

南太平洋における外洋表層性魚類の生物地理学的研究,
特にアロツナス *Allothunnus fallai* の生態的役割について

谷津明彦*

Zoogeography of the Epipelagic Fishes in the South Pacific Ocean
and the Pacific Sector of the Subantarctic, with Special Reference
to the Ecological Role of Slender Tuna, *Allothunnus fallai*

Akihiko YATSU

Abstract

Geographic distributions and seasonal migration of epipelagic fishes were described on the basis of 1,254 driftnet fishing operations in the South Pacific Ocean and its adjacent waters during 1982-90. Subtropical, Transitional and Subantarctic Regions were recognized from species compositions in the catches. Analyses of stomach contents and gonad conditions of *Allothunnus fallai*, the most dominant species in the catches, revealed that this species is a planktivore which migrates between subtropical spawning area in austral winter-spring and subantarctic feeding grounds in summer-autumn. Bipolar distributions of major epipelagic nekton and their stomach contents suggest that *A. fallai* and Pacific salmon (*Oncorhynchus nerka*, *O. gorbuscha* and possibly *O. keta*) have similar ecological role in the South and North Pacific subpolar waters, respectively.

Key words: slender tuna, salmon, distribution, ecology, driftnet

Summary

1. Background and objectives

Prior to the late 1960's, the Central Water of the South Pacific was regarded biologically as the oceanic equivalent of *terra incongnita*. In contrast, the equatorial and coastal areas of the South Pacific and the Pacific sector of the subantarctic waters were considered to be productive areas on the basis of ¹⁴C uptake, chlorophyll-a and zooplankton distributions. This view was supported by the annual catches of more than one million metric tons of the Peruvian jack mackerel, *Trachurus murphyi*, in the Peru Current and subantarctic waters of the South Pacific during the 1970's and 1980's.

1994年12月1日受理 遠洋水産研究所業績 第315号

* 遠洋水産研究所 (National Reserach Institute of Far Seas Fisheries; 7-1, Orido 5-Chome, Shimizu-shi, SHIZUOKA, 424 Japan)

The slender tuna, *Allothunnus fallai*, being monotypic, is almost confined to the southern hemisphere. Stomach contents of limited specimens of slender tuna ever collected from coastal and subtropical waters contained mainly crustacean macrozooplankton and small fishes and squids. These data, together with well-developed gill rakers and with very rare catches of this species by the Japanese tuna long-line fishery, were considered to support the view that slender tuna is a planktivore. On the basis of the feeding habits and the extensive occurrences of larvae in the subtropical waters, potential of slender tuna as fishery resources had been discussed.

Driftnet fishing has recently been criticized because of the poor gear selectivity. This in turn implies that driftnets are useful in studying community structures of the epipelagic nekton. The recent experimental driftnet fishing by the Japan Marine Fishery Resources Research Center (JAMARC) in the South Pacific and its adjacent waters from 1982 to 1990 revealed that slender tuna is very abundant not only in the subantarctic but also in the subtropical waters. Other South Pacific oceanic fishes taken by the driftnets have usually their closely-related species or counterparts in the North Pacific, e. g., porbeagle (*Lamna nasus*-*L. ditropis*), pomfret (*Brama brama*-*B. japonica*), pelagic armorhead (*Pseudopentaceros richardsoni*-*P. wheeleri*) or the world-wide distributions, e. g., blue shark (*Prionace glauca*) and albacore (*Thunnus alalunga*). Abundance of these species in the catches and analogy of species compositions between North and South Pacific except for the lack of the North Pacific congeners of slender tuna and butterfly tuna, *Gasterochisma melampus*, pose a question on the role of these tunas in the pelagic ecosystems.

The present study aimed to elucidate distributions of epipelagic nekton, zoogeographic regions and their community structure in the South Pacific and its adjacent waters and to discuss the ecological role of slender tuna.

2. Materials and methods

The data used are driftnet catch and oceanographic records obtained from the 1,254 experimental fishing operations by JAMARC's research vessels from August 1982 to March 1990 in the South Pacific Ocean, Tasman Sea and the Pacific sector of the subantarctic Southern Ocean (10°-56°S, 74°W-154°E; Table 1, Appendix-Fig. 1). Oceanographic observations included color of the sea, Secchi disk depth and XBT casts down to 460 m. The total length of the driftnets deployed per operation was 14-32 km. Depth and mesh size of the nets were approximately 10 m and 104-216 mm, respectively. Catch in number and weight were recorded by species or species group. Gonad condition and stomach contents were examined on 2,257 specimens of slender tuna (463-896 mm fork length; FL) caught by the driftnets from high seas of the South Pacific (20°-54°S, 74°-154°W) from 1985 to 1987. Stomach contents of 200 specimens of large predatory sharks, swordfish, marlins and butterfly tuna and FL compositions of 19,779 individuals of slender tuna were also obtained from the 132 fishing operations in the same area and period.

3. Oceanographic features and distribution of major species

Secchi disk depth (transparency), color of the sea and temperatures at surface and 100 m depth were summarized by two month interval and by 2x10 degree block of latitude and longitude (Figs.

2-6). The synoptic overview of oceanographic features are: (1) the Tasman Sea and the South Pacific are distinct although the research period is confined to October-January in the former area, (2) clear latitudinal zonation in the South Pacific including subantarctic waters and excluding the neritic areas east off New Zealand and west off Chile, (3) subtropical waters west of about 150°W indicated more greenish color and lower transparency than the eastern subtropical waters. On the basis of the present observations and existing literature, the Subantarctic Water, Western Central Water and Eastern Central Water were recognized in the study area.

Total catch of major species in 1,254 fishing operations, where 607,941 tans (standardized at 50 m long net panel) were used, comprised of 573,506 individuals of slender tuna, 465,132 pomfret, 77,525 albacore, 33,509 skipjack tuna and 13,045 blue shark (Table 5).

Fishing effort (numbers in tans) and catch-per-unit-effort (CPUE, number of fish per a tan) of 11 major species or species groups were summarized by two month interval and by 2x10 degree block of latitude and longitude (Figs. 8-19). CPUE of 34 dominant species or species groups were summarized by 2x10 degree block (Fig. 20-53). Three geographic distribution patterns were recognized: (1) distribution of extensive range with high CPUEs in the Tasman Sea and in the western South Pacific (albacore and skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis*), (2) distribution limited to east off New Zealand and off Chile (*Polyprion* spp. and the Nomeidae), (3) zonal distribution at certain latitudes of the South Pacific Ocean including the subantarctic waters (all other groups). Relationships between CPUE and sea surface temperatures (SST) were also examined by two month interval for the 11 major species (Figs. 54-65). Concentrations of slender tuna, indicated by high CPUE, were observed in the subtropical area (SST 16-23°C) in austral winter and spring, and were shifted to the subantarctic area (SST 5-13°C) in summer and autumn. *Lamna nasus*, *Isurus oxyrinchus* and *Brama* spp. (most probably *Brama brama* and *B. australis*) also indicated similar seasonal migration although the latitudinal range was less pronounced than in slender tuna.

4. Community structure of epipelagic nekton

To detect the zoogeographic regions, two different analyses were carried out: (1) comparison of latitudinal variations of CPUE and temperature structures along four series of consecutive drifnet fishing at limited meridians and (2) cluster analysis of CPUE data summarized by two month interval and by 4x10 degree block of latitude and longitude for the entire season.

Latitudinal variations of species community and water temperature structures were examined at meridians 120°W (15°-40°S, November, 1985), 125°W (36°-48°S, December, 1985), 140°W (45°-54°S, February, 1986) and 163°W (34°-54°S, January-February, 1983). Based on the water temperature structures, the Subtropical Front (STF) and Subantarctic Front (SAF) were detected at around 40° S and 53°S, respectively (Figs. 67-70) irrespective of the season. The distributions and abundance (CPUE) of nekton were closely associated with these fronts. The STF was considered to be a region of convergence with a width of 2-3 degrees of latitudes, where distributions of subtropical and subantarctic species overlap, hence STF zone are ecotone of epipelagic nekton, indicating higher species diversity than in the neighboring areas (see below). The subtropical waters had higher diversity of species and lower CPUE (all species combined) than in the subantarctic waters,

with an exception of latitudes around 30°S in austral spring, where the dominance of slender tuna (99% in number) recorded high CPUE and low species diversity. Species diversity was higher in lower latitudes especially north of 21°S and CPUE indicated the inverse trend.

On the basis of dissimilarity-index-matrix calculated from CPUE of major 23 species by 4x10 degree block of latitude and longitude, hierarchy structure of the blocks were determined using a cluster analysis by two month interval. In every period, the research area in the South Pacific consisted of three major clusters or zoogeographic regions: (1) zonal area at around 40°S latitude (Transitional Region), (2) Subtropical Region and, (3) Subantarctic Region (Fig. 71); which were distinguished from remaining Tropical Region surveyed only during October and November. The Tasman Sea was distinguished from the South Pacific during October and November, but was clustered with the Transitional Region of the South Pacific during December and January.

The species diversity, indexed by Simpson's λ^{-1} or Shannon-Weaver's H' , was generally highest in the Transitional Region followed by the Subtropical Region, and that of the Subantarctic Region was the lowest (Table 6). The species diversity in the Tropical Region was higher than that of the Transitional Region though the research period was limited. In austral spring, species diversity of the Subtropical Region was lower than other seasons owing to the dominance of slender tuna. Within the Transitional Region, species diversity was higher in waters near land masses throughout the season, this could have been caused from the smaller difference in CPUE among species examined.

Based on the analysis of the relationships between order of species and CPUE within geographic regions, seasonal variations of the community structure were found to be strongly affected by the migrations of five dominant fishes: slender tuna, pomfrets, albacore, skipjack tuna and blue shark.

5. Ecological features of slender tuna

The fork length (FL) of slender tuna ranged from 48 to 89 cm and smaller fish less than 66 cm were rare (Figs. 77-82). Males and females had uni-modal FL compositions with a mode at about 71-72 cm and at 75-77 cm, respectively. Geographic and seasonal variations in the FL composition were minimum except for waters near land masses, where available data in summer and winter indicated broader FL range than in the high seas.

The stomachs of slender tuna were almost empty and gonad conditions were mostly mature or maturing in subtropical waters and the Peru Current area north of 31°S during October through December (Table 7, Fig. 84), thus these areas were considered to be their spawning grounds. From November to February, feeding grounds were located in subantarctic waters and the Peru Current area south of 38°S, where slender tuna were usually immature or spent and they preyed mainly upon euphausiids, squids, copepods, young myctophid fishes and amphipods. The dominant species in the diets were *Euphausia vallentini*, *E. lucens*, *Thysanoessa gregaria* and *Neocalanus tonsus* throughout the subantarctic waters (Table 8). Juveniles of a squid, *Martialia hyadesi*, dominated in the Southeast Pacific and *Moroteuthis* spp. were common in the subantarctic waters of the central South Pacific. Hyperiid amphipods, *Primno macropa* and *Themisto gaudichaudii*, were common but

gravimetrically much less important in the diet. Adult slender tuna were preyed upon by *Isurus oxyrinchus*, *Prionace glauca*, *Xiphias gladius* and *Makaira mazara* in subtropical waters, but not so in subantarctic waters (Table 11). Slender tuna is a highly migratory species, with a life-style adapted to the seasonally fluctuating biomass of crustacean zooplankton in subantarctic epipelagic waters (Fig. 87).

6. Discussion

Geographic distribution patterns of epipelagic nektonic species were found to be basically similar to those of plankton except for the Transitional Region. Although the Transitional Region hosts a number of endemic plankton species, this area is considered to be a ecotone for nekton.

There is no holoeipelagic nekton confined to the polar epipelagic waters, i.e., epipelagic nekton distributed in the polar and subpolar waters during summer and autumn include a large amount of migrants from the subtropical area. The reason of this migration can probably be attributed to the seasonal variation of food availability in the polar waters, which is in turn the results of ontogenetic and seasonal vertical migration of macrozooplankton, particularly copepods.

Like slender tuna, the Peruvian jack mackerel (*Trachurus murphyi*) is a planktivore distributed in the pelagic South Pacific where they migrate between subtropical and subantarctic waters. One of the most important common prey for slender tuna, jack mackerel and sei whales in the subantarctic is a copepod, *Neocalanus tonsus*. The major food of sei whales in the subarctic Pacific and California jack mackerel (*Trachurus symmetricus*; sister species of *T. murphyi*) is *Neocalanus plumchurus*, which is in turn the closest species of *N. tonsus* in terms of morphology, ecology and lipid composition. *Neocalanus plumchurus* is also one of the important prey for some of the Pacific salmon (*Oncorhynchus nerka*, *O. gorbuscha* and probably *O. keta*), which are the dominant epipelagic nekton in the subarctic Pacific.

Bipolar distributions of sei whales, pelagic jack mackerels and two species of *Neocalanus*, feeding habits and dominance of slender tuna and the above three species of the Pacific salmon suggest that slender tuna and these salmon share similar ecological role in subpolar epipelagic ecosystems of the Pacific Ocean.

Butterfly tuna is also endemic to the southern hemisphere and preys upon squids and fishes, especially jack mackerel (Table 11). Since these preys are intensively consumed by *Oncorhynchus kisutch* and *O. tshawytscha* in the North Pacific, they may be the ecological counterpart of butterfly tuna.

7. Conclusions

Slender tuna is one of the most dominant nekton in the epipelagic waters of the South Pacific, the Tasman Sea and the Pacific sector of the subantarctic. As a planktivore, this species is ecologically adapted to the seasonally fluctuating biomass of crustacean zooplankton in the subantarctic area. In the subarctic Pacific, *Oncorhynchus nerka*, *O. gorbuscha* and probably *O. keta* have similar ecological role as slender tuna does in the subantarctic waters, likewise butterfly tuna and *O. kisutch* and *O. tshawytscha*. Thus, the two scombrids and five Pacific salmon are consid-

ered to have independently occupied similar niche in the South and North Pacific subpolar areas, respectively, though they belong to phylogenetically different groups.

From the viewpoint of energy budgets in the ecosystems involved, slender tuna is considered to be a transporter of high production in the subantarctic to the subtropical waters where they spawn and are consumed by larger predators. The abundance of adult slender tuna in the subtropical area is, therefore, supported by the production in the subantarctic waters during austral summer and autumn. In this respect, the ecological role of slender tuna is quite different from the Pacific salmon.

目 次

序 論	8
第1章 資料と方法	
1.1 資料.....	10
1.2 研究方法.....	10
第2章 外洋表層性魚類の分布パターン	
2.1 海洋学的背景.....	18
2.2 各魚種の分布の特徴.....	28
2.3 考察.....	71
第3章 外洋表層性魚類の群集構造	
3.1 群集の南北変化と海洋構造の関係.....	85
3.2 群集の類型化.....	90
3.3 地理区間の群集構造の比較.....	92
3.4 群集構造の季節変化.....	103
3.5 考察.....	104
第4章 アロツナスの生態的役割	
4.1 アロツナスの体長組成.....	105
4.2 アロツナスの成熟状態.....	108
4.3 アロツナスの食性.....	110
4.4 アロツナスの被食.....	115
4.5 考察.....	117
第5章 総合考察	
5.1 外洋性ネクトンとプランクトンの分布.....	118
5.2 外洋表層性ネクトンの季節回遊.....	119
5.3 南北太平洋の生態的類似種.....	121
第6章 要約と結論	123
謝 辞	126
引用文献	127
付 表	134
付 図	139

序 論

外洋表層域 (epipelagic zone) には、単純であるが独特の魚類群集が形成されている (Parin, 1967)。外洋表層域の定義として、大陸棚から離れた海洋の有光層ないし透光層 (van der Spoel and Heyman, 1983) とも水温躍層以浅 (Parin, 1967) ともされている。前者によれば、外洋域の有光層 (euphotic zone) と透光層 (disphotic zone) の下限は各々約80mと約200mであり、水温躍層は10~250mの範囲で変動するとしている。van der Spoel and Heyman (1983) は表層の定義として透光層を採用するのが最も実際的であるとしながら、透光層のデータは少なく動物地理学的には水温が重要であるとして、熱帯から亜熱帯では15°Cの等水面より上層を“epipelagic”域、極前線以北では200m以浅を epipolar-pelagic 域、極前線と亜熱帯前線の間 (亜寒帯・亜南極域) の海域では同じく200m以浅を epiboreal 域と定義した。本研究では、van der Spoel and Heyman (1983) の“epipelagic”, epiboreal および epipolar-pelagic 域を総称して外洋表層 (epipelagic) と呼ぶこととする。

生活周期に基づくと、外洋表層性魚類は以下の2群に大別できる (Ekman (1953) および Parin (1967) を改変)。

(1) 全外洋表層性魚類 (holoepipelagic fishes)

外洋表層域で生活史の全部または大部分を過ごす。代表的なものにネズミザメ属、ヨシキリザメ、トビウオ科、サンマ科、カジキ類、マグロ属、シマガツオ科、マンボウ科などがある。

(2) 一時的な外洋表層性魚類 (meroepipelagic fishes)

生活史の一部を外洋表層域で過ごす。ニシン科、サケ科、ウナギ科、ヨコエソ科、ハダカイワシ科などがある。

外洋表層性魚類は種数も少なく生態的多様性も低い、それは外洋域の海洋学的安定性に起因するとされる (Parin, 1967)。外洋表層性魚類はプランクトン食性か大型動物食性のいずれかであるが、成魚でもプランクトンだけを食する魚類は、サンマ科、トビウオ科、マンボウ科などに過ぎず、大型動物食性魚の餌料選択性は低いといわれる (Parin, 1967)。

北太平洋の外洋表層性魚類・頭足類・ネクトンの生態学的研究は、主として流し網漁法により得られた標本により行なわれてきた (例えば、三島, 1981; 河野, 1987; Brodeur and Ware, 1992; Yatsu *et al.*, 1993)。これは、さけます漁業およびいか流し網漁業が、広範囲にわたったこと、混獲が多いこと、および産業上の重要性和密接に関連していた。流し網漁法は各種海洋生物を混獲するために批判を招いたが、このことは逆に、群集構造を知る上で優れた採集方法であるといえる。

かつて、南太平洋は基礎生産力が低く「海の砂漠」と考えられていた。なお、南太平洋とは、厳密な定義では赤道以南亜熱帯前線以北の太平洋であり、亜熱帯前線より南は南大洋 (Southern Ocean) であるが、本論では便宜的に南大洋の北部である亜南極域も南太平洋の一部として扱った。その後の調査研究により、動物プランクトン現存量は南太平洋中央水 (亜熱帯域) では著しく低いが、ニュージーランド東岸沖やペルー海流域は南極海に劣らないレベルであること (Reid, 1962; Knox, 1970)、40°~45°S の亜熱帯前線域では有光層におけるクロロフィル a と¹⁴C 取り込み速度が南極域に匹敵すること (El-Sayed, 1970) などが明らかとなった。さらに、1970年代中期から南東太平洋において中層トロール漁法により、旧ソ連や東欧諸国などが年間100万トン以上のチリマアジ資源を漁獲するに及び (Vinogradov *et al.*, 1990; Elizarov *et al.*, 1993)、南太平洋外洋域はもはや「海の砂漠」とは考えられなくなった。南極海は莫大なナンキョクオキアミの資源量とかつての捕鯨業から知られるように高い生産力を有し、

隣接する亜南極域もイワシクジラ漁場を支えた相当生産力の高い海域である (Kawamura, 1974)。亜南極域で鯨類以外に直接 2 次生産 (動物プランクトン) を利用する可能性のある生物として河村 (1971) はアロツナスの可能性を指摘した。

アロツナス属はサバ科に属し、アロツナス *Allothunnus fallai* Serventy, 1948 だけを含み、系統的にはマグロ族 (Thunnini) の一員とされる (Cressey *et al.*, 1983)。本種は南半球固有であり、北太平洋からは Los Angeles Harbor (カリフォルニア) から成魚の 1 例、およびパラオ周辺で漁獲されたバショウカジキの胃内容から得られた幼魚 1 尾が知られているに過ぎず、これらは迷いこみと思われる (森, 1972; Collette and Nauen, 1983)。海洋水産資源開発センター (Japan Marine Fishery Resources Research Center: JAMARC) が南太平洋において 1982~1990 年に行った表層流し網調査により、本種が南太平洋の亜熱帯域および亜南極域に極めて豊かに分布することが明らかとなった。南太平洋産の外洋性魚類の多くが北太平洋に同種または系統的近縁種 (カウンターパート) を有する。これらは南北太平洋において同様な生態的役割を演ずると考えられる。例を挙げれば、ニシネズミザメ (*Lamna nasus*) - ネズミザメ (*L. ditropis*)、ニシシマガツオ (*Brama brama*) - シマガツオ (*B. japonica*)、クサカリツボダイの 1 種 (*Pseudopentaceros richardsoni*) - クサカリツボダイ (*P. wheeleri*) などである。なお、ネクトンやプランクトンでは南太平洋産種が南北大西洋やインド洋にも分布する例が多く (谷津・中野, *in press*)、ニシシマガツオやニシネズミザメの和名も、大西洋での分布に由来したものと思われる。アロツナス属が基本的に北太平洋に分布しないことから、南太平洋外洋生態系におけるアロツナスの役割、および北太平洋における生態的類似種の有無が注目される。

アロツナスの食性は、従来、亜熱帯域ないし沿岸域から得られた少数の標本に基づき報告されていたに過ぎない (Olsen, 1962; Fitch and Craig, 1964; 森, 1967; Wolfe and Webb, 1975)。それらによると、胃内容物としては、オキアミ類、端脚類、小型魚類、イカ類、その他プランクトンおよびウミアメンボウ類 (*Halobates*) が見られた。このことは、発達した鰓耙により裏付けられる (Nakamura and Mori, 1966)。一方、内橋 (1970) は、アロツナスの脳髄に血囊体 (*succus vasculosus*) が見られないことと前・後小脳葉がよく発達することから、水深 100m 以浅の表層に限り分布すると推定した。これらの情報に加え、延縄での混獲が希であることにより、藁科・久田 (1972) はアロツナスが外洋表層性のプランクトン食性魚類であると結論を下した。南太平洋で海洋水産資源開発センターがアロツナス資源の開発に着手した際に、マグロ類の漁獲に普通は有効な延縄漁法を用いずに流し網漁法を採用したのは、このためである。

このように、南太平洋の亜南極域はチリマアジ、アロツナス、イワシクジラなど相当量の動物プランクトン食性を維持する、生産性の高い海域であることが近年明確になった。1 次消費者である動物プランクトンの研究もある程度進められたが (Vinogradov, 1968; Bary, 1970)、2 次消費者以上については、未だ分布すら十分に把握されていない例が多い。例えば、近年 FAO により出版された包括的図鑑 (Collette and Nauen, 1983; Roper *et al.*, 1984) でも、本海域での分布が疑問符付きで示される例が多い。

そこで、本研究では流し網の漁獲にもとづき南太平洋外洋表層域における魚類・頭足類ネクトンの分布、群集構造とその季節変化を明らかにするとともに、南太平洋外洋表層生態系の重要種であるアロツナスの生態的特徴の解明を目的とした。さらに、南北太平洋間で流し網漁獲と主要種の生態を比較し、南大洋固有種の生態系における役割を論じることとした。

McGowan (1974) は生物地理学の目的を以下の 6 項目にまとめた。すなわち、(1) 種の把握、(2) 種の分布パターンと密度の量的把握、(3) 分布パターン維持機構の解明、(4) 分布パターンの成立過程の

解明, (5) 群集 (community) の記載, (6) 生物群集-生態系の構成と機能の把握である。本論文は, 歴史的生物地理学的要素 (4) を除き, ほぼこれらの項目に沿って解析を展開する。

第1章 資料と方法

1.1 資料

(1) 流し網漁獲データおよび海洋観測データ

1982年8月～1990年3月にタスマン海および南太平洋で海洋水産資源開発センターが行なったアロツナス新資源開発調査, シマガツオ新資源開発調査, 流し網新漁場開発調査で得られた1,254回の流し網漁獲記録および同時に行われた海洋観測記録を用いた(表1)。さらに, これら流し網調査における漁獲組成との比較のため, 1978年～1983年に北太平洋で海洋水産資源開発センターが行ったシマガツオ新資源開発調査による1,056回の流し網漁獲記録を用いた(表1)。南太平洋での調査別年月別の操業位置を付図1に示した。

(2) 生物学的データ

上記調査のうち, 筆者が乗船した1985年9月～1987年2月の間に得られた, アロツナスの体長組成, 体長, 体重, 性, 生殖腺, 胃内容物およびアロツナスの潜在的捕食者である大型魚類の体長, 体重, 胃内容物の調査記録を用いた。

1.2 研究方法

(1) 海洋観測

流し網の投網開始前に, 天候, 風向, 風力, 気圧, 気温, 水色, 透明度, 水温の鉛直分布を記録した。水色はフォーレル水色計, 透明度はセッキー板を用いて測定した。海水用棒状温度計により表面水温を, また, 投棄式水温計 (XBT) により表面から約460mまでの水温を測定した。

(2) 流し網操業

表層性ネクトンの採集を表層流し網により行った。流し網の深さは約10m, 伸長した目合は104～216mmであったが, 流し網の網目選択性 (Yatsu and Watanabe, 1987) から見て尾叉長 (fork length: FL) 63～82cmのアロツナスに適した150～180mm目合が最も多用された(表2)。網地の材質はナイロン・マルチフィラメントが主体で, ナイロン・モノフィラメントおよびマルチストランドも若干使用された。1回の操業では, 通常14～32kmの流し網を夕刻から翌朝まで設置した。時化などにより使用反数は変動した。

操業は, あらかじめ設定した定線に沿って一定間隔で行った場合と, アロツナスやニシシマガツオなどの好漁が期待できる水域で集中的に行った場合があったが, 新資源開発および企業化という調査の目的上, 後者の比率が高かった。

(3) 漁獲の記録方法と標準化

漁獲試験記録項目は, 年月日, 月齢, 投網開始位置と時刻, 投網終了位置と時刻, 揚網開始位置と時刻, 揚網終了位置と時刻, 投網針路, 投網距離, 揚網方向, 投網反数, 有効反数, 流し網の漂移(方向と速度), 魚種別漁獲量であった。有効反数は, 棒巻き, 破網など正常に機能していなかった部分を投網

Table 1. Summary of oceanographic and fishing operations of driftnet surveys conducted by the Japan Marine Fishery Resources Research Center in the North and South Pacific, 1978-90.

Area and Survey	Year	Vessel	No. of XBT and driftnet operations	Period	Geographic Range		Source
					Latitude	Longitude	
South Pacific							
Allothunnus	82	Hoyo maru #12	67	24-Oct-82 24-Feb-83	23 ° - 55 °	177 ° E - 166 ° W	Makihara (1985)
	83	Shinhoyo maru	89	8-Oct-83 19-Feb-84	24 ° - 55 °	174 ° W - 120 ° W	Tokusa (1986)
	84	Shinhoyo maru	83	22-Sep-84 23-Feb-85	27 ° - 57 °	171 ° W - 100 ° W	Sugawara (1986)
	85	Shinhoyo maru	63	27-Oct-85 19-Feb-86	15 ° - 53 °	170 ° W - 114 ° W	Yatsu (1987)
	86	Shinhoyo maru	74	27-Oct-86 19-Feb-87	23 ° - 54 °	135 ° W - 74 ° W	Yatsu (1988)
Allothunnus & Pomfret	87	Ibaragi maru	94	23-Sep-87 2-Mar-88	29 ° - 53 °	174 ° W - 130 ° W	Kurose (1989)
	88	Ibaragi maru	107	16-Sep-88 2-Mar-89	28 ° - 54 °	175 ° W - 123 ° W	Mifune (1990)
	89	Ibaragi maru	91	3-Oct-89 4-Mar-90	29 ° - 54 °	172 ° W - 101 ° W	Mifune (1991)
Pomfret	84	Ibaragi maru	128	31-Jul-84 26-Feb-85	26 ° - 54 °	175 ° W - 130 ° W	Takahashi and Okubo (1987)
	85	Ibaragi maru	136	25-Aug-85 30-Apr-86	30 ° - 55 °	170 ° W - 130 ° W	Kakoi and Shirasawa (1988)
	86	Ibaragi maru	81	26-Oct-86 27-Feb-87	36 ° - 54 °	174 ° W - 163 ° W	Sawadaishi (1988)
Driftnet	87	Yozan maru	77	31-Oct-87 28-Feb-88	10 ° - 43 °	175 ° W - 120 ° W	Satani (1989)
	88	Yozan maru	89	23-Oct-88 24-Feb-89	20 ° - 50 °	150 ° E - 130 ° W	Hatanaka (1989)
	89	Shinhoyo maru	75	8-Nov-89 2-Mar-90	20 ° - 50 °	150 ° E - 130 ° W	Hatanaka (1991)
Total			1,254				
North Pacific							
Pomfret	78	Shinyo maru	146	5-Jun-78 7-Jan-79	30 ° - 47 °	150 ° E - 171 ° W	Kato and Machidori (1980)
	79	Shinyo maru	187	16-Apr-79 31-Jan-80	25 ° - 45 °	151 ° E - 143 ° W	Kato and Sato (1982)
	80	Shinyo maru	176	14-Apr-80 5-Mar-81	26 ° - 48 °	143 ° E - 124 ° W	Makihara and Sato (1983)
	81	Shinyo maru	184	22-Apr-81 7-Feb-82	25 ° - 48 °	169 ° E - 125 ° W	Makihara and Iizuka (1981)
	82	Shinyo maru	186	26-Apr-82 22-Feb-83	20 ° - 47 °	147 ° E - 123 ° W	Mito et al. (1985)
	83	Shinyo maru	177	30-Apr-83 15-Mar-84	30 ° - 46 °	150 ° E - 150 ° W	Takahashi and Nishioka (1986)
Total			1,056				

Table 2. Outline of gear specifications used in driftnet surveys conducted by the Japan Marine Fishery Resources Research Center in the North and South Pacific, 1978-90.

Area and Survey	Year	Vessel	Major gear (commercial net) ⁺			Other types of driftnet				
			Length (m) ⁺⁺	Mesh size (mm)	Tans per oper. [*]	Corkline depth (m)	Mesh material	Length (m) ⁺⁺	Mesh size (mm)	Tans per oper. [*]
South Pacific										
Allothunnus	82	Hoyo maru #12	36	182	400	0	Multistrand	34	180	300
	83	Shinhoyo maru	36	160-180	630	0	Monofilament	36	118	70
	84	Shinhoyo maru	36	150-180	700					
	85	Shinhoyo maru	36	150-180	600	0	Multifilament	36	104-216	100
	86	Shinhoyo maru	36	160	600	0	Multifilament	36	104-216	100
Allothunnus & Pomfret	87	Ibaragi maru	32	160, 180	800	10	Multifilament	32	180	100
	88	Ibaragi maru	32	160, 180	900	3	Multifilament	32	180	100
	89	Ibaragi maru	32	160, 180	1000	1	Multifilament	32	180	100
Pomfret	84	Ibaragi maru	32	150, 160	600	0	Multifilament	32	73-160	80
	85	Ibaragi maru	32	150-180	800	0	Multifilament	32	73-180	100
	86	Ibaragi maru	32	160-200	700					
Driftnet	87	Yozan maru	36	160, 180	700	0	Multifilament	36	95-350	200
	88	Yozan maru	36	160, 180	750	0	Multistrand	36	160, 180	144
	89	Shinhoyo maru	36	178	900	2	Multistrand	36	178	100
North Pacific										
Pomfret	78	Shinyo maru	32	160-180	800	0	Monofilament	32	118, 160	100
	79	Shinyo maru	32	170-180	800	0	Monofilament	32	118, 170	100
	80	Shinyo maru	32	130-250	800	0	Monofilament	32	118, 160, 170	100
	81	Shinyo maru	32	150-200	900					
	82	Shinyo maru	32	150-180	900					
	83	Shinyo maru	32	150-170	900					

⁺ multifilament or monofilament (1989 Driftnet survey) net of about 10 m deep

⁺⁺ corkline length of a panel or tan

^{*} usual number of tans deployed per operation

反数から除いた値である。使用した1反の長さ(上棚網付け長)は32または36mであったため、本研究では1反を50mに標準化した。

流し網の漁獲物は、デッキに揚げられた全数を魚種別目合別に記録した。大型魚類で船上に収容不可能な場合には、人為的に網から船外へ投棄したのもあったが、これらも漁獲尾数に含めた。すなわち、漁獲尾数は自然に脱落したものを除く全羅網数である。魚種は原則的に表3に示す主要種リストに基づき記録した。このリストは、海洋水産資源開発センターが文献などにに基づき予想した多獲魚種を調査開始前に定めたものである。主要出現種および希種の標本写真を図1に示す。魚種の査定に経験の深い調査員が乗船した場合は、下位の分類群にまで査定を行った(表4)。漁獲重量は、多獲された魚種ではサブサンプルによる平均体重に総漁獲尾数を乗じて推定し、少量の漁獲は全数を測定した。ただし、大型サメ類の場合は体長のみを測定し、既に知られている体長-体重関係により漁獲重量を推定して求めた。

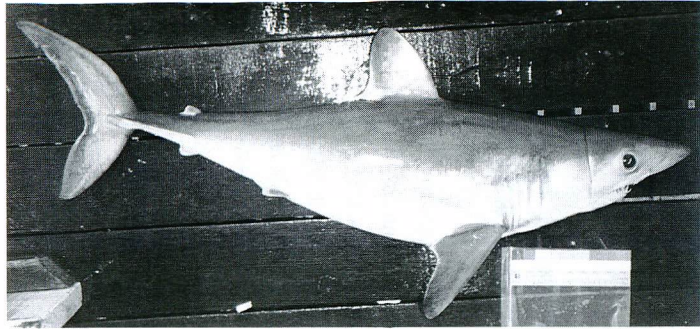
単位努力量当たり漁獲尾数は、1回の操業における漁獲尾数を流し網の有効反数(1反の長さを50mに標準化)1,000反で除した値(尾数CPUE)とした。漁獲重量を同様に計算して重量CPUEとした。単にCPUEと記す場合は尾数CPUEを意味する。

流し網の漁獲は、一般に網目選択性(梨本, 1979)や浸漬時刻や浸漬時間(Yatsu *et al.*, in press)の影響を受けることが知られている。本研究で使用した流し網は、目合150~180mmが主体であること、1夜の浸漬時刻や時間も操業間であまり変動しないことから、個々の魚種のCPUEにはこれらの影響は無視できると仮定した。しかし、同一目合に対しては魚種により、魚体の大きさにより羅網効率が異なるため、ある水域の魚類などの群集組成を知るためには、流し網全体として選択性を除去するように10種以上の目合を組み合わせた非選択性流し網(高木, 1975)を使用することが適切である。従って、本研究におけるネクトン(魚類および頭足類)群集とは、厳密には表層10m以浅における目合150~180mmの網目に最も羅網し易い種および体長を中心としたものである。それにもかかわらず、今回用いたデータは、情報の少ない南太平洋において広範囲かつ商業的漁業に準ずる相当量の漁獲努力が払われた点で、Yatsu *et al.* (1993)が北太平洋の流し網漁獲の研究で指摘したように、重要なものである。

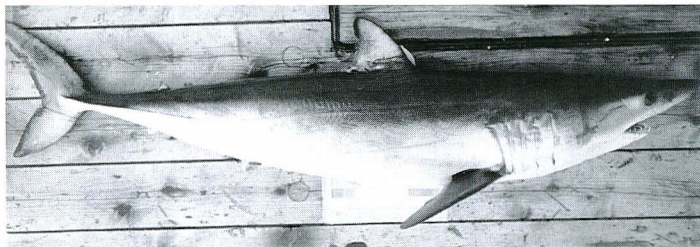
Table 3. List of major species taken by drift-nets in the South Pacific. Catches were recorded by species or higher groups (1-23). Other species are listed in Table 4.

Code	Japanese name	Scientific name
1	オナガザメ属	<i>Alopias</i> spp.
2	ニシネズミザメ	<i>Lamna nasus</i>
3	アオザメ	<i>Isurus oxyrinchus</i>
4	ヨシキリザメ	<i>Prionace glauca</i>
5	シュモクザメ属	<i>Sphyrna</i> spp.
6	ブリ属	<i>Seriola</i> spp.
7	マアジ属	<i>Trachurus</i> spp.
	チリマアジ	<i>T. murphyi</i>
8	シイラ属	<i>Coryphaena</i> spp.
	シイラ	<i>C. hippus</i>
	エビスシイラ	<i>C. equiselis</i>
9	ニシシマガツオ	<i>Brama brama</i> + <i>B. sp.*</i>
10	ガストロ	<i>Gasterochisma melampus</i>
11	アロツナス	<i>Allothunnus fallai</i>
12	カマスサワラ	<i>Acanthocybium solandri</i>
13	カツオ	<i>Katsuwonus pelamis</i>
14	ビンナガ	<i>Thunnus alalunga</i>
15	キハダ	<i>Thunnus albacares</i>
16	ミナミマグロ	<i>Thunnus maccoyii</i>
17	メバチ	<i>Thunnus obesus</i>
18	メカジキ	<i>Xiphias gladius</i>
19	クロカジキ	<i>Makaira mazara</i>
20	フウライカジキ	<i>Tetrapturus angustirostris</i>
21	マカジキ	<i>Tetrapturus audax</i>
22	イボダイ科	Centrolophidae
	クロナガメダイ	<i>Centralophus niger</i>
		<i>Icichthys australis</i>
	ミナミナガメダイ属	<i>Schedophilus</i> sp.
23	アカイカ	<i>Onmastrephes bartrami</i>

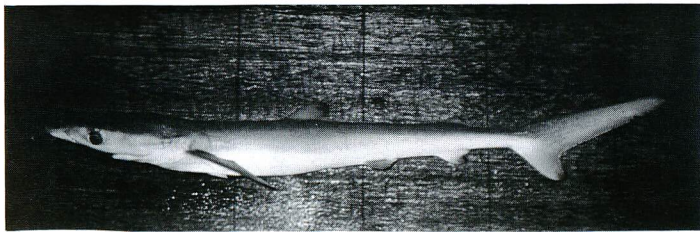
**マナハツオ*? *B. australis*



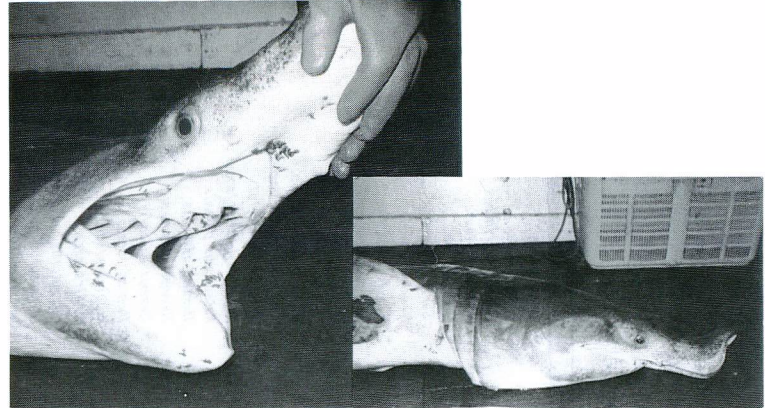
ニシネズミザメ *Lamna nasus*



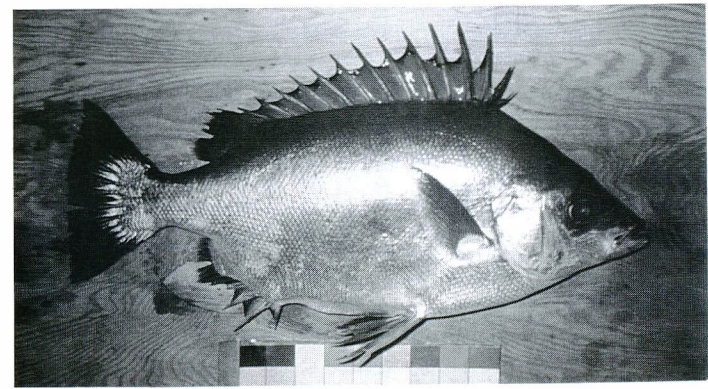
アオザメ *Isurus oxyrinchus*



ヨシキリザメ *Prionace glauca*

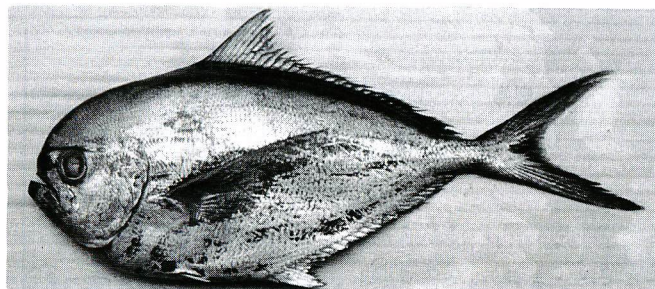


ウバザメ *Cetorhinus maximus* (291cm TL)

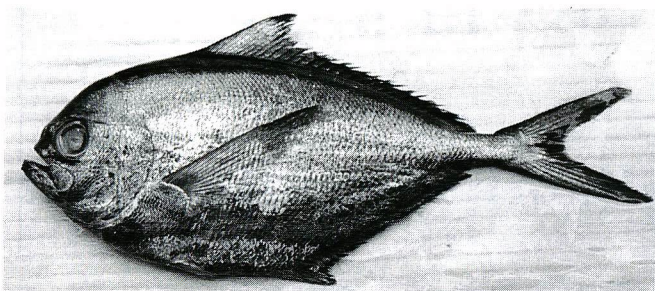


クサカリツボダイの1種 *Pseudopentaceros richardsoni*

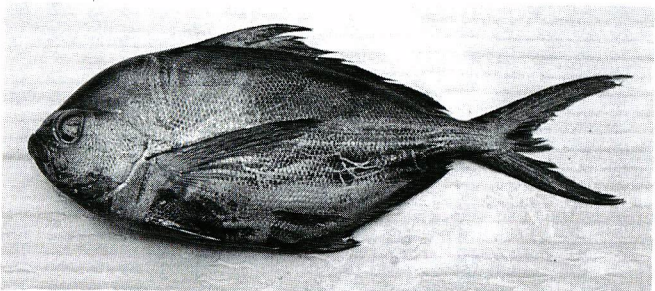
Fig. 1. Selected fish species caught by driftnets from the South Pacific.



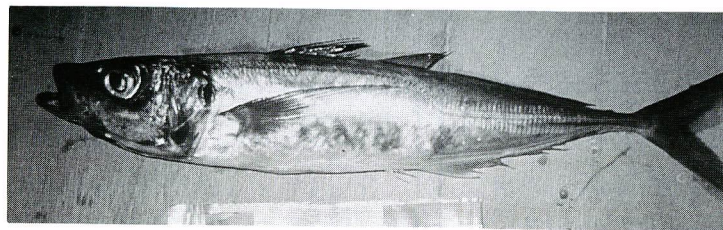
ニシシマガツオ *Brama brama*



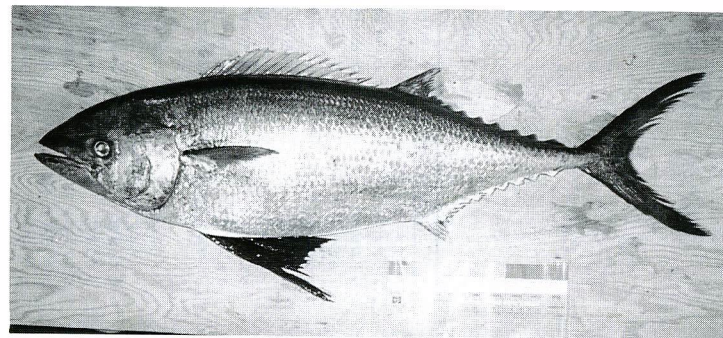
マルオシマガツオ *Brama* sp. (= ? *B. australis*)



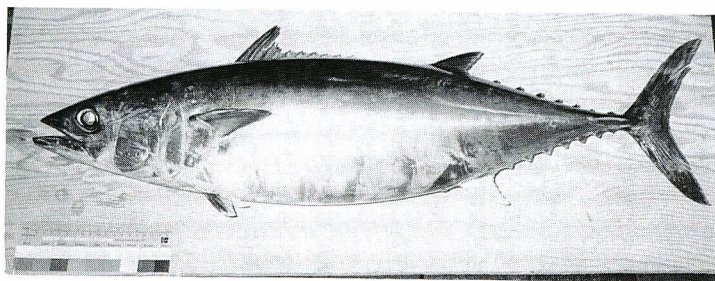
オニシマガツオ *Xenobrama microlepis*



チリマアジ *Trachurus murphyi*



ガストロ *Gasterochisma melampus*



アロツナス *Allothunnus fallai*

Fig. 1. Continued.

(4) アロツナスの体長組成

1985年9月～1987年2月の操業のうち、アロツナスが漁獲された132回の操業（20°～54°S, 74°～150°W）においてアロツナスの体長組成を測定した。各操業において、目合104, 125, 150, 180, 216mm各20反から成る試験網では、原則的に全数、他の目合（150, 160, 180mm）では、各目合100尾を無作為に漁獲物から抽出し、体長穿孔カードにより尾叉長を1 cm単位で記録した。これら以外に特に小型の個体が採集された場合にも測定を行った。測定数は総計19,779個体であった。

(5) アロツナスの生物学的調査

各操業では、無作為ではなく広範囲な尾叉長を網羅するように原則的に20尾のアロツナスを漁獲物から抽出し、合計2,257個体のアロツナス（463～896mm FL）を船上で調査した。観察項目は、尾叉長、体重、胃の充満度、生殖腺の状態、胃内容物重量、生殖腺重量であった。胃の充満度は、目視により3段階に区分した：1（空胃）、2（半満）、3（充満）。透明卵を有する卵巣と精子の流出が見られる精巣は完熟とした。透明卵は見られないが卵粒を肉眼で認めた卵巣は半熟とした、卵粒も精子流出も見られない生殖腺は未熟とした。疲弊した暗赤色の卵巣はスペントと記録した。雄には半熟の基準は設けなかった。

胃内容物は下記の分類学的区分に大別した：カイアシ類（Copepoda）、端脚類（Amphipoda）、オキアミ類（Euphausiacea）、イカ類（Decapoda）、魚類（Osteichthyes）、その他。1986/87年調査では、これらの区分毎に1 g単位で計量し、0.5g未満の場合は便宜的に0.1gと記録した。1985/86年調査では、胃内容物の総重量と上記区分の出現の有無だけを記録した。胃内容物を陸上で精査するため、標本の一

Table 4. List of other species taken by drift-nets in the South Pacific. Catches were recorded basically along with this list except for *Allothenus* survey in 1982 and Pomfret survey during 1984-86, where species in this table were combined under "other fishes".

Japanese name	Scientific name
ウバザメ	<i>Cetorhinus maximus</i>
バケアオ	<i>Isurus paucus</i>
メジロザメ科	Carcharinidae
ヨゴレ	<i>Carcharinus longimanus</i>
クロトガリザメ	<i>Carcharinus falciformis</i>
ツノザメ科	Squalidae
アブラツノザメ	<i>Squalus acanthias</i>
ダルマザメ	<i>Isistius brasiliensis</i>
アカエイ科	Dasyatidae
イトマキエイ科	Mobulidae
ハダカエソ科	Paralepididae
ミナミクサビウロコエソ	<i>Paralepis atlantica</i>
ミスウオ属	<i>Alepisaurus</i> spp.
トビウオ科	Exocoetidae
クテナガサシマ	<i>Scorpaenopsis saurus</i>
ニューグランド材時属	<i>Polyprion</i> spp.
コバンザメ科	Echeneidae
ナゴコバン	<i>Remora remora</i>
ブリモドキ	<i>Nauorates ductor</i>
シマガツオ属	Unidentified <i>Brama</i>
オニシマガツオ	<i>Xenobrama microlepis</i>
クサカリツボダイの1種	<i>Pseudopentaceros richardsoni</i>
クロタチカマス科	Gempylidae
クロタチカマス	<i>Gempylus serpens</i>
バラクーテ	<i>Thyrssites atun</i>
アブラソコムツ	<i>Lepidocybium flavobrunneum</i>
パラムツ	<i>Ruvettus pretiosus</i>
サバ科	Scombridae
サバ属	<i>Scomber</i> spp.
ソーダガツオ属	<i>Auxis</i> sp.
ハガツオ属	<i>Sarda</i> sp.
シロカジキ	<i>Makaira indica</i>
バショウカジキ	<i>Istiophorus platypterus</i>
エボシダイ科	Nomeidae
ミナミオキメダイ	<i>Cubiceps caeruleus</i>
ハリセンボン科	Diodontidae
マンボウ	<i>Mola mola</i>
クサビフグ	<i>Razania laevis</i>
フグ科	Tetraodontidae
イシガキフグ	<i>Chilomyoterus affinis</i>
ネズミフグ	<i>Diodon hystrix</i>
その他の魚類	Other fishes
フデソ属	<i>Scopelosaurus craddocki</i>
ソデイカ	<i>Thysanoteuthis rhombus</i>
アカイカ科	Oncastraphidae
ミナミスルメイカ	<i>Todarodes filippovae</i>
ヤセトビイカ	<i>Ornithoteuthis volatilis</i>
アカスルメイカ	<i>Martialia hyadesi</i>
タコ類	Octopoda
アミダコ属	<i>Ocyrothe</i> spp.
メンダコ属	<i>Ophiothuthis</i> sp.

部（原則的に300g以下）を5%ホルマリン溶液で固定して持ち帰った。生殖腺指数（gonadal somatic index: GSI）は生殖腺や胃内容物を含む体重に対する生殖腺の重量パーセントである。

胃内容物標本は50%イソプロピル・アルコールに移し換え、国立極地研究所、国立科学博物館および遠洋水産研究所において可能な限り下位の分類単位まで査定を行った。使用した主な文献を下記に示す：イカ類は Sweeney *et al.* (1992)、魚類は Gon and Heemstra (1990)、カイアシ類は Owre and Foyo (1967)、Brodskii (1972) および Bradford and Jillett (1974)、端脚類は Bowman and Gruner (1973)、Bowman (1978) および Schneppenheim and Weigmann-Haass (1986)、オキアミ類は Kirkwood (1982) および Baker *et al.* (1990)。出現した胃内容物の大部分がプランクトンであるため、種別の個体数や重量は計測しなかった。しかし、その豊度を cc (多い), c (普通), r (少ない), rr (希) に区分して記録した。

食性の海域差の統計的検出には、胃内容物が見られた各個体の主要餌生物群（オキアミ類、カイアシ類、魚類およびイカ類）毎の重量に基づき、Somerton (1991) の手法を用いた。実際の計算は、DIETTEST と命名されたコンピュータープログラムによった。餌生物の重量比の統計的分布は、正規分布とは考えられないため、通常分散分析は適用できない。この手法はノンパラメトリックな多変量解析の一つであり、個々の標本内の餌生物群毎の重量比の分散と共分散に基づき、Hotelling の T^2 統計量により標本間の差を測定するものである。計算結果の統計的有意性は、ブートストラップ法 (1,000回のランダム反復計算) により決定した。なお、カイアシ類の出現頻度がかなり低かった海域では、DIETTEST のアルゴリズムが正常に完結しない場合があったため、カイアシ類を除く3餌生物群のデータにより解析を行った。

(6) 大型魚類の食性調査

アロツナスの捕食者を明らかにするため、潜在的捕食者と考えられた下記的大型魚類の胃内容物を船上で調査し、出現頻度を記録した：アオザメ (*Isurus oxyrinchus*)、ニシネズミザメ (*Lamna nasus*)、ヨシキリザメ (*Prionace glauca*)、メカジキ (*Xiphias gladius*)、クロカジキ (*Makaira mazara*)、ガストロ (*Gasterochisma melampus*)。

(7) 魚類群集組成の類型化

緯度4度・経度10度のブロック毎に求めた主要種23種の CPUE に基づき、Odum (1950) の差分百分率 (percentage difference: PD) により各ブロック間の距離行列を求めた。A, B 群集の差分百分率は次式により求めた。

$$PD = \frac{\sum |N_{ai} - N_{bi}|}{N_a + N_b}$$

ただし、 N_a および N_b は A, B 両群集における総個体数、

N_{ai} および N_{bi} は A, B 両群集における i 種の個体数である。

この距離行列から非加重対群法 (unweighted pairgroup average method: UPGMA) によるクラスター分析 (SAS, 1988) を行った。

生物群集の類似度には Morishita (1959) の重複度による指数 (C_λ や C_π) がよく用いられる。しかし、これらの指数では、ある種が一方の群集だけに分布するような比較する群集が非常に異なる場合と、それがいずれの群集にも見られない場合とを区別できず、本研究のような広範囲な海域の群集組成の比較には不適當と考えられる。一方、Odum (1950) の PD は便宜的な指数とされているが、共通種数によ

る類似度の欠点がある程度補うことができる手法であり（木元，1976），今回の研究に適切と考えた。

(8) 群集の多様性

生物群集の種多様性については，種数-個体数関係から情報量によるものまで様々な尺度が提案されている。木元(1976)はそれらを整理し，Reniの一般化されたエントロピーに基づく，有力な3つの指数（総種数，Simpsonの多様度指数 λ^{-1} ，Shannon-Weaver指数 H' ）は以下に示す一般式の異なる階数の表現であることを導いた。

すなわち，

$$N_{[a]} = (p_1^a + p_2^a + \dots + p_s^a)^{1/(1-a)}$$

$a = 0$ では，

$$N_{[0]} = S \dots \text{種数}$$

$a = 1$ では，

$$N_{[1]} = \exp(-\sum p_i \ln p_i) \dots \text{Shannon-Weaverの} H'$$

$a = 2$ では，

$$N_{[2]} = (p_1^2 + p_2^2 + \dots + p_s^2)^{-1} \dots \text{Simpsonの} \lambda^{-1}$$

となる。

ここで， p_i は第*i*番目の種に含まれる個体数の群集全体における割合であり， a は階数である。

本研究では，前述のクラスター分析により分類されたネクトン群集の多様度は，Simpsonの λ^{-1} およびShannon-Weaverの H' の尺度を用いた。これ以後， H' はShannonの多様度と略記する。

第2章 外洋表層性魚類の分布パターン

2.1 海洋学的背景

使用したデータは南太平洋全域にわたるが，各年の調査は特定の海域に集中して行われた場合が多かった(表1，付図1)。南太平洋全域の分布傾向を限られたデータにより概観するため，8年度間にわたる調査データを年を無視して緯度2度・経度10度ブロックおよび2カ月毎（2～4月は3カ月）に処理した。取り扱った項目は，透明度，水色，表面水温，50m層水温，100m層水温および表面-100m層の水温差であり，それぞれの平均値を算出した。なお，個々の上記ブロック名は，その北東端の位置により表すこととし，各ブロックの観察回数（操業回数に同じ）は図8に示した。

(1) 8～9月

調査海域は，20°～40°S，120°W～180°であった。

透明度はニュージーランド北東の30°S以南では20m以下，30°S-120°Wブロックでは31m，その他の海域では20m台であった(図2)。水色はニュージーランド北東の30°S以南では4.8～5.0，28°S-120°Wおよび28°S-130°Wブロックでは，2.5～2.6であり，その他の海域では3.0～4.0であった(図3)。このように透明度が低く水色値が大きい海域と，透明度が高く水色値が小さい海域に明瞭に区分された。

表面水温は最も南方のブロックの12.3°Cから北端の19～20°C台へと変化した(図4)。100m層水温は同様に南端の12°C台から北端の19°C台へ変化した(図5)。表面水温と100m層水温の差は，28°S-120°Wブロックの1.6°Cを除き，1°C未満であった(図6)。

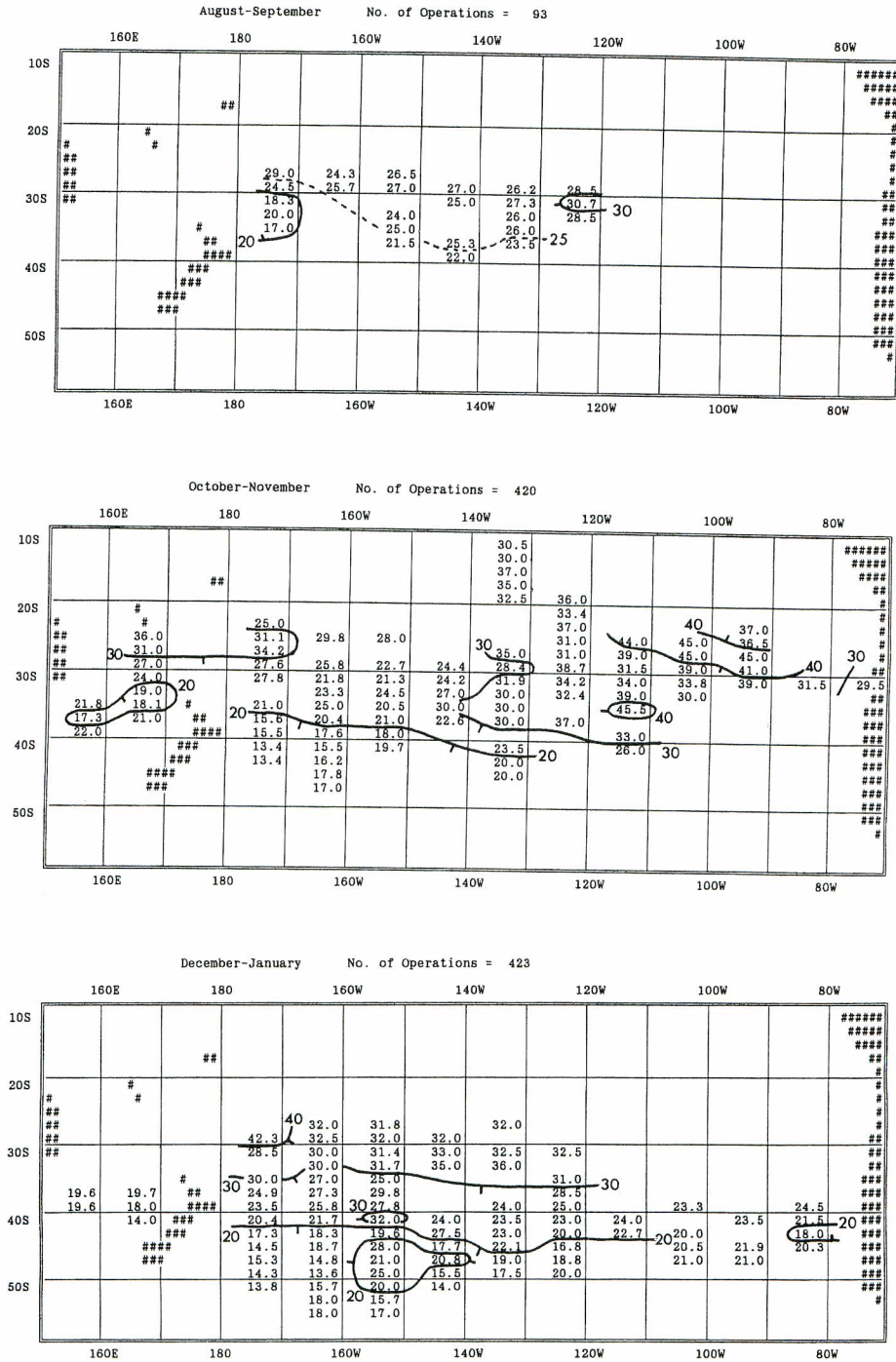


Fig. 2. Distribution of mean Secchi disk depth (m) by 2x10 degree block of latitude and longitude.

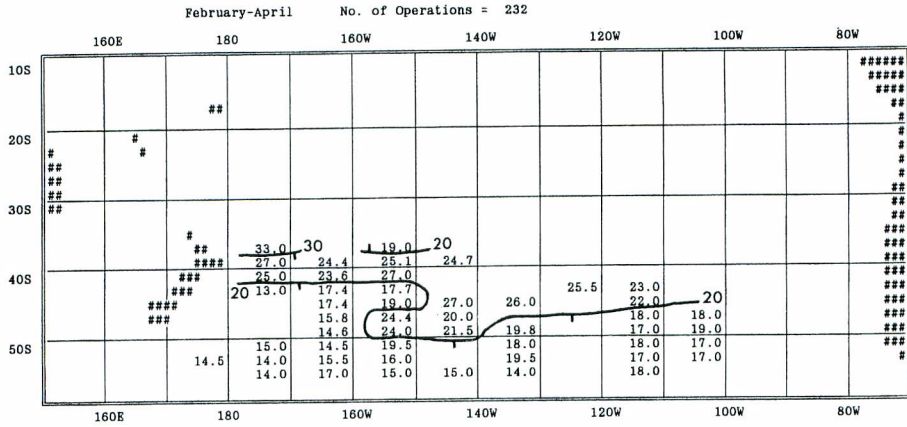


Fig. 2. Continued.

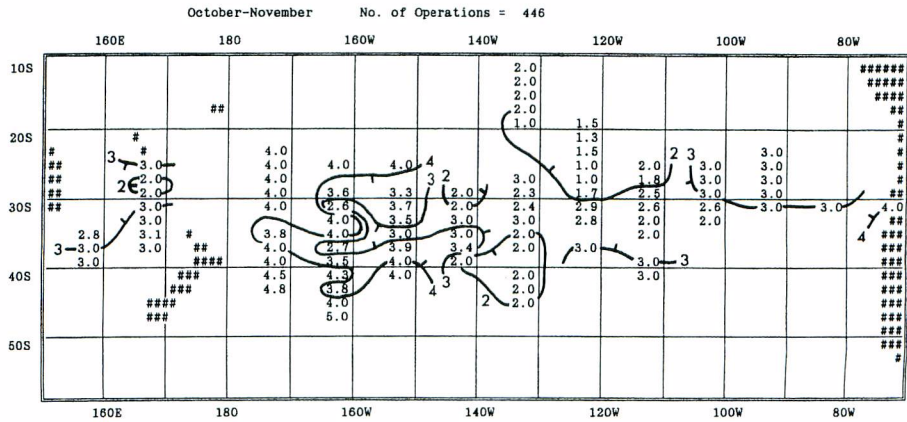
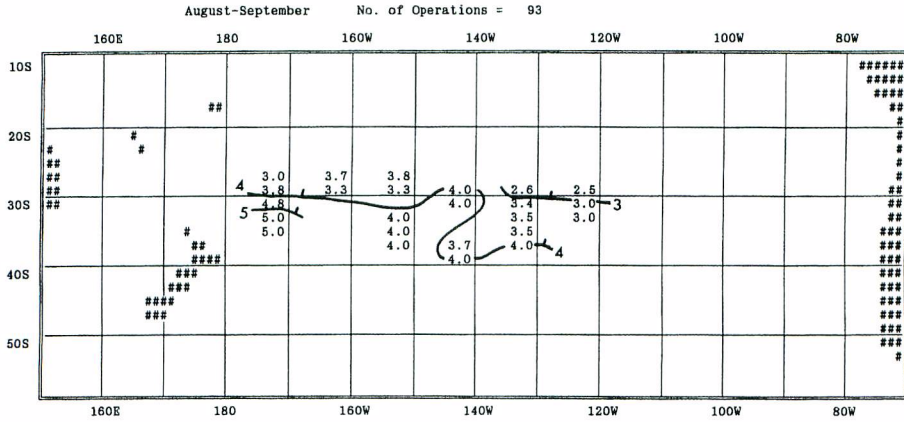


Fig. 3. Distribution of mean color of the sea by 2x10 degree block.

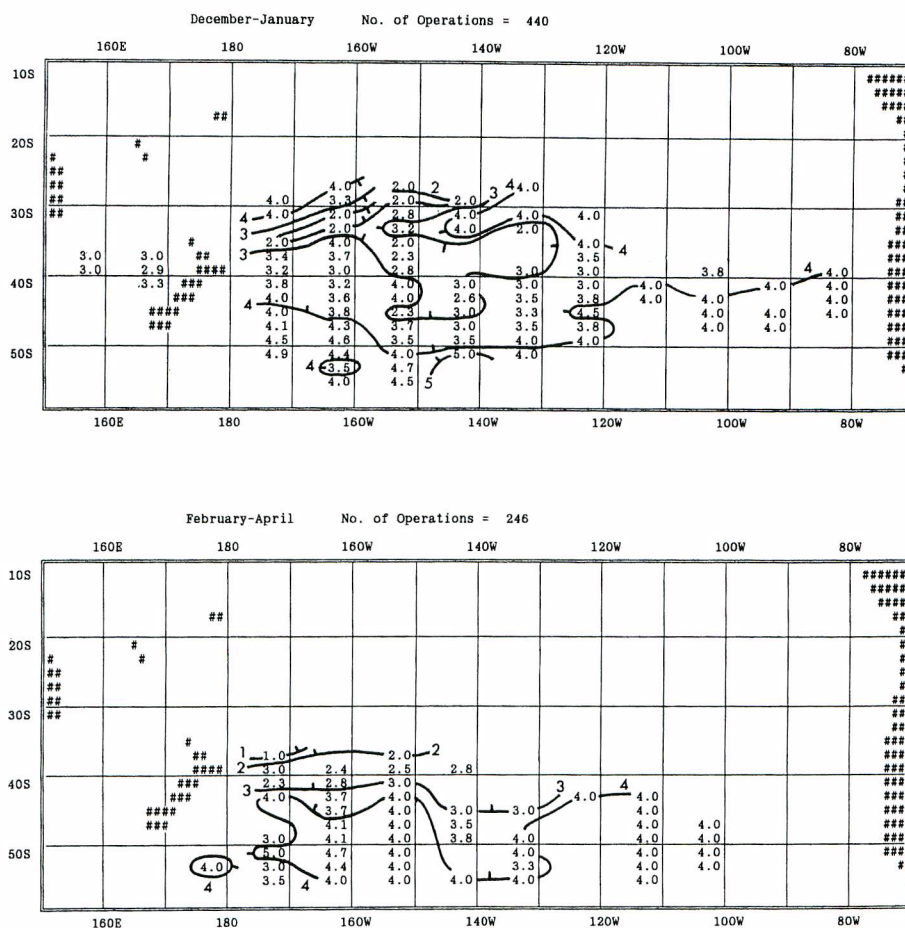


Fig. 3. Continued.

(2) 10~11月

調査海域は、10°~48°S, 70°W~150°E とタスマン海を含む広域にわたった。

透明度はニュージーランド東方の40°S以南, 170°Wでは13mと最低であった。ニュージーランド東方の38°S付近以南, 150°W以西およびタスマン海の32°~38°S付近では透明度は15~19mと比較的低かった。ニュージーランド北方とタスマン海の24°~28°Sおよび、南太平洋東部の80°~140°Wの40°S以北での透明度は30m以上であった。その他の海域では20m台であった。このように10~11月は28°~38°Sでは140°W付近を境界に西側は東側より, 38°Sより南では西側ほど, また, 南側ほど透明度が低い傾向が見られた(図2)。

水色はニュージーランド東方の160°Wと170°Wおよびチリ沖合では4.0~5.0のブロックが多かった。110°~130°Wでは水色は3.0以下, その他の海域では2.5~4.0であった(図3)。

表面水温は調査海域南端(46°S-160°Wと44°S-130°Wブロック)での10°C台から, 北端(10°S-130°Wブロック)の28°C台へ連続的に変化した(図4)。同一ブロックにおける8~9月からの変化は、-

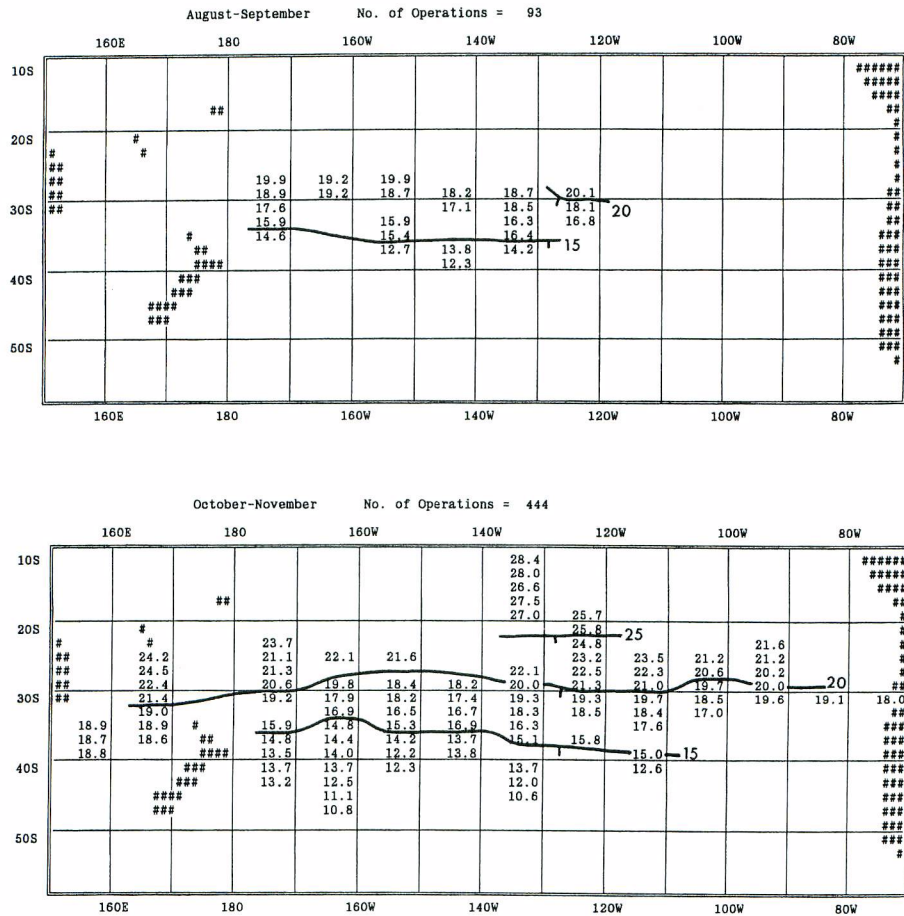


Fig. 4. Distribution of mean sea surface temperature by 2x10 degree block.

0.3~3.0°Cであり、1~2°C上昇したブロックが多かった。タスマン海の表面水温は、同緯度の南太平洋に比べ高かった。100m層水温は同様に南端の8°Cと9°C台から北端の27°C台へ変化した(図5)。タスマン海の100m水温は、同緯度の南太平洋に比べやや高かった。同一ブロックにおける8~9月との差は-1.4~0.9°Cで、ほとんど変化はなかった。表面水温と100m層水温の差は、タスマン海で1.9~4.1°C、チリ沖合で4.6°Cと大きかった(図6)。その他の南太平洋のブロックでは半数以上で2.0°C未満、最大で3.0°Cであった。同一ブロックにおける8~9月からの変化は、南太平洋では-0.1~2.2°C(多くは約1°C)とやや表層-100m水温差が広がった。

(3) 12~1月

調査海域は、26°~56°S、80°W~150°Eとタスマン海を含む広域にわたった。

透明度はニュージーランド東方の44°S以南、160°W以西、タスマン海の40°S以南と50°S、140°Wブロックでは15m未満と最低であり、44°~52°S-150°Wブロックでは20~28mと高い値を示した。その他のタ

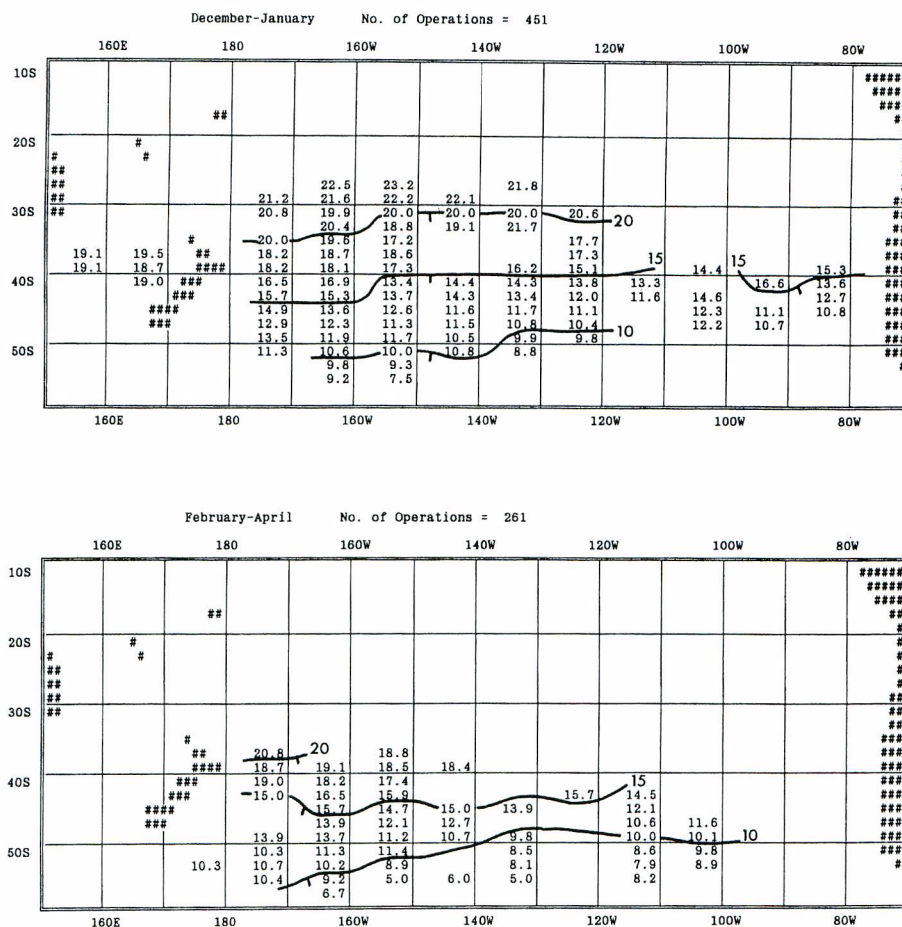


Fig. 4. Continued.

スマン海, 120°W 以西の42°S 以南と42°S-80°W ブロックでは透明度はおおむね20m 未満の中間的な値であった。34°S 以北の海域では透明度30m 以上の値であった。これ以外の海域では20m 台であった。このように、南側ほど、また同緯度では南太平洋東部より西部やタスマン海の透明度が低い傾向が見られ、40°S 以南では160°W の東西で顕著な差が見られた (図2)。

水色4.0以上のブロックは、調査海域の南部と東部の多くと北部の約半分で見られた。水色2.0は北部のブロックのうち7ヶ所で見られ、2.3~3.8を示したブロックは120°W 以西の南太平洋とタスマン海の36°~40°S に多く見られた (図3)。このように、12~1月では、水色の分布は複雑であった。

表面水温は調査海域南端 (54°S-150°W ブロック) の7°C台から、北端 (26°S-150°W ブロック) の23°C 台へ連続的に変化した (図4)。タスマン海の表面水温は、同緯度の南太平洋よりやや高かった。同一ブロックにおける10~11月からの変化は、タスマン海では0.3~0.9°Cと若干上昇したに過ぎなかったが、南太平洋では0.6~5.1°C上昇した (2~4°Cが多い)。100m 層水温は同様に南端の6°C台から北端の19°C台へ変化した (図5)。タスマン海の100m 層水温は、同緯度の南太平洋よりやや高かった。同一ブ

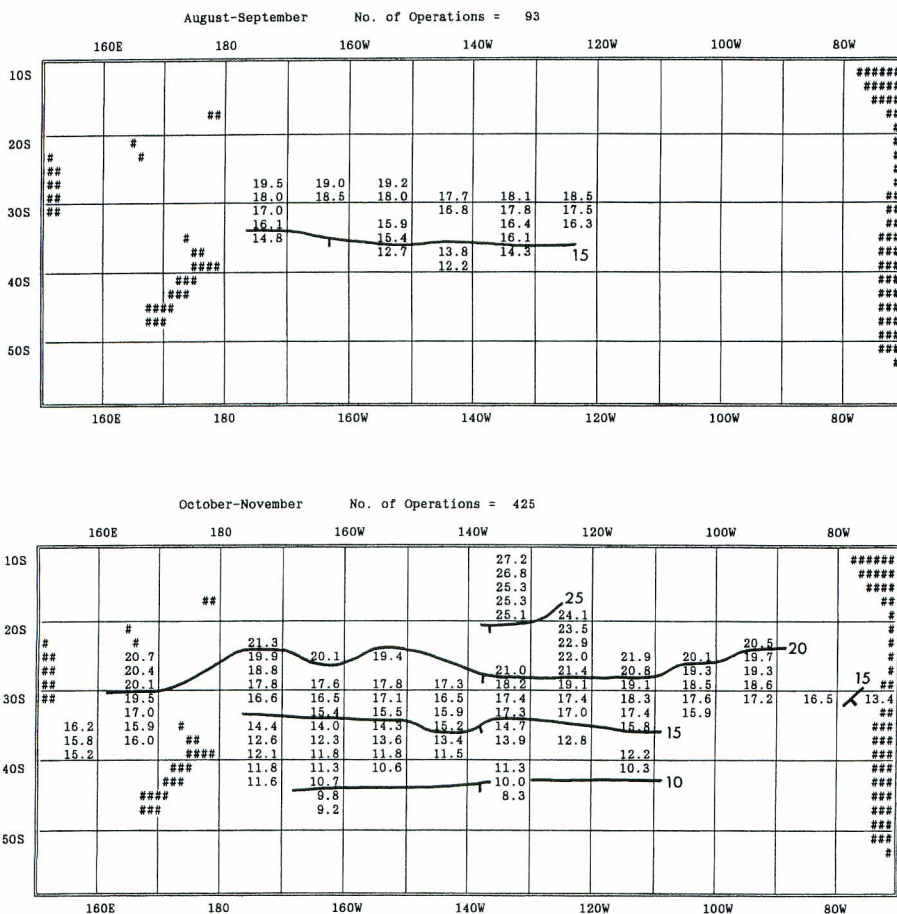


Fig. 5. Distribution of mean 100 m water temperature by 2x10 degree block.

ロックにおける10~11月からの変化は、-2.8~1.7であり、ほとんどのブロックでは1°C未満であった。表面水温と100m層水温の差は、50°S以南で1.2~3.3°Cと最も少なく、2°C台の水溫差は、120°W以西の46°~54°Sと30°~36°Sおよび100°~110°Wの38°~42°Sで見られた(図6)。その他のブロックにおいては水溫差は3°C以上であり、34°~44°Sで水溫差4°C以上のブロックが見られた。同一ブロックにおける10~11月からの表面-100m水溫差の変化は0.2~5.0°C(多くは1°C以上)と拡大した。ニュージーランド北島東方では、4°C以上と特に変化が大きいブロックが見られた。

(4) 2~4月

調査海域は、36°~56°S, 100°W~170°Eであった。

15m以下の透明度は、42°S以南, 170°W以西, 48°~52°S-160°W, および56°S-130°~150°Wの各ブロックで見られた。150°W以西の42°~46°Sと140°W以东の46°S以南では20m未満, その他の海域ではおおむね20m以上であった(図2)。水色は42°S以南の多くのブロックで4.0~5.0, 42°S以北の多くで3.0以下

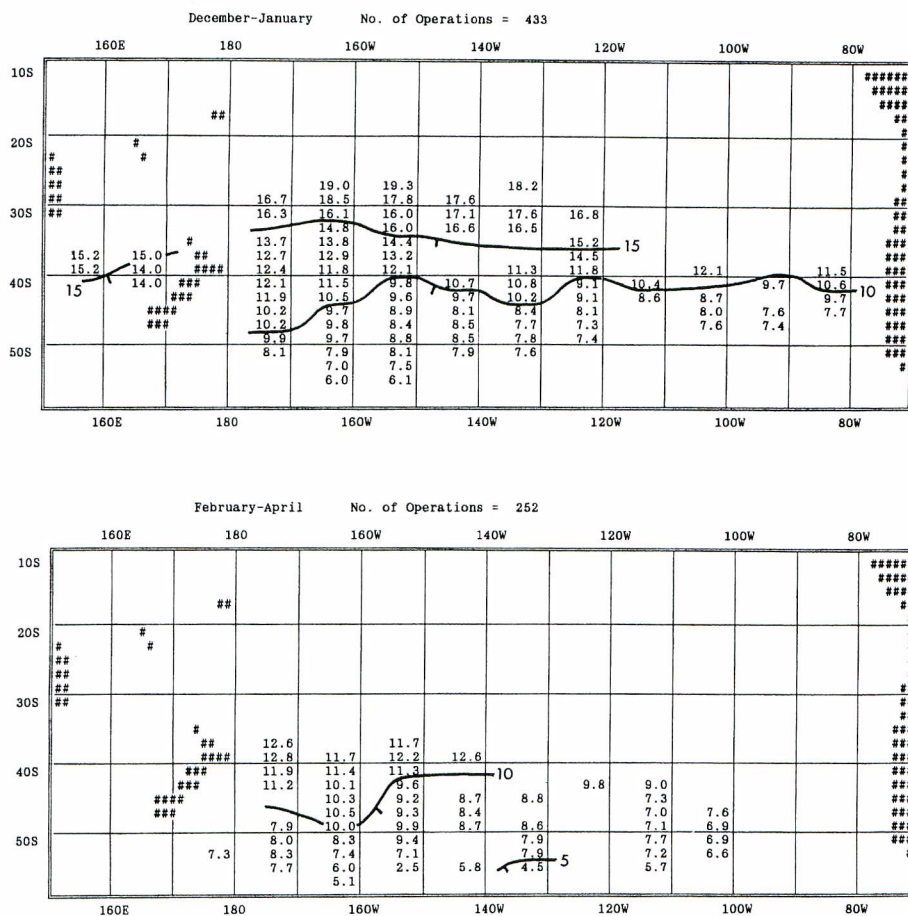


Fig. 5. Continued.

であった (図 2)。

表面水温は調査海域南端 (54°S) の5°C台から、北端 (36°S) の20°C台へ連続的に変化した。12~1月と比べると、-2.5~4.0°C変化し、多くのブロックで1~2°C上昇した。100m層水温は同様に南端付近の2°C台から北端の12°C台へ変化した (図 5)。同一ブロックにおける12~1月からの変化は、-3.6~1.5°Cで、ほとんどのブロックで1°C未満であった。表面水温と100m層水温の差は、50°S以南で0.1~3.1°Cと最も少なく、2°C台の水温差は、46°S以南で見られた (図 6)。36°~46°Sのほとんどのブロックでは水温差が4°C以上あった。表面水温-100m水温差の同一ブロックにおける12~1月からの変化は、-1.7~3.0°Cで、1~2°C拡大したブロックが多かった。

(5) 海洋観測結果のまとめ

タスマン海は調査期間が10~1月に限られたが、透明度、水色および水温の地理的分布から、南太平洋とは異なった環境と考えられた。ニュージーランドとチリ沖合では低い透明度と高い水色値、すなわ

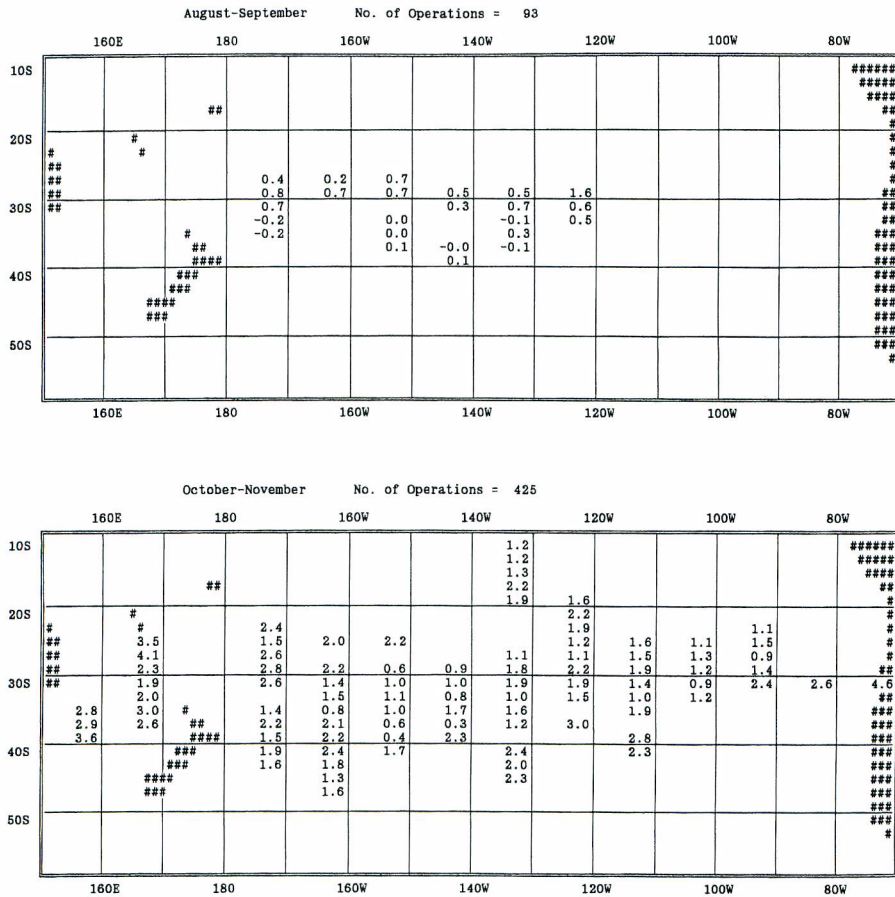


Fig. 6. Distribution of difference between mean surface and mean 100m water temperatures by 2x10 degree block.

ち緑色系の水色が特徴であった。これら陸寄りの海域を除く南太平洋では各環境要因が南北に傾斜する場合が多く、東西方向には比較的均一な Zonation が見られた。ただし、南太平洋の東部と西部を同緯度で比較すると透明度は西部でやや低く水色値は高かった。水温については、タスマン海と南太平洋の差は10~11月の表面水温および表面-100m層水温差において最も顕著であり、10~1月の100m水温や12~1月の表面水温でもタスマン海が南太平洋の同緯度より若干高かった。南太平洋における表面と100m層水温は同一緯度で比較すると各月とも東部でやや低い傾向が見られた。

海洋環境の季節変化を最もデータの豊富な160°~170°Wと170°W~180°において検討した(図7)。透明度は両経度とも10~11月に比べ12~1月に40°S以北で顕著に増加した。その他の月でも透明度がやや高まる傾向が見られた。表面水温は冬季(8~9月)から初夏~初秋季(12~4月)にかけて顕著に上昇した。一方、100m層水温はほとんど変化を示さなかった。このため、表面と100m層の水温差は南半球の冬季(8~9月)には少ないが、春季(10~11月)に1~3°Cから徐々に拡大し、初夏~初秋季(12~4月)には最大8°Cとなった。すなわち、夏季から秋季には表層水が急速に暖められた。この昇温は34°~46°

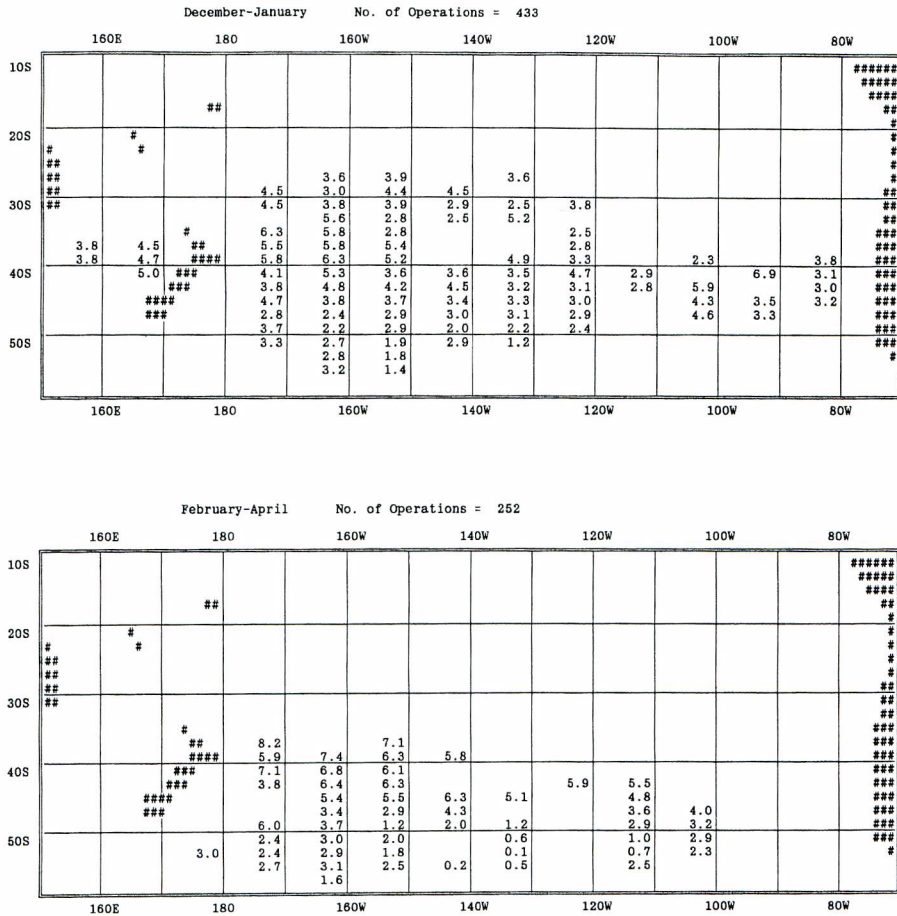


Fig. 6. Continued.

Sで特に著しかった。

(6) 海洋学的区分

本調査海域は、南太平洋の赤道水 (Equatorial Water) と南極表層水 (Antarctic Surface Water) の間に位置し、亜南極水 (Subantarctic South Pacific Water), 西部南太平洋中央水 (Western South Pacific Central Water) および東部南太平洋中央水 (Eastern South Pacific Central Water) が存在する。それぞれの特徴は以下のである (Sverdrup *et al.*, 1947; Knox, 1970)。

亜南極水：ほぼ40°S以南に存在し、その表層部は塩分34.20PSU。表面水温は夏季には5.5~14.5°C、冬季には3.0~11.5°C。

西部南太平洋中央水：亜南極水の北方、165°W付近の西方、インド洋中央水に類似する。

東部南太平洋中央水：亜南極水の北方、165°W付近の東方、水温10~18°Cで、T-Sダイアグラムでは、西部南太平洋中央水より0.5PSU程度低い。

南太平洋の主要な海流はペルー海流であり、亜南極域水が南米大陸に接近した結果、北方に向かう流れに発したと考えられている (Sverdrup *et al.*, 1947)。ペルー海流は35°S では大陸から約900km 沖合まで達し、海流内では湧昇が起きており (Sverdrup *et al.*, 1947)、東西中央水は反時計回りの一つの旋流を形成する。

亜南極水と亜熱帯水(東西中央水)の境界は亜熱帯前線(Subtropical Front: STF)または亜熱帯収束帯(Subtropical Convergence: STC)と呼ばれる。亜熱帯前線と南極前線(Polar Front: PF)の間には亜南極前線(Subantarctic Front¹: SAF)があり、その北側は亜南極域(Subantarctic Zone)、南側は南極前線帯(Polar Frontal Zone)に細分される(Hofmann, 1985)。南極前線は2°Cの等温線、亜南極前線は4~8°C等温線の密集によりそれぞれ特徴づけられる(Emery, 1977)。Lutjeharms and Valentine (1984)は南アフリカ南方において、これらの前線を表面水温の南北方向の推移だけで同定できること、亜熱帯前線は南北の幅が広く前線帯と呼ぶべきことを報告した。それによると、亜熱帯前線では18°Cから10°Cへ急激に低下し(中心の水温は14.2°C)、亜南極前線では9°Cから5°Cに(中心は7°C)、南極前線では4°Cから2°Cに降下する。

亜熱帯前線帯と亜南極前線は、南太平洋を東進するに従い特徴が弱められるが、亜南極域はオーストラリアからドレーク海峡まで連続する(Emery, 1977)。Hoffmann (1985)は、長年にわたるXBTと漂流ブイ(drifter)の記録をまとめ、(1) 亜熱帯前線、亜南極前線と南極前線の位置はほとんど季節的に変動しないこと、(2) 亜熱帯前線は90°W 以東では見られないことを示した。

厳密には上記の水塊区分は水温と塩分によるT-Sダイアグラムに基づく必要があるが、本調査では塩分データは収集されなかったため、水温の鉛直分布とHoffmann (1985)の各前線の位置により行った。

2.2 各魚種の分布の特徴

流し網により漁獲された主要種の調査形態および年別の漁獲尾数と操業の概要を表5に示した。いずれの調査あるいは年においてもアロツナスとニシシマガツオが最も卓越して出現した。合計1,254回の操業で漁獲された上位5種は、アロツナス573,506尾、ニシシマガツオ465,132尾、ビンナガ77,525尾、カツオ33,509尾、ヨシキリザメ13,045尾であった。

海洋観測結果と同様に、8年度にわたる調査データにつき年を無視して標準化した漁獲努力量と単位努力量当たり漁獲尾数(CPUE)を緯度2度・経度10度ブロック毎に集計し、各魚種の分布パターンとした。主要11種は2カ月毎(2~4月は3カ月)に分布図を作成し、季節変化を検討する。さらに、主要種について月別・表面水温別の尾数CPUE、重量CPUEと平均体重を集計した。なお、魚類の科の配列はNelson (1984)に従った。

1 Australasian Subantarctic Front と呼ばれていたが、オーストラリア南方に限らない(Emery, 1977)。

Table 5. Total catch of major species or species groups by survey type and year in the South Pacific by the Japan Marine Fishery Resources Research Center.

Survey	Allotunnus Survey				Allotunnus & Pomfret				Pomfret Survey				Driftnet Survey				Total
Year	82	83	84	85	86	87	88	89	84	85	86	87	88	89			
No. of driftnet operations	67	89	83	63	74	94	107	91	128	136	81	77	89	75	1,254		
Sea surface temperature (Min.)	9.8	8.9	6.3	7.0	7.9	8.8	8.8	8.7	6.9	5.0	10.8	15.1	16.8	18.0			
(Max.)	23.7	23.8	21.9	26.6	22.1	19.8	20.7	20.2	21.1	19.9	20.8	28.4	24.5	20.7			
Effort (Standardized 50 m tans)	29,532	37,306	31,764	26,514	32,414	45,135	56,075	53,880	52,394	63,565	36,115	43,275	52,340	47,632	607,941		
Catch in number of individuals																	
<i>Alopias</i> spp.	1	1	2	0	0	0	2	0	0	1	1	1	1	2	12		
<i>Lamna nasus</i>	125	37	558	171	252	810	1,306	386	886	1,168	1,291	240	1	2	7,233		
<i>Isurus oxyrinchus</i>	95	94	89	61	55	145	203	183	133	101	40	98	138	125	1,560		
<i>Prionace glauca</i>	501	376	860	361	553	881	2,600	329	834	1,547	1,680	1,885	380	258	13,045		
<i>Sphyrna</i> spp.	21	5	0	2	0	0	0	1	0	0	0	3	14	9	55		
<i>Seriola</i> spp.	8	24	5	1	4	1	1	0	9	5	0	1	13	4	76		
<i>Trachurus</i> spp.	0	0	36	251	190	745	520	380	506	0	350	1	0	0	2,979		
<i>Coryphaena</i> spp.	47	144	3	43	121	68	30	21	25	1	0	51	45	6	605		
<i>Brama brama</i> + <i>B. australis</i> ?	755	3,723	16,941	20,566	16,483	59,029	86,585	16,268	40,987	96,645	94,188	456	3,113	9,393	465,132		
<i>Gasterochisma melampus</i>	6	29	50	149	230	396	463	118	631	450	462	6	0	0	2,990		
<i>Allotunnus fallai</i>	19,594	24,130	38,985	36,181	32,865	56,068	100,788	102,843	44,997	75,468	29,835	10,907	700	145	573,506		
<i>Acanthocybium solandri</i>	4	20	3	0	0	0	0	1	2	0	0	15	2	0	47		
<i>Katsuwonus pelamis</i>	539	3,247	371	216	214	959	379	135	2,463	147	8	475	8,431	15,925	33,509		
<i>Thunnus alalunga</i>	3,803	2,693	1,548	316	618	2,154	1,356	2,867	2,165	1,844	2,003	4,475	16,011	35,672	77,525		
<i>Thunnus albacares</i>	63	102	5	5	3	9	20	3	24	0	0	32	75	10	351		
<i>Thunnus maccoyii</i>	4	1	1	0	1	2	0	0	6	8	6	3	7	0	39		
<i>Thunnus obesus</i>	95	101	7	2	0	2	1	0	11	0	0	4	4	7	234		
<i>Xiphias gladius</i>	77	88	23	15	20	40	43	47	54	20	13	49	86	122	697		
<i>Makaira mazara</i>	8	8	6	13	5	1	3	5	0	1	0	74	1	1	126		
<i>Tetrapturus angustirostris</i>	27	85	16	9	10	18	16	28	24	1	4	86	164	19	507		
<i>Tetrapturus audax</i>	41	33	18	13	1	13	16	33	14	4	0	20	26	38	270		
<i>Centrolophidae</i> spp.	0	46	0	0	131	966	1,082	155	0	0	918	0	54	7	3,359		
<i>Ommastrephes bartrami</i>	181	1,254	117	136	195	299	84	321	516	687	33	867	1,225	419	6,334		
Others	429	577	423	378	293	8	1,181	302	256	290	1,563	31	17	137	5,885		

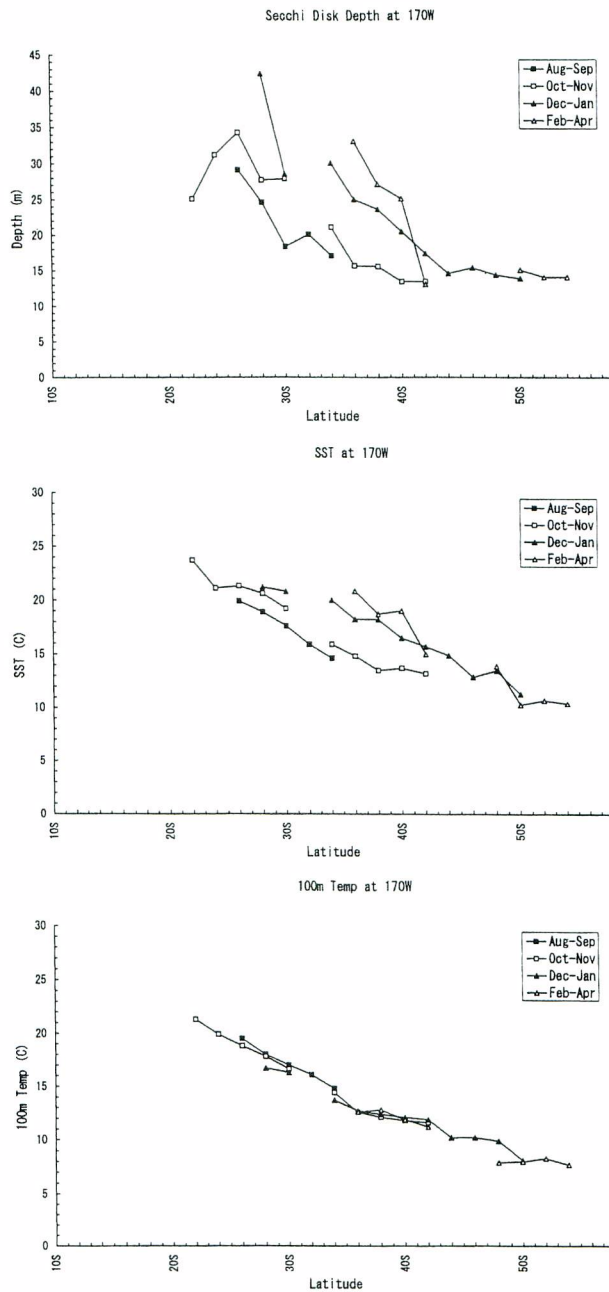


Fig. 7. Mean monthly values in Secchi disk depth, sea surface temperature (SST) and 100m water temperature at 170°W-180°.

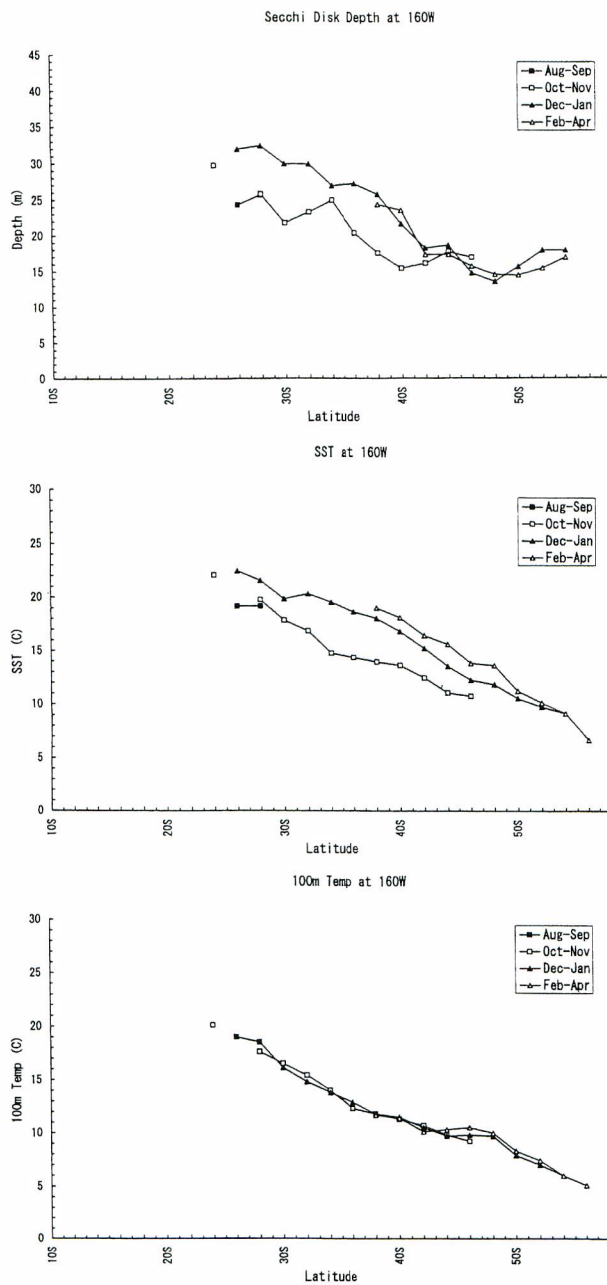


Fig. 7. Continued (160°-170°W).

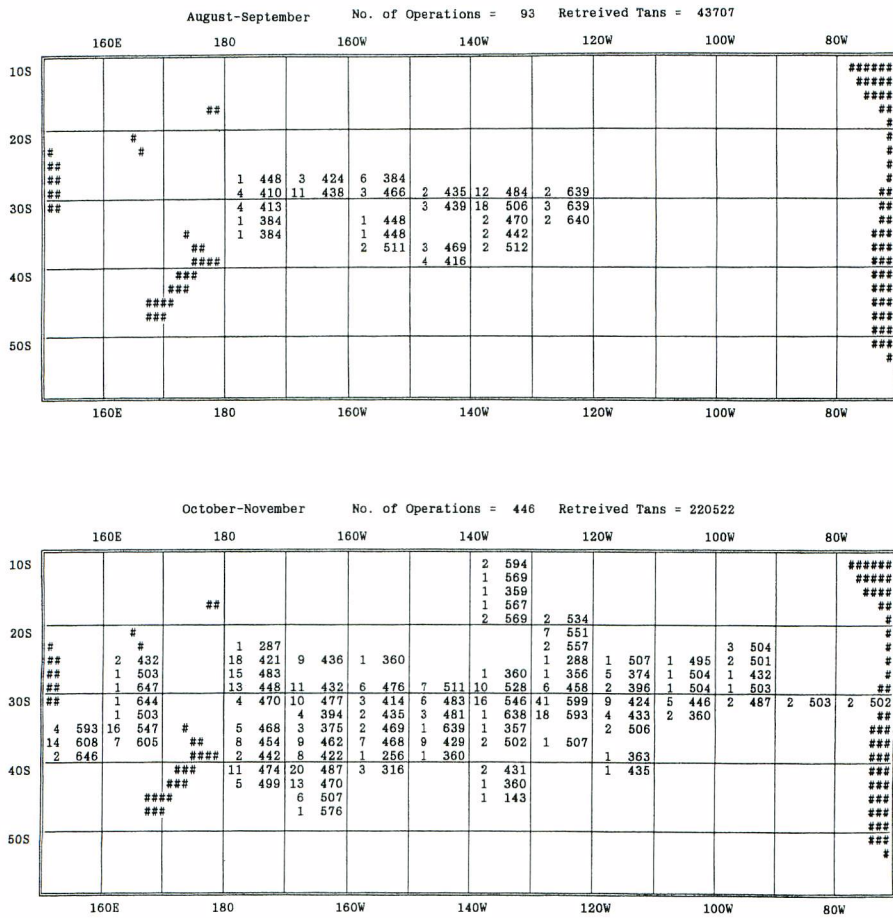


Fig. 8. Distribution of fishing effort by 2x10 degree block of latitude and longitude. Left : No. of operations, right : No. of effective tans of driftnets per operation.

(1) 漁獲努力量

緯度 2 度・経度 10 度ブロック毎の操業回数と有効反数（1 反を 50m に標準化）の分布を図 8 に示す。8～9 月（南半球の冬）には、93 回、43,707 反の観察が西部・中部南太平洋の 26°～40°S において行われた。10～11 月（南半球の春）には、合計 446 回、220,522 反の観察が南太平洋の 10°～48°S とタスマン海の 24°～40°S において行われた。このうち、西部・中部南太平洋の 30°S、西部南太平洋の 40°S とタスマン海の 36°S 付近で比較的操業が多かった。12～1 月（南半球の初夏）には、合計 453 回、223,310 反の観察が南太平洋の 26°～56°S とタスマン海の 36°～42°S において行われた。なかでも、西部南太平洋の 50°S 付近と西部南太平洋とタスマン海の 40°S 付近の操業が比較的多かった。2～4 月（南半球の夏～初秋）には、261 回、119,935 反の観察が 36°～58°S、100°W～170°E の南太平洋において行われ、西部南太平洋の 40°S と 50°S 付近での操業が多かった。

月別・表面水温別の漁獲努力量（有効反数）を図 54 に示す。8～9 月は 11～21°C で操業が行われ、17～19°C で努力量がやや多かった。10～11 月には、10～28°C で操業が行われ、13～14°C と 19～20°C に努

December-January No. of Operations = 453 Retrieved Tans = 223310

	160E	180	160W	140W	120W	100W	80W
10S							##### ##### #####
20S	# ## ##	##					## # #
30S			3 500 2 500	2 500 3 431 1 604	4 606 5 518 1 608	1 432 5 473 2 467	6 503 3 453 8 484
40S	10 631 18 657	3 646 13 624	## #####	1 501 9 462 5 472 2 359	5 402 3 474 1 501 5 618	1 429 1 434 1 448	3 453 8 484 1 506
50S			13 353 4 396 1 192	7 443 3 483 2 339	1 435 3 483 2 339	1 573 1 254	2 503 2 431 1 504 4 484 3 407

February-April No. of Operations = 261 Retrieved Tans = 11935

	160E	180	160W	140W	120W	100W	80W
10S							##### ##### #####
20S	# ## ##	##					## # #
30S							## ## ##
40S			1 448 2 532 5 458	1 713 6 033 32 651			##### ##### #####
50S		2 274	1 360 3 383 1 17 2 242	21 420 20 400 23 360 7 145 2 216	4 496 2 416 5 310 1 448 3 375	9 478 5 499 3 297 1 320	1 448 1 448 1 320 1 320 1 320

All period No. of Operations = 1254 Retrieved Tans = 607941

	160E	180	160W	140W	120W	100W	80W
10S					2 594 1 569 3 599 1 567 2 569		##### ##### #####
20S	# ## ##	##	1 287 18 421 9 436	1 360 5 464 10 473			## # #
30S	1 644 1 503 4 593 24 617 20 656	13 624	10 453 1 384 7 461 18 457 5 366	12 458 8 436 8 436 12 465 41 445	8 479 4 472 1 639 12 439 28 593	14 470 3 413 3 413 4 507 37 618	36 522 50 590 9 424 4 433 2 506
40S	3 645	#####	21 466 10 496 2 479 8 469 5 366	43 485 51 508 31 448 28 479 41 445	5 405 8 460 4 380 10 484 6 448	3 512 5 418 4 342 8 408 11 456	7 480 11 487 12 365 2 441 7 511
50S		2 274	16 359 1 17 2 242	27 411 27 366 8 151 2 216	3 422 8 375 3 375	1 573 2 351 1 448	2 211 1 216 1 358 1 216

Fig. 8. Continued.

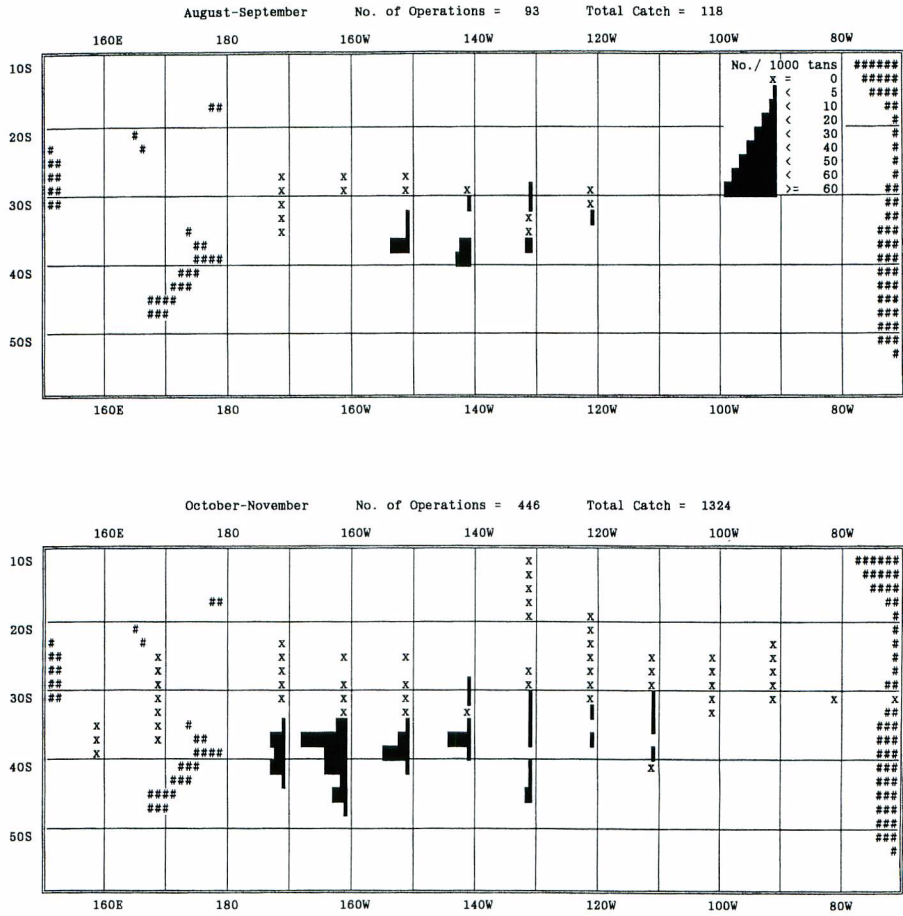


Fig. 9. Distribution of CPUE of *Lamna nasus* by 2x10 degree block. CPUE is expressed in number of individuals captured per 1000 tans (50km) of driftnets.

力量のモードがあった。12～1月には、6～24°Cで操業が行われ、11°Cと17～18°Cに努力量のモードがあった。2～4月は、5～20°Cで操業が行われ、4月を除き10°Cと18°Cに努力量のモードがあった。4月は15回の操業に過ぎなかった。

(2) ニシネズミザメ *Lamna nasus* (図1, 9, 55)

本種は8～9月には調査海域の南東部に出現し、CPUEは36°S以南でやや高かった。10～11月は調査海域の西部(150°W以西)では34°S以南、中部(110°～140°W)では28°S以南に見られ、CPUEは西部の36°～40°Sで高かった。12～1月にはやや南の36°S以南に出現し、CPUEも西部の44°～52°Sで高かった。2～4月には12～1月と同様に38°S以南に見られたが、CPUEは西部海域のさらに南部の48°～54°Sで高かった。1年を通じてみると、ニシネズミザメは調査海域全体の28°S以南に分布し、高いCPUEは春季の36°Sから夏季の40°～50°S、初秋の48°S以南へと順次南下する傾向が見られた。また、南太平洋西部は中部や東部より高いCPUEを示した。

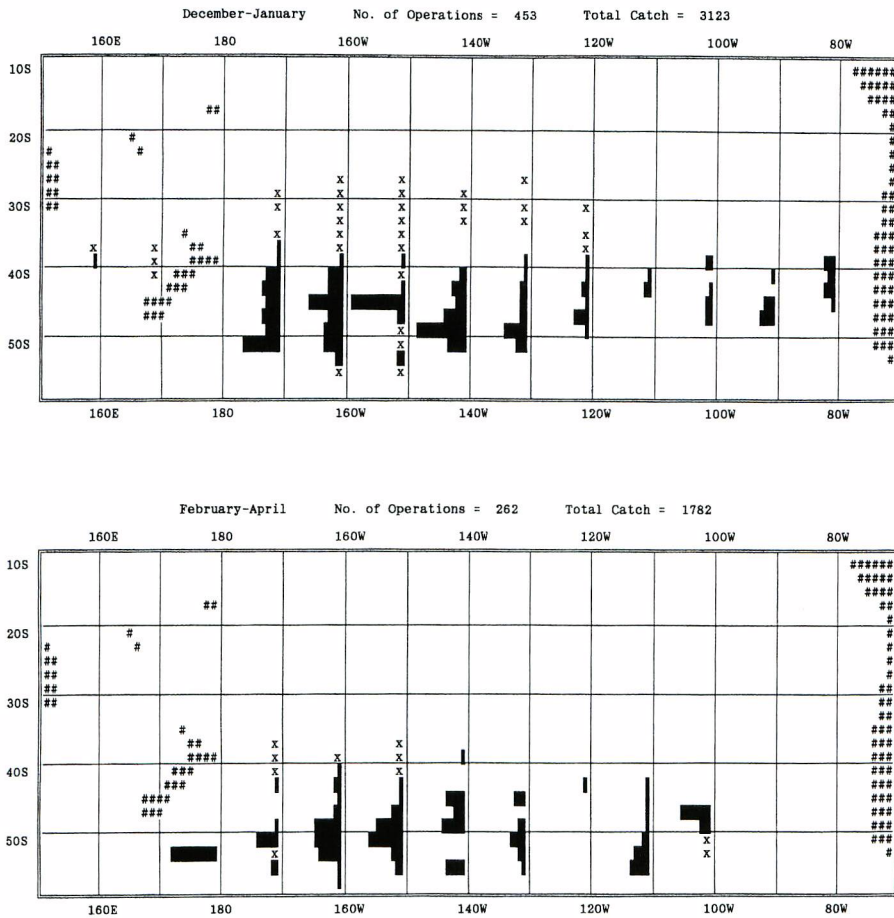


Fig. 9. Continued.

ニシネズミザメは表面水温 5~19°C に出現し、尾数 CPUE は 8~15°C で高かったが、重量 CPUE は 10~13°C でやや高い傾向が見られた。表面水温別 CPUE は、2 月にやや低水温域で CPUE が高い傾向にあった。表面水温別の平均体重は、8~11 月と 3 月には 16°C 以上の高水温域で、10~3 月には低水温ほど重く、10~11 月では双峰型の分布となった。

本種の近縁種であるネズミザメの北西太平洋での回遊を田中 (1980) は以下のようにまとめている：胎児の出産は春季に低緯度海域で行われ、中型魚は極前線付近へ回遊し、その後 36~45°N の間で季節的に南北移動を行う；大型魚は雌雄で生活場を異にしつつ中型魚より広い範囲に分布し冬季には伊豆諸島、夏季には 46°N に移動するが、一部の大型個体は夏季にも低緯度域に残留する。本研究で見られた表面水温と平均体重の関係から、大型魚は冬~春季には暖水域に分布し、春~夏季には低水温域に回遊し、その距離は大型魚ほど大きいと推定される。

本研究で見られたニシネズミザメの分布様式は、北西太平洋のそれと類似しており、亜熱帯~亜極域間の季節回遊が南太平洋でも行われていることが示唆される。

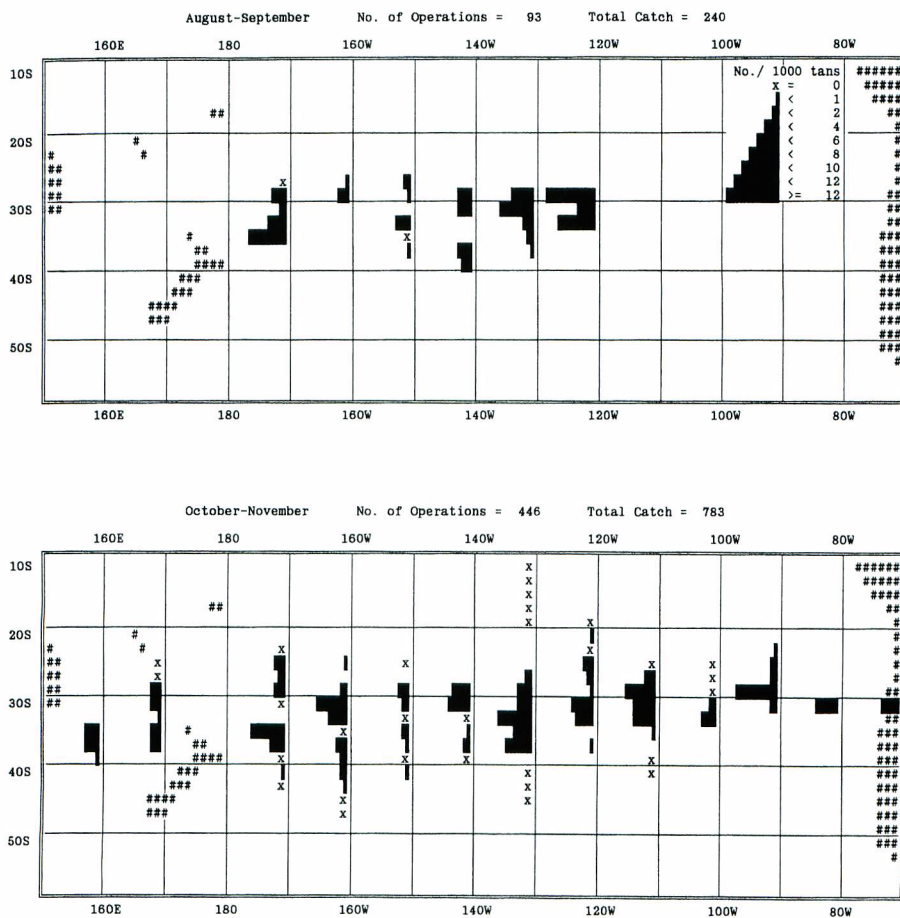


Fig. 10. Distribution of CPUE of *Isurus oxyrinchus* by 2x10 degree block.

(3) アオザメ *Isurus oxyrinchus* (図1, 10, 56)

本種は8～9月には調査海域のほぼ全域に出現し、CPUEの多寡には特定の傾向は見られなかった。10～11月には20～44°Sに出現し、CPUEはタスマン海を除く28～38°Sで高かった。12～1月には52°S以北に分布し、CPUEはブロックによりかなり変動が多かったが、36～46°Sでやや高かった。2～4月では56°S以北に出現し、50°S以南のCPUEは極めて低かった。このように、アオザメは冬～春季には20～44°Sに分布し、夏～秋季には56°Sまで南下する傾向が見られた。また、高いCPUEを示す海域は冬～春季の30°S付近から夏～初秋の45°S付近へと移った。南太平洋の東西とタスマン海の間で顕著な差は見られなかった。

アオザメは表面水温8～26°Cに出現し、尾数CPUEは12～24°Cでやや高かったが、重量CPUEには一定の傾向は認められなかった。8～11月のCPUEは他の月より高く、表面水温別CPUEには顕著な月変化は見られなかったが、2月には分布下限水温がやや低下した。表面水温別の平均体重は、8月はデータが少ないためか変化が見られず、10～12月には19°C以上の暖水域でやや重く、9～2月には15°C以下

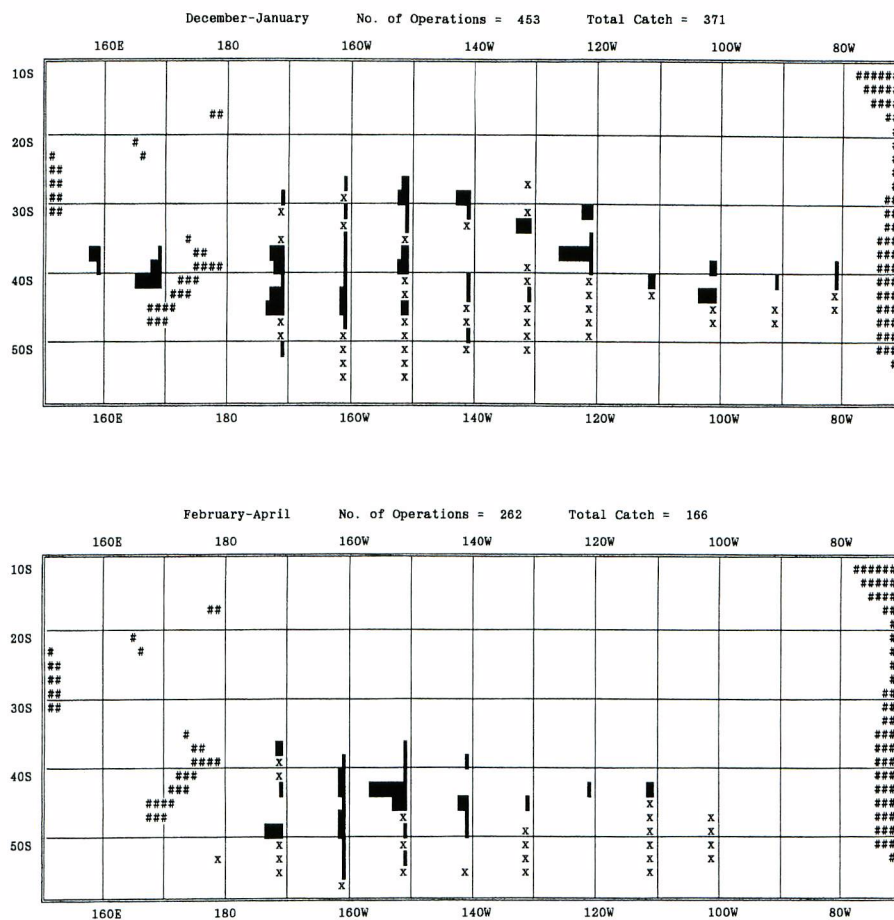


Fig. 10. Continued.

の低水温域ほど増加した。従って、10~12月では双峰型の分布となった。このように、アオザメの表面水温と平均体重の関係はニシネズミザメと類似した傾向を示したが、より暖水側に分布していた。

(4) ヨシキリザメ *Prionace glauca* (図1, 11, 57)

本種は8~9月には調査海域のほぼ全域に出現し、CPUEは極めて低かった。10~11月も調査海域のほぼ全域に分布し、CPUEはタスマン海を除き34~44°Sで高かった。12~1月には52°S以北のほぼ全域に出現し、CPUEはタスマン海を除き38~46°Sで高かった。高いCPUEが得られた水域は東部海域で40°S付近、西部海域では42°S付近であった。2~4月では52°S以北のほぼ全域に出現し、42~50°SでCPUEが高かった。このように、ヨシキリザメは52°S以北の海域に広く分布し、高いCPUEを示す海域は春季から秋季にかけて南下する傾向が見られた。

ヨシキリザメは表面水温10~28°Cに出現し、尾数CPUEは11~18°Cで、重量CPUEは12~16°Cでそれぞれ高かった。10~2月のCPUEは他の月より高い傾向にあったが、これは漁獲努力量が大きかったこ

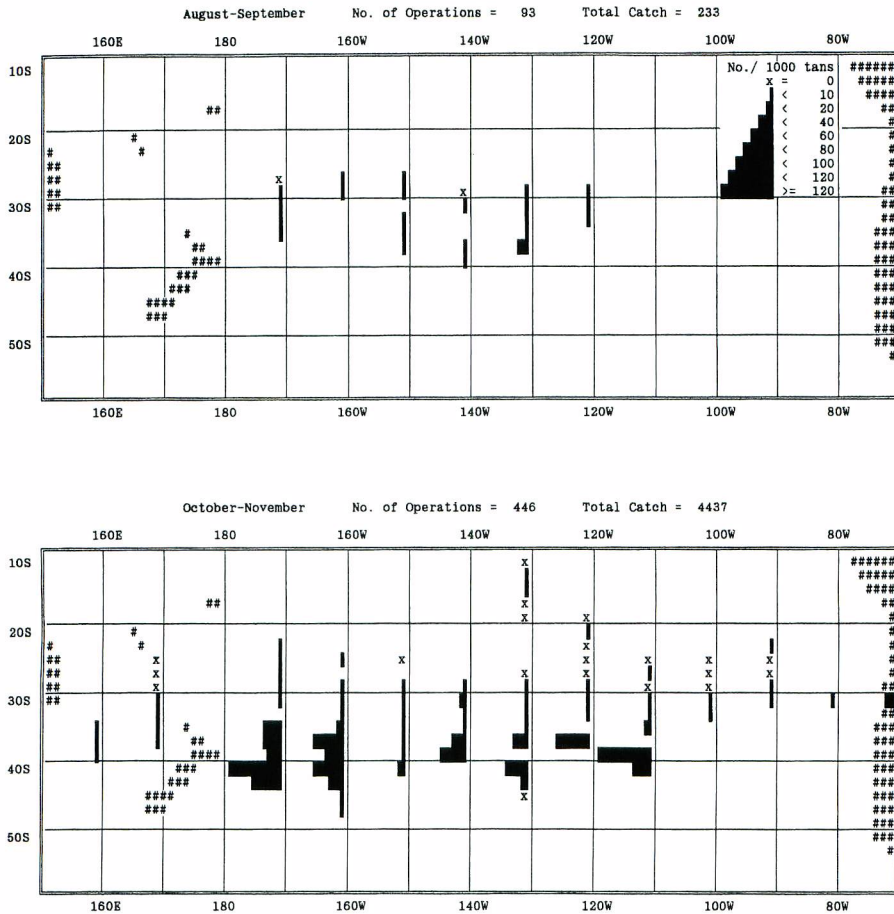


Fig. 11. Distribution of CPUE of *Prionace glauca* by 2x10 degree block.

と関連するものかも知れない。表面水温別の平均体重は、8月にはデータが少ないためか水温間で変化は見られなかった。9～2月には平均体重は15°Cより高水温側ほど、10～2月には12°Cより低水温側ほど重かった。従って、10～2月では双峰型の分布が見られた。このように、ヨシキリザメの表面水温と平均体重の関係はニシネズミザメやアオザメと類似した傾向を示したが、平均体重が暖水側でかなり重い点で前2種と異なった。また、高いCPUEを示す水温は前2種の間であった。

中野ほか(1985)および中野(1994)は、北太平洋におけるヨシキリザメの回遊を以下のようにまとめている：交尾は夏季に20°～30°Nで行われ、翌年の春～夏に30°～40°N付近で出産、幼魚期(2～5才)には雌だけが極前線域から亜寒帯域へ北上し、雌雄とも成長に従い亜熱帯海域から赤道域に南下する。また、高緯度域では雌雄が生活域を異にしたまま季節的な南北回遊を行うと考えられている。中野(1994)の示した表面水温別の体長組成によると、雌雄を合わせた平均体重は16°Cで最低となり、最も高温域(20～25°C)で最大であり、16°Cから低温域(10～14°C)へかけても徐々に重くなることが推定される。本研究による水温と平均体重の関係においても、13～15°Cを最低の平均体重とする同様な平均体重の分

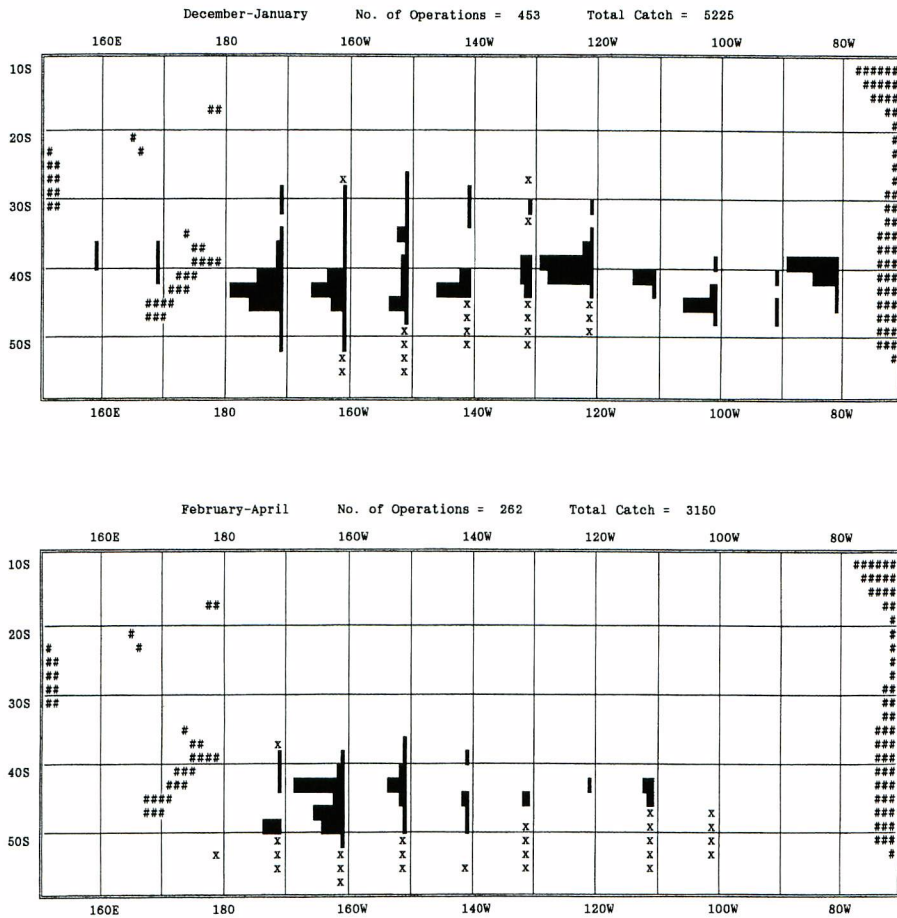


Fig. 11. Continued.

布が得られた。北太平洋における本種の回遊様式から類推し、南太平洋においても高水温域にはほぼ周年にわたり大型魚が、13~15°Cには最も小型の個体が、12°C以下には主に雌の幼魚が分布するものと思われる。さらに、本調査により高いCPUEが得られた水温帯が月によりほとんど変化しないことから、水温の季節的変動とともにヨシキリザメが南北に回遊することが推察される。

(5) マアジ属 *Tarchurus* spp. (図 1, 12, 58)

マアジ属で同定された種はチリマアジ (*T. murphyi*) だけであるが、ニュージーランドとオーストラリア南部に分布するミナミマアジ (*T. declivis*) とニュージーランドマアジ (*T. novaezelandiae*) が南太平洋西部では混在する可能性があるため、ここではマアジ属とした。マアジ属は8~9月の調査海域からは出現しなかった。10~11月には34°S以南の西部南太平洋だけに見られ、CPUEはニュージーランドより高い傾向が見られた。12~1月にはタスマン海を除く38°~52°Sに出現し、CPUEは46°~50°Sで高いブロックもあったが、一定の傾向は見られなかった。2~4月では42°~54°S以北に出現した。こ

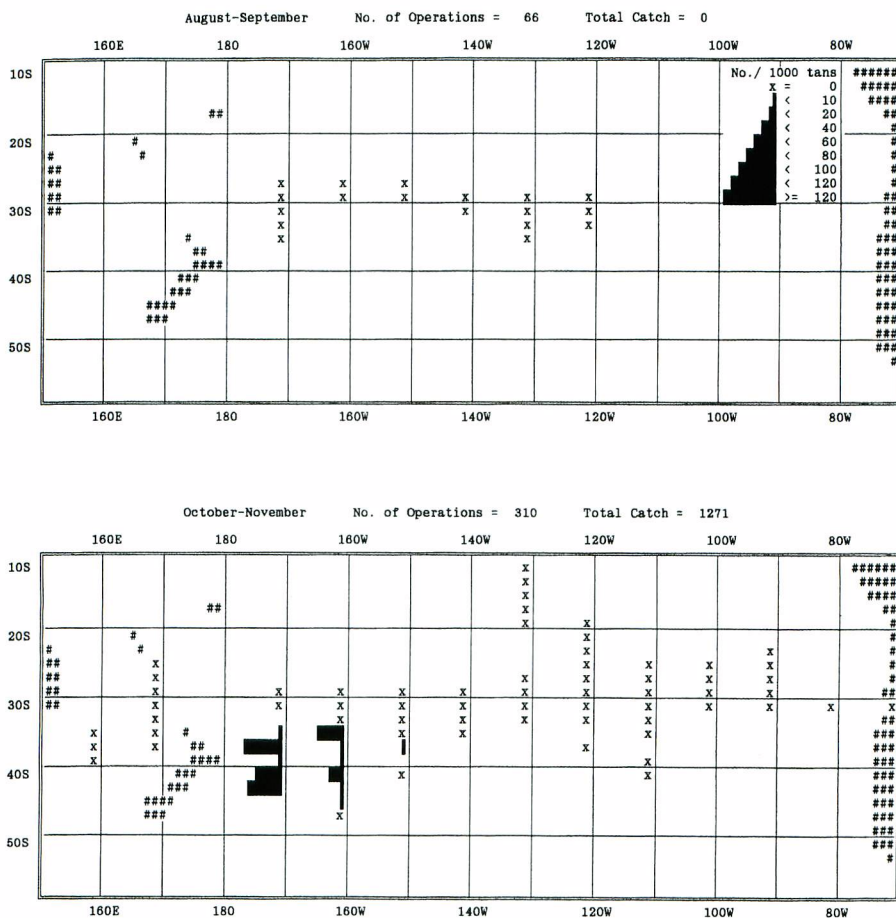


Fig. 12. Distribution of CPUE of *Trachurus* spp. by 2x10 degree block.

のように、マアジ属はタスマン海を除く南太平洋の34°~54°S に分布するが、春季より夏~秋季にかけやや南下する傾向が見られた。

マアジ属は、出現した表面水温が10~19°Cと比較的狭温性であった。尾数と重量 CPUE とともに11~16°Cで高かった。11~1月に比較的高い CPUE が得られたが、表面水温別 CPUE に顕著な月変化は見られなかった。表面水温別の平均体重にも特定の傾向は認められなかった。この一因は、今回使用した網目がマアジには大き過ぎたためと考える。本種の高い CPUE が得られた16°C以下の水温では11~2月に比較的多くの漁獲努力が注がれた。そのため、2月での CPUE の低下は調査海域からの移出を示すものかも知れない。

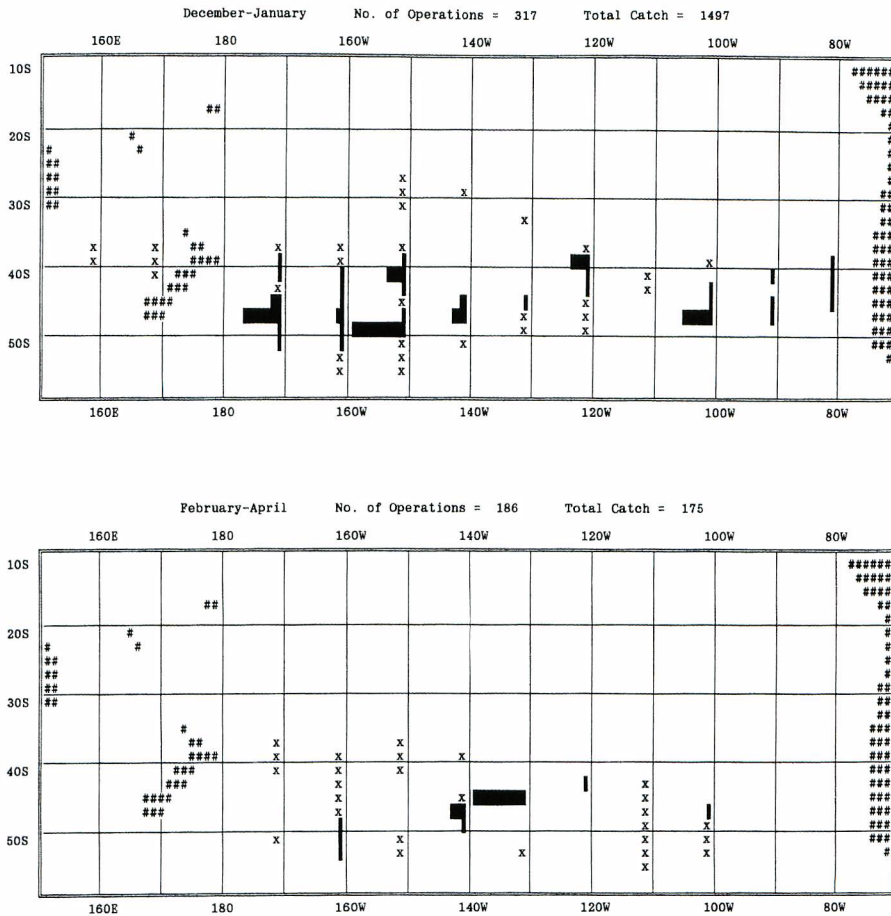


Fig. 12. Continued.

(6) ニシシマガツオ *Brama* spp. (図 1, 13, 59)

南太平洋には、ニシシマガツオ *Brama brama* とその近縁種であるマルオシマガツオ *B. sp.* (Mead, 1972) および *B. australis* が分布する (Yatsu, 1990; Pavlov, 1991)。*Brama* sp. と *B. australis* の種の相違は未解決である。また、低緯度域ではこれら以外のシマガツオ属 (*B. dussmieri* など) が含まれていた可能性も排除できない。これらは流し網に大量に漁獲され、形態的にも極めて類似するため、船上での区分は困難であった。従って、本研究ではこれらを便宜的にニシシマガツオとしてまとめた。なお、筆者の乗船中の印象では *B. sp.* (= ? *B. australis*) が優占し、次いで *B. brama* が多く漁獲された。

ニシシマガツオは 8 ~ 9 月には調査海域のほぼ全域に出現し、CPUE は南東の 1 ブロックでやや高かった。10 ~ 11 月には 90° ~ 110°W を除く 20°S 以南の調査海域のほぼ全域に出現し、高い CPUE はタスマン海を除く南太平洋の 36°S 以南で見られた。12 ~ 1 月では 28° ~ 54°S のほぼ全域に出現し、CPUE は 40° ~ 52°S の特に西部で高かった。高い CPUE が得られた水域は 12 ~ 1 月の 120° ~ 170°W において東ほど北偏する傾向が見られた。2 ~ 4 月には 38° ~ 56°S のほぼ全域に出現し、46° ~ 52°S で CPUE が高かった。

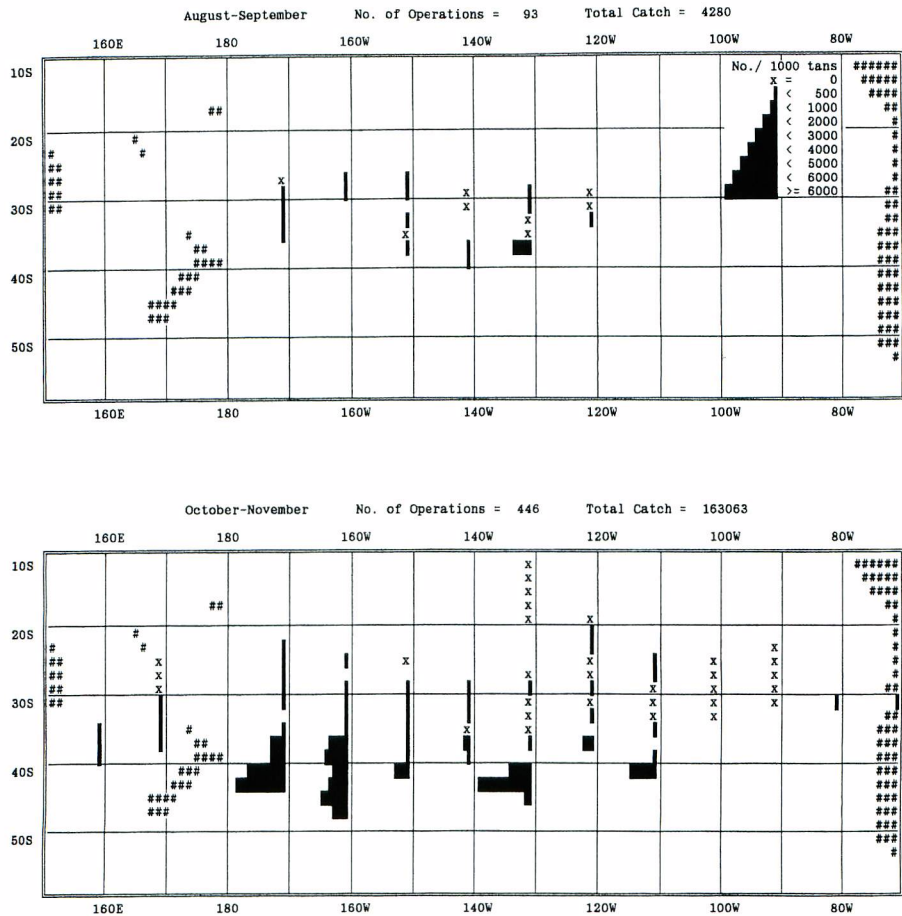


Fig. 13. Distribution of CPUE of *Brama* spp. by 2x10 degree block.

このように、ニシマガツオは20°~56°Sの広い海域に分布し、高いCPUEを示した海域は春季から秋季にかけて南下する傾向が明瞭に見られた。

ニシマガツオは表面水温7~24°Cに出現した。尾数と重量CPUEとも、9°Cで最高であった3月を除き、10~15°Cで高かった。8~9月はCPUEが低かったが、これは漁獲努力量が少なかったためとも考えられる。表面水温別の平均体重は、高水温域でやや軽くなる月もあったが、明瞭ではなかった。

北太平洋に分布する近縁種シマガツオ *Brama japonica* の生活史を島崎・中村(1981)は次のようにまとめている：産卵期と産卵場は冬~春季の亜熱帯域であり、春~夏季の水温上昇に伴い亜寒帯前線を乗り越え、亜寒帯域で小型魚類、頭足類、動物プランクトンを索餌し、秋季には南下する。佐々木ほか(1981)は、北太平洋のシマガツオの体長組成から3群(16~30cm, 35~46cm, 49~55cm FL)を認め、大型魚ほど北方に分布することを報告した。本研究で使用したデータの一部が得られたシマガツオ新資源開発調査において、高橋・大久保(1987)は大部分のニシマガツオが尾叉長40~55cmであり、その体長組成は双峰型または単峰型であり、160°~170°Wでは南下するほど大型魚の割合が増加するが、150°Wで

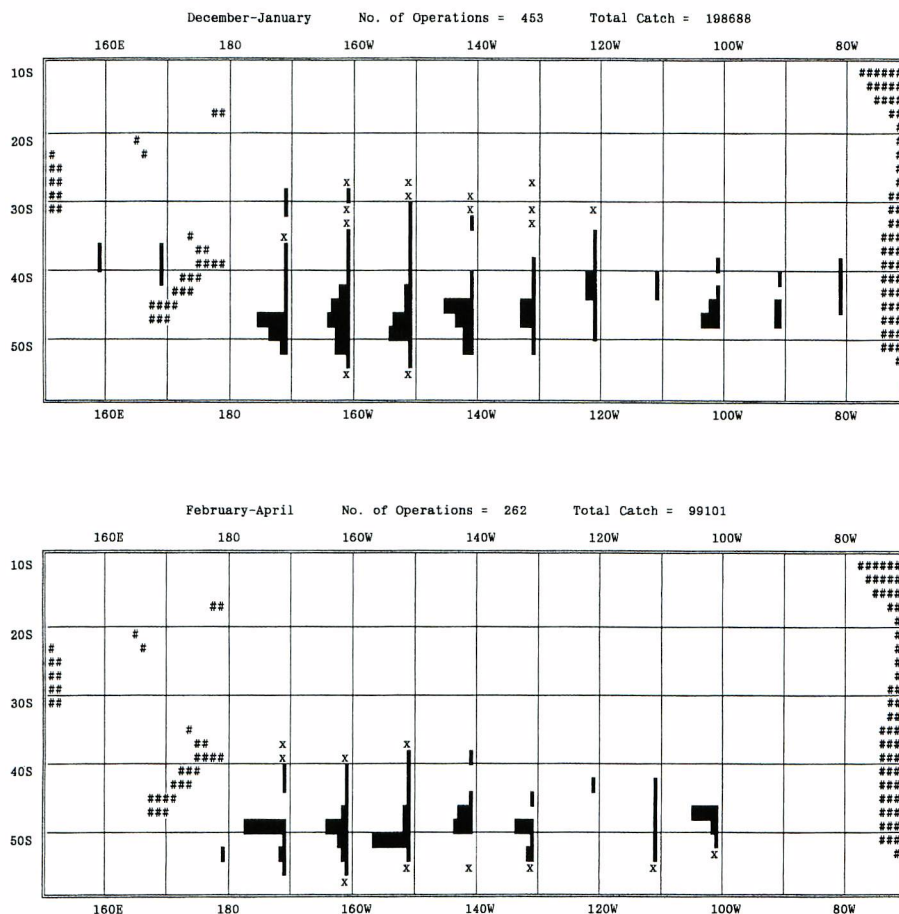


Fig. 13. Continued.

は緯度と体長には関係が見られないと報告した。今回得られた表面水温と平均体重の関係には一定の傾向は見られなかったが、その原因は全調査域をまとめたことや網目選択性にあると考えられる。

(7) ガストロ *Gasterochisma melampus* (図1, 14, 60)

本種は8～9月には28°S-140°Wと38°S-140°Wブロックを除き調査海域には出現せず、これらのブロックでもCPUEは極めて低かった。10～11月には南太平洋の34°S以南に見られ、CPUEは西部の40°S付近で高かった。12～1月では南太平洋の38°S以南のほぼ全域に出現し、CPUEは西部の48°S以南とチリ沖の40°S付近の2海域で高かった。2～4月では38°S-160°Wブロックを除き42°S以南のほぼ全域に出現したが、CPUEの多寡に特定の傾向は見られなかった。このように、ガストロは南太平洋南部を中心に分布し、冬季には希に28°Sまで北上するが、春季から秋季の分布は34°S以南に限られ、高いCPUEを示す緯度は夏季に南下する傾向が見られた。なお、北太平洋からの本種の記録はハワイ諸島から1例、東部太平洋赤道域からの1例がある (Ito *et al.*, 1994)。

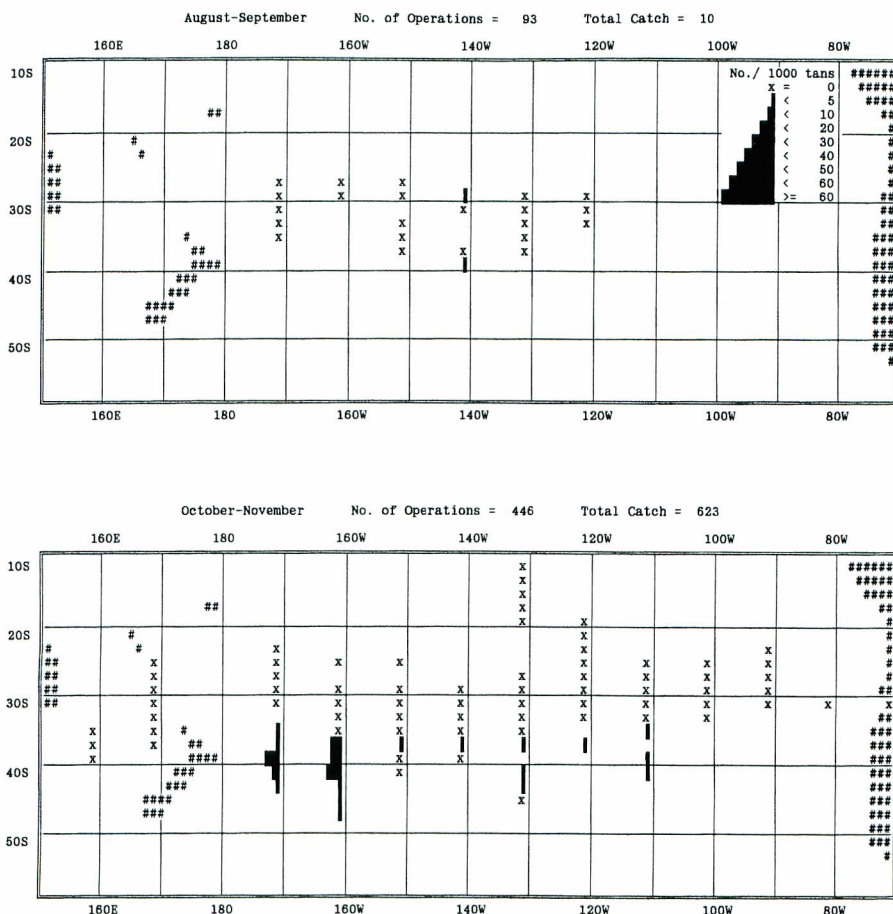


Fig. 14. Distribution of CPUE of *Gasterochisma melampus* by 2x10 degree block.

ガストロは表面水温 5～19°C に出現した。尾数 CPUE は、1～2 月では 6°C で極めて高く、暖水温ほど低かった。11～12 月における尾数 CPUE は 12～14°C で高かった。その他の月は漁獲が少なく明瞭な傾向は見られなかったが、本種の高い CPUE が得られた 14°C 以下の水温での漁獲努力が少なかったためとも考えられる。重量 CPUE も尾数 CPUE と同様な傾向であった。表面水温別の平均体重は、データの少ない月が多いものの、8、11、2～4 月の 15°C 以上の暖水域では重く、12～3 月には 12°C より低水温側ほど重い傾向を示し、従って、12 月では双峰型の分布が見られた。このように、ガストロの表面水温と平均体重の関係はニシネズミザメ、アオザメとヨシキリザメと類似した傾向を示した。ガストロの南太平洋における産卵は 5～9 月（南半球の冬季）に 35°S、90～110°W 付近で行われると推定されており（矢野ほか、1993）、暖水域での重い平均体重は産卵回遊と関係するものと思われる。延縄の釣獲率も索餌期である 11～3 月の 40°S 以南で高く（矢野ほか、1993）、流し網による 12～4 月の高い CPUE 分布域と一致した。

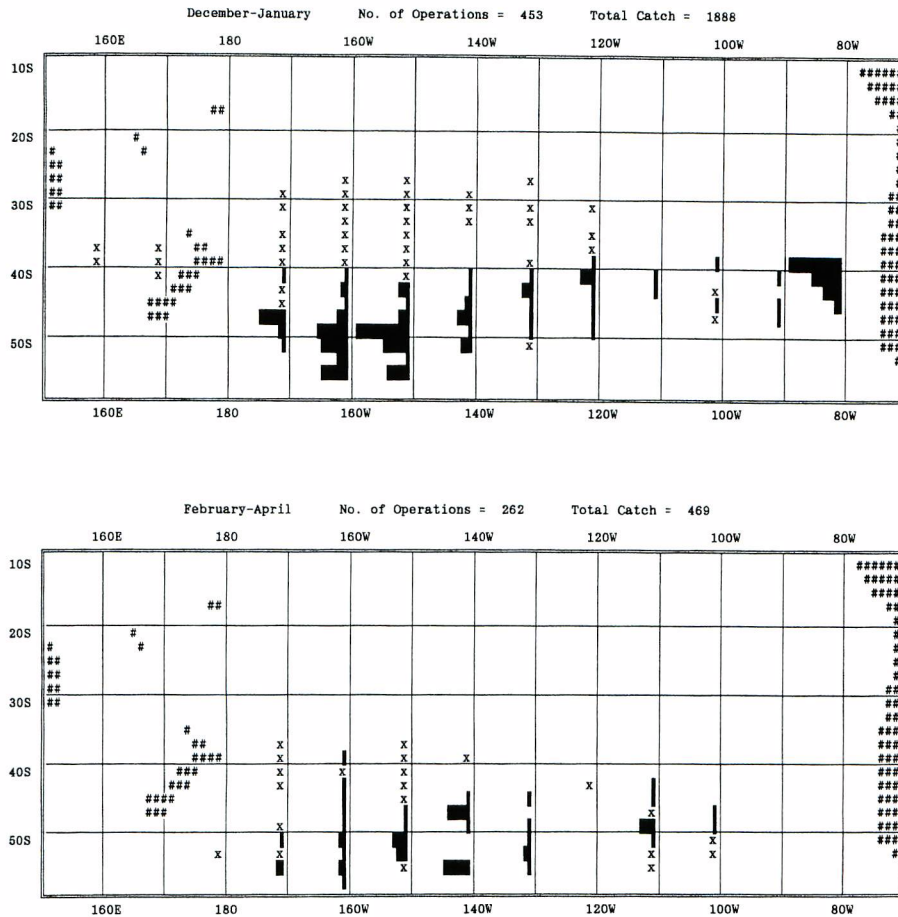


Fig. 14. Continued.

(8) アロツナス *Allothunnus fallai* (図1, 15, 61)

本種は8～9月の調査海域全域に出現し、CPUEは東側でやや高かった。10～11月には20°S以南の全域に見られ、CPUEは110°～130°W, 24°～30°S付近で高かった。12～1月は調査水域全域に出現し、高いCPUEは西部南太平洋の50°S付近と中部南太平洋の45°S付近に見られ、東部太平洋でのCPUEは低かった。2～4月には調査海域の北西部を除く全域に出現し、CPUEは南部(特に南西部)で高く、高いCPUEを示す緯度は西部から東部にかけて北偏する傾向が見られた。このように、アロツナスは20°S以南の南太平洋とタスマン海に広範囲に分布するが、高いCPUEが得られた海域は冬～春季の30°S付近から夏～初秋の45°S以南へと急速に南下した。

アロツナスは表面水温5～26°Cに出現した。尾数・重量CPUEとも8～11月では16°C以上と14°C以下で高い傾向が見られ、12月以降は6～11°Cで高く、2～3月では8～10°Cで著しく高かった。このように、表面水温別CPUEに顕著な季節変化が見られた。表面水温別の平均体重は、最も高水温域と低水温域でやや増加した月もあったが、変化は少なかった。アロツナスの生活史は第4章で詳しく論じる。

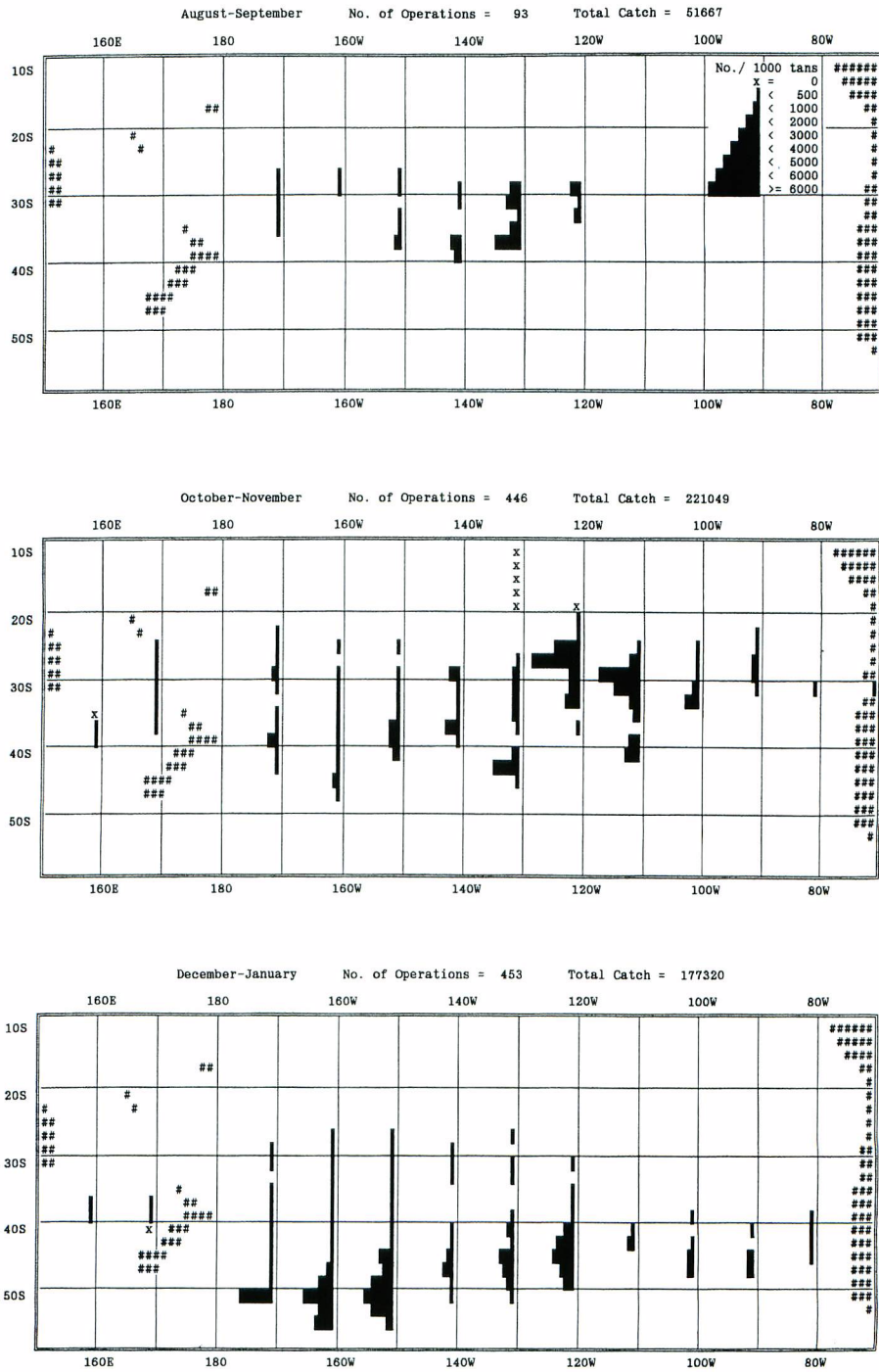


Fig. 15. Distribution of CPUE of slender tuna, *Allothennus fallai*, by 2x10 degree block.

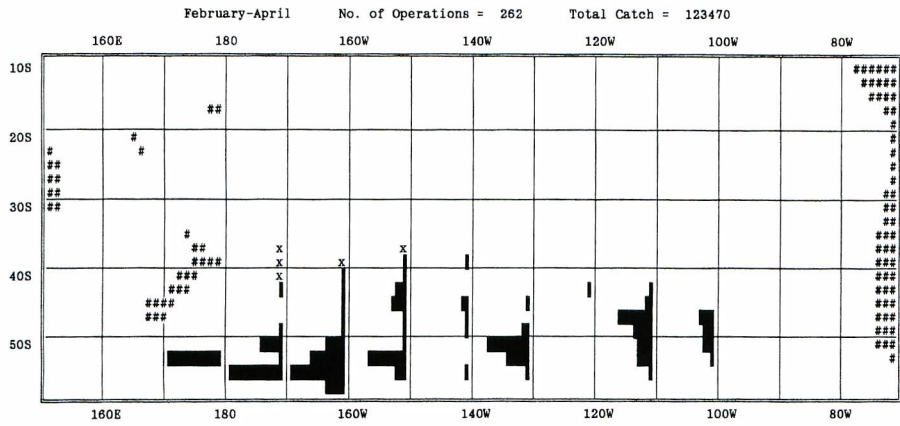


Fig. 15. Continued.

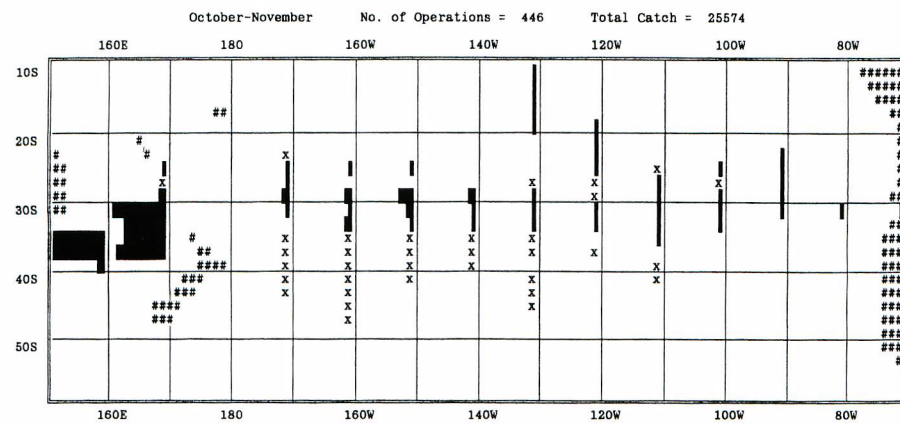
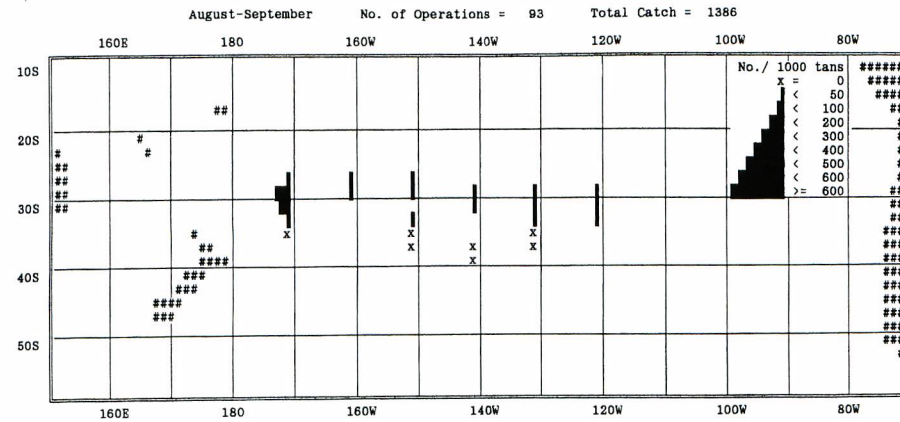


Fig. 16. Distribution of CPUE of *Katsuwonus pelamis* by 2x10 degree block.

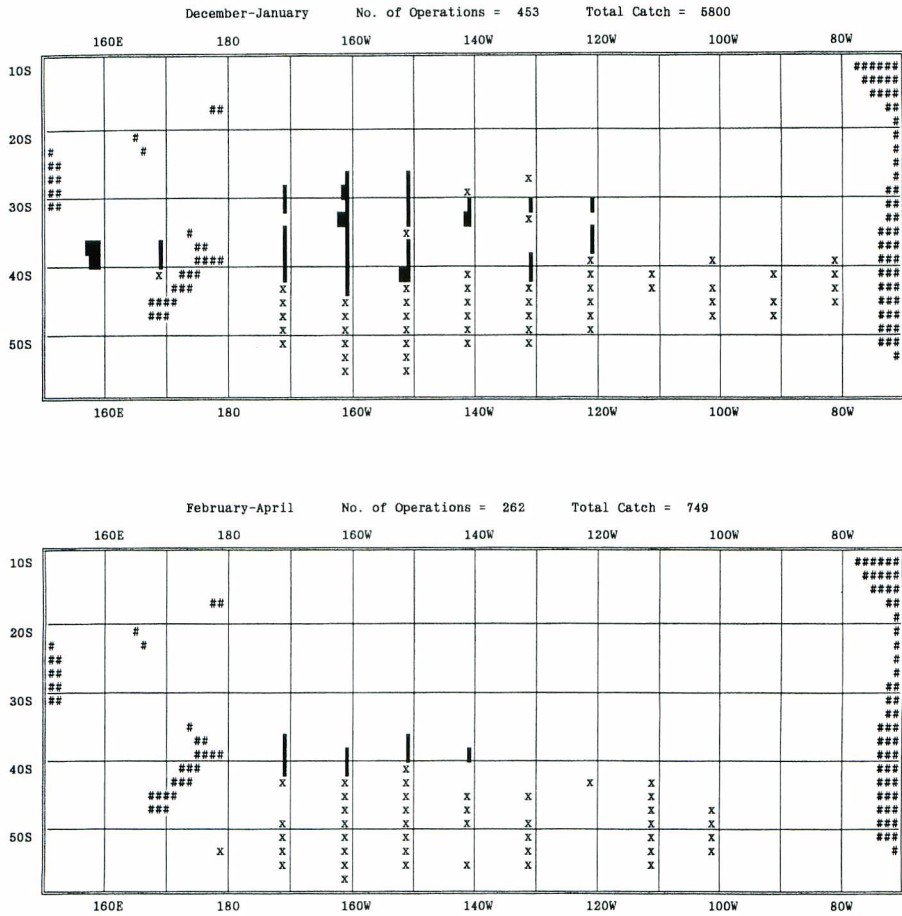


Fig. 16. Continued.

(9) カツオ *Katsuwonus pelamis* (図16, 62)

本種は8～9月には34°S以北の調査海域全域に出現し、CPUEは西端でやや高かった。10～11月にはタスマン海のほぼ全域と南太平洋の36°S以北に見られた。CPUEはタスマン海の30°S以南で著しく高く、西部南太平洋の30°S付近でやや高かった。12～1月ではタスマン海の40°S以北と南太平洋の44°S以北のほぼ全域に出現し、CPUEはタスマン海西部でやや高かったが、10～11月よりかなり低下した。2～4月では42°S以北の全域に分布したが、CPUEは低かった。このように、カツオは春季のタスマン海で高密度で見られ、南太平洋では西部でやや高いCPUEが記録された。南太平洋での分布南限は冬季の34°Sから徐々に南下し、夏季～初秋には44°Sに達した。

カツオは表面水温13～28°Cに出現した。尾数・重量CPUEとも暖水側で高かった。8～1月の範囲で、表面水温別の尾数CPUEに顕著な月変化は見られなかった。表面水温別の平均体重は10～1月では暖水域ほど重かった。

Foresberg (1980)によると、カツオの太平洋における産卵場は、赤道域を中心に西側では37°N～35°

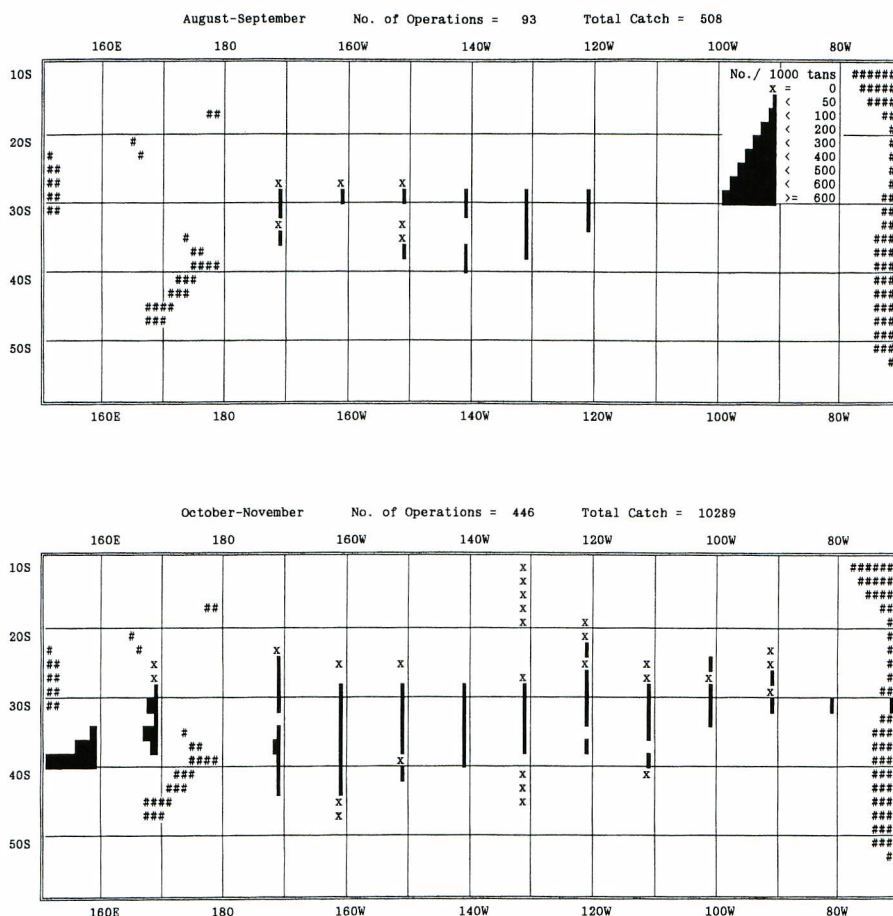


Fig. 17. Distribution of CPUE of *Thunnus alalunga* by 2x10 degree block.

Sと南北幅が広く、東部では緯度で10度程度に狭まる。また、南太平洋では10～4月にニュージーランド北方沖に成魚が出現するとされ、そこでの商業的漁獲の最適水温は17～23℃とされる（Foresberg, 1980）。本研究結果（図16, 62）は、10～12月ではこの傾向と一致したが、1月以降は21℃以上で調査が行われなかったためか、CPUEは低かった。

(10) ピンナガ *Thunnus alalunga* (図17, 63)

本種は8～9月には調査海域のほぼ全域で低いCPUEが見られた。10～11月にはタスマン海の28°S以南と南太平洋の22°～44°Sに分布し、CPUEはタスマン海の36°S以南で高かった。12～1月にはタスマン海全域と南太平洋の52°S以北に出現し、CPUEはタスマン海と南太平洋の中西部の34°～42°Sで高かったのに対し、東部では低かった。2～4月では36°～50°Sのほぼ全域に出現し、高いCPUEは36°～40°Sに見られた。このように、ピンナガはカツオに似て、春季のタスマン海に高密度で分布し、南太平洋では夏～初秋季に中西部の34°～40°Sで高いCPUEが見られた。南太平洋の分布南限は春季の44°Sから夏

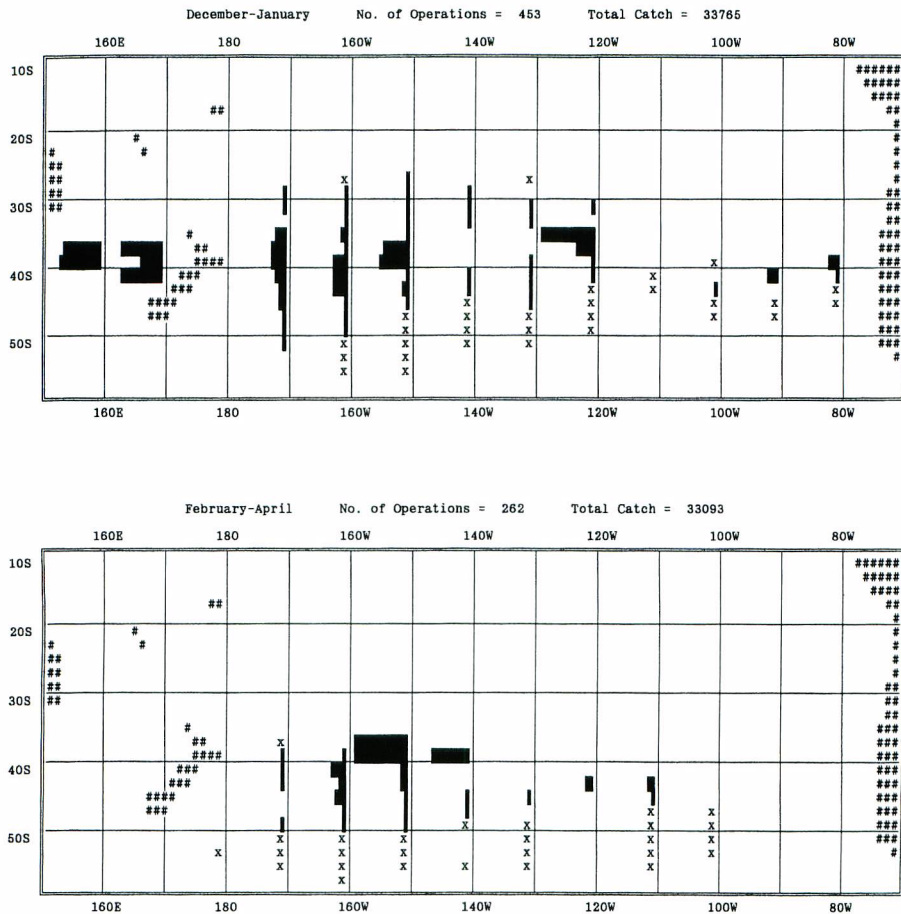


Fig. 17. Continued.

季～初秋には52°Sに南下した。

ピンナガは表面水温11～25°Cに出現した。CPUEは10月までは非常に低かったが、11月から2月にかけて急速に高まり、4月に向け急速に低下した。表面水温別に見ると尾数・重量CPUEとも12月の15°C付近でやや高かったが、2～3月では18～19°Cで高かった。北太平洋においても、夏季に特に高いCPUEを示す傾向が明瞭に認められている(Yatsu *et al.*, 1993)。10～12月の表面水温別の平均体重は16～17°Cに最小値があり、17°C以上の暖水域ほど、また、16°C以下の冷水域ほど重く、双峰型の分布を示した。その他の月でも冷水域ほど重い傾向が見られた。このように、ピンナガの表面水温と平均体重の関係は、前述のサメ類やガストロと類似した傾向を示した。

Foreman (1980)によると、ピンナガの南太平洋における産卵は、10°～25°S、105°W以西の夏季を中心に行われ、小型のピンナガは冷水域、大型個体は暖水域に分布する傾向がある。しかし、南太平洋における回遊はほとんど解明されていない。本研究結果(図63)は、ほぼForeman (1980)の示した傾向と同様であるが、15°C以下の冷水域で見ると低温域ほどやや平均体重は増加した。

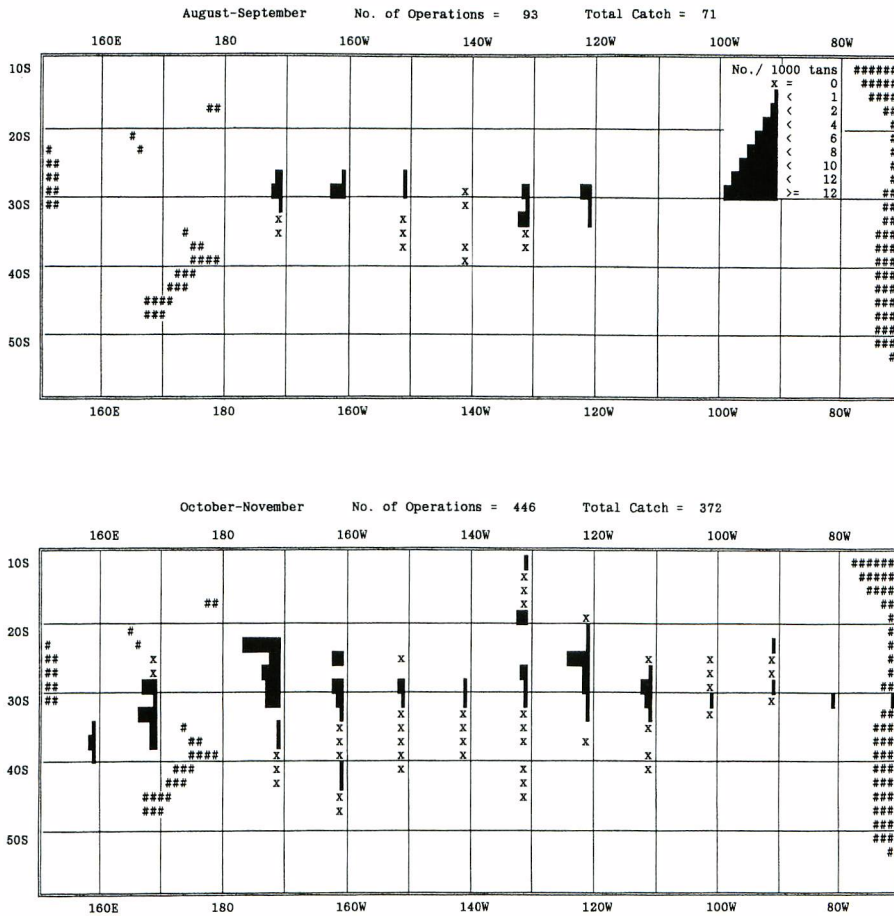


Fig. 18. Distribution of CPUE of *Xiphias gladius* by 2x10 degree block.

(11) メカジキ *Xiphias gladius* (図18, 64)

本種は8～9月には調査海域の34°S以北に分布し、CPUEに特定の傾向は見られなかった。10～11月ではタスマン海のほぼ全域と南太平洋の44°S以北に出現した。高いCPUEは西部南太平洋の22°～32°S、タスマン海の28°～34°Sと24°～28°S、110°～130°W付近に見られた。12～1月にはタスマン海の40°S以北と南太平洋中西部の44°S以北に出現し、CPUEは西部南太平洋の30°～36°S以北でやや高かった。2～4月では36°～48°Sの南太平洋中西部に出現したが、CPUEは低かった。このように、メカジキの分布南限は冬季の34°Sから春季と初夏の44°S、初秋の48°Sへと徐々に南下する傾向が見られた。比較的高いCPUEは一般に西部南太平洋に見られた。10～1月では中部南太平洋の24°～34°Sでも比較的高いCPUEが見られ、アロツナスの高いCPUE域とほぼ一致した。

メカジキは表面水温13～28°Cに出現し、10～11月の高温域で多く見られた。尾数・重量CPUEとも4月は14°Cで最高であったが(ただし漁獲努力は少ない)、他の月では16°C以上で高かった。表面水温別の平均体重は、各月ともデータが少ないものの、10～12月で双峰型の分布傾向が見られた。1～2月では

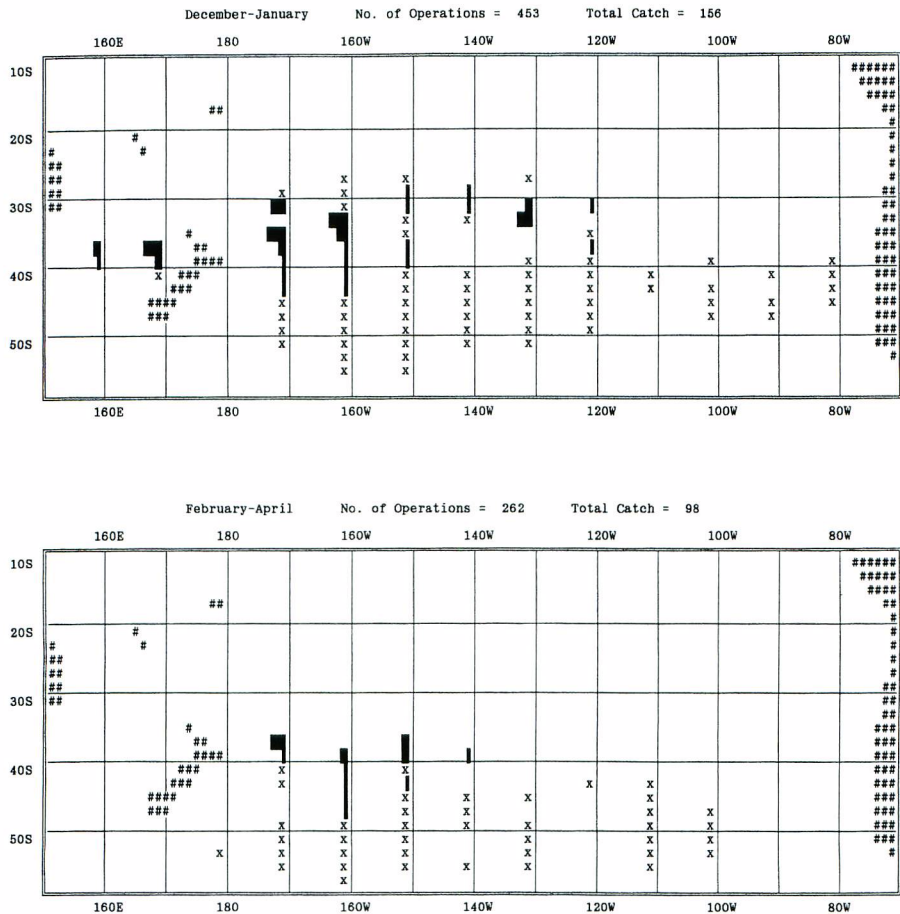


Fig. 18. Continued.

低水温域ほど平均体重は重かった。メカジキは暖水性であるが、一般的回遊は夏季に索餌のため冷水域へ、秋季は産卵と越冬のため暖水域へ移動する(Nakamura, 1985)。上記の平均体重と水温の関係から、春～夏季の索餌期には大型魚ほど低水温域へ回遊するものと思われる。

(12) アカイカ *Ommastrephes bartrami* (図19, 65)

本種は8～9月には調査海域のほぼ全域に見られ、CPUEは低かった。10～11月ではタスマン海のほぼ全域と南太平洋の18°～44°S以北に分布し、高いCPUEは西部南太平洋の28°～40°Sとタスマン海の33°S付近に見られた。12～1月には50°S以北の南太平洋とタスマン海に出現し、CPUEは南太平洋の30°～38°Sでやや高かった。2～4月では38°～52°Sの南太平洋に出現し、CPUEは48°S以北で高かった。このように、アカイカの分布南限は春季の44°Sから初秋の52°Sへと徐々に南下した。なお、本研究で使用した網目はアカイカには過大であった。

アカイカは表面水温10～26°Cに出現した。尾数・重量 CPUEとも表面水温12～17°Cでやや高かったが、

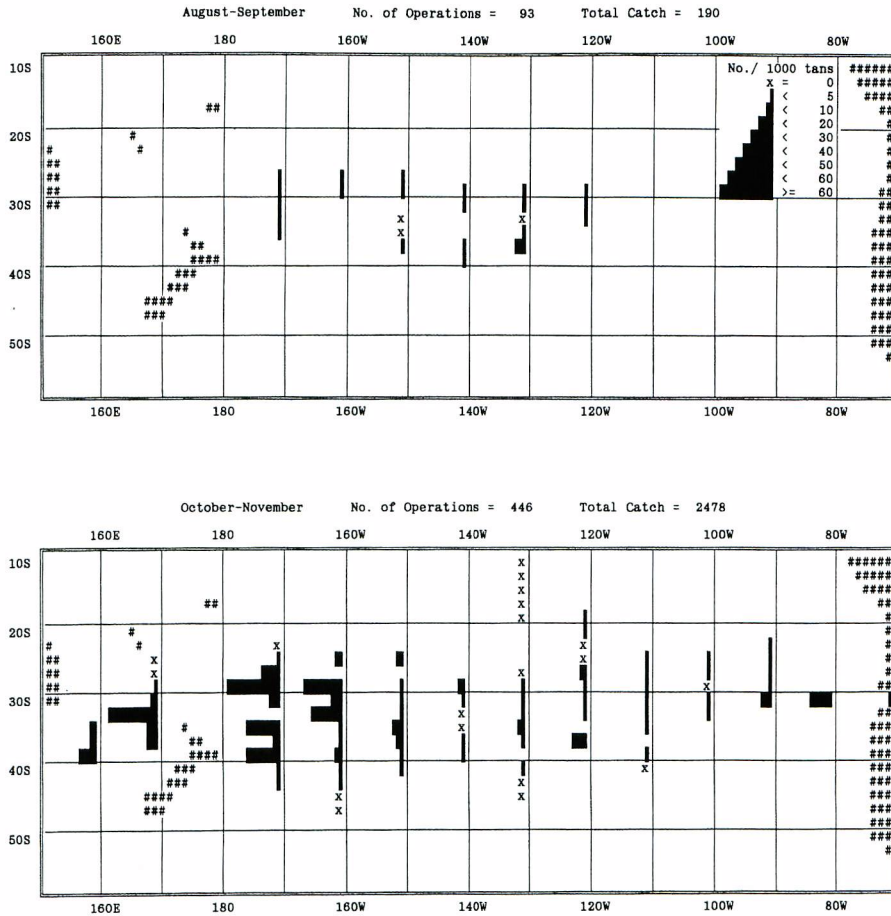


Fig. 19. Distribution of CPUE of *Ommastrephes bartrami* by 2x10 degree block.

明瞭でない月も多かった。表面水温別の平均体重は、12～2月は双峰型の分布を示した。10～11月は24°Cを除き17～18°Cで重かった。アカイカの北太平洋における産卵は冬～春季にハワイ諸島と小笠原諸島近海で知られており、より大型に成長する雌は雄より寒冷域に分布する(谷津, 1992)。本研究で見られた夏季の冷水域ほど平均体重が重くなる傾向から、北太平洋における本種の回遊(谷津・中野, in press)と赤道を軸とした対照的關係にあると考えられた。

(13) オナガザメ属 *Alopias* spp. (図20)

総漁獲尾数は12尾で、24°～52°Sで散発的に見られた。10～2月の表面水温12～22°Cから漁獲された。

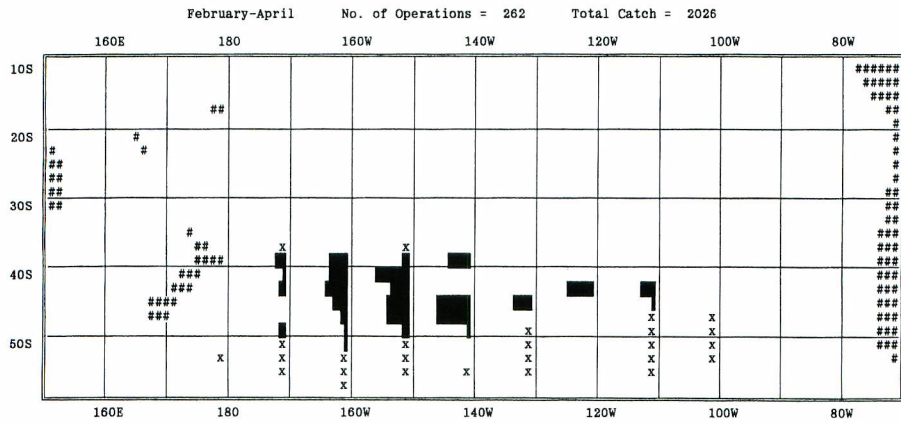
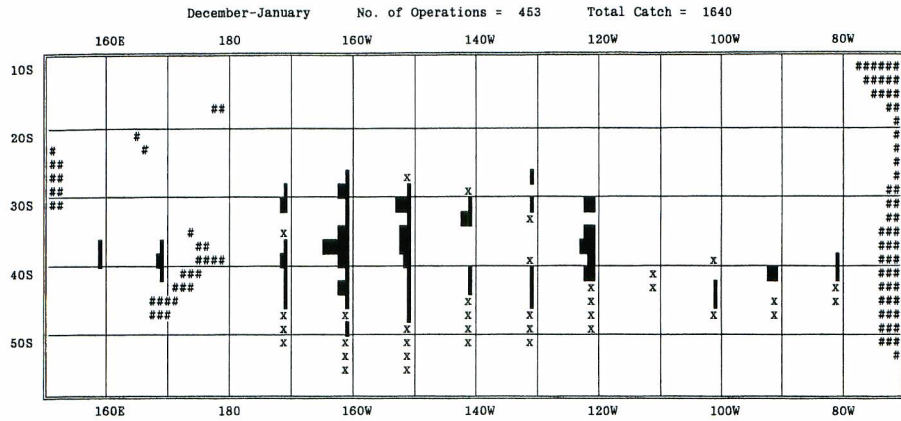


Fig. 19. Continued.

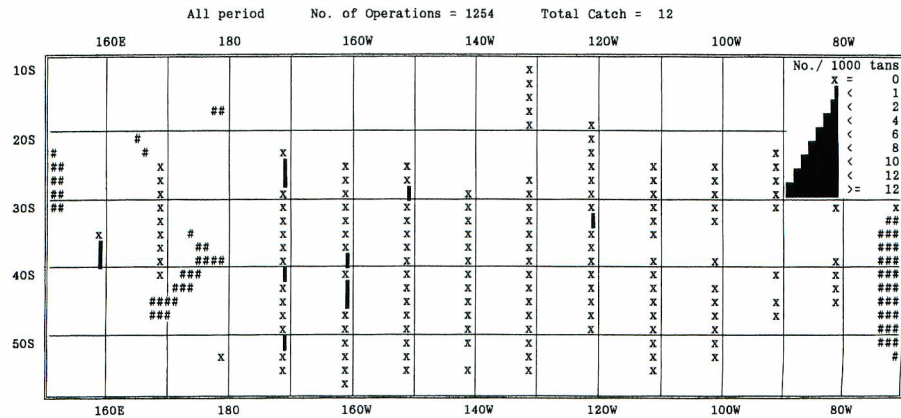


Fig. 20. Distribution of CPUE of *Alopias* spp. by 2x10 degree block.

(14) ウバザメ *Cetorhinus maximus* (図1, 21)

総漁獲尾数は32尾であった。150°W以西の30°~54°Sと44°S-90°Wブロックで散発的に見られたが、西部南太平洋でやや分布が多い傾向にあった。10~2月の表面水温9~19°Cから漁獲された。1986年1月に37°S, 171°Wで漁獲された個体は全長291cm, 吻端が上方を向いた幼魚であった(図1)。本種の主要分布域は中高緯度の沿岸域とされる(Compagno, 1984a)。本研究によりウバザメが外洋域にも分布することが明らかとなった。また、本種の幼魚(3m未満)の記録は極めて希である(Compagno, 1984a)。

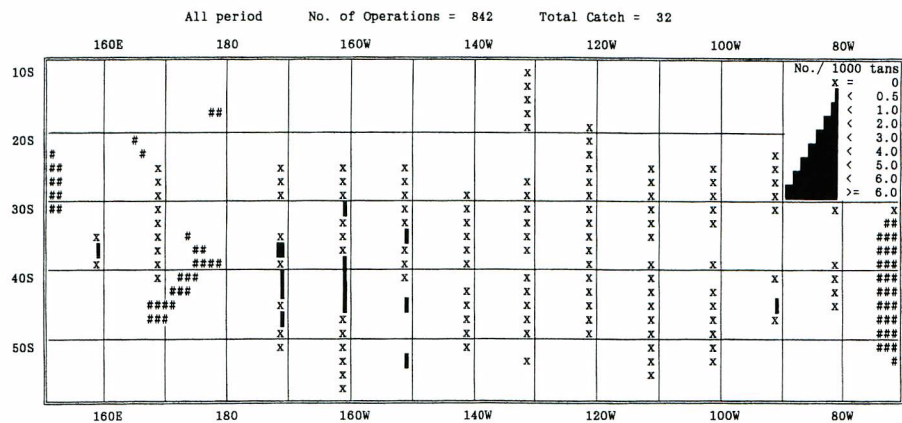


Fig. 21. Distribution of CPUE of *Cetorhinus maximus* by 2x10 degree block.

(15) メジロザメ科 Carcharinidae (図22)

ヨゴレ *Carcharinus longimanus* とクロトガリザメ *C. falciformis* が同定された。総漁獲尾数は39尾であった。24°S以北の表面水温23°C以上で漁獲された。

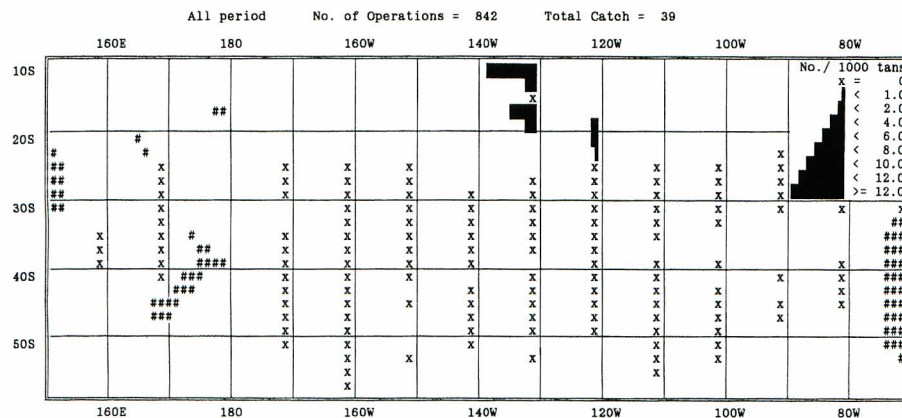


Fig. 22. Distribution of CPUE of the Carcharinidae by 2x10 degree block.

(16) シュモクザメ属 *Sphyrna* spp. (図23)

総漁獲尾数は55尾であった。20°~40°S で散発的に見られ、タスマン海北部でやや CPUE が高かった。表面水温18~26°Cから漁獲された。

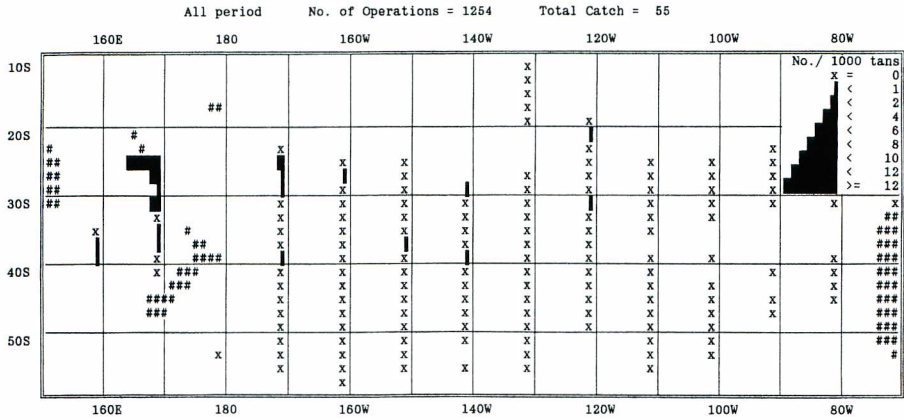


Fig. 23. Distribution of CPUE of *Sphyrna* spp. by 2x10 degree block.

(17) ツノザメ科 Squalidae (図24)

アブラツノザメ *Squalus acanthias* が同定された。総漁獲尾数は14尾であり、12~2月の42°S以南、表面水温8~11°Cで漁獲された。

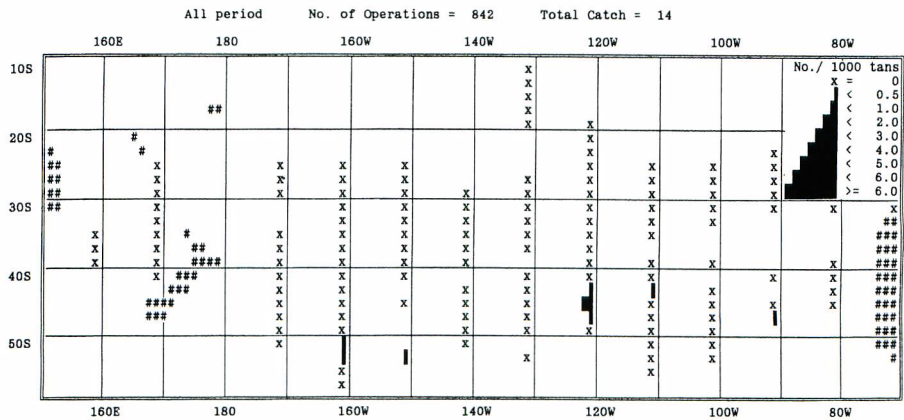


Fig. 24. Distribution of CPUE of the Squalidae by 2x10 degree block.

(18) ダルマザメ *Isistius brasiliensis* (図25)

総漁獲尾数は243尾であった。26°~40°S に分布し、30°S 付近でやや高い CPUE が見られた。9~12月の表面水温17~22°Cから漁獲された。同様な水温帯で調査した1~3月には全く見られなかったことは興味深い。本研究で使用した目は本種には明らかに過大である。ダルマザメによりえぐりとられた傷のあるサバ科やカジキ亜目魚類も見られた。本種は汎熱帯性分布 (circum tropical) 種で、表層~3,500 m の間に生息するとされる (Compagno, 1984a)。本研究では26°S 以北で漁獲されなかったことと9~12月に30°S 付近で多く見られたことから、アロツナスの高密度域と対応した分布を示すものかも知れない。

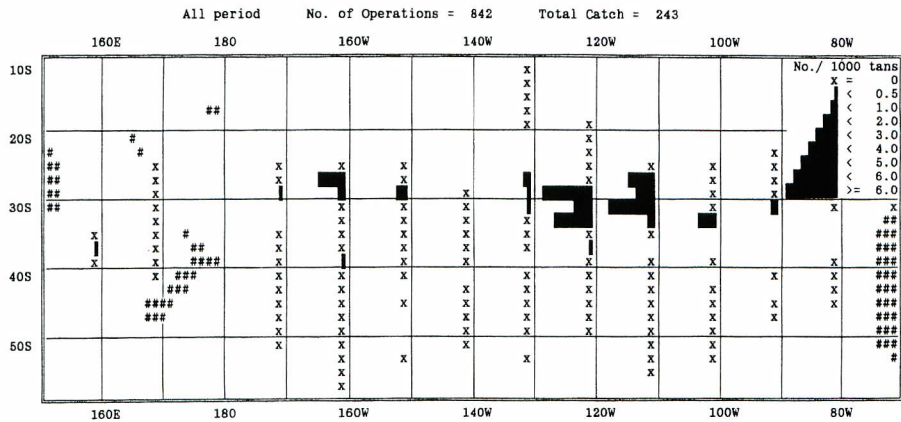


Fig. 25. Distribution of CPUE of *Isistius brasiliensis* by 2x10 degree block.

(19) アカエイ科 Dasyatidae (図26)

総漁獲尾数は59尾であった。9~3月の22°~44°S, 表面水温14~22°Cから漁獲された。

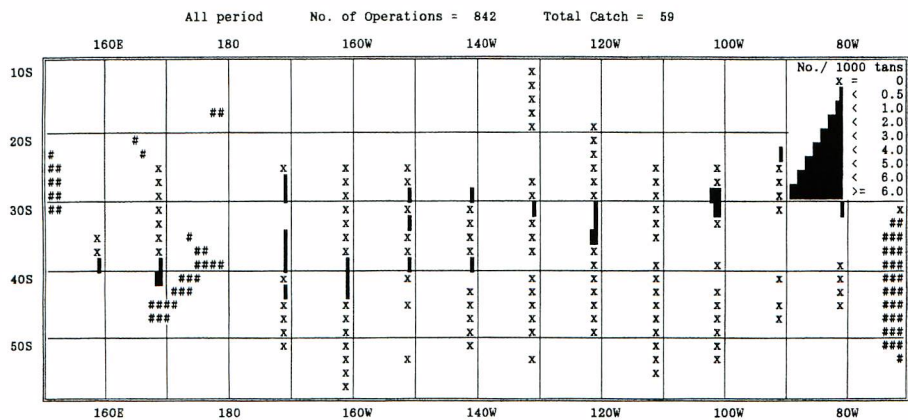


Fig. 26. Distribution of CPUE of the Dasyatidae by 2x10 degree block.

(20) イトマキエイ科 Mobulidae (図27)

総漁獲尾数は6尾であった。10～11月の30°S以北、表面水温20～28°Cから漁獲された。

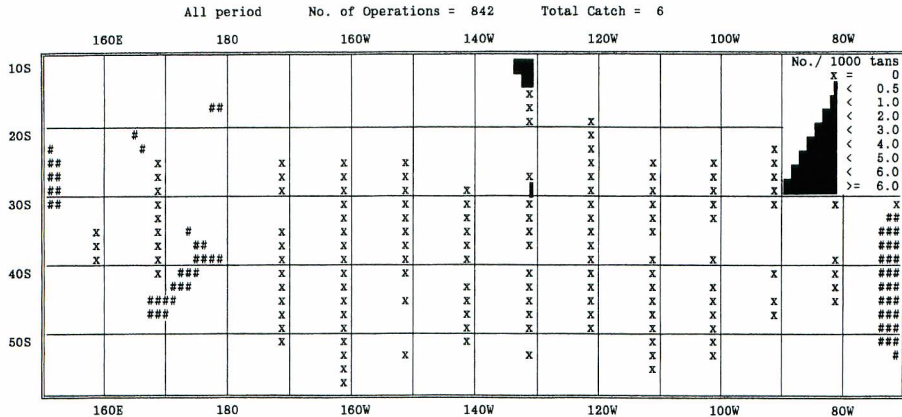


Fig. 27. Distribution of CPUE of the Mobulidae by 2x10 degree block.

(21) ハダカエソ科 Paralepididae (図28)

同定された種はミナミキサビウロコエソ *Paralepis atlantica* だけであった。総漁獲尾数は10尾であった。12～2月の42°S以南、表面水温9～15°Cから漁獲された。本研究で使用した目合は本種には明らかに過大である。

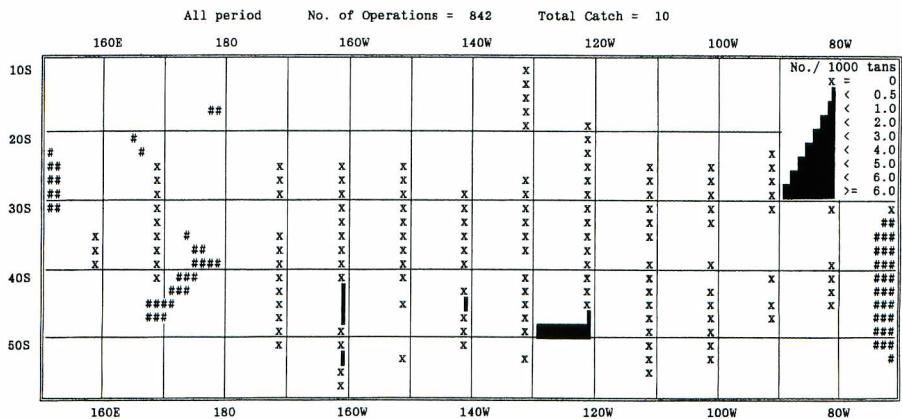


Fig. 28. Distribution of CPUE of the Paralepididae by 2x10 degree block.

(22) ミズウオ属 *Alepisaurus* spp. (図29)

総漁獲尾数は4尾であった。10~12月の24~34°S, 表面水温20~22°Cから漁獲された。

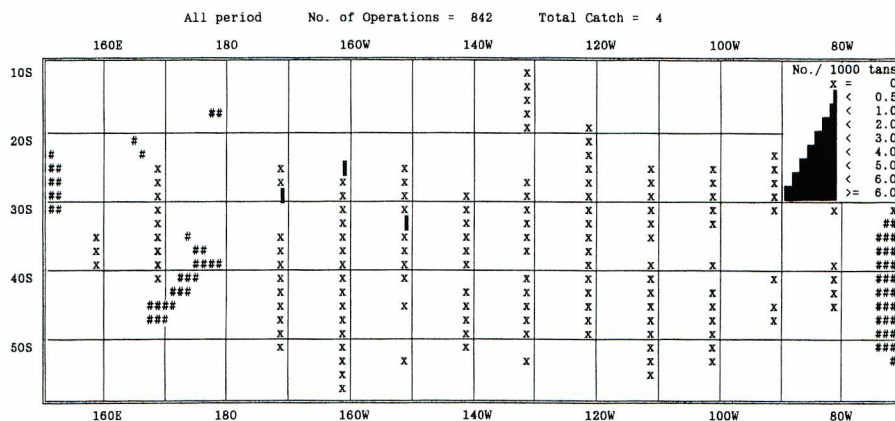


Fig. 29. Distribution of CPUE of *Alepisaurus* spp. by 2x10 degree block.

(23) トビウオ科 Exocoetidae (図30)

総漁獲尾数は17尾であった。10~12月の38°S以北, 表面水温17~28°Cから漁獲された。本研究で使用した目合は本科魚類には明らかに過大である。

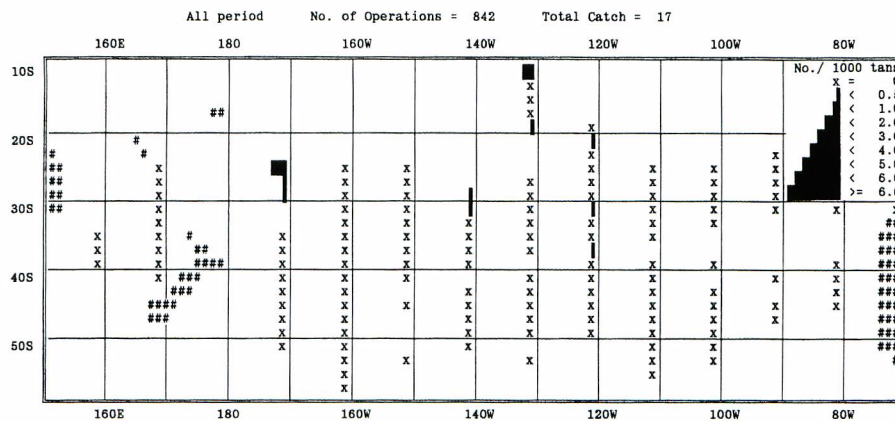


Fig. 30. Distribution of CPUE of the Exocoetidae by 2x10 degree block.

(24) クチナガサンマ *Scomberesox saurus* (図31)

総漁獲尾数は10尾であった。10～2月の28°～44°S, 表面水温15～19°Cから漁獲された。本研究で使用した目合は本種には明らかに過大である。

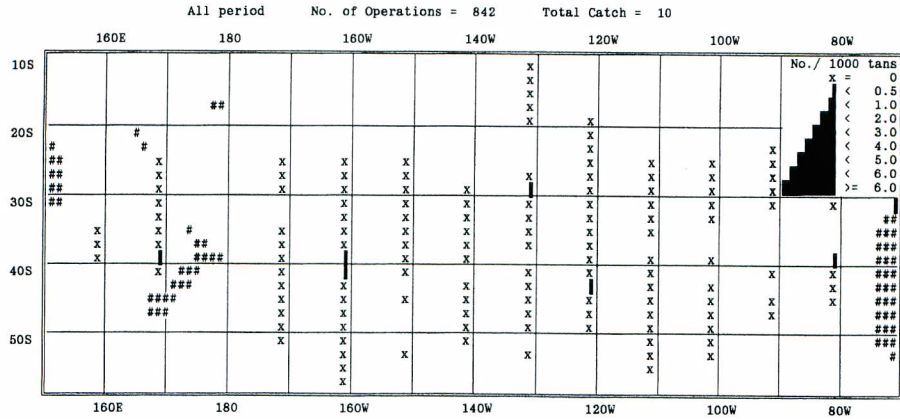


Fig. 31. Distribution of CPUE of *Scomberesox saurus* by 2x10 degree block.

(25) ニュージーランドオオハタ属 *Polyprion* spp. (図32)

総漁獲尾数は183尾であった。10～3月の24°～56°S, 表面水温9～22°Cから漁獲され、ニュージーランド東方とチリ西方で高いCPUEが見られた。

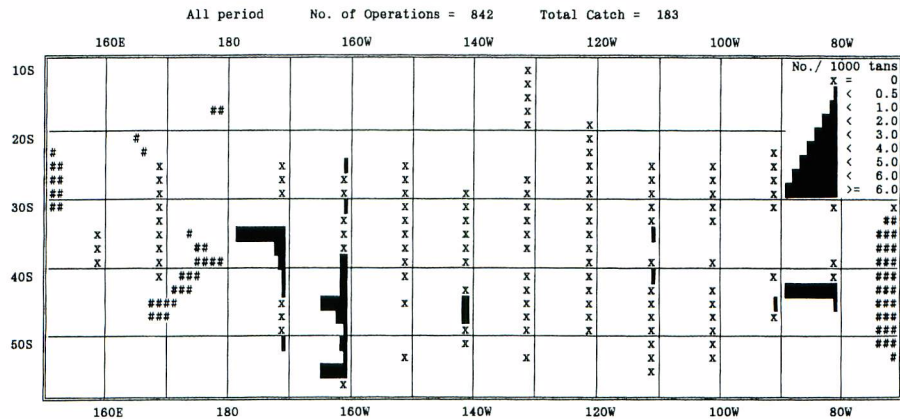


Fig. 32. Distribution of CPUE of *Polyprion* spp. by 2x10 degree block.

(26) コバンザメ科 Echeneidae (図33)

ナガコバン *Remora remora* だけが同定された。総漁獲尾数は8尾であった。10~12月の32°S以北、表面水温18~28°Cから漁獲された。本研究で使用した目は明らかに過大であり、カジキ類などの宿主に付着したまま漁獲されたと考えられる。

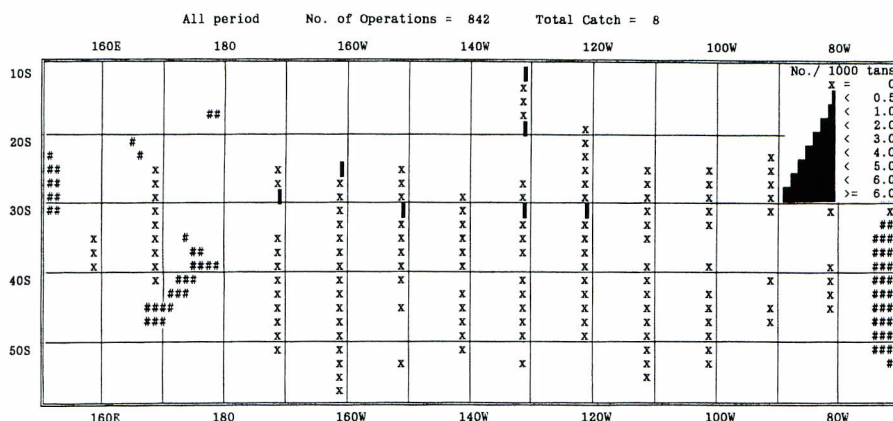


Fig. 33. Distribution of CPUE of the Echeneidae by 2x10 degree block.

(27) プリモドキ *Naucrates ductor* (図34)

総漁獲尾数は151尾であった。10~1月の24~38°S, 表面水温13~23°Cから漁獲された。本研究で使用した目は本種には明らかに過大である。

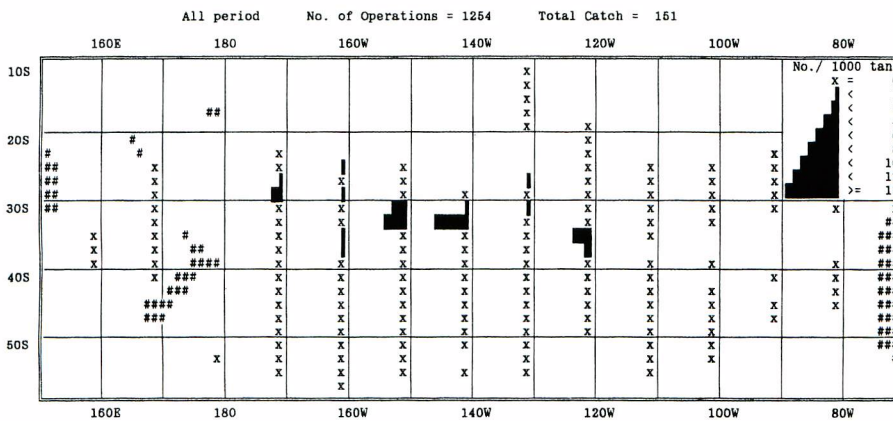


Fig. 34. Distribution of CPUE of *Naucrates ductor* by 2x10 degree block.

(28) プリ属 *Seriola* spp. (図35)

総漁獲尾数は76尾であった。8～2月の26°～42°S, 表面水温14～20°Cから漁獲された。

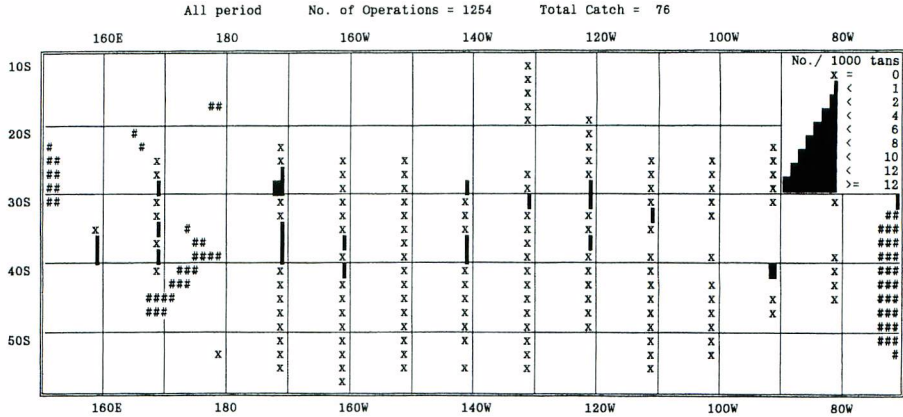


Fig. 35. Distribution of CPUE of *Seriola* spp. by 2x10 degree block.

(29) シイラ属 *Coryphaena* spp. (図36)

シイラ *C. hippus* とエビスシイラ *C. equiselis* が同定された。総漁獲尾数は592尾であった。8～1月の40°S以北, 表面水温17～28°Cから漁獲され, 東南南太平洋とタスマン海の24～30°S で高いCPUEを示したブロックが多く見られた。

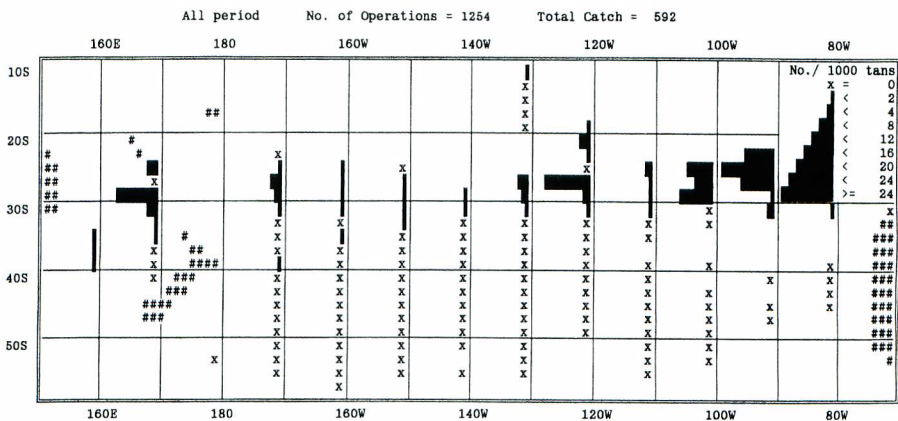


Fig. 36. Distribution of CPUE of *Coryphaena* spp. by 2x10 degree block.

(30) オニシマガツオ *Xenobrama microlepis* (図1, 37)

海洋水産資源開発センターでは *Brama* sp. 2 と呼ばれていた。総漁獲尾数は1,204尾であり、11~2月の38°S以南、表面水温8~19°Cから漁獲された。

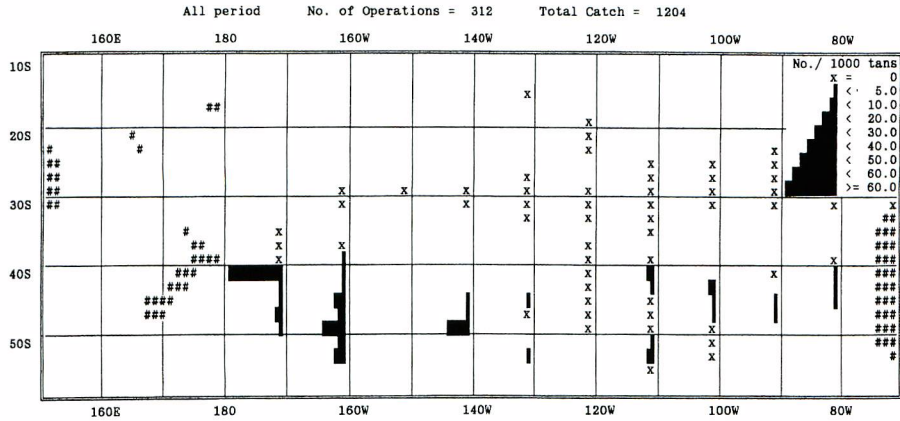


Fig. 37. Distribution of CPUE of *Xenobrama microlepis* by 2x10 degree block.

(31) クサカリツボダイの1種 *Pseudopentaceros richardsoni* (図1, 38)

総漁獲尾数は316尾であった。11~2月の36°~54°S、表面水温10~17°Cから漁獲され、40°~48°Sで高いCPUEが見られた。

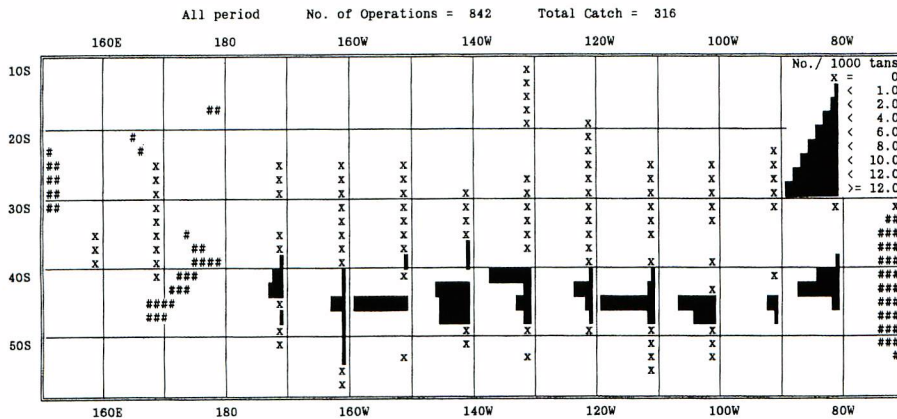


Fig. 38. Distribution of CPUE of *Pseudopentaceros richardsoni* by 2x10 degree block.

(32) クロタチカマス科 Gempylidae (図39)

クロタチカマス *Gempylus serpens* とバラクータ *Thyrstites atun* が同定された。総漁獲尾数は58尾であり、9～2月の22°～54°S、表面水温9～23°Cから漁獲された。

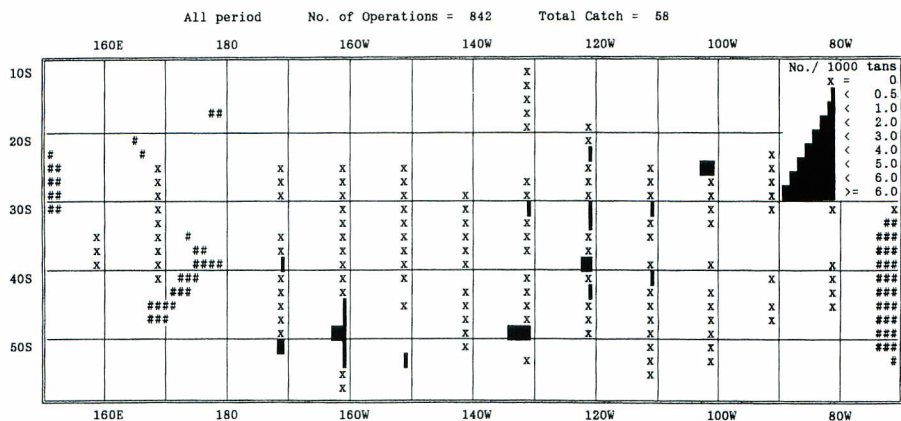


Fig. 39. Distribution of CPUE of the Gempylidae by 2x10 degree block.

(33) アブラソコムツ *Lepidocybium flavobrunneum* (図40)

総漁獲尾数は214尾であった。9～3月の24°～50°S、表面水温12～22°Cから漁獲されたが、90°～120°Wでは見られなかった。CPUEはニュージーランド北東と西方でやや高かった。

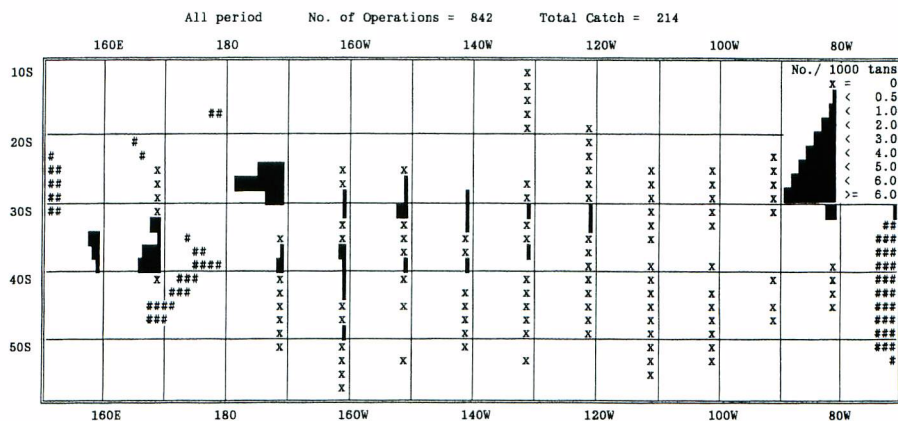


Fig. 40. Distribution of CPUE of *Lepidocybium flavobrunneum* by 2x10 degree block.

(34) パラムツ *Ruvettus pretiosus* (図41)

総漁獲尾数は24尾であった。10～1月の24°～40°S, 表面水温17～23°Cから漁獲されたが, 110°W 以東では見られなかった。

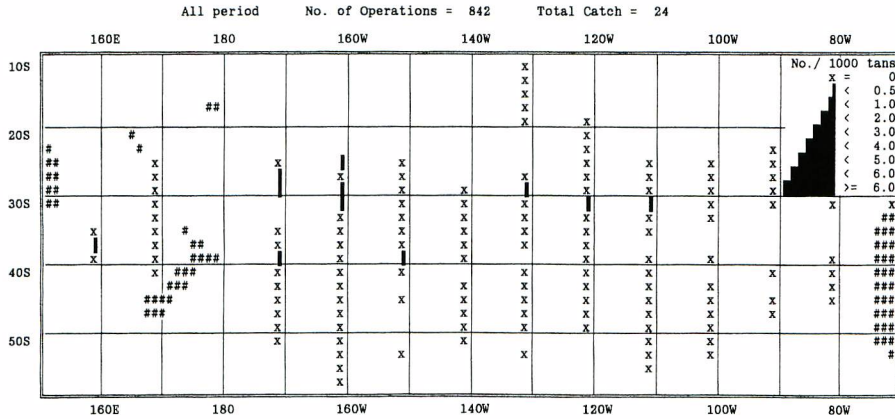


Fig. 41. Distribution of CPUE of *Ruvettus pretiosus* by 2x10 degree block.

(35) サバ属 *Scomber* spp. (図42)

総漁獲尾数は19尾であった。10～2月の30°～46°S, 表面水温13～17°Cから漁獲された。本研究で使用した目合は明らかに過大である。

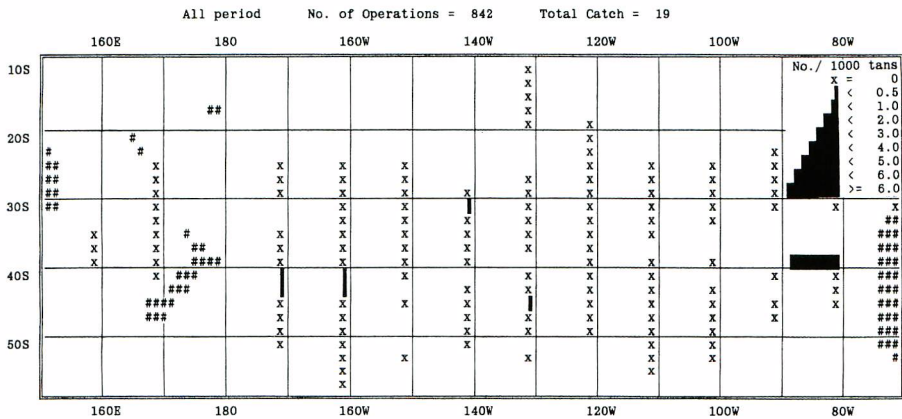


Fig. 42. Distribution of CPUE of *Scomber* spp. by 2x10 degree block.

(36) カマスサワラ *Acanthocybium solandri* (図43)

総漁獲尾数は47尾であった。8～12月の32°S以北、表面水温18～28°Cから漁獲されたが、120°W以東では見られなかった。

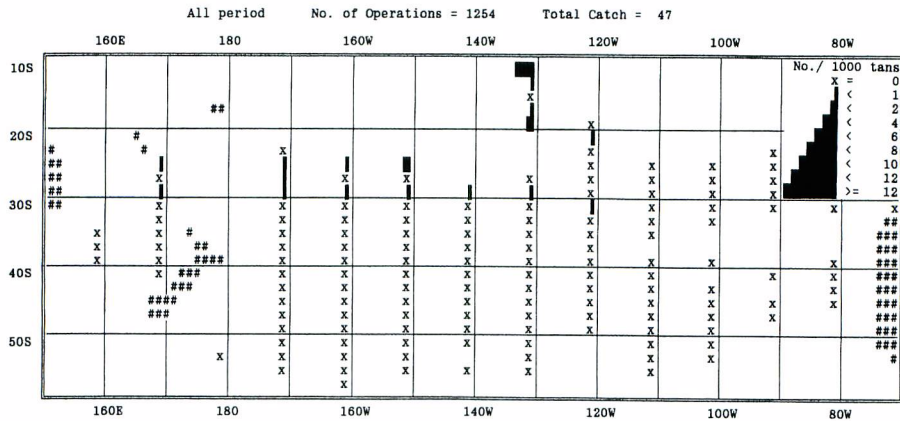


Fig. 43. Distribution of CPUE of *Acanthocybium solandri* by 2x10 degree block.

(37) キハダ *Thunnus albacares* (図44)

総漁獲尾数は351尾であった。8～2月の40°S以北、表面水温17～28°Cから漁獲され、タスマン海北部と南太平洋の16～20°S でやや高いCPUEが見られたが、110°W以東では見られなかった。

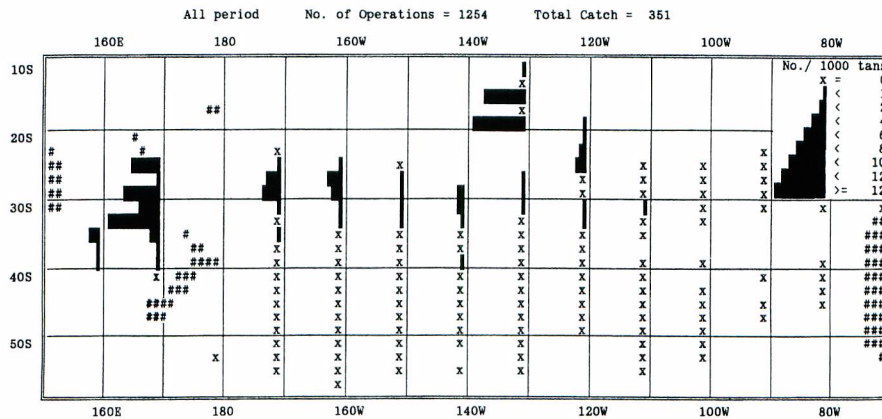


Fig. 44. Distribution of CPUE of *Thunnus albacares* by 2x10 degree block.

(38) ミナミマグロ *Thunnus maccoyii* (図45)

総漁獲尾数は39尾であった。28°S以南の140°W以西と40°S-90°Wブロックに分布していた。10～4月の表面水温10～19°Cから漁獲された。

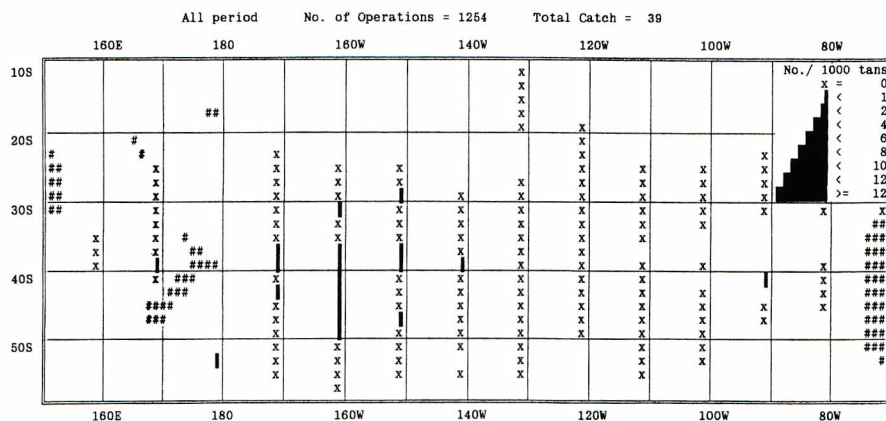


Fig. 45. Distribution of CPUE of *Thunnus maccoyii* by 2x10 degree block.

(39) メバチ *Thunnus obesus* (図46)

総漁獲尾数は234尾であった。20°～52°S に分布しており、西部南太平洋でCPUEが高かった。120°W以東では見られなかった。8～2月の表面水温12～25°Cから漁獲された。

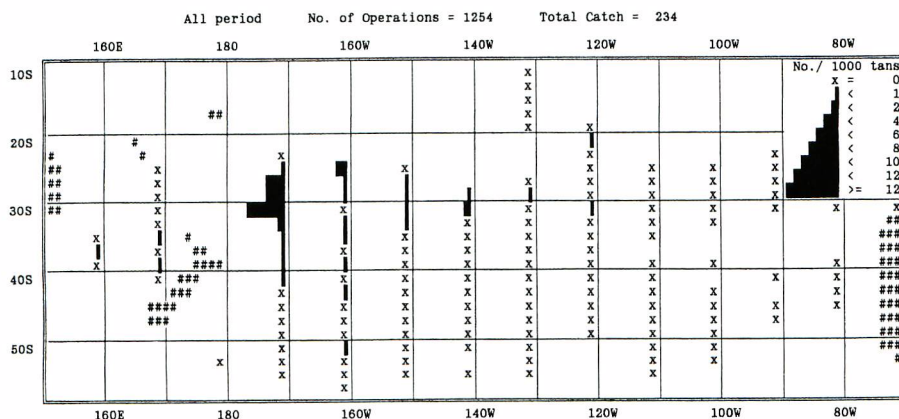


Fig. 46. Distribution of CPUE of *Thunnus obesus* by 2x10 degree block.

(40) クロカジキ *Makaira mazara* (図47)

総漁獲尾数は126尾であった。9～2月の42°S以北、表面水温17～28°Cから漁獲され、24°S以北でCPUEが高かった。

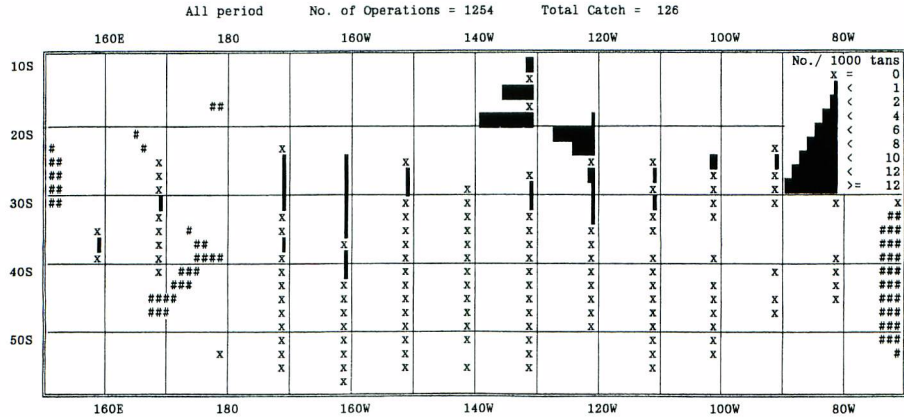


Fig. 47. Distribution of CPUE of *Makaira mazara* by 2x10 degree block.

(41) フウライカジキ *Tetrapturus anguistirostris* (図48)

総漁獲尾数は507尾であった。44°S以北に分布しており、タスマン海東部でCPUEが高かった。8～3月の表面水温16～28°Cから漁獲された。

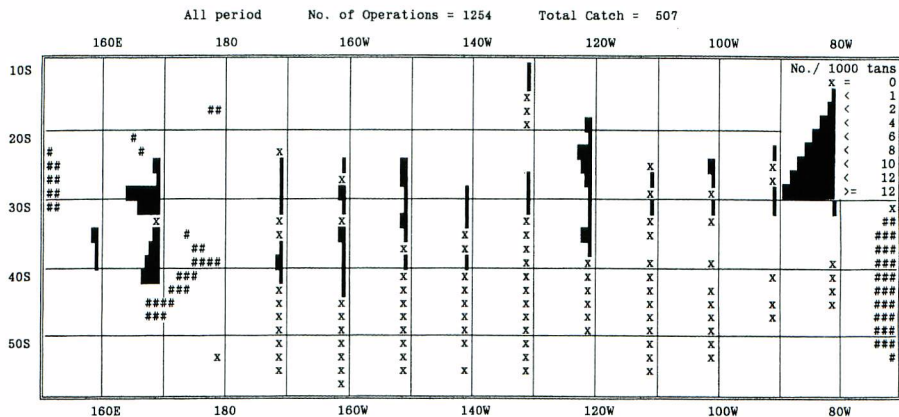


Fig. 48. Distribution of CPUE of *Tetrapturus anguistirostris* by 2x10 degree block.

(42) マカジキ *Tetraprurus audax* (図49)

総漁獲尾数は270尾であった。8～3月の44°S以北、表面水温17～28°Cから漁獲されたが、110°W以東では見られなかった。

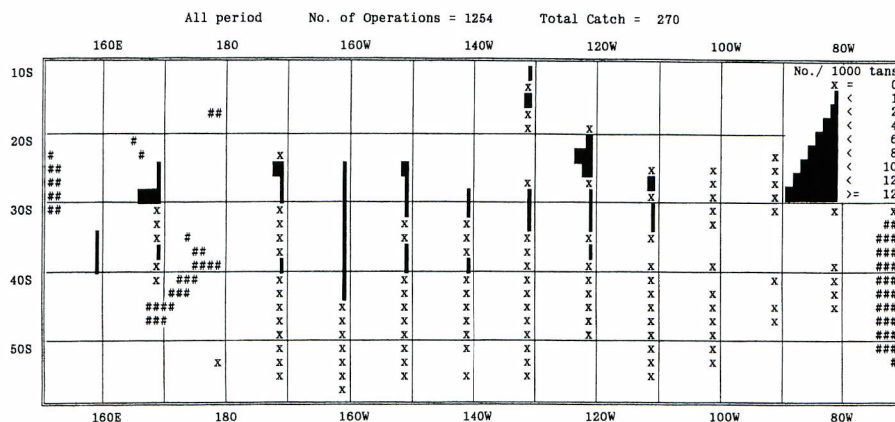


Fig. 49. Distribution of CPUE of *Tetraprurus audax* by 2x10 degree block.

(43) イボダイ科 Centrolophidae (図50)

クロナガメダイ *Centrolophus niger*, ミナミナガメダイ属 *Shedophilus* sp., および *Icichthys australis* が同定された。総漁獲尾数は1,321尾であった。26°～54°S に分布しており、南太平洋中西部の40°～50°S でCPUEが高かった。9～3月の表面水温7～23°Cから漁獲された。

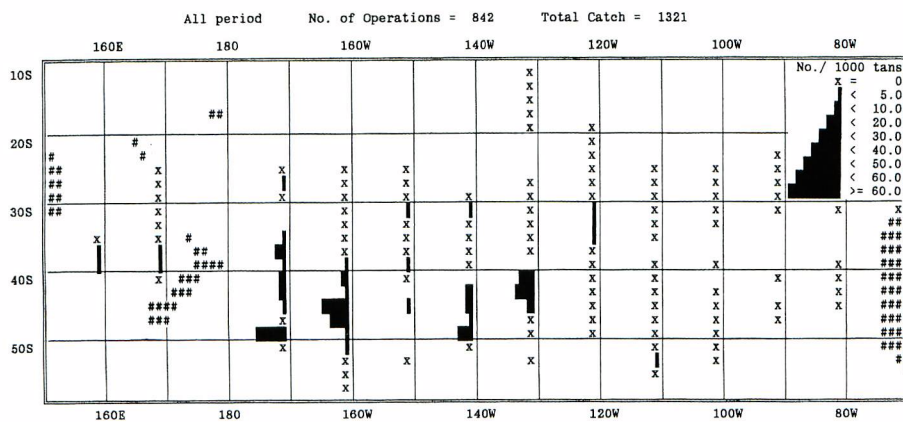


Fig. 50. Distribution of CPUE of the Centrolophidae by 2x10 degree block.

(44) エボシダイ科 Nomeidae (図51)

ミナミオキメダイ *Cubiceps caeruleus* が同定された。総漁獲尾数は253尾であった。10~2月の24°~52° S, 表面水温10~23°Cから漁獲され、ニュージーランド東方とチリ西方でCPUEが高かった。

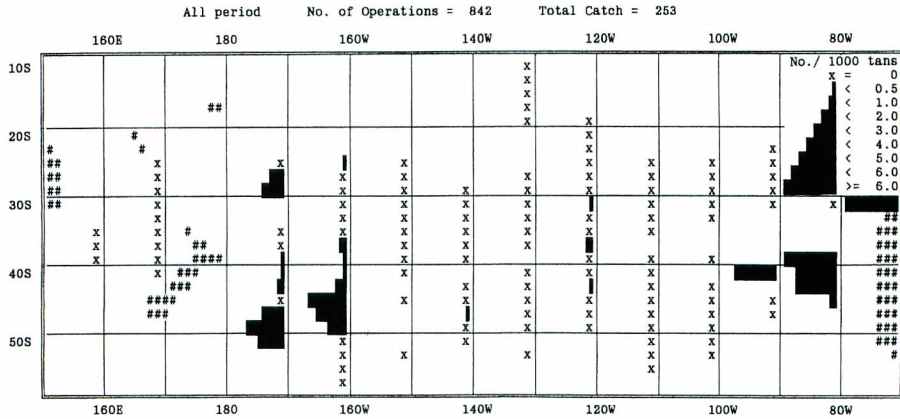


Fig. 51. Distribution of CPUE of the Nomeidae by 2x10 degree block.

(45) ハリセンボン科 Diodontidae (図52)

イシガキフグ *Chilomycturus affinis* とネズミフグ *Diodon hystrix* が同定された。総漁獲尾数は66尾であった。10~11月の42°S-160°W ブロックと32°S以北, 表面水温18~26°Cから漁獲された。

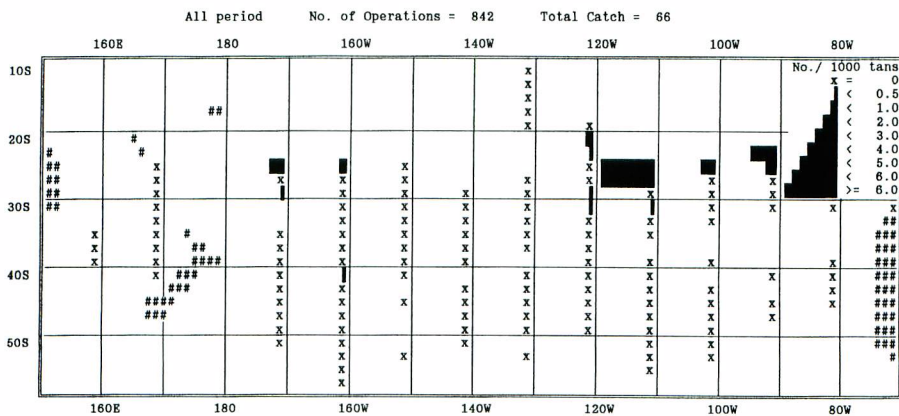


Fig. 52. Distribution of CPUE of the Diodontidae by 2x10 degree block.

(46) マンボウ *Mola mola* (図53)

総漁獲尾数は131尾であった。10～2月の22°～50°S, 表面水温11～21°Cから漁獲され、100°～130°Wの30°S付近で高いCPUEが見られた。

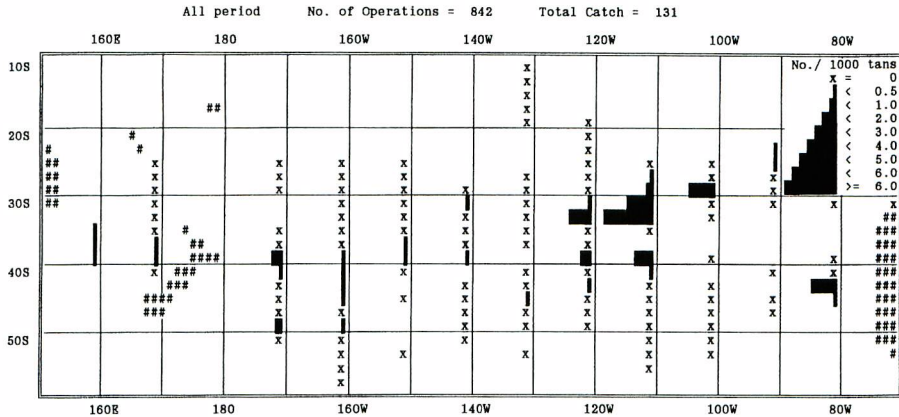


Fig. 53. Distribution of CPUE of *Mola mola* by 2x10 degree block.

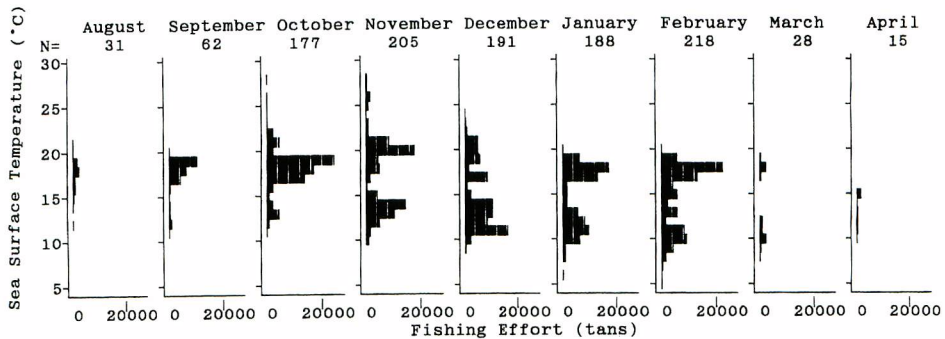


Fig. 54. Distribution of fishing effort in number of tans by sea surface temperature and by month. N: number of driftnet operations.

2.3 考察

本研究で対象とした種または種グループの分布は、タスマン海と西部南太平洋で特に高いCPUEを示すものやニュージーランド周辺とチリ沖合にだけに分布または高いCPUEが見られた種もあったものの、多くは東西に帯状に分布し、それぞれ特定の水温帯に周年見られた。この例外として、アロツナス、ピンナガ、ニシネズミザメ、アオザメが挙げられる。アロツナスは高いCPUEを示す水温が季節的に特に大きく変化した。ピンナガでは春～夏季の15～19°Cで特に高い値を示した。ニシネズミザメとアオザメは夏季にやや分布下限水温が低下した。その他の主要種では分布南限と高いCPUEを示す海域は冬か

ら夏秋季に南下したが、分布水温に季節変化はほとんど見られなかった。これは回遊が表層水の昇温に対応していることを表している。もちろんアロツナスと上記3種も夏季に南下するが、この移動は単に表面水温の季節的昇温に対応するものではなく、積極的に低水温域への分布拡大を意味する。特にアロツナスの場合は、5°C以上の水温差を1~2ヶ月の短期間に移動する。ビンナガの夏季の表層での集群は顕著であり、その由来は中層からの季節的浮上とも考えられる。

各魚種の遊泳層に関する情報は比較的限られており、その多くは北太平洋において研究された。南太平洋のニシシマガツオ類の昼間の分布水深は180~290mであった(沢田石, 1988)。北太平洋亜寒帯域のシマガツオは夜間に表面付近、昼間は水深50~100m層を中心に分布する(菊池・辻田, 1977)。北太平洋におけるアカイカの遊泳層は、夜間40m以浅、昼間は600m以深(亜熱帯域、水温は不明)または150~300m(亜寒帯域、水温は3~7°C)である(Nakamura, 1993; 中村, 1994)。北太平洋と北大西洋のメカジキの分布は、夜間は表面付近、昼間は約100m(酸素極小層がある場合)または600m以深であった(Carey and Robinson, 1981)。一方、北東太平洋でのヨシキリザメの分布水深は、昼間の平均30m、夜間の平均40mと日周変化はあまり見られなかった(Sciarotta and Nelson, 1977)。なお、アロツナスの日周行動に関する知見は無いが、内橋(1970)は本種の分布を100m以浅と推定している。

以上のように、日周鉛直運動のさかんな魚種では相当の水温差を短時間に移動しており、絶対値としての水温が分布を規定するとは思われない。しかし、後述するように表面と各層水温は各魚種の分布と対応しており、水温は南太平洋外洋域における海洋生物学の分布・回遊の指標と考えられる。

分布に比較的大きな差の見られたタスマン海とペルー海流域(100°W以東)を除く南太平洋において、漁獲された全ての種またはグループの表面水温と尾数CPUEの関係を図66に示した。ここでの魚種配列は、CPUEで重み付けた表面水温(SST index)によった。調査努力が限られたり目合が適切でなかった魚種も含まれており、全ての種を一様に扱うことはできなかったが、この図から、全51種(または種グループ)の分布の南限が最も多く見られた表面水温は10°Cと17°C(各6種)、北限は17°C(5種)、22°C(7種)、23°C(5種)26°C(7種)に多く見られた。これらの境界水温に基づき、主要種については5グループに分類するのが妥当と判断された。

- 1) 亜熱帯性種(17°C以上): キハダ, カマスサワラ, マカジキ
 - 2) 移行帯性種(10~17°C): マアジ属, クサカリツボダイの1種
 - 3) 亜熱帯~移行帯性種(10°C以上): ヨシキリザメ, ビンナガ, アカイカ
 - 4) 亜南極~移行帯性種(17°C以下): ニシネズミザメ, ガストロ
 - 5) 亜南極~亜熱帯性種(10°C以下~23°C以上): アオザメ, ニシシマガツオ, アロツナス, アカイカ
- ここで、移行帯とは亜熱帯前線域(表面水温10~17°Cで指標)と同義である。移行帯性種については第5章で論議するように漁具の選択性によるみかけの分布と考えられる。

分布の東西差は以下の種で見られた。他の海域より高いCPUEが得られた時期と海域を次に示す。なお、タスマン海は季節的に限られたため、そこでの分布は主要種だけを取り扱った。

ニシネズミザメ: 10~4月の間, 140°W以西の南太平洋西部

ニシシマガツオ: 10~4月の間, 130°W以西の南太平洋西部

(高いCPUEは西側ほど高緯度)

ガストロ: 12~1月の間, 150°W以西と90°W以東の南太平洋

アロツナス: 10~11月の間, 110°~130°Wの南太平洋中部,

12~4月の間, 110°W以西の南太平洋(高いCPUEは西側ほど高緯度)

カツオ: 10~11月の間, タスマン海

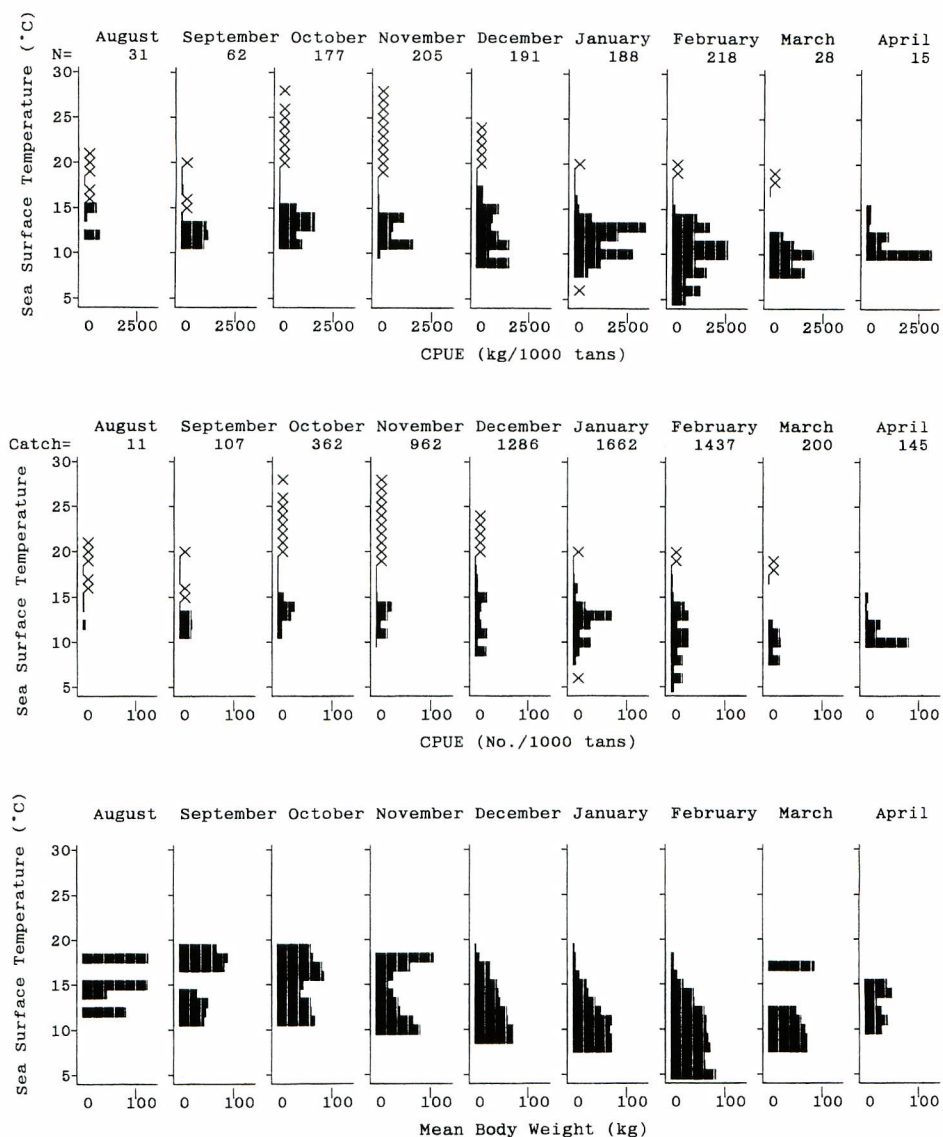


Fig. 55. Distribution of CPUE and mean body weight of *Lamna nasus* by sea surface temperature and by month. CPUE is expressed in weight (kg) of catch or number of individuals captured per 1000 tans (50km) of driftnets. Catch: catch in number, N: number of operations, X: no catch.

ピンナガ: 10~11月の間, タスマン海

アカイカ: 10~4月の間, 140°W以西の南太平洋西部

ダルマザメ: 9~12月の110°~130°Wの南太平洋中部

ニュージーランドオオハタ属: 160°W以西と90°W以东の南太平洋

シイラ属: 130°W以东の南太平洋東部

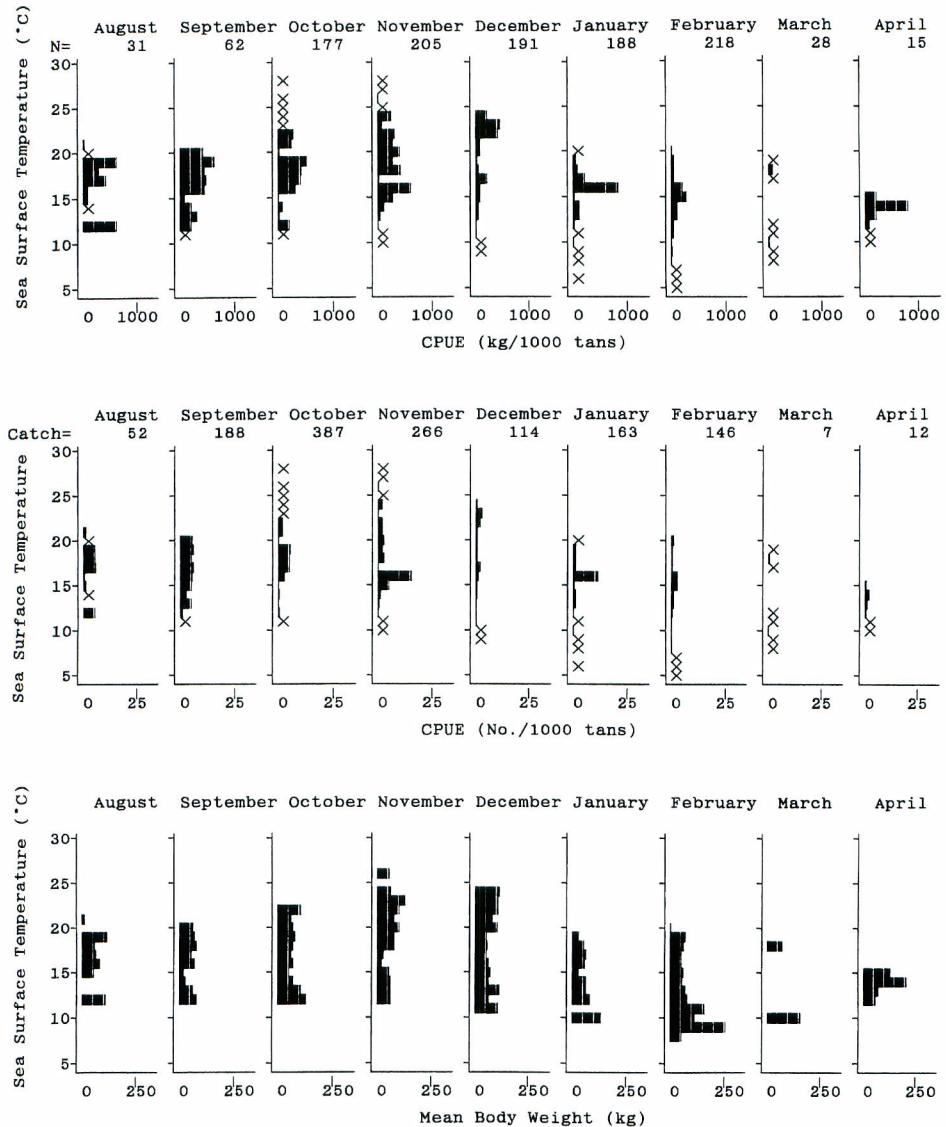


Fig. 56. Distribution of CPUE and mean body weight of *Isurus oxyrinchus* by sea surface temperature and by month. Catch : catch in number, N : number of operations, X : no catch.

アブラソコムツ：170°W 以西の南太平洋西部

エボシダイ科：160°W 以西と100°W 以东の南太平洋

マンボウ：10～11月の間、100°～120°W の南太平洋中部

これらの東西境界で最も多く一致した経度は160°W、次いで110°W と120°W (20°～35°S) であった。160°W は東西中央水の境界 (165°W 付近; Sverdeup *et al.*, 1947) に近く、水色 (10～1月の40°S以南)

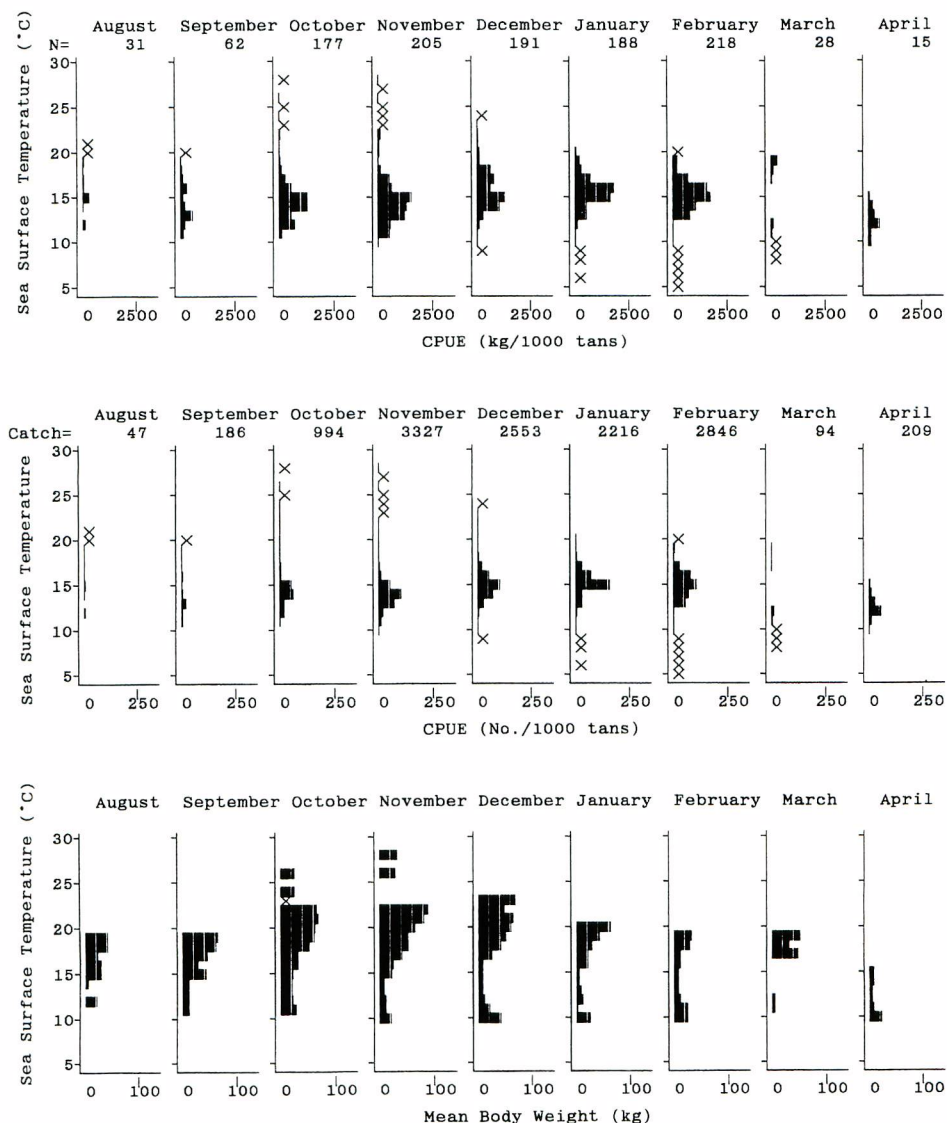


Fig. 57. Distribution of CPUE and mean body weight of *Prionace glauca* by sea surface temperature and by month. Catch : catch in number, N : number of operations, X : no catch.

と透明度 (10~4月) でも160°W 付近を境界に東西でやや異なった値を示したことから、これらの魚種分布は水塊分布に対応したものと考えられる。また、ニシネズミザメ、ヨシキリザメ、ニシシマガツオ、ガストロ、アロツナスの CPUE は、他海域の同様な緯度に比べニュージーランド東岸で多少とも高い値が得られた。この海域は、動物プランクトンの分布密度や生産力も高いことが知られており (Reid, 1962; El-Sayed, 1970)、これらネクトンの高密度域と対応している。160°W 以外の経度で分布に東西差が見ら

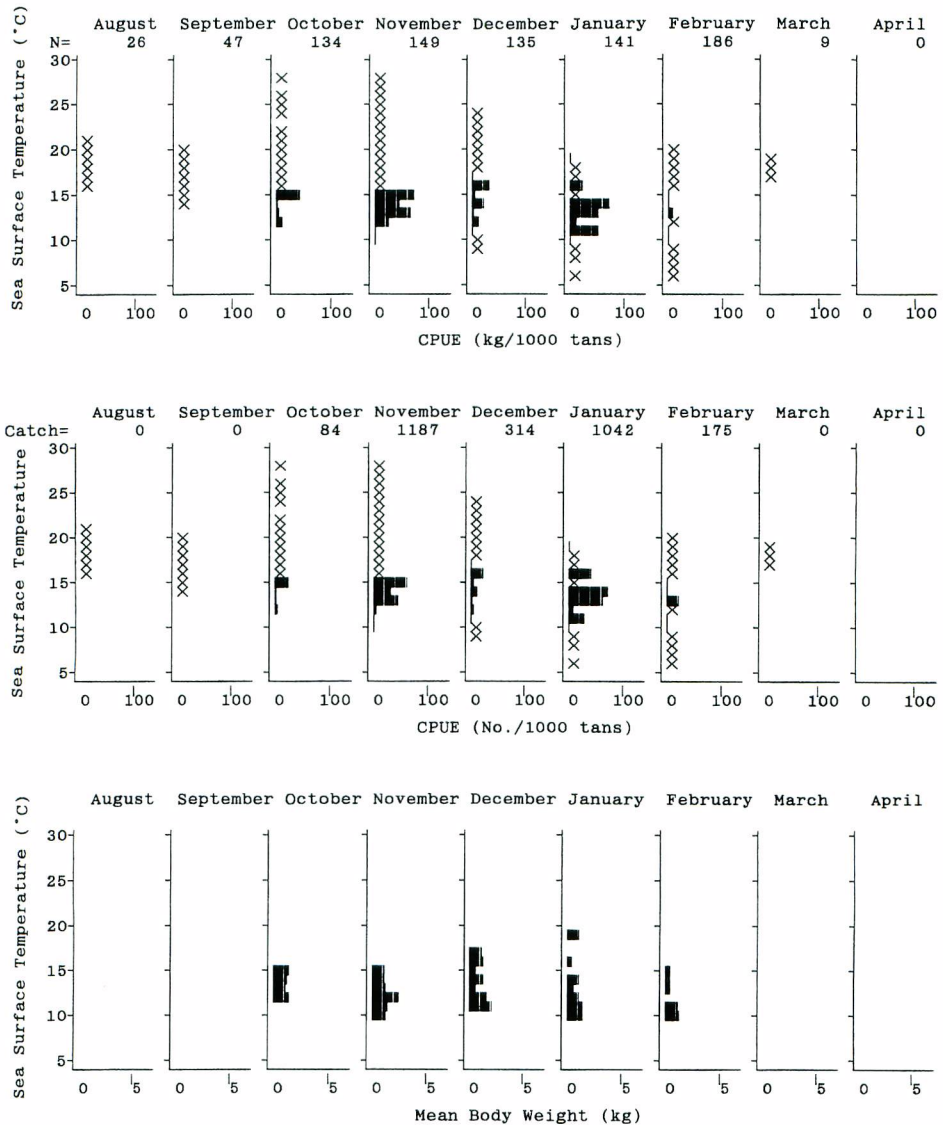


Fig. 58. Distribution of CPUE and mean body weight of *Trachurus* spp. by sea surface temperature and by month. Catch : catch in number, N : number of operations, X : no catch.

れた魚種もあり、水塊配置以外に陸からの距離の影響も考えられる。アロツナスとニシシマガツオで12～1月に見られた高いCPUEを示す緯度帯の東西差は、表面水温の分布(図4)と関連している。

以上から、南太平洋の外洋表層性ネクトンの分布の変動に関与する主要因は、表層水温の季節変化が最も重要であり、次いで水塊配置(東部および西部中央水)、生産力、動物プランクトン密度あるいは陸からの距離であると考えられる。アロツナスやビンナガ、ニシネズミザメ、アオザメの分布は水温変化

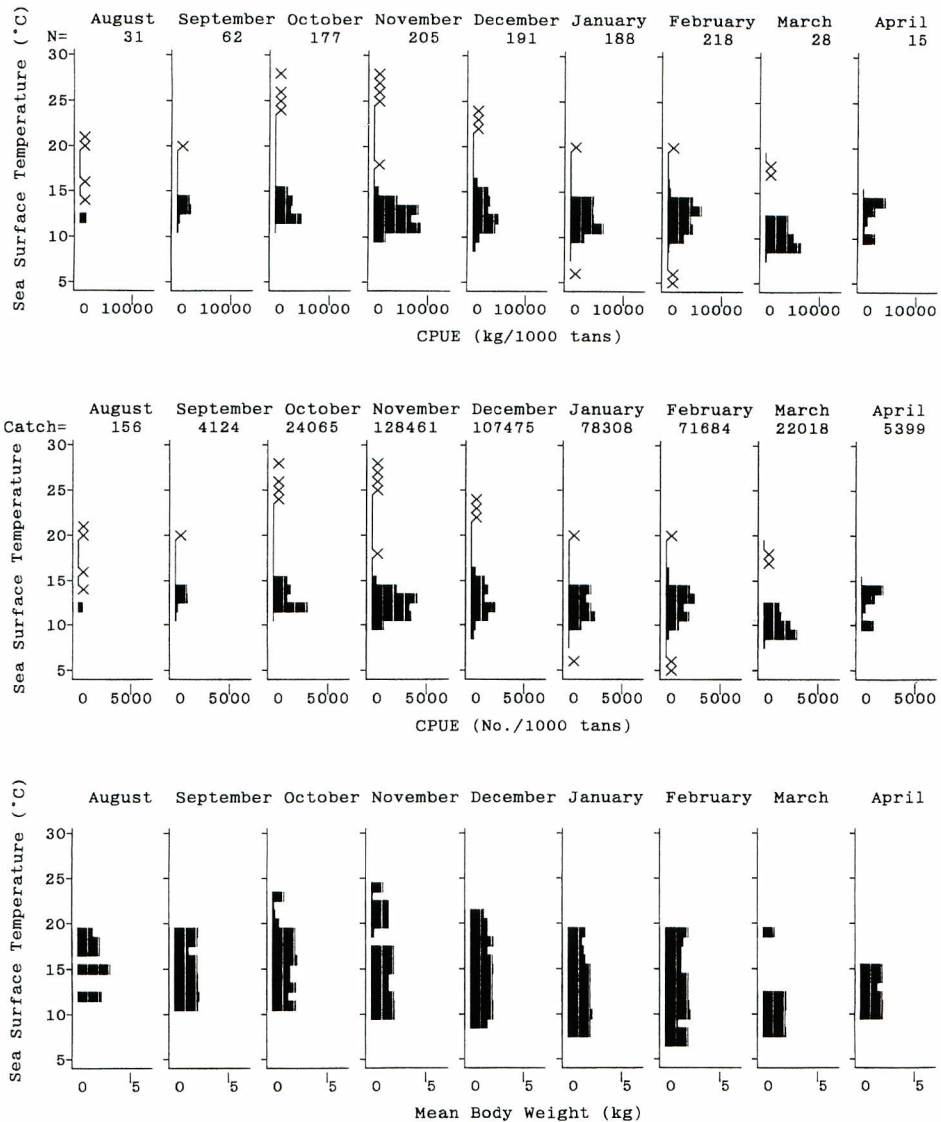


Fig. 59. Distribution of CPUE and mean body weight of *Brama* spp. by sea surface temperature and by month. Catch : catch in number, N : number of operations, X : no catch.

に従属するのではなく、積極的な季節的回遊を行う。

ニシネズミザメ、アオザメ、ヨシキリザメ、ビンナガ、ガストロは共通して、表面水温と平均体重が春季に双峰型の分布を示した。北太平洋のネズミザメとヨシキリザメでは、胎児の出産は亜熱帯水域で行われ、幼魚(雌のヨシキリザメでは2~5才、ネズミザメでは3~6才)は成長とともに亜寒帯から移行帯領域へ索餌回遊し、成魚は広範囲に分布、成熟個体は亜熱帯水域に移動するという共通の回遊パ

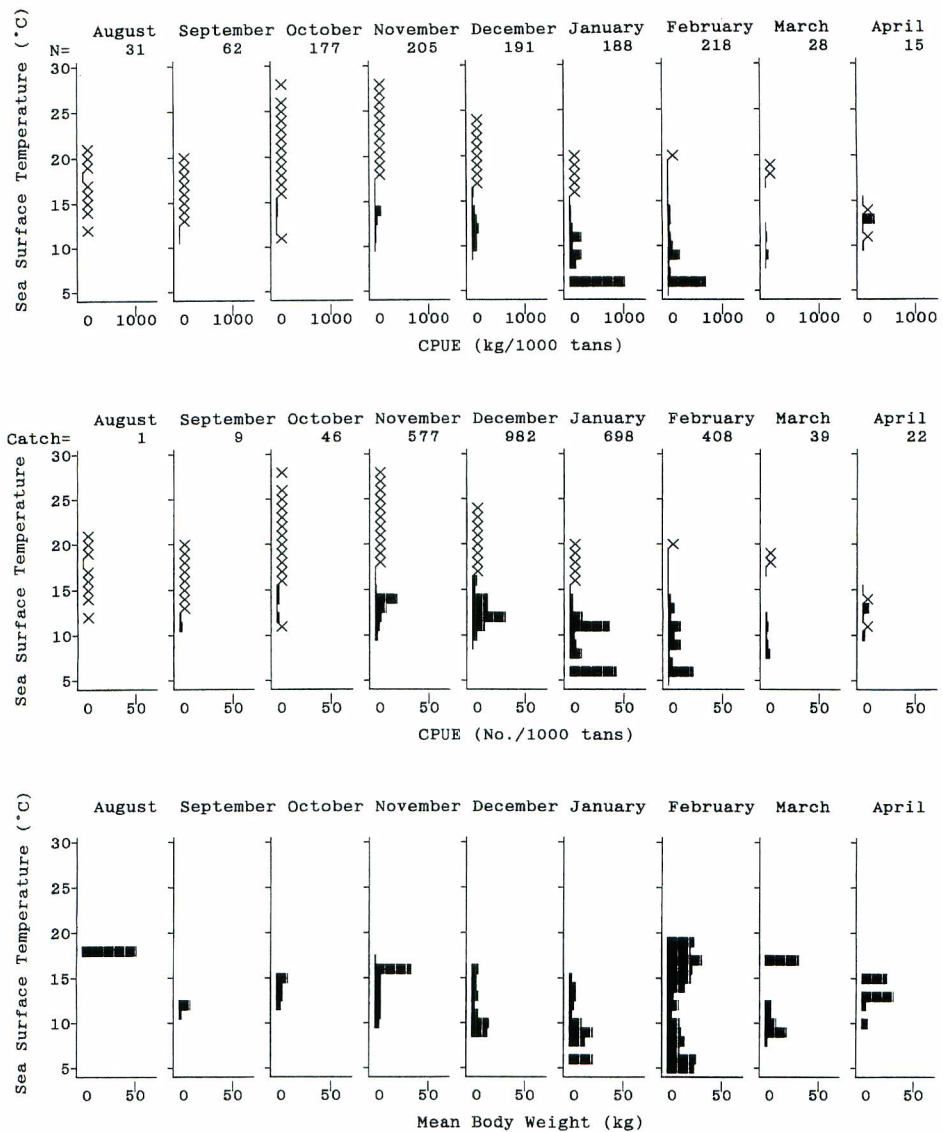


Fig. 60. Distribution of CPUE and mean body weight of *Gasterochisma melampus* by sea surface temperature and by month. Catch : catch in number, N : number of operations, X : no catch.

ターンを有する。このような発育段階による生活域の変遷は、ヨシキリザメの表面水温別 CPUE の月変化（上記の双峰型のパターン）と良く対応した。アオザメの回遊はあまり知られていないが、本研究結果によりこれらと類似した回遊が示唆された。これら 3 種は広域に分布するが、ニシネズミザメはアオザメに比べ高緯度寄りに分布していた。両者は強力な魚食性を示すことから（Compagno, 1984a；第 4 章）、緯度的な棲みわけとも考えられる。アカイカも北太平洋において、冬～春季の亜熱帯水域の産卵場

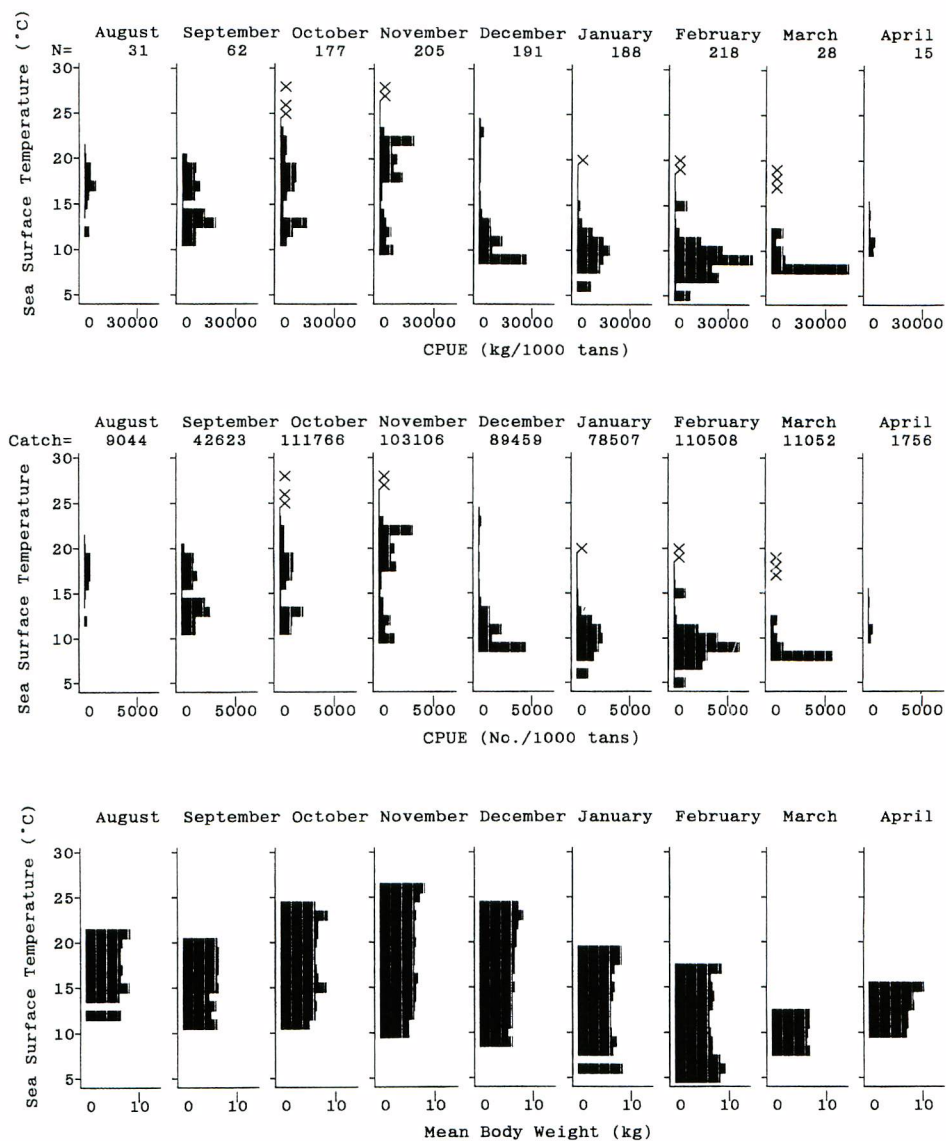


Fig. 61. Distribution of CPUE and mean body weight of slender tuna, *Allothunnus fallai*, by sea surface temperature and by month. Catch: catch in number, N: number of operations, X: no catch.

と夏季の移行領域の索餌場を南北に回遊する。このような北太平洋における生活史から、大型ネクトンは単に表層水の物理的季節変化に対応して移動する訳ではなく、亜熱帯水域、亜寒帯水域および両者の境界域である亜熱帯前線域という異なった生態系 (McGowan, 1974) の特徴に適應した回遊を行うものと考えられる。

亜熱帯域を主分布域とするカツオが低水温域ほど平均体重が軽かったのに対し、亜熱帯域から亜南極

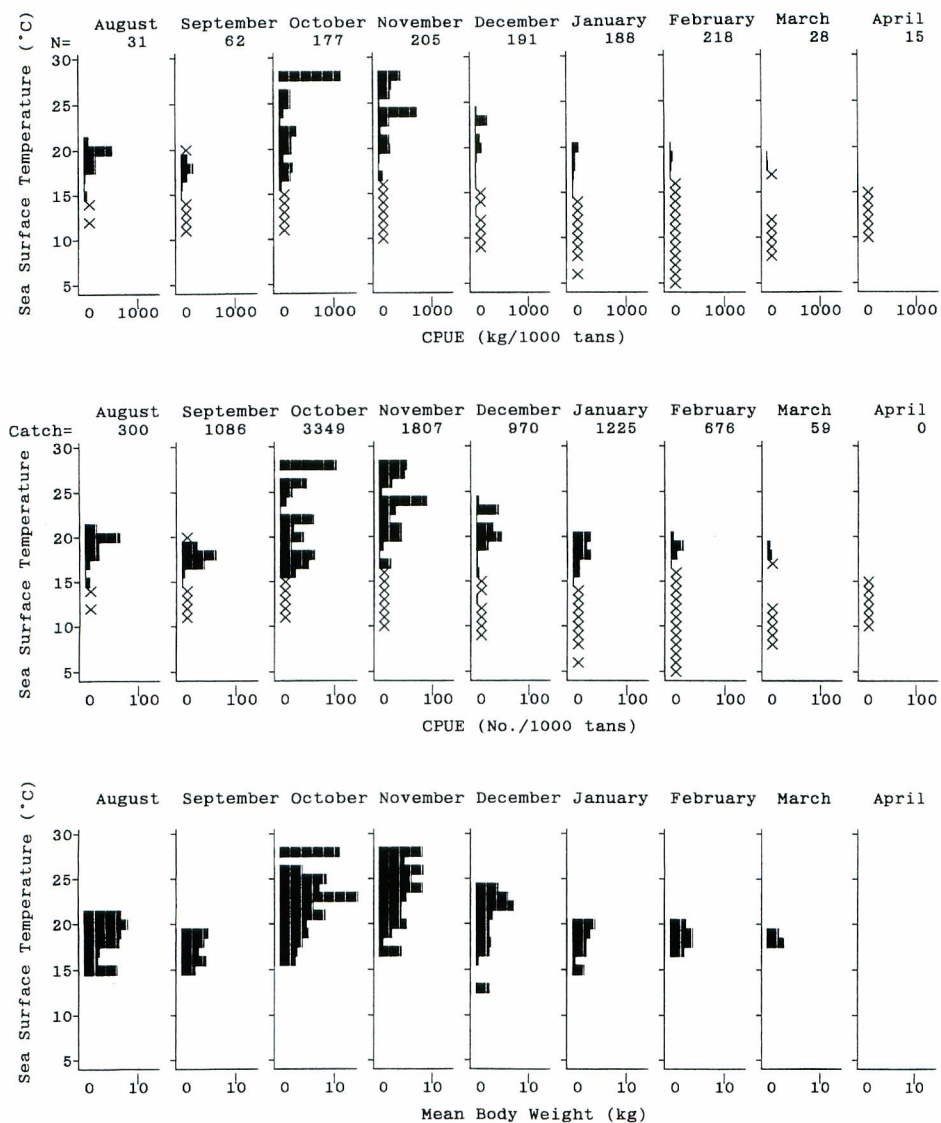


Fig. 62. Distribution of CPUE and mean body weight of *Katsuwonus pelamis* by sea surface temperature and by month. Catch : catch in number, N : number of operations, X : no catch.

域に回遊する種の大部分は低温域ほど平均体重が重かった。特に、ニシネズミザメ、アオザメ、ガストロ、メカジキでその傾向が明瞭であった。ニシマガツオとアカイカでは使用目合が魚体に比して大きかったため、この傾向は不明瞭であったが、北太平洋の例では大型個体は低温域に分布している (Yatsu *et al.*, 1993)。ヨシキリザメとビンナガでは亜熱帯前線から極よりには幼魚が多く分布しているが、亜南極域では低温域ほど平均体重は大きい。北太平洋のビンナガの体長組成は、大型個体ほど北方に分布す

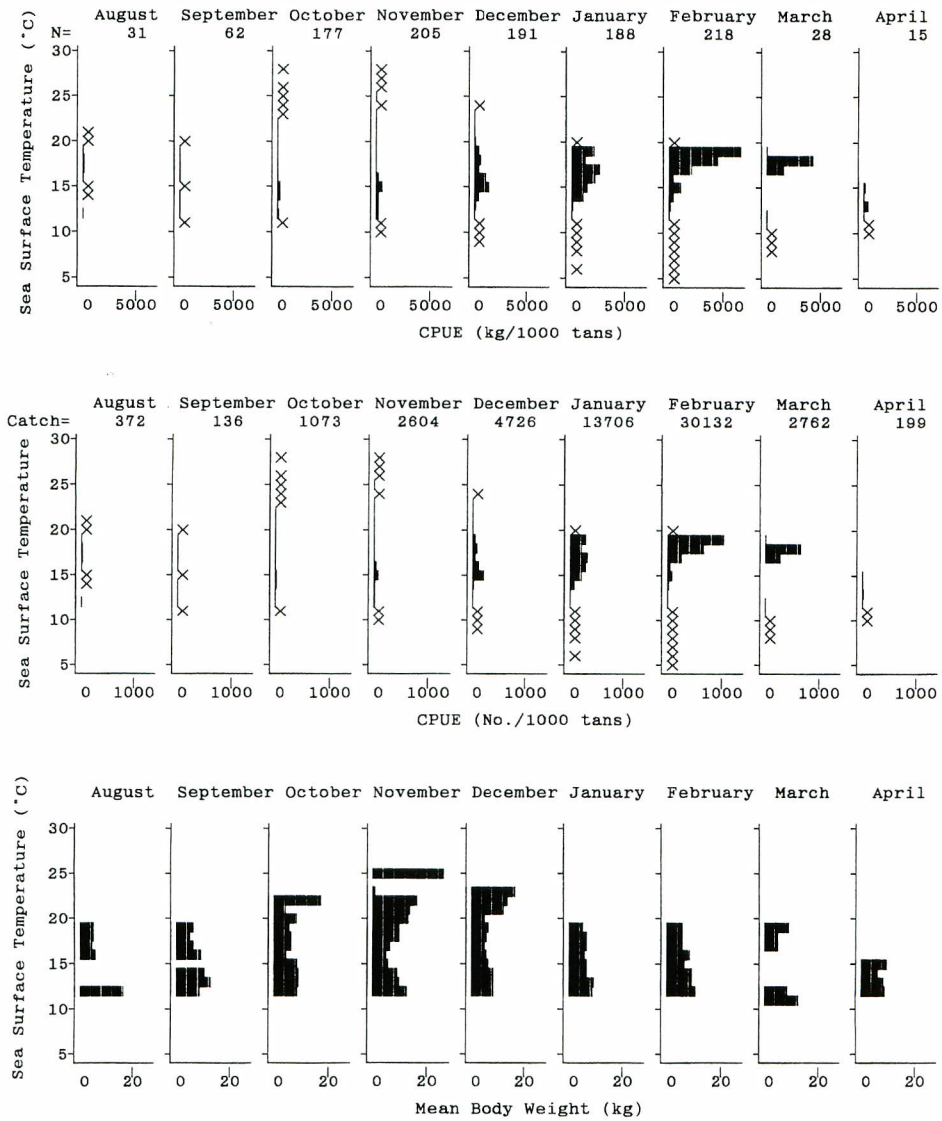


Fig. 63. Distribution of CPUE and mean body weight of *Thunnus alalunga* by sea surface temperature and by month. Catch : catch in number, N : number of operations, X : no catch.

る傾向を示す。以上から、「大回遊する外洋表層性魚類とイカ類では極前線(南太平洋の亜熱帯前線, 北太平洋の亜寒帯前線)より高緯度域では低温域ほど大型個体が分布する」という仮説が導かれる。この仮説について, 大型個体ほど体力があり低温水域まで遠距離の回遊ができる, という近接的説明も可能だが, 現時点では究極的説明は見出せない。谷津・中野 (in press) は, アカイカとヨシキリザメの回遊の類似性に着目し, 両種では交配または交尾により精子が産卵前に雌へ渡されるため, 雄の成熟

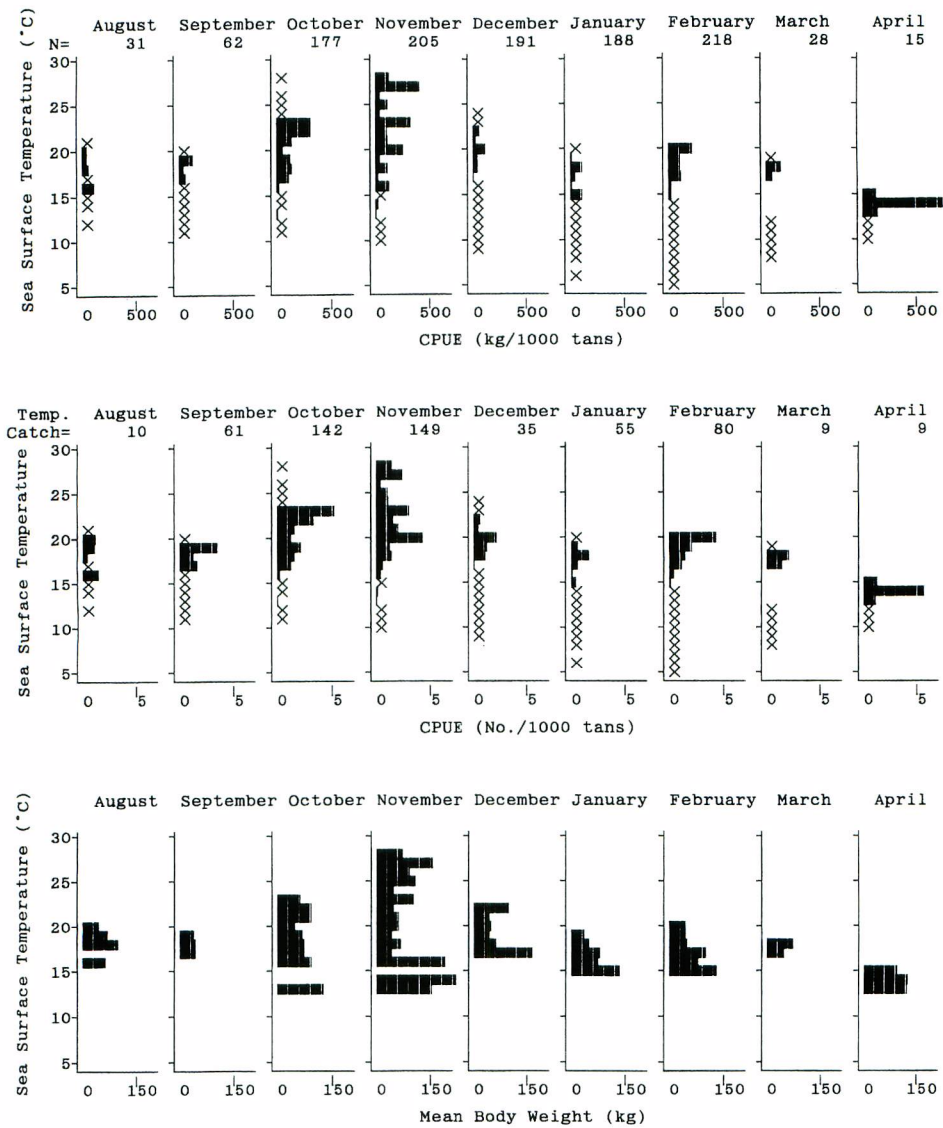


Fig. 64. Distribution of CPUE and mean body weight of *Xiphias gladius* by sea surface temperature and by month. Catch: catch in number, N: number of operations, X: no catch.

に要するエネルギーは非交尾型のものより少ないと思われ、生産力の高い亜寒帯域へは雌のみが回遊することで繁殖のためのエネルギーを雌に多く配分する (fecundity を高める) 戦略を採用したように見えると考察した。後述するように、亜南極域は多くのネクトンの索餌域であるため、この現象は明らかに栄養摂取に関連する。

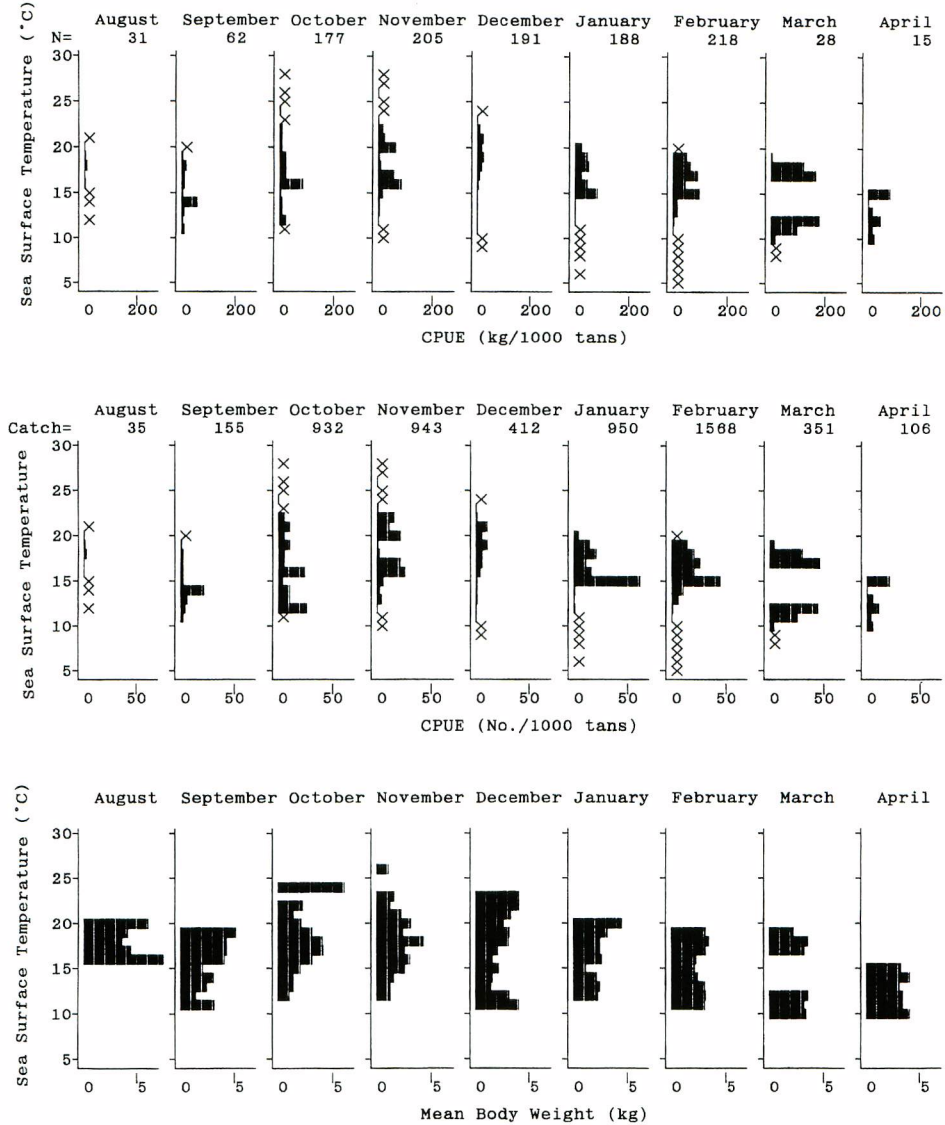


Fig. 65. Distribution of CPUE and mean body weight of *Ommastrephes bartrami* by sea surface temperature and by month. Catch : catch in number, N : number of operations, X : no catch.

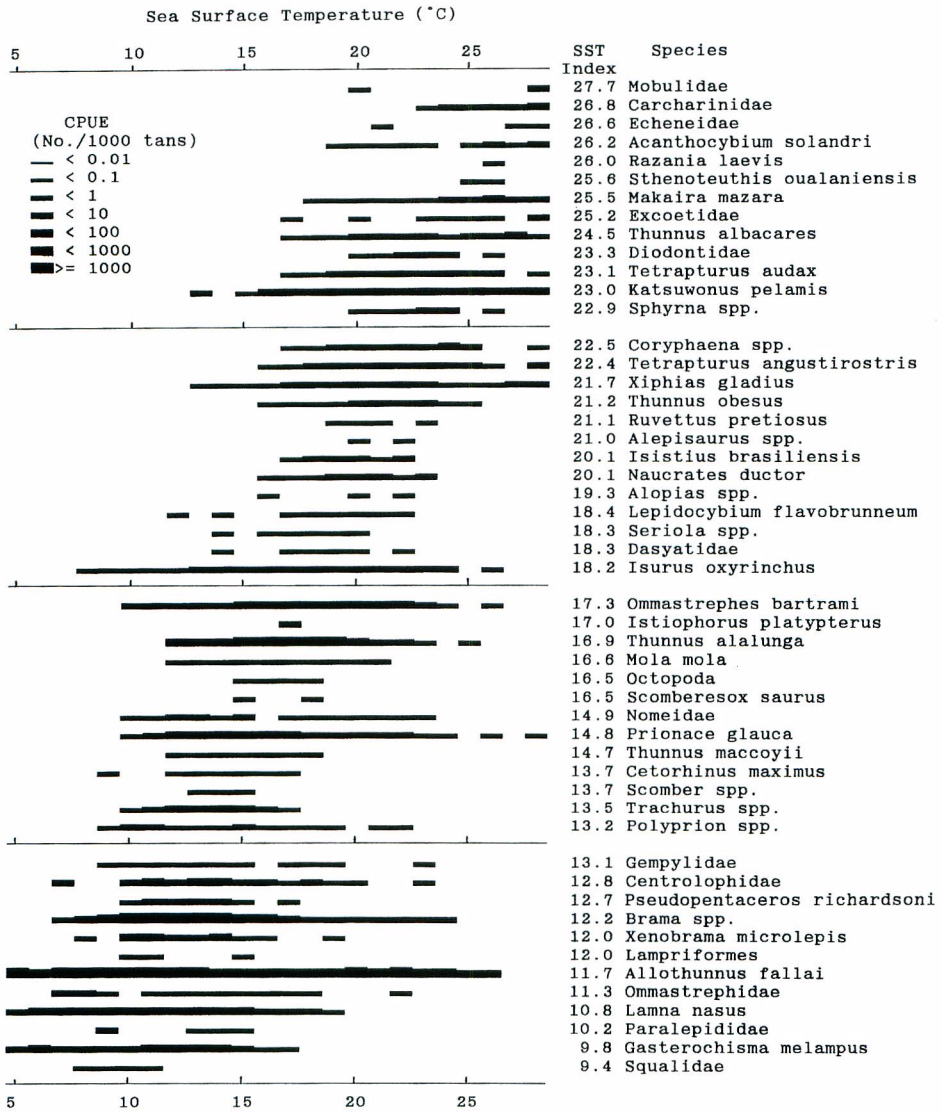


Fig. 66. Distribution of driftnet CPUE of each species or higher group by sea surface temperature (SST) in the South Pacific, 176°E-100°W. CPUE is expressed in number of individuals captured per 1000 tans (50km) of driftnets. SST index : mean sea surface temperature weighted by CPUE.

第3章 外洋表層性魚類の群集構造

3.1 群集の南北変化と海洋構造の関係

第2章では8年度間にわたる漁獲記録および海洋観測記録を一括して扱った。その結果、外洋性魚類・頭足類ネクトンの分布が南北方向（すなわち、水温）で変化が著しいことが明らかとなった。ここでは、特定の経度線に沿って時間的に連続して行われた操業データにより、水温構造と各魚種の分布および群集構造の南北変化を検討する。

(1) 34°~54°S, 163°W, 1984年1~2月 (図67)

45°S以南では水深50m付近に顕著な水温躍層, 43°~45°S付近に14~17°C等温線がやや密に見られた。Hofmann (1985) は160°W付近の42°~45°Sに亜熱帯前線 (STF), 52°~55°Sに亜南極前線 (SAF) を認めている。これらにより、操業番号75~77は亜熱帯前線域に相当すると思われる。54°S付近の100m以深には6°Cと7°C等温線の立ち上りがみられ、亜南極前線と考えられる。

全魚種を込みにした CPUE (尾数による, 以下同様) は45°Sより北側では0.5未満と低く、それより南側では急速に上昇し、最南端の54°S (操業番号82) では約9と最高の CPUE を示した。操業番号82の魚種組成 (個体数) はアロツナスが95%, ニシシマガツオが4%であった。種多様度 (Simpson の λ^{-1}) は、亜熱帯前線域に位置する操業番号76と77で高く、75以北および78以南とも低下し、特に最南端では低かった。操業番号75と76の間では種の分布北限と南限が多く、操業番号78-79間と79-80間には南限が多く見られた。このように、魚種組成は海洋区分とほぼ対応して変化した。以上により、本海域は操業番号70~75の亜熱帯域, 76~77の亜熱帯前線域, 78~81の亜南極域, 82の亜南極前線域と区分することが適当である。

(2) 15°~40°S, 120°~132°W, 1985年11月 (図68)

操業番号1~3は、15°S, 132°Wから21°S, 126°Wに斜め方向に配置されたが、他の操業は120°W線に沿って配置された。28°S以北では水温は南北方向にあまり変化せず、29°S以南は水温は南北に大きく変化した。Hofmann (1985) は120°W付近の38°~43°S付近に亜熱帯前線 (STF) を認めており、また、Lutjeharms and Valentine (1984) による STF の中心水温は14.2°Cであった。図68においては、37°S付近に等温線のやや密な分布が見られた。以上により、操業番号14と15は亜熱帯前線域に相当すると思われる。

全魚種を込みにした CPUE は、28°~32°S (操業番号8~10) 付近で4以上と高く、28°Sより北側では0.5未満であった。33°~38°Sでは CPUE は2~3, 40°S (操業番号15) では約6と最高であった。28°~32°S 付近の魚種組成はアロツナスが98.7% (個体数, 以下同様) を占め、40°Sではニシシマガツオが62%, アロツナスが37%であった。種多様度は操業番号3 (21°S) が最高で、次いで操業番号1~4で高く、アロツナスが98.7%を占めた28°~32°Sで最低、その南側でやや高まった。魚種の分布南限が最も多く一致した位置は操業番号14と15の間、北限では操業番号11と12の間であった。このように、魚種組成は海洋区分とほぼ対応して変化した。以上により、本海域は操業番号1~7の熱帯域~北部亜熱帯域, 8~10のアロツナス卓越海域, 11~14の南部亜熱帯, 15の亜熱帯前線域に区分できる。

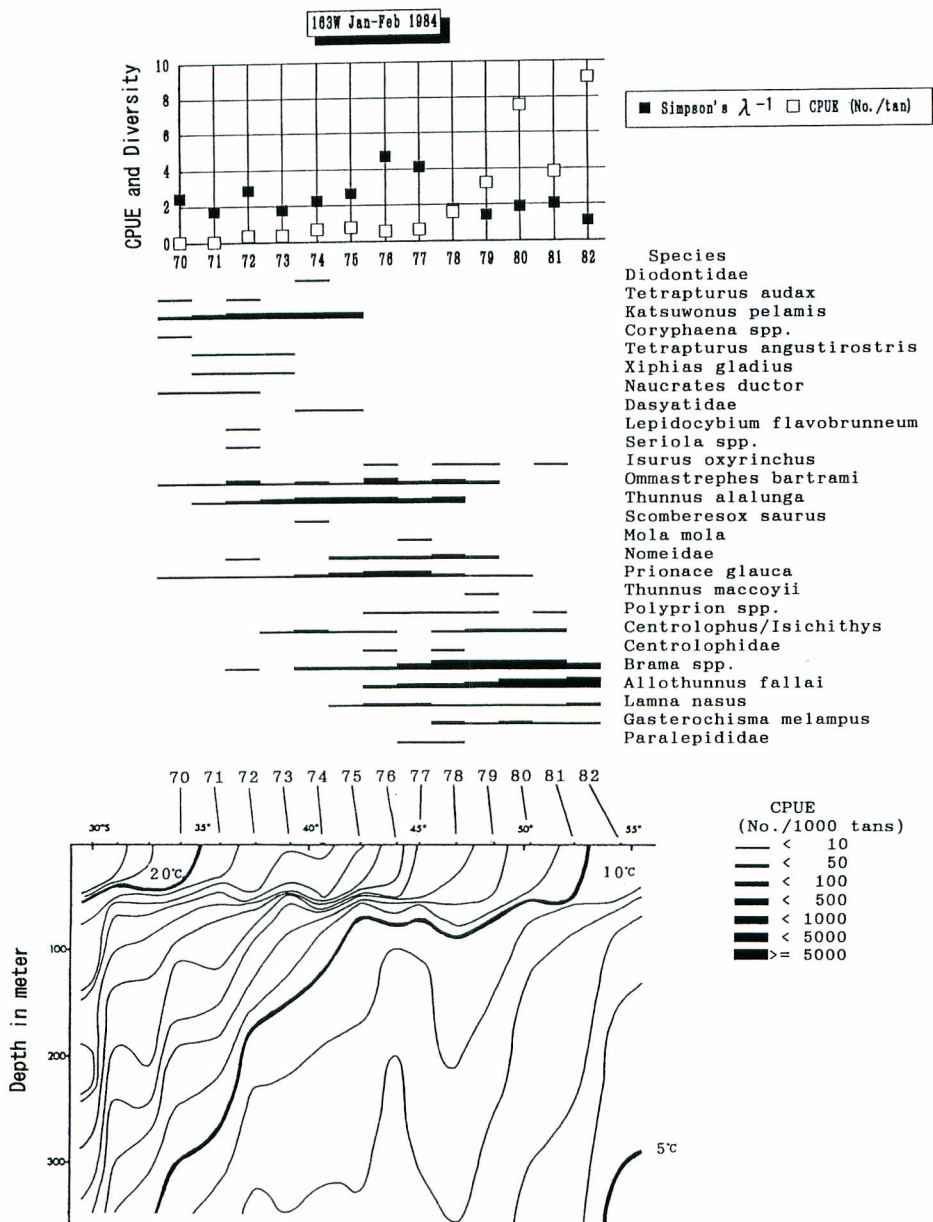


Fig. 67. Water temperature structure, CPUE and Simpson's species diversity of nekton at 34°-54°S, 163°W during January-February 1984. CPUE is expressed in number of individuals captured per 1000 tans (50km) of driftnets.

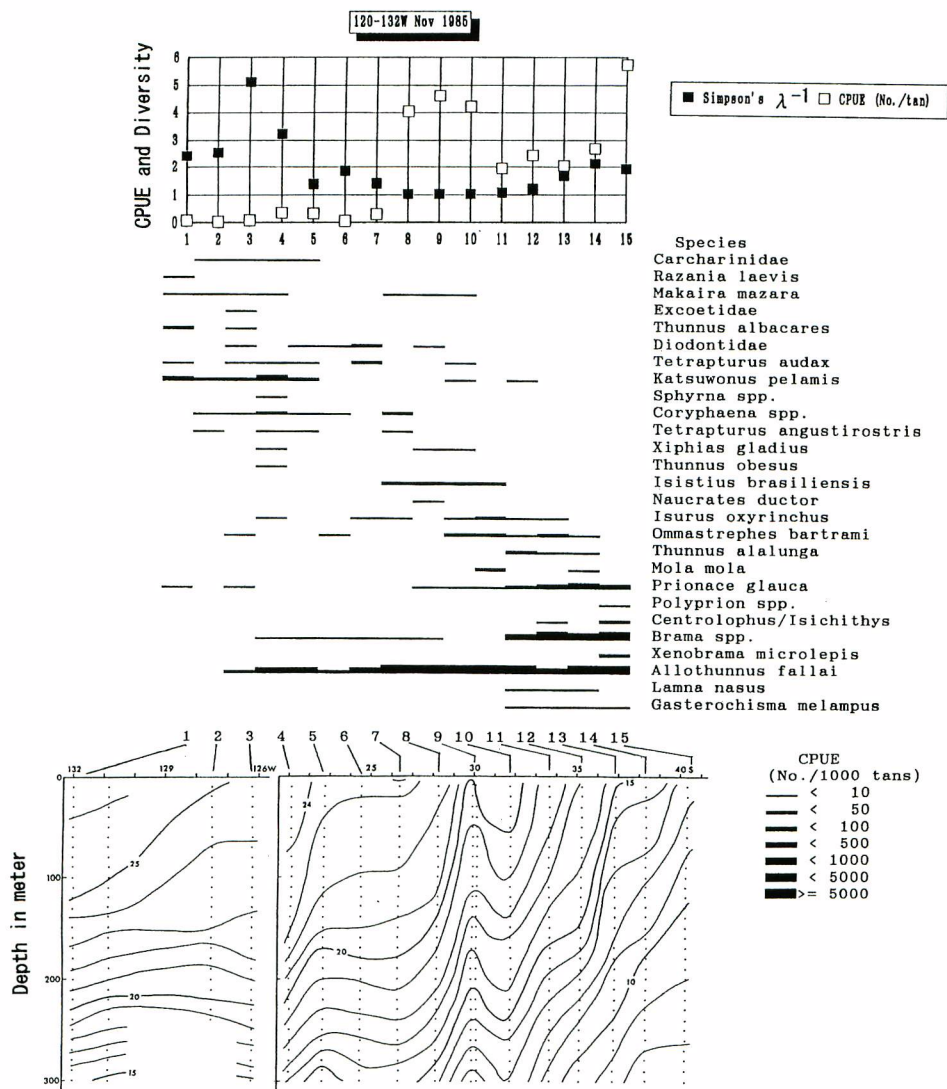


Fig. 68. Water temperature structure, CPUE and Simpson's species diversity of nekton at 15°-40°S, 120°-132°W in November 1985.

(3) 36°~48°S, 125°W, 1985年12月 (図69)

38°~40°S の表層に13~17°C等温線が密に見られ、亜熱帯前線域と思われた。

全魚種を込みにした CPUE は、最南端の48°S (操業番号40) では約10と最高、次いで操業番号36の4であり、それらの間では約2~3、36°~38°S では1未満であった。操業番号40の魚種組成はアロツナスが95%、ニシマガツオが4%を占めた。種多様度は、最北端の操業番号33では低く、亜熱帯前線付近の操業番号34、35で高く、その南側で徐々に低下した。魚種の分布北限が多く見られた位置は、操業番号34と35の間、南限では操業番号37と38の間であった。この経度線でも亜熱帯前線は魚種組成と良く対応しており、操業番号33~34の亜熱帯域、35~37の亜熱帯前線域、38~40の亜南極域に区分できる。

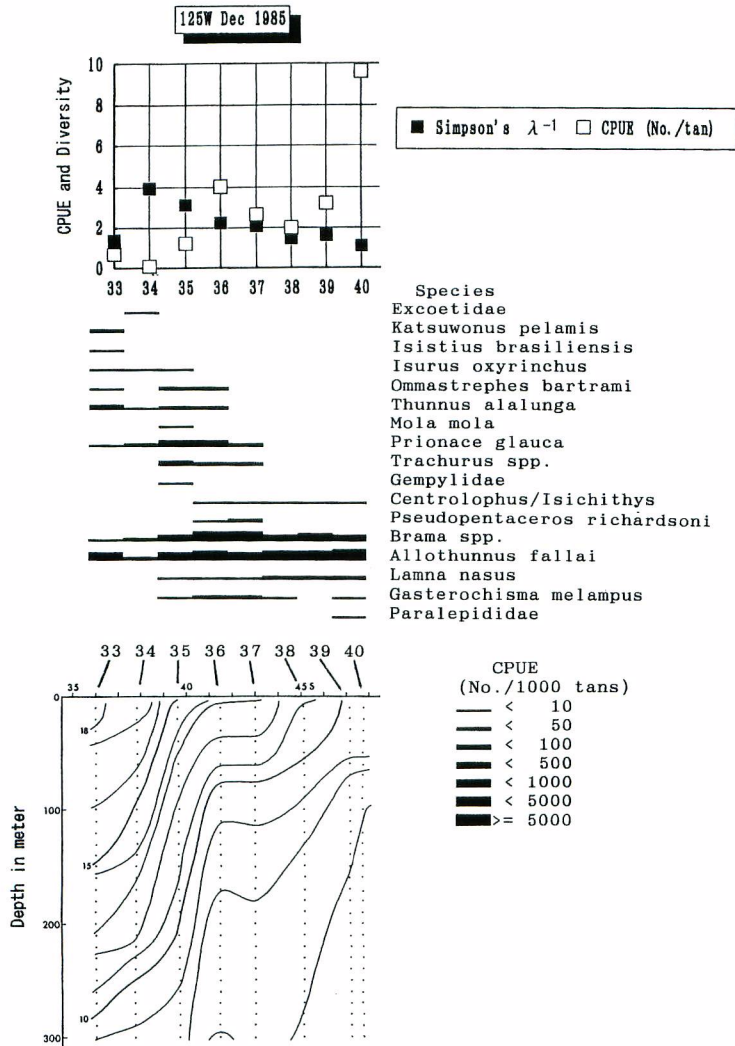


Fig. 69. Water temperature structure, CPUE and Simpson's species diversity of nekton at 36°S, 125°W in December 1985.

(4) 45°~54°S, 140°W, 1986年2月 (図70)

53°S 付近の表層から中層に 6~9°C 等温線が密に見られ、亜南極前線 (SAF) と思われる。

全魚種を込みにした CPUE は、SAF のすぐ北 (操業番号62) では約 9 と最高、それより北側では操業番号61を除き北方ほど急激に低下した。SAF より南の操業番号63では CPUE は非常に低く、魚種組成はアロツナスが99%、操業番号62ではアロツナスが85%、ニシシマガツオが14%を占めた。種多様度は、最北端の操業番号58で最高であり、それより南では 2 以下、最南端では最も低かった。南下するにつれ種数は徐々に少なくなり、SAF より南側ではそれまでの主要種であるニシシマガツオが見られず、アロツナスの CPUE も極端に低下したことから、SAF はネクトンの分布に極めて重大な影響を与えることが明らかとなった。

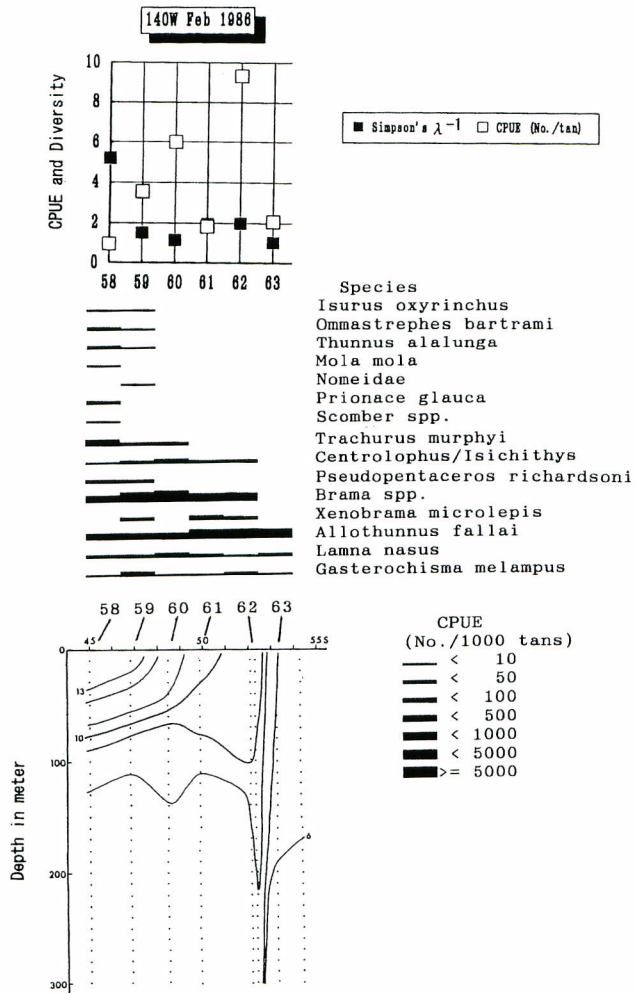


Fig. 70. Water temperature structure, CPUE and Simpson's species diversity of nekton at 45°S, 140°W in February 1986.

(5) まとめ

調査海域には亜熱帯前線および亜南極前線が見られ、魚種の分布と種組成はこれらの前線に対応して変化している。亜熱帯前線はある程度南北幅をもっており、魚種分布が前線で完全に入れ代わるのではなく、亜熱帯性種と亜南極性種が混合するファウナの遷移帯(ecotone)であると認められる。このため、亜熱帯前線付近ではその周辺より多様度が高かった。亜熱帯域はふつう亜南極域より多様度が高かったが、全魚種を込みにした CPUE はこの逆であった。ただし、11月の28°~32°S ではアロツナスの卓越により CPUE は高く、多様度は低かった。亜熱帯海域内では北側ほど CPUE は低く、21°S 以北の熱帯域では特に高い多様度を示した。

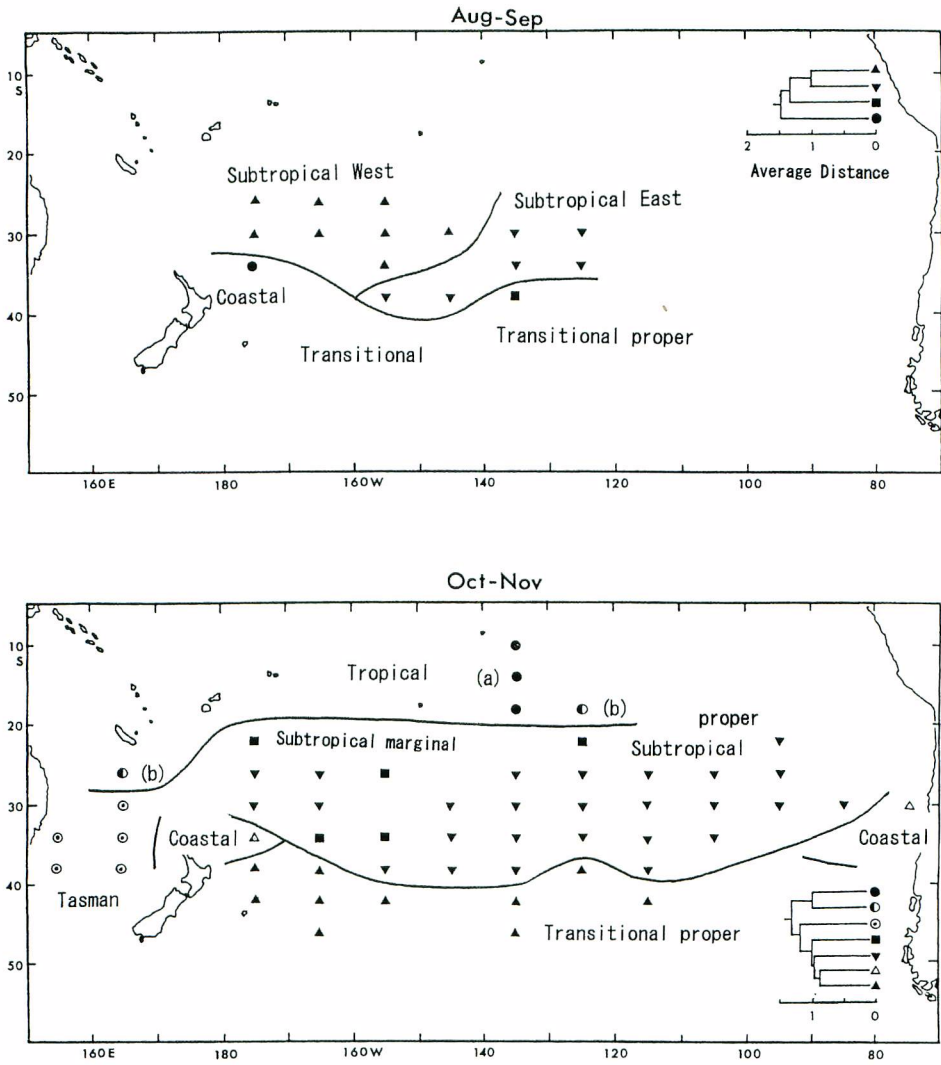


Fig. 71. Results of a cluster analysis based on dissimilarity-index-matrix obtained from CPUE of 23 major species by 4x10 degree block of latitude and longitude.

3.2 群集の類型化

緯度4度・経度10度ブロック毎に集計した主要23種(表3)のCPUEの非類似度行列に基づき、2ヶ月毎に各ブロックをクラスター分析により分類した。第2章および第3章1節によりネクトンの分布が海洋学的区分にほぼ対応することが明らかとなったため、クラスタリングのレベルは、各季節で主要な海洋学的区分との対応が見られた任意のクラスター間の平均距離とした。結果的にはクラスター間の最少平均距離は0.8であった。図71に基づき、以下に季節毎に結果を述べる。なお、各ブロックの名称はその北東端の緯度経度で表した。

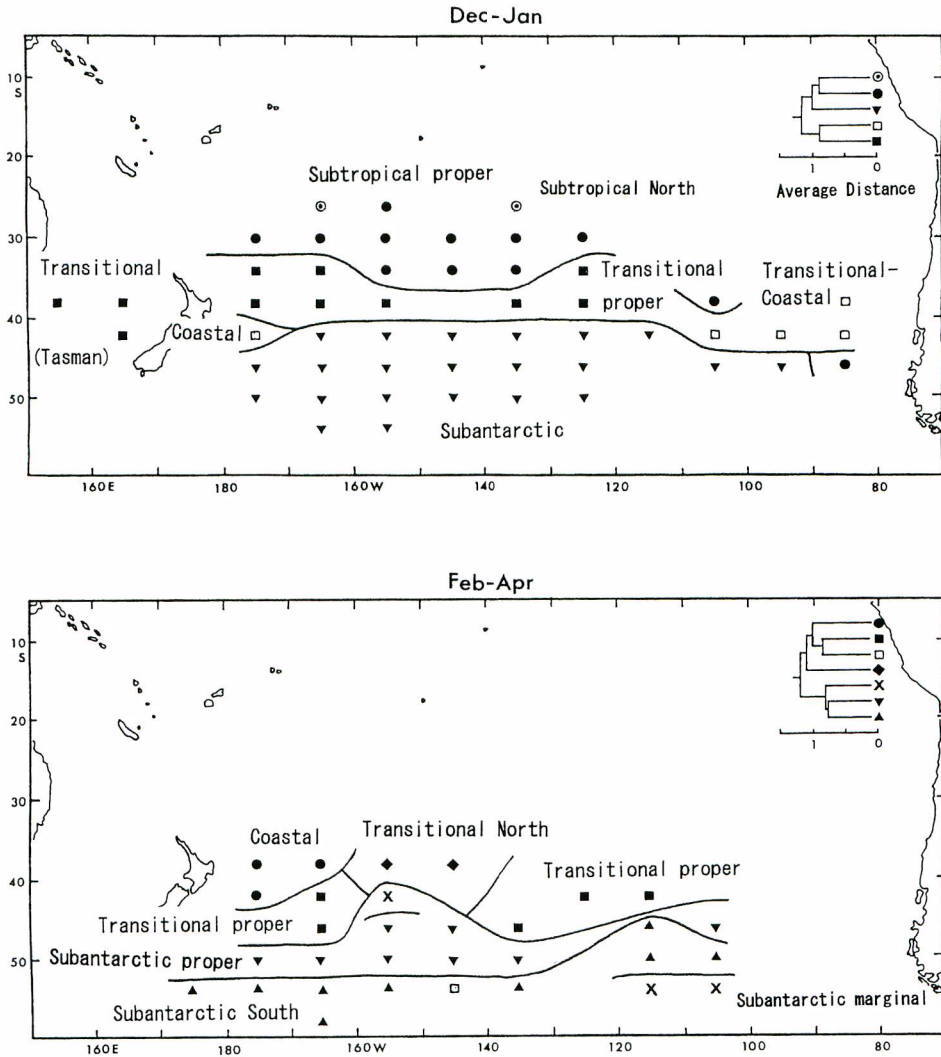


Fig. 71. Continued.

(1) 8～9月

最も類似度が低かったブロックは、32°S-170°Wで、残りのクラスターで次に分離されたのは、36°S-130°Wであり、これらは調査海域の南西端と南東端に位置した。これらを除いたクラスターは亜熱帯海域に相当し、さらに東西に二分された。

(2) 10～11月

調査海域は (1) タスマン海北端 (24°S-170°E)+南太平洋の20°S以北と (2) タスマン海+20°S以南の南太平洋に大別された。前者のクラスターはさらに130°Wとタスマン海+120°Wに二分された。後者のクラスターは、タスマン海と南太平洋に分けられ、南太平洋はさらに4個のクラスターに細分された。

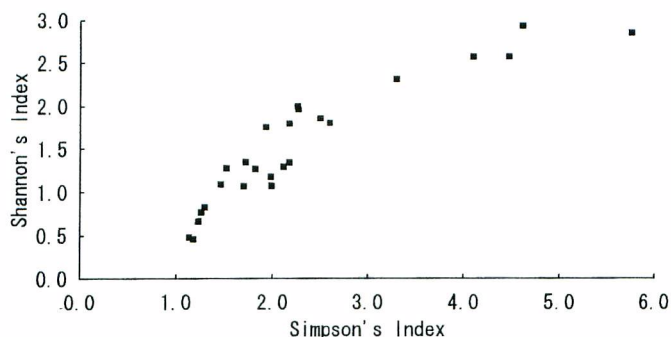


Fig. 72. Relationship between two indices of species diversity (Simpson's λ^{-1} and Shannon's H') by region and month.

(3) 12～1月

調査海域は(1)タスマン海+南太平洋中緯度帯(32°～40°S付近)と(2)南太平洋低緯度帯+高緯度帯に大別された。ただし、44°S～80°Sブロックは北側のブロックと同じクラスターに含まれた。前者のクラスターはさらに南太平洋中西部と東西両端部(110°W以東+40°S～170°W)に二分された。奇妙なことに、中緯度帯で南北に隔てられた亜熱帯域と亜南極域がクラスタリングされた。

(4) 2～4月

調査海域は南北に二分された(52°S～140°Wブロックを除く)。南側のクラスターは、(1)130°W以西の52°S以南+100°～120°Wの一部、(2)130°W以西の52°Sより北側+44°S～100°Wブロック、(3)40°S～150°Wブロック+100°～120°Wの52°S以南に細分された。北側のクラスターは、(1)140°～160°W、(2)36°S～160°Wブロック+170°W以西、(3)40°～48°Sの160°Wと110°～140°Wに細分された。

(5) まとめ

南太平洋における上記の季節別の主なクラスターは、共通して40°S付近を東西に連続する帯状部とその南北の合計3海域であった。さらに、10～11月だけ調査した20°S以北の海域はそれ以南とは区別された。前述のように、これらは海洋学的区分とほぼ対応するため、これら地理区を北から順に熱帯域(Tropical Region)、亜熱帯域(Subtropical Region)、移行域(Transitional Region)および亜南極域(Subantarctic Region)と呼ぶこととする。個々の地理区は、さらに複数のsubregionに分けられた(詳細は後述)。なお、タスマン海は10～11月は他の南太平洋と区別されたが、12～1月では移行帯とは区分されなかった。

3.3 地理区間の群集構造の比較

季節別、上記地理区別の出現種(またはグループ)数、SimpsonおよびShannonの種多様度指数、および上位3種のリストを表6にまとめた。最優占3種に含まれたのは熱帯域を除き10種またはグループに過ぎなかった。各季節別の地理区(subregionレベル)について求めた2種類の多様度指数は密接に関連していた(図72)。そこで、これ以後は種多様度として、特に断らない限り前者を用いる。なお、図72においてSimpsonの指数が2.0～2.3であり、Shannonの指数が1.2～1.3と低い点が4ヶ所で見られたが、これらの地理区では最優占2種のCPUEが第3位種のCPUEよりかなり高かった。

Table 6. Number of blocks (4x10 degree latitude and longitude) covered, average fishing effort (effective tans), three most dominant species, total number of species or species groups identified, and two indices of species diversity by area and month, on the basis of driftnet CPUE in the South Pacific.

Area - Month	No. of blocks	Average effort	Dominant species	No. of species	Simpson's λ^{-1}	Shannon's H'
<i>August-September</i>						
Subtropical east	6	4,218	A-B-P	24	1.2	0.7
Subtropical west	8	2,076	A-K-T	22	1.5	1.1
Coastal	1	768	A-B-I	10	4.1	2.6
Transitional	1	1,023	A-B-P	7	2.0	1.1
<i>October-November</i>						
Tropical (a)	3	1,274	K-Ca-M	14	1.9	1.8
Tropical (b)	2	1,218	K-A-T	11	5.8	2.9
Subtropical proper	27	4,865	A-B-K	44	1.3	0.8
Subtropical marginal	5	2,025	A-K-J	23	2.3	2.0
Tasman Sea	5	5,390	K-B-T	25	2.6	1.8
Coastal	2	1,673	B-A-T	19	2.2	1.8
Transitional	10	4,248	B-A-X	23	1.8	1.3
<i>December-January</i>						
Subtropical north	2	716	A-K-C	10	2.5	1.9
Subtropical proper	10	2,044	A-K-T	25	1.5	1.3
Subtropical east	2	2,184	A-B-L	12	2.1	1.3
Tasman Sea	3	10,044	T-K-B	31	1.7	1.3
Coastal	5	1,772	B-T-P	26	3.3	2.3
Transitional	8	6,066	T-A-K	40	2.3	2.0
Subantarctic	22	4,980	A-B-L	29	2.2	1.3
<i>February-April</i>						
Unnamed	1	448	A-G-L	3	1.7	1.1
Coastal	3	1,907	T-O-K	24	4.6	2.9
Transitional proper	5	5,126	B-A-T	32	4.5	2.6
Transitional north	2	17,405	T-O-K	20	1.1	0.5
Subantarctic proper	8	4,346	B-A-L	21	2.0	1.2
Subantarctic south	9	1,738	A-B-L	18	1.2	0.5
Subantarctic marginal	3	973	A-B-T	11	1.3	0.8

A: *Alliothunnus fallai*

B: *Brama* spp.

C: *Coryphaena* spp.

Ca: Carcharinidae

G: *Gasterochisma melampus*

I: *Isurus oxyrinchus*

J: *Trachurus* spp. (jack mackerel)

K: *Katsuwonus pelamis*

L: *Lamna nasus*

M: *Makaira mazara*

O: *Ommastrephes bartrami*

P: *Prionace glauca*

T: *Thunnus alalunga*

X: *Xenobrama microlepis*

(1) 8~9月 (図73)

この期間は冬季であり、調査の大部分は亜熱帯域で行われた。クラスター分析により亜熱帯域は東区と西区 (East and West Subregions) に細分され、緯度4度・経度10度ブロックの数はそれぞれ6と8であった。移行域は沿岸区 (Coastal Subregion) と本区 (Transitional Proper Subregion) に分けられ、ともにブロック数は1であった。沿岸区では出現種数は10と少なかったが、種多様度は4.10と最も高かった。これは、種間のCPUE差が比較的少なかったためである。なお、出現種数は調査努力量または面積と関係し、ブロック間で調査努力量がかなり異なる場合は群集の指標としては有効とは思われない。他の3区では上位2種が非常に卓越した。移行域本区の種数は7であり、種多様度は1.99と沿岸区に次いで高かったが、Shannonの種多様度は亜熱帯域西区より若干低かった。亜熱帯域の東西両区での種数はほぼ同様であったが、Simpsonの指数は西区がやや高い程度であり、Shannonの指数では西区は1.09、東区は0.66と西区で多様性がかなり高かった。

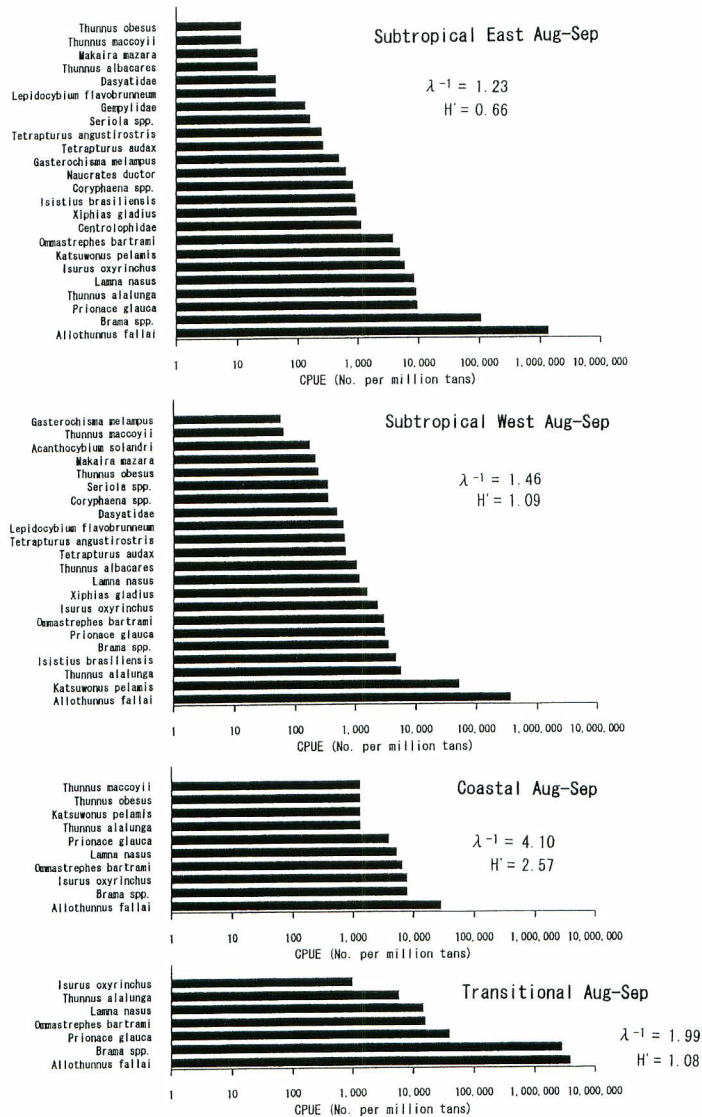


Fig. 73. Relationship between order of species and CPUE by geographic regions in August-September. CPUE is expressed in number of individuals captured per a million tans of driftnets.

CPUE 順に種をならべた種数-CPUE 関係 (図73) から、西区は東区より種間の CPUE 差が小さいことが分かる。全ての地理区で最も卓越した種はアロツナス、第2位種は西区 (カツオ) 以外はニシマカツオであった。東区のカツオの順位は7位と低かった。東区と移行域本区では上位3種と5位のニシネズミザメが一致したが、東区で4位のビンナガが移行域本区では6位、移行域4位のアカイカが東区では8位とやや異なった。ビンナガは西区で3位であり、以上により東区は移行域本区ではなく西区と

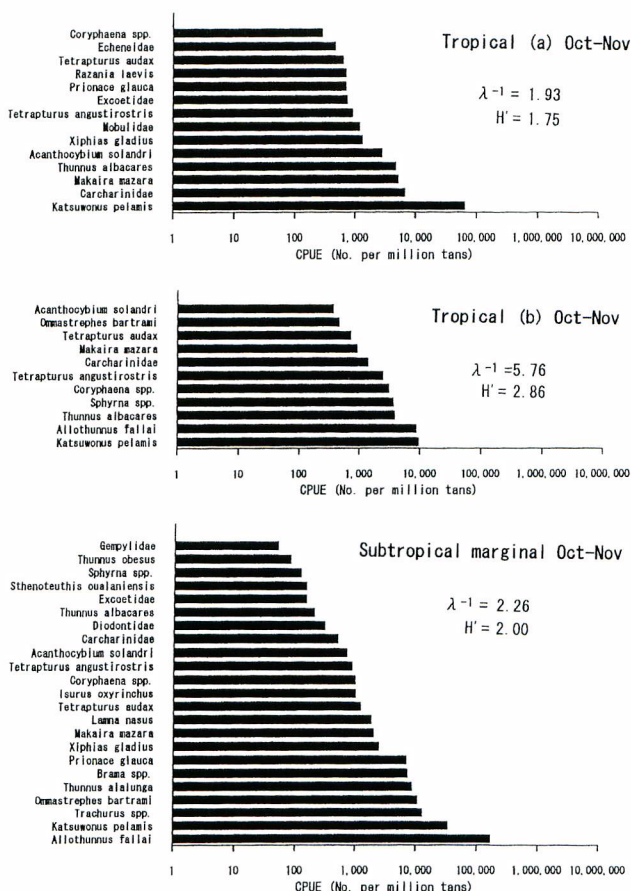


Fig. 74. Relationship between order of species and CPUE by geographic regions in October-November.

クラスタリングされたものと考えられる。移行域本区と沿岸区の第4位はアカイカであり、亜熱帯域ではアカイカは7位または8位であった。この面では亜熱帯および移行域内の区同士は類似していた。アロツナスとニシシマガツオのCPUEは沿岸区ではその他の区より相当低かった。また、沿岸区にだけ出現した種は見られなかった。これらにより、移行域本区が亜熱帯域とクラスタリングされた要因は上位2種にあると思われる。沿岸区の水色が5と他の区より緑色で、透明度も浅いという特徴があった(図2, 3)。他の3区の間では顕著な物理的環境の差は見られなかった。

(2) 10~11月 (図74)

南半球の春に相当する期間であり、調査海域は、熱帯域、タスマン海域、亜熱帯域、移行域に大別された。タスマン海は同緯度の南太平洋より暖かい表面水温、やや大きな表面-100m水温差と浅い透明度などの海洋学的特徴を示した(図2, 4, 6)。

熱帯域では、カツオが第1位を占め、アロツナスが非常に少なく(b区では第2位だが、CPUEは亜

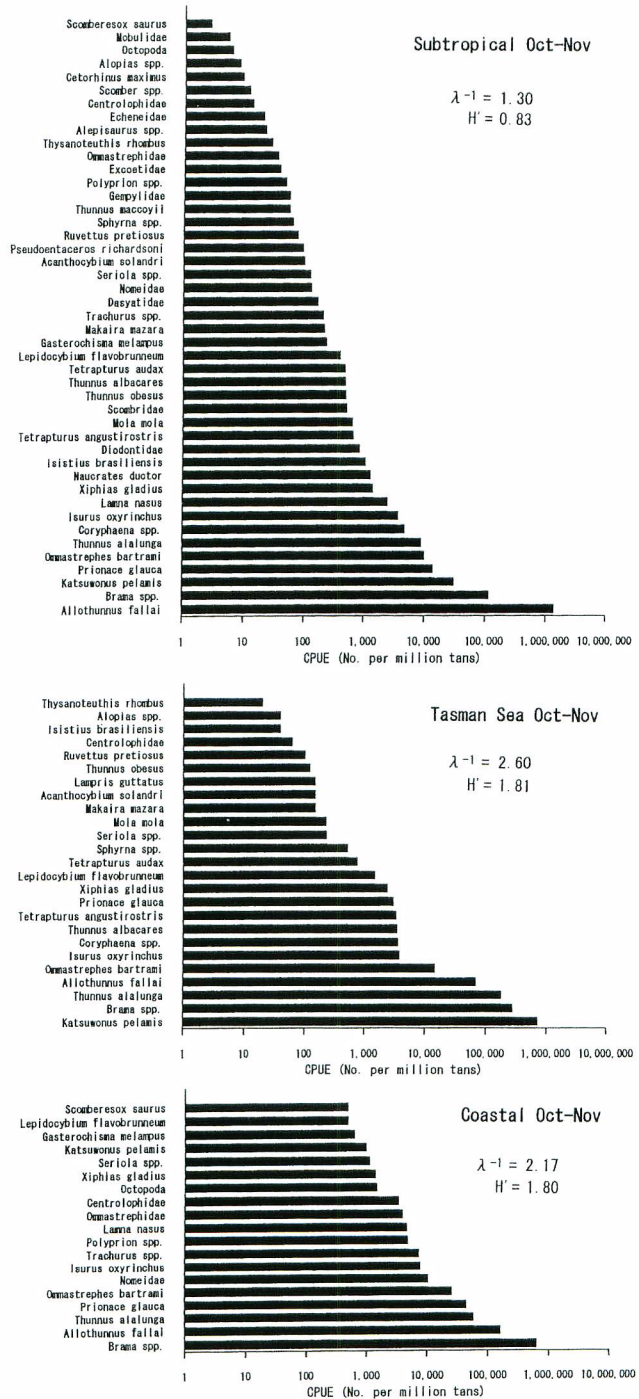


Fig. 74. Continued.

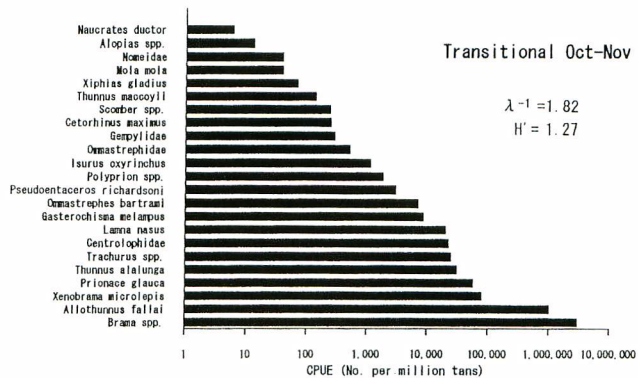


Fig. 74. Continued.

熱帯域に比べ低い), ニシシマガツオとピンナガが見られないなどの特徴を示した。調査ブロック数も努力量も少ないため, 分布密度の低い種は網羅されなかったと思われる。熱帯域は $130^{\circ}\sim 140^{\circ}\text{W}$ のa区とタスマン海と 120°W に離れるb区に分けられた。a区ではアロツナスが見られず, 第2位種がメジロザメ科, 第3位種がクロカジキと他の海域と著しく異なった。出現種数はa区がやや多いが多様度はb区が高かった。これは, a区ではカツオが他の種より1桁大きいCPUEを示したことに起因する。

亜熱帯域ではアロツナスが最優占種で, カツオが第2または3位種であった。クラスター分析により, 亜熱帯域はブロック数の大部分を占める本区 (Subtropical Proper Subregion) と散在する5ブロックから成る縁辺区 (Subtropical Marginal Subregion) に分けられた。本区はアロツナスとニシシマガツオのCPUEが高いのに対し, 縁辺区ではアロツナスは最優占種であるがそのCPUEは本区よりかなり低く, ニシシマガツオは第6位であった。これらのsubregionsと対応する海洋学的特徴が見られないこと, 縁辺区は散在したブロックから構成されることから, 区分には積極的な意味はないと思われる。亜熱帯本区では出現種数が最大であったが, 種多様度は最も低かった。種数は調査ブロック数と努力量が多いことに起因するかも知れない。多様度が低かったのは, アロツナスのCPUEが他の種より極めて高かったためであろう (第2位のニシシマガツオのCPUEより1桁大きかった)。

タスマン海はカツオが最優占種である点で熱帯域と共通したが, ニシシマガツオが卓越した点では亜熱帯域と移行域に類似していた。また, アロツナスのCPUEが低い点で亜熱帯域とも移行域とも異なった。タスマン海域の群集がかなり独立性が高かった主因は, これらによると思われる。

クラスター分析により沿岸区としてまとめられたブロックは, ニューゼaland北島東方とチリ沖合と東西に分離していた。沿岸区の最上位2種はニシシマガツオとアロツナスである点で移行帯本区と類似していたが, 沿岸区ではこれら2種のCPUEは第3位以下の種のCPUEに比して本区ほど極端な差はなかった。また, エボシダイ科やニューゼalandオオハタ属は沿岸区で特徴的にCPUEが高かった。8~9月同様, 沿岸区のSimpsonの種多様度は移行域本区より高かったが, タスマン海より低かった (Shannonの多様度はほぼ同様であった)。

移行域本区では, ニシシマガツオが最優占種であり, 第2位種のアロツナスとともに第3位種のオニシシマガツオより1桁高いCPUEを示した。種数は23と調査努力量やブロック数の割には少なかった。

(3) 12~1月 (図75)

南半球の初夏であり, 調査海域は, 亜熱帯域, 移行域, 亜南極域に大別された。タスマン海は南太平

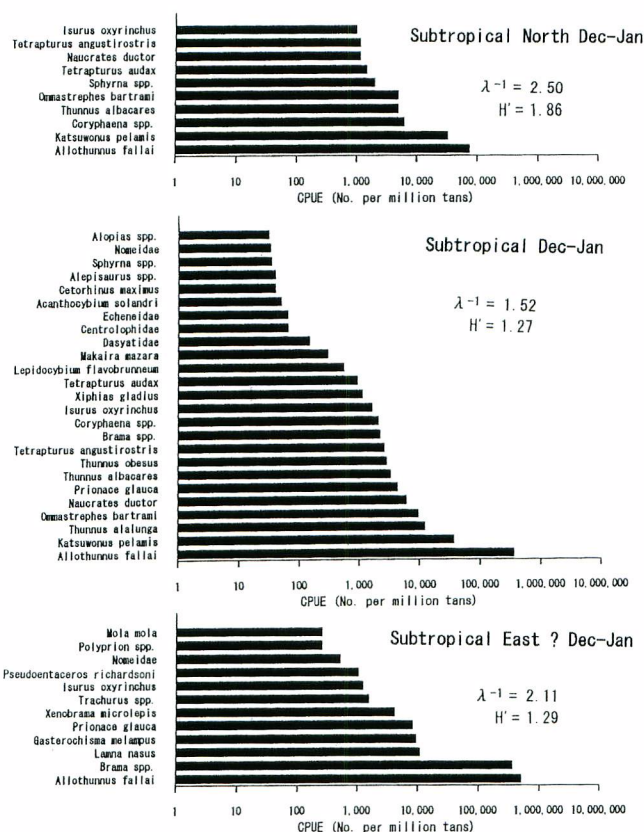


Fig. 75. Relationship between order of species and CPUE by geographic regions in December-January.

洋の同緯度とほぼ同様な表面水温であったが、タスマン海は100m層水温がやや暖かいことと透明度がより低い点で異なった(図2, 4, 5)。しかし、10~11月と異なり、種組成からは南太平洋の移行域と区別されなかった。

亜熱帯域ではアロツナスが最優占種であった。クラスター分析では亜熱帯域北西端と北東端のブロック(北区, Subtropical North Subregion)が他の亜熱帯域から分離された。移行域より南に位置する44°S-80°Wブロックが亜熱帯域に分類されたことは、亜熱帯域が移行域より先に亜南極域とクラスタリングされたことと類似した現象である。また、36°S-110°Wブロックは他の亜熱帯域と地理的に離れており、類似度は44°S-80°Wブロックとの間で最も高かったため、これらのブロックは東区(East Subregion)として別に扱った。北区は本区と最上位2種(アロツナスとカツオ)は共通であるが、アロツナスのCPUEはやや低く、シラ属やキハダなどの分布が特徴であり、多様度は高かった。東区は本区同様にアロツナスが最優占種でそのCPUEもほぼ同様であったが、他の種の順位はかなり異なり、むしろ亜南極域に類似していた。また、アロツナスとニシシマガツオのCPUEが接近し、第3位種より著しく

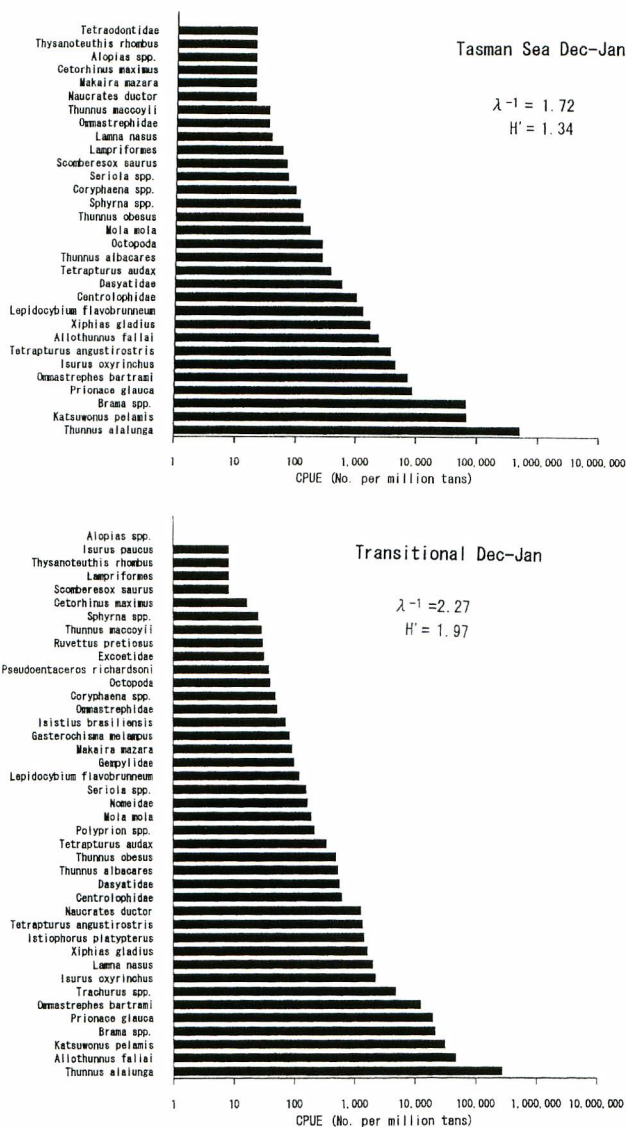


Fig. 75. Continued.

高かった点でもよく類似した。しかしアロツナスの CPUE は亜南極域の方がかなり高かった。

このような各地理区の群集の類似性は海洋学的特性に起因した可能性がある。すなわち、東部南太平洋では海洋前線が西部より相当弱まることから、亜熱帯性および亜南極性の魚種の混合がより著しいと考えられる。また、120°W 以西の中緯度域で卓越したビンナガは、120°W 以西の低緯度と高緯度域および120°W 以東では分布が少なかった。さらに、水色 4～5 の分布域は、ビンナガの低い CPUE 域とほぼ一致していた。従って、海洋学的背景とともにビンナガの分布が、上記の奇妙なクラスター分析結果に結び付いたと考えられるが、120°W 以東の調査努力量は以西より相当少ないため、更に検討を要する課題である。

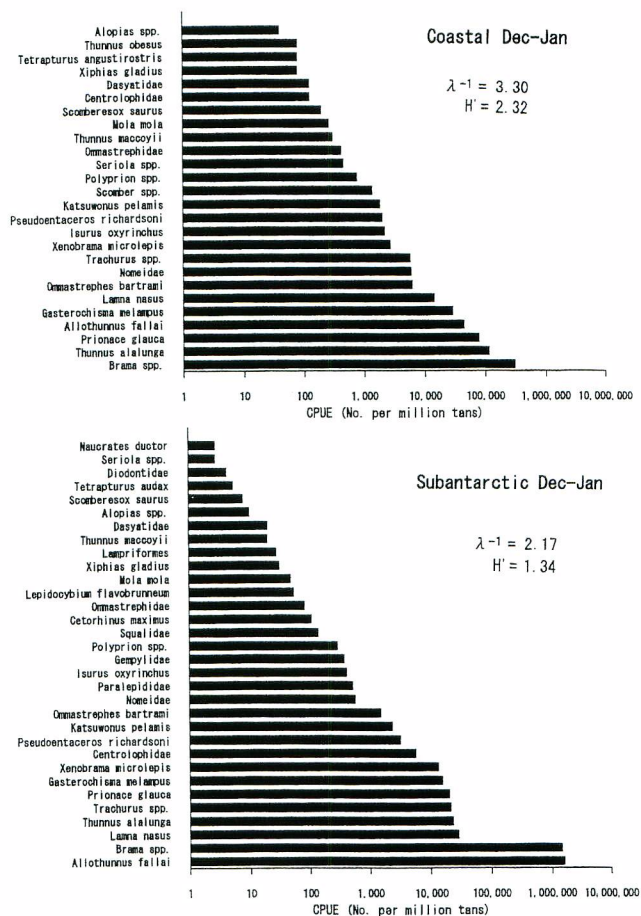


Fig. 75. Continued.

クラスター分析により、移行域はニュージーランド東方の1ブロックおよび、40°S付近、110°W以西の3ブロック（沿岸区：Transitional Coastal Subregion）とその他の中緯度域（本区：Transitional Proper Subregion）に分けられた。10～11月に明瞭な地理区を形成したタスマン海は南太平洋から分離されなかった。しかし、ここでの群集構造分析では一応別に扱った。移行域本区とタスマン海ではビンナガが最優占種で第2位種よりかなりCPUEが高かった。沿岸区では、ニシシマガツオが最優占種、ビンナガは第2位であったが、その差は小さかった。沿岸区は種数は少ないものの、種間のCPUE差が小さいため多様度は高かった。

亜南極域は広い範囲にわたったが、他の地理区と同様なレベルでは細分はされなかった。アロツナスとニシシマガツオが圧倒的な優占種であり、第3位種とは2桁のCPUEの隔たりが見られた。第3～8位種間のCPUEの差は少なかったが、第9位種以下では差が著しかった。この特徴のため、亜南極域の種多様度はSimpsonの指数とShannonの指数でやや異なる結果となった。

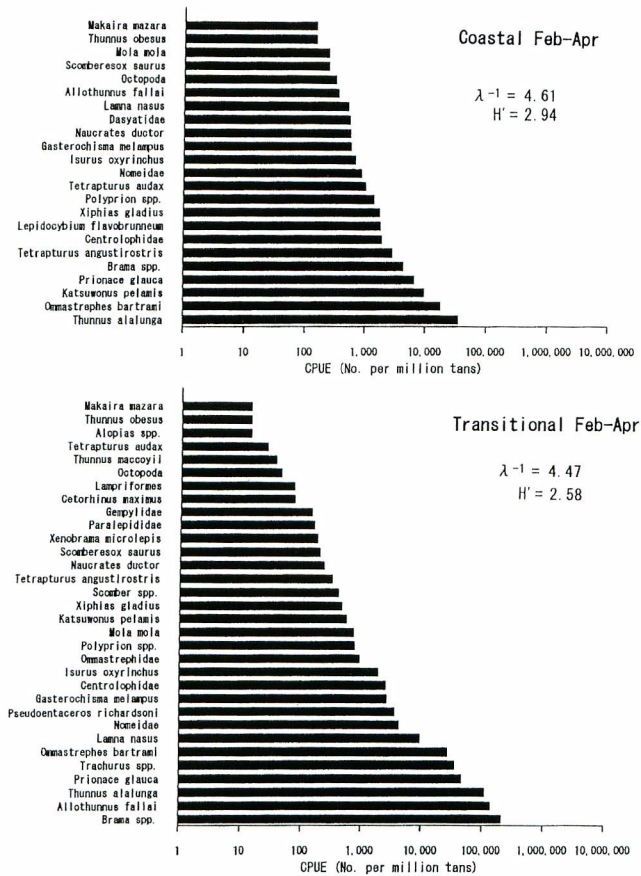


Fig. 76. Relationship between order of species and CPUE by geographic regions in February-April.

(4) 2～4月 (図76)

南半球の夏～初秋に相当し、調査海域は移行域と亜南極域に大別された。大部分の移行域の水色は3以下と青色系で透明度も高く、亜南極域は緑色系の水色および低い透明度を示す点で対照的であった(図3, 4)。52°S-140°Wブロックは移行域にクラスタリングされたが、調査努力量が極めて少ないため地理区名は付さなかった。

移行域は、ニュージーランド東方の3ブロック(沿岸区)、140°～160°Wの2ブロック(北区: Transitional North Subregion)とその他の5ブロック(本区: Proper Subregion)に分けられた。沿岸区とそのすぐ東の北区では上位4種の順位(ビンナガ、アカイカ、カツオ、ヨシキリザメ)と一致し、アロツナスの順位は低かった。これに対し、本区はニシシマガツオ、アロツナス、ビンナガの順であった。移行域北区では最優占種のビンナガのCPUEは第2位種のそれより相当高く、種多様度は沿岸区および本区よりかなり低かった。沿岸区および本区での種間のCPUE差は比較的少なかった。

亜南極域は、北部の本区(Subantarctic Proper Subregion)、南区(South Subregion)、および亜南

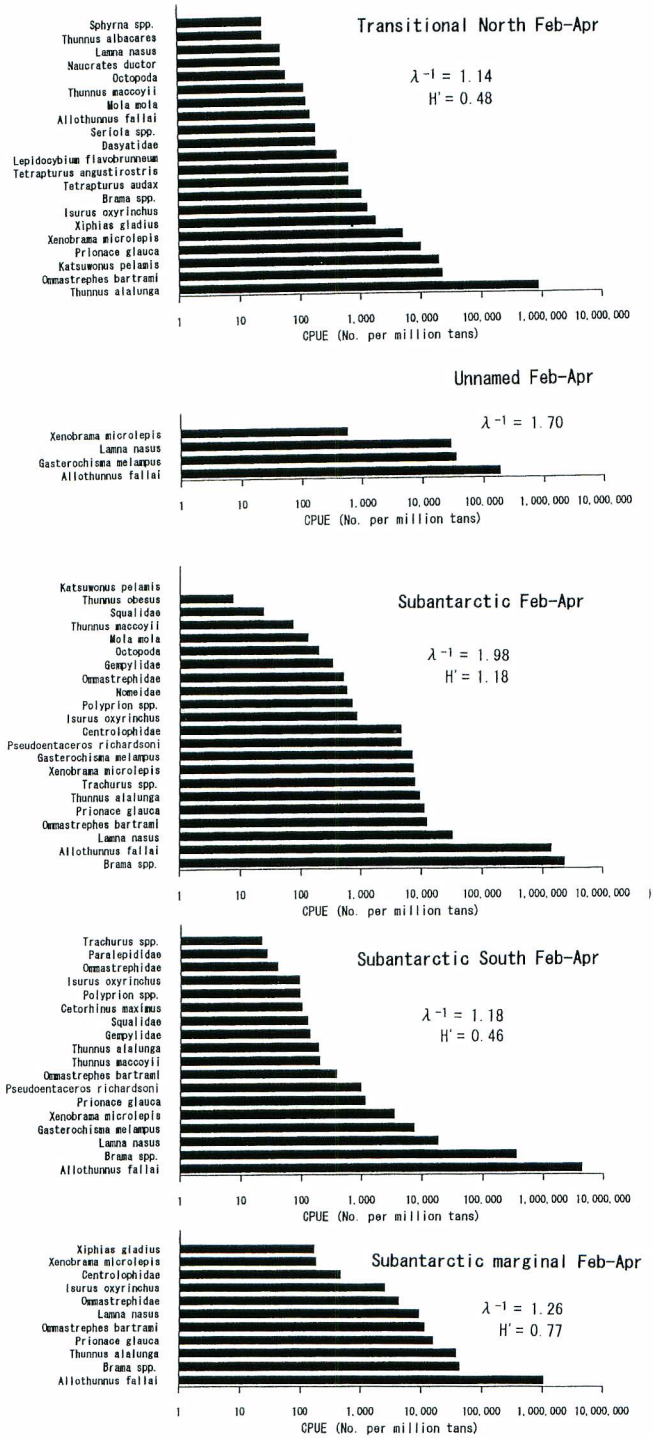


Fig. 76. Continued.

極域北端の1ブロックと南東端の2ブロック（亜南極縁辺区：Marginal Subregion）に細分された。本区ではニシマガツオとアロツナスが第3位種のニシネズミザメを大きく引き離して圧倒的な優占種であった。南区と亜南極縁辺区は最優占種がアロツナス、第2位種はニシマガツオである点で本区と共通していたが、ニシマガツオのCPUEは本区、南区、縁辺区の順に低かった。縁辺区はブロック数と努力量が少なく、地理的にも分断されているので、独立した地理区とは思われない。亜南極域の種多様度は低く、Shannonの指数でより顕著に低かった。特に亜南極南区の種多様度は非常に低かった。

(5) まとめ

沿岸域とタスマン海を除き、南半球の冬～春季には熱帯域b区、移行域、亜熱帯域の順に多様度が高い傾向にあった。これは、(1)亜熱帯域は熱帯域より出現種数は多いものの、アロツナスの卓越により多様度を低下させ、(2)移行域は亜熱帯性および亜南極性のネクトンの分布重複により多様度が高まったと考えられる。夏～初秋季には、種多様度は、亜熱帯北区、移行域、亜熱帯本区、亜南極本区、亜南極南区の順に高かった。沿岸区は同様な緯度にある移行域本区より常に種多様度が高かった。これは、上位種と下位種のCPUE差が比較的小さいことに起因している。

3.4 群集構造の季節変化

(1) 地理区間の境界の季節変化

各地理区内における魚種組成の季節変化の分析に先立ち、地理区間の境界の季節変化を整理した。

亜熱帯域－移行域の境界：160°W以西では、8～1月の間、32°～36°Sとほぼ一定であったのに対し、110°～160°Wでは、10～11月の40°S付近から12～1月の間の36°S付近へと北上した。100m層で見た境界水温は、110°W～180°全域で10～11月の約13°Cから12～1月の間の16°Cへと変化した。

移行域－亜南極域の境界：140°～160°Wは、12～4月の間、40°Sとほぼ一定であった。110°～140°Wと160°W以西では、12～1月の40°S付近から2～4月の間の44°～46°S付近へと南下した。120°W以西の100m層水温では12～4月の間は約10°Cで変化がなかったが、120°W以東では明瞭な境界水温は見られなかった。

このように各地理区の境界緯度は地域的に若干の季節変動を示した。亜熱帯前線と亜南極前線の位置は季節変化が少ないといわれており(Hofmann, 1985)、同じ地理区名であっても、一部に海洋学的に異なる水塊を含む場合があったと考えられる。

(2) 亜熱帯域

8～9月（東区と西区、10月以降の本区と対応する）と10～11月（本区）の組成は、最優占種のアロツナスが第2位種よりかなり高いCPUEを示す点と、ニシマガツオ、カツオ、ビンナガ、ヨシキリザメが主要種である点で類似しており、種多様度も同様なレベルにあった。12～1月（本区）では、移行域との境界がやや北上した点で必ずしも同列に比較できないが、種組成はそれまでとほぼ類似した。しかし、アロツナスの順位には変化がなかったもののCPUEはかなり低下し、ニシマガツオのCPUEは極端に低下した。その結果、種多様度はやや大きくなった。

(3) 移行域

移行域本区では、8～9月のデータは少ないが、アロツナスとニシマガツオが最上位2種で、第3位種のCPUEより1桁以上高い点で10～11月と類似していた。12～1月の本区にはそれまで移行域本区

に出現しなかったビンナガとカツオが最優占種と第3位種となり、アロツナスとニシシマガツオは第2位および第4位に後退した。上位種のCPUEはそれまでより相当低くなり、下位種との差が小さくなった。このため種多様度は高まった。2～4月の本区の上位3種はニシシマガツオ、アロツナス、ビンナガであり、12～1月から順位は若干変動したものの引き続き優占種であったが、カツオは大きく順位を後退させた。種数がやや減少したにもかかわらず、種多様度は急激に高まった。この主因は上位種3種間のCPUEの差が最も小さくなったことにある。なお、これら3種の平均的CPUEは12～1月と同様なレベルであった。

沿岸区でも、8～9月のデータは少ないが、10～11月の本区同様にアロツナスとニシシマガツオが最上位2種であった。しかし、これら2種のCPUEは10～11月に高まり、種多様度は逆に低下した。12～1月の沿岸区での上位3種はニシシマガツオ、ビンナガ、ヨシキリザメであり、アロツナスは第4位となった。ニシシマガツオとアロツナスのCPUEは本区同様、10～11月よりも相当低くなり、上位種と下位種との差が小さくなった。このため種多様度は高まった。2～4月の沿岸区での上位3種はビンナガ、アカイカ、カツオであり、アロツナスとニシシマガツオは順位を大きく後退させた。また、上位種のCPUEは12～1月よりかなり低下した。種多様度は本区同様これまでの最高となった。このように、沿岸区の種多様度は移行域本区と同様な季節変化を示したが、本区より常に種多様度が高かった。

(4) 亜南極域

亜南極本区および南区とも限られた調査期間であるが、アロツナスとニシシマガツオが圧倒的に高いCPUEで第3位種のニシネズミザメを引き離しており、本区の12～1月と2～4月間の変化は少なかった。また、これら2種のCPUEも12月～1月と2～4月の本区の間では順位は入れ代わっているものの、その差は小さく、種多様度も類似していた。2～4月だけ調査した南区では、アロツナスのCPUEはニシシマガツオより相当高く、種多様度は非常に低かった。

3.5 考察

今回使用したデータは、流し網の網目選択性の制約を受けている上に操業がアロツナスやニシシマガツオなどを目的としているため、魚種や個体数組成には自然からの偏りを含んでいる。それにしても、区(subregion)のレベルで最優占種となったのは、アロツナス、ニシシマガツオ、ビンナガ、カツオだけであり、熱帯域a区を除き上位3種に出現したのは15種または種グループに過ぎなかった。これらは、Parin (1967) が述べたように外洋表層域は単純な群集であるという見解を支持する結果である。

亜熱帯域の種組成の季節的变化は8～11月の間は少なく、12～1月に主要種のアロツナス、ニシシマガツオおよびヨシキリザメのCPUEが相当低下したが、カツオとビンナガのCPUEはあまり変化しなかった。移行域では、8～11月に卓越したアロツナス、シマガツオおよびヨシキリザメが12～1月にはCPUE、順位ともに後退させ、代わってビンナガとカツオのCPUEが上昇し前者が最優占種、後者が第3位種となった。2～4月にはカツオが激減、ビンナガもやや減少し、逆にアロツナス、ニシシマガツオ、ヨシキリザメが増加し順位も再度入れ代わった。亜南極域は調査期間がほぼ夏季に限定されたが、アロツナスとニシシマガツオが圧倒的に優占した。前述のような偏りをもったデータに基づく結果であるが、主要種の中にあってもアロツナスとニシシマガツオは南太平洋表層域において最重要種であり、これらにビンナガ、カツオ、ヨシキリザメを加えた5分類群が季節変動の主因を担っていると考えられる。

第4章 アロツナスの生態的役割²

4.1 アロツナスの体長組成

(1) 試験網の体長組成

1985/86年に104~216mmの5種目各20反から構成された試験網による全44回の操業から得られたアロツナスの体長組成を図77に示す。尾叉長範囲は48~88cmで、72cmにモードを持つ単峰型の組成であり、66cm以下の個体は極めて少なかった。1986/87年にも同様な組成を示し、尾叉長範囲は49~89cmであった。体長測定のために無作為抽出された標本以外に、1987年1月の45°S、105°Wにおいて尾叉長27~28cmの個体が少数ながら採集された。アロツナスに対する網目の選択性(Yatsu and Watanabe, 1987)により、試験網は44~102cmのアロツナスに有効である。このため、上記の尾叉長範囲は、調査海域の自然の組成に近似したものと考えられる。すなわち、本データは、大陸ないし島より200海里以遠の公海域では、尾叉長66cm未満のアロツナスの小型個体の分布は極めて少ないこと、アロツナスの最大尾叉長は89cm程度であることを示している。

(2) 160mm目合網の体長組成

体長組成の海域差の検討には、最もデータの多い160mm目合流し網による組成を用いた。なお、網目選択曲線(Yatsu and Watanabe, 1987)によると、アロツナスに対する160mm目合の漁獲効率は尾叉長67cmの個体において最高であり、これを基準とした相対効率50%の尾叉長は約60cmと90cmである。

10~11月の30°S線に沿った体長組成は、東西方向でほとんど変化を示さなかった(図78)。雌雄とも単峰型の組成であり、雄のモードは71~72cm、雌のモードは74~77cmと、雌が2~5cm大型であった。

11月の115°~120°Wに沿った体長組成は、21°~40°Sの間で南北変化がほとんど見られなかった(図79)。夏季の亜南極域における体長組成では、50°S以南でややモードが大きく、70cm未満の個体は極めて少ない傾向が認められた(図80, 81)。

12~1月のペルー海流域から亜南極域東部の体長組成は以下の特徴を示した(図82)。最も南米大陸よ

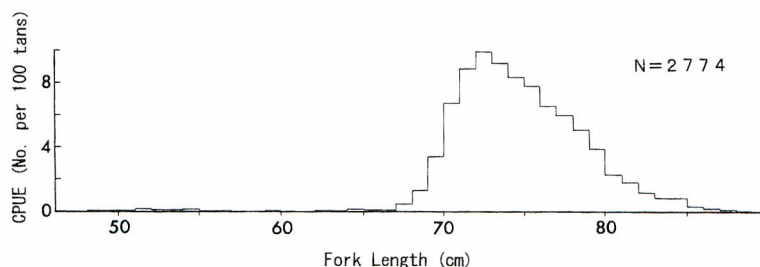


Fig. 77. Length frequency of slender tuna obtained from 44 fishing operations of research driftnets composed of each 20 tans of 5 mesh sizes of 104-216mm in the 1985/86 *Allothenus* survey.

2 第4章(第1節を除く)の大部分はYatsu(1995)により既に報告された。ここでは、日本魚類学会の許可を得て再掲した。

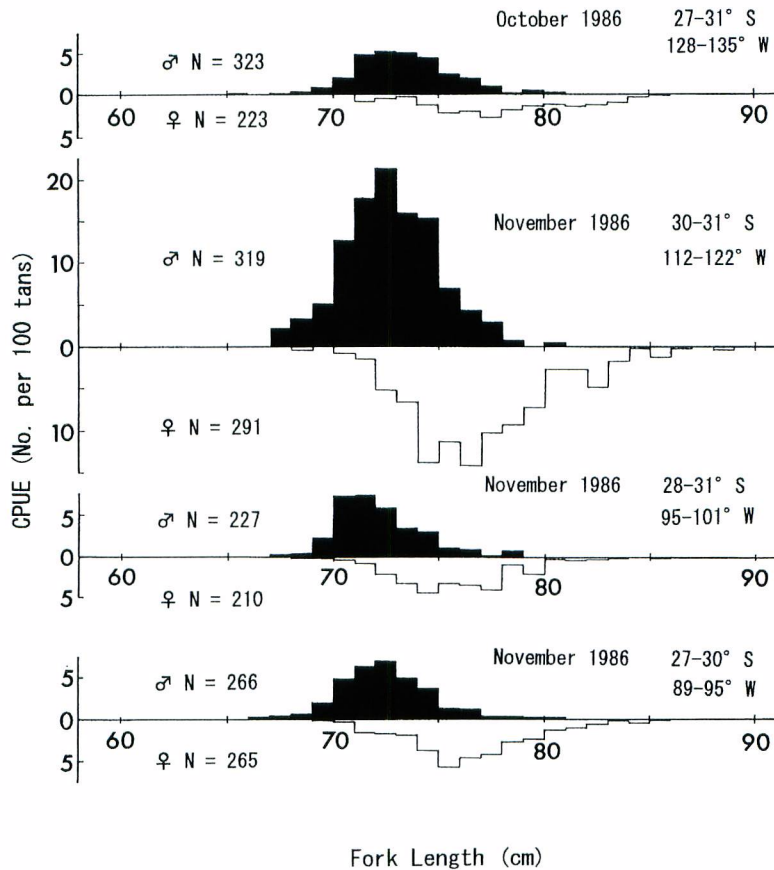


Fig. 78. Length frequency of slender tuna caught by 160mm meshed driftnets along ca. 30°S latitude in October-November 1986.

りの38°~44°Sで分布密度は極めて低いものの、体長範囲は46~85cmと広く、明瞭なモードは見られなかった。44°~45°Sの体長組成では、南米大陸よりで大型個体が多い傾向にあった。

(3) 論議

藁科・久田 (1972) は、ニュージーランド、タスマニアおよびアフリカ周辺の亜南極域におけるミナミマグロを対象とした延縄漁業に混獲されたアロツナスの尾叉長はいずれの海域でも70~95cm (N = 652) と報告した。一方、Webb and Wolfe (1974) は、東部タスマニア沿岸で、1974年の6月に巻き網による本種の50トンと180トン各1回の大量漁獲があり、その体長組成は標準体長70~91cm、モードは81cmにあったことを報告している。これらの漁獲は本調査海域に比べ陸寄りであったことから見て、沿岸域には大型の個体が分布する傾向があると考えられる。

一方、Roberts (1975) は、ニュージーランド北島沿岸で巻き網船が約20トンのカツオとともに約3トンのアロツナス若魚を漁獲したことを報告した。それによるとアロツナスの大部分は網から逃げたが、標本として持ち帰った2尾の尾叉長は28cmであった。Mori (1967) は、25°~35°S, 92°~152°Wのカツ

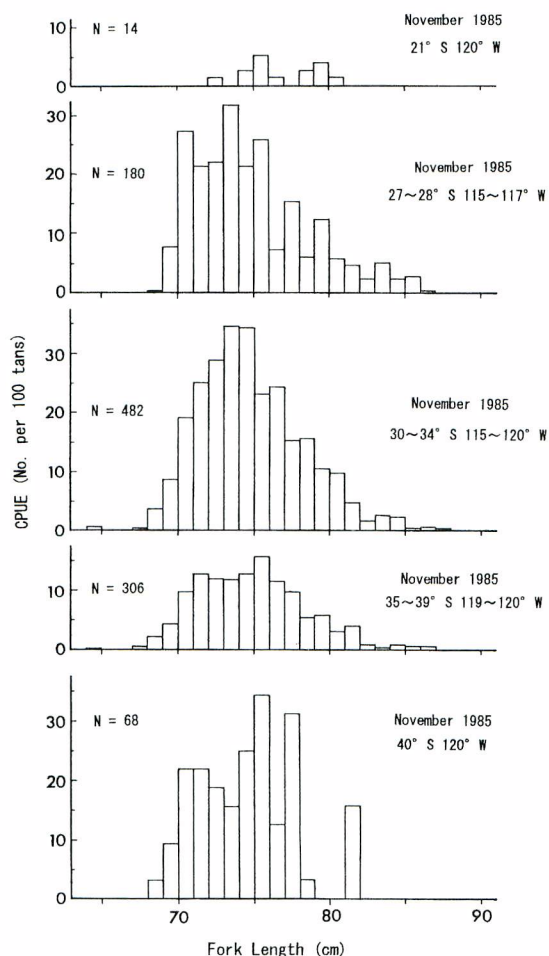


Fig. 79. Length frequency of slender tuna caught by 160mm meshed driftnets along 115°-120°W longitudes in November 1985.

オ・マグロ類の胃から、標準体長83~210mmのアロツナス幼魚を報告した。さらに、森 (1972) はパラオ沖 (5°N, 136°E) から得られたバショウカジキの胃内容物から、尾叉長22cmのアロツナス幼魚1尾、南西アフリカ沖 (25°S, 5°E) から得られたクチナガフウライカジキの胃から推定尾叉長21cmと25cmのアロツナス幼魚各1尾を記録している。また、海洋水産資源開発センターがチリ沖合で行った表中層トロールによるチリマアジの漁獲試験により、アロツナスの幼魚が2回混獲された：(1)1987年1月25日、38°S, 79°W, 漁獲水深18mで尾叉長32~34cmの4個体(黒岩道徳氏私信)、(2)1987年5月11日、42°S, 79°W, 漁獲水深150mで尾叉長44~51cmの数個体(小河道生氏私信)。本調査でもチリの200海里経済水域のすぐ外側の海域で若魚の分布が見られたことから、沿岸域には大型魚に加え幼魚も相当分布すると考えられる。

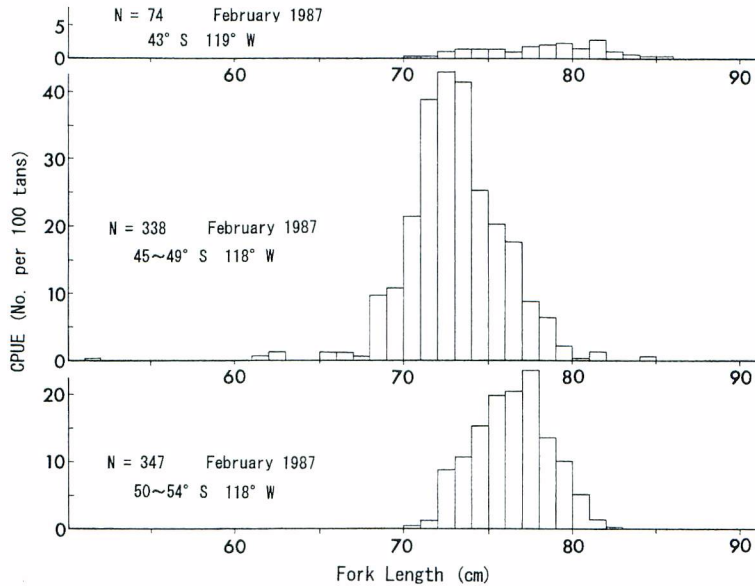


Fig. 80. Length frequency of slender tuna caught by 160mm meshed driftnets along 118°-119°W longitudes in February 1987.

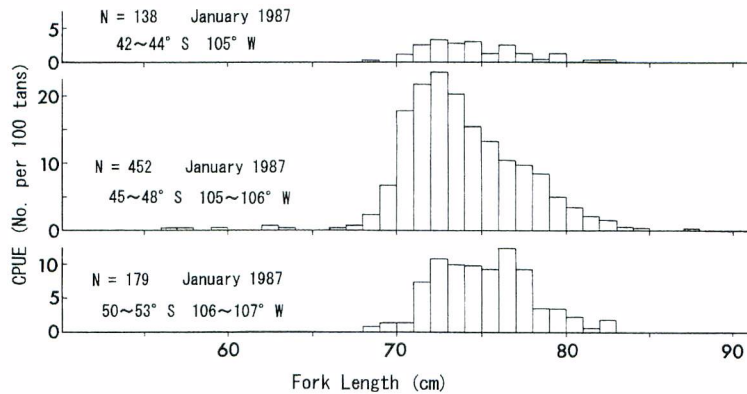


Fig. 81. Length frequency of slender tuna caught by 160mm meshed driftnets along 105°-107°W longitudes in January 1987.

4.2 アロツナスの成熟状態

本章の第2節および3節では、魚類群集の類型化(第3章)と海洋学的水塊区分(Suverdrup *et al.*, 1947; Hofmann, 1985)に基づき、1985/86年調査と1986/87年調査の海域を以下の4海域に区分してアロツナスの生態的特徴を解析した(図83):ペルー海流北部(Peru Current North: 84°W 以東, 31°S 以北), ペルー海流南部(Peru Current South: 88°W 以東, 38°S 以南), 亜熱帯域(Subtropical: 88°W 以西, 40°S 以北) および亜南極域(Subantarctic: 88°W 以西, 40°S 以南)。

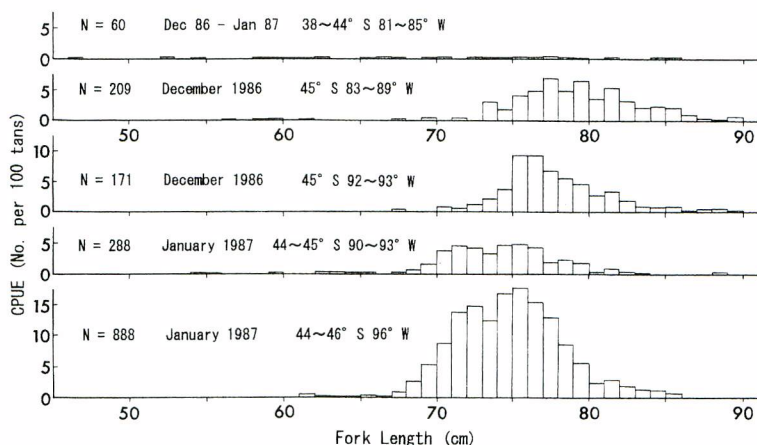


Fig. 82. Length frequency of slender tuna caught by 160mm meshed driftnets off Chile during December 1986 and January 1987.

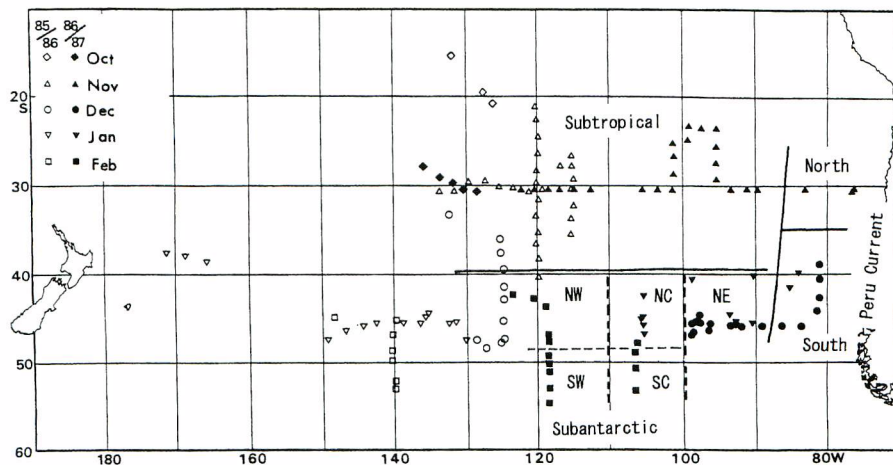


Fig. 83. Locations of driftnet fishing and oceanographic regions in the *Allothunnus* survey during 1985-87. Modified from Yatsu (1995) with permission of the Ichthyological Society of Japan.

生殖腺指数 (Gonadal Somatic Index: GSI) を性別、海域別に図84に示した。亜熱帯海域とペルー海流北部の採集月は大部分が10月と11月であり、GSIおよび完熟個体の割合とも高かった(表7, 図84)。一方、亜南極域とペルー海流南部ではGSIは低かった。従って、亜熱帯域とペルー海流北部は産卵場と考えられる。なお、尾叉長の海域別の平均値は雌762~781mm, 雄675~731mmであり、海域間の差は非常に少なかった(表7)。

アロツナスの生物学的最小型は、雄で601mm, 雌で698mmであった。

稚仔魚の分布は南太平洋の20°~30°Sにおいて8~12月に見られ、体長10cm程度に達した幼魚は25°

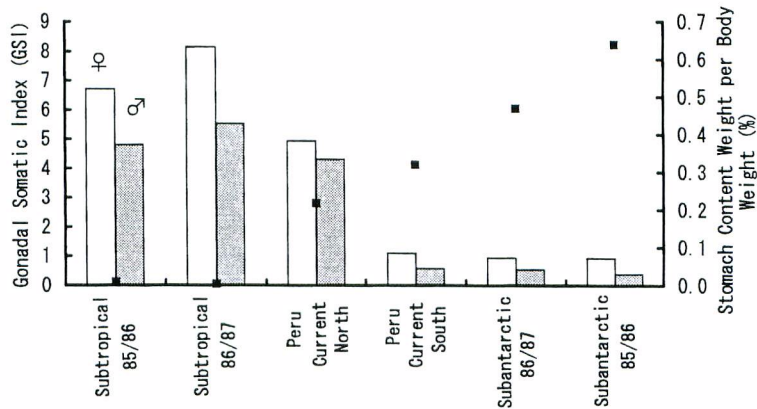


Fig. 84. Mean gonad somatic index (bars) by sex and mean diet weight per body weight (%; solid squares) of slender tuna by area during 1985-87.

～35°S で漁獲されたマグロ・カジキ類の胃内容物から出現する (Mori, 1967; 藁科・久田, 1972)。流し網による成魚の CPUE, 生殖腺の状態および卵稚仔の分布から, アロツナスの産卵が南半球の冬～春季に亜熱帯域において行われることは明らかである。

4.3 アロツナスの食性

漁獲水域を前節 (成熟状態) 同様に区分し, さらに, 索餌海域である亜南極域を 48°S 線, 100°W 線, 110°W 線で 5 亜区 (NE, NC, NW, SC, SW) に分割して, 胃内容物組成の海域差を検討した (図 83)。

(1) 胃の状態

胃内容物の体重に対する平均重量 (%) は, 亜南極域で高く, ペルー海流 (南北) で中庸, 亜熱帯域ではほとんどゼロであった (表 7, 図 84)。空胃個体の割合は亜熱帯域で高く, ペルー海流域は中庸, 亜南極域では低かった。各餌生物分類群の出現頻度も亜南極域で高く, 亜熱帯域で非常に低かった (図 85)。従って, 亜南極域とペルー海流南部はアロツナスの索餌域と考えられる。

(2) 餌生物

アロツナスの胃内容物の査定結果を豊度とともに表 8 に, 各操業位置と操業毎の胃内容物をそれぞれ付図 2 と付表 1～5 に示した。また, 1986/87 年調査における餌生物群毎の体重に対する胃内容物重量比 (%; 以下 SCI とする) を図 86 に示す。ペルー海流北部では, 標本数が少ないため, イカ類, 魚類, 端脚類の出現頻度はそれぞれ, 12%, 6%, 6%, オキアミ類とカイアシ類は 0% であったことを記すにとどめる。

オキアミ類は亜南極域で最も卓越し (1985/86 年の出現頻度は 41%, 1986/87 年は 46%), ペルー海流南部での出現頻度は 16% であったが, ペルー海流北部では出現しなかった。オキアミ類の優占種は, *Euphausia vallentini*, *E. lucens* および *Thysanoessa gregaria* であり, *E. vallentini* と *T. gregaria* は, 96°～140°W の 46°S 以南から, *E. lucens* は 96°～140°W の 44°～53°S からそれぞれ得られた。

イカ類は 1986/87 年に調査された亜南極域東部とペルー海流南部で高い頻度で出現し (それぞれ 39% と 29%), SCI は共に約 0.16 であった。一方, 1985/86 年調査における亜南極域中部での出現頻度は低く 15%

Table 7. Fork length, percentage of specimens by gonad condition, GSI, percentage of empty stomachs and stomach content weight per body weight (SCW/BW in percent) of slender tuna by area, year and sex.

Area and Year	Sex	n	Fork length (mm)			Gonad condition (%)				GSI		Empty stomachs (%)	SCW/BW*	
			Range	Mean	SD	Immature	Maturing	Mature	Spent	Mean	SD		Mean	SD
Subtropical 1985/86	Female	321	690-881	781	36	0	37	48	15	6.71	2.86	87	0.004	0.038
	Male	296	632-820	731	26	2	7	90	1	4.80	1.95	83	0.015	0.123
Subtropical 1986/87	Female	257	707-896	781	37	0	35	54	11	8.14	2.70	77	0.006	0.081
	Male	253	650-838	725	28	0	0	99	1	5.50	1.92	70	0.003	0.019
Peru Current North	Female	11	698-893	798	53	0	82	9	9	4.92	2.14	82	0.025	0.056
	Male	6	612-812	721	64	17	0	83	0	4.29	1.76	33	0.572	1.088
Peru Current South	Female	62	494-879	762	106	21	18	0	61	1.09	0.97	50	0.326	0.601
	Male	29	463-787	675	99	66	0	28	7	0.61	1.03	48	0.212	0.401
	Unsexed	2	491-505	498	10	100	0	0	0	0.01	0.01	0	1.566	0.559
Subantarctic 1986/87	Female	269	532-883	771	55	13	4	0	84	0.93	0.90	25	0.459	0.703
	Male	229	533-807	726	43	78	0	21	0	0.55	0.77	27	0.481	0.774
	Unsexed	2	517-542	530	18	100	0	0	0	0.01	0.00	50	0.025	0.035
Subantarctic 1985/86	Female	242	503-873	765	60	13	5	0	81	0.93	0.59	36	0.560	0.908
	Male	278	511-794	721	36	85	2	4	9	0.38	0.70	29	0.711	1.002

* Values of empty stomachs were included in calculating mean and standard deviations of SCW/BW.

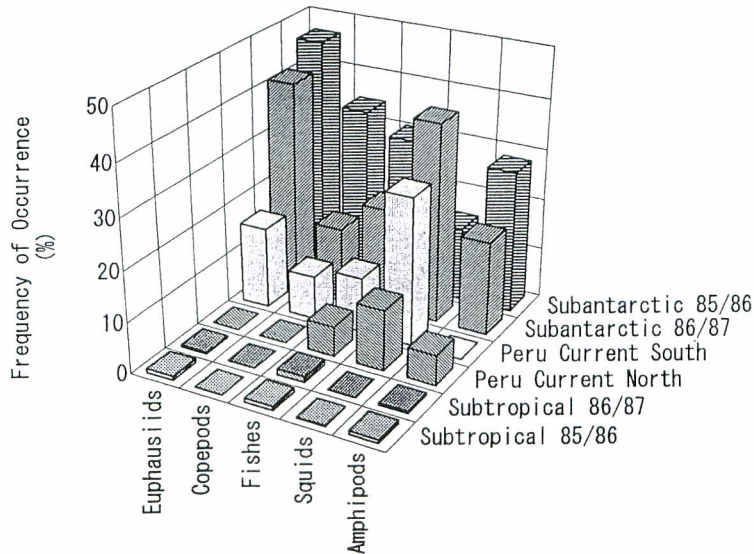


Fig. 85. Frequency of occurrence of major diets of slender tuna by area during 1985-87. Modified from Yatsu (1995) with permission of the Ichthyological Society of Japan.

であった。1986/87年の優占種はアカスルメイカ (*Martialia hyadesi*) の小型個体 (外套長 (ML) 44~102 mm) であり,他にアカイカ科の不明種 (20~102mm ML; 通常 20~60mm), ツメイカ科 (10~30mm ML) およびテカギイカ科 (18~35mm ML) が見られた。アカスルメイカは44°~48°S, 81°~118°W から得られた。ミナミニユドウイカ (*Moroteuthis ingens*) とニュウドウイカ属の数種 (約11~80mm ML) は1985/86年に調査した亜南極域中部で胃内容物中に普通に見られた。

カイアシ類は1985/86年に調査した亜南極域中部で優占的に出現したが (出現頻度は34%), 1986/87年に調査した亜南極域東部では出現順位は4位 (頻度は14%, SCIは0.09), ペルー海流南部では4位 (頻度は9%, SCIは0.06) であった。同定されたカイアシ類の大部分は *Neocalanus tonsus* のコペポダイト5期と成体の雌であった。

魚類は, 亜南極域中部, 亜南極域東部, ペルー海流南部とも出現順位は3位であり, 出現頻度は順に30%, 21%, 10%であった。魚類のSCIは1985/86年調査での亜南極域東部とペルー海流南部で共に0.06であった。一般に胃中の魚類は消化が進み, 亜熱帯域から持ち帰った標本で同定された種はオニキンメ (*Anoplogaster cornuta*) とマアジ属 (*Trachurus* spp.) だけであった。ハダカイワシ科の若魚 (ca. 20~50 mm SL) が亜南極域の44°~51°S, 81°~142°W で卓越していた。

端脚類は1985/86年, 1986/87年とも亜南極域で第4位の出現順位で, それぞれ28%と18%の出現頻度であったが, ペルー海流南部からは見られず, 亜南極域東部でのSCIも極めて低かった。*Phronima* spp. は40°~46°S (および30°S, 90°Wの1点) に分布していた。*Primno macropa* と *Themisto gaudichaudii* は41°~53°S と44°S以南で *Phronima* spp.よりも高い頻度で出現した。

(3) 胃内容物組成の海域間の比較

1986/87年調査資料の胃内容物重量の解析によれば, 亜南極域のアロツナスの餌生物としてはイカ類の重要性が最も高く, 次いでオキアミ類, カイアシ類, 魚類, 端脚類の順であり, 端脚類は重量比で約1%

に過ぎなかった(図86)。ペルー海流南部では、イカ類、カイアシ類の順に重要であり、オキアミ類と魚類は同率3位であり、端脚類は出現しなかった。イカ類は亜南極域よりもペルー海流南部で多量に出現したが(後述のNE区を除く)、オキアミ類はこれと逆の傾向を示した。魚類とカイアシ類の重要性はこれらの海域間ではあまり差が見られなかった。

ペルー海流南部および亜南極域の小区分(NE, NC, NW, SC, SW; 図77) 毎の胃内容物の組成を1986/87年調査資料をもとに表9に示した。主要餌生物(オキアミ類, カイアシ類, 魚類, イカ類)の重量構成に基づく海域差をSomerton(1991)の方法により統計的に検討した。なお, NW, SC, SW間ではカイアシ類の出現が極めて少なく, DIETTESTのアルゴリズムが正常に完結しなかったため, カイアシ類を除く3主要餌生物のデータにより統計的検討を行った。その結果, ペルー海流南部-亜南極域NE区間, 亜南極域のNC-SC, NW-SC, NW-SW, SC-SW区間では差が見られず, 他の海域間では危険率5%で有意差が見られた(表10)。

このように, 餌生物組成はペルー海流~亜南極域内においても地域的に異なっていた。すなわち, ペルー海流南部と隣接する亜南極域北部(NE区)ではイカ類が卓越し, 48°S以南と110°W以西(SC, SW, NW区)ではオキアミ類が多く, これらの中間海域(NC区)ではカイアシ類が卓越した。

年による差を無視できるとすると, オキアミ類の出現頻度はペルー海流南部から亜南極域中部(すなわち, 1985/86年調査)に向かって増加傾向が認められた。一方, イカ類は亜南極域中部に向かい出現頻度は低下した。

これらの胃内容物組成の海域差は餌の利用しやすさ(availability)やパッチ状分布(Kawamura, 1974)に関係すると思われるが, 本研究結果と環境中での餌生物の分布の対応は未解明である。

Table 8. List of taxa collected from stomachs of slender tuna, with abundance index in the diets.

Taxa	Abundance
Mollusca	
Gastropoda	
Atlantidae	
<i>Oxygyrus</i> sp.	rr
Cephalopoda	
Ommastrephidae	c
<i>Martialia hyadesi</i>	c
Onychoteuthidae	c
<i>Moroteuthis ingens</i>	c
<i>M.</i> spp.	c
Gonatidae	c
Brachioteuthidae	
<i>Brachioteuthis picta</i>	r
Cranchiidae	c
<i>Teuthowenia pellucida</i>	r
Crustacea	
Copepoda	
<i>Neocalanus tonsus</i>	cc
<i>Euchirella rostrata</i>	r
<i>Pleuromamma</i> sp.	rr
<i>Euchaeta</i> sp.	rr
Amphipoda	
<i>Lanceola</i> spp.	r
<i>Themisto gaudichudii</i>	cc
<i>Phronima</i> spp.	r
<i>Phrosina</i> spp.	r
<i>Primno macropa</i>	cc
<i>Brachyscelus</i> ?	r
Euphausiacea	
<i>Euphausia vallentini</i>	cc
<i>E. lucens</i>	cc
<i>E. similis</i> var. <i>armata</i>	r
<i>E. longirostris</i>	r
<i>E.</i> spp.	r
<i>Thysanoessa gregaria</i>	cc
<i>T.</i> spp.	c
<i>Nematoscelis megalops</i>	r
<i>N.</i> spp.	r
<i>Stylocheiron maximum</i>	c
<i>S.</i> spp.	c
Chaetognatha	
Sagittoidea	c
Tunicata	
Thaliacea	c
Vertebrata	
Osteichthyes	
Bathylagidae	r
Paralepididae	r
<i>Arctozenus risso</i>	rr
<i>Lestidium</i> sp.	rr
<i>Paralepis</i> sp.	rr
Anotopteridae ?	rr
Myctophidae	c
<i>Anoplogaster cornuta</i>	rr
<i>Trachurus</i> sp.	rr
Gempylidae	r
Aves	
Unidentified bird feather	rr

cc: very common, c: common, r: rare, rr: very rare.

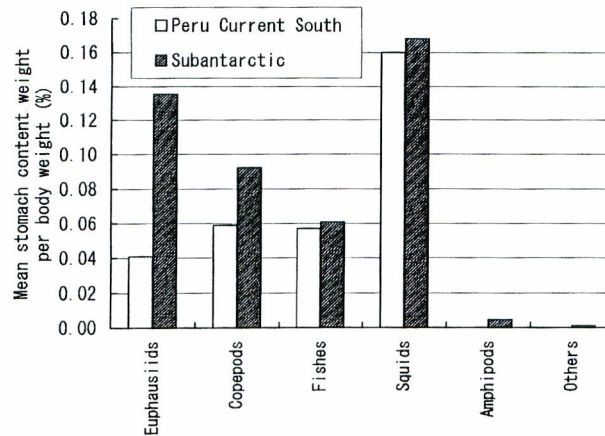


Fig. 86. Gravimetric diet composition of slender tuna by area in 1986/87. After Yatsu (1995) with permission of the Ichthyological Society of Japan.

Table 9. Number of stomachs examined, percentage of empty stomachs and mean diet weight per body weight (%) of major diets of slender tuna by region in 1986/87.

Region/subregion	n stomachs	Empty (%)	Mean diet weight per body weight (%) *					Total
			Euphausiids	Copepods	Fishes	Squids	Others	
Peru Current South	93	54	0.041 (13)	0.059 (19)	0.057 (18)	0.160 (50)	0.000 (0)	0.317 (100)
Subantarctic NE	252	33	0.053 (10)	0.061 (12)	0.036 (7)	0.359 (70)	0.004 (1)	0.513 (100)
NC	91	54	0.047 (12)	0.300 (77)	0.029 (7)	0.010 (2)	0.003 (1)	0.389 (100)
NW	50	36	0.354 (67)	0.002 (0)	0.062 (12)	0.107 (20)	0.004 (1)	0.529 (100)
SC	40	20	0.422 (83)	0.010 (2)	0.025 (5)	0.026 (5)	0.025 (5)	0.508 (100)
SW	67	15	0.188 (57)	0.001 (0)	0.129 (39)	0.008 (3)	0.002 (1)	0.328 (100)

* Values in parentheses are percent composition of the diets.

Table 10. Probability levels associated with randomization tests of difference in gravimetric diet composition of slender tuna by area.

	Peru C. South	Subantarctic			
		NE	NC	NW	SC
NE	0.178	-			
NC	0.000 *	0.000 *	-		
NW	0.000 *	0.000 *	0.002 *	-	
SC	0.000 *	0.000 *	0.382	0.082 #	-
SW	0.000 *	0.000 *	0.005 *	0.118 #	0.102 #

* P < 0.05, # tests excluding copepods.

Table 11. Frequency of occurrence of food items in diets of large predatory fishes by latitude.

	<i>Isurus oxyrinchus</i>		<i>Lamna nasus</i>		<i>Prionace glauca</i>		<i>Xiphias gladius</i>	<i>Nekaira mazarra</i>	<i>Gasterochisma melampus</i>
Latitude range (S)	23° -31°	38° -45°	30°	38° -55°	23° -31°	38° -46°	23° -31°	23° -31°	40° -47°
No. of stomachs examined	31	4	1	63	27	33	19	4	18
No. of empty stomachs	15	1	1	6	11	7	4	1	1
Precaudal length range (cm)					98-215	85-205			
Body weight range (kg)	3-267		108	8-138			26-225	150-282	5-130
Food items in number of individuals									
Thaliacea					2				
Ommastrephidae			1						
<i>Ommastrephes bartramii</i>							1		
<i>Ocythoe tuberculata</i>					1				
Unidentified cephalopoda	1			24		12	8		6
<i>Isistius brasiliensis</i>							1		
Paralepididae				3			2		
<i>Alepisaurus</i> sp.					1	2			
<i>Scomberesox saurus</i>									1
<i>Trachurus</i> spp.	4	6		56		9	1		9
Bramidae				1			1		
Scombridae								2	
<i>Allothunnus fallai</i>	8				3		1	1	
Centrolophidae				1			1		
Unidentified fishes	5			7	1	6	5		5
Miscellaneous					5	4	1		2

4.4 アロツナスの被食

アロツナスの捕食者を特定するため、その可能性が高いと思われる大型魚類6種（アオザメ、ニシネズミザメ、ヨシキリザメ、メカジキ、クロカジキ、ガストロ）についての胃内容物調査結果を亜熱帯域とそれ以南に分けて表11に示す。

アオザメ (*Isurus oxyrinchus*) は亜熱帯～移行帯性種であるが、夏季には亜南極域にも分布を広げる。本種の主要な餌生物は外洋性魚類で、亜熱帯域およびそれ以南の海域とも最も頻繁に出現したのはマアジ属であるが、亜熱帯域ではアロツナス（成体）の方が多く見られた。一方、亜熱帯前線以南ではマアジ属だけがアオザメの胃から出現した。捕食されたアロツナスの一部は、体表に網によると思われる傷が見られたことから、羅網後に摂食されたと考えられた。さらに、揚網中に大型のアオザメが羅網した魚類を襲い丸呑みにする場面を筆者は目撃した。Compagno (1985b) によると、本種の食性は魚類を中心にしながらサルパからイルカ類までと多様である。

ニシネズミザメ (*Lamna nasus*) は亜南極～移行帯性種で、亜南極域ではアロツナスとニシシマガツオに次いで多く分布する。マアジ属とイカ類が本種の主要な胃内容物であった。アロツナスはニシネズミザメの胃中からは見られなかった。北大西洋におけるニシネズミザメは、ニシンやサバ類などの魚類とイカ類を主に捕食しており (Leim and Scott, 1966)、本研究結果のチリマアジ主体の魚類とイカ類と合わせると、本種は浮魚・イカ類食性魚として位置付けられる。ネズミザメ属には本種の他に北太平洋固有のネズミザメが分布するが、その食性はサケ属、ミズウオ、ホッケ属、マサバ、イカ類である (田中, 1980, Compagno, 1984a)。

ヨシキリザメ (*Prionace glauca*) は亜熱帯～移行帯性種であるが、夏季には亜南極域にも分布する広域種である。その餌生物はサルパから魚類・頭足類ネクトンまでと多様であった。ヨシキリザメの胃からアロツナスが発見された3例（いずれも成体）は亜熱帯域に限られていたが、アオザメの場合と同様の理由によりその大部分は羅網した個体が摂食されたと考えられる。北太平洋におけるヨシキリザメの胃内容物はミズウオなどの魚類とイカ類が主体で甲殻類、海鳥も含まれていた (Strasburg, 1958)。

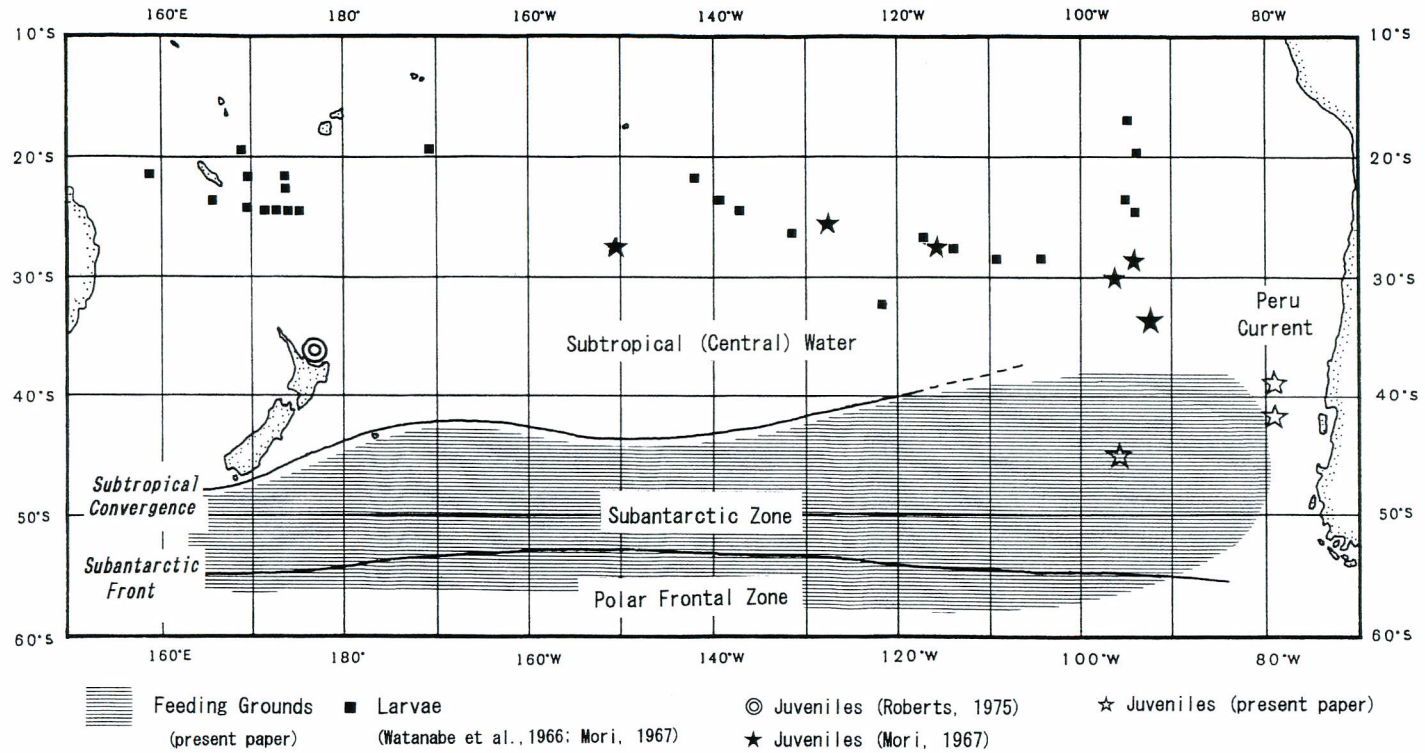


Fig. 87. Schematic expression of life history and migration of slender tuna and oceanographic features in the South Pacific.

Compagno(1984b)による本種の生物学の総説でも小型魚類とイカ類を中心にかなり多様な餌をとることが示されている。

メカジキ (*Xiphias gladius*) とクロカジキ (*Makaira mazara*) も亜熱帯域でアロツナス成体を他のネクトンとともに摂食しており、メカジキの高い CPUE は10~11月の30°S, 110°~130°W 付近のアロツナスの高い CPUE にほぼ対応していた。

ガストロ (*Gasterochisma melampus*) は亜南極~移行帯性種であり、マアジ属やイカ類が主要な餌生物であったが、アロツナスは胃中から発見されなかった。

4.5 考察

(1) 回遊

アロツナスの体長組成、幼稚魚の記録、生殖腺指数などに関する本研究の結果と文献による知見に基づき、アロツナスの回遊を模式的に図87にまとめた。

アロツナスの産卵場は30°S 付近の亜熱帯域に東西に帯状に広がっている。稚魚の出現が8~12月に限られることと、高い生殖腺指数と完熟個体が10~12月に見られることから、産卵期は南半球の冬・春季が中心と考えられる。

その後30cm程度に成長した幼魚はニュージーランド沿岸やチリ沿岸へ移動すると思われるが、稚魚からこの間は採集例が極めて少なく、他のマグロ類と同様に生活史のミッシングリンクとなっている。アロツナスの幼魚は外洋表層域における流し網調査では漁獲されなかったが、この漁具の到達水深(10m)以深に分布した可能性も排除できない。しかし、アロツナス成魚が10m以浅で多獲されることに加え、若魚(8~21cm SL)の胃内容から海表面に生息するウミアメンボウ類(*Halobates*)が出現した例から見て、若魚期にも少なくとも一部の生活域は極めて浅海にあると考えられることから(Mori, 1967)、尾叉長30cm程度の時期だけ異なった水深に生息するとは考えにくい。従って、幼魚期は外洋域ではなく比較的沿岸にだけ分布するものと思われる。沿岸域から再び外洋域へ分散するのは尾叉長40cm以上に達した後と考えられるが、66cm未満の個体は外洋域では稀であるため、上記の分散は70cm程度で活発になると推測される。

成魚の索餌場は夏~秋季の亜南極域に形成される。Wolfe and Webb (1975)によると、アロツナスは4+年で標準体長69~75cm, 5+年で76~84cm, 6+年で85~90cmに成長する。外洋域に分布するアロツナスの尾叉長は主に66~89cmであり、生物学的最小型が雄60cm, 雌70cmであることから、外洋域に進出後少なくとも3年間は季節的に索餌場と産卵場の間を南北に回遊を行うと考えられる。また、大型の成魚は沿岸域と亜南極前線以南にやや偏在する傾向がある。

(2) アロツナスの生態的地位

マグロ類やカジキ類の胃内容物から得られたアロツナスの幼魚の食性を研究した Mori (1967) は、プランクトン性甲殻類が胃内容物で優占し、次いでプランクトン性腹足類が卓越したと報告している。Wolfe and Webb (1975) は、タスマニアから得られたアロツナス成魚の胃内容物は大部分(容積比96%)がオキアミ類の1種(*Nyctiphanes australis*)で構成されており、他にイカ類、魚類、海藻、端脚類が見られたと述べている。Olsen (1962) もまた、タスマニア産の1尾のアロツナスの胃からオキアミ類を報告した。カリフォルニアから得られた1尾のアロツナスは38尾のカタクチイワシ類を摂食していた(Fitch and Craig, 1964)。

これらの報告や本研究の結果と、本種の発達した鰓耙(Nakamura and Mori, 1966)から見て、アロツナスがプランクトン食性であることが明らかである。しかし、本研究結果により小型イカ類やハダカイワ

シ科若魚などの小型マイクロネクトンも重要な餌生物であることが判明した。特にイカ類(主に小型アカスルメイカ)はペルー海流南部や亜南極域東部で比重が高かった。なお、小型のアカスルメイカはニュージーランド周辺では亜熱帯前線以南に分布し、特にAuckland諸島周辺に多く生息していた(Uozumi, 1991)。アロツナスによるアカスルメイカの捕食が南東太平洋で多かったという本研究結果は、アカスルメイカの分布が沿岸域に高い密度で分布することを示すものかも知れない。アロツナスの胃内容物構成にいくつかの地理区分間で相違が見られたが、餌の豊度に関する情報は現状ではほとんど得られていない。

サバ科魚類は一般に甲殻類、イカ類、魚類など多様な生物を餌とする(Collett and Nauen, 1983)。Magnusson and Heitz (1971) はサバ科魚類の鰓耙の間隔と餌に占める甲殻類の割合に負の相関を認めた。アロツナスの鰓耙には発達した2次鰓耙が存在する(Nakamura and Mori, 1966)。また、アロツナスの第1鰓弓の鰓耙数(70~80)はサバ科魚類中最多である(Collett and Nauen, 1983)。アロツナスの鰓耙間隔は測定されていないが、このようなアロツナスの鰓耙構造は小型の甲殻類の摂餌に極めて適している。

Webb and Wolfe (1974) はアロツナスが南太平洋の寒冷域において他のサバ科魚類が占めていないニッチを埋めているかも知れないとした。アロツナス以外に亜南極海域に分布するサバ科魚類には、ミナミマグロ(*Thunnus maccoyii*)、ビンナガ(*T. alalunga*)およびガストロ(*Gasterochisma melampus*)がある(第2章, 第3章)。ミナミマグロとビンナガは延縄や曳縄で商業的に漁獲されており、ガストロは延縄で試験操業が行われている(矢野ほか, 1993)。南大洋における日本の延縄漁業でアロツナスの混獲は極めて希であることを根拠として、アロツナスの食性が他のマグロ類とは異なることを藁科・久田(1972)は示唆している。マグロ類の餌生物は普通約1~10cmのマイクロネクトンである(Sund *et al.*, 1981)。しかし、豊富な生物量を持つオキアミ類と中層性魚類(ハダカイワシ科, ヨコエソ科)は、カツオによるウキエソ属(*Vinciguerra*)とオキアミ類の捕食を除き、マグロ類にはほとんど消費されていない(Sund *et al.*, 1981)。カイアシ類は亜南極域ではオキアミ類にとってかわり、莫大な生物量を有することが知られている(Kawamura, 1974, 1980; Vinogradov *et al.*, 1990)。従って、アロツナスが亜南極域でオキアミ類やカイアシ類を摂食するという本研究結果は、アロツナスが他のマグロ類の占めていない生態的地位を埋めているというWebb and Wolfe (1974)の仮説を支持するものである。

第5章 総合考察

5.1 外洋性ネクトンとプランクトンの分布

表層性および中層性生物は緯度的なバリアーにより分布が制限され、中層性あるいは底層性生物は南北両半球にまたがるコスモポリタン分布を示す例が多い(van Soest, 1979)。McGowan (1986) は、大型動物プランクトンでは複数の高次分類群の間で共通な分布パターンが見られ、それは太平洋の主要な海流系に対応すると述べている。海産哺乳類、魚類および強力な遊泳力を持つアカイカ科といったネクトンも基本的にプランクトンと類似した分布パターンを示す。このため各水塊には独自の生態系が発達すると考えられ、移動する媒体中での進化は、安定的で際立った差のある大規模な水塊構造の中だけで可能であるとされる(McGowan, 1986)。

McGowan(1974)は、南北太平洋の甲殻類から魚類の各種分類群に共通な基本的分布パターンとして、(1) 亜寒帯-亜南極域、(2) 南北移行域、(3) 南北中央域、(4) 赤道域、(5) 東部太平洋域、(6) 暖海性コスモポリタン、(7) 南大洋(南極)域、および小数であるが(8) カリフォルニア-フンボルト海流域を挙げている。谷津・中野(in press)は、これらと外洋表層性ネクトンの分布を比較した結果、(3)~(7)は一致したが、(1)と(2)については若干異なっていることを指摘した。すなわち、(1) 外洋表

層性魚類では亜寒帯と亜南極に共通種は見られないが、亜寒帯と亜南極は各々明確なパターンである、

(2) 南北移行帯に固有の分布パターンはプランクトンやハダカイワシ類では見られるが (Reid *et al.*, 1976; Parin, 1984), 外洋表層性ネクトンでは見られない。さらに、谷津・中野 (in press) は、南北両極域の表中層に分布するミズウオダマシ (*Anotopterus pharao*) の例外はあるものの、この相違の原因は対象分類群の生態的相違 (遊泳能力など) や分類の進展度にあると考えている。

第3章で明らかにしたように、ネクトンにとっての移行域は海洋学的には亜熱帯前線域にほぼ対応し、亜南極性および亜熱帯性種の分布が重なる水域 (ecotone) である。これはプランクトンやマイクロネクトンでは移行域に固有種が見られる (例えばオキアミ類の *Thysanoessa gregaria* やハダカイワシ科の *Symbolophorus californiense*) と対照的である。ネクトンの移行帯性種 (マアジ属とクサカリツボダイの1種) は流し網で漁獲された主に成魚の分布に基づき第2章で定義したものである。流し網では漁獲されなかったチリマアジの小型個体を含めた分布を見ると、本種の回遊は亜熱帯域から移行帯にまたがる (Vinogradov *et al.*, 1990)。南太平洋におけるクサカリツボダイの1種の生活史は明らかではないが、北太平洋の等位種であるクサカリツボダイの分布は亜熱帯域～亜寒帯 (23°～55°N) の表層から島や大陸の底層に及び、少なくともハワイ諸島と北米大陸沿岸の間を回遊する (Boehlert and Sasaki, 1988)。このことから、第2章で述べたネクトンの移行帯性種は流し網の網目選択性や漁獲水深 (10m以浅) によるみかけの結果と考えられる。チリマアジの生活史はさらに後述する。なお、亜熱帯前線付近は、1次生産が高いことも観察されており (El-Sayed, 1970)、魚類や海鳥類にとって特異なハビタットと考えられている (Lutjeharms, 1990)。

5.2 外洋表層性ネクトンの季節回遊

Vinogradov (1968) は、寒海のプランクトン組成とその垂直分布は季節的に変化し、プランクトン食性魚類の行動は餌生物の時空間的变化に密接に関係することを指摘した。一方、両半球の高緯度域では全外洋表層性ネクトン (holoepipelagic nekton) は分布せず、一時的な外洋表層性魚類 (meroepipelagic fishes) だけが見られる (Parin, 1984)。van der Spoel and Heyman (1983) が水塊により表層域を区分したのもこのためと思われる。寒帯および亜寒帯における外洋表層性ネクトンが一時的である理由は、高緯度域において動物プランクトンのバイオマス分布のピークが夏季に表層、冬季には深層へと移動すること、すなわち、索餌環境の季節変動性にあると考えられる。

高緯度域の外洋表層性ネクトンは(1)亜熱帯外洋表層性ネクトン、(2)極域の海洋構造により中層との関係が深いグループ (ミズウオダマシやノトセニア亜目の一部) および(3)サケ科のような沿岸と密接な関係を持つグループから構成される。Vinogradov (1968) の指摘に加え、寒帯と亜寒帯に全外洋表層性動物が見られないことについて、van der Spoel and Heyman (1983: 137) は次のように述べている。

「浮漂性のファウナ (pleuston) は、南北亜熱帯前線の間の暖海に限られ、... 熱帯～亜熱帯の海では水温躍層は表層 (透光層; 約200m) の下限またはそれ以深に存在する。緯度約40度から極寄りの寒海においては、冬季には水温躍層が見られず、春季と夏季には水深50～150m に躍層が見られる。この季節差は動物地理学的にも大きな影響を与える... 寒海の夏季の水温躍層以浅には特別な生産力を持つ生態系が発達する³... 高緯度の表層域は夏季の表層生物小圏 (biotope) が形成され、そこは冬季には見られない分類群により占められる。それらの多くは低緯度域からの一時的進入者である。また、亜熱帯域は小

3 小谷 (1992) や Smith and Schnack-Scheil (1990) によると、春季から夏季に植物プランクトンの大増殖が起こり、これに合わせるように *Neocalanus plumchurus* などの植物食性または小型動物プランクトン食性のカイアシ類の幼生が表層に出現し、秋季には多量の脂質を蓄積して深層へ移動して越冬する。端脚類は冬季にも表層に留まるが、動物プランクトンのバイオマスの季節変動は約20倍に達する (Frost, 1983)。

型プランクトンが周年分布することから稚子の生育に好適と思われる。」

ネクトンがプランクトンと異なるのは地理的距離や水温などのバリアーを乗り越える能力である。外洋表層性ネクトンには高度回遊を行なうことにより、季節的に生産力の高い索餌域（北太平洋では夏季の移行領域と亜寒帯域，南太平洋では亜南極域と南極域）を利用可能にした種が多い。代表的なものは、ヨシキリザメ，シマガツオとニシシマガツオ，サンマとクチナガサンマ，アカイカおよびアロツナスである。亜熱帯性のネクトンが夏季に亜寒帯域の高い生産力を利用する現象については、北太平洋において多くの研究がなされてきた（河野，1987；三島，1981；島崎，1992；谷口，1981；小谷，1992）。それらの研究結果は次のように要約できる。

亜寒帯では温暖期には高い2次生産がある半面，冬季にはほとんど無くなるのに対し，亜熱帯域では低い安定した生産が周年持続され，極前線付近（移行領域）は中間的性格である（谷口，1981）。このため，亜熱帯性のネクトンは夏季に魅力的な極前線以北へと索餌回遊を行なう。この北上は，プランクトン食性の小型魚類（サンマ，マイワシ）に始まり，肉食性の大型ネクトン（シマガツオ，アカイカ，ピンナガ）へと続く（三島，1981；河野，1987；島崎，1992）。同様な傾向は魚類や頭足類だけでなく，海鳥類や海産哺乳類にもあてはまる（Ogi, 1984；Yatsu *et al.*, 1993）。また，亜寒帯性であるサケ属魚類のうち，ギンザケとシロザケは亜寒帯域南部や移行領域でこれら亜熱帯性ネクトンと分布が重複する。その結果，プランクトン食性のシロザケには競合関係をもたらす，魚類・頭足類食性のギンザケには餌生物を供給するとともに部分的に競争関係が生じる（島崎，1992）。このように，北太平洋の亜寒帯域と移行領域はネクトンにとって季節的な戦略的領域であると同時にダイナミックな生態系を形成する。

一方，南太平洋外洋域の生物学的調査は1960年代までは充分に行なわれていなかった（Parin, 1967）。その後，生産力や動物プランクトンの広範囲な調査が行われ，動物プランクトン現存量は南太平洋中央水（亜熱帯域）では著しく低いものの，ニュージーランド東岸沖やペルー海流域は南極域に匹敵すること（Reid, 1962；Knox, 1970），亜熱帯前線域では有光層のクロロフィル a と¹⁴C取り込み速度が南極域に匹敵すること（El-Sayed, 1970）などが明らかとなった。

南大洋でも，表層と有光層全体のクロロフィル a と¹⁴Cの取り込み速度は，夏季に最高で冬季に最低である（El-Sayed, 1970）。表層域の2次生産者である動物プランクトンの現存量は亜熱帯域では季節変動が少ないが，亜南極および南極域ではプランクトンの垂直移動との関係で季節的に大変動する（Vinogradov, 1968）。例えば，亜南極域の表層（0～250m）の動物プランクトン量（g/m²）は，春10.6，夏11.3，秋5.0，冬4.3である（Foxton, 1956, fide Vinogradov, 1968: 72）。その原因は，動物プランクトンの主体であるカイアシ類（主要種は亜南極域では *Neocalanus tonsus*，南極域では *Calanus acutus*）が夏季には表層，冬季には中層へと個体発生に伴う回遊を行なうためである（Vinogradov, 1968；Smith and Schnack-Scheil, 1990）。さらに，南極域ではヤムシの1種（*Sagitta gazellae*）やナンキョクオキアミ（*Euphausia superba*）も夏季に表層，冬季に中層に分布する（Bary, 1970）。従って，動物プランクトン食性の生物にとって冬季には南大洋表層域の餌料環境は著しく悪化する。このように，南大洋の外洋表層域の生物生産も北太平洋亜寒帯域のそれと同様な季節変動を示す。

本研究により明らかとなったアロツナスやニシシマガツオなどが夏季に低水温域（すなわち亜南極域）に積極的に回遊する現象は，この外洋表層域の生物生産の特徴に適応したものと考えられる。しかし，全外洋表層性魚類が亜南極域には分布するのに，南極海域までにはほとんど達することはない（Kock, 1992）。その理由は，低温による高い海水粘度により高速遊泳には不適切である（Eastman and Grande, 1989）とも考えられるが，今後に残された課題である。

1980年代の南東太平洋において，年間130～370万トンの漁獲があげられたチリマアジの生態について

は、本研究で使用した流し網の網目が過大であったため、十分な検討を加えることができなかった。しかし、チリマアジの季節回遊を Vinogradov *et al.* (1990) に基づいて次のように要約することができる：「亜熱帯前線とその北側の亜熱帯域では小型の動物プランクトンがあまり季節変化を示さず比較的豊富に分布するため、小型のチリマアジに適しており、大型マアジには亜南極域の春～夏季におけるカラヌス類、ヤムシ類およびオキアミ類の大規模な集中的分布が適している」。すなわち、チリマアジも他の外洋表層性ネクトンと同様な回遊を示す。

5.3 南北太平洋の生態的類似種

海洋水産資源開発センターが南北太平洋で同様な流し網漁具を用いて行った調査で得られた28種以上の魚類に関するデータ(表1)から、主要7種についてのCPUEを図88に比較した。シマガツオ属は、北太平洋産のシマガツオ *Brama japonica* と南太平洋産のニシシマガツオ *B. brama* と *B. sp.* (= ? *B. australis*) から構成されている。これら3者は近縁と考えられている (Mead, 1972)。アロツナスは南半球固有、ピンナガ、ヨシキリザメ、カツオ、アカイカは全大洋の熱帯から亜極域 (subpolar) に分布する。ただし、ピンナガは東部熱帯太平洋に分布せず、アカイカは赤道域には分布しない。ネズミザメ属は、北太平洋にネズミザメ *Lamna ditropis*, 南半球と北大西洋にニシネズミザメ *L. nasus* が分布する。北太平洋に固有で亜寒帯表層域に優占するサケ属 (*Oncorhynchus*) は、海洋水産資源開発センターの調査では漁獲が禁じられていたため、記録には出現しなかった。北太平洋の上位7種は、シマガツオ、ピンナガ、ヨシキリザメ、アカイカ、カツオ、ネズミザメ、シイラ属、南太平洋では、アロツナス、ニシシマガツオ、ピンナガ、カツオ、ヨシキリザメ、ニシネズミザメ、アカイカであり、シイラ属は第9位であった。このように、アロツナスを除きほぼ順位も同様であった。

一方、南極海における捕鯨業は、1960年代中期にはその対象種をイワシクジラに移した。これに伴い、亜南極域の2次消費者としての本種の食性研究が行われ、最も重要な餌は亜南極域に分布の中心を持つカイアシ類の1種 *Neocalanus tonsus* であることが判明した (Kawamura, 1974)。また、*Neocalanus tonsus* は北太平洋亜寒帯域の *Neocalanus plumchris* との生態的類似性が注目され、豊富な生物量を有する *N. tonsus* を利用する潜在魚類資源としてアロツナスの存在が指摘されていた (河村, 1971)。

しかし、アロツナスに先んじて漁業資源として開発されたのはチリマアジで、本種の主要な餌は、カラヌス目のカイアシ類 (最重要種は *N. tonsus*)、オキアミ類、端脚類、小型魚類 (主にハダカイワシ科) である (Vinogradov *et al.*, 1990)。これらの構成はアロツナスの餌とかなり重複している。なお、チリマアジの北太平洋における等位種であるカリフォルニアマアジ (*T. symmetricus*) の最も重要な餌はオキアミ類である (Brodeur *et al.*, 1987)。

第4章で述べたように、ヨシキリザメやニシネズミザメとネズミザメの食性も南北半球で基本的に類似しており、南北太平洋における同種または系統的近縁種は生態的にもカウンターパートといえる。イワシクジラやチリマアジ・カリフォルニアマアジの索餌場が太平洋において両極的に分布すること (Kawamura, 1974, 1980)、北太平洋ではアロツナスの近縁種が分布しておらず、外洋性サバ科魚類にはアロツナスほど動物プランクトン食性に適した種は知られていないことから、北太平洋外洋表層域においてアロツナスと同様な生態的役割を演じるネクトンの存在が興味ある課題となる。

Kawamura (1974, 1980) と Ohman *et al.* (1989) は、*Neocalanus tonsus* (南大洋固有) と *N. plumchris* (北太平洋固有) が形態的、生態的および脂質組成の面から類似しており、ともにイワシクジラの重要な餌であることを示した。*Neocalanus tonsus* は季節的な垂直回遊を行い、夏季には表層域に主に幼体として濃密に分布し、冬季には中層域で成体となる (Ohman *et al.*, 1989; Vinogradov *et al.*, 1990)。ま

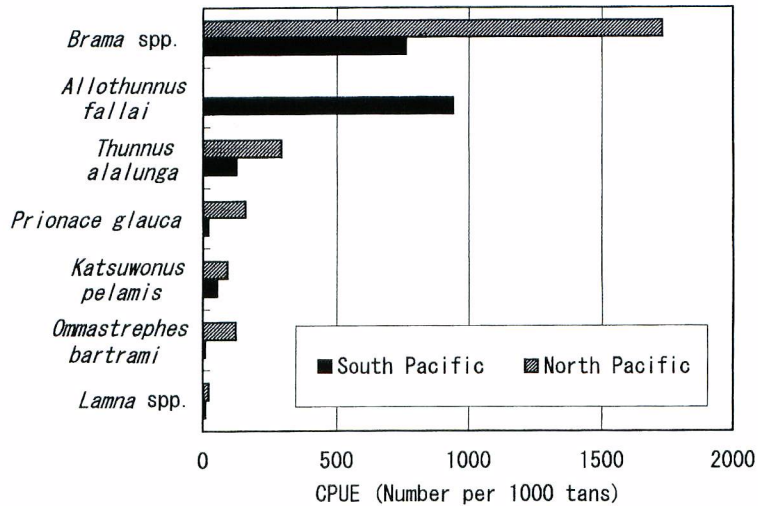


Fig. 88. CPUE of major seven species or species groups in the catches of driftnet survey by JAMARC in the North (20°-48°N) and South (10°-57°S) Pacific.

た、*Neocalanus plumchrus* の捕食者は鯨類の他にカラフトマス (*Oncorhynchus gorbuscha*)、ベニザケ (*O. nerka*) およびシロザケ (*O. keta*) が知られ、それらの主要な餌でもある (伊藤, 1964)。

「北太平洋亜寒帯の外洋域はサケの領域である」と Pearcy (1992) に言わしめたほど、サケ科魚類は亜寒帯表層域において卓越する (Brodeur *et al.*, 1987; Ware and McFarlane, 1989; Pearcy, 1992)。Allen and Aron (1958), 伊藤 (1964), Brodeur (1990) および Pearcy (1992) によると、サケ属の胃内容物は水域や年により変化するものの、外洋域での食性からサケ属魚類は下記の3群に分けられる：(1)マスノスケ (*O. tshawytscha*) とギンザケ (*O. kisutch*) は狭食性で魚類・頭足類食性、(2)ベニザケとカラフトマスは最も小型の餌を好みオキアミ類、端脚類とカイアシ類などのプランクトンに魚類と頭足類が加わる食性、(3)シロザケは上記甲殻類プランクトンおよびゼリー状生物 (翼足類とクラゲ) 食性。

サケ属の亜寒帯外洋表層域での圧倒的卓越性と、ベニザケ、カラフトマスおよびシロザケの食地位を合わせると、これら3種は南太平洋亜南極表層域の生態系においてアロツナスが演じるのと同様な役割を果たしているものと考えられる。ただし、シロザケはゼリー状生物にも依存する点でやや異なる生態的役割を担うと考えられる。

以上を要約すると、アロツナスは亜南極外洋表層域におけるプランクトン生物量の季節的な変動に適応した種であり、北太平洋亜寒帯領域においてはベニザケ、カラフトマスおよびシロザケが本種と同様な生態的地位を占めていると結論できる。

一方、南半球固有のサバ科魚類の1属1種であるガストロの産卵場は35°S 付近 (矢野ほか, 1993) と推定されており、アロツナスよりさらに冷水域である可能性が高い。ガストロは魚類・頭足類食性であり、サケ属魚類ではギンザケやマスノスケの食性と類似する。このように、亜極域ではサケ属およびサバ科内でそれぞれ生態的対応種が見られたことは興味深い。

サケ科魚類が淡水域に産卵回帰するのとは異なり、アロツナスは亜南極域と亜熱帯域 (産卵場) 間の季節的回遊を行う。マグロ類の中でアロツナスの産卵場は最も低水温域にあり (Sund *et al.*, 1981; ただしガストロ除く)、アロツナスは遠く離れた索餌場からの回帰との関係で産卵場を南偏させたとも考えら

れる。本種の回遊は緯度約20度に及ぶ壮大なものであるが、この生態的意義は、亜南極表層域の季節的に高い生産を取り込み、亜熱帯域で再生産を行うとともに高位の捕食者に消費される点にある。すなわち、アロツナスは亜南極域と亜熱帯域という異なった生態系の間で生物エネルギーを大量に輸送する種と位置付けられる。アロツナスの生態的役割はこの点においてサケ属魚類とは決定的に異なる。

かつて、El-Sayed (1970) は赤道から35°Sの南太平洋を生物学的には“terra incognita”であると述べた。無論、アロツナスの産卵群は亜熱帯域の1次生産からは予想が困難であったことであろう。アロツナスの産卵場では、流し網漁法を使用してさえ本種が漁獲尾数の99%を占めたことから、混獲問題も少ないと思われる。今後の地球の人口増加に対応した食料需要を考えると、アロツナスは明らかに潜在的資源の一つである。

第6章 要約と結論

1. 研究の背景と目的

かつて、南太平洋は基礎生産力が低く「海の砂漠」と考えられていた。その後、動物プランクトン現存量は亜熱帯域では著しく低いが、ニュージーランド東岸沖やペルー海流域では南極域にも余り劣らない高レベルにあること、亜熱帯前線域では有光層の生産力は南極域に匹敵することなどが明らかとなった。さらに、1970年代から南東太平洋の公海域においてチリマアジが年間100万トン以上に漁獲されるに及び、南太平洋外洋域はもはや「海の砂漠」とは考えられなくなった。

南太平洋産の外洋性魚類の多くは北太平洋に近縁種を分布させているか（例えば、ニシネズミザメ、ニシシマガツオ、シマガツオ、クサカリツボダイ類）、もしくは汎世界的分布を示す種である（ヨシキリザメ、ピンナガ、など）。これに対し、サバ科魚類のアロツナスは南半球固有種であり、流し網調査で最も多獲されたことから、本種の生態的役割が注目される。沿岸域あるいは亜熱帯域から得られた少数の標本に基づき、アロツナスの食性は主に甲殻類動物プランクトン、小型魚類とイカ類であると報告されていた。さらに、アロツナスの発達した鰓耙、脳の形態および日本の延縄漁業での混獲が稀であることから本種はプランクトン食性であることが支持されていた。稚魚が亜熱帯域に広く分布することと食性から見て、アロツナスには大きな生物量が期待され潜在漁業資源として注目されていた。そこで、海洋水産資源開発センターが1982年～1990年に南太平洋で流し網試験操業を行い、アロツナスを亜南極域のみならず亜熱帯域でも多獲し、この推定を裏付けた。

一方、流し網は各種海洋生物を混獲するために批判を招いたが、このことは逆に表層性ネクトン群集構造を知る上で優れた漁具であるといえる。そこで、本研究は流し網の漁獲に基づいて、南太平洋外洋表層域における魚類・頭足類ネクトンの分布、群集構造とその季節変化を明らかにするとともに、アロツナスの生態的特徴の解明を目的として行ったものである。さらに、流し網の漁獲組成と主要種の生態を南北太平洋間で比較し、アロツナスの生態系における役割を論じることとした。

2. 資料

1982年8月～90年3月にタスマン海および南太平洋（10°～56°S, 74°W～154°E）で海洋水産資源開発センターが行なった1,254回の流し網漁獲記録と海洋観測記録を用いた。深さは約10m、目合は104～216 mmの流し網を1回の操業で14～32kmの長さで使用した。漁獲物は種または種グループ別に尾数と重量を測定した。アロツナスの体長組成は132回の操業（1985～87年, 20°～54°S, 74°～150°W）で得られた19,779個体、本種の生殖腺の状態と胃内容物は2,257尾（尾叉長463～896mm）の標本について調査した。

さらに、大型サメ類、メカジキ、クロカジキおよびガストロといった大型捕食者の胃内容物も合計200個体について調査した。海洋観測項目は、水色、透明度および水深460mまでのXBTによる水温であった。

3. 海洋環境および主要種の分布パターン

広域な本調査海域の海洋学的背景を概観するため、透明度、水色、表中層水温を緯度2度・経度10度のブロックに分け2カ月毎に集計した。その結果、透明度、水色、水温の面で、タスマン海（調査期間は10～11月のみ）は南太平洋とは異なった環境と考えられた。低い透明度と緑色系の水色を示したニュージーランドとチリ沿岸を除き、南太平洋では各環境要因が南北に傾斜する場合が多く、東西方向には比較的均一なZonationが見られた。ただし、南太平洋外洋域の東部と西部は透明度と水色においてやや異なった。これらの結果と既往の海洋学的知見から、本調査海域には、亜南極水、西部南太平洋中央水および東部南太平洋中央水が識別された。

流し網による漁獲ではいずれの調査あるいは年においてもアロツナスとニシシマガツオが卓越して出現した。合計1,254回の操業（1反50mに標準化した総使用反数607,941）で漁獲された上位5種は、アロツナス573,506尾、ニシシマガツオ465,132尾、ピンナガ77,525尾、カツオ33,509尾、ヨシキリザメ13,045尾であった。

海洋観測結果と同様に、標準化した漁獲努力量と単位努力量当たり漁獲尾数（CPUE）を緯度2度・経度10度ブロック毎に集計し、各魚種の分布を記載した。主要11種については、2カ月毎の分布図および月別・表面水温別のCPUEと平均体重に基づき、分布の季節変化を検討した。その結果、①タスマン海と西部南太平洋で特に高いCPUEを示す種（ピンナガ、カツオ）、②ニュージーランド東方とチリ沖合だけに高いCPUEが見られる種（エボシダイ科、ニュージーランドオオハタ属）もあったが、③多くの種は東西に帯状にほぼ均一に分布していた。アロツナスの高いCPUEが得られた水温は、12～3月には7～10°C、8月～11月には17～23°Cと季節的に特に大きく変化し、ニシネズミザメとアオザメは夏季にやや分布下限水温が低下した。また、ピンナガでは夏季に高いCPUEが見られた。これら4種の分布の季節変化は単に表面水温の季節的昇温に対応するものでなく、積極的に低水温域への分布拡大を意味すると考えられる。

4. 外洋表層性魚類の群集構造

調査海域の動物地理的区分を明らかにするために、(1)水温構造と各魚種のCPUEの南北変化を4本の経度線に沿って比較し、(2)緯度4度・経度10度ブロック別に2ヶ月毎に集計したCPUEを用いたクラスター分析を行った。

経度線に沿った水温の鉛直構造と魚種組成は、120°W(15°～40°S, 1985年11月)、125°W(36°～48°S, 1985年12月)、140°W(45°～54°S, 1986年2月)および、163°W(34°～54°S, 1983年1～2月)における南北変化の分析から、各魚種の分布は亜熱帯前線および亜南極前線を境界とする水塊に良く対応することが示された。亜熱帯前線は緯度2～3度の幅をもっており、魚種組成の面からも亜熱帯性と亜南極性種の分布が重複する移行帯（遷移帯）と見なされた。このため、亜熱帯前線付近では種多様度（Simpsonの λ^{-1} ）が隣接水塊より高かった。亜熱帯域は一般に亜南極域より種多様度が高く、全魚種を込みにしたCPUEは低かった。ただし、春季の30°S付近ではアロツナスの卓越（個体数で99%）によりCPUEは高く、種多様度は低かった。亜熱帯海域内では北側ほど全魚種込みのCPUEは低く、21°S以北（熱帯域）では特に高い多様度を示した。

緯度4度・経度10度ブロック毎に集計した主要種23種のCPUEの非類似度行列に基づき、上記ブロックのクラスター分析を各季節について行った。いずれの季節でも主なクラスターは、40°S付近を東西に

連続する带状部（移行域）とその南北（亜熱帯域，亜南極域）の合計3海域であった。この3海域は、さらに複数の地理区に細分された。また、10～11月だけ調査された20°S以北の熱帯域はそれ以南とは区別された。なお、タスマン海は10～11月は他の南太平洋と区別されたが、12～1月では移行域とは区別されなかった。

種多様度(Simpsonの λ^{-1} およびShannon-WeaverのH')は、一般に移行域で最高、次が亜熱帯域で、亜南極域では最低であった。ただし、春季の亜熱帯域はアロツナスの卓越により種多様度は低下した。南半球の冬～春季だけに調査した熱帯域は移行域より種多様度が高かった。移行域の一部である沿岸区の種多様度は移行域本区と同様な季節変化を示したが、本区より常に種多様度が高かった。これは、上位種と下位種のCPUE差が比較的小さいことに主に起因していた。

各地理区の種数-CPUE関係の分析から、群集構造は主にアロツナス、ニシシマガツオ、ビンナガ、カツオおよびヨシキリザメの季節的回遊により変化することが明らかとなった。

5. アロツナスの生態

アロツナスの尾叉長範囲は48～89cmであり、66cm以下の個体は極めて少なかった。尾叉長組成は雌雄とも単峰型で、雄のモードは71～72cm、雌のモードは74～77cmにあった。沿岸域で体長範囲がやや広い他は、体長組成には顕著な海域差や季節差は認められなかった。

生殖腺指数および摂餌状態により、10～11月の亜熱帯域と31°S以北のペルー海流域は産卵場、11～2月の亜南極域と38°S以南のペルー海流域は索餌場と考えられた。アロツナスは主にオキアミ類、イカ類、カイアシ類、ハダカイワシ科の若魚および端脚類を摂餌していた。餌料中の優占種はオキアミ類の *Euphausia vallentini*, *E. lucens*, *Thysanoessa gregaria* およびカイアシ類の *Neocalanus tonsus* であった。アカスルメイカ (*Martialia hyadesi*, 44～102mm ML) は南東太平洋で優占し、ニュウドウイカ属の数種 (*Moroteuthis* spp., 11～80mm ML) は南太平洋亜南極域中部で普通に見られた。端脚類では *Primno macropa* と *Themisto gaudichaudii* が普通に見られたが、これらの重要性は重量比では相当低かった。アロツナスの成魚はアオザメ、ヨシキリザメ、メカジキおよびクロカジキにより亜熱帯域で捕食されていた。

以上の結果と既往の知見を総合すると、冬～春季の亜熱帯域で発生した稚仔魚は若魚期には沿岸域で生活し、体長40～60cm程度で外洋域へ分散し、成魚は産卵場と夏季の亜南極域(索餌場)間の回遊を繰り返すと推定された。また、アロツナスは稚魚から成魚まで一貫したプランクトン・小型マイクロネクトン食性である。

6. 考察

外洋性ネクトンの分布は海洋構造に対応しており、基本的にプランクトンの分布と同様なパターンを示した。ただし、移行帯固有種はネクトンでは見られない。

高緯度域の外洋表層域において生活史を完結するネクトン(holoepipelagic nekton)は見られない。夏～秋季の高緯度表層域においては、亜熱帯域、沿岸域または中層域からの一時的進入者が見られる。この現象は、高緯度域において動物プランクトンが夏季に表層、冬季には深層へと季節回遊すること、すなわち、夏季に比較的高水温の表層域は索餌環境としての価値が向上するためと考えられる。

チリマアジは、アロツナス同様、ニュージーランド～チリにかけての亜熱帯域と亜南極域に分布するプランクトン食性魚であり、その1980年代の年間漁獲量は130～370万トンに達した巨大な資源を有する種である。イワシクジラやチリマアジ・カリフォルニアマアジといったプランクトン食性ネクトンの索餌場が太平洋において両極的に分布する。アロツナスを含むこれら4種のプランクトン食性ネクトンの

重要餌種は、カイアシ類の *Neocalanus tonsus* (南大洋固有) と *N. plumchrus* (北太平洋固有) であり、両種は形態的、生態的および脂質組成の面から酷似している。*Neocalanus plumchrus* はカラフトマス、ベニザケおよびシロザケの主要な餌の一つでもある。これらのサケ科魚類は北太平洋亜寒帯領域の表層における卓越群であり、その食性は動物プランクトンおよび魚類と頭足類である(シロザケはプランクトンとジェリー状生物)。これらにより、カラフトマス、ベニザケおよび恐らくシロザケは、南太平洋亜南極域でアロツナスが演じるのと同様な役割を果たすと考えられる。

ガストロも南半球固有のサバ科魚類で、魚類・頭足類(特にチリマアジ)食性である。北太平洋においてはギンザケとマスノスケが同様な食性であり、ガストロの生態的カウンターパートと考えられる。

7. 結論

アロツナスは南太平洋外洋表層域において最も卓越したネクトンの一員であり、季節的に変動するプランクトンの生産に適應した種である。一方、北太平洋亜寒帯にはカラフトマス、ベニザケといったプランクトン食性の表層性魚類が卓越する。ガストロは、魚類・頭足類食性であり、ギンザケやマスノスケと類似した食性であった。その他の主要種は、南北太平洋で同一種または近縁種が見られ、これらも南北で同様な食性を示す。従って、南北の亜極域ではサバ科の2種およびサケ属という系統的に異なった群がそれぞれ独立に同様な生態的地位を占めるに至ったと考えられる。

生物エネルギー収支の面からは、アロツナスは亜南極域の季節的に高い生産を亜熱帯域へ輸送し、亜熱帯域で再生産を行うとともに高位の捕食者に消費される種と位置付けられる。この点ではアロツナスはサケ属魚類とは異なる。それゆえ、南太平洋亜熱帯域は、その基礎生産からは想像できないアロツナス産卵群が冬春季に分布しており、この時期は「海の砂漠」とは考えられない。

謝 辞

はじめに、筆者が1985~87年に新宝洋丸乗船の際、生物学的調査ほかに多くのご協力を頂いた漁労長はじめ乗組員の方々に謝意を表す。また、本報告で使用した流し網漁獲記録と海洋観測記録は、海洋水産資源開発センターが行ったアロツナスおよびシマガツオ新資源開発調査、流し網新漁場開発調査で得られたものである。これら調査に当たられた榎原 誠調査役はじめ海洋水産資源開発センター職員ならびに調査船の乗組員の方々に謝意を表す。

本研究の遂行にあたり、下記の方々に様々なご援助を頂いた。記して感謝する。国立極地研究所の福地光男教授と谷村 篤助手には、胃内容物とプランクトン標本の査定に当たり、ご指導と実験設備使用の便を図って頂いた。遠洋水産研究所の一井太郎主任研究官と永延幹男室長、三重大学生物資源学部の河村章人教授、北海道大学水産学部の山田 智氏、海洋水産資源開発センターの高橋正憲課長および水土舎の斎藤賜宏氏にはプランクトンの査定に関して有益なご助言および文献の紹介を頂いた。東京大学海洋研究所の川口弘一教授、東京水産大学の藤田清助教授、国立科学博物館の松浦啓一主任研究官、千葉県立中央博物館の宮正樹研究員および藍澤正宏研究員には魚類の査定に関してご指導を頂いた。また、国立科学博物館の窪寺恒巳主任研究官は1985/86年調査で採集された頭足類標本を査定して下さった。京都大学農学部の中村 泉助教授、中央水産研究所の森 慶一郎部長、東京水産大学の河野 博助手、遠洋水産研究所の中野秀樹主任研究官は軟骨魚類とサバ科魚類に関する文献や知見をご教示頂いた。南西海区水産研究所の堀川博史室長には魚類群集構造の解析法につきご助言を頂いた。海洋水産資源開発センターの黒岩道徳課長および小河道生調査員はチリ沖で漁獲されたアロツナス幼魚の貴重な情報を提供

して下さった。National Marine Fisheries Service, Alaska Fisheries Science Center の David A. Somerton 氏には DIETTEST のコンピュータプログラムを提供して頂いた。National Marine Fisheries Service, Honolulu Laboratory の Mike Seki 氏と東京大学農学部の佐野光彦助手には、第 4 章につき有益なご指摘を頂いた。東北区水産研究所八戸支所の稲田伊史支所長および東北区水産研究所の渡辺 洋室長には親身の激励を頂いた。遠洋水産研究所の粕谷俊雄部長および松村臯月部長は、本論文の改善に向けて適切な助言を下された。Pacific Biological Station の Skip McKinnell 氏には英文要約を校閲して頂いた。日本魚類学会は第 4 章の主要部分の翻訳を許可して下さい。

最後に、東京水産大学における博士論文主査として本研究のご指導を頂くとともに論文校閲を賜った東京水産大学魚類学研究室の多紀保彦教授、および副査としてご指導を頂いた東京水産大学の奥谷喬司教授、村野正昭教授、大塚一志教授および藤田 清助教授に感謝致します。

引用文献

- ALLEN, G.H. and W. ARON 1958 : Food of salmonid fishes of the western North Pacific Ocean. U. S. Fish. Wildl. Serv., Spec. Sci. Rep. Fish., 237, 11pp.
- BAKER, A. de C., B.P. BODEN and E. BRINTON 1990 : A practical guide to the euphausiids of the world. British Mus. (Nat. Hist.), 96pp.
- BARY, B. McK. 1970 : Biogeography and ecology of plankton in the South Pacific. pp. 211-225. In : Scientific exploration of the South Pacific (WOOSTER, W.S. ed.), Nat. Acad. Sci., Washington, D.C.
- BOEHLERT, G.W. and T. SASAKI 1988 : Pelagic biogeography of the armorhead, *Pseudopentaceros wheeleri*, and recruitment to isolated seamounts in the North Pacific Ocean. *Fish. Bull.*, 86 (3) : 453-465.
- BOWMAN, T.E. 1978 : Revision of the pelagic amphipod genus *Primno* (Hyperiididae : Phrosinidae). *Smithsonian Contr. Zool.*, (275) : i-iii+1-23.
- BOWMAN, T.E. and H.-E. GRUNER 1973 : The families and genera of hyperiididae (Crustacea : Amphipoda). *Smithsonian Contr. Zool.*, (146) : i-iv+1-64.
- BRADFORD, J.M. and J.B. JILLET 1974 : A revision of generic definitions in the calanidae (Copepoda, Calanoida). *Crustaceana*, 27 (1) : 5-16.
- BRODEUR, R.D. 1990 : A synthesis of the food habits and feeding ecology of salmonids in marine waters of the North Pacific. (INPFC Document) FRI-UW-9016. Fish. Res. Inst. Univ. Washington, Seattle. 38pp.
- BRODEUR, R.D., H.V. LORZ and W.G. PEARCY 1987 : Food habits and dietary variability of pelagic nekton off Oregon and Washington, 1979-1984. *NOAA Tech. Rep. NMFS*, 75 : i-iii+1-32.
- BRODEUR, R.D. and D.M. WARE 1992 : Long-term variability in zooplankton biomass in the sub-arctic Pacific Ocean. *Fish. Oceanogr.*, 1 (1) : 32-38.
- BRODSKII, K.A. 1972 : Phylogeny of the family calanidae (Copepoda) on the basis of a comparative morphological analysis of its characters. pp. 1-127. In : Geographical and seasonal variability of marine plankton (ZVEREVA, Zh.A. ed.), Exploration of marine fauna XII (XX). Acad. Sci. USSR. Zool. Inst., Leningrad. Translated from Russian by the Israel Program for scientific

Translations in 1975.

- CAREY, F.G. and B.H. ROBINSON 1981 : Daily patterns in the activities of swordfish, *Xiphias gladius*, observed by acoustic telemetry. *Fish. Bull.*, 79 : 277-292.
- COLLETTE, B.B. and C.E. NAUEN 1983 : FAO species catalogue. Vol. 2. Scombrids of the world. *FAO Fish. Synop.*, No. 125, Vol. 2, FAO, Rome. vii+137pp.
- COMPAGNO, L.J.V. 1984a : FAO species catalogue. Vol. 4. Sharks of the world. *FAO Fish. Synop.*, No. 125, Vol. 4, pt. 1, FAO, Rome. 1-249pp.
- COMPAGNO, L.J.V. 1984b : FAO species catalogue. Vol. 4. Sharks of the world. *FAO Fish. Synop.*, No. 125, Vol. 4, pt. 2, FAO, Rome. 251-655pp.
- CRESSEY, R.F., B.B. COLLETTE and J.L. RUSSO 1983 : Copepods and scombrid fishes : a study in host-parasite relationships. *Fish. Bull.*, 81 (2) : 227-265.
- EASTMAN, J.T. and L. GRANDE 1989 : Evolution of the Antarctic fish fauna with emphasis on the recent notothenioids. pp. 241-252. In : Origins and evolution of the Antarctic biota (CRAME, J. A. ed.), Geophysical Soc., Spel. Publ., 47. (not seen, fide KOCK, 1992)
- EKMAN, S. 1953 : Zoogeography of the sea. Sidgwick and Jackson, London. xiv+417 pp.
- EMERY, W.J. 1977 : Antarctic polar frontal zone from Australia to the Drake Passage. *J. Physical Oceanogr.*, 7 : 811-822.
- ELIZAROV, A.A., A.S. GRECHINA, B.N. KOTENEV and A.N. KUZESTOV 1993 : Peruvian jack mackerel, *Trachurus symmetricus murphyi*, in the open waters of the South Pacific. *J. Ichthyol.*, 33 : 86-103.
- EL-SAYED, S.Z. 1970 : Phytoplankton production of the South Pacific and the Pacific sector of the Antarctic. pp. 194-210. In : Scientific exploration of the South Pacific (WOOSTER, W.S. ed.), Nat. Acad. Sci., Washington, D.C.
- FITCH, J.E. and W.L. CRAIG 1964 : First records for the bigeye thresher (*Alopias superciliosus*) and slender tuna (*Allothunnus fallai*) from California, with notes on Eastern Pacific scombrid otoliths. *Calif. Fish Game*, 50 (3) : 195-206.
- FOREMAN, T.J. 1980 : Synopsis of biological data of the albacore tuna, *Thunnus alalunga* (Bonnaterre, 1788), in the Pacific Ocean. pp. 17-70. In : Synopsis of biological data on eight species of scombrids (BAYLIFF, W. H. ed.), Inter-American Tropical Tuna Commission Spec. Rep., (2).
- FORESBERG, E.D. 1980 : Synopsis of biological data of the skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus, 1758), in the Pacific Ocean. pp. 295-360. In : Synopsis of biological data on eight species of scombrids (BAYLIFF, W. H. ed.), Inter-American Tropical Tuna Commission Spec. Rep., (2).
- FROST, B.W. 1983 : Interannual variation of zooplankton standing stock in the open Gulf of Alaska. In : From year to year : interannual variability of the environment and fisheries of the Gulf of Alaska and eastern Bering Sea (WOOSTER, W.S. ed.), Washington Sea Grant Pub., Univ. of Washington. (not seen)
- GON, O. and P.C. HEEMSTRA (eds.) 1990 : Fishes of the Southern Ocean. J.L.B. Smith Institute of Ichthyology, Grahamstown, 462pp., 12 pls.
- 畑中隆司 1989 : 昭和63年度流し網新漁場開発調査報告書。海洋水産資源開発センター報告書, 昭和63

- 年度(10), iv+96pp.
- 畑中隆司 1991:平成元年度流し網新漁場開発調査報告書. 海洋水産資源開発センター報告書, 平成元年度(9), iii+86pp.
- HOFMANN, E.E. 1985: The large-scale horizontal structure of the Antarctic Circumpolar Current from FGGE drifters. *J. Geophys. Res.*, 90: 7087-7097.
- 伊藤 準 1964: 海洋生活期におけるサケ・マス類の餌料と摂餌特性について. 北海道区水産研究所研究報告, 29: 85-97.
- ITO, R.Y., D.R. HAWN and B.B. COLLETTE 1994: First record of the butterfly kingfish *Gasterochisma melampus* (Scombridae) from the North Pacific Ocean. *Japanese J. Ichthyol.*, 40: 482-486.
- 園 稔・白沢寿昭 1988: 昭和60年度しまがつお新資源開発調査報告書. 海洋水産資源開発センター報告書, 昭和60年度(11), iii+120pp.
- 加藤幸雄・待鳥精治 1980: 昭和53年度しまがつお新資源開発調査報告書. 海洋水産資源開発センター報告書, 昭和53年度(16), iv+268pp.
- 加藤幸雄・佐藤敏郎 1982: 昭和54年度しまがつお新資源開発調査報告書. 海洋水産資源開発センター報告書, 昭和54年度(18), iii+133pp.
- 河村章人 1971: 南極海の海洋生物. *海洋科学*, 3: 493-502.
- KAWAMURA, A. 1974: Food and feeding ecology in the southern sei whale. *Sci. Rep. Whale Res. Inst.*, 26: 25-144.
- KAWAMURA, A. 1980: A review of food of balenopterid whales. *Sci. Rep. Whale Res. Inst.*, 32: 155-197.
- 菊池 亨・辻田時美 1977: 西部太平洋における主要浮魚類の鉛直分布と海洋構造の比較研究. 北大水産北洋研業績集(特別号): 397-438.
- 木本新作 1976: 生態学研究法講座14. 動物群集研究法 I. 多様性と種類組成. 共立出版, 東京, iv+192 pp.
- KIRKWOOD, J.M. 1982: A guide to the euphausiacea of the Southern Ocean. *Aust. Natn. Antarctic Res. Exped. Res. Notes*, 1: i-vi+1-45.
- KNOX, G.A. 1970: Biological oceanography of the South Pacific. pp. 155-182. In: Scientific exploration of the South Pacific (WOOSTER, W.S. ed.), Nat. Acad. Sci., Washington, D.C.
- KOCK, K.-H. 1992: Antarctic fish and fisheries. Cambridge Univ. Press, Cambridge, xv+359pp.
- 河野成実 1987: 表層魚類群集の食物関係. 水産海洋研究会報, 51(4): 339-343.
- 小谷裕一 1992: 植食性かいあし類による脂質蓄積の機能的役割. 月刊海洋, 24(2): 121-126.
- 黒瀬尚義 1989: 昭和62年度あろつなす・しまがつお新資源開発調査報告書. 海洋水産資源開発センター報告書, 昭和62年度(11), iii+72pp.
- LEIM, A.H. and W.B. SCOTT 1966: Fishes of the Atlantic coast of Canada. *Fish. Res. Board Canada Bull.*, (155), Ottawa, vii+485pp.
- LUTJEHARMS, J.R.E. 1990: The oceanography and fish distribution of the Southern Ocean. In: Fishes of the Southern Ocean (GON, O. and HEEMSTRA, P.C. eds.), J.L.B. Smith Inst. Ichthyol., Grahamstown, xviii+462 pp., 12 pls.
- LUTJEHARMS, J.R.E. and H.R. VALENTINE 1984: Southern Ocean thermal fronts south of Africa. *Deep-Sea Res.*, 31: 1461-1475.

- MAGNUSSON, J.J. and J.G. HEITZ 1971: Gill raker apparatus and food selectivity among mackerels, tunas, and dolphins. *Fish. Bull.*, 69: 361-370.
- 榎原 誠 1985: 昭和57年度あろつなす新資源開発調査報告書. 海洋水産資源開発センター報告書, 昭和57年度(15), iii+73pp.
- 榎原 誠・佐藤敏郎 1983: 昭和55年度しまがつお新資源開発調査報告書. 海洋水産資源開発センター報告書, 昭和55年度(16), iii+187pp.
- 榎原 誠・飯塚光江 1983: 昭和56年度しまがつお新資源開発調査報告書. 海洋水産資源開発センター報告書, 昭和56年度(14), iii+128pp.
- McGOWAN, J.A. 1974: The nature of oceanic ecosystems. pp. 9-28. In: *The biology of the oceanic Pacific* (MILLER, C.B. ed.), Oregon State Univ. Press, Corvallis.
- McGOWAN, J.A. 1986: The biogeography of pelagic ecosystems. In: *Pelagic biogeography* (PIERROT-BLUTS, A.C. et al. eds.), *UNESCO Tech. Pap. Mar. Sci.*, 49: 191-200.
- MEAD, G.W. 1972: Bramidae. *Dana Rept.*, (81): 1-166.
- 三船弘昭 1990: 昭和63年度あろつなす・しまがつお新資源開発調査報告書. 海洋水産資源開発センター報告書, 昭和63年度(11), iii+89pp.
- 三船弘昭 1991: 平成元年度あろつなす・しまがつお新資源開発調査報告書. 海洋水産資源開発センター報告書, 平成元年度(12), iv+157pp.
- 三島清吉 1981: 夏期亜熱帯性生物の亜寒帯海洋前線の乗り越えについて. 北大水産北洋研業績集(特別号): 61-71.
- 水戸啓一・菅原 敬・田中満人 1985: 昭和57年度しまがつお新資源開発調査報告書. 海洋水産資源開発センター報告書, 昭和57年度(12), iii+114pp.
- MORISHITA, M. 1959: Measuring of interspecific association and similarity between communities. *Mem. Fac. Sci. Kyushu Univ., ser. E. (Biol.)*, 3: 65-80.
- MORI, K. 1967: Record of occurrence and some notes on young slender-tuna (*Allothunnus fallai* Serventy) from the stomachs of longline tunas and marlins in the South Pacific Ocean. *Rep. Nankai Reg. Fish. Res. Lab.*, (25): 113-120.
- 森 慶一郎 1972: ホソカツオ, *Allothunnus fallai*, 幼魚の西部太平洋赤道海域および大西洋南西アフリカ沖からの出現記録. 魚類学雑誌, 19: 29-31.
- NAKAMURA, I. 1985: FAO species catalogue. Vol. 5. Billfishes of the world. *FAO Fish. Synop.*, (125) Vol. 5: 65 pp.
- NAKAMURA, I. and K. MORI 1966: Morphological study of the slender tuna, *Allothunnus fallai* Serventy obtained from the Tasman Sea. *Rep. Nankai Reg. Fish. Res. Lab.*, (23): 67-83.
- NAKAMURA, Y. 1993: Vertical and horizontal movements of mature females of *Ommastrephes bartramii* observed by ultrasonic telemetry. In: *Recent advances in fisheries biology* (OKUTANI, T., O'DOR, R.K. and KUBODERA, T. eds.), Tokai Univ. Press, Tokyo, xv+752pp.
- 中村好和 1994: イカ類の野外行動観察の手法-特にバイオテレメトリーを中心に. イカ類資源・漁海況検討会議研究報告(平成4年度): 109-117.
- 中野秀樹 1994: 北太平洋に分布するヨシキリザメの年齢と繁殖および回遊に関する生態学的研究. 遠洋水産研究所研究報告, 31: 141-256.
- 中野秀樹・榎原 誠・島崎健二 1985: 北太平洋中緯度海域におけるヨシキリザメの分布と生物学的特

- 性. 北海道大学水産学部研究彙報, 36(3): 99-113.
- 梨本勝昭 1979: 刺網の漁獲選択性. pp.65-81. In: 日本水産学会(編) 漁具の漁獲選択性, 水産学シリーズ28, 恒星社厚生閣, 東京.
- NELSON, J.S. 1984: Fishes of the world. 2nd ed. John Wiley and Sons, New York, xv+523pp.
- ODUM, E.P. 1950: Bird populations of the highlands (North Carolina) plateau in relation to plant succession and avian invasion. *Ecol.*, 31: 687-605. (木元(1976)より)
- OGI, H. 1984: Feeding ecology of the shearwater in the western subarctic North Pacific Ocean. pp. 78-84. In: Marine birds, their feeding ecology and commercial fisheries relationship (NETTLESHIP, D.N., SANGER, G.A. and SPRINGER, P.F. eds.), Minist. Supply Serv. Canada.
- OHMAN, M.K., J.M. BRADFORD and J.B. JILLET 1989: Seasonal growth and lipid storage of the circumglobal, subantarctic copepod, *Neocalanus tonsus* (Brady). *Deep-sea Res.*, 36: 1309-1326.
- OLSEN, A.M. 1962: *Allothunnus fallai* Serventy—a new record for Australian waters. *Pap. Proc. Roy. Soc. Tasmania*, 96: 95-96.
- OWRE, H.B. and M. FOYO 1967: Copepods of the Florida Current. Fauna Caribea. Number 1. Crustacea, Part 1: Copepoda, University of Florida, Florida. 137pp.
- PARIN, N.V. 1967: 表層性魚類(第1部) In: 太平洋の魚類(阿部宗明ほか訳), ラティス, 東京, viii+236 pp.
- PARIN, N.V. 1968: Ichthyofauna of the epipelagic zone. Translated from Russian. Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem. IDST Catalogue No. 5528, 210pp.
- PARIN, N.V. 1984: Oceanic ichthyogeography: an attempt to review the distribution and origin of pelagic and bottom fishes outside continental shelves and neritic zones. *Arch. FishWiss.*, 35 (1): 5-41.
- PAVLOV, Y.P. 1991: *Brama australis* Valenciennes—a valid species of sea bream (bramidae) from the Southeastern Pacific Ocean. *J. Ichthyol.*, 31: 6-9.
- PEARCY, W.G. 1992: Ocean ecology of North Pacific salmonids. Univ. Washington Press., Seattle, x+179pp.
- REID, J.L. 1962: On the circulation, phosphate-phosphorus content and zooplankton volumes in the upper part of the Pacific Ocean. *Limnol. Oceanogr.*, 7: 287-306.
- REID, J.L., E. BRINTON, A. FLEMINGER, E.L. VENRICK and J. A. McGOWAN 1976: Ocean circulation and marine life. In: Advances in oceanography (CHARNOCK, H. and DEACON, G. eds.), Prentice Hall Press, N.Y., viii+356pp.
- ROBERTS, P.E. 1975: Juvenile slender tuna from New Zealand. *N.Z. J. Mar. Freshw. Res.*, 9 (1): 105-108.
- ROPER, C.F.E., M.J. SWEENEY and C.E. NAUEN 1984: FAO species catalogue. Vol. 3. Cephalopods of the world. *FAO Fish. Synop.*, (125) Vol. 3, FAO, Rome, 277 pp.
- SAS 1988: SAS/STAT user's guide, release 6.03 edition. Cary, NC. SAS Institute Inc., 1028 pp.
- 佐々木成二・山本昭一・島崎健二 1981: シマガツオ (*Brama japonica* Hilgendorf) の生態学的研究II. 亜寒帯海域における南北分布の一例. 北海道大学水産学部彙報, 32: 225-233.
- 佐谷守郎 1989: 昭和62年度流し網新漁場開発調査報告書. 海洋水産資源開発セター報告書, 昭和62年度(10), iii+135pp.

- 沢田石城 1988 : 昭和61年度しまがつお新資源開発調査報告書。海洋水産資源開発センター報告書, 昭和61年度(11), v+95pp.
- SCHNEPPENHEIM, R. and R. WEIGMANN-HAASS 1986 : Morphological and electrophoretic studies of the genus *Themisto* (Amphipoda : Hyperiidæ) from the Southern and North Atlantic. *Polar Biol.*, 6 : 215-225.
- SCIAROTTA, T.C. and D.R. NELSON 1977 : Diel behaviour of the blue shark, *Prionace glauca*, near Santa Catalina Island, Calif. *Fish. Bull.*, 75 : 519-528.
- 島崎健二 1992 : 北太平洋亜寒帯境界周辺海域における表層性魚類の分布。北太平洋漁業国際委員会研報, (47) : 158-167.
- 島崎健二・中村 悟 1981 : シマガツオ (*Brama japonica* Hilgendorf) の生態学的研究 I. 季節移動とその生態的意義。北大水産北洋研究施設業績集, 特別号 : 91-103.
- SMITH, S.L. and S.B. SCHNACK-SCHEIL 1990 : Polar zooplankton. pp. 527-598, In : Polar oceanography (SMITH Jr., W.O. ed.), Academic Press, San Diego.
- SOMERTON, D.A. 1991 : Detecting differences in fish diets. *Fish. Bull.*, 89 : 167-169.
- STRASBURG, D.W. 1958 : Distribution, abundance, and habitats of pelagic sharks in the central Pacific Ocean. *Fish. Bull.*, 58 : 335-361.
- SUND, P.N., M. BLACKBURN and R. WILLIAMS 1981 : Tunas and their environment in the Pacific Ocean : a review. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 16 : 443-512.
- 菅原 敬 1986 : 昭和59年度あろつなす新資源開発調査報告書。海洋水産資源開発センター報告書, 昭和59年度(13), iii+101pp.
- SVERDRUP, H.U., M.W. JOHNSON and R.H. FLEMING 1947 : The Oceans : their physics, chemistry and general biology. Prentice-Hall Inc., New Jersey, xi+1087pp.
- SWEENEY, M.L., C.F.E. ROPER, K.M. MANGOLD, M.R. CLARKE and S.V. BOLETZKEY (eds.) 1992 : "Larval" and juvenile cephalopods : a manual for their identification. *Smithsonian Contr. Zool.*, (513) : i-viii+1-282.
- 高橋正憲・西岡 忍 1986 : 昭和58年度しまがつお新資源開発調査報告書。海洋水産資源開発センター報告書, 昭和58年度(12), iii+110pp.
- 高橋正憲・大久保裕人 1987 : 昭和59年度しまがつお新資源開発調査報告書。海洋水産資源開発センター報告書, 昭和59年度(11), iii+83pp.
- 田中 彰 1980 : 太平洋北西海域におけるネズミザメ *Lamna ditropis* の生物調査。pp.59-84. 昭和54年度さめ新資源開発調査報告書, 海洋水産資源開発センター。
- 谷口 旭 1981 : 北太平洋亜寒帯前線海域における低次生物生産の特徴と漁場環境。北大水産北洋研業績集(特別号) : 61-71.
- 徳佐克博 1986 : 昭和58年度あろつなす新資源開発調査報告書。海洋水産資源開発センター報告書, 昭和58年度(14), iii+98pp.
- 内橋 潔 1970 : Slender tuna (*Allothunnus fallai* Serventy) の脳髓形態からみた行動について。遠洋水産研究所ニュース, (4) : 2-4.
- UOZUMI, Y., E.C. FORCH and T. OKAZAKI 1991 : Distribution and morphological characteristics of immature *Martialia hyadesi* (Cephalopoda : Oegopsida) in New Zealand waters. *N.Z. Mar. Freshw. Res.*, 25 : 275-282.

- van SOEST, R.W.M. 1979 : North-south diversity. In : Zoogeography and diversity of plankton (van der SPEOL, S. and PIERROT-BRULTS, A.C. eds.), Bunge, Utrecht : 103-111. (not seen, fide van der Speol and Heyman, 1983)
- van der SPEOL, S. and R.P. HEYMAN 1983 : A comparative atlas of zooplankton. Springer-Verlag, Berlin, iv+186pp.
- VINOGRADOV, M.E. 1968 : Vertical distribution of the oceanic zooplankton. Acad. Sci. USSR, Moskwa. Translated into English by the Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem, in 1970, vii+339pp.
- VINOGRADOV, M.E., E.A. SHUSHKINA and S.A. EVSEYENKO 1990 : Plankton biomass and potential stocks of the Peruvian jack mackerel in the Southeastern Pacific subantarctic zone. *J. Ichthyol.*, 30 : 146-152.
- 藁科郁生・久田幸一 1972 : まぐろはえなわで漁獲された *Gasterochisma melampus* Richardson および *Allothunnus fallai* Serventy の分布, 体長組成について. 遠洋水産研究所研究報告, 6 : 51-75.
- 渡辺久也・行縄繁理・中沢すみ子・上柳昭治 1966 : *Allothunnus fallai* Serventy と推定される仔稚魚について. 南西海区水産研究所研究報告, 23 : 85-94.
- WARE, D.M. and G.A. McFARLANE 1989 : Fisheries production domains in the Northeast Pacific Ocean. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.*, 108 : 1060-1066.
- WEBB, B.F. and D.C. WOLFE 1974 : Commercial catches of slender tuna in Tasmanian waters. *Aust. Fish.*, 1974 (8) : 6.
- WOLFE, D.C. and B.F. WEBB 1975 : Slender tuna (*Allothunnus fallai* Serventy) : first record of bulk catches, Tasmania, 1974. *Aust. J. Mar. Freshw. Res.*, 26 : 213-212.
- 矢野和成・大野昭憲・沢田石 城・佐谷守郎 1993 : 南太平洋におけるガストロの生殖について. 平成5年度日本水産学会春季大会講演要旨集 : 111.
- 谷津明彦 1987 : 昭和60年度あろつなす新資源開発調査報告書. 海洋水産資源開発センター報告書, 昭和60年度(13), iv+84pp.
- 谷津明彦 1988 : 昭和61年度あろつなす新資源開発調査報告書. 海洋水産資源開発センター報告書, 昭和61年度(13), iv+108pp.
- YATSU, A. 1990 : Bramidae. In : Fishes collected by the R/V Shinkai Maru around New Zealand (AMAOKA, K. et al. eds.), Japan Marine Fishery Resources Research Center, Tokyo, 410pp.
- 谷津明彦 1992 : 北太平洋における釣り調査によるアカイカの分布 (1976-1983年). 遠洋水産研究所研究報告, (29) : 13-37.
- YATSU, A. 1995. The role of slender tuna, *Allothunnus fallai*, in the pelagic ecosystems of the South Pacific Ocean. *Japanese J. Ichthyol.*, 41 : 367-377.
- YATSU, A., M. DAHLBERG and S. MCKINNELL in press : Effect of soaking time on catch-per-unit-effort of major species taken in the Japanese squid driftnet fishery. *Fish. Res.*
- 谷津明彦・中野秀樹 印刷中 : 外洋表層性魚類の分布パターン. 漁業資源研究会議報, 29 : 89-99.
- YATSU, A. H. SHIMADA and M. MURATA 1993 : Distribution of epipelagic fishes, squids, marine mammals, seabirds and sea turtles in the central North Pacific. *INPFC Bull.*, (53) : 111-146.
- YATSU, A. and Y. WATANABE 1987 : Mesh selectivity of gill nets for slender tuna *Allothunnus fallai* Serventy (Scombridae). *Nippon Suisan Gakkaishi*, 53 (6) : 947-952.

Appendix-Table 1. Number of individuals of fishes identified in the stomachs of slender tuna. Location of serial net number is shown in Appendix-Fig. 2.
+ : abundant, ++ : very abundant.

1985/1986		11	15	32	36	37	38	40	44	45	46	48	49	50	52	57	58	60	61	62	63
Serial Net No.																					
Specimen No.																					
Paralepididae																					
<i>Lestidium</i> sp.										1											
<i>Paralepis</i> sp.												1									
Myctophidae							5				27	29		2							
Myctophidae ?															13		5	5	2		5
Anoplogasteridae																					
<i>Anoplogaster cormuta</i>	1																				
Gempylidae				1												1	1				
Unidentified Fish	+	2	1		1	++		2							1	1				2	1

1986/1987		11	28	33	34	35	38	39	41	42	42	43	44	45	46	47	48	50	58	59	62	63	65	67	69	70	71	72	SL Range (mm)
Serial Net No.																													
Specimen No.		2									14																		
Bathylagidae			2																3									1	57
Paralepididae												10																1	42-132
Paralepididae ?											3																		
<i>Arctozenus risso</i>											1																		270
Anopteridae ?											1					1	1												170-200
Myctophidae				43			30					++	6	41	5		++				3	6		2		2	40	ca. 20-52	
Myctophidae ?															35			5						2	3				
Carangidae																													
<i>Trachurus</i> sp.	3																												115-125
Gempylidae																								2	2				95-110
Unidentified Fish		1			1	1		1	5	14					4	1	25				3	7					1		

Appendix-Table 2. Number of individuals of squids identified in the stomachs of slender tuna. Location of serial net number is shown in Appendix-Fig. 2.

1985/1986 *

Serial Net No.	32	37	38	44	45	46	48	50	52	57	58	61	62	63	ML/GL range (mm)
Specimen No.															
Ommastrephidae							1	5							9-25
Todarodinae															
<i>Martialia hyadesi</i>															
Onychoteuthidae									3						
<i>Moroteuthis ingens</i>		1	2		2	1		1	1			3			16-77
<i>Moroteuthis</i> sp. A			1	4					2						11-26
<i>Moroteuthis</i> sp. B							2	2					7	5	8-43
Gonatidae															
Brachioteuthidae													1	2	22-29
<i>Brachioteuthis picta</i>															
Cranchiidae															
<i>Teuthowenia pellucida</i>							2								16-32
Unidentified Cephalopoda	2		3		5		3			6	1	4			

1986/1987

Serial Net No.	33	34	35	37	38	39	40	42	42	43	44	45	46	47	48	50	53	55	57	58	59	60	62	65	66	67	69	70	71	73	ML Range (mm)	
Specimen No.									14																							
Ommastrephidae										1				2								1	2	5					2	1		20-63
Todarodinae					1	7		2	2		2												1									23-76
<i>Martialia hyadesi</i>		3	3	3	6	1						2		3	6							1						3				44-102
Onychoteuthidae	1										2		4						1						2				3	1		10-30
<i>Moroteuthis</i> sp.									1																							92-95
Gonatidae													1	1			9							6	7							18-35
Cranchiidae	3					1			5	1	4									2												>6
Unidentified Teuthoidea	5			1				1	1		4	1	1	1	1			1	2	3	2	1	2	42		9	2		1	18	<28	

* Identified by Tsunemi Kubodera (National Science Museum, Tokyo)

Appendix-Table 3. Number of individuals of euphausiids identified in the stomachs of slender tuna. Location of serial net number is shown in Appendix-Fig. 2.
+ : abundant, ++ : very abundant.

1985/1986		11	15	32	36	37	38	39	40	44	45	46	48	52	57	58	60	61	62	63
Serial Net No.																				
Specimen No.																				
<i>Euphausia vallentini</i>								++	12										7	29
<i>E. lucens</i>										9			14							2
<i>E. spp.</i>								2							++					
<i>Thysanoessa gregaria</i>							++			6	11			2		1	3	12		5
<i>T. spp.</i>					14			7												9
<i>Nematoscelis megalops</i>			10	1									2			8				
<i>N. spp.</i>																				
<i>Stylocheiron maximum</i>												1	1	6					1	13
<i>S. spp.</i>										7	9		1	3						
Unidentified Euphausiidae		2	1	9	14				1					7			10		2	6

1986/1987		33	36	39	40	41	42	42	43	44	45	46	47	48	50	52	53	53	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	
Serial Net No.																																						
Specimen No.								14											1	19	8																2	8
<i>Euphausia vallentini</i>												1															+	++	++	+	++	++	+	+				
<i>E. lucens</i>							+		++			3	2															1		+			+					
<i>E. similis</i> var. <i>armata</i>																	++	21																			2	
<i>E. longirostris</i>		2																																				
<i>E. spp.</i>																														++								
<i>Thysanoessa gregaria</i>											5	+		++										++	2		++			9		++		++				
<i>T. spp.</i>			++	++		6	9	1	30			21																6		+			++		+			
<i>Nematoscelis megalops</i>																				15																++	+	46
<i>N. spp.</i>																			25																		20	
<i>Stylocheiron maximum</i>				8	1		3	7	7	18		6																								1	5	
<i>S. spp.</i>							1																															
Unidentified Euphausiidae		++	1			++	++		3						1	1	+			12	20	12				17							+	+	++	+		

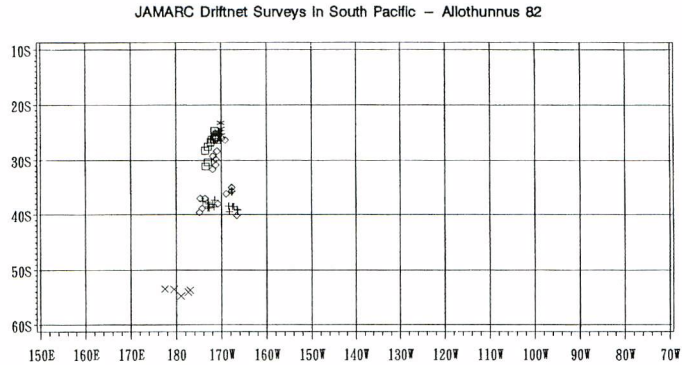
Appendix-Table 4. Number of individuals of amphipods identified in the stomachs of slender tuna. Location of serial net number is shown in Appendix-Fig. 2.
 + : abundant, ++ : very abundant.

1985/1986

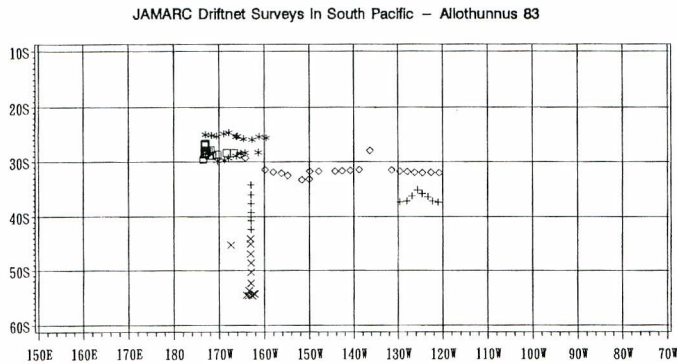
Serial Net No.	11	36	37	38	39	40	44	45	48	52	57	61	62	63
Specimen No.														
Lanceolidae														
<i>Lanceola</i> spp.				4			2							
Hyperiididae														
<i>Themisto gaudicahudii</i>					6	16	9	2	4	10	5	7	2	3
Phronimidae														
<i>Phronima</i> spp.	++		2	1			1	2	2		4			
Phrosinidae														
<i>Primo macropa</i>		1	16	18	6	3	10	4	18	6	3	6	1	2
Lycaeiidae													1	
<i>Brachyscelus</i> ?			2					4		2	1	1		

1986/1987

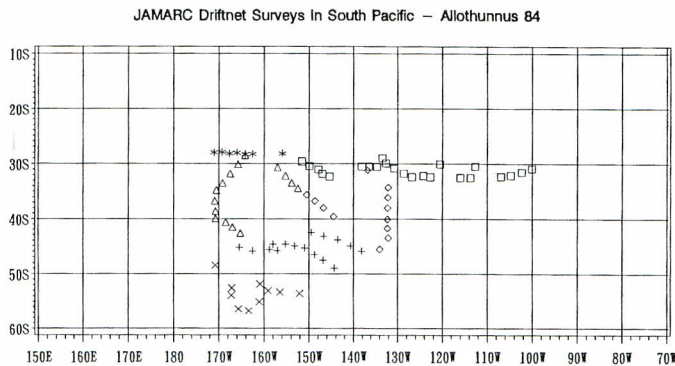
Serial Net No.	27	28	39	40	41	42	42	43	44	45	46	50	55	56	57	58	59	60	61	62	63	65	66	67	68	69	70	71
Specimen No.	7, 17						14						19	8														
Lanceolidae																												
<i>Lanceola</i> spp. juvenile									2																	1		
Hyperiididae																		2										
<i>Themisto gaudicahudii</i>				1	4				5	1	1	++			1				28	++	1	7	1			5	3	5
Phronimidae																												
<i>Phronima</i> spp.	6			3	1				4	1			1															
Phrosinidae																												
<i>Phrosina</i> spp.	4	5																										
<i>Primo macropa</i>			40	3	10	7	1	8	33		+	2		3	6	48	5		1	7	2			8	2	7	46	10
Unidentified Amphipoda		+													1													



*: Oct. □: Nov. ◇: Dec. +: Jan. x: Feb

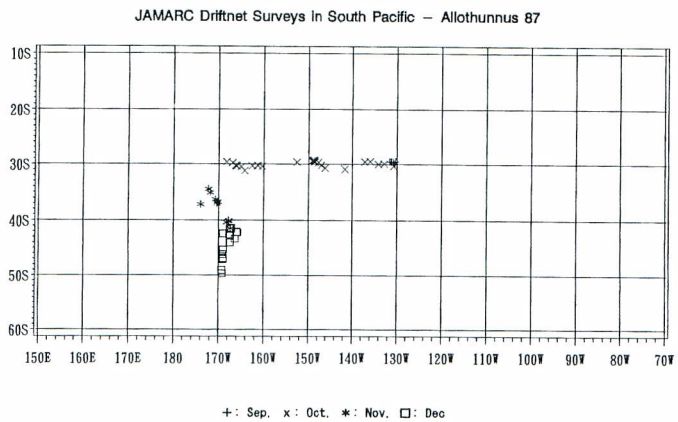
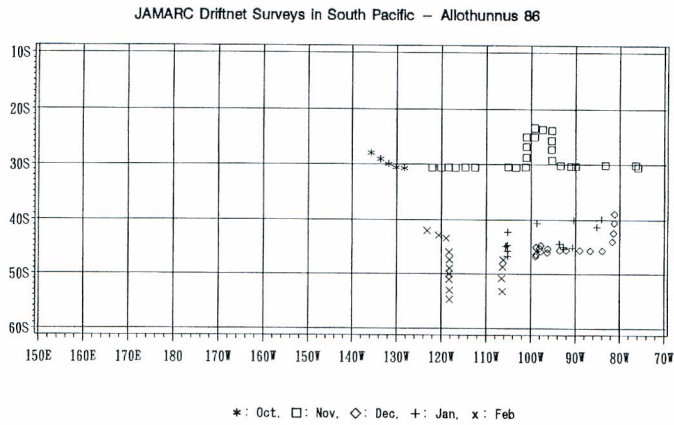
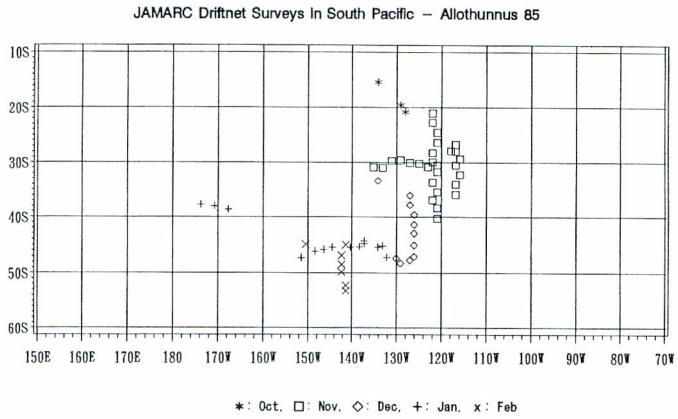


*: Oct. □: Nov. ◇: Dec. +: Jan. x: Feb



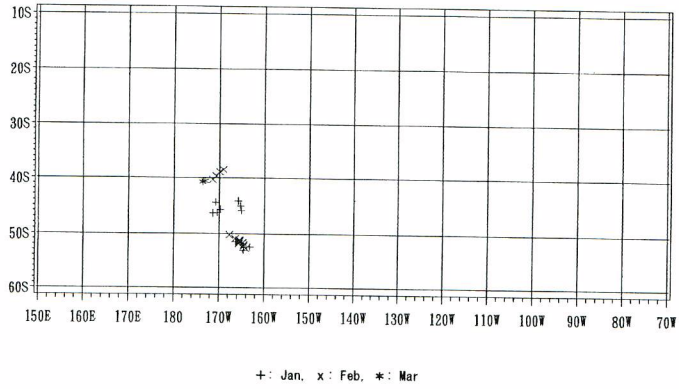
*: Sep. □: Oct. ◇: Nov. Δ: Dec. +: Jan. x: Feb

Appendix-Fig. 1. Locations of fishing operations by type of survey and year and month.

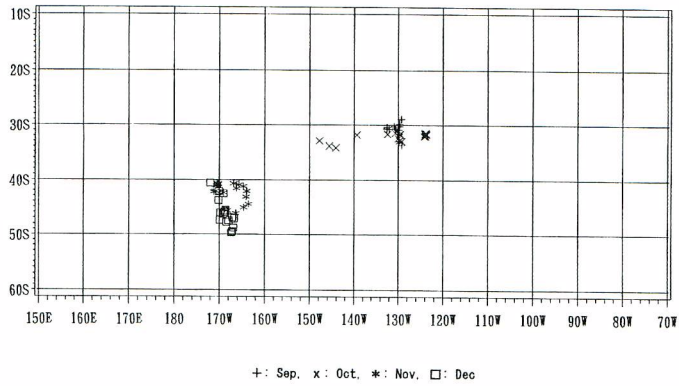


Appendix-Fig. 1. Continued.

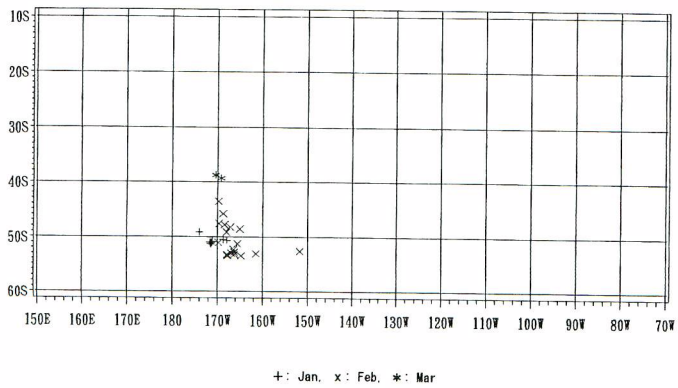
JAMARC Driftnet Surveys in South Pacific – Allothunnus 87



JAMARC Driftnet Surveys in South Pacific – Allothunnus 88

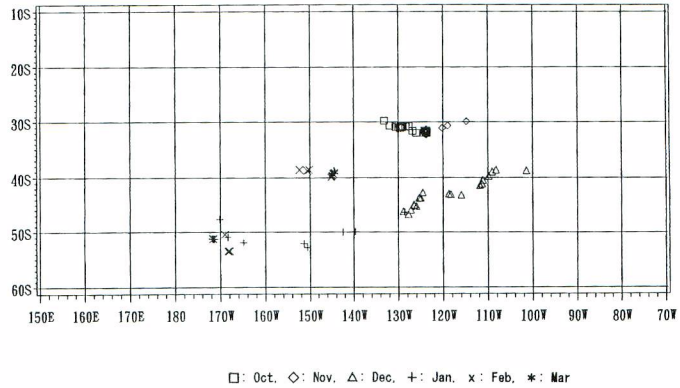


JAMARC Driftnet Surveys in South Pacific – Allothunnus 88

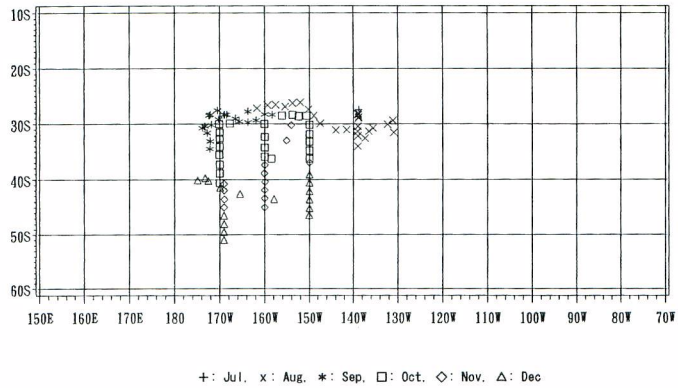


Appendix-Fig. 1. Continued.

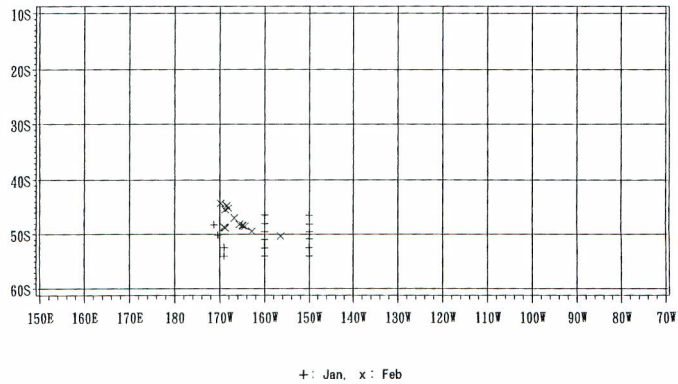
JAMARC Driftnet Surveys in South Pacific – Aliothunnus 89



JAMARC Driftnet Surveys in South Pacific – Pomfret 84

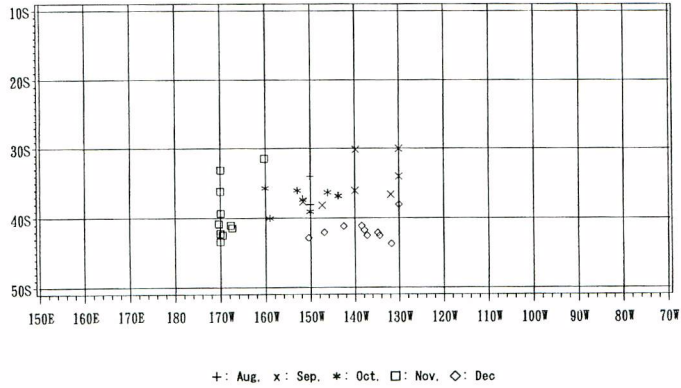


JAMARC Driftnet Surveys in South Pacific – Pomfret 84

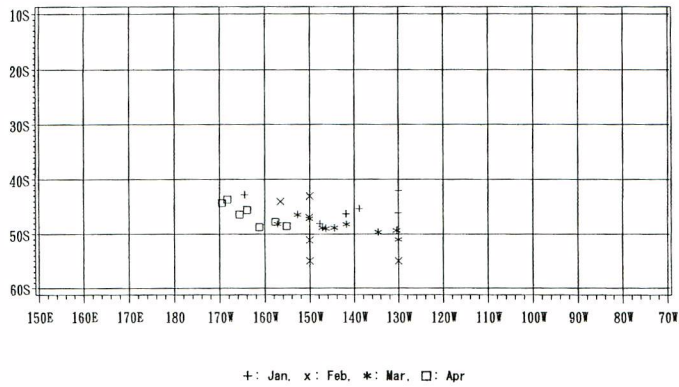


Appendix-Fig. 1. Continued.

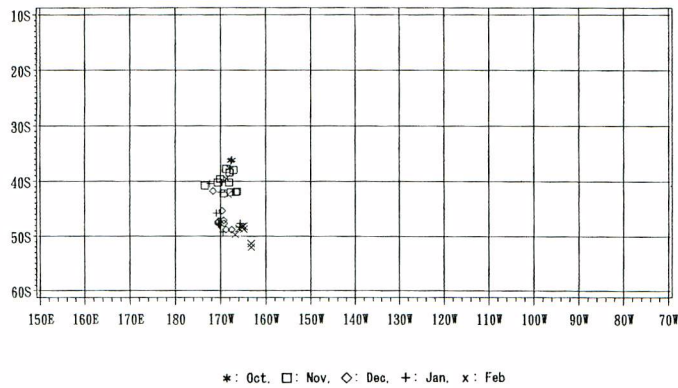
JAMARC Driftnet Surveys In South Pacific – Pomfret 85



JAMARC Driftnet Surveys In South Pacific – Pomfret 85

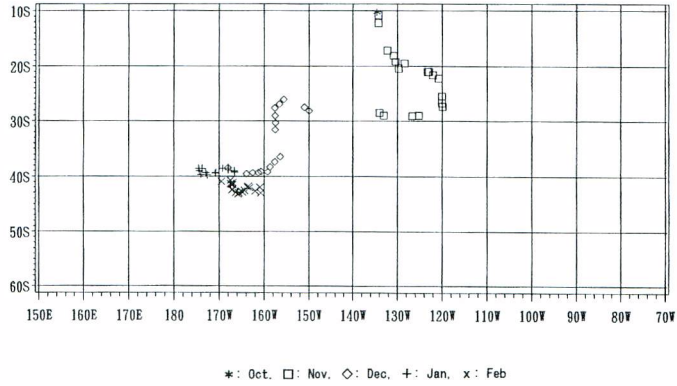


JAMARC Driftnet Surveys In South Pacific – Pomfret 86

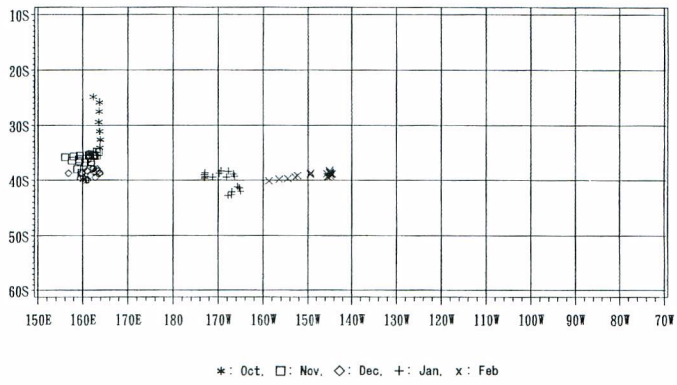


Appendix-Fig. 1. Continued.

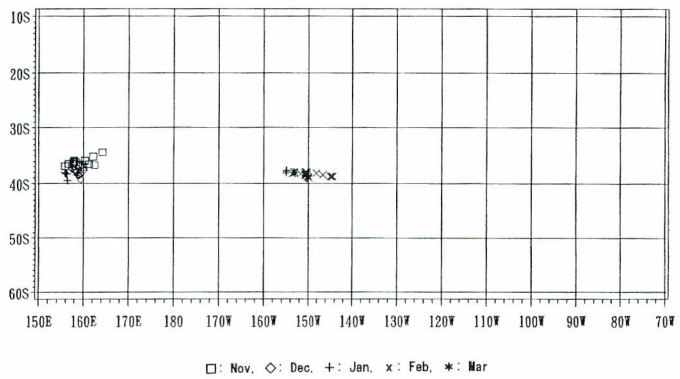
JAMARC Driftnet Surveys In South Pacific – Gillnet 87



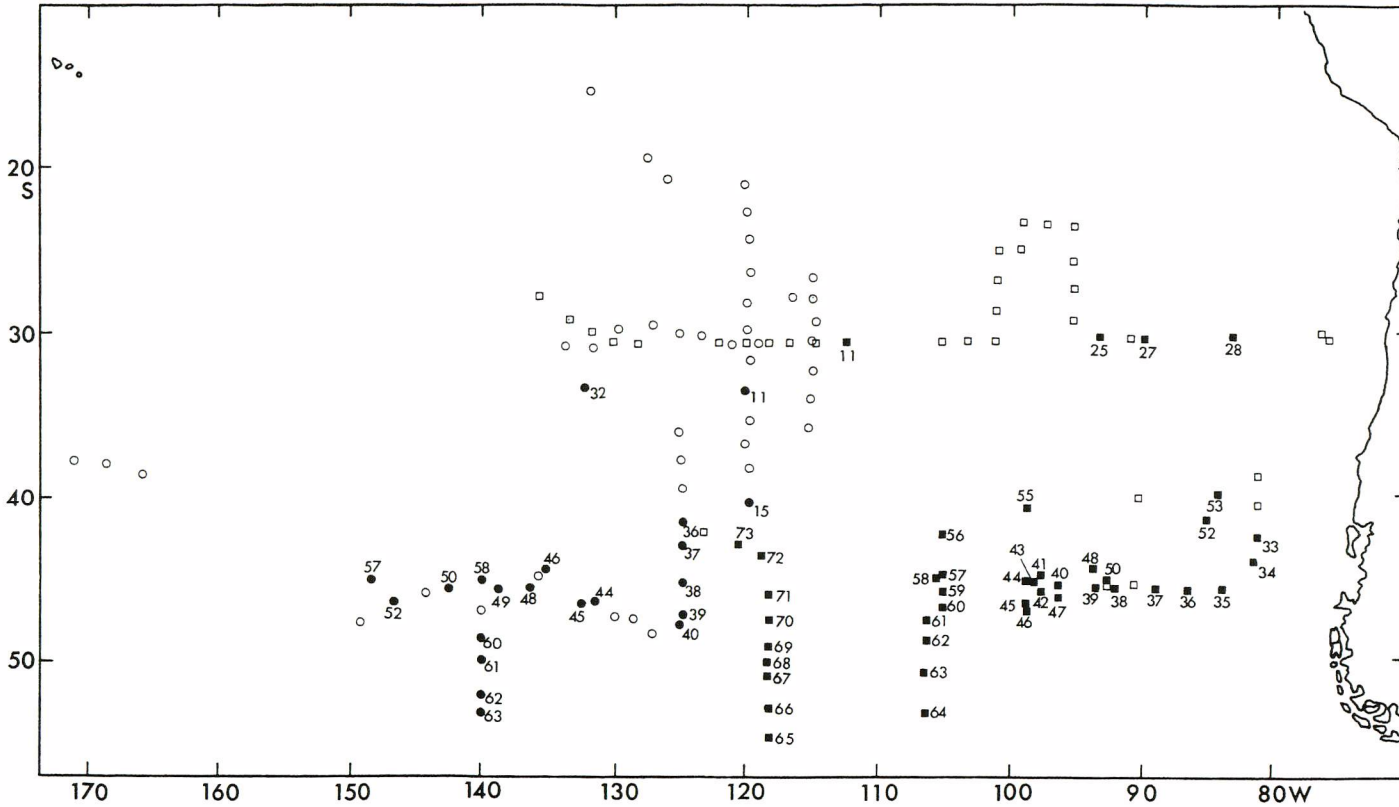
JAMARC Driftnet Surveys In South Pacific – Gillnet 88



JAMARC Driftnet Surveys In South Pacific – Gillnet 89



Appendix-Fig. 1. Continued.



Appendix-Fig. 2. Location of stomach content subsamples of slender tuna in 1985/86 (●) and 1986/87 (▲). Figure next to each locality denotes driftnet fishing number which corresponds to net number in Appendix-Tables 1-5.