



HOKKAIDO UNIVERSITY

| | |
|------------------|--|
| Title | Notes on Feeding Habits of the Mesopelagic Fish Maurolicus japonicus off the Pacific Coast of Northern Japan |
| Author(s) | UCHIKAWA, Kazuhisa; KITAGAWA, Daiji; SAKURAI, Yasunori |
| Citation | 北海道大学水産科学研究彙報, 52(3), 151-156 |
| Issue Date | 2001-12 |
| Doc URL | https://hdl.handle.net/2115/21957 |
| Type | departmental bulletin paper |
| File Information | 52(3)_P151-156.pdf |



Notes on Feeding Habits of the Mesopelagic Fish *Maurolicus japonicus* off the Pacific Coast of Northern Japan

Kazuhisa UCHIKAWA¹⁾, Daiji KITAGAWA²⁾ and Yasunori SAKURAI¹⁾

Abstract

The diet of *Maurolicus japonicus*, one of the most numerically abundant mesopelagic fish in the adjacent waters of Japan, was examined based on a total of 112 specimens collected off the Pacific coast of northern Japan during October, 1996. The prey was comprised of mainly crustaceans; copepods and euphausiids. For small-sized fish (<40 mm in standard length: SL), the copepods (mainly *Calanus pacificus*) was the most important prey accounting for 80.9% by number and 44.3% by wet weight. For large fish (≥ 40 mm SL), euphausiids (mainly *Euphausia pacifica*) was the most important prey representing 40.3% by number and 80.6% by wet weight of the total diet. The prey size differed significantly with fish size, showing that the diet of *M. japonicus* shifts toward larger prey with fish growth. Feeding intensity measured as stomach content index increased steadily from morning (6:00 h) through afternoon (14:49 h) suggesting continuous feeding throughout the daytime. The importance of *C. pacificus* and *E. pacifica* in the diet was ascribed to its co-occurrence with *M. japonicus* throughout the day as a result of diurnal migration both by predator and prey.

Key words: *Maurolicus japonicus*, Sternoptychids, Mesopelagic fish, *Euphausia pacifica*, *Calanus pacificus*, Feeding habit, Diet

Introduction

The sternoptychid fish genus *Maurolicus* is abundantly distributed over upper continental slopes and submarine rises in the world oceans (Parin and Kobylansky, 1996). According to the recent revision made by Parin and Kobylansky (1993), the genus *Maurolicus* is divided into 15 allopatric species, and *M. japonicus* is distributed around the Japanese archipelago. In the Japan Sea, *M. japonicus* is the primary food of many marine top-predators, e.g. walleye pollock *Teragra chalcogramma* and the Japanese common squid *Todarodes pacificus* (Okiyama, 1971). Off the Pacific coast of northern Japan, the dominant demersal fish, Pacific cod *Gadus macrocephalus* and walleye pollock *T. chalcogramma*, also consume *M. japonicus* (Yamamura and Inada, 2001). Thus *M. japonicus* play an important role in transferring organic material through the trophic levels in both the Japan Sea and Pacific Ocean.

There have been many studies on the ecology of *M. japonicus* conducted in the Japan Sea; life history (Okiyama, 1971; Yuuki, 1982, 1984; Ikeda, 1994), feeding habits (Ikeda et al., 1994) and energy budget (Ikeda, 1996). On the contrary, no information has been available on its ecology along the Pacific coast. The present

study reports on the feeding habits of *M. japonicus* off the Pacific coast of northern Japan.

Materials and Methods

Samples were collected during the demersal fish surveys conducted by the Tohoku National Fisheries Research Institute in October, 1996. During the cruise, a bottom trawl net with a mouth opening of 3.3×18.2 m was towed at an average ship speed of 3 knots ($5.7 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$). The net was lined with 8 mm mesh, and was towed for 30 minutes at fishing depth at each sampling station. All of the samples used in the present study were taken during the daytime (from about one hour after sunrise to two hour before sunset). *Maurolicus japonicus* was collected at 10 out of 61 stations with bottom depths of 170 to 610 m.

Fish samples were fixed in a 10% buffered formaldehyde seawater solution at sea and then transferred to 50% isopropyl alcohol in the laboratory. Samples were measured and weighed to the nearest 0.1 mm standard length (SL) and 0.1 g, respectively. Stomach contents were then examined based on a total of 112 specimens collected at five stations (Table 1). Prey were identified to the lowest taxon possible, counted and weighed to the

¹⁾ Laboratory of Marine Ecology, Graduate School of Fisheries Sciences, Hokkaido University
(北海道大学大学院水産科学研究科資源生産生態学講座)

²⁾ Tohoku National Fisheries Research Institute
(水産総合研究センター東北水産研究所)

Table 1 Sampling data of bottom trawls conducted off the Pacific coast of northern Japan during the cruise of RV Wakataka-Maru in October, 1996.

| Date | Sampling locality | | Trawling mid-time | Bottom depth (m) | No. of specimens examined |
|--------|-------------------|---------------|-------------------|------------------|---------------------------|
| | Latitude (N) | Longitude (E) | | | |
| 7 Oct | 38°57 | 141°02 | 14:49 | 257 | 7 |
| 9 Oct | 38°32 | 141°54 | 09:05 | 252 | 38 |
| 16 Oct | 37°59 | 141°42 | 06:40 | 172 | 21 |
| 19 Oct | 37°01 | 141°28 | 08:39 | 251 | 29 |
| 21 Oct | 36°34 | 141°03 | 11:58 | 248 | 17 |
| Total | | | | | 112 |

nearest 0.1 mg. Prey found in the mouth cavities and esophagi were excluded from the analyses since they were probably ingested in the net. There was no sign of regurgitation and stomach eversion. The stomach content index (*SCI*) was calculated as: $SCI(\%) = (\text{wet weight of total stomach contents} / \text{body weight}) \times 100$. The degree of digestion was scored for each prey: stage 1, fresh prey, not digested; stage 2, slightly digested, prey damaged only on the body surface; stage 3, moderately digested, exoskeletons of prey broken, stage 4, well digested, most of prey unidentifiable. The diet of *M. japonicus* was expressed as percentage by number (*Cn*), percentage by wet weight (*WW*) and percentage of the frequency of occurrence (*F*). Based on these indices, the index of relative importance (*IRI*; Pinkas et al., 1971) was calculated for each prey category:

$$IRI_i = F_i \times (Cn_i + WW_i).$$

The index was then standardized to %*IRI* (Cortés, 1997) as:

$$\%IRI_i = 100 \times IRI_i / \sum_i^n IRI_i,$$

where *n* is the total number of prey categories considered.

Results

The body sizes of *Maurolicus japonicus* collected ranged from 21 to 54 mm SL. The length frequency distribution was bimodal with a distinct mode at 34–36 mm and an indistinct mode at 42–44 mm (Fig. 1). Based on the length frequency distribution, specimens were divided into small (<40 mm) and large (≥40 mm) size classes to analyze ontogenetic differences in diet. Of the 112 stomachs examined, one individual had an empty stomach. The diet of *M. japonicus* included copepods, ostracods, amphipods, euphausiids, chaetognaths, polychaetes, tunicates and fish (*M. japonicus*) (Table 2). In both size classes, crustaceans

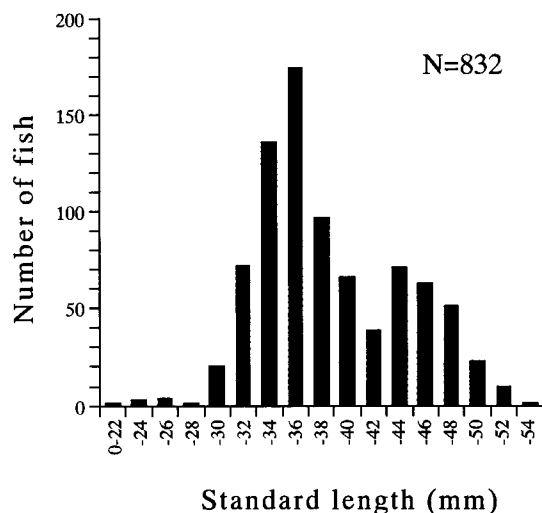


Fig. 1. Length frequency distribution of *Maurolicus japonicus* off the Pacific coast of northern Japan during October, 1996.

represented the bulk of the diet (*Cn*=89.2%; *WW*=57.5%; *F*=100% for small fish, *Cn*=97.2%; *WW*=95.2%; *F*=97.4% for large fish). For small fish, copepods were the most important prey (*Cn*=80.9%; *WW*=44.3%; *F*=92.1%), with *Calanus pacificus* being the most predominant (*Cn*=26.0%), followed by chaetognaths (*Cn*=10.3%; *WW*=41.4%). For large fish, copepods were numerically predominant (*Cn*=49.5%), but the gravimetric contribution was <10%. *C. pacificus* was the most abundant species among copepods for large fish (*Cn*=13.4%). Euphausiids were not as numerous (*Cn*=40.3%) but were the most important by wet weight (*WW*=80.6%). In the diet of large fish, euphausiids were predominated by *Euphausia pacifica*; constituting 80.5 and 82.5% of the total number and wet weight of euphausiids, respectively. Ostracods, amphipods, polychaetes, tunicates and fish (*M. japonicus*) were also ingested, but accounted for <3% by number and wet weight in both size classes. The %*IRI* of copepods was 88.5% for small fish, and

Table 2. Diet of two size classes of *Maurolicus japonicus* off the Pacific coast of northern Japan. *Cn* : % of identifiable prey to the total number ; *WW* : % of identifiable prey to the total wet weight ; *F* : % frequency of occurrence of identifiable prey ; *%IRI* : % index of relative importance. In copepod category, generalized form contains calanoid copepods of morphologically general *Calanus*-type, specialized form contains morphologically specialized calanoid copepods such as *Heterorhabdus* spp.

| | <40 mm SL | | | | ≥40 mm SL | | | |
|--|---------------|---------------|--------------|-------------|---------------|---------------|--------------|-------------|
| | <i>Cn</i> (%) | <i>WW</i> (%) | <i>F</i> (%) | <i>%IRI</i> | <i>Cn</i> (%) | <i>WW</i> (%) | <i>F</i> (%) | <i>%IRI</i> |
| CRUSTACEA (TOTAL) | 89.2 | 57.5 | 100 | | 97.2 | 95.2 | 97.4 | |
| COPEPODA (TOTAL) | 80.9 | 44.3 | 92.1 | 88.5 | 49.5 | 9.8 | 56.4 | 29.7 |
| <i>Gaidius</i> sp. | 0.2 | 0.1 | 1.6 | | — | — | — | |
| <i>Undeuchaeta</i> sp. | 0.2 | 0.1 | 1.6 | | — | — | — | |
| <i>Gaetanus</i> sp. | 0.2 | 0.0 | 1.6 | | — | — | — | |
| Aetideidae (Unident.) | 0.5 | 0.1 | 1.6 | | — | — | — | |
| <i>Calanus pacificus</i> | 26.0 | 8.5 | 47.6 | | 13.4 | 1.3 | 35.9 | |
| <i>Neocalanus flemingeri</i> | 0.7 | 0.8 | 1.6 | | — | — | — | |
| <i>N. plumchurus</i> | 0.2 | 0.1 | 1.6 | | — | — | — | |
| <i>Neocalanus</i> spp. | 0.5 | 0.2 | 3.2 | | 0.5 | 0.2 | 2.6 | |
| Calanidae (Unident.) | — | — | — | | 2.8 | 0.2 | 2.6 | |
| <i>Candacia bipinnata</i> | 0.2 | 0.1 | 1.6 | | — | — | — | |
| <i>C. columbiae</i> | 5.9 | 6.8 | 11.1 | | — | — | — | |
| <i>Candacia</i> spp. | 1.5 | 1.8 | 6.3 | | — | — | — | |
| <i>Eucalanus bungii</i> | 0.2 | 0.4 | 1.6 | | — | — | — | |
| Eucalanidae (Unident.) | 0.2 | 0.3 | 1.6 | | — | — | — | |
| <i>Euchaeta rimana</i> | 5.4 | 5.1 | 4.8 | | — | — | — | |
| <i>Paraeuchaeta russelli</i> | — | — | — | | 0.9 | 0.2 | 2.6 | |
| <i>Paraeuchaeta</i> sp. | — | — | — | | 0.5 | 0.1 | 2.6 | |
| Euchaetidae (Unident.) | 0.7 | 0.4 | 3.2 | | 0.9 | 0.4 | 5.1 | |
| <i>Heterorhabdus pacificus</i> | 0.2 | 0.1 | 1.6 | | — | — | — | |
| <i>H. papilliger</i> | — | — | — | | 0.5 | 0.0 | 2.6 | |
| <i>Metridia pacifica</i> | 2.5 | 0.7 | 14.3 | | 6.0 | 0.8 | 17.9 | |
| <i>Metridia</i> spp. | 0.5 | 0.1 | 3.2 | | — | — | — | |
| <i>Pleuromamma abdominalis</i> | 2.0 | 1.1 | 11.1 | | 4.6 | 1.2 | 15.4 | |
| <i>P. gracilis</i> | 1.0 | 0.7 | 6.3 | | 0.5 | 0.0 | 2.6 | |
| <i>P. quadrungulata</i> | 0.2 | 0.1 | 1.6 | | — | — | — | |
| <i>P. xiphias</i> | 0.7 | 0.7 | 4.8 | | 5.1 | 1.7 | 7.7 | |
| <i>Pleuromamma</i> spp. | 5.1 | 3.6 | 22.2 | | 3.7 | 1.0 | 7.7 | |
| Metridinidae (Unident.) | — | — | — | | 0.5 | 0.0 | 2.6 | |
| <i>Scolecithrix danae</i> | 2.2 | 1.7 | 9.5 | | — | — | — | |
| Calanoid younger copepodite (Unident.) | 0.2 | 0.0 | 1.6 | | — | — | — | |
| Calanoida (generalized form) | 0.5 | 0.1 | 3.2 | | 0.9 | 0.3 | 5.1 | |
| Calanoida (specialized form) | 2.0 | 1.7 | 3.2 | | 0.5 | 0.3 | 2.6 | |
| Calanoida (Unident.) | 10.8 | 5.5 | 25.4 | | 7.9 | 1.9 | 25.6 | |
| <i>Oithona</i> sp. | 0.2 | 0.1 | 1.6 | | — | — | — | |
| <i>Oncaea</i> spp. | 5.4 | 0.5 | 17.5 | | — | — | — | |
| <i>Corycaeus</i> spp. | 2.2 | 0.5 | 9.5 | | — | — | — | |
| Poecilostomatoida (Unident.) | — | — | — | | 0.5 | 0.0 | 2.6 | |
| COPEPODA (Unident.) | 2.2 | 2.1 | 9.5 | | — | — | — | |
| OSTRACODA (TOTAL) | 1.7 | 1.7 | 9.5 | 0.3 | 2.3 | 0.5 | 10.3 | 0.3 |
| <i>Conchoecia alata major</i> | 0.2 | 0.1 | 1.6 | | — | — | — | |
| <i>C. pseudodiscophora</i> | 0.2 | 0.1 | 1.6 | | — | — | — | |
| <i>Conchoecia</i> spp. | 0.5 | 1.1 | 3.2 | | 2.3 | 0.5 | 10.3 | |

Table 2 (Continued)

| | < 40 mm SL | | | | ≥ 40 mm SL | | | |
|--|------------|--------|-------|------|------------|--------|-------|------|
| | Cn (%) | WW (%) | F (%) | %IRI | Cn (%) | WW (%) | F (%) | %IRI |
| OSTRACODA (Unident.) | 0.7 | 0.4 | 4.8 | | — | — | — | |
| AMPHIPODA (TOTAL) | 0.7 | 0.8 | 3.2 | <0.1 | 2.8 | 1.9 | 12.8 | 0.5 |
| <i>Themisto japonica</i> | 0.2 | 0.2 | 1.6 | | 2.8 | 1.9 | 12.8 | |
| Hyperiididae (Unident.) | 0.2 | 0.2 | 1.6 | | — | — | — | |
| AMPHIPODA (Unident.) | 0.2 | 0.4 | 1.6 | | — | — | — | |
| EUPHAUSIACEA (TOTAL) | 4.4 | 7.3 | 19.0 | 1.7 | 40.3 | 80.6 | 64.1 | 68.8 |
| <i>Euphausia pacifica</i> | 1.5 | 3.7 | 6.3 | | 32.4 | 66.5 | 41.0 | |
| <i>E. pacifica</i> (furcilia) | 0.7 | 0.6 | 3.2 | | 0.9 | 0.2 | 5.1 | |
| Euphausiidae (Unident.) | 0.7 | 0.1 | 1.6 | | 3.7 | 6.4 | 10.3 | |
| EUPHAUSIACEA (Unident.) | 1.5 | 2.9 | 9.5 | | 3.2 | 7.5 | 15.4 | |
| CRUSTACEA (Unident.) | 1.5 | 3.3 | 7.9 | | 2.3 | 2.4 | 12.8 | |
| CHAETOGNATHA (TOTAL) | 10.3 | 41.4 | 23.8 | 9.5 | 2.3 | 4.7 | 10.3 | 0.6 |
| <i>Sagitta</i> spp. | 2.9 | 9.5 | 4.8 | | 0.5 | 1.1 | 2.6 | |
| CHAETOGNATHA (Unident.) | 7.4 | 32.0 | 19.0 | | 1.9 | 3.7 | 7.7 | |
| POLYCHAETA (Unident.) | 0.2 | 0.5 | 1.6 | <0.1 | — | — | — | — |
| TUNICATA (Unident.) | — | — | — | — | 0.5 | 0.0 | 2.6 | <0.1 |
| <i>Maurolicus japonicus</i> | 0.2 | 0.6 | 1.6 | 0.0 | — | — | — | — |
| No. of identifiable prey items | | 408 | | | | 216 | | |
| No. of unid. material | | 9 | | | | 7 | | |
| No. of stomachs containing identifiable prey items | | 63 | | | | 39 | | |
| No. of stomachs examined | | 67 | | | | 45 | | |
| No. of empty stomachs | | 0 | | | | 1 | | |

29.7% for large fish (Table 2). The %IRI of euphausiids was 68.8% for large fish, but <2% for small fish.

Prey ingested differed between small and large size classes (Fig. 2). Where the prey of large fish was able to be separated into two distinct size groups (<6 mm and 8–14 mm), however, the prey of small fish were consisted of <6 mm prey only. The exclusive portions of <6 mm and 8–14 mm prey were represented by *E. pacifica* (97%) and copepods (96%), respectively. Prey size ingested by the large size class were significantly larger than those ingested by the small size class (Mann-Whitney *U*-test: $U = 1786.5$, $p < 0.001$).

Prey showing stage 1 occurred throughout the sampling periods (Fig. 3A). The percentage of fresh stage 1 prey was highest at 11:58 h (15.3%). Fish captured at 6:40 h showed the highest proportion of well digested prey (stage 4, 50%), although the percentage of fresh stage 1 prey was also high (12.5%). There was a significant difference in the state of prey digestion by time of sampling (Kruskal-Wallis test, $H = 21.46$, $p < 0.001$). Average stomach content index (SCI) ranged from 0.7–3.4% with an overall average of 1.6%. It differed

significantly among stations (Kruskal-Wallis test, $H = 28.89$, $p < 0.001$) and increased steadily from early morning to late afternoon (Fig. 3B).

Discussion

Off the eastern Tasmania, *Maurolicus* (possibly *M. australis*) feed mainly at night (Young and Blaber, 1986), whereas off the northwestern Africa (possibly *M. walvisensis* or *M. weitzmani*) and Norway (*M. muelleri*), *Maurolicus* have no apparent diel feeding pattern (Samyshev and Schetinkin, 1973, Gjøsæter, 1981). Ikeda et al. (1994) indicated that the average SCI of *Maurolicus japonicus* in the Japan Sea varied by season, ranging from 0.5 to 2.4%. Our overall average SCI (1.6%) falls within the range of their study, with a steady increase from early morning to late afternoon. However, fresh stage 1 prey occurred throughout the sampling periods. These facts suggest that *M. japonicus* in the present study area fed actively both day and night, although we cannot draw a strong conclusion without nighttime sampling.

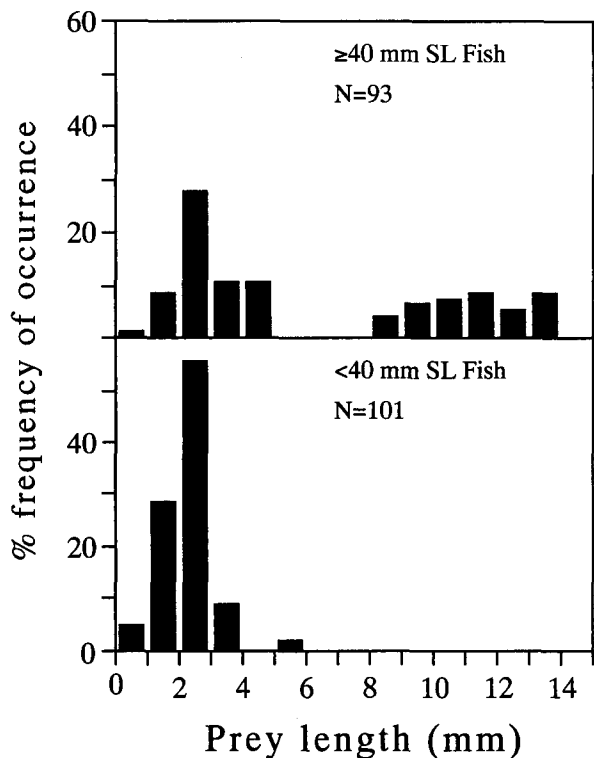


Fig. 2. Size-frequency distribution of prey ingested by *Maurolicus japonicus* for the two size classes of fish.

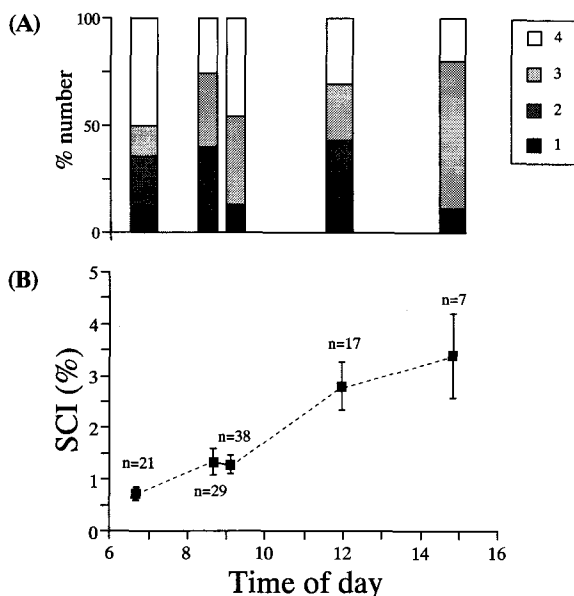


Fig. 3. Diel changes in the state of digestion of prey (A) and stomach content index (SCI) (B) in *Maurolicus japonicus*. Error bars are $\pm 1SE$.

M. japonicus showed a clear ontogenetic difference in diet. The difference was due to the heavy ingestion of euphausiids by large fish. This result agrees with the previous studies on feeding habits of *Maurolicus* (Samyhev and Schetinkin, 1971; Gjøseter, 1981; Ikeda et

al., 1994) reporting the increased importance of euphausiids with fish growth. Both of the predominant prey, *Calanus pacificus* and *E. pacifica* are distributed dominantly in the study area (*C. pacificus* refers to *C. helagolandicus*, Odate, 1994). Chaetognaths of secondary importance by wet weight for small fish are abundantly distributed in the present study area. The chaetognaths were often unidentifiable due to rapid digestion, but may have been any of the abundant species; *Sagitta elegans*, *Eukrohnia hamata*, *S. enflata* and *S. minima* (Kitou, 1974; Terazaki et al., 1985; Odate, 1994). The vertical distribution of chaetognaths varies by species, ontogenetic stages and regions (Terazaki et al., 1985; Terazaki, 1998), resulting in an undetermined degree of habitat overlap with *M. japonicus*. Kitou (1974) reported that the highest abundance of chaetognaths occurred during autumn in the present study area. Therefore, the importance of chaetognaths in the diet would be partly explained by the sampling date, although the difference in importance of chaetognaths between the size classes of *M. japonicus* remained unexplainable. The most predominant prey for large fish, *E. pacifica*, undertakes diel vertical migration (DVM) (Taki et al., 1998), and forms dense aggregations in the near-bottom layer during daytime (Izumi and Kodama, 1995; Taki, 1996). As to *C. pacificus*, no information is available on its vertical distribution in the present study area. However, in the Santa Barbara Basin, it has been reported to form aggregations in the mesopelagic zone throughout the day (Allredge et al., 1984; Fleminger, 1985; Osgood and Chekley, 1997a, b). The mesopelagic aggregations consist of diapausing individuals, but a certain portion of *C. pacificus* remains active in the surface layer throughout the year (Fleminger, 1985). In the course of a submersible observation, mesopelagic fish, *Leuroglossus stibilius* were observed feeding actively on the aggregation of *C. pacificus* in the mesopelagic layer (Allredge et al., 1984). Since *M. japonicus* undertakes DVM with daytime distribution deeper than 150 m (Hamano et al., 1992), both *E. pacifica* and *C. pacificus* would be accessible in the surface layer at nighttime and in the deeper layer during daytime. Thus, the importance of *C. pacificus* and *E. pacifica* in the diet of *M. japonicus* would be ascribed to the vertical overlap of predator and prey throughout the day.

Acknowledgements

We thank T. Hattori, H. Imamura and the officers and crews of the RV Wakataka-Maruru for their help with sampling at sea. We also thank O. Yamamura and R. Rigby for their critical reading of the earlier versions of

the manuscript, and N. Shiga and Y. Yamada for prey identification. We are also grateful to H. Ogi for his helpful discussions.

References

- Allredge, A.L., Robison, B.H., Fleminger, A., Torres, J.J., King, J.M. and Hammer, W.M. (1984). Direct sampling and *in situ* observation of a persistent copepod aggregation in the mesopelagic zone of the Santa Barbara Basin. *Mar. Biol.*, **80**, 75-81.
- Cortés, E. (1997). A critical review of methods of studying fish feeding based on analysis of stomach contents: application to elasmobranch fishes. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **54**, 726-738.
- Fleminger, A. (1985). Dimorphism and possible sex change in copepods of the family Calanidae. *Mar. Biol.*, **88**, 273-294.
- Gjøvsæter, J. (1981). Life history and ecology of *Maurollicus muelleri* (Gonostomatidae) in Norwegian waters. *FiskDir. Skr. Ser. HavUnders.*, **17**, 109-131.
- Hamano, A., Uchida, K. and Takeda, Y. (1992). Sorting echoes of sternoptychid fish, *Maurollicus muelleri*, from quantitative sounder echograms with verification by midwater trawl. *Suisan Kaiyo Kenkyu*, **56**, 295-308 (in Japanese with English Abstract).
- Ikeda, T. (1994). Growth and life cycle of the mesopelagic fish *Maurollicus muelleri* (Sternoptychidae) in Toyama Bay, southern Japan Sea. *Bull. Plankton Soc. Japan*, **40**, 127-138.
- Ikeda, T. (1996). Metabolism, body composition, and energy budget of the mesopelagic fish *Maurollicus muelleri* in the Sea of Japan. *Fish. Bull.*, **94**, 49-58.
- Ikeda, T., Hirakawa, K. and Kajihara, N. (1994). Diet composition and prey size of the mesopelagic fish *Maurollicus muelleri* (Sternoptychidae) in the Japan Sea. *Bull. Plankton Soc. Jap.*, **41**, 105-116.
- Izumi, Y. and Kodama, J. (1995). Observation bottom swarm of the krill, *Euphausia pacifica* from a submersible, "Sinkai 2000". pp. 104-105, *Report of the research meeting on North Pacific krill resources. Rep. No. 4*. Tohoku National Research Institute, Shiogama (in Japanese).
- Kitou, A. (1974). Chaetognatha. pp. 65-85, Marumo, R. ed., *Marine Plankton*, Univ. Tokyo Press, Tokyo (in Japanese).
- Odate, K. (1994). Zooplankton biomass and its long-term variation in the western North Pacific Ocean, Tohoku sea area, Japan. *Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab.*, **(56)**, 115-173 (in Japanese with English Abstract).
- Okiyama, M. (1971). Early life history of the Gonostomatid fish, *Maurollicus muelleri* (Gmelin), in the Japan sea. *Bull. Jap. Sea Reg. Fish. Res. Lab.*, **(23)**, 21-53 (in Japanese with English Abstract).
- Osgood, K.E. and Checkley, D.M. Jr. (1997a). Seasonal variations in a deep aggregation of *Calanus pacificus* in the Santa Barbara Basin. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **148**, 59-69.
- Osgood, K.E. and Checkley, D.M. Jr. (1997b). Observations of a deep aggregation of *Calanus pacificus* in the Santa Barbara Basin. *Limnol. Oceanogr.*, **42**, 997-1001.
- Parin, N.V. and Kobylansky, S.G. (1993). Review of the genus *Maurollicus* (Sternoptychidae, Stomiiformes), with a re-establishing validity of five species considered junior synonyms of *M. muelleri* and descriptions of nine new species. *Trudy Inst. Oceanol.*, **128**, 69-107 (in Russian with English Abstract).
- Parin, N.V. and Kobylansky, S.G. (1996). Diagnoses and distribution of fifteen species recognized in genus *Maurollicus* Cocco (Sternoptychidae, Stomiiformes) with a key to their identification. *Cybium*, **20**, 185-195.
- Pinkas, L., Oliphant, M.S. and Iverson, I.L.K. (1971). Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California waters. *Calif. Dep. Fish Game Fish. Bull.*, **152**, 1-105.
- Samsyshev, E.Z. and Schetinkin, S.V. (1971). Feeding patterns of some species of myctophids and *Maurollicus muelleri* caught in the sound-dispersing layers in the northwestern African area. *Ann. Biol.*, **28**, 212-215.
- Taki, K. (1998). Horizontal distribution and diel vertical migration of *Euphausia pacifica* Hansen in summer in and around a warm-core ring off Sanriku, northwestern Pacific. *Bull. Tohoku Natl. Fish. Res. Inst.*, **(60)**, 49-61.
- Taki, K., Kotani, Y. and Endo, Y. (1996). Ecological studies on *Euphausia pacifica* Hansen and seasonal changes of its environment off Onagawa, Miyagi prefecture III. Distribution and diel vertical migration of *Euphausia pacifica*. *Bull. Tohoku Natl. Fish. Res. Inst.*, **(58)**, 89-104.
- Terazaki, M. (1998). Life history, distribution, seasonal variability and feeding of the pelagic chaetognath *Sagitta elegans* in the Subarctic Pacific: A review. *Plankton Biol. Ecol.*, **45**, 1-17.
- Terazaki, M., Kitagawa, D. and Yamashita, Y. (1985). Vertical distribution and migration of pelagic chaetognaths in the vicinity of Otsuchi in the spring season. *Otsuchi Mar. Res. Cent. Rep.*, **11**, 1-7.
- Yamamura, O. and Inada, T. (2001). Importance of micronekton as food of demersal fish assemblages. *Bull. Mar. Sci.*, **68**, 13-25.
- Young, J.W. and Blaber, S.J.M. (1986). Feeding ecology of three species of midwater fishes associated with the continental slope of eastern Tasmania, Australia. *Mar. Biol.*, **93**, 147-156.
- Yuuki, Y. (1982). Spawning and maturity of a sternoptychid fish *Maurollicus muelleri* in the south western waters of the Sea of Japan. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **48**, 749-753 (in Japanese with English Abstract).
- Yuuki, Y. (1984). Age and growth of a sternoptychid fish *Maurollicus muelleri* in the south western waters of the Sea of Japan. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **50**, 1849-1854 (in Japanese with English Abstract).

投稿規定

1. 目的および掲載論文の種類

北海道大学水産科学研究彙報（以下彙報と呼ぶ）および北海道大学大学院水産科学研究科紀要（紀要と呼ぶ）は北海道大学大学院水産科学研究科（研究科と呼ぶ）および北海道大学水産学部（学部と呼ぶ）において行われた研究の成果を速やかにかつ広く内外に発表することを目的とする。

彙報は英文または和文で書かれた次の論文（他の公開刊行物に未発表のもの）を掲載する。論文の長さは刷上り20ページ以内を原則とする。

- (1) 報文 (Original Papers): 学術的価値およびオリジナリティを有し、完結した研究成果を公表するもの。
- (2) 短報 (Short Papers): 断片的な研究であるが、新しい考え方、事実あるいは価値あるデータを含むもの、または研究途上の成果であるが、特に速報を必要とするもののいずれかで、論文の長さは刷上り3ページ以内とする。
- (3) その他: 本研究科編集出版委員会（以下委員会と呼ぶ）が特に掲載が適当と認めた論文。

紀要は英文または和文で書かれた次の論文（他の公開刊行物に未発表のもの）を掲載する。論文の長さは刷上り80ページ以内を原則とする。

- (1) 報文 (Original Papers): 学術的価値およびオリジナリティを有し、系統的にまとめた研究成果を公表するもの。
- (2) 総合論文 (Review Papers): 特定の分野に対して従来の研究を総合的にまとめたもの、あるいは、これから発展する新分野に対する展望をまとめたもの。
- (3) その他: 委員会が特に掲載が適当と認めた論文。

2. 投稿資格

彙報および紀要に投稿できる者は本研究科・学部所属する教官および大学院学生（研究生を含む）とする。ただし、これら以外の共著者を含むことは差しつかえない。なお、上記資格を投稿時点で有しなくても、論文の内容が本研究科・学部において行われた研究である場合は投稿することができる。いずれの資格で投稿する場合においても、投稿論文に関する一切の経理責任を負う講座等（経理責任講座）の主任の認印、および出版までに委員会との連絡に当たる者の届出を必要とする。

3. 出版および投稿時期

彙報の出版時期は原則として1号: 3月（提出期限、前

年11月末日）、2号: 8月（4月末日）、3号: 12月（8月末日）とし、投稿する論文の原稿は括弧内の期日までに編集出版委員長に提出するものとする。紀要の出版時期は原則として1号: 5月（提出期限、1月末日）、2号: 12月（8月末日）とし、投稿する論文の原稿は括弧内の期日までに編集出版委員長に提出するものとする。

4. 投稿原稿の取り扱い

4.1 原稿の提出方法および必要部数: 投稿の手引きに従って準備した原稿（オリジナル原稿1部および複写原稿2部）を、論文1篇ごとに委員会が作成した申込み表紙を貼り付けた封筒（角型番号）に収めて提出する。なお、受理後、最終原稿と一致したフロッピーディスクを提出する。

4.2 英文添削: 英文原稿（参考文献を除く）は著者の責任において予め外国人（英語を母国語とし、できれば該当する専門分野に関する知識を有する外国人が望ましい）の添削を受けたものであることを原則とする。

4.3 受理日: 原稿提出の時点を受付日とし、委員会が受理を決定した時点をもって受理日とする。

4.4 論文の採否: 論文の採否および訂正の必要性の有無は委員会が決定する。受理された論文は原稿受付月日の早いものから掲載するのを原則とするが、最終的には委員会が、論文の性格、ページ数、著者の重複性等を総合的に考慮して決定する。

4.5 出版部数および経費: 彙報および紀要の出版部数は委員会において定める。経理責任講座が負担しなければならない費用は以下のとおりである。

- 1) 別刷に要する経費
- 2) 規定のページ数を超えた場合、超過ページ分についての印刷経費
- 3) 図（写真）がカラー印刷の場合、モノクローム印刷の印刷経費に対する超過分
- 4) その他、印刷工程において通常の論文より特別な経費を要した場合、その経費

昭和29年 5月25日初版
昭和34年 11月30日改訂
昭和46年 12月25日改訂
昭和58年 2月23日改訂
平成3年 1月22日改訂
平成6年 10月31日改訂
平成13年 7月27日改訂

投稿の手引き

原稿

原稿は図、写真、表を含め、すべて A4 サイズの用紙を使用し、横書きとする。本文、表、要旨は、ワードプロセッサを使用して、12ポイント1ページ25行程度で明瞭に印刷したものとする。

字体の指定

原稿中の特殊な字体（文字飾り）は、イタリック体の場合は一重アンダーライン、スモールキャピタル体の場合は二重アンダーライン、ボールド体の場合は波線アンダーラインによって指定する。原稿はイタリックやボールドで印刷された字体を含んでもよいが、その場合でもアンダーラインによる指定は行う。また、ギリシャ文字、特殊な記号、上付きあるいは下付き文字など間違えやすい文字は、その旨明瞭に指定する。なお、これらの指定はオリジナル原稿1部に朱書するものとし、コピー原稿はこれを複写したものとする。

構成

和文表題（英文の場合は不要）、和文著者名（英文の場合は不要）、英文表題、英文著者名、表題・著者に関する脚注を1ページに、英文要旨とキーワードは2ページに記載し、本文は3ページからはじめる。本文の後、図説明文を付ける。1枚目（表紙）から、末尾の図説明文まで一連のページ番号を付ける。

表題

英文の主表題は、接続詞、冠詞および前置詞以外は、首字のみ大文字、その他は小文字とする。副表題は、題名の最初の語の首字のみ大文字、その他は固有名詞以外は小文字とする。また、表題は open system（最後にピリオドを付けない）とする。表題の字体はゴシックとする。なお、学名が表題中にあるときは、首字のみイタリック・キャピタルで、その他はスモール・イタリック、命名者は首字のみ普通大文字で、その他は小文字とする。

著者名

英文の著者名は、名前は首字のみキャピタル、姓は首字のみキャピタル、その他はスモールキャピタルとする。著者が2人の場合は「and」で、3人の場合は「,」でつなぎ、最後は「and」でつなぎ。和文はすべて「・」でつなぎ。各著者の所属は脚注に書く。

【著者名の例1】英文論文の場合

Gerald F. QUINTINO^{1),2)}, Akihiro TAKEMURA¹⁾ and Akira GOMI³⁾

【所属名（脚注）の例1】

¹⁾ *Laboratory of Comparative Physiology, Graduate School of Fisheries Sciences, Hokkaido University*
(北海道大学大学院水産科学研究科生命機能学講座)

²⁾ *Present address: Aquaculture Department, Southeast Asian Fisheries Development Center, Tigbauan, Iloilo 5021, Philippines*

³⁾ *Laboratory of Marine Biodiversity, Graduate School of Fisheries Sciences, Hokkaido University*
(北海道大学大学院水産科学研究科多様性生物学講座)

【著者名の例2】和文論文の場合

布田 彰彦¹⁾・原 博敏²⁾・山崎 晃¹⁾

【所属名（脚注）の例2】

¹⁾ 北海道大学大学院水産科学研究科生命機能学講座
(*Laboratory of Comparative Physiology, Graduate School of Fisheries Sciences, Hokkaido University*)

²⁾ 北海道大学大学院水産科学研究科多様性生物学講座
(*Laboratory of Marine Biodiversity, Graduate School of Fisheries Sciences, Hokkaido University*)

英文要旨およびキーワード

英文要旨 (Abstract) は、200語以内の長さにすることが望ましい。キーワードは英語で3~10個(1個は3語以内)を選定する。前置詞・冠詞は含めない。また、キーワードを構成する各語はすべて最初の文字を大文字、他は小文字とする。また、最後の語は単数形の名詞とする。

【キーワード例】

World revision, Zoogeography, *Oncorhynchus keta*, *Salvelinus*

本文の体裁

- (1) 文中の句読点は「。」および「,」を使用する。
- (2) 本文の区分けは、大・中・小見出しを使用して明確にする。いずれの見出しのあとも、それに続く文章は行を変え、1コマあける。
大見出し：ゴシックで行の中央に書く。番号はつけない。
中見出し、小見出し：1コマあけて左端に書く。和文はゴシック、英文はイタリックボールドとし、原則として番号はつけない。番号をつける必要のあるときは、アラビア数字とし、ピリオドをつける。
- (3) 動植物学名の属と種はイタリック (subsp., var. などの字はイタリックにしない) とする。
- (4) 英文の人名は首字のみ大文字、そのほかは普通小文字とする。
- (5) 和文中、動植物普通名 (和名)、そのほか特殊の語は

カタカナで書く。

- (6) 英文中の日本語、ラテン語は“ ”で囲むか、イタリック体とする。ただし、i.e., e.g., etc., viz., et al. などの普通に用いられるものは普通文字とし、イタリックにしない。
- (7) 物理量を表す記号にはイタリック体を用いる。ベクトル量の記号はボールドのイタリック体を用いる。

単位

数量の単位は SI 単位を原則とする。

数式

式番号は各式の右端に (1), (2) ……のように通し番号をつける。

図および表の引用

図および表は和文論文中においてもそれぞれ Fig. 1, Table 1 のように引用する。

文献の引用

文中で文献を引用するときは下記による。

【文献引用の例 1】著者が 1 名の場合

………ことが報告されている (田中, 1992; 吉田, 1993).
………have been reported (Tanaka, 1992; Yoshida, 1993).
田中 (1992), 吉田 (1993) によれば………
According to Tanaka (1992) and Yoshida (1993),………

【文献引用の例 2】著者が 2 名の場合

………ことが報告されている (荒井・井上, 1992).
………have been reported (Arai and Inoue, 1992).
荒井・井上 (1992) によれば………
According to Arai and Inoue (1992),………

【文献引用の例 3】著者名が 3 名以上の場合

………ことが報告されている (上野ら, 1993).
………have been reported (Ueno et al., 1993).
上野ら (1993) によれば………
According to Ueno et al. (1993),………

脚注

脚注が必要なときは、関係する本文中の語に上付きで 1), 2), ……を付し、同じ原稿用紙の下段に朱線で区切り、「脚注」と朱書してその説明を書く。脚注は多用せず最小限にとどめる。

図

図は A4 版の白紙を使用し、1 枚に 1 図ずつ描く。各図の右下すみに著者名、図番号、希望縮尺を記入する。縮尺は 1/2~1/3 が望ましい。線の太さ、文字の大きさ、目盛りのつけ方等については十分配慮し、希望縮尺で縮小コピーをしてみて、結果が明瞭であることを確認すること。図番号

は英文・和文いずれの論文中においても Fig. 1, Fig. 2… のように表す。

写真

写真は図として取り扱い、番号も図と同じ通し番号を使用する。写真は白い台紙に貼り付け、はがれないよう注意する。1 つの図に複数の写真などを含む場合は、それぞれの写真などの左上に (a), (b)… と記入し、テキスト中では Fig. 1 (a) のように引用する。プレートは用いない方が望ましい。カラー写真は経理責任講座の費用負担において受付ける。

表

表は A4 版の白紙を使用し、1 枚に 1 つずつワードプロセッサで印刷したものとする。表題も含めすべて英文とし、各表の右下すみに著者名を入れる。ケイ線の使用は最小限とし、特にタテケイ線は原則として使用しない。表説明文は closed system とする。図、表の挿入希望位置を本文の右欄外に指定する。

参考文献

参考文献のリストは本文の最後に一括して記載する。文献は番号をつけず、著者姓のアルファベットと発表年の順に並べる。同一著者の場合でも著者名は文献ごとに書く。リストの文献の表し方は次のようにする。

① 通常の雑誌の場合

著者名 (発行年) 論文表題. 誌名 (イタリック体), 巻 (号は省略, ボールド体), 通巻ページ.

② 巻がない雑誌の場合

著者名 (発行年) 論文表題. 誌名 (イタリック体), (号) (カッコを付け, ボールド体), ページ.

【参考文献リストの例】

Okamoto, H. (1990) Notes on the demersal fishes from Hakodate, Hokkaido. *Japan. J. Ichthyol.*, **37**, 123-128.
Maisey, J.G. (1986) Anatomical revision of the fossil shark *Hybodus fraasi* (Chondrichthyes: Elasmobranchii). *Amer. Mus. Nov.*, (2857), 1-16.

Iwata, M., Komatsu, S., Collie, N.L., Nishioka, R.S. and Bern, H.A. (1987a) Ocular cataract and incomplete seawater adaptation in salmonids. *Aquaculture*, **66**, 315-317.

Iwata, M., Nishioka, R.S. and Bern, H.A. (1987b) Whole animal transepithelial potential (TEP) of coho salmon during the parr-smolt transformation and effects of thyroxine, prolactin and hypophysectomy. *Fish Physiol. Biochem.*, **3**, 25-38.

朴 容石・桜井泰憲・向井 徹・飯田浩二・佐野典達 (1994) 飼育下におけるスケトウダラの繁殖行動に伴う鳴音. 日水誌, **60**, 467-472.

高野和寛 (1992) マナマコ人工種苗生産技術について.

育てる漁業, (233), 1-10.

③ 論文集の場合

著者名(発行年) 論文表題, 掲載ページ, 論文集編者名, 論文集表題(イタリック体), 発行機関, 発行地. の順に下例のように書く。

【参考文献リストの例】

Eastman, S. and Jones, J. (1993) The deep-sea benthic ichthyofauna from the continental shelf of Japan. pp. 215-219, Westman, T. and Jackson, S. (eds), *Zoogeography of deepsea fishes*, Smithsonian Press, Washington, D.C.

内海富士雄 (1965) ワレカラ科. pp. 578-581, 岡田要・内田清之助・内田亨 (編), 新日本動物図鑑, 北隆館, 東京.

④ 単行本の場合

著者名(発行年) 書名(イタリック体), 出版社, 発行地. の順に下例のように書く。

【参考文献リストの例】

Maruyama, M. (1994) *Fishes of the north Pacific* (in Japanese). Hokuryukan, Hakodate.

農林統計協会 (1999) 図説漁業白書 (平成 10 年度版). 農林統計協会, 東京.

図説明文

図説明文は和文論文においても英文とし, 一括して図番号順にタイプ打ちしたものを付す。

【図説明文の例】

Figure Captions

Fig. 1. Map of Funka Bay and offshore, showing localities and contours of depth(m).

Fig. 2. Distribution of sea bottom sediments in Funka Bay and offshore.

○: data from this study,

●: data from Hydrographic Department, Maritime Safety Agency, Japan(1981).

提出にあたって

編集出版委員会から所定の表紙(別紙様式)を受け取り, 必要な事項を記入した後, これを貼り付けた封筒にオリジナル原稿 1 部およびコピー 2 部を入れ, 委員会に提出する。

柱文用略題

表紙に記入する柱文用略題は著者姓を含めて英文 62 字, 和文 30 字以内とする。著者が 2 人のときは, 英文は「&」で, 和文は「・」でつなぎ, 3 人以上のときは, 英文では YOSHIDA et al., 和文では斎藤ら, のように 2 人目以下は略す。英文表題の略題は最初の文字および固有名詞の首字のみキャピタルとする。ピリオドはつけない。

【英文論文用柱文略題の例】

KOMAI & AMAOKA: Decapod crustacean from the Okhotsk coast

【和文論文用柱文略題の例】

布田ら: サクラマス血清の免疫グロブリン精製および定量

フロッピーディスク原稿の提出

添付するフロッピーディスクは, 受理済みの最終原稿と一致したものとする。フロッピーディスクは 3.5 インチで, MS-DOS あるいは Apple Macintosh フォーマットとする。フロッピーディスクのラベルには, 連絡者氏名, 原稿の表題, ファイル名および原稿作成に使用したソフトウェアを明記する。提出するフロッピーディスクは必ずバックアップコピーをとり, 印刷終了時まで著者の手元に保管しておくこと。

校正

校正は二校まで著者が行う。校正の記号は日本工業規格印刷校正記号 (JIS Z 8208-1965) により, 朱書する。校正は誤植を訂正するのが目的であるから, 字体や字句の改変などは避ける。