 表および写真は刷り上がり時に最大横が14cm, 縦が20cm(説明文を含む)以内であることを考慮して作製すること。
- (5) 図(写真を含む)には, Fig. 1, Fig. 2, ……のように通し番号をつけ, 一つの図中に複数の図を含む場合は Fig. 3 (a), Fig. 3 (b), ……のように指定する。本文中での引用は和文原稿の場合も「Fig. 1にみられるように……」のようにすること。
- (6) 表には, 表題の次(表の上のスペース)に説明をつけ, 表ごとに別紙とし, Table 1, Table 2, ……のように通し番号をつけること。
- (7) 図, 表および写真は1枚ごとに著者名, 通し番号をつけること。また, 本文中での挿入箇所を最終提出原稿の該当箇所右欄外に朱書きすること。
- (8) 図, 写真の説明は別紙にまとめること。
- (9) 地図にはかならず方位と縮尺または緯度, 経度を入れること。

## 6. 単位系

原則としてSI単位を用いること。塩分は実用塩分単位 (Practical Salinity Unit : psuまたは PSU) を用いる場合は単位なしとする。

## Information for Contributors

1. The scientific journal, "La mer," the official organ of Japanese-French Oceanographic Society (JFOS), is published quarterly. "La mer" is open to all researchers in oceanography, fisheries and related sciences in the world. The journal is devoted to the publication of original articles, short contributions, reviews, book reviews, and information in oceanography, fisheries and related fields. Submission of a manuscript will imply that it has not been published or accepted for publication elsewhere. The editorial board decides the acceptance of the manuscript on the basis of peer-reviews and is responsible for its final editing. The Society reserves the copyright of all articles in the Journal.
2. *Submission*: Manuscripts must be written in French, English or Japanese. Authors are requested to submit their original manuscript and figures with one copy to the Editor in chief.
3. *Publication charges*: Each accepted article is charged 50,000 yen for publication. For members, there will be no page charge for less than ten printed pages, and 10,000 yen will be charged per page for the excess, except for color pages. For nonmembers there is a publication charge of 10,000 yen per printed page except for color pages. Color illustrations will be provided at cost.
4. *Proofs and reprints*: Fifty reprints of each article will be provided free of charge. Additional reprints can be provided in blocks of 50 copies. Proofs will be sent to the corresponding author. A reprint order form will be sent with the proofs.
5. Manuscripts should be sent to  
Editor in Chief of "La mer"  
Jiro Yoshida  
Department of Ocean Sciences  
Tokyo University of Marine Science and Technology  
Konan, Minato-Ku, Tokyo, Japan 108-8477.  
jiroy@s.kaiyodai.ac.jp

### Manuscript Preparation

1. General
  - 1) Manuscripts must be typed with double-spacing on one side of A4 size white paper with wide margins.
  - 2) Figures, tables, and figure captions should be prepared separate from the main text.
  - 3) Authors should submit an electronic copy of their paper with the final version of the manuscript. The electronic copy should match the hardcopy exactly and should be stored in CD-R/W or FD. MS-WORD (Windows) and PDF formats are accepted.
2. Details
  - 1) The first page of the manuscript should include the title, author's full names and affiliations including Fax numbers and E-mail addresses. The corresponding author should be designated. Key words (up to four words) and running head should be written at the bottom of the page.
  - 2) An abstract of 200 words or less in English or French should be on the second page.
  - 3) The main text should start on the third page. Please adhere to the following order of presentation: main text, acknowledgements, appendices, references, figure captions, tables. All pages except the first page must be numbered in sequence.
  - 4) Mathematical formulae should be written with a wide space above and below each line. Syste me International (SI) units and symbols are preferred.
  - 5) All references quoted in the text should be listed separately in alphabetical order according to the first author's last name. Citations must be complete according to the following examples:  
*Article*: YANAGI, T. T. TAKAO and A.MORIMOTO (1997): Co-tidal and co-range charts in the South China Sea

derived from satellite altimetry data. *La mer*, **35**, 85–93.

*Chapter*: WYNNE, M.J. (1981): Pheophyta: Morphology and classification. *In* the *Biology of Seaweeds*. LOBBAN, C.S. and M. J. WYNNE (eds.), Blackwell Science, Oxford, p. 52–85.

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

- 6) *Illustrations*: All illustrations should be provided in camera-ready form, suitable for reproduction (which may include reduction) without retouching. Photographs, charts and diagrams are all to be referred to as "Fig(s)." and should be numbered consecutively in the order to which they are referred. They should accompany the manuscript, but should not be included within the text. All figures should be clearly marked on the back with the figure number and the author's name. All figures are to have a caption. Captions should be supplied on a separate sheet.
- 7) *Photographs*: Original photographs must be supplied as they are to be reproduced (e.g. black and white or color). If necessary, a scale should be marked on the photograph. Please note that photocopies of photographs are not acceptable. Half-tone illustrations should be kept to a minimum.
- 8) *Color illustrations*: The printing cost of color illustrations must be borne by authors or their institution. Authors will receive information about the cost on acceptance of the manuscript.
- 9) *Tables*: Tables should be numbered consecutively and given a suitable caption on top and each table typed on a separate sheet.

La mer (Bulletin de la  
Société franco-japonaise  
d'océanographie)  
Tome 48 (2010)

うみ (日仏海洋学会誌)

第48巻 (2010年)

Sommaire

総目次

Numéro 1

第1号

Notes originals

Observations of eleven *Pseudo-nitzschia*  
*species in Tokyo Bay, Japan*

.....Leni G. YAP-DEJETO,  
Takuo OMURA,  
Yukio NAGAHAMA and  
Yasuwo FUKUYO

1-16

Seasonal Variations of the oceanic condi-  
tion off Sanrihama Beach, Nemuro I.  
Temperature structure (In Japanese)

.....Keiichi Nagase,  
Kimihiro Aikawa,  
Isao Hakata, and  
Yutaka Nagata

17-32

Marking of tiger shrimp *Penaeus*  
*monodon* (Fabricius) juveniles: Com-  
parison among inexpensive tagging  
options

.....Jon P. ALTAMIRANO and  
Hisashi KUROKURA

33-45

Faits divers

47

Procès-verbaux

48

原 著

東京湾で採集された 11 種の *Pseudo-*  
*nitzschia* (英文)

.....Leni G. Yap-DEJETO・  
大村卓朗・長濱幸生・福代康夫

1-16

根室市三里浜沖海況の季節変化 I. 水温  
構造

.....長瀬桂一・相川公洋・博田功・  
永田豊

17-32

ウシエビ *Penaeus monodon* (Fabricius)  
稚エビの標識法—安価な標識法の比較  
(英文)

.....ジョン・P・アルタミラノ・  
黒倉 寿

33-45

資料

47

学会記事

48

Numéro 2

第 2 号

Notes originals

Distribution and population structure of salps off Adelie Land in the Southern Ocean during austral summer, 2003 and 2005

.....Atsushi ONO,  
Takashi ISHIMARU and  
Yuji TANAKA

55-70

Development of Algorithms for Estimating the Seasonal Nitrate Profiles in the Upper Water Column of The Sagami Bay, Japan

.....Andreas A. HUTAHAEAN,  
Joji ISHIZAKA, Akihiko MORIMOTO,  
Jota KANDA, Naho HORIMOTO, and  
Toshiro SAINO

71-86

Seasonal Variations of the oceanic condition off Sanrihama Beach, Nemuro II. salinity and density structure (In Japanese)

.....Yutaka NAGATA, Sachiko OGUMA,  
Keiichi NAGASE, Kimihiro AIKAWA,  
Isao HAKATA

87-100

Faits divers

101

Procès-verbaux

102

原 著

2003, 2005 年夏季の南大洋インド洋セクターにおけるサルパ類の分布と個体群構造 (英文)

.....小野敦史・石丸 隆・  
田中祐志

55-70

相模湾の上層の季節的な硝酸塩プロファイルの推定アルゴリズム (英文)

.....Andreas A. Hutahaeen・  
石坂丞二\*・森本昭彦・  
神田穰太・堀本奈穂・  
才野敏郎

71-86

根室市三里浜沖海況の季節変化 II. 塩分・密度構造

.....永田 豊・小熊幸子・  
長瀬桂一・相川公洋・博田 功

87-100

資料

101

学会記事

102

Numéro 3, 4

第 3, 4 号

Notes originals

The importance of animal components in  
the diet of adult rabbitfish *Siganus*  
*fuscescens*

.....Rena SHIBATA,  
Satoshi KATAYAMA,  
Satoshi WATANABE and  
Hisayuki ARAKAWA

103-111

原 著

アイゴ成魚に対する動物性餌料の重要性

.....柴田玲奈・片山知史・  
渡部諭史・荒川久幸

103-111

Procès-verbaux

114

学会記事

114

# 社会基盤の形成と環境保全の 総合コンサルタント

当社は、新しい総合コンサルタントとして、社会基盤整備や環境保全にかかわる  
企画、調査、分析、予測評価から計画・設計、維持・管理に至るすべての段階において、  
お客様のニーズに常に最適で付加価値の高いサービスを提供しております。



代表取締役会長 田畑日出男  
代表取締役社長 小島伸一

## 業務内容

- ▶ 河川・海岸の整備・保全計画及び構造物の設計・管理
- ▶ ダムの計画・設計・再開発・管理及び水質・堆砂対策
- ▶ 道路・交通・都市の計画・設計・管理
- ▶ 橋梁の設計・管理
- ▶ 自然及び人工災害に係る事前・事後対策調査、計画・設計
- ▶ 環境に関する現況調査、予測、解析
- ▶ 環境アセスメント(環境影響評価)、環境保全対策
- ▶ 環境に関する生物の調査、分類、同定、実験、解析、育成
- ▶ 生物生息環境の保全、再生、創造
- ▶ 理化学分析・試験(環境質)、環境リスクの評価・管理
- ▶ 気象情報配信とバイオウェザーサービス
- ▶ 海外におけるこれらに関する業務・事業



人と地球の未来のために ——

**いであ株式会社**

<http://ideacon.jp/>

|                   |           |                                |                  |
|-------------------|-----------|--------------------------------|------------------|
| 本 社               | 〒154-8585 | 東京都世田谷区駒沢 3-15-1               | 電話: 03-4544-7600 |
| 国 土 環 境 研 究 所     | 〒224-0025 | 神奈川県横浜市都筑区早渕 2-2-2             | 電話: 045-593-7600 |
| 環 境 創 造 研 究 所     | 〒421-0212 | 静岡県焼津市利右衛門 1334-5              | 電話: 054-622-9551 |
| 大 阪 支 社           | 〒559-8519 | 大阪府大阪市住之江区南港北 1-24-22          | 電話: 06-4703-2800 |
| 沖 縄 支 社 / 沖 縄 支 店 | 〒900-0003 | 沖縄県那覇市安謝 2-6-19                | 電話: 098-868-8884 |
| 札 幌 支 店           | 〒060-0062 | 北海道札幌市中央区南二条西 9-1-2 (サンケン札幌ビル) | 電話: 011-272-2882 |
| 東 北 支 店           | 〒980-0012 | 宮城県仙台市青葉区錦町 1-1-11             | 電話: 022-263-6744 |
| 名 古 屋 支 店         | 〒455-0032 | 愛知県名古屋市中区入船 1-7-15             | 電話: 052-654-2551 |
| 中 国 支 店           | 〒730-0841 | 広島県広島市中区舟入町 6-5                | 電話: 082-207-0141 |
| 四 国 支 店           | 〒780-0053 | 高知県高知市駅前町 2-16 (太陽生命高知ビル)      | 電話: 088-820-7701 |
| 九 州 支 店           | 〒812-0055 | 福岡県福岡市東区東浜 1-5-12              | 電話: 092-641-7878 |

## 賛 助 会 員

|                       |  |
|-----------------------|--|
| J F E ア レ ッ ク 株 式 会 社 | 神戸市西区井吹台東町7-2-3                        |
| 株式会社 イーエムエス           | 神戸市中央区東川崎町1-3-3<br>神戸ハーバーランドセンタービル 13F |
| 有限会社 英和出版印刷社          | 北区中里2-14-8 シャンボール駒込 101                |
| 財団法人 海洋生物環境研究所        | 千代田区神田神保町3-29 帝国書院ビル5F                 |
| ケー・エンジニアリング株式会社       | 台東区浅草橋5-14-10                          |
| いであ株式会社               | 世田谷区駒沢3-15-1                           |
| テラ株式会社                | 文京区湯島4-1-13-402                        |
| 八洲商事株式会社              | 静岡市清水区宍原630-5                          |

### 「ハイブリッド抽出」によって生まれた、天然・無添加無着色マグロ魚油カプセル



#### まぐろの輝き ツナミン

##### 栄養成分(6粒中あたり)

DHA 435mg  
EPA 106mg  
ビタミンD 2.33μg(栄養機能食品)  
ビタミンE 0.43mg

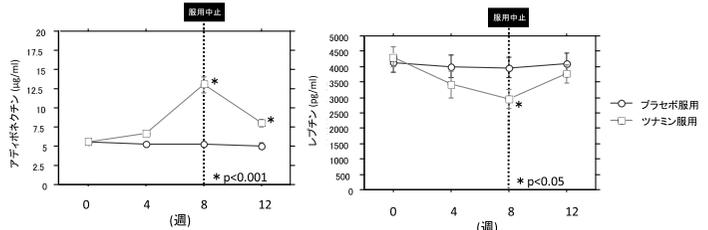
内容量79.2g(440mg/粒、内容300mg/粒×180粒)  
標準小売価格 6,300円(送料・税込)

#### ハイブリッド抽出法 (特開2009-051959)

「ハイブリッド抽出」は低温で圧力を調整しながら数段階抽出を行う製法です。従来の精製で失われるビタミン類を保持し、かつ非常に酸化しにくい魚油を抽出できます。トランス脂肪酸は一切生成されません。

#### アディポサイトカイン改善作用 (特願2009-274638)

関西大学福永准教授の協力のもと、ツナミン摂取群とプラセボ摂取群各17人の計34人を対象に二重盲検試験を実施し検証しました。1日3回(1回2錠)、1日計6錠、8週間服用を継続させ、その後は服用を中止しました。



ツナミンを服用することにより、脂肪細胞から分泌される善玉物質『アディポネクチン』を増加させ、悪玉物質『レプチン』を減少させる効果があります。これらアディポサイトカインの増減と同時に、血圧降下作用、中性脂肪低下作用、コレステロール低下作用も確認されています。

八洲商事株式会社

〒424-0301 静岡県静岡市清水区宍原630-5  
http://www.yashima-suisan.co.jp



0120-514-096

# 日仏海洋学会入会申込書

(正会員・学生会員)

|                      |        |      |   |    |         |
|----------------------|--------|------|---|----|---------|
|                      | 年度より入会 | 年    | 月 | 日  | 申込      |
| 氏名                   |        |      |   |    |         |
| ローマ字                 |        | 年    | 月 | 日  | 生       |
| 住所 〒                 |        |      |   |    |         |
| 勤務先 機関名              |        |      |   |    |         |
| 電話                   |        |      |   |    | E-mail: |
| 自宅住所 〒               |        |      |   |    |         |
| 電話                   |        |      |   |    | E-mail: |
| 紹介会員氏名               |        |      |   |    |         |
| 送付金額                 | 円      | 送金方法 |   |    |         |
| 会誌の送り先 (希望する方に○をつける) |        | 勤務先  |   | 自宅 |         |

(以下は学会事務局用)

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

入会申込書送付先：〒150-0013 東京都渋谷区恵比寿 3-9-25

(財) 日仏会館内

日 仏 海 洋 学 会

郵便振替番号：00150-7-96503