

# La mer

う み

1996 年 2 月

日 仏 海 洋 学 会

La Société franco-japonaise  
d'océanographie  
Tokyo, Japon

# SOCIÉTÉ FRANCO-JAPONAISE D'Océanographie

## Comité de Rédaction

(de l'exercice des années de 1994 et 1995)

*Directeur et rédacteur:* Y. YAMAGUCHI

*Comité de lecture:* S. AOKI, M. HANZAWA, M. HORIKOSHI, M. MATSUYAMA, M. MAEDA, M. OCHIAI, T. YANAGI, S. WATANABE

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

*Services de rédaction et d'édition:* M. OCHIAI, H. SATOH

### Note pour la présentation des manuscrits

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

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

Le manuscrit devra être présenté sous la forme suivante:

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

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

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

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

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

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

Les manuscrits devront être adressés directement au directeur de publication de la Société: Y. YAMAGUCHI, Université des Pêches de Tokyo, Konan 4-5-7, Minato-ku, Tokyo, 108 Japon; ou bien au rédacteur étranger le plus proche: H. J. CECCALDI, EPHE, Station marine d'Endoume, rue Batteries-des-Lions, 13007 Marseille, France; E. D. GOLDBERG, Scripps Institution of Oceanography, La Jolla, California 92093, Etats-Unis; T. ICHIYE, Department of Oceanography, Texas A & M University, College Station, Texas 77843, Etats-Unis; ou T. R. PARSONS, Department of Oceanography, University of British Columbia, Vancouver, B. C. V6T 1W5, Canada.

## Primary production and contribution of "new" production in the warm-core ring and the cold streamer off Sanriku in May 1990

Akihiko SHIOMOTO\*, Katsuyuki SASAKI\*\* and Toru SHIMODA\*\*

**Abstract:** The primary productivity in the warm-core ring ( $0.15\text{--}6.89\text{ mgC m}^{-3}\text{ h}^{-1}$ ) and cold streamer ( $2.85\text{--}7.91\text{ mgC m}^{-3}\text{ h}^{-1}$ ) were roughly equal, and the values were nearly constant shallower than the 10% light level. Daily primary production was estimated to be  $930\text{ mgC m}^{-2}\text{ d}^{-1}$  in the warm-core ring and  $811\text{ mgC m}^{-2}\text{ d}^{-1}$  in the cold streamer. Chlorophyll *a* concentrations within the euphotic zone were several times higher in the cold streamer ( $1.93\text{--}4.23\text{ mg m}^{-3}$ ) than in the warm-core ring ( $0.76\text{--}1.11\text{ mg m}^{-3}$ ). In contrast, primary productivity per unit chlorophyll *a* was about two times higher in the warm-core ring ( $0.15\text{--}7.41\text{ mgC mg Chl. }a^{-1}\text{ h}^{-1}$ ) than in the cold streamer ( $0.63\text{--}3.18\text{ mgC mg Chl. }a^{-1}\text{ h}^{-1}$ ). The difference was probably because of the differences in size and/or species distributions of phytoplankton. The contribution of "new" production to total production at the surface was estimated to be 43% in the warm-core ring and 31% in the cold streamer, by using maximum uptake rates of nitrate and ammonium. Comparison of the results obtained in this study with the results previously obtained suggested the importance of nutrient flux from deeper layers in regulating primary productivity in the warm-core ring off Sanriku.

### 1. Introduction

Many observations have been made to elucidate the physical, chemical and biological features in the Kuroshio warm-core rings (e.g. TOMOSADA, 1986; RI and SUGIMOTO, 1989; YASUDA *et al.*, 1992; HAMA, 1992; MATSUO *et al.*, 1993; SASAKI, 1993; YOKOUCHI *et al.*, 1993; CHIANG *et al.*, 1994). Only HAMA (1992) and MATSUO *et al.* (1993), however, reported primary productivity in the warm-core rings and adjacent waters. Outlining HAMA'S results in September 1987, the depth-integrated primary productivity at the warm-core center was about  $900\text{ mgC m}^{-2}\text{ d}^{-1}$  and increased to  $1,200\text{ mgC m}^{-2}\text{ d}^{-1}$  after a storm. The values at the center were roughly equal to the values in the Oyashio water, whereas the value in the warm streamer,  $480\text{ mgC m}^{-2}\text{ d}^{-1}$ , was about half that of the center.

The depth-integrated primary productivity in the warm streamer was also measured to be  $296\text{ mgC m}^{-2}\text{ d}^{-1}$  in October 1991 by MATSUO *et al.*

Primary production is roughly divided into "new" production and "regenerated" production (DUGDALE and GOERING, 1967). It is essential to estimate the contribution of "new" production to total production to determine the flow of materials to higher trophic levels in the marine ecosystem. The contribution is generally more than 30% in eutrophic region and mostly less than 10% in oligotrophic region (reviewed by SHIOMOTO *et al.*, 1994b). The values obtained in the warm-core rings in the Gulf Stream were roughly within the range of the values in eutrophic region (MCCARTHY and NEVIS, 1986). The contribution, however, was estimated once to be 11% in the warm streamer off Sanriku in October 1991 by MATSUO *et al.* (1993).

In late May 1990, a warm-core ring was observed off Kinka-zan and a cold streamer was observed dragged into the warm-core ring from the east side (Fig. 1a, b). According to

\*National Research Institute of Far Seas Fisheries, 7-1, Orido 5-chome, Shimizu-shi, Shizuoka, 424 Japan

\*\*National Research Institute of Fisheries Science, 12-4, Fukuura 2-chome, Kanazawa-ku, Yokohama-shi, Kanagawa, 236 Japan

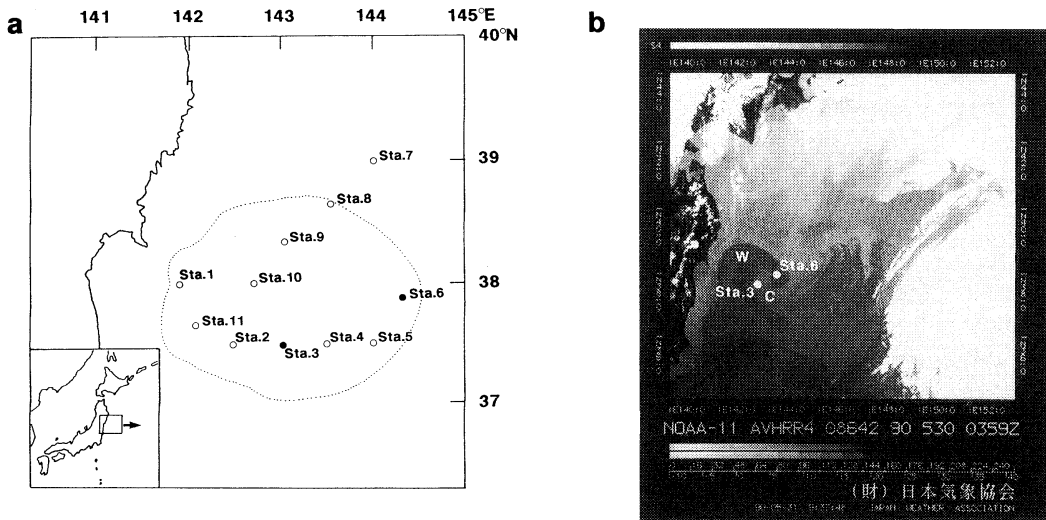


Fig. 1. a: Location of sampling stations off Sanriku in May 1990. Dotted line shows a warm-core ring in May 1990 (YOKOUCHI *et al.*, 1993). Primary productivity and contribution of "new" production to it were measured at solid circles and only CTD casts were done at open circles.  
b: NOAA-11 AVHRR infrared image east of Japan on 30 May 1990. W and C shows a warm-core ring and a cold streamer, respectively.

YOKOUCHI *et al.* (1993), the warm-core ring existed from May to September 1990 off Kinkazan. We measured primary productivity and the contribution of "new" production to total production in the warm-core ring and cold streamer. In this paper, we compare the results obtained in the warm-core ring with those obtained in the cold streamer, and also compare the results of this study with those previously gleaned in the warm-core ring off Sanriku.

## 2. Materials and methods

This study was conducted during the cruise of the R/V "Soyo Maru" of the National Research Institute of Fisheries Science, in 25–29 May 1990 (Fig. 1a). Satellite imagery (NOAA AVHRR) taken on 30 May 1990 indicated that Sta. 6 was located in the Kuroshio warm-core ring and Sta. 3 in the cold streamer originated in the Oyashio water (Fig. 1b). Measurements of primary productivity and the contribution of "new" production to total production were conducted on 28 May at Sta. 6 (warm-core ring) and on 26 May at Sta. 3 (cold streamer).

Primary productivity was measured by the *in situ* method using a  $^{13}\text{C}$ -technique (HAMA *et*

*al.*, 1983). Samples were taken from five depths corresponding to 100, 50, 30, 10 and 1% photon fluxes just above the sea surface, using a 10 l Van Dorn sampler. To determine the depths corresponding to these light levels, photon-flux densities in the water column were measured with a flat quantum sensor (LI-COR Model 1000). Water samples were collected between 8 and 10 a.m.

The samples (2 l) were immediately sieved through a 200  $\mu\text{m}$  mesh screen to remove large zooplankton, and then dispensed into 2 l polycarbonate bottles (two light bottles and one dark bottle). Incubations were begun within about one hour after collection. The  $^{13}\text{C}$  enrichment was about 10% of the total inorganic carbon in the ambient water. Incubation experiments were conducted for about three or four hours. The experiments were terminated by the samples onto precombusted 47 mm Whatman GF/F filters (450°C for 4 h) with gentle suction. The filters were then rinsed with a 3.5% NaCl solution. The filter papers were immediately frozen and preserved for later isotope analysis ashore. After the filters were treated with HCl fumes for 4 h to remove

inorganic carbon, they were completely dried in a vacuum desiccator. The isotopic ratios of  $^{13}\text{C}$  to  $^{12}\text{C}$  were determined by quadruple mass-spectrometer (NICHIDEN ANELVA TE-360). Particulate organic carbon was determined simultaneously. Primary productivity was calculated according to HAMA *et al.* (1983). The dark uptake was always corrected for primary productivity.

The contribution of "new" production to total production was estimated as the ratio of the nitrate uptake rate to the total nitrogen uptake rate (nitrate uptake rate + ammonium uptake rate) (EPPLY and PETERSON, 1979). Samples of surface seawater were collected with a submersible pump (Ebara Type DVS-N). These samples were sieved through a  $200\ \mu\text{m}$  mesh screen to remove large zooplankton and then used in uptake experiments. Seawater collections were made between 8 and 10 a.m.

The samples (2 l) were dispensed into 2 l polycarbonate bottles and enriched by the addition of either  $\text{Na}^{15}\text{NO}_3$  (99.6 atom%  $^{15}\text{N}$ ) to a final concentration of 0.25 to  $8\ \mu\text{mol l}^{-1}$  at Sta. 6 (warm-core ring), and 0.125 to  $2\ \mu\text{mol l}^{-1}$  at Sta. 3 (cold streamer), or  $\text{d}^{15}\text{NH}_4\text{Cl}$  (99.6 atom%  $^{15}\text{N}$ ) to a final concentration of 0.125 to  $2\ \mu\text{mol l}^{-1}$  at both stations. Incubation experiments were begun within one hour after collection and conducted under simulated surface conditions, being dooled with near-surface seawater for about three to four hours. The experiments were terminated by the samples onto precombusted 47 mm Whatman GF/F filters ( $450^\circ\text{C}$  for 4 h) with gentle suction. The filters were then rinsed with a 3.5% NaCl solution. The filter papers were immediately frozen and preserved for later isotope analysis ashore. They were completely dried in a vacuum desiccator. The isotopic ratios of  $^{15}\text{N}$  to  $^{14}\text{N}$  were then determined by quadruple mass-spectrometer (Nichiden Anelva TE-360). Particulate organic nitrogen was determined simultaneously. The nitrogen uptake rate ( $\text{mgN m}^{-3}\ \text{h}^{-1}$ , denoted as  $\rho$ ) was computed according to equation (2) described by DUGDALE and WILKERSON (1986).

Temperature and salinity were measured with a Neil Brown Mark III CTD system. On-deck photon fluxes were monitored every fifteen minutes with a flat quantum sensor (LI-

COR Model 1000) on the upper deck during the sampling period. Seawater samples were used to determine the size-fractionated chlorophyll *a* (Chl. *a*) concentrations. The samples were filtered using 10, 2 and  $0.4\ \mu\text{m}$  Nuclepore filters. Chl. *a* was determined by fluorometry using a Turner Designs Model 10 fluorometer after extraction with N, N-Dimethylformamide (SUZUKI and ISHIMARU, 1990). Water samples for nutrient determinations were stored frozen, and analyzed ashore with a Technicon Auto Analyzer II or manually according to PARSONS *et al.* (1984). The total carbonate in the seawater was measured with a Beckman Model 365 infrared analyzer.

### 3. Results

#### 3.1 Physical and chemical environments

The weather was fine during the observation. The mean light intensity during the incubation was about  $1,700\ \mu\text{Ein m}^{-2}\ \text{s}^{-1}$ , and the total amount of light intensity in a day was about  $50 \times 10^6\ \mu\text{Ein m}^{-2}\ \text{s}^{-1}$  at Sta. 6 (warm-core ring) and Sta. 3 (cold streamer).

The vertical profiles of temperature, salinity and nutrient concentrations shallower than 200m at Sta. 6 (warm-core ring) and Sta. 3 (cold streamer) are shown in Fig. 2. At Sta. 6 (warm-core ring) and Sta. 3 (cold streamer) with depth from the surface to 30m, and thermocline was observed between 10 and 30m. Isothermal water that is characteristic of the warm-core ring was observed below 30m. SASAKI (1993) reported that the temperature of isothermal water was about  $10^\circ\text{C}$  and that such water extended down to around 300m. Based on the result he judged that the warm-core ring had once passed the winter. Salinity was about 34.25 from the surface down to 200m. At Sta. 3 the temperature decreased with depth from the surface, whereas salinity was about 33.75 at least down to 200m. In addition, the temperature and salinity in the water shallower than 50m at Stas. 3 and 7 were lower than at other stations in the warm-core ring (Table 1). The results obtained in the shipboard observation were consistent with the stellite imagery (NOAA AVHRR) of 30 May 1990 (Fig. 1).

At Sta. 6 (warm-core ring) all nutrient concentrations were very low at the surface. They

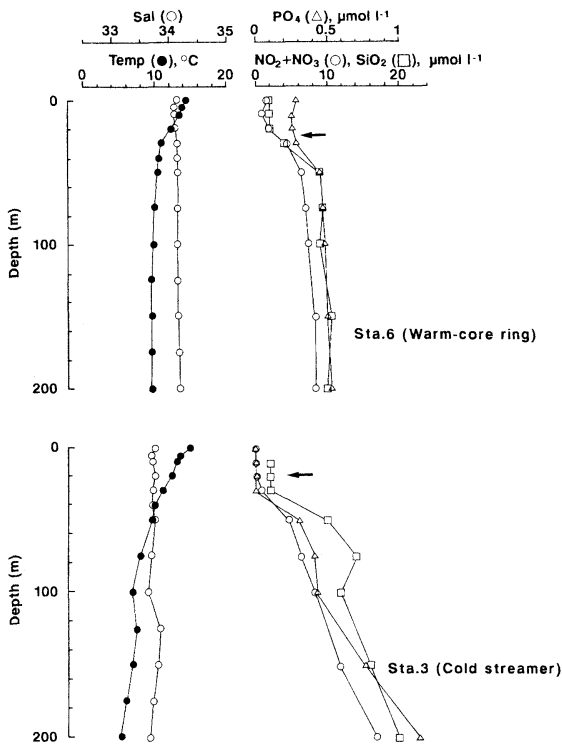


Fig. 2. Vertical profiles of temperature (Temp), salinity (Sal) and concentrations of nutrients ( $\text{NO}_2+\text{NO}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{PO}_4$ ) shallower than 200m at Sta. 6 (warm-core ring) and Sta. 3 (cold streamer) off Sanriku in May 1990. Arrows indicate the depths of euphotic zone (1% light level).

increased rapidly, however, from 20 to 50m and were nearly constant below 50m. At Sta. 3 (cold streamer), nitrite+nitrate and silicate were nearly exhausted at the surface, whereas phosphate existed minimally. All nutrient concentrations increased dramatically with depth from 30m.

### 3.2 Chlorophyll *a* and primary productivity

Total Chl. *a* concentration, primary productivity and primary productivity per unit Chl. *a* within the euphotic zone at Sta. 6 (warm-core ring) and Sta. 3 (cold streamer) are summarized in Table 2. Total Chl. *a* concentrations were about  $1 \text{ mg m}^{-3}$  through the euphotic zone at Sta. 6 (warm-core ring). The concentrations were 2–3  $\text{mg m}^{-3}$  shallower than the 10% light level and  $4.23 \text{ mg m}^{-3}$  at the 1% light level at Sta. 3 (cold streamer). Total Chl. *a*

Table 1. Mean values of temperature and salinity above the depth of 50 m at 11 stations off Sanriku in May 1990

Station	Temperature (°C)	Salinity (Psu)
1	14.38	34.40
2	15.20	34.36
3	11.63	33.73
4	19.39	34.77
5	13.10	34.09
6	11.95	34.12
7	9.62	33.56
8	17.09	34.62
9	19.37	34.74
10	10.32	33.71
11	16.23	34.55

concentrations at Sta. 3 were several times larger than those at Sta. 6. Depth-integrated Chl. *a* at Sta. 3 was about two times larger than that at Sta. 6. The size-fractionated Chl. *a* concentration is shown in Fig. 3. At Sta. 6 every size existed more or less equally at the 100 and 1% light levels, whereas the 2–10  $\mu\text{m}$  fraction dominated and other fractions existed roughly equal at other light levels. At Sta. 3,  $>10 \mu\text{m}$  fraction dominated through the euphotic zone and accounted for about 70% of the total Chl. *a* concentration. Other fractions existed more or less equally (about 15%). In addition,  $<10 \mu\text{m}$  fraction accounted for 70–80% of total Chl. *a* concentration at Sta. 6, whereas  $>10 \mu\text{m}$  fraction accounted for about 70% of total Chl. *a* concentration at Sta. 3.

At Sta. 6, primary productivity shallower than the 10% light level was nearly constant. The mean value  $\pm$  SD was calculated to be  $5.91 \pm 0.68 \text{ mgC m}^{-3} \text{ h}^{-1}$ . The same result was observed at Sta. 3 where the mean value  $\pm$  SD was  $6.30 \pm 1.44 \text{ mgC m}^{-3} \text{ h}^{-1}$ . The mean values at the two stations were nearly equal. Primary productivity differed at these stations' 1% light level, but the values were considerably lower than at shallower than the 10% light level.

The depth-integrated production during the incubation period was estimated by averaging the productivities between two depths, multiplying by the depth interval and summing these values. Multiplying the depth-integrated production by the ratio of the photon flux of a

Table 2. Chlorophyll *a* (Chl. *a*), primary productivity (productivity) and primary productivity per unit chlorophyll *a* (Productivity/Chl. *a*) within the euphotic zone at Sta. 6 (warm-core ring) and Sta. 3. (cold streamer) off Sanriku in May 1990

	Depth		Chl. <i>a</i>	Productivity	Productivity/Chl. <i>a</i>
	%	m	mg m <sup>-3</sup>	mg m <sup>-3</sup> h <sup>-1</sup>	mgC mgChl. <i>a</i> <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup>
Sta.6 (Warm-core ring)	100	0	0.91	5.32	5.85
	50	2.5	0.76	5.63	7.41
	25	6	1.11	6.89	6.19
	10	10.5	1.10	5.81	5.28
	1	25	1.01	0.15	0.15
			(26)	(930)	
Sta.3. (Cold streamer)	100	0	2.73	4.57	1.67
	50	1.5	1.93	5.79	3.00
	25	3.5	2.18	6.91	3.17
	10	7	2.49	7.91	3.18
	1	16.5	4.23	2.65	0.63
			(47)	(811)	

Values in the parentheses indicate chlorophyll *a* for the entire euphotic zone per m<sup>2</sup> sea surface (mg Chl. *a* m<sup>-2</sup>) and daily primary production for the entire euphotic zone per m<sup>2</sup> sea surface (mgC m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>).

full day to the photon flux during the incubation period gave the daily primary production as reported in Table 2. Daily primary production was 930 mgC m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> at Sta. 6 (warm-core ring) and 811 mgC m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> at Sta. 3 (cold streamer). The former value was about 100 mgC m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> higher than the latter value.

Primary productivity per unit Chl. *a* was nearly constant at shallower than the 10% light level at Sta. 6 (warm-core ring). The mean value  $\pm$  SD was calculated to be  $6.18 \pm 0.90$  mgC mgChl. *a*<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>. At Sta. 3 (cold streamer) the values at the 50, 25 and 10% light levels were nearly equal ant the value at the 100% light level (surface) was about half of those. The mean value at shallower than the 10% light level was calculated to be  $2.76 \pm 0.73$  mgC mgChl. *a*<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>. The mean value at Sta. 6 was about two times higher than that at Sta. 3. Primary productivity per unit Chl. *a* at the 1% level of these stations was different, but the values were remarkably lower than those at shallower layers above the 10% light level.

### 3.3. Nitrogen uptake and contribution of "new" production to total production

The nitrate uptake rates conformed to the Michaelis-Menten equation and saturated within the range of the injected substrate concentration at Sta. 6 (warm-core ring) and Sta. 3

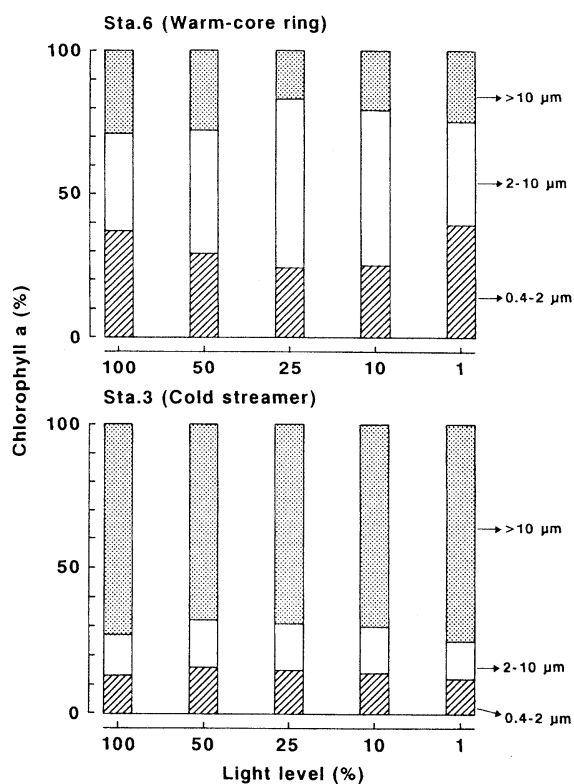


Fig. 3. Vertical changes in relative composition of size-fractionated chlorophyll *a* concentration at Sta. 6 (warm-core ring) and Sta. 3 (cold streamer).

Table 3. Maximum uptake rate ( $\rho_{\max}$ ), maximum uptake rate per unit chlorophyll *a* ( $\rho_{\max}/\text{Chl. } a$ ), half-saturation constant (Ks) and contribution of "new" production to total production ("new" production/total production) at the surface at Sta. 6 (warm-core ring) and Sta. 3 (cold streamer) off Sanriku in May 1990

		Sta. 6 (Warm-core ring)	Sta. 3 (Cold streamer)
$\rho_{\max}$ (mgN m <sup>-3</sup> h <sup>-1</sup> )	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.456	0.330
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.626	0.736
$\rho_{\max}/\text{Chl. } a$ (mgN mgChl. <i>a</i> <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.501	0.121
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.687	0.270
Ks ( $\mu\text{mol l}^{-1}$ )	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.310 [0.7]	0.031 [0]
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.080 [0.16]	-0.044 [0.14]
"new" production/total production	(%) *	43	31

\*  $\rho_{\max} - \text{NO}_3 / (\rho_{\max} - \text{NO}_3 + \rho_{\max} - \text{NH}_4) \times 100$

[ ] : Ambient concentration ( $\mu\text{mol l}^{-1}$ )

(cold streamer). Ammonium uptake rates were nearly constant within the range of injected substrate concentration. The maximum uptake rate ( $\rho_{\max}$ ), maximum uptake rate per unit Chl. *a* ( $\rho_{\max}/\text{Chl. } a$ ) and half-saturation constant (Ks) of the nitrate and ammonium obtained by concentration dependency experiments are shown in Table 3. The  $\rho_{\max}$  of nitrate at Sta. 6 was higher than at Sta. 3, whereas ammonium showed an opposite result. The  $\rho_{\max}$  of ammonium was higher than that of nitrate at these stations. The  $\rho_{\max}/\text{Chl. } a$  of nitrate and ammonium were several times higher at Sta. 6 than at Sta. 3. The Ks of both nitrogens were lower at Sta. 3, than at Sta. 6, but the values at these stations were roughly equal to the ambient concentrations.

The *in situ* rates of nitrate and ammonium uptake can be calculated using kinetic parameters,  $\rho_{\max}$  and Ks, and ambient substrate concentration. We were unable, however, to calculate the rate when the ambient concentrations of nitrogens were close to or beneath the detection limit. Furthermore, the preservation of seawater samples by freezing may have results in uncertainties in ambient concentrations. In this case, the uptake rates calculated were probably far from true values. We therefore estimated the contribution of "new" production to total production using  $\rho_{\max}$  for nitrate and ammonium, which is unaffected by the reliability of ambient concentrations of nitrogens. The contribution was estimated to be 43% at Sta. 6 and 31% at Sta. 3. (Table 3).

#### 4. Discussion

The satellite image shows that the warm-core ring originated in the Kuroshio water and the cold streamer in the Oyashio water (Fig. 1b). Daily primary production in the Kuroshio water was 100–300 mgC m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> (e.g. SAIJO *et al.*, 1970). The value in the offshore Oyashio water was 200–800 mgC m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> in non-blooming period and 1,000–2,000 mgC m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> in blooming period (e.g. SHIOMOTO *et al.*, 1994a). In this study, the daily primary production was 930 mgC m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> in the warm-core ring and 811 mgC m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> in the cold streamer (Table 2). The primary productivity in the warm-core ring was consequently higher than in the source water, similar to previous information (e.g. SASAKI, 1993). On the other hand, in the offshore Oyashio, OGISHIMA (1991) reported at spring bloom in May that the total Chl. *a* concentrations attained more than 5 mg m<sup>-3</sup> in the surface layers, and >10  $\mu\text{m}$  size (large-sized phytoplankton) accounted for more than 80% of the total Chl. *a* concentration. In this study, the total Chl. *a* concentration was 2–4 mg m<sup>-3</sup> (Table 1) and the Chl. *a* concentration of the >10  $\mu\text{m}$  fraction accounted for about 70% in the cold streamer (Fig. 3). These results suggest that spring bloom occurred in the source water of the cold streamer, the Oyashio water, during our observation. Hence, we can not declare whether primary productivity in the cold streamer is higher than that in the source water.

HAMA (1992) measured primary productivity in the warm-core ring 86B that once passed the



winter, in September 1987; the daily primary production at the center was about  $900 \text{ mgC m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ . The daily primary production in the warm-core ring in this study was estimated to be  $930 \text{ mgC m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  (Table 2). This value is almost equal to the value in warm-core ring 86B reported by HAMA (1992). The nitrate in warm-core ring 86B was exhausted at the surface layer, whereas the nutricline (about  $0.3 \mu \text{ mol l}^{-1} \text{ m}^{-1}$ ) was noticed from 40 to 60m, and nitrate concentrations were about  $10 \mu \text{ mol l}^{-1} \text{ m}^{-1}$  below the nutricline. The same results were found in the vertical profile of nitrite+nitrate concentration in the warm-core ring in this study (Fig. 2). The vertical gradient of the nutrient that was observed between 20 and 50 m was calculated to be about  $0.2 \mu \text{ mol l}^{-1} \text{ m}^{-1}$ . These facts suggest that a nearly equal supply of nutrient from deeper layers contributed much to the equal daily primary production in both warm-core ring. Thereby nutrient flux from deeper layers probably plays an important role in regulating primary productivity in the warm-core ring off Sanriku.

Conversely, the total Chl. *a* concentration at the surface was more than two times larger in the warm-core ring in this study (about  $1 \text{ mg m}^{-3}$ ) (Table 2) than in warm-core ring 86B ( $0.2 \text{ mg m}^{-3}$ ) (HAMA, 1992). Phytoplankton biomass was significantly different between the two warm-core ring although daily primary production was nearly equal. This variance probably reflects the differences in species and size distributions of phytoplankton and grazing pressure by zooplankton between the warm-core ring. Furthermore, considering that the observation seasons of the two warm-core rings were dissimilar, the differences in these biological factors may be the result of seasonal variations in the factors. Seasonal observation of primary productivity and other biological factors is required in the future.

Primary productivity per unit Chl. *a* was about two times higher in the warm-core ring than in the cold streamer (Table 2). Small-sized phytoplankton ( $<10 \mu \text{ m}$  fractions) dominated within the euphotic zone in the warm-core ring and large-sized one ( $>10 \mu \text{ m}$  fraction) in the cold streamer (Fig. 3). The cell numbers of diatoms was  $7.1 \times 10^3 \text{ cells l}^{-1}$  at 0m and  $5.7 \times 10^3$

cells  $\text{l}^{-1}$  at 25m, and that of flagellates was  $1.3 \times 10^5 \text{ cells l}^{-1}$  at 0m and  $2.4 \times 10^4 \text{ cells l}^{-1}$  at 25m in the warm-core ring (NAKATA pers. comm.) The cell numbers of diatoms was  $6.7 \times 10^4 \text{ cells l}^{-1}$  at 0m and  $6.4 \times 10^4 \text{ cells l}^{-1}$  at 25m, and that of flagellates was  $1.5 \times 10^4 \text{ cells l}^{-1}$  at 0m and  $9.5 \times 10^3 \text{ cells l}^{-1}$  at 25m in the cold streamer. Flagellates dominated in the warm-core ring and diatoms in the cold streamer. The temperature and nutrient concentrations in the surface layer in the warm-core ring and cold streamer were roughly equal (Table 1; Fig. 2). The primary productivity per unit Chl. *a* of small-sized phytoplankton is generally higher than that of large-sized one under the same environmental conditions (MALONE, 1980; GLOVER *et al.*, 1985). KAWAMURA (1963) and TANIGUCHI (1969) reported that the value was high in the population dominated by flagellates than in the population dominated by diatoms. The difference in primary productivity per unit Chl. *a* between the warm-core ring and cold streamer was thus probably attributed to the differences in size and/or species distribution of phytoplankton.

Nitrite+nitrate concentrations at the surface were very low ( $1\text{--}2 \mu \text{ mol l}^{-1}$ ) in the warm-core ring and were exhausted in the cold streamer (Fig. 2). Were phytoplanktons nitrogen-deficient in both locations for that reason? The atomic ratio of carbon to nitrogen in phytoplankton is nearly equal to the Redfield ratio (6.6) (REDFIELD *et al.*, 1963) when phytoplankton is not nitrogen limited and is growing at or near its maximum rate (GOLDMAN *et al.*, 1979). The ratio increases, however, and rises to above 10 when phytoplankton becomes nitrogen-deficient (DONAGHAY *et al.*, 1978; GOLDMAN *et al.*, 1979). In this study, the atomic ratio of carbon to nitrogen in particulate organic matter at the surface was 7.6 in the warm-core ring and 8.9 in the cold streamer. These values were slightly higher than the Redfield ratio. Furthermore, KANDA and HATTORI (1989) reported that the uptake ratio of carbon to ammonium is remarkably lower than the Redfield ratio when phytoplankton is nitrogen-deficient: 1.8 for *Thalassiosira pseudonana* and 2.0 for *Platymonas* sp. The ratio obtained in this study was 9.9 at the surface in the

warm-core ring and 7.2 in the cold streamer. These values were slightly higher than the Redfield ratio. From these results, we concluded that phytoplanktons were not nitrogen-deficient in either location.

The contribution of "new" production to total production obtained in this study (Table 3) were within the range of the values in eutrophic region (>30%: reviewed by SHIOMOTO *et al.*, 1994b) as reported in the warm-core ring in the Gulf Stream (McCARTHY and NEVINS, 1986). The high contribution positively reflects the copious supply of nutrients from the deeper layers (McCARTHY and NEVINS, 1986). This is probably one of the characteristics of warm-core ring.

The diffusional flux of nitrate through the thermocline is an important nitrogen source for supporting "new" production. The flux can be obtained by the equation:

$$F_n = K_z \cdot d_c / d_z$$

where  $F_n$  is the diffusional flux of nitrate,  $K_z$  is the eddy diffusion coefficient and  $d_c/d_z$  is the slope of the nitracline. "New" production can thus be estimated on the basis of the vertical profile of nitrate concentration if  $K_z$  has been obtained.  $K_z$ , however, has not yet been reported in the warm-core ring off Sanriku. Here, we tried to estimate  $K_z$  in the warm-core ring based on several assumptions. Provided that the nitrate is supplied from the deeper layer solely by diffusion and nitrate concentration in the surface layers is in a steady state,  $F_n$  is equal to the nitrate amount taken up by phytoplankton within the euphotic zone. Nitracline was noticed from 20 to 30m, and the nitrate (nitrite + nitrate) concentration was  $1.9 \mu \text{mol l}^{-1}$  at 20m and  $4.5 \mu \text{mol l}^{-1}$  at 30m (Fig. 2). Accordingly,  $d_c/d_z$  is calculated to be  $0.26 \text{ mmol m}^{-4}$  and thereby  $F_n$  is  $0.26 \text{ mmol m}^{-4} \cdot K_z$ . From the daily primary production in the warm-core ring ( $930 \text{ mgC m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ), the nitrate amount taken up by phytoplankton is calculated to be  $5.0 \text{ mmol m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  by assuming that the uptake ratio of carbon (primary production) to nitrogen is equal to the Redfield ratio (6.6 by atoms), and the contribution of "new" production to total production within the overall euphotic zone is equal to the value at the surface (43%). From

the above,  $0.26 \text{ mmol m}^{-4} \cdot K_z$  is equal to  $5.0 \text{ mmol m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  and thereby  $K_z$  is calculated to be  $2.2 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ . The value is nearly equal to the deep-euphoticzone eddy diffusion coefficient in the Gulf Stream warm-core ring in calm conditions prior to a storm:  $0.5\text{--}5 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$  (McCARTHY *et al.*, 1992).

### Acknowledgements

We thank the captain and crew of the R/V "Soyo Maru" for the sample collection. We extend our appreciation to Dr. T. SAINO of the Water Research Institute of Nagoya University (former site: Ocean Research Institute, University of Tokyo), for kindly permitting us the use of a mass spectrometer, and to Dr. Y. KATO, Tokai University, for lending an infrared analyzer. We thank Ms. K. NAKATA of the National Research Institute of Fisheries Science for her kind communication on phytoplankton species composition. We are grateful to Dr. K. YOKOHI of the Tohoku National Fisheries Research Institute for his valuable information on the warm-core ring off Sanriku in 1990.

### References

- CHIANG, K.P., A. TANIGUCHI and S. KATO (1994): Distribution of diatom assemblages in and around a warm core ring in the North Pacific Polar Frontal Zone. *La mer*, **32**, 195–207.
- DONAGHYA, P.L., J.M. DEMANCHE and L.F. SMALL (1978): On predicting phytoplankton growth rates from carbon: nitrogen ratios. *Limnol. Oceanogr.*, **23**, 359–362.
- DUGDALE, R.C. and J.J. GOERING (1967): Uptake of new and regenerated form of nitrogen in primary productivity. *Limnol. Oceanogr.*, **12**, 196–206.
- DUGDALE, R.C. and F.P. WILKERSON (1986): The use of  $^{15}\text{N}$  to measure nitrogen uptake in eutrophic ocean; experimental considerations. *Limnol. Oceanogr.*, **31**, 673–689.
- EPPLEY, R.W. and B.J. PETERSON (1979): Particulate organic matter flux and planktonic new production in the deep ocean. *Nature*, **282**, 677–680.
- GLOVER, H.E., A.E. SMITH and L. SHAPIRO (1985): Photosynthetic characteristics of picoplankton compared with those of larger phytoplankton populations, in various water masses in the Gulf of Maine. *Biol. Oceanogr.*, **3**, 223–248.
- GOLDMAN, J.C., J.J. McCARTHY and D.G. PEAVY (1979): Growth rate influence on the chemical composition of phytoplankton in oceanic waters. *Nature*,

- 279, 210-215.
- HAMA, T. (1992): Primary productivity and photosynthetic products around the Kuroshio warm core ring. *Deep-Sea Res.*, **39**, S279-S293.
- HAMA, T., T. MIYAZAKI, Y. OGAWA, T. IWAKUMA, M. TAKAHASHI, A. OTUKI and S. ICHIMURA (1983): Measurement of photosynthetic production of a marine phytoplakton population using a stable  $^{13}\text{C}$  isotope. *Mar. Biol.*, **73**, 31-36.
- KAWAMURA, T. (1963): Preliminary survey of primary production in the northern North Pacific and Bering Sea, June-August 1960. *Inform. Bull. Plantol. Japan*, **10**, 28-35. (in Japanese with English abstract)
- KANDA, J. and A. HATTORI (1988): Ammonium uptake and synthesis of cellular nitrogenous macromolecules in phytoplakton. *Limnol. Oceanogr.*, **33**, 1568-1579.
- MALONE, T.C. (1980): Algal size. *In*, *The Physiological Ecology of Phytoplankton*. I. Morris (ed.), University of California Press, Berkley and Los Angeles, 433-463.
- MATSUO, Y., K. YOKOUCHI and D. INAGAKE (1993): New production in the warm streamer. *In*, Book of Abstracts, 1993 Fall Meeting of The Oceanographical Society of Japan, Oct. 21-25, 1993, Sendai, Japan, p.175. (in Japanese)
- MCCARTHY, J.J. and J.L. NEVINS (1986): Source of nitrogen for primary production in warm-core rings 79-E and 81-D. *Limnol. Oceanogr.*, **31**, 690-700.
- MCCARTHY, J.J., C. GARSIDE and J.L. NEVINS (1992): Nitrate supply and phytoplakton uptake kinetics in the euphotic layer of a Gulf Stream warm-core ring. *Deep-Sea Res.*, **39**, S393-S403.
- OGISHIMA, T. (1991): Distribution of chlorophyll *a* as a phytoplaktonic food for Japanese sardine in the sea area off southeast Hokkaido. *Bull. Hokkaido Nat. Fish. Res. Inst.*, **55**, 173-184. (in Japanese with English abstract)
- PARSONS, T.R., Y. MAITA and C.M. LALLI (1984): *A Manual of Chemical and Biological Methods for Seawater Analyses*. Pergamon Press, Oxford, 173pp.
- REDFIELD, A.C., B.H. KETCHUM and F.A. RICHARDS (1963): The influence of organisms on the composition of sea water. *In*, *The Sea*, Vol.2, M. N. Hill (ed.), Interscience, New York, 26-77.
- RI, K. and T. SUGIMOTO (1989): Distribution and change of nutrient and chlorophyll in water-core ring. *Marine Sciences Monthly*, **21**, 173-178. (in Japanese)
- SAIJO, Y., T. KAWAMURA, S. IZUKA and K. NOZAWA (1970): Primary production in Kuroshio and its adjacent area. *Proc. 2nd CSK Symp.*, Tokyo, 169-175.
- SASAKI, K. (1993): Nutrient supply and production in low trophic levels in warm-core ring off Sanriku. *Marine Science Monthly*, **25**, 87-93. (in Japanese)
- SHIMOTO, A., K. SASAKI, T. SSHIMADA and S. MATSUMURA (1994a): Primary productivity in the offshore Oyashio in the spring and summer 1990. *J. Oceanogr.*, **44**, 150-156.
- SHIMOTO, A., K. SASAKI, T. SSHIMADA and S. MATSUMURA (1994b): Kinetics of nitrate and ammonium uptake by the natural population of marine phytoplankton in the surface water of the Oyashio region during spring and summer. *J. Oceanogr.*, **50**, 515-529.
- SUZUKI, R. and T. ISHIMARU (1990): An improved method for the determination of phytoplankton chlorophyll using N, N-Dimethylformamide. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, **46**, 190-194.
- TANIGUCHI, A. (1969): Regional variations of surface primary production in the Bering Sea in summer and the vertical stability of water affecting the production. *Bull. Fac. Fish., Hokkaido Univ.*, **20**, 169-179.
- TOMOSADA, A. (1986): Generation and decay of Kuroshio warm-core rings. *Deep-Sea Res.*, **33**, 1475-1486.
- WRIGHT, R.T., and J.E. HOBBI (1966): Use of glucose and acetate by bacteria and algae in aquatic ecosystems. *Ecology*, **47**, 447-464.
- YASUDA, I., K. OKUDA and M. HIRAI (1992): Evolution of a Kuroshio warm-core ring: variability of the hydrographic structure. *Deep-Sea Res.*, **39**, S131-S161.
- YOKOUCHI, K., D. INAGAKE, Y. MATSUO and M. MURAKAMI (1993): Hydrographic structure and chlorophyll *a* distribution observed during southward movement of a Kuroshio warm-core ring into subtropical waters. *Bull. Tohoku Natl. Fish. Res. Inst.*, **55**, 75-88. (in Japanese with English abstract)

Received January 20, 1995

Accepted September 15, 1995

## Automatic recording system of the position of a lobster in experimental tank

Takashi KOIKE\*, Miyuki MAEGAWA\*, Masako HIRAYAMA\*  
and Yutaka NAGATA\*

**Abstract:** In order to trace the movement of the spiny lobster, an automatic recording system of the position of the lobster was designed and applied in our experimental tank. The upper part of the lobster cage is supported with a triangle frame. A pointed supporting bar is set at each corner of the frame, and is placed on an electronic balance. The measured weights of the cage at three corners are fed to a personal computer, and the position of the lobster is automatically calculated and recorded for every 2.7 sec. The accuracy of the position determination is less than 0.9 cm. Several results of the preliminary experiments are also introduced. The recording system is very useful to trace the lobster, especially in the nighttime when we cannot see its movements by eyes.

### 1. Introduction

Spiny lobsters have nocturnal habit. KOIKE *et al.* (1993, 1995 and 1996) observed moving activities of Japanese spiny lobster, *Panulirus japonicus*, in an experimental tank, and found that it scarcely moves when underwater brightness is higher than  $5.2 \times 10^{-3} lx$  and that it moves actively when brightness is lower than  $2.3 \times 10^{-5} lx$ . In these experiments, the lobster was kept in the relatively small rectangular cage which is hung by three wires. We measured variation of the tension of one of three wires, and obtained a measure of lobster activity by counting occurrence frequency of significant tension changes. The lobster movement in the traverse direction, however, would not be detected in this simple system, and the exact moving distance or the moving speed of the lobster cannot be observed. In order to measure the position of the lobster on two dimensional plane, we improved the recording system by measuring tensions of all three supporting points of the lobster cage. The new system works successfully enough to detect two dimensional movements of the lobster. The re-

ording system is introduced with several preliminary experimental results in this paper.

### 2. Constitution of the recording system

A cylindrical plastic tank of 100 cm diameter and of 80 cm depth is used, and the lobster is kept in a cylindrical cage of 80 cm diameter and of 40 cm depth. The cage is made by plastic net of 0.3 cm mesh size which is put on an aluminum frame work. The upper part of the cage is supported by a triangle frame made of aluminum angles as shown in Fig. 1. A pointed supporting bar is set downward from each corner of the triangle frame, and is placed on electronic balance. Each electronic balance (A&D Co., EWA/B) is set on a small table, the surface of which is carefully adjusted to be horizontal and to have the same level as the other tables. The electronic balances has zero adjustments, and their outputs are set to be zero at the beginning of each experimental run.

The experimental tank is set in a large dark box in a dark room of the main building of the Faculty of Bioresources of the Mie University. The sea water used is collected in the sea off Kumano-nada by R/V *Seisui-maru* or off the Fisheries Research Laboratory of the Mie University located on Zaga Island in Ago Bay of

\* Faculty of Bioresources, Mie University, Kamihama-cho 1515, Tsu, Mie 514, Japan

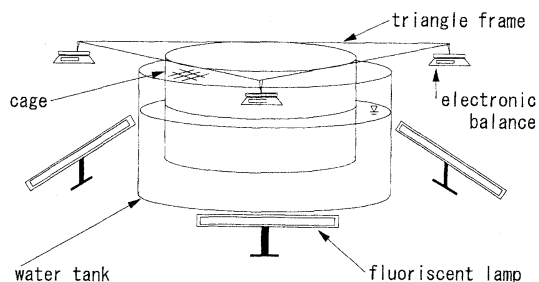


Fig. 1. Schematic view of the experimental apparatus.

the Mie Prefecture. To keep the water fresh, the water is supplied to the tank through two filter tanks filled with ceramic filtering grain and coral sands. The water is supplied through a sub-tank where the water is overflowing so as that the pressure head and so the supply rate of the water is kept to be constant (about 9 l/min.). Multiple intakes and drains are applied in order to minimize flows in fixed direction in the experimental tank. Three intakes is set near the bottom, and two drains near the water surface and two drains near the bottom. The water in the tank is lost by evaporation at the rate of about 2 l per day, and the tap water which has been kept in the room for several days is supplied every two days.

Three fluorescent lamps are used as light sources as shown in Fig 1. The lamps are set at the level significantly lower than the tank surface, and only the reflected lights are allowed to penetrate into the tank. All of the instruments are painted with frost black paint. The measured brightness distribution on the level of the water surface is shown in Fig.2. The shadow of the side wall of the tank appears to exist, and the brightness near the edge is a little lower than that at the center. The lamps are put on at 7:00 and off at 19:00 every day, and the bright daytime of 12 hours and the dark nighttime of 12 hours produced.

The output of the three electronic balances are lead to a personal computer (PC 9801 F) through RC232C cable, and the lobster position is calculated for every 2.7 sec and recorded in floppy disks. The movement of the lobster is also displayed and monitored on a Braun tube.

The lobsters used in our experiment were caught in the sea off Wagu of the Shima

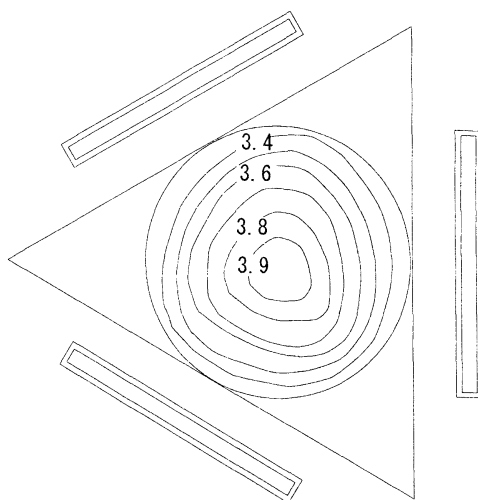


Fig. 2. An example of the measured distribution of the brightness in lx on the level of water surfacet.

Peninsula, Mie Prefecture. The lobsters were put in the experimental cage a few days after their catch, but they can be used usually longer than one year. Only male lobsters of medium size (carapace length from 7.0 to 8.5cm and weight from 250 to 350 gw) are used as large lobsters are often not so active. The activity of female lobsters appears to be changed in their spawning season. The lobsters in the tank are fed with one living mussel *Mytilus edulis* having the weight from 3.0 to 5.0 gw once a day in daytime. The shell of the mussel is partly broken so as the lobster can easily eat it.

### 3. The determination of the lobster position and its accuracy

We take the positions of the edges of the triangle support or the measuring positions of the weight to be  $A(0,0)$ ,  $B(e,f)$ , and  $C(e,-f)$ , and the position of the center of gravity of the lobster  $G(m, n)$  as shown in Fig. 3. We denote the measured weights at A with  $a$ , at B with  $b$  and C with  $c$ , respectively. If we adjust the outputs of the three electronic balances to be zero before the lobster is put into the cage. We have the relations:

$$\begin{aligned} m &= (b+c) e / (a+c), \\ n &= (b-c) f / (a+c). \end{aligned}$$

$e$  and  $f$  can be represented by the side length of the triangle  $L$  ( $=138.5\text{cm}$ ) or by the semi-

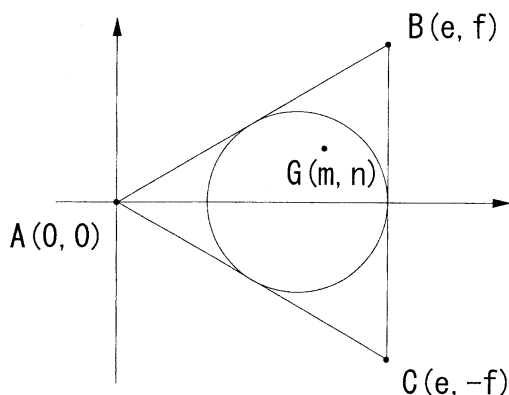


Fig. 3. Coordinate system used in the calculation of the lobster position  $G(m, n)$ . A, B and C denote three positions where the weight of the cage is measured. See details for the text.

diameter of the cage  $r$  ( $=40\text{cm}$ ):

$$e = (3^{1/2}/2) L = 3r,$$

$$f = (1/2) L = 3^{1/2}r.$$

If we take the origin of the coordinate at the center of the cage (or the center of the gravity of the triangle), and if we denote  $a+b+c$  with the weight  $M$  of the lobster in the water, the position  $(x, y)$  of the lobster in the new coordinate system is

$$x = 3r(b+c)/M - 2r = (b+c-2a)r/M$$

$$y = 3^{1/2}r(b-c)/M.$$

The measurable range of the electronic balances used is  $300\text{gw}$  in full scale and their precision is  $0.1\text{gw}$ . If one of the measured weight has an error of  $E$ , the resulted error of the lobster position would be  $rE/M$  in the  $x$ -direction and  $3^{1/2}rE/M$  in the  $y$ -direction. If we take  $E = 0.1\text{gw}$ ,  $M = 25\text{gw}$  and  $r = 40\text{cm}$ , the errors in the  $x$ - and  $y$ -directions are  $0.16\text{cm}$  and  $0.28\text{cm}$ , respectively. The total error resulted from three weight measurements would be 3 times of these estimation in maximum. We may evaluate the error, however, to be about 2 times as one of the measurements is not independent from other two, as the weight of the lobster  $M$  is constant for each experiment. We checked the errors in the position determination by placing a lead weight of  $25\text{gw}$  at various points on the bottom of the cage. The obtained error is smaller than  $0.9\text{cm}$ , and the measurement is accurate enough judging from the size of the lobster (carapace length from  $7.0$  to  $8.5\text{cm}$ ).

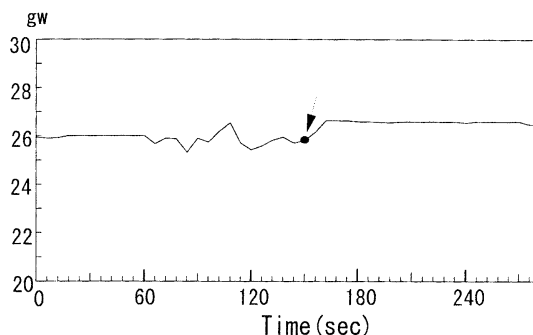


Fig. 4. An example of the change of the total weight (in  $gw$ ) during the feeding operation. Black circle indicate the time when we put a mussel into the tank. The time is taken in abscissa.

Error of the measurement may be caused by feeding process. In Fig. 4, the variation of the total weight  $M$  when we put a mussel of  $4.8\text{gw}$  (in air) in the vicinity of the center of the cage. Some irregular variation was observed during the feeding operation as we inevitably touched the cage, though no movement was recognized in that time. The weight was increased by  $0.34\text{gw}$  due to the added mussel weight. However, the error of the lobster position caused is only  $0.58\text{cm}$ . So, we did not make any correction during each experimental run.

#### 4. Several preliminary results

##### 4-1. Moving speed of the lobster

A male lobster of  $8.1\text{cm}$  carapace length and of  $285\text{gw}$  weight ( $27.0\text{gw}$  in water) is used in the preliminary experiment to test our automatic recording system of lobster position. We set 12 hours bright period of  $3.4$ - $3.9\text{lx}$  brightness (daytime) and 12 hours dark period of  $0\text{lx}$  brightness (nighttime) on each day, respectively. The experiment was made for 6 weeks from January 5 to February 15, 1995.

An example of the moving trajectory of the lobster is shown in Fig. 5. Though the lobster usually stays near the cage wall and moves around the circular cage, this example shows a movement to reach the mussel place at the center of the cage. The lobster left its usual moving path rounding the cage, and approached to the mussel. The lobster stayed for a while at the center of the cage, and then the lobster carried the mussel near to the wall. Thereafter,

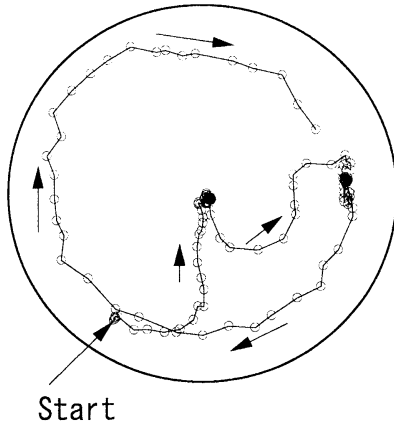


Fig. 5. An example of the moving path of the lobster. The trajectory is shown for the period from 22:41 to 22:50 on February 15, 1995. Though the lobster moves usually clockwise along the cage wall, the lobster appears to find the mussel placed at the center of the cage, and approached to carry it to the vicinity of the cage wall. The positions determined for every 2.7 sec are shown with white circles. The moving direction is shown with arrows.

the lobster started again to move clockwise along the cage wall. The lobster never approaches to the mussel in daytime, and the movement shown here is firstly recorded by the new recording system. This example also shows that the adopted interval of the position determination (2.7 sec) is frequent enough to trace the lobster position even in nighttime when the lobster moves actively.

The moving speed of the lobster averaged over this experiment is 0.64 cm/s. The lobster moves much actively in nighttime with averaged speed of 1.15 cm/s, while the averaged speed in daytime is only 0.12 cm/s. The moving distance for each day ranges from 172m to 1484 m, and its average value is 549m (52m in daytime and 497m in nighttime). In our previous experiment (KOIKE *et al.*, 1995), they traced a lobster with a small red luminous diode on its back in the shaded outdoor pool for 24 hours. The averaged moving speed of the lobster was 200.5m/h (66.8 cm/s) in nighttime ( $0\text{ lx}$ ) and was 12.3 m/h (4.1 cm/s) in daytime ( $4.6 \times 10^2\text{ lx}$ ). The moving distance of a tagged Japanese spiny lobster was estimated as about 1,800 m/day by TAKAGI (1972) in the sea south of the

Boso Peninsula, and that of New Zealand spiny lobster, *Jasus edwardsii*, as 5,000–7,000 m/day by HERRNKIND (1980). The influence of the environmental conditions on the moving speed has not clarified yet, but our results appear to coincide with these previous works.

#### 4-2. Diurnal variation pattern of spiny lobster

The variation of the moving distance for each hour is shown in Fig. 6. The diurnal variation of the lobster movements, active in nighttime and almost rest in daytime, is clearly seen in this figure. This figure shows that the lobster does not move continuously all night through, and the variation pattern of the nighttime movement is very changeable day by day. The nighttime activity patterns found in the previous papers, however, appears to keep nearly constant high level in nighttime, and do not exhibit such day-by-day variations as shown in the figure. The moving distance is adopted here as an indicator of the lobster activity, while the frequency of the lobster movement in the longitudinal direction larger than a prescribed value is used in the previous paper. The new system may describe much more detailed nature of the lobster movements, which was not resolved in the simple old system. Also, the differences in the cage size and cage shape, and in the lightening system which may influence the experimental results. The further investigations are needed to clarify the difference of the variation pattern discussed above.

However, the basic nature of the diurnal variation pattern measured in the new system is just same as that measured in the old system. The averaged diurnal variation pattern of the moving distance (Fig. 7) is very similar to that of the activity frequency discussed in the previous papers (KOIKE *et al.*, 1995 and 1996): the lobster starts to move actively at 19.00 just after the lights are put off. The sharp change from the inactive phase to the active phase is always observed exactly in phase with the brightness variation, while the shift from the active phase to the inactive phase does not occur exactly in phase with the brightness change. The phase relation of the shift from active phase to inactive phase to the time when the lights are on appears to be changed lobster

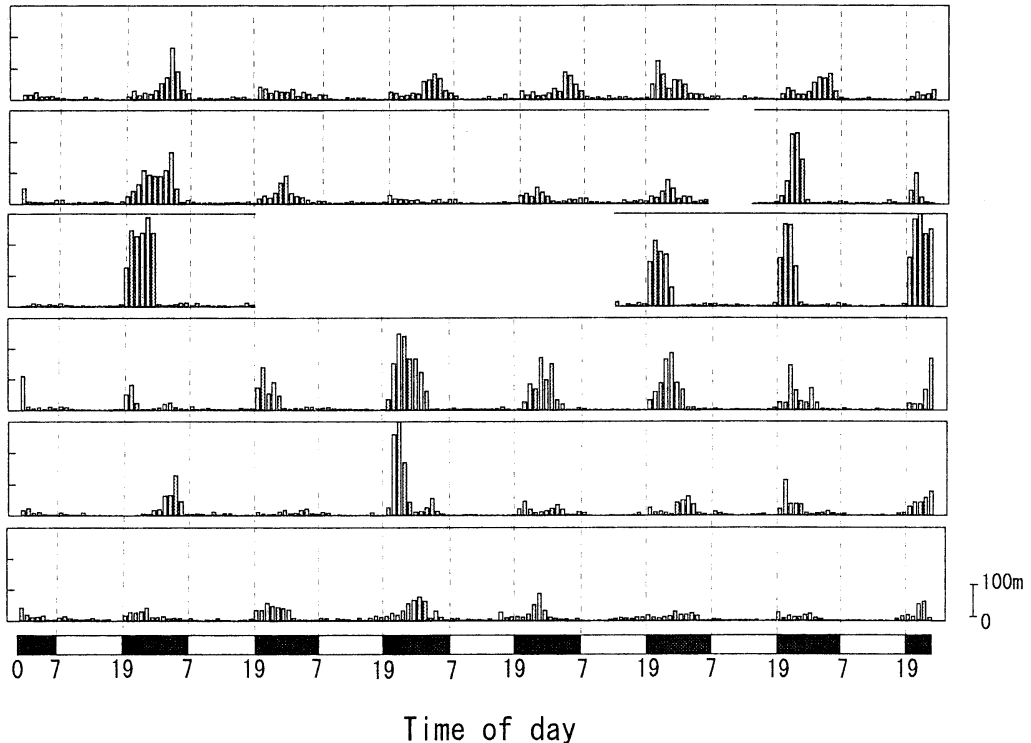


Fig. 6. Temporal variation of the moving distance per hour of the lobster during the experimental period of 6 weeks from January 5 to February 15, 1995. The variation is shown separately for each week, and the segments are aligned from top to bottom. The measurements were interrupted for about 8 hours on January 17 due to shock of the Hanshin Large Earthquake and from January 20 to is shown in the bottom of the figure, and the black bar and white bar indicate the nighttime and daytime, respectively. The scale of the moving distance is shown at the right-down corner of the figure.

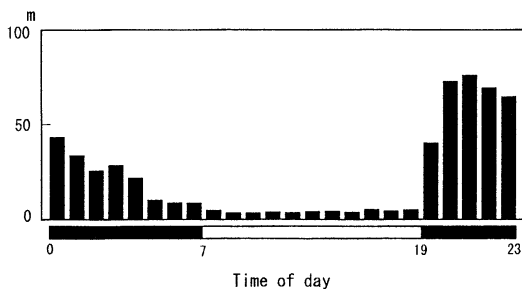


Fig. 7. The diurnal variation of the moving distance per hour averaged over the experimental period. The moving distance in m is taken in ordinate. The time of day is taken in abscissa, and the night time and daytime are shown with black bar and white bar, respectively.

by lobster. The figure indicates that the activity in the first half of the nighttime tends to be higher than in the second half of the nighttime.

Similar tendency is also seen in some of the variation patterns in the previous experiments (KOIKE *et al.*, 1995 and 1996). These similarities suggest that the simple measuring system is effective enough if we discuss only the diurnal variation pattern of the lobster activity.

#### 4-3. Preferable position of the lobster in the cage

An example of the nighttime moving trajectory for one hour is shown in Fig. 8. The lobster usually moves around along the wall, but occasionally leaves the side wall and crosses the interior of the cage. The moving speed of the lobster is faster in crossing the central part than in rounding along the wall, except when it found the mussel there.

In order to clarify the preferable position of the lobster in the cage, we set 24 sub-domains having the same area as shown in Fig. 9. The



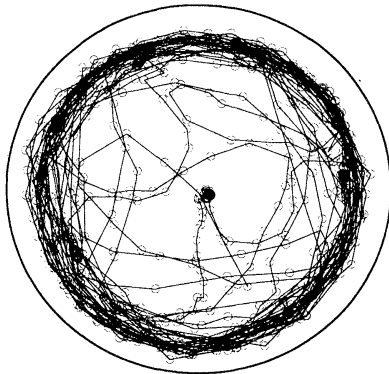


Fig. 8. Same as in Fig. 5 except for the period from 22:00 to 23:00 on February 15.

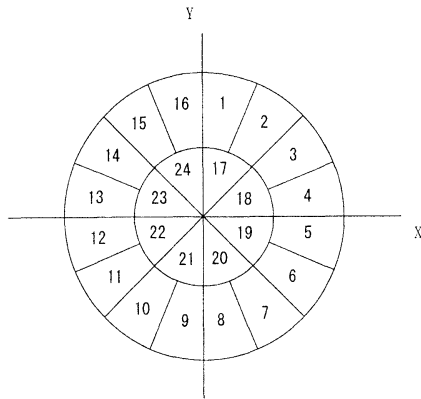


Fig. 9. Sub-domains where the residence frequencies of the lobster are obtained.

frequency in % that the lobster stays in each subdomain is calculated and are shown in Fig. 10 and 11. It is clear that the lobster selects rather to stay in the vicinity of the cage wall. The frequency distributions both in the outer sub-domains and in the inner sub-domains are almost symmetrical, indicating that our apparatus including the lightening system is arranged symmetrical enough.

**5. Concluding remarks**

By supporting the lobster cage with a triangle frame and by measuring the weights at its three corners, the automatic recording system of the lobster movement is designed and adopted in our experimental tank. The preliminary experiments showed that the system is accurate enough to observe the detailed lobster

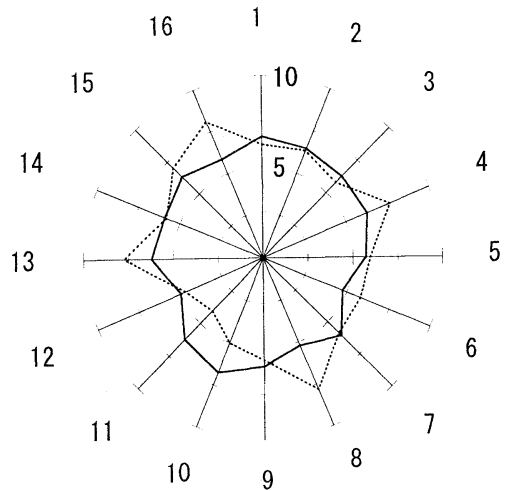


Fig. 10. Residence frequency in % each outer sub-domain from domain 1 to domain 16. The domain numbers are shown outer rim of the figure (see Fig. 9 for positions of the sub-domains). Frequencies are calculated for nighttime (the full line) and for daytime (dotted line), separately. Note that the total frequencies shown in this figure is not 100 %: they would become 100% if we add the frequencies shown in Fig. 11, respectively.

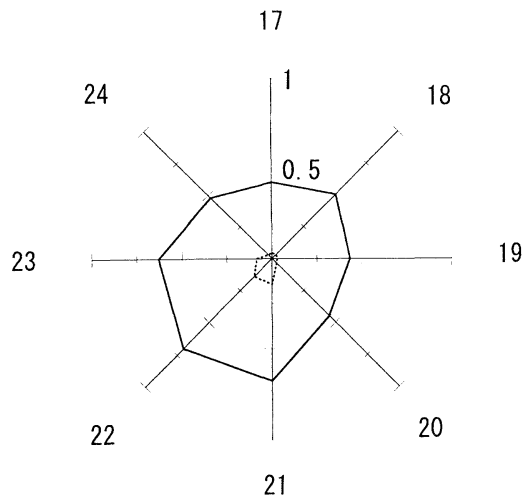


Fig. 11. Same as in Fig. 10 expect in each inner sub-domain from domain 17 to domain 24. Note that the frequency scale is much expanded in comparison with Fig. 10.

movements, and showed that it is very useful to trace the lobster especially under a pitch dark condition when the lobster movement is not visual.

This automatic recording system would be applicable also to observe the other benthic animals, such as clawed lobster, shrimps and various kinds of crabs in the experimental tanks.

### Acknowledgements

The authors wish to thank the staffs of the Fisheries Research Laboratory of the Mie University for their kind supports. This research was supported in part by a Grant-in-aid for Scientific Research from the Ministry of Education, Science and Culture of Japan, and by Kakushin Foundation of Research and Education.

### References

- HERRNKIND, W.F. (1980) : Spiny lobsters : Patterns of movement, in *The Biology and Management of Lobsters I* (ed. by J. Stanley Cobb and Bruce F. Phillips), Academic Press, New York, 349-407.
- KOIKE, T., Y. MORIKAWA, M. MAEGAWA, and T. MORINAGA (1993) : Effects of underwater brightness on Japanese spiny lobster behavior during nighttime scotophase. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 59, 1689-1694. (in Japanese)
- KOIKE, T., Y. MORIKAWA, M. MAEGAWA (1995) : Underwater brightness in nighttime and behaviors of Japanese spiny lobsters. *La mer*, 33, 107-117.
- KOIKE, T., K. HAYASHI, and Y. NAGATA (1996) : Minimum daytime brightness recognized by Japanese spiny lobsters. *La mer*, (in press).
- TAKAGI, K. (1972) : Migration of the tagged spiny lobster, *Panulirus japonicus*, on the southern Boso Peninsula, Chiba Prefecture: A continuous experiment, 1951-1968. *La mer*, 10, 95-110.

Received May 19, 1995

Accepted December 14, 1995



## 魚類の桿体視物質量と成熟に関する研究

長谷川 英一\*・長縄 明子\*\*

### Studies on the relation between volume of visual pigment in the rods and maturity of fish

Eiichi HASEGAWA\* and Akiko NAGANAWA\*\*

**Abstract:** In order to investigate the relation between volume of visual pigment in the rods and maturity and the relation between fish behaviour to the light and maturity, we made the experiments with Japanese anchovy, cobaltcap silverside, pacific saury and mosquito fish. The quantitative analysis of visual pigment was made by the retinaloxime method. Each kind of fish were measured body weight and gonad weight, and calculated gonad somatic index (GSI). The indication of the behaviour of fish to the light was the following rate to the moving light screen. More maturity mosquito fish tended to more less following rate, but have nothing to do with the volume of visual pigment. And the GSI of other kind of fish were unrelated to the volume of visual pigment.

#### 1. はじめに

魚類の成熟と対光行動の関係については、サンマ漁業における灯付きの良し悪しと成熟との関係(相沢, 1963), マイワシ *Sardinops melanostictus* を対象とした集魚灯利用旋網漁業で調べられている魚の浮上度と成長段階との関係(大渡他, 1953), カダヤシ類 *Gambusia* sp. とメダカ類 *Cyprinodon baconii* の走光性と雌雄間あるいは産卵成熟期などとの関係(BREDER, 1959)などが報告されている。

山村・武藤(1962)はサンマ *Cololabis saira* の眼球

内のビタミンA量(R: CH<sub>2</sub>OH, R: CH<sub>2</sub>COOR')を測定し、成熟期におけるビタミンAの偏在を確認した。その結果から、産卵成熟期には卵の成熟のために栄養素である体内のビタミンAが消費され、相対的にみると網膜内のビタミンAが減少するので、光受容能力が減退すると考えられるとした。このビタミンAのアルデヒド型であるレチナルとタンパク質オプシンとが結合したものが視物質であり、これは光受容器である視細胞中に存在する。視覚はこの視物質が光の作用によって化学変化を起こし、細胞内に受容器電位が発生することがその機序になっている。

本研究では、アルデヒド型ビタミンA(R: CHO)であるレチナルを測定し、種々の魚の視物質量と成熟度との関係を調べるとともに対光行動の成熟度による違いについても調べた。

#### 2. 材料および方法

##### 1) 視物質量と成熟度

1992年4月伊豆諸島海域において、夜間集魚灯で集魚し釣獲したカタクチイワシ *Engraulis japonica* 29尾、同年6月熊野灘で集魚灯利用施網で漁獲されたマイワシ9尾、1993年4月から6月にかけて三重県英虞湾内で集魚灯を利用し採捕したギンイソイワシ *Hypoatherina*

\* 三重大学生物資源学部漁撈学研究室, 〒514 三重県津市上浜町1515

Laboratory of Fishing technology, Faculty of Bioresources, Mie University, Uehama-chou, Tsu, Mie, 514 Japan

現所属: 水産庁水産工学研究所魚群制御研究室, 〒314-04 茨城県鹿島郡波崎町海老台。

Laboratory of Fish Behaviour Control, National Research Institute of Fisheries Engineering, Ebidai, Hasaki Kashima, Ibaraki, 314-04 Japan

\*\* 愛知県春日井市役所, 〒486 愛知県春日井市鳥居松町5-44

Kasugai City Office, Aichi Prefecture, Toriimatsu-machi, Kasugai, Aichi, 486 Japan

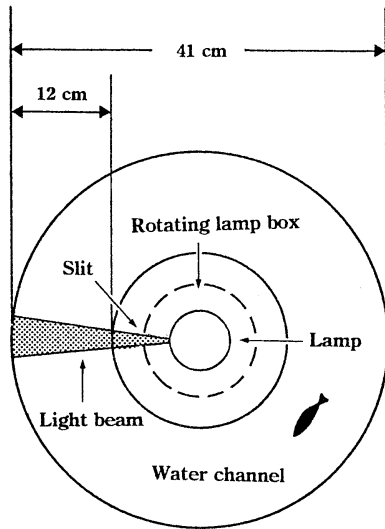


Fig. 1. Plane view of the experimental apparatus used to induce the optomotor reaction of fish.

*tsurugae* 15尾, 1992年12月および翌1993年1月に熊野灘で流網により漁獲したサンマ29尾を供試魚とした。

これらはいづれも雌の個体であり, 各個体の全重量 (Wg), 生殖腺重量 (GWg) を測定し, GSI  $\{(GW/W) \cdot 100(\%) \}$  を求めた。

視物質の抽出は SUZUKI and MAKINO-TASAKA (1983) の方法に従った。各供試魚の眼球を摘出し, 角膜とレンズを取り除いた網膜にヒドロキシルアミンを加えレチナルオキシムを作成する。さらにジクロロメタン, 蒸留水, nヘキサンを加え 4°C, 3000rpm で5分間冷却遠心を行い, 得られる上澄み液をエバポレート後移動相 (nヘキサン/エーテル) 0.3ml で溶解しサンプルとした。1回の分析にはこの内 50  $\mu$ l を使用した。以上の操作は全て 0.1lx 以下の暗赤色光下で行った。

視物質量はモル数として産出した。すなわち, HPLC で得られたクロマトグラムから吸光度を算定し, 360nm でのヘキサン中レチナルオキシムおよびオールトランス型レチナルオキシムの分子吸光係数\*を用いてモル数に換算した。また, この視物質量は1眼球から抽出されるサンプル液1ml 当たりの値とした。

## 2) 対光行動と成熟度

三重県津市近郊の河川で四つ手網を用いて採捕したタツブミノー *Gambusia affinis* を供試魚とした。これを三

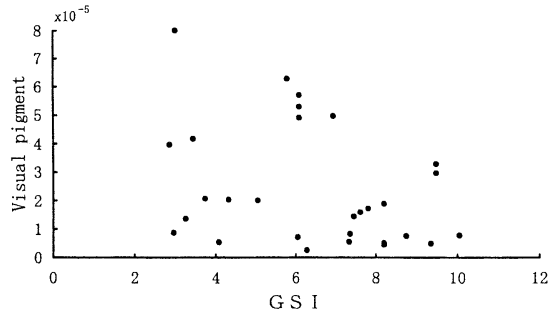


Fig. 2. Relation between GSI (gonad-somatic index) and visual pigment content (mol/ml/eye) in Japanese anchovy *Engraulis japonica*.

重大学生物資源学部漁撈学研究室の実験室内で常温で飼育しながら実験に供した。

対光行動の実験装置を Fig. 1 に示す。水深15cmの円形水路の中心に60W の緑色灯 (三信電気製) を吊るし, スリットの入った黒塗りの円筒を下方からこの緑色灯を覆うようにセットする。この円筒はモーターにより回転するのでスリットから漏れる光は縦縞模様の移動光幕となる。この装置は安・有元 (1993) の移動光幕装置とほぼ同様の構造であるが, スリット付きの光源ランプを入れた箱に直接モーターを取り付けた構造になっている。このときの水路壁面の照度は 0.01lx, 移動光幕部の照度は 0.1lx であった。

供試魚1尾を円形水路内で1時間暗順応させた後, 緑色灯を点灯し水路壁面を回転する移動光幕に対する追従反応行動を観察した。移動光幕の速度は毎分6回転であり, 供試魚が同様の速度で同方向に回転遊泳した場合の反応率を100%として1分ごとに10分間, 計10回の測定を行いその平均値を求めた。

成熟度との関係を見るため, 雌成熟魚 (抱卵している個体), 雌未成熟魚 (抱卵していない個体), 雄に分けてその反応率の差異を調べた。また, これらの個体の視物質量も上記と同様の方法で調べた。

## 3. 結果と考察

### 1) 視物質量と成熟度

各供試魚ごとの視物質量とGSIの相関図を Fig. 2~5 に示す。4魚種とも視物質量は個体によって差が大きい。

SUZUKI *et al.* (1986) はアメリカザリガニをバイオトロンの中で飼育して視物質の量的および組成変化を温度条件と光条件を変えて調べ, 8週間の視物質量は10°C 10 L14Dで  $55 \pm 19$  pmol/eye, 25°C 15L9Dで  $178 \pm 40$  pmol/eye と報告している。また, MAKINO *et al.* (1985) はウシ

\*大阪大学名誉教授原富之博士からの私信による。

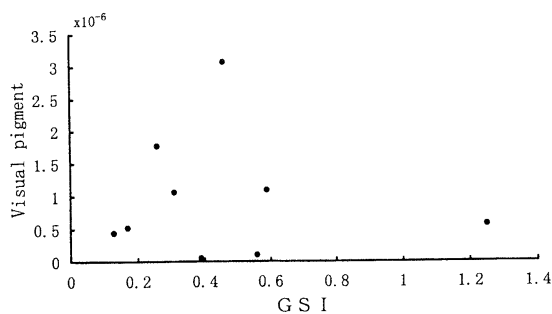


Fig. 3. Relation between GSI (gonad-somatic index) and visual pigment content (mol/ml/eye) in sardine *Sardinops melanostictus*.

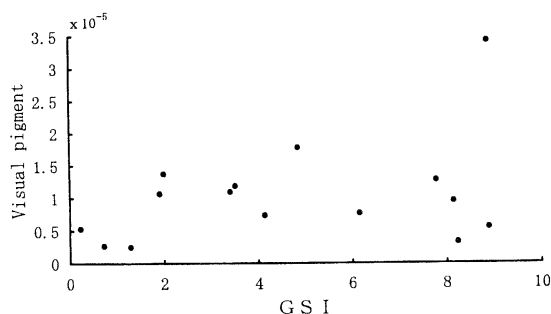


Fig. 4. Relation between GSI (gonad-somatic index) and visual pigment content (mol/ml/eye) in cobaltcap silverside *Hypoatherina tsurugae*.

ガエル視物質の網膜中の分布を2~18cmの体長の個体で調べ、視物質量が成長につれ増加し2~30nmol/retinaで変動していることを計測した。すなわち、視物質量は種によって、また、同一種であっても体長や環境でかなり異なるものと考えられる。

各魚種のGSIと視物質量の相関関係は、カタクチイワシ  $r=0.324$ 、マイワシ  $r=0.164$ 、ギンイソイワシ  $r=0.359$ 、サンマ  $r=0.029$  となりいづれも低い値であり、少なくとも負の相関は得られなかった。

カタクチイワシは春から秋にかけて長期に亘る産卵期をもち、その間のGSIは3~4にモードをもつことが知られている(靄田, 1992)。本研究に供したカタクチイワシは4月下旬に採捕されたものであり、産卵期内の個体群であると考えられる。小達(1979)によると、サンマの熊野灘における産卵盛期は1月と4月であり、本研究で用いたサンマもこの時期の個体群である。ギンイソイワシもGSIが8以上の個体が含まれ成熟度別の視物質量の変化傾向を反映しているものと考えられる。マイワシは6月に熊野灘で漁獲されたものであり、産卵期

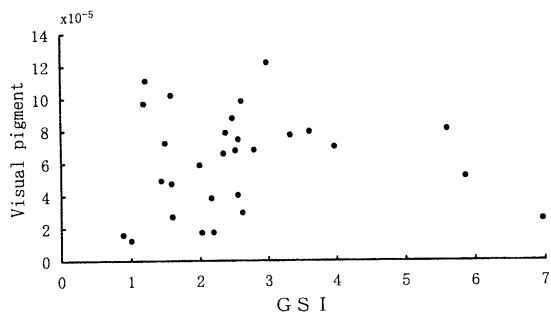


Fig. 5. Relation between GSI (gonad-somatic index) and visual pigment content (mol/ml/eye) in pacific saury *Cololabis saira*.

を終了しGSIの低い個体群のみから得られた結果である。マイワシについては、視物質量との相関を調べるためにはさらに成熟個体のサンプルを調べる必要がある。しかし、成熟していると考えられる個体を含む魚種に関しては各供試魚とも視物質量とGSIとの相関はないものと考えられる。すなわち、成熟そのものの視物質量への影響は認められない。

哺乳動物を用いてビタミンAの欠乏の影響を調べた研究がある。DOWLING and WALD (1958) はビタミンA欠乏状態のシロネズミの網膜中の視物質量は正常のものより少なく、視感度も著しく低下することを調べた。また、美濃(1969)はラットにおけるビタミンA欠乏の進行状況を調べ、肝臓ビタミンAの消失が先行し、ついで、血液中のビタミンAが消失し、最後に網膜中の視物質など各組織中のビタミンAが減少することを観察した。鈴木(1987)はマウスを用いて同様の実験を行い、肝臓ビタミンAは一ヶ月後に痕跡量となったが眼内レチナル量は対照群に近いレベルを維持し、約二ヶ月後に急激な減少が起きたと報告している。しかし、この場合でも眼内レチナルを完全に涸渇させることは容易ではないとしている。

すなわち、成熟にともないビタミンAの摂取が全くなくなるようなことがもしあれば、やがて網膜中の視物質が減少し視覚機能に影響を及ぼすこともあると考えられるが、成熟という過程が直接的に視物質量に、さらに視覚機能に影響することはないであろう。

## 2) 対光行動と成熟度

移動光幕に対する追従反応行動の実験結果をTable 1に示す。雄の平均反応率は約35%であり、その最小値は2%、最大値は75%と個体差が大きいものとなった。雌の成熟個体の反応率は一様に低く2%程度である。

Table 1. Rate of optomotor reaction of Mosquito fish

Male	Female (Mature)	Female (Immature)
75.00	1.25	7.08
14.58	2.50	4.17
47.50	1.67	7.08
48.75	5.42	6.67
2.08	2.92	8.75
35.00	0.83	14.17
1.67	1.25	25.00
15.83	0.83	7.08
42.50		5.42
57.08		27.08
N	10	8
Ave.	34.00	2.08
S.D.	24.63	1.54

unit; %

この結果の分散の違いをF検定によって検定したところ有意な差がみられたので、WELCHの方法を用いて平均値の差の検定を行った。検定の結果、3者間には5%の危険率で有意な差があり、移動光幕に対する追従反応行動は成熟によって異なることが示された。

さらに、Table 2にみられるように、雌の成熟魚の視物質量の平均値は高いものの個体差が非常に大きく、成熟した個体で視物質量が減少する傾向は認められない。なお、雌雄の網膜組織を顕微鏡レベルで観察したところ顕著な差はみられなかった。

有元ら(1979)は視覚目標を移動光束とした場合と光以外の視覚刺激であるテプスクリーンを用いた場合の反応を比較し、ともに視覚運動反応に基づくものであるとしている。かれらは走光性を示さない魚に対しても移動光に対する追従反応を認めている。このことから本実験で認められたタップミノー成熟魚の追従反応行動の鈍化は走光性の鈍化のためではないと考えられる。

成熟度と視物質量に相関関係が認められなかったことと考え併せると、産卵成熟期における灯付きの良し悪しにビタミンA量が関与するという定説は再検討を要すると思われる。

## 謝辞

供試魚の採集に当たりご協力いただいた三重県錦漁業協同組合糸川京治氏、三重大学生物資源学部付属練習船勢水丸石倉勇船長始め乗組員の方々そして付属臨海実験所木村清志助教授に感謝いたします。また、視物質の実

Table 2. Visual pigment content in Mosquito fish

Male	Female (Mature)	Female (Immature)
1.17	2.87	1.05
0.87	2.95	0.76
0.86	0.65	0.89
0.67	1.83	0.08
0.54	1.96	0.64
0.36	0.47	1.27
1.18	0.47	0.79
	0.42	0.73
N	7	8
Ave.	0.81	1.45
S.D.	0.31	1.09

unit;  $10^{-6}$ mol/ml/eye

験手法に関しご教示いただいた大阪大学名誉教授原富之博士に御礼申し上げます。

## 文献

- 相沢幸雄(1963): サンマ群の灯付状態と漁獲・魚群との関係. 東北区水研報, **23**, 85-92.
- 安 永一・有元貴文(1993): 移動光幕に対するウグイの反応. うみ, **31**, 31-36.
- 有元貴文・柴 宏有・井上 実(1979): 魚の視覚運動反応と漁法IV. 移動光束に対するニジマスの行動. 東水大研報, **66**, 23-35.
- BREder, C.M. (1959): Studies on social groupings on fishes. Bull. American Museum of Natural History, **17**, 257-270.
- DOWLING J.E. and G. WALD (1958): Proc. Nat. Acad. Sci., **44**, 648.
- MAKINO-TASAKA, M., T., SUZUKI, K. NAGAI and S. MIYATA (1985): Spatial Distribution of Visual Pigment and Dopamine in the Bullfrog Retina. Exp. Eye Res. **40**, 767-778.
- 美濃 真(1969): 新ビタミン学, 日本ビタミン学会編, 51.
- 小達 繁(1977): 北太平洋におけるサンマの分布. 北水産, 北洋研業績集, **92**, 353-381.
- 大渡 敦・古野清孝・古野清賢(1953): 魚群探知機の記録から見たイワシ群の生態. 日水誌, **18**, 669-674.
- 鈴木龍夫(1987): 動物のビタミンA<sub>1</sub>・A<sub>2</sub>視物質変換系. 昭和61年度科学研究費補助金研究成果報告書, 11-20.
- SUZUKI, T. and M. MAKINO-TASAKA (1983): Analysis of retinal 3-dehydroretinal in the retina by high pressure liquid chromatography. Analyt. Biochem., **129**, 111-119.

SUZUKI, T., K. ARIKAWA and E. EGUCHI (1985): The Effects of Light and Temperature on the Rhodopsin-Porphyrin Visual System of the Crayfish, *Procambarus clarkii*. Zool. Sci., **2**, 455-461.

轟田義成 (1992) : カタクチイワシの成熟・産卵と再生

産力の調節に関する研究. 水工研研報, **13**, 129-169.  
山村弥太郎・武藤清一郎 (1962) : サンマの灯付に関する研究-I. ビタミンAとの関連性について. 東北水研研報, **21**, 57-62.

1995年5月19日受領

1995年11月28日受理





## 海苔のロール式摘採機構の解明

矢田 貞美\*・陳 家康\*・戸田 勝喜\*

### Analysis of cutting mechanism of the roll type *Nori* harvester

Sadami YADA\*, Jia Kang CHEN\* and Masayoshi TODA\*

**Abstract:** Theoretical analysis was carried out on cutting mechanism of the roll type *Nori* harvester in reference to revolution locus, cutting resistance force and velocity vector of V type knife. 1) Working boat was more easily controlled when force of the frame for picking up *Nori* net was stronger and when resistance force acting on the frame was smaller, enabling the efficiency of picking up *Nori* net and the cutting accuracy better. 2) When revolution direction of the roll type harvester and advance direction of the boat were the same, V type knife cut and pushed *Porphyra* thalli to advance direction. Largeness and direction of cutting resistance force changed as momental cutting quantity and number of operating knife changed when cutting thalli. 3) Practical cutting resistance force was reduced when the point angle of V type knife was small. 4) In the present case, a harvester equipped with triple V type knives was found to work more efficiently than that with a single knife, remaining the variation of stubble length smaller. 5) Pulling cut was approximately 70% and shearing cut approximately 30%.

#### 1. はじめに

海苔原藻の収穫には、吸引式摘採機及びロール式摘採機が開発され、前者は小規模養殖に、後者は大規模養殖に導入されている。後者を積載した摘採船の急速な普及により、原藻の収穫作業は大幅に省力化された。その結果、短時間収穫が可能となり、原藻の加工処理までの保蔵時間が短縮され、品質の低下防止が可能になった。これまで、吸引式摘採機は経験的に実用化され（特許、1964）、既に30年にわたって使用されており、その切断機構については若干検討されている（矢田ら、1995）。一方、ロール式摘採機についても吸引式摘採機と同様の試行錯誤的に開発改良（特許、1979）されているが、理論的な解析や実証研究の報告は見当たらない。また、摘採船方式では、船首の方向制御の困難さに起因する網反りが主な原因で、摘採作業中にロール式摘採機が弛緩した養殖網を切断し、その残滓が原藻中に混入する等、摘

採作業精度はまだ十分とはいえない。

そこで、このような背景と問題点に着目し、ロール式摘採機（以後、摘採機と称する）による原藻の切断状態、並びに回転ロールに付設したV型ストレート刃（以後、V型刃と称する）の刃数、回転軌跡及び切断特性等から摘採性能について理論的に検討した。

#### 2. 供試機の概要と解析方法

##### 1) 供試摘採船の機構と摘採方法

Fig. 1に摘採船の概要を示す。摘採船（全長 8.5m, 4.9 GT）の装備は、船外機（115 PS）、エンジン式油圧ユニット、摘採機、並びに潜水部が三角形の潜水揚網フレーム、網移送フレーム等から構成される。航走力により、船首の潜水揚網フレームで海中の養殖網をすくい上げ、甲板上の高所に設けられた網移送フレーム上を船首から船尾までスライドさせる。その際、甲板上の摘採機で網から垂下した原藻を摘採し、摘採後の同網を船尾から海中にもどす。潜水揚網フレームの海中への出し入れ、摘採機の後方向の位置調整等の操作、及び操船は操作室のレバーによって1人で行うことができる。摘採工程の概略は以下のとおりである。摘採船は、展張配置された2枚一組の養殖網（柵と称される）を1工程で摘採

\* 東京水産大学漁業工学講座

〒108 東京都港区港南 4-5-7

Laboratory of Fishing Technology and Engineering, Tokyo University Fisheries, Konan 4-5-7, Minato-ku, Tokyo, 108 Japan

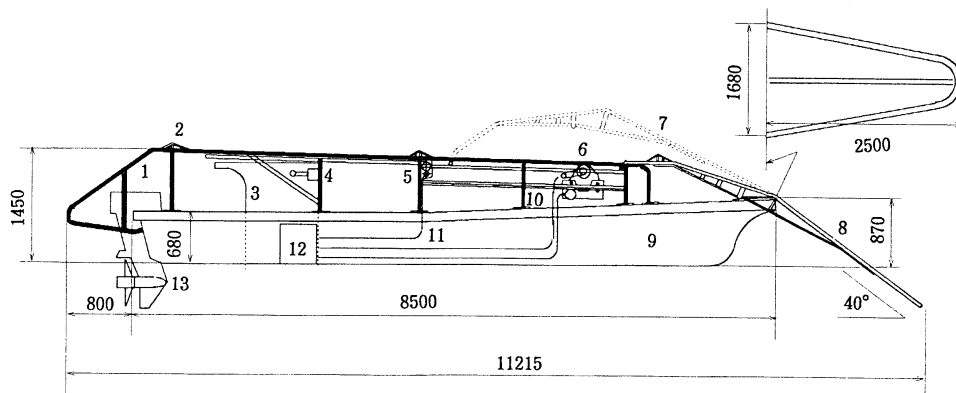


Fig. 1. Outline of boat for harvesting *Nori*. 1: frame for transporting *Nori* net, 2: guide for prevention of *Nori* net slipping sideways, 3: operation room, 4: hydraulic pressure control valve, 5: drive apparatus for sliding of diving frame, 6: *Nori* harvester, 7: diving frame for hauling net (at rest), 8: diving frame for hauling net (at work), 9: boat body, 10: hydraulic motor, 11: tube, 12: hydraulic unit, 13: outboard motor.

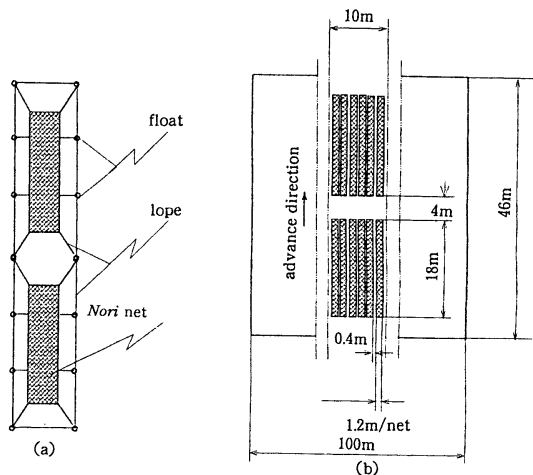


Fig. 2. Arrangement of *Nori* net (a) and nets per *Nori* farmer (b).

し、旋回して同様に繰り返して次柵を摘採する。甲板上的ステンレス鋼管製 (SUS TPA 34×3) の網移送フレームの下側に隣接する摘採機の真下のシート上に並列に配置した複数のコンテナ内に摘採原藻を収納するが、コンテナ外への遺漏原藻は前記シートにより捕集される。

## 2) 摘採船の摘採能率

養殖網の概要を Fig. 2(a) に、また展張配置の概要を Fig. 2(b) に示す。長さ100m、幅46m の海面に120枚の養殖網 (長さ18m、幅1.2m) が2列に展張されている。摘採作業における航走速度はほぼ 0.84 m/s で、1 柵 (長さ 46m) 当たりの航走に52秒、旋回に39秒を必要とするので、1 工程の摘採には91秒かかることになる。海

況の良否、操船・操作の熟練度等により所要作業時間は変動するが、本調査地域 (千葉県富津市) における平均的な1日当たり24柵の摘採には、1時間弱を必要とする。

## 3) 解析方法

前記の養殖場における摘採船による摘採作業の状況をビデオ撮影し、画像の解析から摘採船による摘採作業性能について解析した。次に、ロール式摘採機のV型刃の回転軌跡、摘採精度及び切断状態等から、切断刃の力学作用、先端角、刃先角、刃数及び切断領域等の摘採機構について理論的に検討した。

## 3. 結果及び考察

### 1) 潜水揚網フレームに作用する養殖網の抗力

潜水揚網フレームが養殖網 (全長18m) を海中から海面まですくいあげる瞬間において、養殖網に作用する抗力の関係を Fig. 3 に示す。養殖網は両端が固定されたたわみ索と考えることができる。

養殖網両端 A, B 間の張力  $T$  及び両端の購買  $\tan \zeta$  ( $0 \leq \zeta \leq 90$ ) は、それぞれ(1)式及び(2)式で示される (入江・山田, 1983)。

$$T = \frac{WS}{8f} \left( 1 + \frac{8f^2}{S^2} \right) \quad (1)$$

$$\tan \zeta = \frac{4f}{S} \quad (2)$$

ここで、養殖網の水中全重量を  $W$ 、養殖網の長さを  $S$ 、網の中央における最大たわみを  $f$  とする。

さらに、潜水揚網フレームが養殖網をすくいあげる力

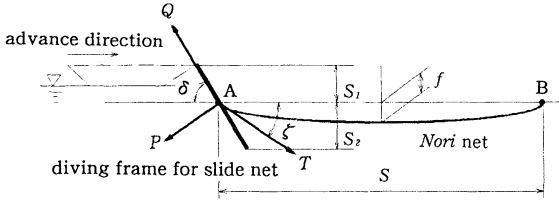


Fig. 3. Resistance force when net is picked up.  $Q$ : force when frame picks up net,  $T$ : tensile force of spread net,  $P$ : resistance when net acts on diving frame,  $\delta$ : diving angle of frame for picking up net,  $\zeta$ : angle between tensile direction and horizontal direction,  $S$ : length of net,  $f$ : maximum deflection of net,  $S_1$ : distance from bow to water surface,  $S_2$ : diving depth of frame top, A and B: both ends of net.

を  $Q$ 、網が潜水揚網フレームに作用する抗力を  $P$ 、潜水角度を  $\delta$ 、張力方向と水平方向の夾角を  $\zeta$  とすると、それぞれ(3)式及び(4)式が成立する。

$$Q = T \cos(\delta - \zeta) \quad (3)$$

$$P = T \sin(\delta - \zeta) \quad (4)$$

潜水揚網フレームが養殖網をすくいあげる力が大きく、潜水揚網フレームに作用する抗力  $P$  が小さいほど、操船が容易なため揚網摘採性能は向上するものと考えられる。従って、(3)式及び(4)式より潜水角度  $\delta$  が小さいと、すくいあげる力は増大してフレームに作用する抗力は減少する。しかし、潜水角度  $\delta$  を小さくすると、網をすくい上げるフレームを長くする必要がある他、摘採船の旋回操作が困難になる。その結果、展張した養殖網と網移送フレームにかかる抵抗のアンバランスにより、回転ロール上の養殖網 (1.2m 幅) が左右に横滑りするので、有効摘採幅が減少するため、結果的に摘採率が低下することになる。

供試船の潜水揚網フレーム長は2.5m、船首先端から水面までの距離  $S_1$  は1.0m、潜水揚網フレームの先端の水深  $S_2$  は0.6m なので、潜水揚網フレームの潜水角度  $\delta$  は約40°になる (Fig. 3 参照)。また、養殖網の水中重量  $W$  を80 kgf、養殖網の AB 間の長さ  $S$  を18m、最大たわみ  $f$  を実測値の0.3m とすると、(2)式より夾角  $\zeta$  は4°、(1)式より  $T$  は601 kgf となるので、すくいあげる力  $Q$  は484 kgf、抗力  $P$  は357 kgf となる。故に、摘採船には約600 kgf の合力がかかることになる。

## 2) 摘採機の切断機構

### (1) 切断機構

Fig. 4 に摘採機の概要を示す。摘採機は回転ロール、V型刃、伝動ユニット、油圧駆動装置、間隙調整カバー

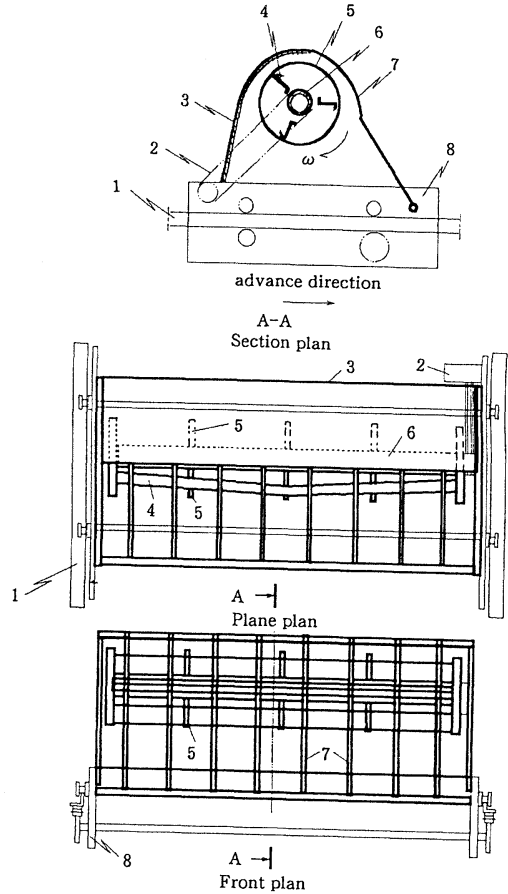


Fig. 4. Nori harvester of roll type. 1: rail, 2: belt, 3: cover, 4: V type knife, 5: roll with V type knife, 6: pulley, 7: fence to protect net, 8: roller.

等から構成される。なお、摘採機による養殖網の切断を防止するために、V型刃の上方に防止柵が設置されている。通常452rpmで回転するロール外周に、等間隔に取付けられた複数のV型刃が順次原藻を切断する。ロール回転方向と摘採船の前進方向が一致する場合 (以後、向かい刈りと称する) は、V型刃は垂下した柔軟な原藻を前進方向に跳ね飛ばしながら引きちぎるように切断 (以後、引張切断と称する) する。瞬間的には、切断量及びV型刃の作用数が変動するので、切断抵抗の大きさもロール回転に伴って変動することになる。

V型刃の刃先が原藻に作用すると、原藻は着生点を支点として前進方向に跳ね飛ばされる様子がビデオ画像で観察された。これは、養殖網から垂下した原藻は、切断時にはV型刃の回転方向に沿ってロール外周に跳ね飛ばされてV型刃が原藻に作用できなくなるので、原藻の一

部は切断困難になったり、引きちぎられるものが生じるものと考えられる。

原藻は柔軟なため、ロール回転当たりの切断基準面におけるV型刃の切断距離（以後、切断基準面の切断距離と称する）を長くすることが可能である（Fig. 8 参照）。従って、本摘採方式では、実際には広範囲な切断基準面の切断距離を使用できるので、摘採能率は船速と操船技術に左右される。

### (2)切断状態

摘採機による原藻の切断状態は、引きちぎられるように切断された引張切断されたものと、切断基準面からせん断力で切り取られたもの（以後、せん断切断と称する）が見られる。現場調査によると、摘採機による切断は引張切断がほぼ70%、せん断切断が30%認められた。再生芽の成長は、せん断切断より引張切断の方が良好といわれる（石井, 1989）。引張切断では、着生力の弱いものは基部から引き抜かれて間引かれ、強いものが残る。しかし、せん断切断では着生力の弱いものも残ること、そのため過密になること等が原因で、摘採後の成長は引張切断の場合より不良になるものと推察される。再生芽はシーズン中に4~7回摘採するため、再生の良否は収量の多少に影響するので切断状態は極めて重要となる。

### (3)刈残し長さ

聞き取り調査及び文献（石井, 1989）によると、再生の面から刈残し長さ（以後、目標刈残し長さと呼ぶ）は5cm程度が好適といわれる。原藻基部が摘採されると、再生芽の原基が切除されるので再生できない。摘採機の上部の間隙調整カバーの昇降により（Fig. 4 参照）、養殖網とV型刃との間隔を5cmに調整後摘採したが、目視によると刈残し長さにばらつきが認められた。その原因は長さ及び基部の太さのばらつきのある原藻に対して切断時の作用力、並びにV型刃の回転角の変動、即ちV型刃の作用部位が変動するためと考えられる。着生原藻の厚さ及び幅が均一であれば、先端より着生原藻基部の引張応力は大きいので、原藻基部が切断されやすいことになる。しかし、実際には、垂下している原藻に作用する引張応力は、原藻各部に一樣に掛かるのではなく、自重のため先端から徐々に増加して基部で最大になる。原藻の大きさや形状の不揃いなどによる基部の断面積が小さく不均一なことも、基部近辺の切断の一因と考えられる。また、刈残し長さが設定目標より長くなる原因は、摘採時の切断刃の作用部位が変動するためと推察される。

従って、本方式では原藻先端の引張応力を大きくすると、切断部位、刈残し長さ及び切断状態等の精度の向上

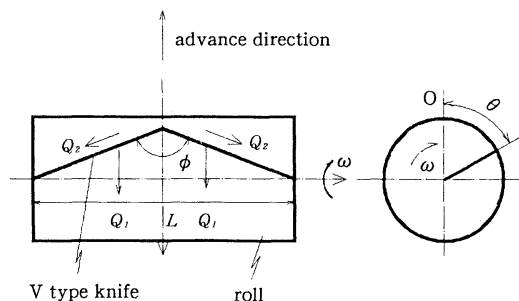


Fig. 5. Resistance force when *Porphyra* thalli act on V type knife.  $\phi$ : point angle of V type knife,  $Q_1$ : resistance force to revolve direction of V type knife,  $Q_2$ : friction loss when *Porphyra* thalli slide on knife face,  $\omega$ : angle velocity of roll,  $L$ : length of V type knife,  $\theta$ : available cut angle, O: origin of coordinates.

が可能と推定される。具体的には、摘採箇所の上側から散水して摘採すると、垂下した原藻は付着水で自重が増加するため、本短所が軽減され、且つ前記の摘採原藻の跳ね飛ばし防止の効果が期待できるものと推察される。

### (4)V型刃の作用力

V型刃の先端角：本摘採機の特徴であるV型刃における先端角 $\phi$ の作用力への影響について検討するため、向かい刈り時のV型刃の作用力の関係を Fig. 5 に示す。但し、回転軸方向をX軸、刃の回転方向をY軸と設定した。 $Q_1$ は刃の回転方向に生じる抵抗力、 $S_2$ は原藻が刃面を滑ることによって生じる摩擦力を示す。原藻と刃面との間の摩擦係数を $\mu$ とすると、 $Q_2$ は(5)で示される。

$$Q_2 = \mu Q_1 \sin \frac{\phi}{2} \quad (5)$$

V型刃の左右対称性により、同じ大きさの力がそれぞれ左右均等にかかるものと仮定する。このとき、刃全体に生じる抵抗力 $Q$ のX軸、Y軸方向の各成分は以下の式で示される。但し、力の符号は図中の軸における矢印方向を正とする。

$$Q_x = 0, \quad Q_y = 2Q_1 \left( 1 + \mu \sin^2 \frac{\phi}{2} \right) \quad (6)$$

(6)式の前式より、摩擦力によって生じる軸方向の抵抗力は常に零となり、切断時の抵抗力の変動にともなう軸方向の振動が起こりにくいことがわかる。また、(6)式の後式が示すように、先端角 $\phi$ が小さいほど回転方向の抵抗力は小さくなる。これは、先端角 $\phi$ の設定により、回転トルクの軽減が可能であることを示す。但し、切断ピッチや原藻の滑りの問題から、先端角 $\phi$ には下限が存在する。

なお、V型刃が座標原点O（Fig. 5 参照）から切断を

開始する場合、V型刃の回転角度（以後、有効切断角） $\theta$ は小さいほどよく切断され、 $90^\circ$ に近づくとも切断できなくなるので、引張切断が多くなるものと推定される。ロール長を $L$ 、V型刃の付設ロールの回転半径を $r$ 、ロール回転時におけるV型刃の最大有効切断角を $\theta$ とすると、先端角 $\phi$ は次式で表される。

$$\phi = 2 \tan^{-1} \left( \frac{L}{r \sin \theta} \right) \quad (7)$$

供試機のロール長 $L$ は1,300mm、V型刃の回転半径 $r$ は125mmなので、V型刃の1回転当たりの最大有効切断角 $\theta$ を $60^\circ$ とすると、(7)式より先端角 $\phi$ は約 $161^\circ$ となる。

従って、V型刃は先端角 $\phi$ が小さく、且つロール長の中央から左右対象なV型刃が好適と推察される (Fig. 5 参照)。

V型刃の形状：刃先角 $\theta$ は、小さいと切断抵抗が小さい反面、耐久性が低下するので切断方法や被切断対象物によって刃型の形状と共に経験的に制作されている場合が多い。切断抵抗 $P$ (kgf)はKRONENBERGの次式で示される (竹中, 1961)。

$$P = K_s \cdot q, \quad K_s = CK_s / q^{(1/\varepsilon K_s)}$$

但し、 $K_s$ は比切断抵抗 (kgf/mm<sup>2</sup>)、 $q$ は切断面積(mm<sup>2</sup>)、 $CK_s$ は原藻の質やすくい角 $\alpha$ で決まる定数、 $\varepsilon K_s$ は原藻の質によって決まる定数である。

切断抵抗 $P$ を減少するには、上式より切断面積 $q$ 及び比切断抵抗 $K_s$ を減少する必要がある。更に、比切断抵抗 $K_s$ は原藻の質やすくい角 $\alpha$ などによって決まるため、原藻を切断する場合には一定である。原藻の瞬間切断面積 $q$ は、原藻が養殖網から疎らに垂下しているのではば一定で狭い。比較的硬い陸上植物に比較して柔軟な原藻は切断抵抗が小さいので (矢田ら, 1995)、硬い異物 (流木枝、貝類等) を切断しない限り、刃物寿命に影響するような切断抵抗の増大はないものと推察される。

ロール軸に直角なV型刃の断面形状と各部の名称を Fig. 6(a)に示す。一般に、刃物の各部はすくい面 $a$ 、ランド $b$ 、刃の後面 $c$ 、すくい角 $\alpha$ 、前逃げ角 $\beta$ 、すきま角 $\gamma$ 、一次すきま角 $\gamma_1$ 、二次すきま角 $\gamma_2$ から構成されている。すくい角 $\alpha$ 、前逃げ角 $\beta$ 及びすきま角 $\gamma$ が大きい場合、切断抵抗は減少する。原藻は柔軟なので、すくい角 $\alpha$ 、前逃げ角 $\beta$ がすきま角 $\gamma$ を大きくすることが可能と考えられる。V型刃は平均切断抵抗が小さいが、長大 (ロール長：1300mm、回転半径：125mm) なので生育むら、原藻の粗密、挟雑物の有無等によって切断時に急激な負荷の変動を受けるものと推定される。この

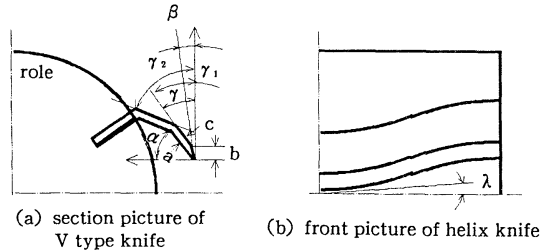


Fig. 6. Shape and various angles of V type knife (a) and helix knife (b). a: rake face, b: rand, c: back face,  $\alpha$ : rake angle,  $\beta$ : end relief angle,  $\gamma_1$ : angle of first clearance,  $\gamma_2$ : angle of second clearance,  $\lambda$ : helix angle.

負荷変動の一軽減対策として、ねじれ刃が有効と考えられる。

Fig. 6 (b)にねじれ刃を示す。ここで、ねじれ角を $\lambda$ とすると、刃に直角な断面におけるすくい角 $\alpha_n$ と前逃げ角 $\beta_n$ は(8)式で示される (竹中, 1961)。

$$\tan \alpha_n = \tan \alpha \cdot \cos \lambda, \quad \tan \beta_n = \tan \beta \cdot \cos \lambda \quad (8)$$

(8)式より、ねじれ角 $\lambda$ を大きくすると、ねじれ刃のすくい角 $\alpha_n$ 及び前逃げ角 $\beta_n$ が増大するから切断時の抵抗と負荷変動は減少するものと推察される。ところが、刃先角 $\theta$ が小さくランドが狭いと、刃こぼれが生じやすいので自ずと限界がある。原藻の他に切断の可能性がある養殖網、浮遊草木及びロープ等の異物は、一般に柔軟である。作業中におけるV型刃の交換を回避し、且つ当日の予定面積を摘採するには、切断刃の刃先角 $\theta$ は茶摘機用の $20 \sim 23$ 度 (聞き取り調査)と同程度か、これより若干小さくすることが適当と推察される。

(5)切断時の切断抵抗

Fig. 7(a)に切断時における作用力の関係を示す。V型刃の作用点を原点 $O$ 、V型刃の前進方向を $X$ 軸、原藻の懸垂方向を $Y$ 軸とする。ここで、V型刃の原藻に対する回転方向の作用力を $N$ 、ロールの前進によって生じる作用力を $T$ 、原藻の弾性抗力を $T_r$ 、V型刃の作用点以下の原藻の自重を $G$ 、回転角を $\theta$ 、飛散角度を $\theta_r$  ( $0 \leq \theta_r < 90$ ) とすると、作用力 $N$ の水平分力 $N_x$ 及び垂直分力 $N_y$ は、それぞれ(9)式及び(10)式で示される。

$$N_x = N \cos \theta + T - T_r \sin \theta, \quad (9)$$

$$N_y = N \sin \theta + G - T_r \cos \theta, \quad (10)$$

水平分力 $N_x$ は原藻に垂直なので、原藻の自重が水平分力 $N_x$ に対して充分大きい場合は、水平分力 $N_x$ はせん断力として原藻に作用することになり、V型刃が回転しても原藻を前方へ跳ね飛ばさない。しかし、原藻の自重が水平分力 $N_x$ に対して極めて小さい場合は、張力が小さいので切断されないか、または前方に跳ね飛ばされ

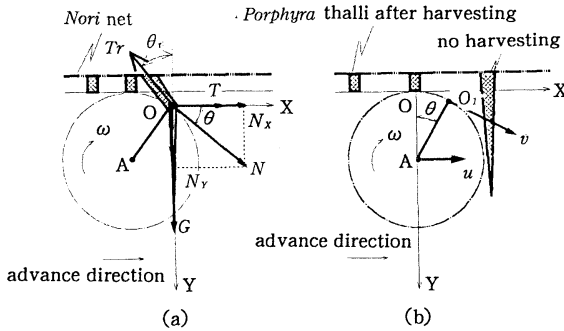


Fig. 7. Resistance force (a) and velocity vector (b) when V type knife cuts *Porphyra* thalli. A: roll center, O: origin of coordinates,  $\theta$ : cut angle of revolution,  $\omega$ : angle velocity, G: weight of *Porphyra* thalli, T: resistance when V type knife acts on *Porphyra* thalli, N: cutting force of V type knife,  $N_x$ : horizontal component force of N,  $N_y$ : vertical component force of N.  $v$ : peripheral velocity of V type knife edge,  $u$ : advance velocity of V type knife,  $\theta$ : optional position of rotating V type knife, X: advance direction of V type knife. Y: dangling direction of *Porphyra* thalli,  $\theta_r$ : scattering angle of *Porphyra* thalli,  $Tr$ : elasticity resistance force of *Porphyra* thalli.

るように引張切断される。原藻の見掛けの自重は、V型刃の作用点の移動に従って変動し、基部に近いほど重くなる。従って、一定の刈残し長さに切断するためには、前項(3)で記述したように原藻の見掛けの自重を重くする必要がある。

垂直分力  $N_y$  の方向は原藻の垂下方向と同じなので、原藻には見掛けの引張力が作用する。柔軟な原藻は、僅かな引張力で切断される場合があるので、せん断力と引張力が同時に作用して切断されるものと推定される。

ここで、原藻の断面積を  $A_s$  とすると、原藻のせん断応力  $\tau$  及び引張応力  $\sigma$  は、それぞれ(11)式及び(12)式で示される。

$$\tau = \frac{N \cos \theta + T - Tr \sin \theta_r}{A_s} \quad (11)$$

$$\sigma = \frac{N \sin \theta + Tr \cos \theta_r}{A_s} \quad (12)$$

原藻のせん断応力  $\tau$  がせん断極限強さ  $\tau_m$  より大きいと、原藻はせん断力によって切断され、引張応力  $\sigma$  が引張極限強さ  $\sigma_m$  より大きいと、引張力によって引きちぎられるものと考えられる。

(11)式及び(12)式にしめすように、 $N$  と  $A_s$  は定数なので

せん断応力  $\tau$  及び引張応力  $\sigma$  は回転角  $\theta$  に比例するから、原藻は回転角  $\theta$  の変動によってせん断切断されたり、引張切断されたりすることになる。回転角  $\theta$  が零、即ち切断刃が原藻に直角に作用すると、原藻のせん断応力  $\tau$  は最大になり、せん断力によってのみ摘採されることになる。回転角  $\theta$  が增大すると、せん断力は小さくなり、逆に引張力は大きくなる。但し、Fig.7(b)の原点OからV型刃が回転開始する場合、回転角  $\theta$  が  $90^\circ$  に近づくと、V型刃は原藻に作用できなくなるので摘採が不可能になるものと推定される。

以上より、原藻は回転角  $\theta$  が小さいとせん断切断され、回転角  $\theta$  が大きいと引張切断される割合が増大するものと推定される。

### 3) V型刃の刃先の回転軌跡

#### (1) V型刃の刃先の理論軌跡

Fig.7(b)にV型刃の刃先の速度ベクトルを示す。座標原点をO、摘採船の航走速度を  $u$  (mm/min)、V型刃の角速度を  $\omega$  (rad/min)、回転角を  $\theta$  (rad)、回転時間を  $t$  (min)、V型刃の回転半径を  $r$  (mm)、V型刃の刃先の周速度を  $v$  (mm/min) とすると、V型刃の刃先の周速度  $v$  の水平方向の速度成分  $v_x$  及び垂直方向の速度成分  $v_y$  は、それぞれ(13)式及び(14)式で示される。

$$v_x = u + v \cos \theta, \text{ または } u_x = u + r\omega \cos(\omega t) \quad (13)$$

$$v_y = v \sin \theta, \text{ または } u_y = r\omega \sin(\omega t) \quad (14)$$

両式を積分すると、V型刃の刃先の任意点  $O_1$  における水平方向  $X$ 、垂直方向  $Y$  の回転軌跡は、それぞれ(15)式及び(16)式で表わされる。

$$X = \int v_x dt, \text{ または } X = ut + r \sin(\omega t) + c_x \quad (15)$$

$$Y = \int v_y dt, \text{ または } Y = -r \cos(\omega t) + c_y \quad (16)$$

但し、 $c_x$  及び  $c_y$  は積分定数である。

ところが、 $t$  が零の時には  $X$  と  $Y$  は零となるので、(15)及び(16)式よりV型刃の任意な刃先点の運動軌跡は、それぞれ(17)及び(18)式のトロコイド曲線で表される。

$$X = \frac{u}{\omega} \cdot \theta + r \sin \theta \quad (17)$$

$$Y = r(1 - \cos \theta) \quad (18)$$

#### (2) 摘採機の切断領域

刈残し長さから見たV型刃の枚数：回転ロールに付設するV型刃が単数刃の場合、切断基準面の切断距離は長くなる。そのため、単数刃より切断基準面の切断距離が短い複数刃の方がロール回転当たりの切断回数は多い。

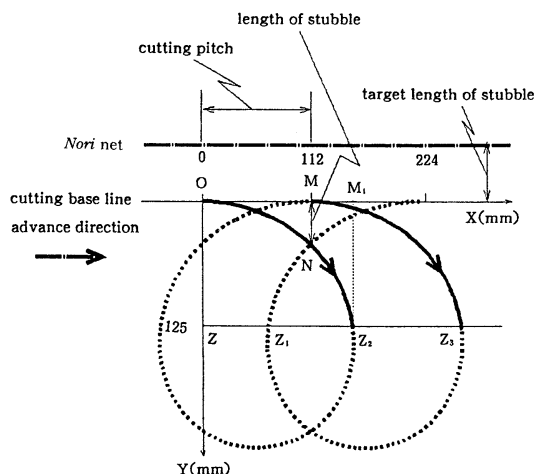


Fig. 8. Revolution loci of V type knife edge (single knife). O: origin of coordinates, Z: roller center,  $M_1-Z_2$ : longest length of stubble. Single knife:  $X=17.8\theta + 125\sin\theta$ ,  $Y=125(1-\cos\theta)$ . Double knives:  $X=17.8\theta + 125\sin(\theta + 2\pi/3)$ ,  $Y=125[1-\cos(\theta + 2\pi/3)]$ . Triple knives:  $X=17.8\theta + 125\sin(\theta + 4\pi/3)$ ,  $Y=125[1-\cos(\theta + 4\pi/3)]$ .

しかし、複数刃では、V型刃の前進速度及び回転数が速過ぎると、先行するV型刃が進行方向に原藻を跳ね飛ばすため、後続のV型刃は切断できないので刈残し長さがばらつくことになる。通常の前進速度 0.84m/s 及び回転数 450rpm における供試機の切断ピッチ O-M は、単数刃で 112mm、2 枚刃で 56mm、3 枚刃で 37.3mm、4 枚刃で 28mm と小さくなる (Fig. 8 参照)。刈残し長さ M-N は、単数刃で 45mm、2 枚刃で 10mm、3 枚刃で 4mm、4 枚刃で 2.5mm となる。しかし、刈残し長さ M-N が 4~5mm 以下では、垂下原藻の張力が減少するので切断は困難になるから、3 枚刃が適当と推察される。

刃先の軌跡曲線からみた単数刃と複数刃の比較：(17)式及び(18)式に、ロールの回転半径  $r=125\text{mm}$ 、航走速度  $u=0.84\text{cm/s}$ 、角速度  $\omega=47.3\text{ rad/s}$  の各実測値を代入して求めた V 型刃 1 枚の場合における刃先のトロコイド軌跡曲線を Fig. 8 に示す。ここではロールの回転方向と前進方向が一致する場合、即ち向かい刈り方式について考察する。V 型刃 1 回転の同軌跡曲線は、実線範囲の切断領域と破線範囲の無切断領域に 2 分される。

V 型刃が原点 O から回転開始する場合には刈残しは生じないが、点線矢印で示すように V 型刃の回転に伴って徐々に長くなる刈残し長さは(18)式で求められる。ここで、原藻の切断可能な範囲は前述したように第 1 象限に限ら

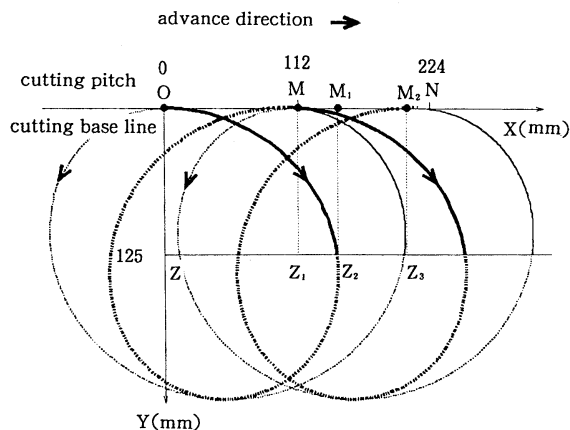


Fig. 9. Comparison of revolution loci on single V type knife edge. O-M: cutting pitch, O-M<sub>1</sub>: fair cut area per revolution, O-M<sub>2</sub>: head cut area per revolution. Thick solid line: cutting area, thick dotted line: no cutting area, thin solid line: cutting area, thin dotted line: no cutting area, thick line: revolution to right, thin line: revolution to left. Thick line:  $X=1.78\theta + 125\sin\theta$ ,  $Y=125(1-\cos\theta)$ . Thin line:  $X=1.78\theta - 125\sin\theta$ ,  $Y=125(1-\cos\theta)$ .

れ (Fig. 5 参照)、しかも V 型刃が原点 O から回転して 90° に近づくとき、V 型刃の刃先の作用位置が垂下原藻の先端になるので、原藻は V 型刃とともに前方へ撥ね飛ばされるから切断できない。即ち、切断可能範囲は、ただだか、 $2n\pi \leq \theta < 2n\pi + \frac{\pi}{2}$  となる。但し、 $\theta$  は回転角で、 $n$  は整数である。

V 型刃は 1 回転すると、再度 X 軸に戻り切断を開始する。2 本目の実線 M-Z<sub>3</sub> は 2 回転目の切断範囲を示し、2 回転目における切断領域は M-N-Z<sub>2</sub>-Z<sub>3</sub> となり、1 回転目の刈残し領域 O-N-Z<sub>2</sub>-M<sub>1</sub> は、再切断されて刈残し長さが短くなることになる。

図示は省略したが、2 枚刃より 3 枚刃の方が切断ピッチは小さくなるので、前述のように刈残し領域は減少する。刈残し長さを齊一にするためには、見掛けの最大刈残し長さ MN を含む未切断領域 O-M-N を減少させる必要がある。その対策として複数刃にすると、未切断領域 O-M-N が減少するので刈残し長さのばらつきは減少することになる。

向かい刈りと追刈りの比較：ロールの前進方向と回転方向が反対の場合 (以後、追刈りと称する) における V 型刃の刃先の任意点の水平方向 X と垂直方向 Y の回転軌跡は、それぞれ(19)式及び前記(18)式で示される。



$$X = \frac{u}{\omega} \cdot \theta - r \sin \theta \quad (19)$$

Fig. 9 に向かい刈り方式と追刈り方式におけるV型刃の刃先の回転軌跡を示す。

養殖網の着生原藻は、回転ロールの前進、即ち摘採船の航走により摘採されるので相対速度を考慮する必要はない。切断基準面の切断距離は、向かい刈りのO-M<sub>1</sub>が追刈りのM-M<sub>2</sub>より長いので、無切断領域は向かい刈りO-M<sub>1</sub>-Z<sub>2</sub>が追刈りO-M-Zより広がる。しかし、切断領域は向かい刈りO-Z-Z<sub>2</sub>が追刈りM-Z<sub>1</sub>-Z<sub>2</sub>より広がる。従って、同条件下では、切断能率は向かい刈り方式より追刈りの方が低いものと考えられる。また、追刈りは引張切断が少なくせん断切断だけなので、再生芽の生長に良好な引張切断の状態は得られない。追刈り方式では、原藻を上向きに押し上げる垂直分力が生じるので刈残し長さがばらつき、しかも摘採された原藻が跳ね飛ばされる。

以上のことから、追刈り方式より向かい刈り方式の方が適当と考えられる。

#### 4) 摘採作業中における養殖網の切断防止

本方式による摘採作業では、摘採船の潜水揚網フレームの先端と養殖網との位置合わせに熟練を要するうえ、揚網時における網反り現象の生起が摘採精度と能率に大きく影響することになる。揚網時には、養殖網からフレームを経由して船首に過大な抵抗がかかるため、船首方向の制御が困難なので、摘採位置、即ち有効摘採幅の設定が困難となる他に、網反りが生じやすい。

これを防止するためには、潜水揚網フレームの小型化と潜水角度の増大により、船首方向の抵抗を減少させ、船首方向の制御と摘採位置の設定を容易にすることが必要と推察される。一方、揚網時に網移送フレーム上における養殖網の横滑りを防止するため、両舷に船首から船尾まで横滑り防止用ガイドを設置することにより、養殖網をV型刃上までスムーズに移送する必要がある。

摘採時に生じる原藻中の網類の切断残滓の除去は極めて困難である。網切断の主要因となる網反りは、海況の良否、操船の難易、操船技術の拙劣等が原因で揚網時の初期において発生する。この防止には、摘採機上までの移送行程における網反りの自動調整装置、V型刃の外周に網切り防止柵、並びに養殖網の横滑り防止フレーム等の設置が必要である。

なお、原藻の摘採方法(せん断切断、引張切断)と再生の良否に関する実証については、今後の課題である。

#### 4. 要約

養殖場における摘採船による摘採作業のビデオ画像から作業性能について解析し、またロール式摘採機のV型刃の回転軌跡から摘採機構について検討した。

- 1) 揚網フレームの養殖網をすくいあげる力が大きくて、フレームに作用する抗力Pが小さいほど、操船が容易なため揚網摘採性能は良好となる。
- 2) ロールの回転方向と摘採船の前進方向が一致している場合は、V型刃は垂下した原藻を前進方向に跳ね飛ばしながら切断する。切断時には瞬間切断量及びV型刃の作用数が変動するので、切断抵抗は大きさと向きも変動する。
- 3) V型刃の先端角φが小さいと、切断時の負荷変動は少ない。
- 4) V型刃の付設刃数は、単数刃より刈残し長さのばらつきが少ない複数刃が良好で、本供試機では3枚刃が適当である。
- 5) ロール式摘採機では、引張切断が70%、せん断切断が30%であった。
- 6) ロール式摘採機では、原藻に対するV型刃の作用部位が変動するので、刈残し長さがばらつく傾向がある。

#### 謝辞

本論文の現場調査では千葉県水産試験場富津分場 主任研究員 土屋 仁氏、新富津漁業協同組合長 安室 宏氏に格別の便宜とご援助を賜った。記して謝意を表す。また、本論文を取り纏めるに当たり有益なご助言とご鞭撻を賜った東京水産大学教授有賀祐勝博士に心より感謝の意を表す。

#### 文献

- 石井義久(1989): 高速摘採船の効用について、私達の海苔研究(38), 28-43.  
 入江敏博・山田元(1983): 工業力学, 理工学社. pp. 63-66.  
 竹中規雄(1961): 機械製作法(2). コロナ社. pp. 49-51.  
 特許(1964): 第969787号.  
 特許(1979): 第420983号.  
 矢田貞美・陳 家康・戸田勝善(1995): 海苔の吸引式摘採機の切断機構に関する研究. La mer 33(3), 177-184

1995年4月28日受領  
 1995年12月14日受理

## 沖合いの観測塔による台風通過時の海象観測

中村重久\*

### Observations at the two offshore tower stations during the Typhoon 9426's passage

Shigehisa NAKAMURA\*

**Abstract:** Observations at the two offshore tower stations during a typhoon's passage are introduced and studied. A case of the Typhoon 9426 which landed on 29th September 1994 is the interest in this work. The two offshore tower stations recorded oceanographical and meteorological records during the typhoon's passage. Two considerations are given, namely; a) relationship between the surrounding topography and the obtained distorted wind records on that day, and b) relationship among the surrounding topography, wind data, sea surface temperature and tidal data at the said of two stations.

#### 1. 緒言

台風は沿岸域に高潮を発生させ、時には、これが沿岸域の災害につながる。その防止軽減のための基礎研究の一端を、本文では沖合いの観測塔において得られた観測記録にもとづいて述べる。

#### 2. 従来の研究例と観測塔

中村(1982)は、白浜海洋観測塔の水位変動について研究し、その後、白浜海洋観測塔を利用した研究成果をいろいろと発表している(たとえば、中村, 1994)。

ところで、1993年には、京都大学に新しい観測塔が設置された。この観測塔は、田辺湾沖の中島(岩礁)を利用したもので、その周辺海域は半径1km以内で水深32mの平坦な海底(細砂)である。このようなことから、新しい塔では、沖合いの情報を直接計測によって的確にとらえる立地条件にある(cf. Fig. 1の記号Tの位置)。この観測塔は、設置後、まだ時間が経過していないので、長期記録はない。ただ、これまでに得られた成果の報告例がいくつかある(中村, 1995a,b)。

ところで、1994年9月26日には、台風9426号が紀伊半島南部に上陸し、北上した。ここで、この台風通過時の、新しい観測塔における海象観測記録の一部を検討して、本文の目的を果たすこととしたい。

#### 3. 台風の特徴

台風9426号は、本州南方洋上で発生後、ゆるやかに北上し、本州に接近する途上で発達し、気圧の最低中心示度は925 hPaであった。台風の経路は、Fig. 1に示した。台風は、9月29日18時(JST)頃、観測塔Tの南東方、紀伊半島南岸に上陸した。この観測塔と台風中心との最も接近した時の距離は約20km程度と考えられる。

#### 4. 観測塔による記録

台風9426号が海象にどのような影響を及ぼすかを示すため、観測塔による記録をFig. 2に示した。

1) 風向・風速 風速Uは台風が最も接近した時刻付近で最大となり、風向UDは、台風の進行にともなって変化している。18時以降は、SからE寄りの風となり、陸上地形の影響を強く受けているものと判断される。

2) 気温・露点温度 気温ATは台風接近とともに上昇し、変動している。露点温度DTの示度からみて、海上で、水蒸気は飽和に達しなかったことがわかる。

3) 水温 海面下5m(WT-5)と10m(WT-10)とにおける水温の顕著な変化はなく、およそ0.4°C/5mの鉛

\* 京都大学防災研究所付属白浜海洋観測所  
〒649-22 和歌山県西牟婁郡白浜町堅田畑崎  
Shirahama Oceanographic Observatory, Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, Katada-Hatasaki, Shirahama, Wakayama, 649-22 Japan.

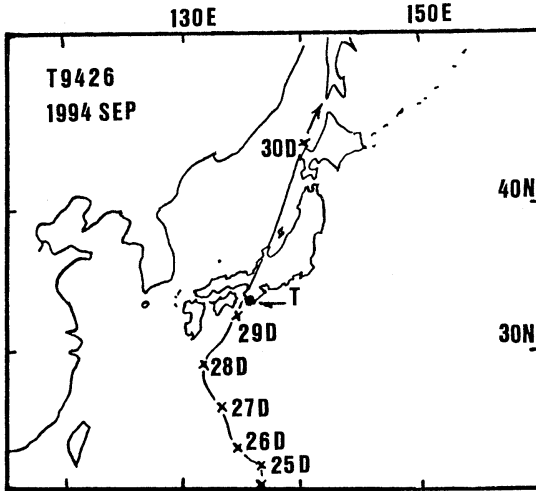


Fig. 1. Track of Typhoon 9426 and the location of one of the offshore tower stations (T). The cross mark is showing the typhoon's center at 21h JST on each day during 25th to 30th September 1994.

直成層が維持され、成層状態は安定であったとみられる。全般に、気温は水温より低く、台風通過時には、海水から大気への熱エネルギーの供給が持続されていたが、これが海水の成層を乱すには至らなかった様である。

4) 波浪とうねり 9月26日午前中は、いわゆる波浪であったものが、午後になると、台風からのうねりの到達によって、最大波高HXも有義波高HSも時々刻々と増大する。図中には、有義波に対する周期TSをも併せて示した。

5) 潮位 本文では、観測塔で記録された潮位Z（相対潮位）のみを示した。気象庁の資料を参考にする、実測潮位と推算潮位との差（偏差）は、09時に気圧の効果で極大となり、21時に台風通過後の風の吹き寄せ効果で再び極大となっている。

5. 観測塔の風速

上述の Fig. 2 の風速Uは、観測塔のプロペラ式風速計によるものである。

観測塔では、そのすぐそばに、超音波式風速計を取付けている（海面上20m）。

ここで、超音波式風速計による風向DS・風速USとプロペラ式風速計による風向DV・風速UVとの相互関係を、台風通過時の1994年9月29日についてみると、その結果は、Fig. 3および4のようになる。

1) 風速 上記の2つの型式の風速計で得られた風速は

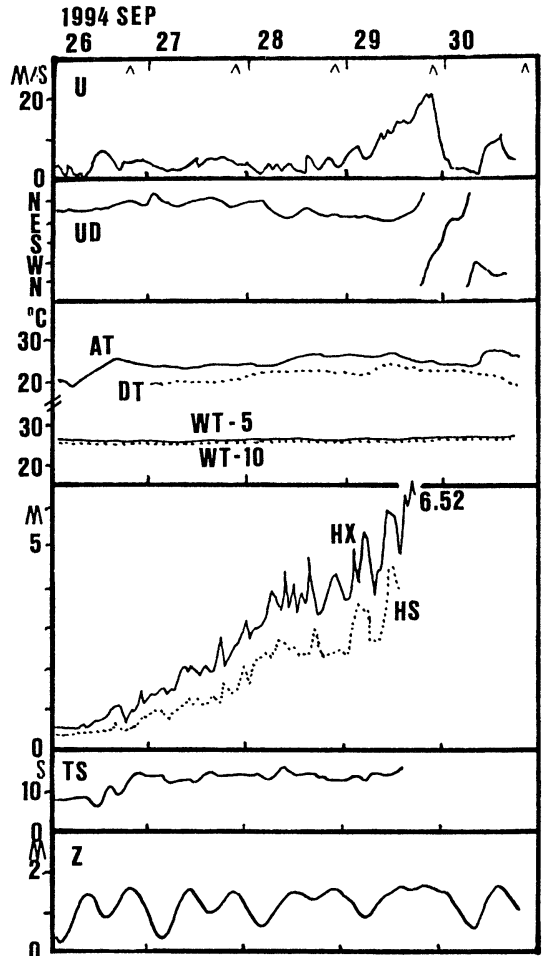


Fig. 2. Oceanographical and meteorological records obtained at the new offshore tower (T) located at 33°42.2' N, 135°21.1' E.

Fig. 3 の様な図に示される。図中には、時刻（正時）を示して、時間的な変化にもわかる様にした。この図をみると、台風接近時には、近似的に、 $US=0.7UV$  という関係がみられるが、台風通過後は、 $US=UV$  に近い関係がみられるようになる傾向がある。

2) 風向 同様に、上記の2つの型式の風速計で得られた風向は Fig. 4 の様になる。図中には、時刻（正時）を示し、時間的な変化もわかる様にした。全般的に、 $DS=DV$  で近似してもよいと言えそうであるが、風がEからSEの範囲では、DVがDSよりも南寄りに偏っている。これが系統的な計測上の差によるのか、あるいは、観測塔およびその周辺の地形条件などの影響によるのかは、ここに示した Fig. 3 および 4 によっては、はっきりと判別することは難しい。

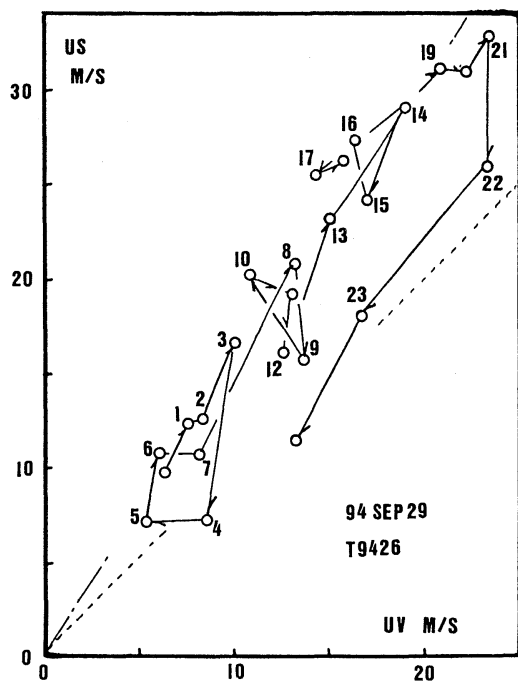


Fig. 3. Relation between the recorded wind speeds by the sonic wind meter (US) and by the wind meter of a vane with an impeller (UV). The numerals are time (hour) on 29th September 1994.

6. 2つの観測塔と風向

本文の初の部分で述べた様に、現在、2つの観測塔が利用できる (cf. 中村, 1995)<sup>3)</sup>。本文でこれまで注目した観測塔 (概位: 33°42.3' N, 135°20.1' E) と白浜海洋観測塔 (概位: 33°41.6' N, 135°21.1' E) との距離は約1.8kmであるが、距岸距離は、後者が0.5kmであるのに対し、前者は約1.5kmである。

上記の2つの観測塔での9月26日の風向の記録は Fig. 5 のようになる。白浜海洋観測塔では、風向 DV' を矢羽根式風向計 (海面上10m) によって計測記録している。この図をみると、DS と DV' との間に系統的な差がある様に見える。とくに、風が E から SE までの間で、その傾向が強い。これは、白浜海洋観測塔は、風の観測にあたって、周辺の陸地の影響を強く蒙っていることを示すものと考えてよい。この影響は、従来、指摘されていたが、今回のように、定量的に示された例はない。

7. 2つの観測塔と水温

ここでは、表題に記した海象の重要な因子である水温

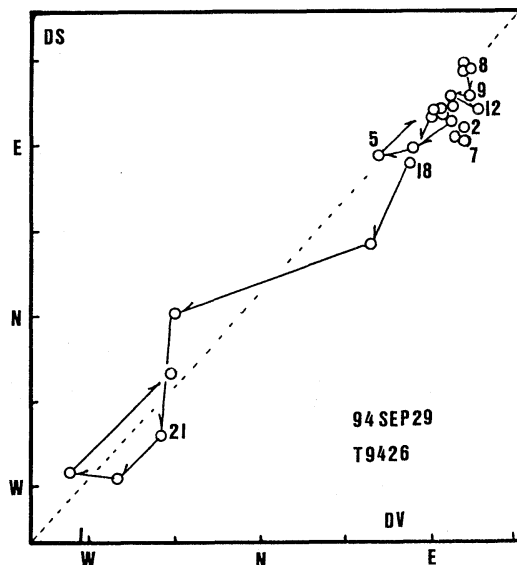


Fig. 4. Relation between the recorded wind directions by the sonic wind meter (DS) and by the wind of a vane with an impeller (DV). The numerals are time (hour) on 29th September 1994.

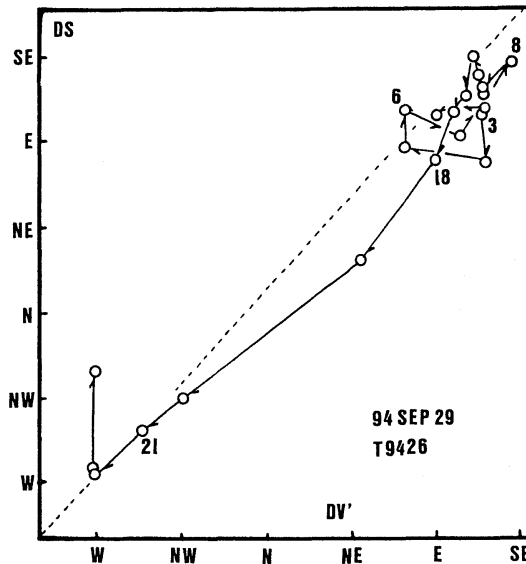


Fig. 5. Relation between the recorded wind directions by DS at the new station and DV' at the oceanographic tower station (location: 33°41.6' N, and 135°20.1' E) on 29th September 1994.

と潮位とについて、観測塔において得られた記録にもとづいた検定を加える。

はじめに、新しい観測塔 (Fig. 1 の T) において得ら

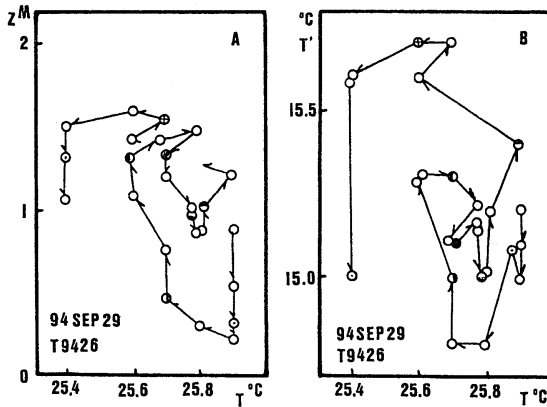


Fig. 6. Relation between the tides and sea surface temperature. A relation between tide level ( $Z$ ) and temperature ( $T$ ) at the new station referring the new station ( $T$ ) and at the oceanographic tower station ( $T'$ ).

れた台風通過時の水温と潮位との相互関係を考える。台風9426号に関連して、1994年9月29日の毎正時の記録から Fig. 6A のような図が得られる。この Fig. 6A では、 $Z$  は相対潮位であり、 $T$  は海面下 2.5m における海水温である。この図によれば、潮位と水温との間にある関係がありそうにみえる。

つぎに、上記の  $T$  を白浜海洋観測塔の水温（海面下 2.5m）と対比してみる。その結果は、Fig. 6B のようになる。ここで着目した9月29日に関するかぎり、Fig. 6のAとBの時間的変化のパターンは相互によく似ている。これは、物理的に何を意味しているのであろうか。

潮位は、海水の運動によって生ずるものであるから、運動方程式と関連づけて記述できる。水深を  $h$ 、流速ベクトルを  $u$  とし、海水に作用する外力を  $F$  とすると、

$$\frac{du}{dt} + f \times u = -\frac{1}{\rho} F \quad (1)$$

ここに、 $t$  は時間、 $\rho$  は海水の密度、 $f$  はコリオリ因子である。外力  $F$  としては、ここでは、大気圧  $P$ 、海面に作用する風応力  $T$ 、太陽や月の引力の作用  $\Omega$  が考えられる。すなわち、

$$F = \nabla P + \nabla T + \nabla \Omega \quad (2)$$

上の  $P$  は、従来、静的等価水位の変化  $Y$  で表わされると考えられてきた。重力の加速度を  $g$  とすれば、 $P = \rho |g| Y$  と書けることになるが、最近の観測例をみると、この考えは必ずしも正しくはないようである（中村、1995）。また、 $T$  は、海と風  $U$ （大気密度を  $\rho_a$  とする）

に対して、 $T = \alpha (\rho U^2 / 2)$  と便宜的に考えることができる。しかし、海と風の作用の一部が  $T$  におきかわるものとして、その割合を、上記の  $\rho$  ( $0 < \alpha \ll 1$ ) とするのが従来の考えであった。このとき、 $\alpha$  に力学的意味づけが必要であるが、現実には、経験則によってその数値が定められているようである。さらに、 $\Omega$  は、一般に、起潮力の名で知られているが、潮汐の理論では、従来、静的水位変動におきかえて検討される例が多かった様である。これに加えて、陸棚沿岸域では、水深  $h$  も考慮する必要がある。

水温は、熱エネルギーと関連して、熱平衡方程式によって記述できる。一般に熱は拡散量として扱われ、つぎのように書かれる。

$$\frac{dT}{dt} = -kT + \beta \nabla^2 T \quad (3)$$

ここに、 $k$  は冷却の効果に関する係数、 $\beta$  は熱拡散係数である。

ところで、海水の密度は、水温  $T$ 、塩分  $S$ 、圧力（あるいは、深さ  $H$ ）で定まるのが一般である。すなわち、(1) において、

$$\rho = \rho(T, S, H) \quad (4)$$

沿岸域では、(1) の様なオイラーの記述では、(4) の  $H$  が変われば、 $\rho$  も変わることになる。

$$\rho = \rho(T_0, S_0, H_0) + a \frac{\partial \rho(T, S, H)}{\partial H} + \dots \quad (5)$$

ここに、 $a$  は微係数。さらに、沿岸域では、コリオリ因子が無視できるものとする、上記の(1)は簡単な式になる。

ここで、本文の主題にもどって、Fig. 6のAとBの時間的変化のパターンが相互によく似ていたことを考える。このパターンの類似は、上に示した(3)が重要な役割を果たしていないことによるものということになるであろう。このことは、Fig. 2の水温の時間的変化が顕著ではないことと矛盾しない。

ここで対象としている観測塔周辺海域について、上記の(1)、(3)を解くことは容易なことではない。しかし、Fig. 6のAとBとの類似は、水温と潮位との関係が強いことを示しているとみることはできるだろう。この関係を台風は少しばかり変形させることに寄与したものと評価できる。

厳密には、塩分の拡散方程式も考慮すべきかもしれない。しかし、塩分の寄与は小さい様である。それに、観測塔では、塩分の記録が得られていない。この点は不明

確な状態である。

## 8. 結 言

沖合の観測塔による台風通過時の海象観測について述べた。とくに、紀伊半島の田辺湾沖の2つの観測塔の記録によって、風向および風速と周辺地形との関係を明らかにした。また、水温と潮位との相互関係が、2つの観測塔での水温の相互関係と類似していることを、潮汐と関連づけて検討した。

今後、残された問題点も明らかにする必要がある。

本文をとりまとめるにあたり、気象庁、海上保安庁、和歌山地方気象台、和歌山県水産試験場の資料を利用した。ここに記して、感謝の意を表す。

## 文 献

- 中村重久(1982): 白浜海洋観測塔周辺の水位変動, *La mer*, **20**, 223-230.  
中村重久(1995): 陸棚沿岸の高潮-理論と実態, 近代文芸社, 東京, 176 pp.  
中村重久(1995): 沖合の観測塔による冬の海象観測, *La mer*, **33** (2), 103-106.  
中村重久(1995): 台風によるうねりと海岸構造物の損傷, *La mer*, **33** (2), 125-127.

1995年1月8日受領

1995年12月15日受理

## Book review

### **CADBOROSAURUS: Survivor from the Deep.**

Paul H. LeBOND and Edward L. BOUSFIELD, 1995.

Horsdal & Schubart, Victoria, BC Canada.

ISBN 0-920663-33-8.

In this little book, two Canadian scientists review the evidence for a large unidentified marine animal seen off the west coast of North America. The animal is called Cadborosaurus, or Caddy for sort, after Cadboro Bay, near Victoria, BC, where it has often been seen. Because this animal is known only through eye-witness reports or inadequate material and documentary evidence, it remains a "cryptid", i.e. an undiscovered creature which is of interest to cryptozoologists. This monster has attracted the attention of scientists since its feature was introduced on the cover of "Science" in 1979 (vol. 205, no. 4402) with its description as "The Sea Hag", an 1800-pound monster sighted in the Gulf of Georgia, British Columbia. Sightings of sea and lake monsters have been reported from ancient times to the present and have been the subject of some serious research. "More famous, but not necessarily more real, cryptids include the Loch Ness monster of Scotland! and the ape-like Sasquatch of western North America.

The authors begin by showing evidence from native artifacts, such as petroglyphs, which depict a serpentine creature with small flippers, big head and teeth, reminiscent of later eye-witness reports. Much of the evidence for Caddy comes from descriptions by surprised sailors, fishermen and beach combers, who often were very hesitant about reporting such an unknown animal, for fear of ridicule. Of the hundreds of reports over the last century, the authors have selected 150 which satisfy their criteria that: 1- the object seen must clearly be an animal (not a branch or a wave); 2-it must clearly be an unfamiliar animal (not a seal, turtle, sea-lion or other well known marine animal). Any report where doubt arose was discarded. What remains is an impressive

collection of detailed observations of an animal characterized by a long neck, a horse-like head (sometimes described as camel, or giraffe-like), a sinuous, sometimes coiled body reaching 10m in length. Sometimes a mane or coarse hair are mentioned. Large eyes and a big mouth, with prominent teeth are reported. The animals swims quite rapidly, surfaces only briefly, and is sometimes seen in pairs.

What would satisfy a biologist would of course be a specimen, dead or alive. The authors review strandings of strange carcasses on the coast of the northeast Pacific. Most of them turn out to have been basking sharks. One carcass however stand out on its own. It was found in the stomach of a sperm whale at Naden Harbour, a whaling station in the Queen Charlotte Islands in 1937. The creature was so unusual that all work stopped and the long (a little over 3m) slender body was laid out on boxes and photographed. Its camel-like head and sinuous appearance suggested at the time that it might be a juvenile Caddy. The authors found a living witness of the event who authenticated the photographs. Unfortunately, the carcass was not preserved. There is also a more recent report by a local mariner of an animal interpreted as a baby caddy.

The authors attempt to classify the animal on the basis of its observed qualities, tentatively describing it as a reptile: Cadborosaurus willsi, in honor of Archie Wills, a newspaper editor on the 1930's who took a strong interest in Caddy.

Not everyone will be convinced that Caddy exists, or that it is a reptile. Nevertheless, everyone who is curious about strange marine animals will appreciate the information presented by LeBlond and Bousfield, who, in the end, invite the reader to draw their own conclusion on

the strength of the evidence presented.

Both authors are distinguished scientists, members of the Royal Society of Canada, and experts in their respective fields of physical oceanography or zoology. Professor Paul H. LeBlond is director of the Program in Earth and Ocean Sciences at the University of British Columbia, Vancouver. Dr. Edward L. Bousfield is a retired Chief Zoologist of the Canadian Museum of Nature, Ottawa.

In the past, 30 and more years ago, oceanographers used to engage in scientific investiga-

tions in an atmosphere of romance and adventure. However, at present, in the space age, they tend to look upon the oceans as if it was just water for experiments in glass flasks or beakers. This is a sad situation for orthodox oceanographers, and this welcome little book restores some of the romantic emotion of discovery which is such an important motivation for marine science.

Humitake SEKI  
University of Tsukuba, Japan.



## 学 会 記 事

1. 1995年11月15日(水)東京水産大学において平成7年度学会賞受賞候補者推薦委員会(第1回)が開かれ、委員長に小池勲夫氏を選出し、推薦の方法および次回の日程を決めた。
2. 1995年12月22日(金)東京水産大学において平成7年度学会賞受賞候補者推薦委員会(第2回)が開かれ、推薦のあった候補者の研究業績についての審議の結果、小池 隆氏(三重大学)が最適格者との結論に達し、この結果を会長に報告することとした。
3. 平成8, 9年度評議員選挙が行われた(公示12月4日, 投票締切1月10日, 開票1月19日)。開票結果は下記のとおり。
  - 1) 投票総数 62通 3100票
  - 2) 有効票数 2202票(無効票数3, 白票895)
  - 3) 得票結果(48位までは同得票数同順位, 49以下は抽選による)(( )内は得票数)
    - 1 (48) 有賀祐勝
    - 2 (39) 柳 哲雄
    - 3 (37) 関 文威, 平 啓介
    - 5 (36) 松山優治
    - 6 (34) 丸石 隆, 須藤英雄
    - 8 (33) 谷口 旭
    - 9 (32) 関根義彦
    - 10 (31) 高橋正征, 松生 治
    - 12 (30) 岡市友利, 鳥羽良明, 山口征矢, 和田 明
    - 16 (29) 村野正昭
    - 17 (28) 今脇資郎, 大塚一志, 鎌谷明善
    - 20 (27) 黒田一紀, 永田 豊
    - 22 (26) 坂本 亘, 寺崎 誠, 中田英昭, 森永 勤
    - 26 (25) 小池勲夫
    - 27 (24) 岸野元彰, 杉森康宏, 高野健三, 寺本俊彦, 平野敏行
    - 32 (23) 奥田邦明
    - 33 (22) 宇野 寛, 渡辺精一
    - 35 (21) 隆島史夫, 辻田時美
    - 37 (20) 金成誠一, 中田喜三郎, 前田明夫, 門谷 茂
    - 41 (19) 有本貴文, 国司秀明, 佐藤博雄, 高木和徳
    - 45 (18) 丸茂隆三
    - 46 (17) 梶浦欣二郎, 中村重久, 奈須敬二
    - 49 (16) 竹松 伸
    - 50 (16) 畑 幸彦
    - 51 (次点) (16) 斎藤 誠一
    - 52 (16) 青木三郎
    - 53 (16) 遠藤昌宏
    - 54 (16) 前田 勝
    - 55 (16) 半沢正男
    - 56 (16) 糸淵長敬
    - 57 (16) 山崎秀勝
4. 会員所属・住所等変更(正会員)
  - 野村 英明 学生会員から正会員へ  
〒464-01 名古屋市千種区不老町  
名古屋大学大気水圏科学研究所
  - 岡部 史郎 〒424 静岡県清水市北矢部850-3
  - 井上 尚文 〒105 港区虎ノ門1-26-5  
虎ノ門17森ビル13F  
(株)ゼニブライト・ブイ
5. 逝去  
大山 桂
6. 受贈図書  
海洋産業研究資料 ニュース月報26(14,15), 27(1)  
海洋産業研究資料 報告書15  
エルファイブ10(4,5,6)  
なつしま 139, 140  
教育的価値の問題に関する今日的検討  
学術の動向(JSCニュース)  
農業工学関係研究成果情報  
NTT R&D 44(12), 45(1)  
国立科学博物館専報 28  
Bulletin of the National Science Museum 21(4)  
日本学会会議月報 37(2)  
広島日仏協会報 132  
Meereswissenschaftliche Berichte Marine Science Reports 10  
青島海洋大学学報 25(12)  
Chinese Science Bulletin 40(13~20)  
American Museum Novitates 3148

## 日仏海洋学会役員・評議員

(1994~1995年度)

顧問：ユーベル・プロシェ ジャン・デルサルト  
 ジャック・トーベル アレクシス・ド  
 ランデル ベルナル・フランク  
 ミシェル・ルサージュ ローベル・ゲ  
 ルムール ジャック・マゴー レオン・  
 ヴァンデルメルシュオーギュスタン・  
 ベルク ユーベル・セカルディ

名誉会長：オリビエ・アンサール

会長：有賀祐勝

副会長：高木和徳 岡市友利

幹事：(庶務) 須藤英雄 有元貴文  
 (会計) 森永 勤 岸野元彰  
 (編集) 佐藤博雄 落合正宏  
 (研究) 関 文威 小池勲夫  
 (渉外) 佐伯和昭 降島史夫

監事：久保田穰 辻田時美

編集委員長：山口征矢

評議員：

有元貴文 有賀祐勝 石丸 隆 今脇資郎  
 宇野 寛 大塚一志 岡市友利 奥田邦明  
 落合正宏 梶浦欣二郎 金成誠一 鎌谷明善  
 岸野元彰 国司秀明 久保田穰 黒田一紀  
 小池勲夫 佐伯和昭 坂本 亘 佐藤博雄  
 杉森康宏 須藤英雄 関 文威 関根義彦  
 平 啓介 高木和徳 降島史夫 高野健三  
 高橋正征 谷口 旭 辻田時美 寺崎 誠  
 寺本俊彦 鳥羽良明 中田英昭 永田 豊  
 中村重久 奈須敬二 西沢 敏 畑 幸彦  
 半沢正男 堀越増興 前田明夫 松生 洽  
 松山優治 丸茂隆三 村野正昭 森田良美  
 森永 勤 柳 哲雄 山口征矢 和田 明  
 渡邊精一

日 仏 海 洋 学 会 会 則

昭和35年4月7日 制定  
 昭和60年4月27日 改正  
 平成4年6月1日 改正

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

### 日仏海洋学会評議員・役員選出規定

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

### 日仏海洋学会賞規定

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

#### 覚書

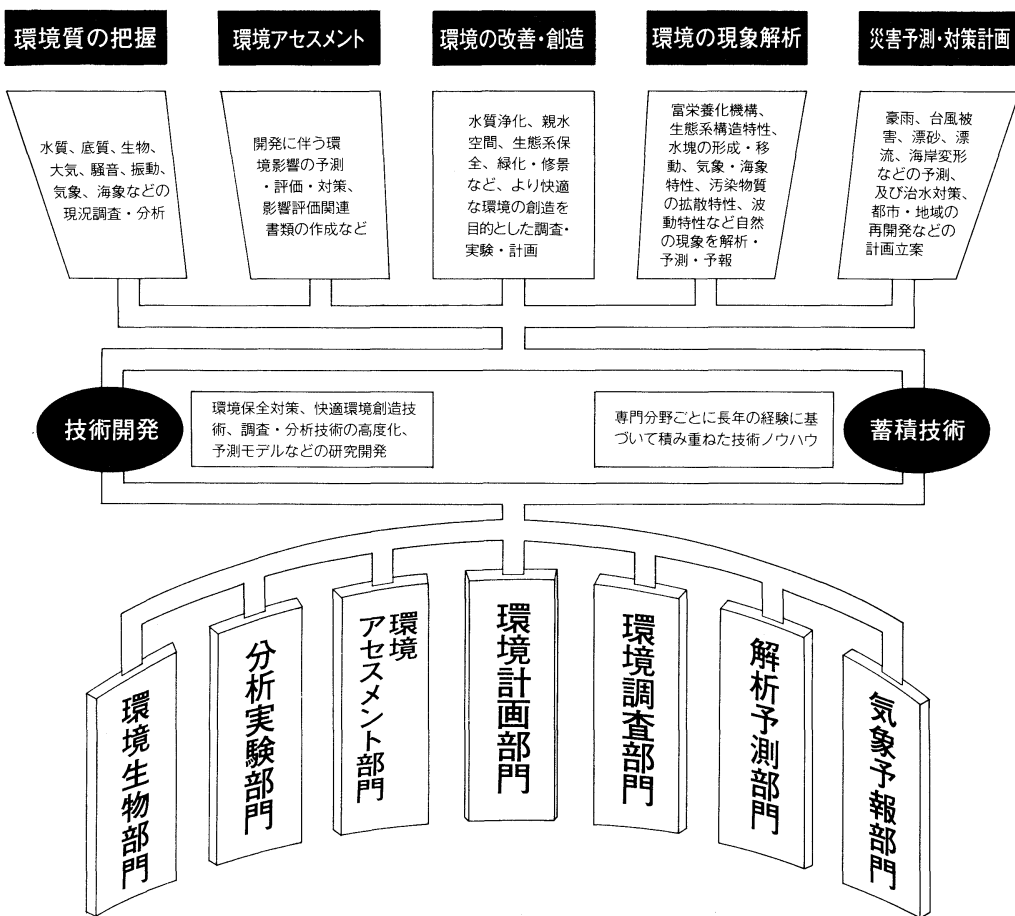
1. 委員は各専門分野から選出されるよう十分配慮すること。
2. 受賞者は原則として順次各専門分野にわたるよう十分配慮すること。

## 賛 助 会 員

阿 部 嘉 方	東京都練馬区春日町 2-15-6
株式会社 内田老鶴園 内 田 悟	東京都文京区大塚 3-34-3
有限会社 英 和 出 版 印 刷 社	東京都北区中里 2-7-7
株 式 会 社 カ イ ジ ョ ウ	東京都西多摩郡羽村町栄町 3-1-5
㈱ 海 洋 生 物 環 境 研 究 所	東京都千代田区内神田 1-18-12 北原ビル内
株 式 会 社 川 合 海 苔 店	東京都大田区大森本町 2-31-8
株式会社 自然・情報環境研究所	横浜市長区桂町 1-1, 3-401
新 日 本 気 象 海 洋 株 式 会 社	東京都世田谷区玉川 3-14-5
全 日 本 爬 虫 類 皮 革 産 業 連 合 会	東京都足立区梅田 4-3-18
株式会社 高 岡 屋	東京都台東区上野 6-7-22
株 式 会 社 東 京 久 栄 技 術 セ ン タ ー	埼玉県川口市芝鶴ヶ丸 6906-10
株 式 会 社 西 日 本 流 体 技 研	長崎県佐世保市棚方町 283
日 本 ア ク ア ラ ン グ 株 式 会 社	神奈川県厚木市温水 2229-4
㈱ 三 菱 綜 合 研 究 所 (社会情報システム部)	東京都千代田区大手町 2-3-6
㈱ 本 地 郷	東京都千代田区神田須田町 2-2-4 須田町藤和ビル7F
株 式 会 社 読 売 廣 告 社	東京都中央区銀座 1-8-14
渡 辺 機 開 工 業 株 式 会 社	愛知県渥美郡田原町神戸大坪 230
株 式 会 社 渡 部 計 器 製 作 所	東京都文京区向丘 1-7-17

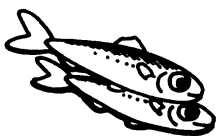
# 環境科学分野の総合コンサルタント 新日本気象海洋株式会社

私たちは、快適環境の創造を目指す環境科学分野の専門家集団として、多岐にわたる環境に関する技術の開発・研究に努め、経験豊かな各部門が蓄積されたノウハウを駆使して、地域社会に貢献しております。

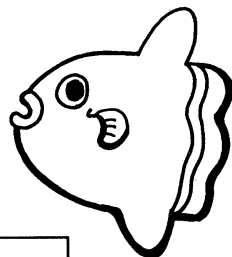


担い手は経験豊富な技術部門

本社	〒158	東京都世田谷区玉川3-14-5	☎03-3708-1161
大阪支店	〒550	大阪府大阪市西区江戸堀3-2-23	☎06-448-2551
名古屋支店	〒456	愛知県名古屋市熱田区六番1-13-11 カワツビル203	☎052-671-5647
環境情報研究所	〒224	神奈川県横浜市都筑区早潮2-2-2	☎045-593-7600
環境創造研究所	〒421-02	静岡県志太郡大井町利右衛門1334-5	☎054-622-9551
環境化学部	〒153	東京都目黒区上目黒4-17-18	☎03-3793-0591
営業所		東北・福島・千葉・横浜・金沢・神戸・九州・沖縄	
事業所		釜石・小名浜・沖縄	

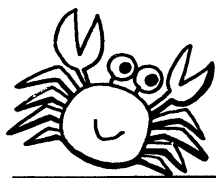


海洋生物資源を大切に利用する企業でありたい  
—— 青魚 (イワシ・サバ・サンマ) から宝を深し出す ——



**母なる海・海には愛を!**

La mer la mère, l'amour pour la mer!



**SHIDA**

信田缶詰株式会社

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

● 製造品・水産缶詰・各種レトルトパウチ・ビン詰・抽出スープ・他

# 日仏海洋学会入会申込書

(正会員・学生会員)

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

(以下は学会事務局用)

受付	名簿	会費	あて名	学会 記事
	原簿	原簿	カード	

入会申込書送付先: 〒150 東京都渋谷区恵比寿3-9-25

(財)日仏会館内

日 仏 海 洋 学 会

郵便振替番号: 00150-7-96503



## 日 仏 海 洋 学 会 編 集 委 員 会 (1994-1995)

委員 長: 山口征矢

委 員: 青木三郎, 半沢正男, 堀越増興, 前田 勝, 落合正宏, 松山優治, 柳 哲雄, 渡辺精一

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

幹 事: 落合正宏, 佐藤博雄

### 投 稿 の 手 引

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

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

---

1996年2月25日 印刷 第34巻  
1996年2月23日 発行 第1号

定 価 1,600 円

編 集 者 山 口 征 矢  
発 行 所 日 仏 海 洋 学 会  
財団法人 日仏会館内  
東京都 渋谷区 恵比寿 3-9-25  
郵 便 番 号 : 1 5 0  
電 話 : 03 (5421) 7 6 4 1  
振 替 番 号 : 00150-7-96503  
印 刷 者 佐 藤 一 二  
印 刷 所 (有)英和出版印刷社  
東京都 北区 中里 2-7-7  
郵 便 番 号 : 1 1 4  
電 話 : 03 (5394) 4 8 5 6

---

# Tome 34 N° 1

## SOMMAIRE

### Notes originales

- Primary production and contribution of "new" production in the warm-core ring and the cold streamer off Sanriku in May 1990  
.....Akihiro SHIOMOTO, Katsuyuki SASAKI and Toru SHIMODA 1
- Automatic recording system of the position of a lobster in experimental tank  
..... Takashi KOIKE, Miyuki MAEGAWA, Masako HIRAYAMA and Yutaka NAGATA 11
- Studies on the relation between volume of visual pigment in the rods and maturity of fish (in Japanese) .....Eiichi Hasegawa and Akiko Naganawa 19
- Analysis of cutting mechanism of the roll type *Nori* harvester (in Japanese)  
..... Sadami YADA, Jia Kang CHEN and Masayoshi TODA 25
- Observations at the two offshore tower stations during the typhoon 9426's passage (in Japanese) .....Shigehisa NAKAMURA 33

### Faits divers

- CADBOROSAURUS: Survivor from the Deep .....Humitake SEKI 39

- Procès-verbaux ..... 41

## 第 34 卷 第 1 号

### 目 次

#### 原著論文

- 1990年5月の三陸沖暖水塊および冷水ストリーマにおける  
基礎生産と新生産の寄与について (英文).....塩本明弘・佐々木克之・下田 徹 1
- イセエビの水槽内における行動の自動計測 (英文).....小池 隆・前川行幸・平山昌子・永田 豊 11
- 魚類の桿体視物質量と成熟に関する研究 .....長谷川英一・長縄明子 19
- 海苔のロール式摘採機構の解明 .....矢田貞美・陳 家康・戸田勝喜 25
- 沖合の観測塔による台風通過時の海象観測 .....中村重久 33

#### 資 料

- CADBOROSAURUS: 深海よりの生残者 (書評; 英文) .....関 文威 39

- 学会記事 ..... 41