

PIP/PP ratio as an indicator of phytoplankton activities and origin of particulate matter in Harima-Nada, the Seto Inland Sea, Japan

Toshimasa ASAHI¹⁾²⁾, Hitomi YAMAGUCHI¹⁾, Kazuhiko ICHIMI³⁾ and Kuninao TADA^{1)*}

Abstract : Chemical and elemental components of surface particulate matters were investigated during 4 seasons all over the Harima-Nada, the eastern part of the Seto Inland Sea, Japan. We measured concentration of particulate organic carbon (POC), particulate organic nitrogen (PON), and chlorophyll *a* (Chl.*a*). We also determined the particulate phosphorus (PP) divided into organic (POP) and inorganic (PIP) fractions. In this paper, the seasonal variations of the C/Chl.*a*, C/N and PIP/PP ratios of particulate matter were discussed. In summer, Chl.*a* was high, and Chl.*a* and PIP/PP ratios indicated phytoplankton activities were also high. Our dataset also indicated that surface particulate matter contained a large amount of non-phytoplankton particle in the coastal water, even when phytoplankton biomass was high in summer. We found that the PIP/PP ratio was a good indicator to predict the phytoplankton activity and the origin of particulate matter of surface seawater as well as the C/Chl.*a* and C/N ratio.

Keywords : *Seto Inland Sea, Phytoplankton, C/Chl.a ratio, particulate inorganic phosphorus (PIP).*

1. Introduction

A high primary productivity, phytoplankton activity, and phytoplankton growth in coastal waters have been discussed (CLOERN *et al.*, 1995; CLOERN, 1999). C/chlorophyll *a* (Chl.*a*) ratio is an important index to predict primary productivity of phytoplankton (CLOERN *et al.*, 1995; WANG *et al.*, 2013). C/Chl.*a* ratio was reported for cultured phytoplankton (FALKOWSKI *et al.*, 1985; GEIDER, 1987; CLOERN *et al.*, 1995)

and field observations (Van LEEUWE and De BAAR, 2000; Le BOUTEILLER *et al.*, 2003; MARANON, 2005; SATHYENDRANATH *et al.*, 2009). Although there are many data of C/Chl.*a* ratios, little is known about the spatial and temporal variations in C/Chl.*a* (WANG *et al.*, 2013). Most of the C/Chl.*a* data in the field observations were mainly studied in open ocean but not many in coastal waters. In addition, there are temporal variations in primary productivity, phytoplankton activities and components of phytoplankton depending on ambient environmental conditions (e.g., CLOERN, 1999; GEIDER and La ROCHE, 2002; ARRIGO, 2005). Here, we investigated seasonal variations of the C/Chl.*a* ratio in Harima-Nada, the Seto Inland Sea, and discuss the phytoplankton activity in the coastal water.

We also measured particulate phosphorus (PP) dividing into organic (POP) and inorganic (PIP) fractions. PP is mainly composed

1) Faculty of Agriculture, Kagawa University, 2393 Ikenobe, Miki, Kita, Kagawa 761-0795, Japan.

2) The United Graduate School of Agricultural Sciences, Ehime University, 3-5-7 Tarumi, Matsuyama, Ehime 790-8566, Japan.

3) Seto Inland Sea Regional Research Center, Kagawa University, 4511-15 Aji, Takamatsu, Kagawa 761-0130, Japan.

* Corresponding author: Kuninao Tada

E-mail: tada@ag.kagawa-u.ac.jp

telephone and fax numbers: +81-87-891-3148

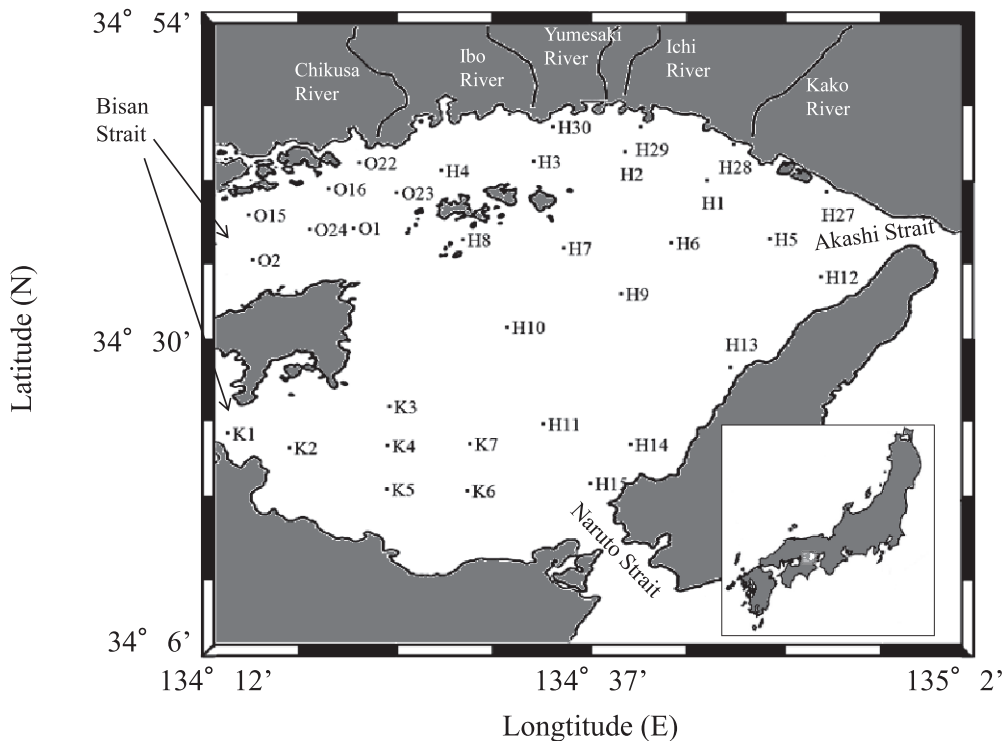


Fig. 1. Sampling stations in Harima-Nada, the Seto Inland Sea, Japan.

of phytoplankton and fresh marine organic matter in the open ocean (YOSHIMURA *et al.*, 2007). However, high concentrations of PIP are often observed in coastal and estuarine waters due to terrigenous input and resuspension of sediment particles, and the distribution of PP shows a slight difference compared with that of Chl.*a* in coastal areas and estuaries (SUZUMURA *et al.*, 2004; LOASSACHAN *et al.*, 2008). Although it has been reported that phosphorus was preferentially remineralized relative to carbon and nitrogen in marine ecosystems (LOH and BAUER, 2000), BENITEZ-NELSON *et al.* (2004) suggested from measurement of PP divided into POP and PIP that POP is not preferentially remineralized relative to particulate organic carbon (POC) and nitrogen (PON). Information obtained in this way of dividing PP into POP and PIP is important for identifying particulate phosphorus behavior. Thus, in the present paper, we suggested that PP and PIP are also useful indexes to predict phyto-

plankton activities and components of particulate matters in coastal waters. We investigated Chl.*a*, particulate organic carbon (POC), particulate inorganic nitrogen (PON), PP and PIP in the coastal water to reveal seasonal variations in phytoplankton activities and components of particulate matters.

2. Material and Method

2.1 Study site

Harima-Nada is located in the eastern part of the Seto Inland Sea. Its average water depth is about 30 m. This is a semi-enclosed sea connecting to Bisan-Seto in the west, to Osaka Bay in the east, and to Kii Channel in the south, being connected to the Pacific Ocean. The northern part of Harima-Nada has a strong freshwater discharge from several large rivers (Fig. 1). In Harima-Nada, the primary production rate is higher in the Seto Inland Sea next to the highly eutrophicated Osaka Bay and northern Hiroshima Bay (HASHIMOTO and TAKEOKA, 1998;

TADA *et al.*, 1998).

2.2 Sampling

Water samples were collected at 33 stations from all over Harima-Nada (Fig. 1). Observations were conducted 4 times (May, August and November 2011 and February 2012) to see the seasonal variations. In Stn. H27, we could not collect surface water due to Nori (*Pyropia*) cultivation in November and February.

At every sampling station, salinity and water temperature were measured from surface to bottom by a CTD (AAQ1183, JFE Advantech), and surface water was collected with a plastic bucket to measure concentrations of Chl.*a*, PP, PIP, POC and PON. Filter samples were stored in a cooler with ice, and kept frozen (-30°C) until analysis after bringing to the laboratory.

2.3 Chl.*a* determination

Concentrations of Chl.*a* were analyzed by the fluorescence method (HOLM-HANSEN *et al.*, 1965) described in PARSONS *et al.* (1984). Aliquots of water samples were filtered through a Whatman GF/F filter. Filter samples were soaked in 90% acetone in dark at 5°C for 24 h. After soaking, fluorescence of extractions was determined by AU10 (Turner Design) to measure concentrations of Chl.*a*.

2.4 PP and PIP determination

Concentrations of PP and PIP in surface water were analyzed by combustion and colorimetric method (ASPILA *et al.*, 1976; LOH and BAUER, 2000; SUZUMURA *et al.*, 2004). Aliquots of water samples were filtered through a precombusted (500°C for 4 h) Whatman GF/F filter. Filter samples were freeze-dried and then combusted at 550°C for 2 h. Combusted filter samples were then soaked in 1 N HCl at room temperature (ca. 20°C) for 12 h. After soaking, extractions were neutralized by 1 N NaOH and their adsorption was measured through spectrophotometry by V530 (JASCO), using the method of MURPHY and RILEY (1962). The concentrations of PP were calculated by the absorbance of the extractions. Concentrations of PIP were estimated by a method similar to PP measurement but without the combustion

process.

2.5 POC and PON determination

Concentrations of POC and PON in surface water were analyzed by dry combustion method. Aliquots of water samples were filtered through a precombusted (500°C for 4 h) Whatman GF/F filter; then, filters were rinsed with 1 N HCl to remove inorganic carbon (HEDGES and STERN, 1984) and were rinsed with distilled water. After freeze-drying, filters were measured for POC and PON using a CHN elemental analyzer (JM10, J-SCIENCE LAB).

2.6 $\Delta\sigma_t$

$\Delta\sigma_t$ was calculated by the difference between σ_t of the surface and bottom, and used as the indicator of the stratificational strength.

3. Results and discussion

3.1 Seasonal variations of the concentrations of Chl.*a*, POC and phytoplankton C/Chl.*a* ratio

Mean water temperature and $\Delta\sigma_t$ in each observation was showed in Fig. 2. In the Seto Inland Sea, water mass structure, namely, stratification and vertical mixture of sea water are important for nutrient dynamics, distribution of particulate matter and primary production (HASHIMOTO *et al.*, 1997; KOBAYASHI *et al.*, 2007). In Harima-Nada, surface water temperature ranges approximately from 8°C in February and to $26-28^{\circ}\text{C}$ between August and early September. In addition, it is well-known that thermal stratification develops from April to August and the water column is vertically mixed from September to March (NISHIKAWA *et al.*, 2007). In our study, the mean water temperature in August were 26.4°C , which marked the highest value in observations. Water temperature also showed the lowest value in February (7.8°C). The values of $\Delta\sigma_t$ in May and August were also higher and were quite lower in November and February. Judging from water temperatures and the values of $\Delta\sigma_t$, water column was mixed in November and February and was stratified in May and August. Thus, we regarded the data in May, August, November and February as representing months in spring, summer, autumn and winter,

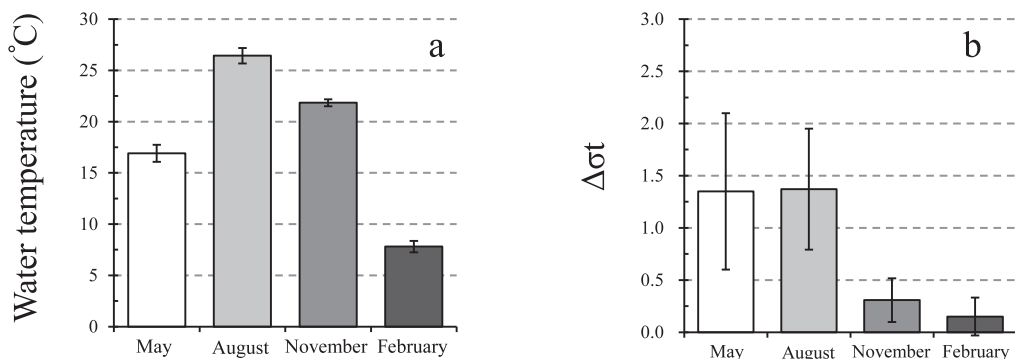


Fig. 2. Seasonal variations in water temperature (a) and $\Delta\sigma_t$ (b). Vertical bars represent SD.

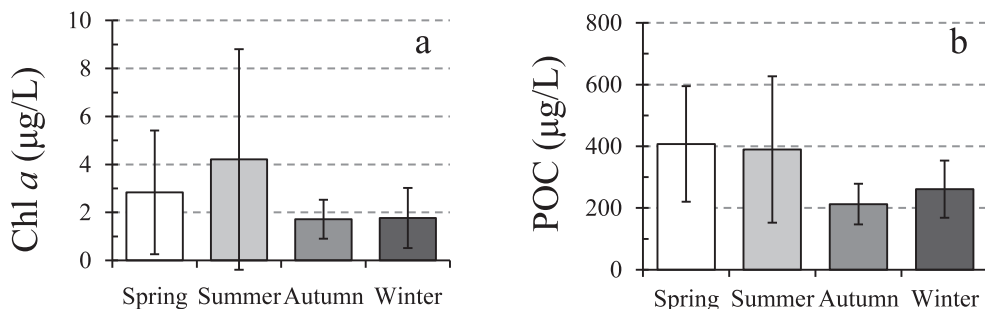


Fig. 3. Seasonal variations in Chl.a (a) and POC (b).

respectively.

Chl.a varied from 0.377 to 11.6 $\mu\text{g/L}$ in spring, 0.720 to 21.5 $\mu\text{g/L}$ in summer, 0.529 to 3.82 $\mu\text{g/L}$ in autumn, and 0.390 to 5.50 $\mu\text{g/L}$ in winter, respectively. The concentration of POC also varied from 170 to 1120 $\mu\text{g/L}$ in spring, 184 to 1470 $\mu\text{g/L}$ in summer, 125 to 385 $\mu\text{g/L}$ in autumn, and 163 to 549 $\mu\text{g/L}$ in winter, respectively. In the horizontal distributions, high Chl.a and POC concentrations were found in the northern coastal area in Harima-Nada in all seasons (the details of this phenomenon will be shown in ASAH I *et al.*, 2014). The seasonal variations of POC showed a similar trend with that of Chl.a (Fig. 3). In spring and summer, higher mean Chl.a (2.84 ± 2.54 , 4.21 ± 4.59 $\mu\text{g/L}$, respectively) and POC (407 ± 187 , 390 ± 237 $\mu\text{g/L}$, respectively) concentrations were observed, and higher phytoplankton activity can be

predicted in spring and summer.

In all seasons, there were positive correlations between Chl.a and POC in Harima-Nada (Fig. 4). However, POC may not represent only phytoplankton carbon but detritus, bacteria and other POC. Since it is difficult to divide particulate components into individual phytoplankton carbon and detritus carbon, we cannot directly estimate the concentrations of phytoplankton carbon. Consequently, phytoplankton POC/Chl.a ratios (g/g) were estimated from the slope of the regression line of Chl.a and POC (TADA *et al.*, 2006).

C/Chl.a had a mean value of 60.3 in 4 seasons. The C/Chl.a of 44.1 in summer, when Chl.a was higher, was clearly lower than those in the other seasons (Figs. 3 and 5). Measurements with phytoplankton grown in culture showed that C/Chl.a ranged from 10 to 330

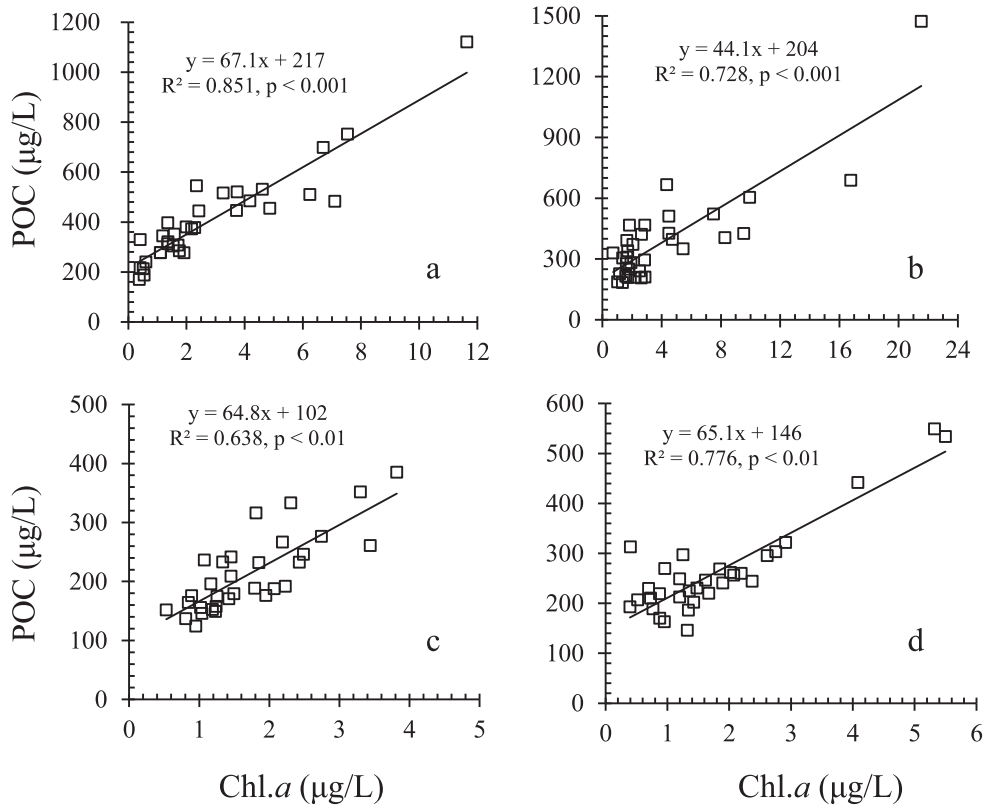


Fig. 4. Scatter plot of POC versus Chl.*a* in spring (a), summer (b), autumn (c) and winter (d).

(FALKOWSKI *et al.*, 1985; GEIDER, 1987; CLOERN *et al.*, 1995). In field observations, the large variation in C/Chl.*a* was also reported to range from 15 to 200 (Van LEEUWE and De BAAR, 2000; Le BOUTELLER *et al.*, 2003; MARANON, 2005; SATHYENDRANATH *et al.*, 2009). Although it is well-known that such C/Chl.*a* variations are due to the variations of concentrations and molar ratios of nutrients (STRICKLAND, 1960; ANTIA *et al.*, 1963; CLOERN *et al.*, 1995), light conditions (CLOERN *et al.*, 1995) and size of a phytoplankton cell (Le BOUTELLER *et al.*, 2003), little is known about the spatial and temporal variations in C/Chl.*a* (WANG *et al.*, 2013). Low C/Chl.*a* ratio in summer (44.1) in our study suggested that in Harima-Nada, phytoplankton had a high primary production rate and grew rapidly in summer (STRICKLAND, 1960; ANTIA *et al.*, 1963). Although C/Chl.*a*

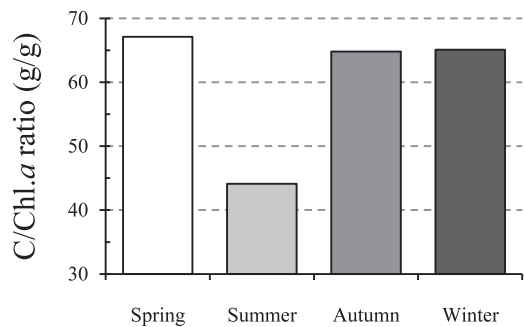


Fig. 5. Seasonal variations in C/Chl.*a* ratio.

ratios in the other seasons in Harima-Nada (64.8 to 67.1) were higher than that in summer (44.1) (Fig. 5), they were still lower than that in the open ocean reported as 105 in the Pacific

and 74 in the Atlantic (WANG *et al.*, 2013). This result indicated that, in coastal waters such as Harima-Nada, phytoplankton activity is high throughout the year and particularly higher in summer.

3.2 Particulate C/N ratio

The C/N ratio in Harima-Nada clearly showed a seasonal variation such as the higher values in spring (11 ± 1.4) and summer (8.3 ± 0.90), and the lower values in autumn (7.1 ± 0.97) and winter (6.8 ± 0.37) (Fig. 6). It is well-known that the C/N ratio is one of the good indicators of sources of organic matter (PRAHL *et al.*, 1980; THORNTON and McMANUS, 1994). The C/N ratio of particles mainly derived from marine organic matter was reported as 6.2–8.8 mol/mol (TAN *et al.*, 1991), being close to the phytoplankton C/N ratio (6.6) represented by the Redfield ratio (REDFIELD *et al.*, 1963).

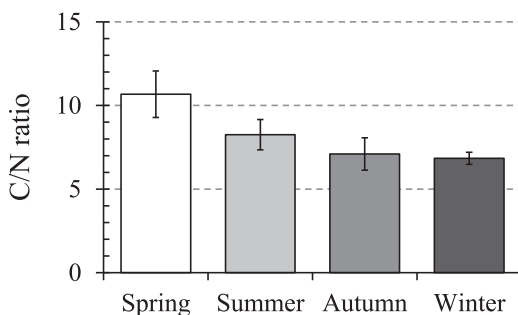


Fig. 6. Seasonal variations in C/N ratios in suspended particulate matter. Vertical bars represent SD.

Meanwhile, the C/N ratio of terrestrial or decomposed organic matter is more than 10 (TAN *et al.*, 1991; THORNTON and McMANUS, 1994; MEKSUMPUN *et al.*, 2005).

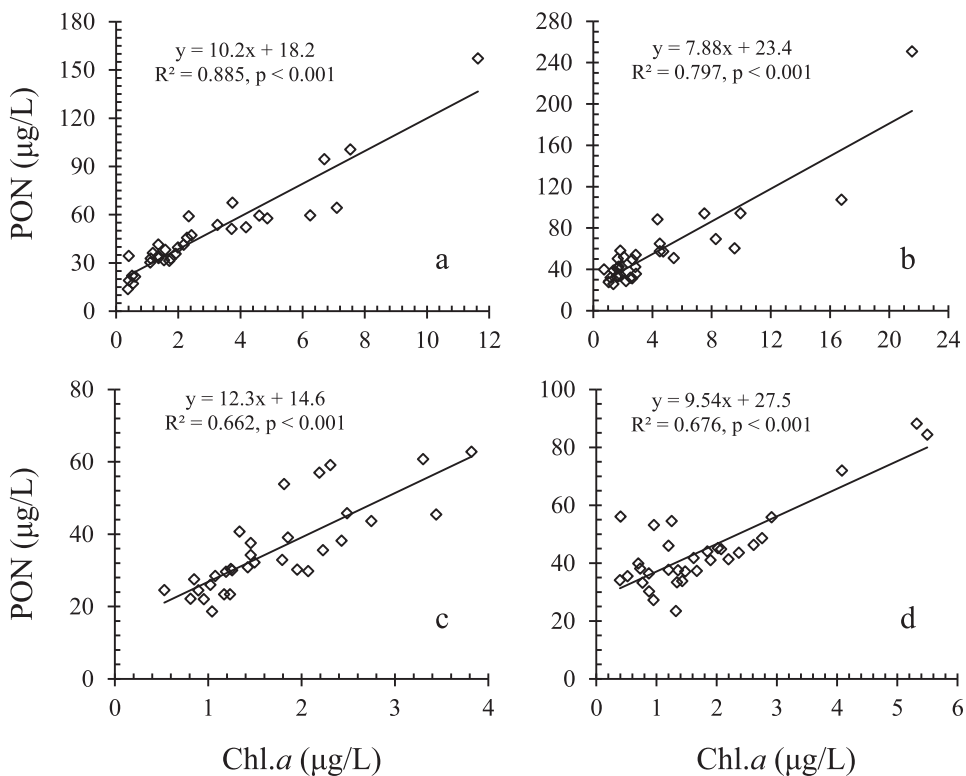


Fig. 7. Scatter plot of PON versus Chl.a in spring (a), summer (b), autumn (c) and winter (d).

In our study, it was inconsistent that, in summer, *Chl.a* was high but the C/N ratio was not similar to that of phytoplankton. Also, in autumn and winter, *Chl.a* was lower (Fig. 3a) but the C/N ratios were similar to that of phytoplankton. Then we estimated phytoplankton carbon and nitrogen from the slope of the correlation between *Chl.a* and POC (Fig. 4), and between *Chl.a* and PON (Fig. 7), respectively and regarded that the intercept of the regression line was detritus carbon and nitrogen. The phytoplankton C/N ratio calculated from the slope of these equations (Figs. 4 and 7) ranged from 6.1 to 8.0 and was close to phytoplankton C/N (6.6) (Fig. 8). On the other hand, detritus C/N ratios ranged from 6.2 to 14 (Fig. 8). Hence, phytoplankton C/N ratios were approximately 6.6 through the year but detritus C/N ratios varied beyond the Redfield ratio. Moreover, the detritus matter contributed greatly to the C/N ratio of suspended particles in the surface coastal water even when phytoplankton biomass was higher in summer. This means there was a problem in determining the origin of suspended matter in coastal waters from the C/N ratio alone.

3.3 Particulate phosphorus

PP and PIP varied from 1.44 to 19.5 and 0.621 to 5.33 $\mu\text{g/L}$ in spring, 10.5 to 54.9 and 2.17 to 9.92 $\mu\text{g/L}$ in summer, 5.68 to 15.5 and 1.15 and 5.63 $\mu\text{g/L}$ in autumn, and 5.29 to 23.4 and 1.80 to 7.61 $\mu\text{g/L}$ in winter, respectively. In the horizontal distributions, high PP and PIP were found in the northern coastal area in Harima-Nada in all seasons and also high PIP were found in the channel area. More detailed results will be shown in our other paper. We also estimated phytoplankton PIP (g/g) from the slope of the regression line between *Chl.a* and PIP in the same manner as the C/*Chl.a* ratio. In addition, we regarded the intercept of the regression line between *Chl.a* and PIP to be detritus PIP ($\mu\text{g/L}$). From Fig. 9, we can see phytoplankton PIP/*Chl.a* ratio ranged from 0.284 to 0.791 g/g and detritus PIP 0.800 to 3.18 $\mu\text{g/L}$.

PIP is composed mostly of a particulate bound form of phosphate which adsorbs minerals and heavy metals such as Fe, Mg or Ca (LEBO, 1991; RUTTENBERG, 1992). Our method

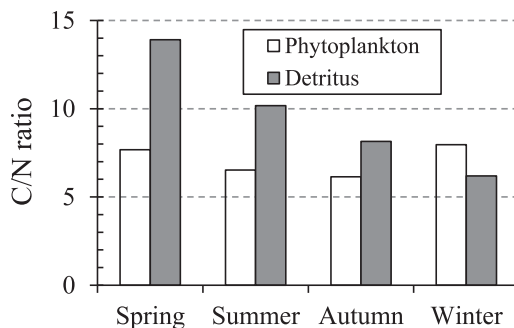


Fig. 8. Seasonal variations in C/N ratios in phytoplankton and detritus. Carbon and nitrogen of the phytoplankton and detritus were calculated from the slope and intercept of the equations between *Chl.a* and POC (Fig. 4), and *Chl.a* and PON (Fig. 7).

for analyzing PIP, however, measures the $\text{PO}_4\text{-P}$ adsorbed on the phytoplankton cell surface, which is acid labile fraction (SANUDO-WILHELMY *et al.*, 2004; FU *et al.*, 2005). Therefore, our PIP values were included surface-adsorbed phosphorus on phytoplankton. In the north Pacific, where there is small terrigenous discharge, PIP showed 10–20% PP, and evidenced a significant positive correlation with *Chl.a* (YOSHIMURA *et al.*, 2007). Since those researchers measured PIP in the same way as in this study, 0.1–0.2 of the PIP/PP ratio could be considered similar with the phytoplankton PIP/PP ratio, and the slope of the regression correlation between concentrations of *Chl.a* and PIP (14.49 nmol PIP/ μg *Chl.a* or 0.449 g PIP/g *Chl.a*, YOSHIMURA *et al.*, 2007) could be considered the phytoplankton PIP/*Chl.a* ratio.

In Harima-Nada, the phytoplankton PIP (PIP/*Chl.a* ratio, g/g) in spring and summer was lower than that in the open ocean (0.449) and in autumn and winter (Fig. 9). SANUDO-WILHELMY *et al.* (2004) suggested that actively growing phytoplankton cells hold acid labile phosphorus on their surface and it accounted for up to 30% of total phosphorus, although cells in senescent hold 90% of total phosphorus on their surface. Thus, it is thought that our low PIP/*Chl.a* ratios in spring and summer indicated high phytoplankton activities since the concentrations of *Chl.a* in spring and summer

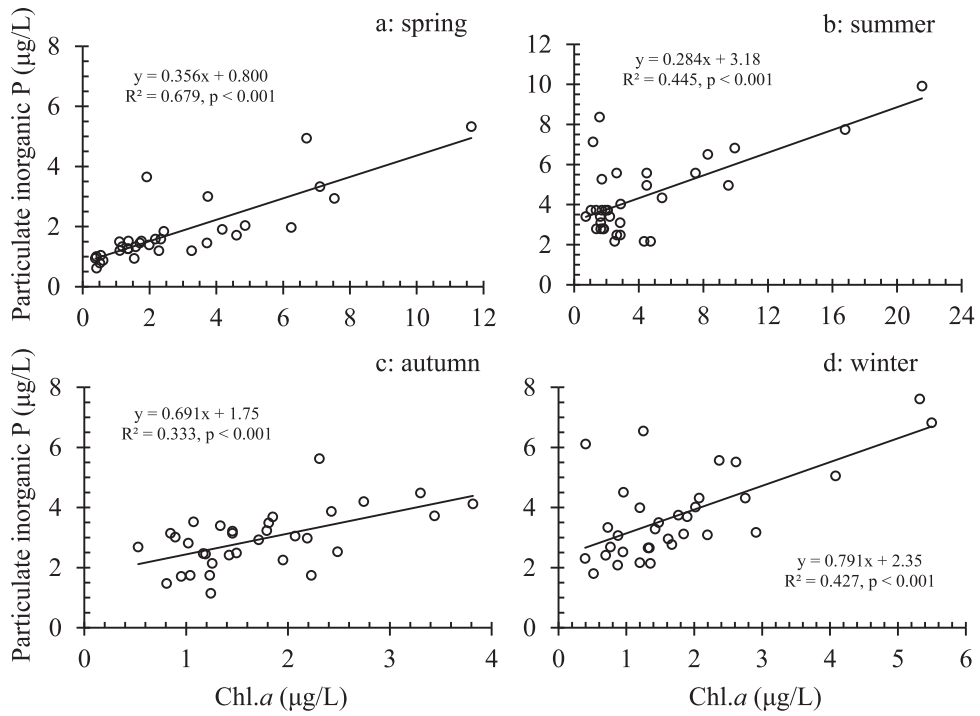


Fig. 9. Scatter plot of PIP versus Chl.a in spring (a), summer (b), autumn (c) and winter (d). Each plot area includes the equation of linear regression.

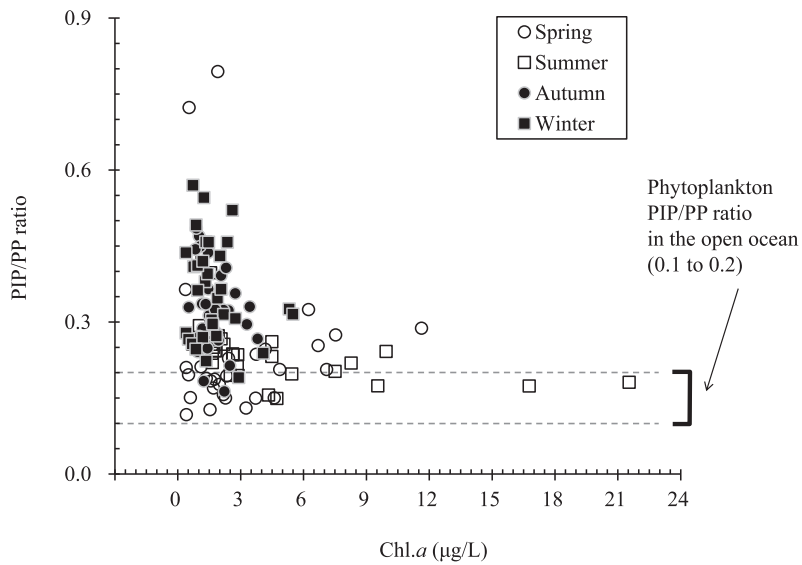


Fig. 10. Scatter plot of PIP/PP ratio versus Chl.a. Phytoplankton PIP/PP ratio in open ocean is referenced by Yoshimura *et al.*, 2007.

were high and the C/Chl.*a* ratio in summer was low (Fig. 3).

Although the intercept of the correlation between Chl.*a* and PIP in open ocean was little (1.76 nmol/L = 0.0546 μ g/L, YOSHIMURA *et al.*, 2007), those in Harima-Nada were high (Fig. 9). This result indicated that there was a considerable detritus contribution to particulate matter in coastal waters; for example, high PIP/PP particles such as terrestrial matter discharged from the river (SUZUMURA *et al.*, 2004; LOASSACHAN *et al.*, 2008).

PIP/PP ratios in Harima-Nada showed a large variation with the changing Chl.*a* and PIP/PP ratios of particulate matter were decreasing and close to the phytoplankton PIP/PP ratio (0.1 to 0.2) with increasing Chl.*a* (Fig. 10). This result also indicated that particulate matters in coastal water contained a high PIP originating from non-phytoplankton particles, and usually showed a higher PIP/PP than in the open ocean. However, when there is high phytoplankton activity and high Chl.*a* concentration, the PIP/PP ratio in coastal water is close to that of phytoplankton.

4. Conclusions

C/Chl.*a* ratio in Harima-Nada indicated higher phytoplankton activity in surface coastal water, particularly in summer. The PIP/Chl.*a* ratio also indicated higher phytoplankton activity in spring and summer when the surface coastal water showed high Chl.*a*. However, there the amounts of PIP derived from non-phytoplankton particles such as detritus in the surface coastal water was so large that the concentration of PIP in coastal water was higher than that in the open ocean.

Particulate components in surface coastal water differed from both phytoplankton and those of the open ocean. Detritus, with a high C/N ratio and high PIP/PP ratio, may contribute to surface particles in coastal water in such a large amount that surface particulate matter show a high C/N ratio in spring and summer, and high PIP/PP ratio in autumn and winter. C/N ratios in our study were high in spring and summer, but low in autumn and winter, suggesting that it is difficult to predict the component of coastal particulate matter from

only the C/N ratio because of the large amount of detritus in coastal water as mentioned above. C/N ratios are sometimes different from other source indicators such as stable isotopic ratio (e.g., THORNTON and McMANUS, 1994; MEKSUMPUN *et al.*, 2005; LAMB *et al.*, 2006) since particulate matter including decomposed phytoplankton has a high C/N ratio but low isotope carbon (MEKSUMPUN *et al.*, 2005). Thus, we consider that PIP and PIP/PP ratio are good indicators for identifying particle components and phytoplankton activity as well as C/Chl.*a* ratio and C/N ratio.

Acknowledgements

We would like to thank Mr. K. KISHIMOTO, the captain of the R. V. *Calanus III*, for his kind assistance with field observations. We are also grateful to the members of the Marine Environmental Laboratory, Faculty of Agriculture, Kagawa University, for their generous cooperation. This study was partly supported by JSPS, Grant-in-Aid for Scientific Research (B), 2331007.

References

- ANTIA, N. J., C. D. McALLISTER, T. R. PARSONS, K. STEPHENS and J. D. H. STRICKLAND (1963): Further measurements of primary production using a large-volume plastic sphere. *Limnol. Oceanogr.*, **8**, 166–183.
- ARRIGO, K. R. (2005): Marine microorganisms and global nutrient cycles. *Nature*, **437**, 349–355
- ASAHI, T., K. ICHIMI, H. YAMAGUCHI and K. TADA (2014): Horizontal distribution of particulate matter and its characterization using phosphorus as an indicator in surface coastal water, Harima-Nada, the Seto Inland Sea, Japan. *J. Oceanogr.*, DOI 10.1007/s10872-014-0230-z.
- ASPILA, K. I., H. AGEMIAN and A. S. Y. CHAU (1976): A semi-automated method for the determination of inorganic, organic and total phosphate in sediments. *Analyst*, **101**, 187–197.
- BENITEZ-NELSON, C. R., L. O'NEILL, L. C. KOLOWITH, P. PELLECHIA and R. THUNELL (2004): Phosphonates and particulate organic phosphorus cycling in an anoxic marine basin. *Limnol. Oceanogr.*, **49**, 1593–1604.
- CLOERN, J. E. (1999): The relative importance of light and nutrient limitation of phytoplankton growth: a simple index of coastal ecosystem sensitivity to nutrient enrichment. *Aquat. Ecol.*, **33**,

- 3–16.
- CLOERN, J. E., C. GRENZ and L. VIDERGAR-LUCAS (1995): An empirical model of the phytoplankton chlorophyll: carbon ratio—the conversion factor between productivity and growth rate. *Limnol. Oceanogr.*, **40**, 1313–1321.
- FALKOWSKI, P. G., Z. DUBINSKY and K. WYMAN (1985): Growth-irradiance relationships in phytoplankton. *Limnol. Oceanogr.*, **30**, 311–321.
- FU, F.-X., Y. XHANG, K., LEBLANC, S. A. SANUDO-WILHELMY and D. A. HUTCHINS (2005): The biological and biogeochemical consequences of phosphate scavenging onto phytoplankton cell surfaces. *Limnol. Oceanogr.*, **50**, 1459–1472.
- GEIDER, R. J. (1987): Light and temperature dependence of the carbon to chlorophyll *a* ratio in microalgae and cyanobacteria: Implication for physiology and growth of phytoplankton. *New Phytol.*, **106**, 1–34.
- GEIDER, R. J. and J. La ROCHE (2002): Redfield revisited: variability of C : N : P in marine microalgae and its biochemical basis. *Eur. J. Phycol.*, **37**, 1–17.
- HASHIMOTO, T. and H. TAKEOKA (1998): Analysis of primary production in the Seto Inland Sea, Japan, using a simple ecosystem model. *J. Oceanogr.*, **54**, 123–132.
- HASHIMOTO, T., T. YAMAMOTO, K. TADA, O. MATSUDA and T. NAGASUE (1997): Primary production and physical structure of the Seto Inland Sea, Japan. *Bull. Coast. Oceanogr.*, **35**, 109–114 (in Japanese with English abstract).
- HEDGES, J. I. and J. H. STERN (1984): Carbon and nitrogen determination of carbonate-containing solids. *Limnol. Oceanogr.*, **29**, 657–663
- HOLM-HANSEN, O., C. J. LORENZEN, R. W. HOLMES and J. D. H. STRICKLAND (1965): Fluorometric determination of chlorophyll. *J. Cons. Perm. Int. Explor. Mer.*, **30**, 3–15.
- KOBAYASHI, S., T. FUJIWARA, M. TADA, H. TSUKAMOTO and T. TOYODA (2007): The distribution of nitrogen (N), phosphorus (P), silicon (Si) and nutrient ratios during the stratified season in the Seto Inland Sea. *Oceanogr. Soc. Jpn.*, **15**, 283–297 (in Japanese with English abstract).
- LAMB, A. L., G. P. WILSON and M. J. LENG (2006): A review of coastal palaeoclimate and relative sea-level reconstructions using $\delta^{13}\text{C}$ and C/N ratios in organic material. *Earth Sci. Rev.*, **75**, 29–57
- LEBO, M. E. (1991): Particulate-bound phosphorus along an urbanized coastal plain estuary. *Mar. Chem.*, **34**, 225–246.
- Le BOUTELLER, A., A. LEYNAERT, M. R. LANDRY, R. LEBORGNE, J. NEVEUX, M. RODIER, J. BLANCHOT and S. L. BROWN (2003): Primary production, net production, and growth rate in the equatorial Pacific: changes from mesotrophic to oligotrophic regime. *J. Geophys. Res.*, **108**, 8141, doi: 10.1029/2001JC000914.
- LOASSACHAN, N., S. MEKSUMPUN, K. ICHIMI and K. TADA (2008): Elemental composition of suspended particulate matter in Bangpakong River Estuary, Thailand. *La mer*, **46**, 19–27.
- LOH, A. N. and J. E. BAUER (2000): Distribution, partitioning and fluxes of dissolved and particulate organic, N and P in the eastern North Pacific and Southern Oceans. *Deep Sea Res. I*, **47**, 2287–2316.
- MARANON, E. (2005): Phytoplankton growth rates in the Atlantic subtropical gyres. *Limnol. Oceanogr.*, **50**, 299–310.
- MEKSUMPUN S, C. MEKSUMPUN, A. HOSHIKA, Y. MISHIMA and T. TANIMOTO (2005): Stable carbon and nitrogen isotope ratios of sediment in the gulf of Thailand: Evidence for understanding of marine environment. *Cont Shelf Res.*, **25**, 1905–1915.
- MURPHY, J. and J. P. RILEY (1962): A modified single solution method for determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chim. Acta*, **27**, 31–36.
- NISHIKAWA, T., Y. HORI, K. TANIDA and I IMAI (2007): Population dynamics of the diatom *Eucampia Zodiacus* Ehrenberg causing bleaching of *Porphyra* thalli in aquaculture in Harima-Nada, the Seto Inland Sea, Japan. *Harmful algae*, **6**, 763–773.
- PARSONS, T. R., Y. MAITA and C. M. LALLI (1984): A manual of chemical and biological methods for seawater analysis. Pergamon Press, Oxford, 173 pp.
- PRAHL, F. G., J. T. BENNETT, R. CARPENTER (1980): The early diagenesis aliphatic hydrocarbons and organic matter in sedimentary particulates from Dabob Bay, Washington. *Geochem. Cosmochim. Acta*, **44**, 1967–1976.
- REDFIELD, A. C., B. H. KETCHUM and F. A. RICHARDS (1963): The influence of organisms on the composition of sea water. In: Hill, M.N. (Ed.), *The Sea*. Inter Science, New York, 26 pp.
- RUTTENBERG, K. C. (1992): Development of a sequential extraction method for different forms of phosphorus in marine sediments. *Limnol. Oceanogr.*, **37**, 1460–1482.
- SANUDO-WILHELMY, S.A., A. TOVAR-SANCHEZ, F.-X. FU, D. G. CAPONE, E. J. CARPENTER and D. A. HUTCHINS (2004): The impact of surface-adsorbed phosphorus on phytoplankton Redfield stoichiometry. *Nature*, **432**, 897–901.
- SATHYENDRANATH, S., V. STUART, A. NAIR, K. OKA, T. NAKANE, H. BOUMAN, M.-H. FORGET, H. MAASS and T. PLATT (2009): Carbon-to-chlorophyll ratio and growth rate of phytoplankton in the sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **383**,

73–84.

- STRICKLAND, J. D. H (1960): Measuring the production of marine phytoplankton. Fish. Res. Bd. Can. Bull., **122**, 1–172.
- SUZUMURA, M., H. KOKUBUN and N. ARATA (2004): Distribution and Characteristics of suspended particulate matter in a heavily eutrophic estuary, Tokyo Bay, Japan. Mar. Poll. Bull., **49**, 496–503.
- TADA, K., K. MONAKA, M. MORISHITA and T. HASHIMOTO (1998): Standing stocks and production rates of phytoplankton and abundance of bacteria in the Seto Inland Sea, Japan. J. Oceanogr., **54**, 285–295.
- TADA, K., S. MEKSUMPUN, N. LOASSACHAN and K. ICHIMI (2006): The elemental composition of particulate matters in Bang Pakong River estuary, Thailand. Coast. Mar. Sci., **30**, 88–90.
- TAN, F. C., D. L. CAI and J. M. EDMOND (1991): Carbon isotope geochemistry of the Changjiang Estuary. Estua. Coast. Shelf Sci., **32**, 395–403.
- THORNTON, S. F. and J. MCMANUS (1994): Application of organic carbon and nitrogen stable isotope and C/N ratios as source indicators of organic matter provenance in estuarine systems: evidence from the Tay Estuary, Scotland. Estua. Coast. Shelf Sci., **38**, 219–233.
- Van LEEUWE, M. A. and H. J. W. De BAAR (2000): Photoacclimation by the Antarctic flagellate *Pyramimonas* sp. (Prasinophyceae) in response to iron limitation. Eur. J. Phycol., **35**, 295–303.
- WANG, X., R. MURTUGUDDE, E. HACKERT and E. MARANON (2013): Phytoplankton carbon and chlorophyll distributions in the equatorial Pacific and Atlantic: A basin-scale comparative study. J. Mar. Syst., **109–110**, 138–148.
- YOSHIMURA, T., J. NISHIOKA, H. SAITO, S. TAKEDA, A. TSUDA and M. L. WELLS (2007): distributions of particulate and dissolved organic and inorganic phosphorus in North Pacific surface waters. Mar. Chem. **103**, 112–121.

Received: December 4, 2013

Accepted: January 11, 2014

日本におけるバラスト水および水生生物の移出入の実態

大村卓朗^{1)*}・野間智嗣²⁾・北林邦彦³⁾・吉田勝美¹⁾・斎藤英明²⁾

Current status of ballast water and aquatic organisms transferred from and to Japan

Takuo OMURA^{1)*}, Tomotsugu NOMA²⁾, Kunihiko KITABAYASHI³⁾,
Katsumi YOSHIDA¹⁾ and Hideaki SAITO²⁾

Abstract : To clarify the current status of ballast water and aquatic organisms in the water transferred from and to Japan, available information on the transferred volume of the ballast water and the migration of aquatic organisms in Japan was reviewed and summarized. It was made clear that Japanese export of ballast water is approximately 30 folds of its import, showing that Japan is an export surplus country of ballast water. Among various organisms migrating with the ballast water, molluscs and crustaceans were found to be the most substantial. We stress the importance of repeating this kind of reviewing research after the implementation of the Ballast Water Convention (International Convention for the control and management of Ship's Ballast Water and Sediments), and can evaluate the effect of the treaty.

Keywords : ballast water, ship, invasion vectors, invasive alien species

1. はじめに

船舶は、安定性の確保のため、空荷時に「おもしろ」となる海水（バラスト水）を積載している。このバラスト水は、船舶の移動に伴い、積載した場所とは異なる水域で排出される。このようなバラスト水中には、水だけでなく水生生物が存在し、これらの水生生物がバラスト水とともに他の海域に移動することになる。排出先の環境が移動した生物にとって好適であった場合、その生物はその水域に定着し、場合によっては大発生する可能性がある。その結果として人の健康、海洋環境、経済に対する被害が発生する事例が、世界各地で知られており（例えば、IMO, 1998；大塚ほか, 2004；岩崎, 2007；日本プランクトン学会・日本

ベントス学会, 2009；大村・福代, 2012), このような被害を防止するため、2004年2月に国際海事機関（IMO: International Maritime Organization）において、「船舶バラスト水および沈殿物の管理および規制のための条約」いわゆる「バラスト水管理条約」が採択された。本条約については、現時点では未発効であるものの、加盟国数は2013年11月11日の時点で38で、発効要件の30は既に満たしている。また、同時点で船腹量は30.38%で、発行要件の35%の86%以上となっている。このような現状が示唆するように、国際的な関心は、高い。学術図書および論文等の検索サイトのGoogle Scholarで「バラスト水（特許・引用部分含めない、日本語ページのみ検索）」を検索してみると、条約の採択された2004年から検索該当件数が急激に増加している。また、検索範囲を広げて「ballast water（特許・引用部分含めない、Web全体検索、すべての言語）」で検索するとバラスト水に関する議論が活発化した1990年代後半から検索該当件数が増加している。

本報告では、このような現状を踏まえ、日本に

1) (株)水圏科学コンサルタント

2) 国土交通省 海事局 海洋・環境政策課

3) 国土交通省 総合政策局 海洋政策課

* 連絡先著者：大村卓朗

〒145-0064 東京都大田区上池台 1-14-1 明伸ビル 4F

(株)水圏科学コンサルタント

Tel: 03-3748-5900, Fax: 03-3748-5939

e-mail: omura@lasc.co.jp

おけるバラスト水に関する諸課題に対しての適切な対応に資するため、近年のバラスト水移出入量の実態と水生生物の移動実態に関する情報を取りまとめ、報告する。

2. 材料と方法

2.1 日本のバラスト水移出入量の実態把握

日本の主要国際港湾 23 港湾（国際戦略港湾（5 港湾）：東京，川崎，横浜，大阪，神戸，および国際拠点港湾（18 港湾）：苫小牧，室蘭，仙台塩釜，千葉，新潟，伏木富山，清水，名古屋，四日市，和歌山下津，堺泉北，姫路，水島，広島，徳山下松，下関，北九州，博多）へ入出港する船舶によるバラスト水の移出入実態について、Lloyd's List Intelligence（以下 LLI）により取りまとめられている最新の情報を活用して以下の手法により把握した。なお LLI における船舶動静・船舶・港湾データ等の情報は、LLI の HP 上の「Seasearcher」を用いて検索した (<http://www.lloydslistintelligence.com/llint/index.htm>)。

また、分析・解析方法は、平成 17 年度「船舶バラスト水問題にかかわる重点課題の検討に資するための調査研究報告書」（国土交通省総合政策局環境・海洋課海洋室，社団法人日本海難防止協会）に従った。その概要は以下のとおりである。

2.1.1 基礎データの収集

収集した基礎データは、（1）動静データ、（2）船舶データ、（3）港データ、から構成されている。

（1）動静データ

調査対象期間は、2012 年 1 月 1 日から 2012 年 12 月 31 日とし、対象船舶は、総トン数 400（400 GT）以上の外航船とした。対象船舶を 400 GT 以上の全ての外航船としたのは、400 GT 以上の全ての商船が、バラスト水管理条約で要求される証書の所持とその有効性を担保するための主管庁又はその代行機関による検査を要求されるためである。収集したデータは、船名（船舶（IMO 番号）、寄港地／寄港開始日／寄港終了日、前寄港地、次寄港地である。なお対象の 23 港湾は、全ての港湾が国土交通省 2010 年入稿船舶数ランキングの上位 50 港に入っていた (<http://www.mlit.go.jp/common/000228241.pdf>)。また、特に隻数の多い上位 20 港湾のうち、16 港湾が今回の調査対象港湾に該当した。さらに調査対象の 23 港湾の入港船舶総隻数は、上位 50 港湾の総隻数の約 80% を占めることから、調査対象 23 港湾で日本の

バラスト水移出入量の傾向を十分把握できるものと考えられた。

（2）船舶データ

船舶データは、前記動静データに使用された船舶の諸要目を LLI の「Seasearcher」内において検索・取得したデータである。収集したデータは、船名、船籍国、総トン数（GT）、載貨重量トン数（DWT）、船種である。

（3）港データ

港データは、前記動静データに使用された港のデータを検索・抽出したものである。収集したデータは、港湾名、位置、所属国である。

2.1.2 統合動静データベースの作成

上記 2.1.1 で得られた基礎データから、解析に使用する統合動静データベースを以下の要領で作成した。

- （1）全世界を Fig. 1 に示すエリアに区分し、この区分に従い港データとエリアデータをリンクさせ、さらに動静データとリンクさせた。
- （2）港データおよびエリアデータとリンクした動静データから OD（Rigine and Destination）データを作成した。
- （3）前寄港地・次寄港地およびの総トン数のデータの無い OD データを除外した。

2.1.3 船種別のバラスト水移動量集計

LLI の「Seasearcher」では Vessel Type とし約 170 の区別がなされている。一方、平成 17 年度「船舶バラスト水問題にかかわる重点課題の検討に資するための調査研究報告書」では、船種を 10 種（1：一般貨物船，2：自動車専用船および RO/RO 船，3：コンテナ船，4：冷凍運搬船，5：原油タンカー，6：製品およびケミカルタンカー，7：液化ガスタンカー，8：練習船・巡視船・研究船等，9：旅客船およびカーフェリー，10：作業船・漁船・プレジャーボート）に区分けしてデータを整理している。本報告の調査期間において、23 港湾で確認された Vessel Type は 73 種であった。この 73 種を 10 種に区分けし、各船舶のバラスト水量の見積もりをこの区分け法に従い行った。

2.2 水生生物の移動実態

2.2.1 資料の収集・整理

水生生物の移動に関する国内外の既存資料・文献・学術論文などを収集・整理し、国際間の水生生物の移動実態を把握した。収集した情報は、移動生物・移動要因・移動生物毎の移入元と移出先

Table 1. Reference data collected.

Natural History Report of Kanagawa, 10, 1-7, 1989
Focus on IMO, International Maritime Organization, 1998
Kurosyouzoku no Shinnyusya, Kouseisha-kouseikaku Co., Ltd, pp.125, 2001
Handbook of Alien Species in Japan, Chinin Shokan Co., Ltd, pp.390, 2002
Japanese Journal of Benthology, 59, 19-95, 2004
Bulletin of the Plankton Society of Japan, 51 (2), 101-118, 2004
Nippon Suisan Gakkaishi, 73 (6), 1115-1159, 2007
Japanese Journal of Human Animal Relations, 24, 45-53, 2009
Biological Invasions in Marine Ecosystems, Springer, pp.641, 2009
Marine aliens introduced by human activities and their impacts on ecosystems and industries, Tokai University Press, pp.298, 2009
The exchange of ballast water, a threat to marine biodiversity, Lambert Academic publishing, pp.78, 2012
The European Network on Invasive Alien Species (NOBANIS) (http://www.nobanis.org/default.asp)
International Nonindigenous Species Database Network (NISBASE) (http://www.nisbase.org/nisbase/index.jsp)
U.S. Geological Survey (USGS) (http://www.usgs.gov/)

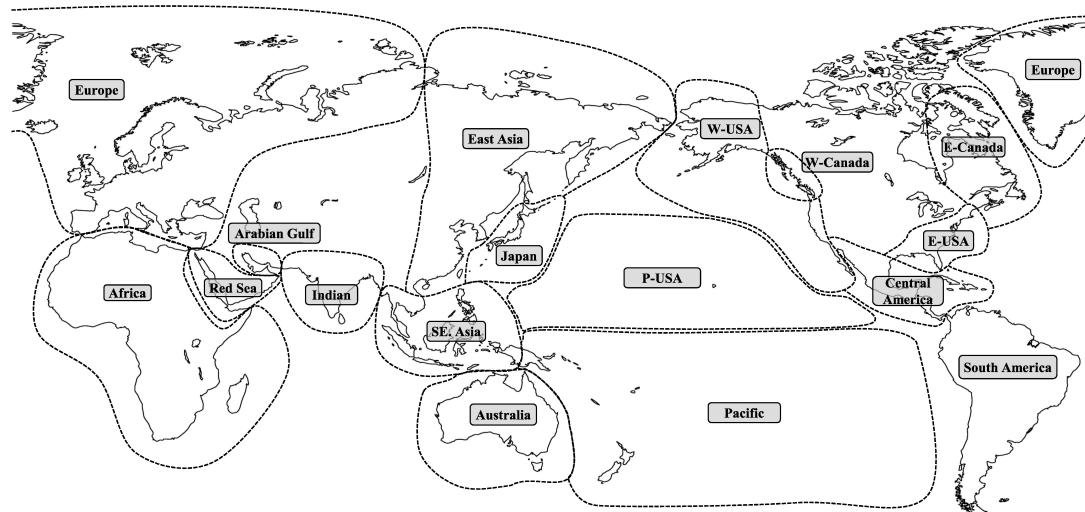


Fig. 1. Definition of the research areas.

である。資料は、国内で発行、出版されたものだけでなく、IMO (International Maritime Organization) が発行したもの、海外の公的機関がまとめインターネットで公表しているデータベース等であり (Table 1), これらの公表されている資料をまとめた。

情報の整理内容は下記のとおりである。なお、データの収集の困難なものについては、可能な範囲での収集を行った。

- (1) 整理項目は、生物種 (一般生物名・和名・学名), 移入元, 移出先, 移動要因とした。
- (2) 生物情報は、各種資料に出ているもの全て

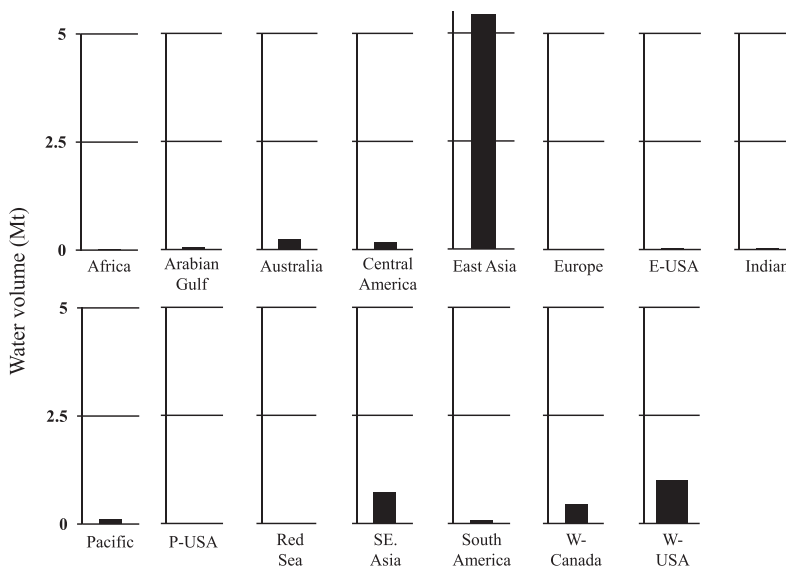


Fig. 2. Volume of ballast water transferred to Japan in 2012 with reference to the source area.

を対象とした。すなわち、移動生物種とその移入元あるいは移出先となった国および地域、移動手段等が明確になっていない場合においても、移動したという情報のある生物は全て取り扱った。

- (3) 分布情報が図示のみの場合は、図から移入元と移出先を判断した。
- (4) 移動要因に関しては、バラスト水、船体付着等、水産関連等、水族館等およびその他に区分して整理した。なお、バラスト水による移動が推測できる、あるいはバラスト水か船体付着等かの判別が不可能な表記の場合は、いずれもバラスト水を要因として整理した。すなわち、バラスト水による生物種の移動は過大評価した集計となっている。

2.2.2 生物移動実態集計

生物移動実態の集計は日本からの移出および日本へのこれまでの移入実態を把握するため、2.2.1で作成した整理データを基に以下の方法で行った。

(1) 移動した生物種数

移動した生物種数は、整理データを用い日本から諸外国へ移出したとされる生物種数、諸外国から日本に移入したとされるものを対象とした。なお、諸外国の区分は、バラスト水移動実態の整理と整合させるため、Fig. 1のエリア区分を用いた。

(2) 生物の移出元、移入先および移動要因

整理データは、複数の資料等を元に行っているため、同一種における複数の整理データがある場合、移出入先および移動要因等が重複していることがある。この場合、そのままカウントすると過大評価になるため、同一種の異なる整理データ集計の際、同じ移出入先および移動要因は一つとしてカウントした。

3. 結果

3.1 日本のバラスト水移出入量の実態

対象期間中に調査対象全港湾に出入港した400GT以上の外航船舶の総隻数は166,869隻であった。なお、姫路港については、Lloyd's List Intelligenceにおいて船舶データが記録・保存されていなかった。そのため、本調査の結果には、姫路港のデータは、入っていない。これら船舶の内訳は、1：製品タンカー・ケミカルタンカー 25.4%，2：一般貨物船 25.1%，3：コンテナ船 19.2%，4：自動車専用船・RO/RO船 11.5%，5：液化ガスタンカー 9.2%，6：旅客船・カーフェリー 5.5%，7：原油タンカー 1.7%，8：作業船・漁船・プレジャーボート 1.2%，9：冷凍運搬船 0.8%，10：練習船・巡視船・研究船等 0.5%，の順であった。

3.1.1 バラスト水の移入量

Table 2 に示すように、2012年の調査対象 23

Table 2. Volume of ballast water transferred to the target 23 Japanese ports in 2012.

Port	Area	Africa	Arabian Gulf	Australia	Central America	East Asia	Europe	E-USA	Indian	Pacific	P-USA	Red Sea	SE. Asia	South America	W-Canada	W-USA	Total (tons)
Yokohama		703	16,763	184,947	121,706	765,966	464	15,775	3,579	15,080	4,401	935	82,487	28,738	167,575	520,636	1,929,755
Tokyo					37,608	972,553				46,795	11,319		60,859	2,883	265,277	390,381	1,787,676
Osaka		511		2,712		835,854							84,381				923,458
Kobe			2,908	12,413		640,491			3,141	4,957			110,649	3,603	444	6,624	785,229
Nagoya		531	15,178	27,450	1,732	488,442		1,209	8,375	1,049		6,204	97,113	20,863	2,478	22,034	692,658
Hakata		511				496,655			1,503				47,217				545,886
Mizushima		1,628	6,757	4,245		227,998				616			23,537	5,263	4,293	4,293	274,338
Shimonoseki			154			216,262		587	129				18,927				236,060
Chiba		2,329		1,551		146,280		4,866	540	149			43,928	650		11,365	211,656
Sakaizumikita		92	1,007			90,425			1,074	19,490			44,528				156,616
Hiroshima			1,484	4,583	864	74,317		864	1,367	9,318		935	17,015	976		12,456	124,179
Niigata						86,958	74						22,134			764	109,930
Kawasaki			4,148	8,782		58,615		1,070	1,482	1,719		1,488	8,914	10,833	4,251	8,425	109,826
Tomakomai						52,797			621				9,572			24,191	87,181
Shimizu		703				61,101							15,376			820	78,000
Fushikitoyama						67,162							5,489				72,986
Tokuyamakudamatsu				1,008		45,305				1,582		1,009	8,273	1,007			58,185
Yokkaichi			943	3,544		26,298				1,254			6,904	758		8,243	47,943
Wakayamashimotsu				760		33,186							3,352			2,149	38,446
Sendaishiogama						18,358							3,503		13,934		35,794
Muroran						22,844							1,018				23,862
Kitakyusyu						901											901
Total (tons)		7,009	49,344	251,994	161,910	5,428,768	538	24,371	22,145	102,009	15,720	10,570	715,177	75,673	453,958	1,012,378	8,331,564

Table 3. Volume of ballast water transferred to Japan (top 10 ports).

Ranking	Port	Country	Area	Annual transport (tons)
1	Busan	Republic of Korea	East Asia	1,129,662
2	Shanghai	People's Republic of China	East Asia	708,883
3	Hong Kong	People's Republic of China	East Asia	514,881
4	Oakland	United States of America	W-USA	396,849
5	Xiamen	People's Republic of China	East Asia	271,294
6	Singapore	Republic of Singapore	SE Asia	258,287
7	Vancouver	Canada	W-Canada	242,572
8	Gwangyang	Republic of Korea	East Asia	221,931
9	Roberts Bank	Canada	W-Canada	188,417
10	Brisbane	Australia	Australia	185,028

港湾のバラスト水移入量の合計は約 830 万トンであり、移入量は多い方から順に、横浜（約 200 万トン）、東京（約 180 万トン）、大阪（約 90 万トン）、神戸（約 80 万トン）と上位 4 港湾が国際戦略港湾であった。さらに、これら上位 4 港湾で、全体の約 65%を占めていた。特に上位 2 港湾の横浜港および東京港は、バラスト水移入量が多く、これら 2 港湾で全体のほぼ半分の割合の約 45%を占めていた。

日本へのバラスト水の移入元港湾の属するエリアとしては、East Asia が第 1 位（約 540 万トン）で全体の約 65%を占めていた（Table 2 および Fig. 2）。その後には W-USA（約 100 万トン）、SE Asia（約 70 万トン）が続いた。この結果は、調査対象とした全ての対象港湾で、East Asia エリアが、バラスト水の移入元として第 1 位であったことと一致した。

バラスト水の日本への移入元港湾別では、対象となった港湾数は 316 港湾であり、上位 10 港湾は Table 3 のとおりである。上位 3 港湾は、East Asia エリアに属する Busan（韓国）、Shanghai（中国）、Hong Kong（中国）であり、これら 3 港湾で全体の約 30%を占めていた。

3.1.2 バラスト水の移出量

Table 4 に示すように、2012 年の移出量の合計は約 2 億 5,000 万トンであった。一般貨物船・原油タンカー・液化ガスタンカーの寄港地である千葉港（約 3,600 万トン）が最も多く、主に一般貨

物船の寄港地である名古屋港（約 3,500 万トン）、主にコンテナ船の寄港地である横浜港（約 2,700 万トン）等が続いた。上位 5 港湾（千葉港、名古屋港、横浜港、水島港（約 2,600 万トン）、川崎港（約 1,800 万トン））で、全体の約 60%を占めていた。

日本からのバラスト水移出先港湾の属するエリア別では、East Asia が第 1 位（約 7,700 万トン）で全体の約 30%を占めていた。なかでも上位 4 エリアの East Asia, SE Asia（約 5,500 万トン）、Australia（約 4,900 万トン）、Arabian Gulf（約 4,200 万トン）への移出量は多く、これら 4 エリアで全体の 90%を占めていた（Table 4 および Fig. 3）。

日本からのバラスト水移出先のうち、上位 5 港湾は、Singapore（シンガポール）、Fujairah（アラブ首長国連邦）、Busan（韓国）、Bintulu（マレーシア）、Newcastle（オーストラリア）であり、これら 5 港湾で全体の約 32%を占めていた（Table 5）。なお、対象となった港湾数は、452 であった。

3.2 水生生物の移動実態

2013 年 1 月までに収集可能な資料をまとめたところ、日本から移出の報告のあった生物は 73 種であり、移入の報告されている種は 39 種であった。

日本から各エリアへの移出が報告されている生物 73 種の移動要因としては、バラスト水が最も

Table 4. Volume of ballast water transferred from the target 23 Japanese ports in 2012.

Port	Area	Africa	Arabian Gulf	Australia	Central America	East Asia	Europe	E-USA	Indian	Pacific	P-USA	Red Sea	SE. Asia	South America	W-Canada	W-USA	Total (tons)
Chiba				764,845	764,845	6,706,777		13,645	45,859	93,197			12,560,119	205,042	835,206	706,952	35,793,207
Nagoya		375,734	4,689,495	11,001,257	243,560	7,890,556	79,200	72,451	11,502	194,973			8,797,659	267,051	827,372	557,848	35,048,659
Yokohama		619	2,394,719	1,273,495	3,493,919	12,823,965		133,814	1,629	113,620	160,099		4,622,570	5,101	105,455	1,454,546	26,583,582
Mizushima		160,822	5,644,140	9,902,321	320,432	3,691,957	1,390	23,894	6,156	8,100			5,071,146	197,852	793,775	344,335	26,106,319
Kawasaki		158,367	3,686,601	4,303,751	91,817	4,208,775	1,853	28,261	1,617				4,899,241	16,323	279,479	290,357	17,966,943
Kobe		6,676	74,208	1,469,222	610,541	11,834,748	6,345	113,572		635	216		1,603,625	12,270	506,219	386,946	16,625,223
Wakayamashimoto		8,360	846,313	5,845,241	134,527	2,198,549	7,273				2,148		2,904,146	49,553	390,849	59,006	12,446,565
Yokkaichi			4,092,969	485,433	65,114	2,042,042							3,069,664		204,220	157,144	10,116,585
Muroran			4,464,967	1,443,337	48,919	688,182		13,728					1,486,531	52,678	480,111	67,114	8,745,568
Sakaizumikita		32,981	3,564,524	421,104		1,247,414			42	394		104,995	3,146,898			5,628	8,523,979
Tokyo				23,604	1,192,768	4,630,161							53,861		37,179	2,516,981	8,454,554
Tokuyamakudamatsu		28,963	1,151,782	2,324,002	67,919	2,347,633	23,626		43,069				1,600,911	22,994	220,602	364,556	8,196,058
Niigata		181,524	938,787	881,982		1,361,025					29,008	50,754	2,303,629	508,835	25,650	210,585	6,491,779
Osaka		511	7,200	388,217	54,443	5,565,695				18,836	11,906		57,186		87,444	59,893	6,251,331
Tomakomai			1,361,389	1,263,757	285,833	1,671,707			299	65,626			983,697		262,194	158,670	6,063,173
Sendaihiogama			2,914,294	36,151	26,227	629,157							856,041		36,355	560,859	5,059,085
Hakata				87,726		4,168,876							329,734		20,669	99,788	4,706,793
Shimizu			51,743	171,122	204,936	1,229,729							591,917		81,214	133,039	2,463,700
Fushikitoyama				393,053	35,141	846,422	74			67,248			128,129	22,284	178,482	152,999	1,823,832
Hiroshima						370,043							238,307		7,160		615,510
Shimonoseki				51,074		454,699				660			1,193		18,134	8,841	534,601
Kitakyusyu						553											553
Total (tons)		954,457	42,285,953	49,224,595	7,640,939	76,648,694	119,762	399,366	110,174	563,289	203,377	155,749	55,316,205	1,359,984	5,397,769	8,297,286	248,677,599

Table 5. Volume of ballast water transferred from Japan (top 10 ports).

Ranking	Port	Country	Area	Annual transport (tons)
1	Singapore	Republic of Singapore	SE Asia	30,810,190
2	Fujairah	United Arab Emirates	Arabian Gulf	21,030,195
3	Busan	Republic of Korea	East Asia	12,107,779
4	Bintulu	Malaysia	SE Asia	8,741,779
5	Newcastle	Australia	Australia	7,415,798
6	Port Walcott	Australia	Australia	7,005,298
7	Hong Kong	People's Republic of China	East Asia	6,415,587
8	Shanghai	People's Republic of China	East Asia	6,257,558
9	Ulsan	Republic of Korea	East Asia	5,487,717
10	Port Hedland	Australia	Australia	5,320,351

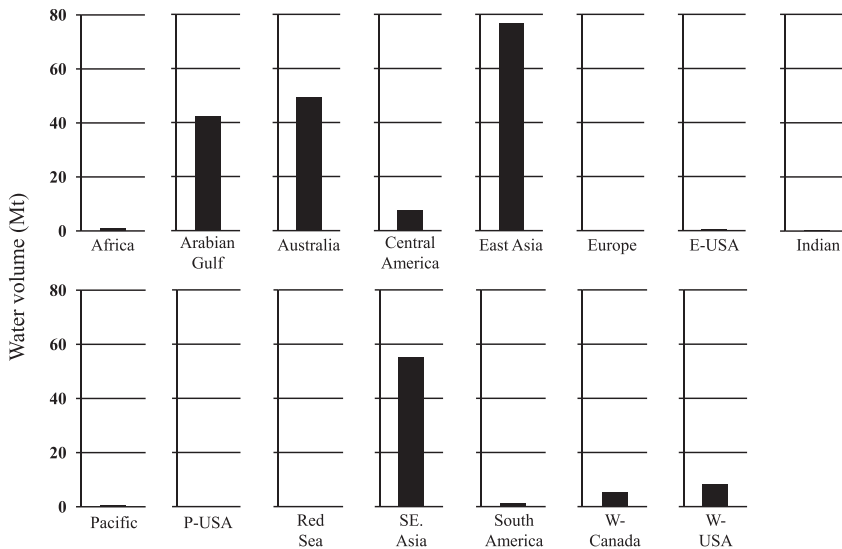


Fig. 3. Volume of ballast water transferred from Japan in 2012 with reference to the destinations.

多く 64 事例あり，移出先のエリアとしては Australia が 18 件と最も多く，W-USA (13 件) と続いた (Table 6)。移入が報告されている生物の移動要因としては，船体付着およびバラスト水が 31 件および 29 件と多く，バラスト水を移動要因とする移入元としては，Europe (5 件)，South America (5 件)，W-USA (4 件) が多いエリアであった (Table 7)。Table 6 と 7 において移動

要因の総計が報告されている種数よりも多くなっているのは，複数の移動要因が報告されている種が存在するためである。

これらの報告のうち，移動要因のバラスト水に注目すると，バラスト水により日本から移出した生物は 31 種，日本へ移入した生物は 19 種であった (Table 8)。移出で報告の多かった分類群は crustaceans (甲殻類)，molluscs (軟体動物)，

Table 6. Reasons of transfer depending on areas when organisms are transferred from Japan to various areas.

Area	Vectors				
	Ballast water	Hull fouling	Fisheries	Aquarium	Others
Africa	1	2	2		12
Arabian Gulf					
Australia	18	9	8		4
Central America	3	4	6		4
East Asia		1			
E-Canada					
Europe	9	4	7		15
E-USA	5	3	5	1	1
Indian					
Pacific	7	5	6		2
P-USA		3	3		
Red Sea	2				13
SE Asia		1	1		
South America	4	3	4		3
W-Canada	2	1	3		
W-USA	13	8	7	1	4
Total	64	44	52	2	58

Table 7. Reasons of transfer depending on areas when organisms are transferred to Japan from various areas.

Area	Vectors				
	Ballast water	Hull fouling	Fisheries	Aquarium	Others
Africa		3	3		
Arabian Gulf					
Australia	3	1			
Central America	2	7	3		1
East Asia	1		4		
E-Canada					
Europe	5	10	6		4
E-USA	3	3	3		1
Indian	3	2			1
Pacific	2	2			
P-USA		1			
Red Sea					
SE Asia			1		
South America	5	2			
W-Canada	1				
W-USA	4				2
Total	29	31	20	0	9

Table 8. Number of species transferred with ballast water from and to Japan depending on the taxonomic groups.

Group	Transfer from Japan	Transfer to Japan
Algae	6	1
Annelids	2	2
Coelenterates	1	
Crustaceans	9	8
Echinoderms	1	
Ectoprocts		1
Fishes	5	
Molluscs	7	5
Tunicates		2
Total	31	19

algae (藻類) であり, 移入で報告の多かった分類群は, crustaceans と molluscs であった。

4. おわりに

国土交通省 (2007) によれば, 全世界で年間 30–40 億トンのバラスト水が移動している。また, 菊地 (2001) によれば, 日本から移出, 移出されるバラスト水は, 年間それぞれ約 3 億トンと約 1,700 万トンである。この菊地 (2001) の報告後 13 年経過した現在, 年間約 2 億 5,000 万トンが移出され, 年間約 830 万トンが移入されている。これまでに日本は, バラスト水移出 (輸出) 超過国と言われてきたが, 最新の情報をみてもこの傾向は変わっていないと言える。

バラスト水で移動しやすい生物は, これまでに報告されている資料をまとめたところ, molluscs (軟体動物) と crustaceans (甲殻類) の 2 分類群であると推測された。これらの 2 分類群は, 食性から見てみると日和見的に様々な餌を食べることが出来, また一部の種については耐久性の強い卵を持つ。すなわち成体の生存に適していない状況下においては, 卵の状態に耐え, 成長に適した環境になると孵化して成長する。このような生活史戦略を持つ種がバラスト水とともに移動しやすい傾向にあることが明らかになった。なお日本へのバラスト水移入元および日本からの移出先第 1 位は East Asia エリアであったが, このエリアからの生物の移出入に関する報告はほとんど無い。本報告は既存の資料をとりまとめたものであるが, この例が示すように資料が全球的に偏り無く存在しているわけではないことに, 注意を要する。

本調査によってバラスト水の移動量および生物情報が明らかになった。このような調査は, さらに継続的に実施することにより重要性を増すだろう。すなわち, バラスト水管理条約発効前に実施した調査結果は, 条約発効後に実施される同様な調査結果と比較することによって, 条約による生物移動抑制の効果・影響評価の根拠としてさらに重要となる。

謝 辞

船種の振り分けを行う際に有益なご助言を頂いた公益社団法人 日本海難防止協会 研究統括本部 大貫 伸部長に謝意を表す。また, 本論文作成にあたり, 終始適切なご助言を賜った東京海洋大学 田中祐志教授に厚く御礼申し上げる。なお本研究は, 国土交通省委託事業「日本におけるバラスト水の移出入実態等に関する調査」の一環として行われた。

引用文献

- IMO (1998): Alien invaders-putting a stop to the ballast water hitch-hikers. Focus on IMO, IMO, 17pp.
- 岩崎敬二 (2007): 日本に移入された外来海洋生物と在来生態系や産業に対する被害について. 日本水産学会誌, 73 (6), 1121–1124.
- 菊地武晃 (2001): 船舶バラスト水問題とは. 日本海難防止協会情報誌 海と安全, 509, 2–9.
- 国土交通省総合政策局海洋政策課 (2007): バラスト水管理条約をめぐる国土交通省の取り組み. 日本水産学会誌, 73, 1150–1154.
- 日本プランクトン学会・日本ベントス学会編 (2009): 海の外来生物: 人間によって攪乱された地球の海. 東海大学出版会, 東京, 318pp.
- 大塚 攻・堀口健雄・Rubens M. Lopes・Keun-Hyung Choi・岩崎敬二 (2004): バラスト水によるプランクトンの導入 (総説). 日本プランクトン学会報, 51, 101–108.
- 大村卓朗・福代康夫 (2012): 海産微細藻類による各種被害とその研究動向. 水産振興, 529, 65pp.

受付: 平成 25 年 9 月 6 日

受理: 平成 26 年 1 月 24 日

資 料

第 52 卷第 1・2 号掲載欧文論文の和文要旨

朝日俊雅^{1) 2)}・山口一岩¹⁾・一見和彦³⁾・多田邦尚¹⁾：沿岸域（瀬戸内海播磨灘域）における植物プランクトン活性および懸濁物の化学組成の指標としての PIP/PP 比

瀬戸内海東部播磨灘において、表層懸濁粒子の化学元素組成の調査を四季に渡り行った。懸濁態炭素 (POC)、窒素 (PON) およびクロロフィル *a* (Chl.*a*) の測定、および懸濁態リン (PP) を有機態 (POP) および無機態 (PIP) に分画し、測定を行った。本報では、懸濁粒子の C/Chl.*a* 比, C/N 比および PIP/PP 比の季節変動について議論する。夏季は高い Chl.*a* 濃度が観測され, C/Chl.*a* 比および PIP/PP 比の結果から, 植物プランクトンの活性が高かったことが示唆された。また, 本調査によって, 生物量の高い夏季でさえ, 沿岸域の表層懸濁粒子中には多量の非植物プランクトン粒子が含まれていることが示唆された。PIP/PP 比は C/Chl.*a* 比および C/N 比と同様に, 植物プランクトン活性および表層海水中の懸濁粒子の起源を予測する上で良い指標となることが示唆された。

(1 香川大学農学部 761-0795 香川県木田郡三木町池戸 2393, 2 愛媛大学連合農学研究科 790-8566 愛媛県松山市樽見 3-5-7, 3 香川大学瀬戸内圏研究センター庵治マリンステーション 761-0130 香川県高松市庵治町 4511-15, *連絡著者: 多田邦尚 香川大学農学部 761-0795 香川県木田郡三木町池戸 2393 E-mail address: tada@ag.kagawa-u.ac.jp telephone and fax numbers: +81-87-891-3148)

学 会 記 事

1. 幹事会議事録（第1回）

日時：4月30日（水） 10時00分～11時30分

場所：東京海洋大学9号館203号室

参加：小松，今脇，森永，吉田，河野，神田，荒川，
内田，北出，長井，林，柳本

議題

1) 第55回日仏海洋学会総会，評議員会及び学術研究発表会

日時：6月14日（土） 評議員会 11：45～12：30，
総会 15：00～15：45

場所：日仏会館501号室

総会，評議員会の議案を確認した。第16回日仏海洋学会シンポジウムの日程・場所について議論した。後日，幹事会メール会議をして総会へ提案することとした。研究発表会の発表申込日及び要旨締切日を確認した。発表申込期限（5/30），要旨締切（6/6）。

2) 25年度決算報告，監査報告，26年度予算案を確認した。

3) 学会誌 La mer 52 巻1-2号発刊予定，2論文受理中。

4) 学会賞：該当者なし，論文賞：國分優孝氏，田村康氏

5) 日仏海洋開発専門部会：6/3～6/4，文科省にて開催予定，日仏海洋学会の歴史について講演予定（小松会長）

6) 学会賞・論文賞の賞状書式：去年度までの書式は学会賞賞状の文書が縦書き，論文賞賞状は横書きであった。賞状書式を統一するか議論したが，現状通りとした。

7) 学会費の銀行自動引き落としについて，事務局から報告した。当学会は条件等が合わず，銀行も郵便局も自動引き落としサービスを受けるのは不可能であった。郵便局の払込取扱票の他に，学会の持つ銀行口座（東京三菱UFJ，みずほ，三井住友）へ年会費の振込を可能にすることとした。ただし，振込手数料は個人負担とした。また，郵便局の払込取扱票は従来通りに全会員へ発送する。

2. 学会賞選考委員会半数改選が行われ，2014-2015年度委員として，石丸隆，北出裕二郎，中田英昭，吉田次郎の4名が選出された。2014年度非改選委員は，今脇資郎，神田穰太，田中祐志，磯田豊，齊藤誠一の5名。なお，柳 哲雄会員の学会退会により，次点であった齊藤誠一会員に委嘱した。

3. 2014-2015年度評議員選挙が行われた。選出された者は以下の通り。

荒川久幸，石坂丞二，石丸 隆，磯田 豊，市川 香，今脇資郎，内田 裕，神田穰太，北出裕二郎，小池勲夫，小池康之，河野 博，小松輝久，齊藤誠一，千手智晴，田中祐志，谷口 旭，長井健容，長島秀樹，中田英昭，中野俊樹，林 美鶴，野村英明，宮崎奈穂，門谷 茂，柳本大吾，山口征矢，吉田次郎

4. 2014-2015年度会長選挙が行われ，小松輝久会員（東大大気海洋研）が再任された。

5. 新入会員

氏 名	所 属	紹介者
中村 玄	東京海洋大学大学院 海洋生物学講座 鯨類学研究室	田中祐志
中野 知香	東京海洋大学大学院 海洋科学技術研究科 応用環境システム学専攻	吉田次郎
片野 俊也	東京海洋大学大学院 海洋生物学講座 浮遊生物学研究室	田中祐志
根本 雅生	東京海洋大学大学院 環境システム科学講座 資源・海洋情報解析学研究室	吉田次郎

6. 退会（逝去者含む）

望月敬美，柳 哲雄，才田春夫，野村 正，黒倉 壽

7. 寄贈図書

農工研ニュース（農村工学研究所）；No.87-90

Ocean Breeze（東京大学大気海洋研究所）；第13号-第15号

気候システムニュース；2013.9 No.3

Ocean Newsletter（海洋政策研究財団）；No.317-332

独立行政法人 産業技術総合研究所 地質調査情報センター；奥尻海盆表層堆積団（CD-R）

なつしま（JAMSTEC）；331-339

PROGRESS IN FISHERY SCIENCES（中国水産学会）；第34巻 Vol.34 第4期 No.4，第34巻 Vol.34 第5期 No.5-第34巻 Vol.34 第6期 No.6

人と海洋の共生をめざして 150人のオピニオンVI；海洋政策研究財団

Techno-ocean News（テクノオーシャンネットワーク）；No.51-53

水産技術（独立行政法人水産総合研究センター）；第6巻第1号-第6巻第2号

国立科学博物館研究報告 A類（動物学）；第39巻第3

号-第4号

- FRAN NEWS (水産総合研究センター); No.37-38
日本海ブロック資源研究会報告 (平成23・24年度); 日本海区水産研究所
中国海洋大学学报; 第43卷第9期-第43卷第10期
増養殖研究レター (水産総合研究センター); 第4号
年報 (水産総合研究センター); 平成24年度
CIC NEWSLETTER (東京大学); No.11
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); 自然科学43号
国立科学博物館研究報告A類 (動物学); 第40巻第1号
RESTEC News (一般財団法人リモート・センシング技術センター); 第4号
DEEP-SEA FAUNA OF THE SEA OF JAPAN, 2014 (国立科学博物館); No.44
国立科学博物館専報 (国立科学博物館); 第49号-第50号
水産総合研究センター研究報告; No.38
Annales Hydrographiques (Service hydrographique et océanographique de la marine); 6e série-Vol.9 no.778, 2013
海洋白書2014「海洋立国」に向けた新たな海洋政策の推進 (海洋政策研究財団)
日仏生物学会 会報; No.53, 2013
Annual Report2013; Korea Institute of Ocean Science & Technology
農村工学研究所報告 (農村工学研究所); 第53号

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. 会員に対しては10印刷ページまでの掲載を3,000円/ページとする。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(9万円/ページ)を著者(会員、非会員とも)負担とする。
10. 別刷りは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。
11. 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: jjiroy@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10.5 pt～12 pt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）：沿岸海洋学—海の中でものはどう動くか—．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14 cm、縦が20 cm（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。

La mer (Bulletin de la
Société franco-japonaise
d'océanographie)
Tome 51 (2013)

うみ (日仏海洋学会誌)

第51巻 (2013年)

Sommaire

総目次

Numéro 1, 2

第1, 2号

Notes originals

White-capped breakers observed just off
the lighthouse of Cape Shionomisaki
and the Kuroshio

.....Toru NAKAMURA,
Junichi TAKEUCHI,
Yoshiki NAKAJI,
Yoichi MAEKAWA,
Keiko NAKAZATO,
Takashi KOIKE, and
Yutaka NAGATA

1-12

Occurrence patterns and ontogenetic inter-
vals based on the development of
swimming- and feeding-related char-
acters in larval and juvenile Japanese
sea bass (*Lateolabrax japonicus*) in
Tokyo Bay

.....Yasushi TAMURA,
Masato MOTEKI,
Toshihiro YOKOO and
Hiroshi KOHNO

13-29

Early life history of the rockfish
Sebastes inermis inferred from otolith
microstructure and nutritional condi-
tion assessment in two temperate
bays, central Japan

.....Miguel RUANO,
Ana Teresa GONÇALVES,
Takashi YAMAKAWA and
Ichiro AOKI

31-47

Faits divers

49

Procès-verbaux

50

原 著

潮岬灯台直下の潮波と黒潮

.....中村 亨・竹内淳一・中地良樹・
前川陽一・仲里慧子・小池 隆・
永田 豊

1-12

東京湾におけるスズキ仔稚魚の出現様式と
遊泳・摂餌形質の発達

.....田村 康・茂木正人・横尾俊博・
河野 博

13-29

耳石微細輪紋および栄養状態分析により推
定したアカメバル *Sebastes inermis* の
初期生活史

.....Miguel RUANO,
Ana Teresa GONÇALVES, 山川 卓,
青木一郎

31-47

資料

49

学会記事

50

Notes originals

原 著

The hydrographic structure along the 137° E line in the western North Pacific from 1990 to 2007

1990 年から 2007 年にかけての西部北太平洋 137 度線に沿った海洋構造

.....Lamona I. BERNAWIS,
Masao NEMOTO and
Jiro YOSHIDA

.....Lamona I. BERNAWIS •
根本雅生・吉田次郎

55-72

55-72

Fish assemblage structure in an artificial canal on reclaimed land in Lake Hamana, central Japan: comparison with an adjacent shore zone

浜名湖の埋立地に建設された人工水路の魚類群集構造—隣接した開放的な沿岸海域との比較—

.....Kazuya TAKIGASAKI and
Mitsuhiko SANŌ

.....瀧ヶ崎一弥・佐野光彦

73-84

73-84

Distribution of the invasive hard clam, *Mercenaria mercenaria*, in the intertidal zone of Sanbanze in the inner part of Tokyo Bay

三番瀬干潟の潮間帯にみられた外来性二枚貝ホンビノスガイ *Mercenaria mercenaria* に関する情報

.....Junpei SHINJI,
Shinnosuke TERUYA,
Kensuke ICHIDA,
Teruki TOMIZAWA,
Asuka TOMINAGA and Risa ITO

.....進士淳平・照屋清之介・市田健介・
富澤輝樹・富永明日翔・伊藤理紗

85-90

85-90

Numerical simulation on sedimentation in Yangon River and its navigation channel

ヤンゴン河航路周辺における堆砂の数値シミュレーション

.....TOE TOE AUNG,
Takenori SHIMOZONO and
Akio OKAYASU

.....TOE TOE AUNG • 下園武範 •
岡安章夫

91-104

91-104

Development of seedling cultivation methods for transplantation of young *Eisenia bicyclis* and *Ecklonia cava* plants by using settlement devices

アラメ・カジメの幼体移植のための着床具を用いる種苗育成法の開発

.....Kuo TIAN, Mineo OKAMOTO,
Singo KAMOSHITA and
Itaru IWATA

.....田 闊・岡本峰雄・鴨下真吾・
岩田 至

105-118

105-118

Spatial distribution of phytopigments
and organic matter in surface sedi-
ments in Lake Saroma (Hokkaido,
Japan)
……………Emi TERASAKI, Kou MORITA,
Masaomi YASUDA,
Kimihiko MAEKAWA and
Shigeru MONTANI 119-128

サロマ湖表層堆積物におけるクロロフィル *a*
と有機物の空間分布
……………寺崎恵未・森田 康・安田優臣・
前川公彦・門谷 茂 119-128

Faits divers 129
Procès-verbaux 139

資料 129
学会記事 139

賛 助 会 員

J F E アドバンテック株式会社	兵庫県神戸市西区井吹台東町 7-2-3
株式会社 イーエムエス	兵庫県神戸市中央区東川崎町 1-3-3 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	東京都北区中里 2-14-8 シャンボール駒込 101
信幸建設株式会社	東京都千代田区神田司町 2-2-7 パークサイド 18 階
ケー・エンジニアリング株式会社	東京都台東区浅草橋 5-14-10
公益財団法人海洋生物環境研究所	東京都新宿区山吹町 347 藤和江戸川橋ビル 7 階
いであ株式会社	東京都世田谷区駒沢 3-15-1

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 原簿	会費 原簿	あて名 カード	学会 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

