

2000年1月の西太平洋熱帯・亜熱帯外洋域における仔魚の分布

田中玲子, 小澤貴和

Distribution of fish larvae in the oceanic tropical and subtropical western Pacific in January, 2000

Reiko Tanaka^{*1,2} and Takakazu Ozawa^{*1,3}

Keywords : Western Pacific, Oceanic region, Fish larvae, Distribution

Abstract

A total of 18,461 fish larvae excluding about 280 leptocephali were collected from 24 IKMT net stations at night during R/V Hakuho maru cruise KH-00-1 in the oceanic region from Tokyo, Japan to Brisbane, Australia, in January, 2000. They were identified to 76 families, 98 genera and 229 taxa inclusive of 140 species. Dominant families were in the order of Myctophidae, Engraulidae, Phosichthyidae, Gonostomatidae, and so on, and dominant species were in the order of engraulid *Encrasicholina punctifer*, a phosichthyid *Vinciguerria nimbaria*, a gonostomatid *Cyclothone alba*, a myctophid *Ceratoscopelus warmingii*, and so on. Using the cluster analysis of similarity index of fish larvae, four major areas of stations were distinguished: area A, three stations north of 18°N; B, seven stations between 15° and 4°N; C, seven stations between 0° and 14°S; and D, five stations south of 19°S. The density and number of taxa of fish larvae were higher and the diversity index lower in the southern two areas than in the northern two ones. Dominant larvae were those of mesopelagic fishes with the ratio of more than 78% in the areas A and D, and were those of mesopelagic ones with the ratio of 53-59% and of epipelagic ones with the ratio of 22-32% in B and C.

外洋性魚類の幼期形態発育に関する知見はほぼ全ての構成分類群で集積されてきた¹⁻⁴⁾。そのような知見の増加に伴って、幼期の出現と分布に関する研究は個々の種から群集の解析まで広められてきた⁵⁻⁹⁾。そのような研究は調査海域間の構成種を含む群集の特徴の異同^{6, 9)}や調査海域での季節による⁵⁻⁷⁾あるいは年による相違⁹⁾を明らかにしている。本研究は2000年1月に西太平洋の21°N-26°Sの外洋域で採集された仔魚群集を識別し、各群集の特徴を明らかにした。群集の識別はField et al.¹⁰⁾に従った。彼らの方法は幅広い海域で魚類幼期の群集解析に利用されている¹¹⁻¹⁴⁾。

材料と方法

2000年1月から3月に行われた東京大学海洋研究所白鳳丸による西部太平洋における海洋生物群集の生態ならびに多様性に関する研究を目的とした調査航海 (KH-00-1) のなかで、1月15日-1月30日の東京-ブリスベン間 (Leg 1) の日本南方海域からオーストラリア東方海域 (21°N-26°S, 149°-163°E; Fig. 1) で得られた仔稚魚を研究に用いた。採集は目合い1.0 mm, 開口部面積8.7m²のIKMT ネットを、船速3ノットでワイヤーを2000m 繰り出した後、0.5-1.0m/sec で揚ぎ上げる傾斜曳きを行った。曳網34定点の中で、夜間に採集された

*1 鹿児島大学水産学部 (Faculty of Fisheries, Kagoshima University, 4-50-20 Shimo-arata, Kagoshima, 890-0056 Japan)

*2 現住所: 東海アクアノーツ (Present address: Tokai Aquanauts, 1-10-12 Yasaka-kita, Shimizu, 424-0023 Japan)

*3 現住所: 福岡市西区西の丘2-3-1-729 (Present address: 2-3-1-729 Nishinooka, Nishi-ku, Fukuoka, 819-0046 Japan)

24定点での採集物を材料とした (Fig. 1)。ネット開口部に深度計と濾水計を装着し、曳網深度と濾水量を計測した (ただし、定点4の濾水量と定点4, 9, 10, 15および16のネット到達深度は不明であった)。1回の曳網には約50分を要した。

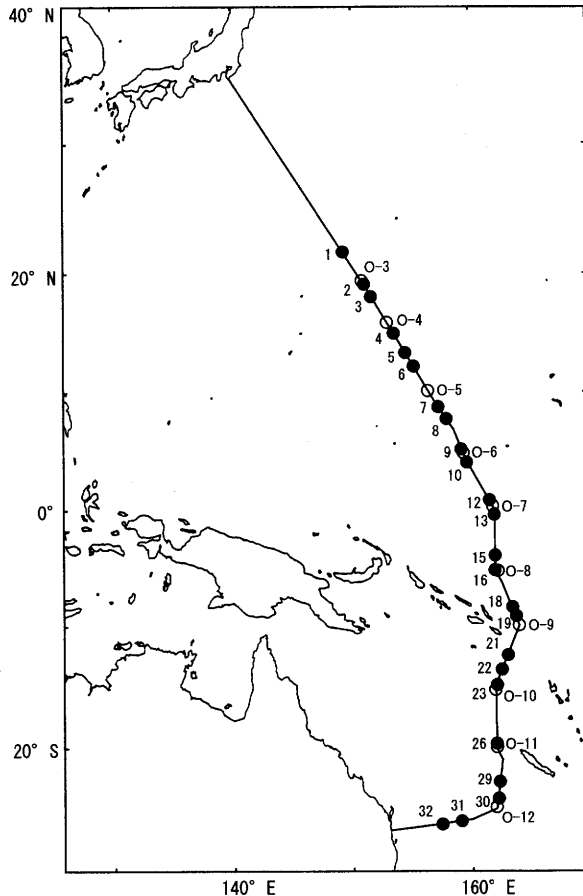


Fig. 1 Stations of IKMT net collection at night (closed circles) and of oceanographic observation (open circles) in Leg 1 of R. V. Hakuho maru KH-00-1 Cruise (Jan., 2000).

採集物は船内においてレプトケファルス幼生を選別分離後、10%ホルマリンで固定した。航海後研究室で魚類を選別し、70%アルコールで保存した。観察・測定には双眼実体顕微鏡を用いた。仔稚魚は可能な限り種のレベルで同定し、それが不可能な場合はタイプあるいは属、科、目、そして不明とした。各定点ごとに各種および各分類群の発育段階、体長範囲、個体数を調べた。発育段階は、前期仔魚、変態期を含む後期仔魚、稚魚、そして成魚に区分した。体長測定には接眼マイクロメーターを用い、0.1mm単位まで読み取り、その最大値と最小値を記録した。大きい個体ではノギスを用いて測定した。個体数として頭部を有する個体を1個体として数え、頭部を欠く個体は数えなかった。なお、レプトケファルス幼生は他の研究者によって精査・報告されることになって

いる。

同定の結果を以下の4群に整理した。分類階級名、学名、和名は中坊¹⁵⁾に従った。

(1) 種またはタイプと分類されたもの。タイプとは、種名は不明だが特有の形質によって種レベルに識別されたもので、本研究では種と同等に扱った。

(2) 破損などにより種の特徴が確認できなかったため、高位分類階級にまとめられたもの。それ故、この中には(1)のものも含まれる可能性がある。

(3) 高位分類階級で同定されたもの。

(4) まったく同定されなかったもの。

すべての解析において、(1)–(3)における変態期を含む後期仔魚を用いた。稚魚期以降の個体は仔魚と生態が異なるため除外し、前期仔魚は全く採集されなかった。

仔魚は成魚の生息域に基づき外洋表層魚、同中層魚、同深層魚、沿岸魚、陸棚斜面魚、そして生息域不明魚の6タイプに識別した。識別には中坊¹⁵⁾を用い、それにおいて明瞭なタイプ分けがなされていない場合には沖山³⁾やParin¹⁶⁾を参考にした。生息域不明魚は高位の分類階級で同定され、そしてその中に異なった生息域の魚種が含まれる場合、および中坊¹⁵⁾、沖山³⁾、そしてParin¹⁶⁾に記載がなかった場合に用いた。

仔魚の分布解析はField et al.¹⁰⁾に従って以下のように行った。各定点における種組成の類似性を検討するために類似度(S値)を求め、クラスター分析の群平均法によって樹形図を作成した。作成には統計解析ハンドブック for win 多変量解析¹⁷⁾のソフトを用いた。S値は以下のBray-Curtis指数を用いた。S値が100に近いほど2定点の種組成は類似していることを示す。ただし、仔魚の個体数データは4乗根変換値を用いた。この変換により、定点間の大規模な個体数の違いを解消し、より種組成に重点を置いた類似性を検討できる¹⁰⁾。

Bray-Curtis 指数 = $[1 - \{ \sum |n'_{iy} - n'_{iz}| / \sum (n'_{iy} + n'_{iz}) \}] \times 100$
 n_{iy} を Y 定点、そして n_{iz} を Z 定点における i 種の個体数とすると、

$$n'_{iy} = n_{iy}^{1/4}; n'_{iz} = n_{iz}^{1/4}$$

クラスター解析の相補として、そしてその視覚的な表現として多次元尺度法 (MDS: multi-dimensional scaling) 座標付けを行った。Field et al.¹⁰⁾に従って類似度(S値)を非類似度(d値)に変換し($d = 100 - S$)、2次元における最小ストレスでの空間配置(座標付け)を求めた。計算にはSPSS10.0J (SPSS Inc.)を使用した。

各定点の仔魚組成を比較する項目の一つとして以下のSimpsonの多様度指数 β を算出した。同指数は採集面積あるいは量に有意に左右されず¹⁸⁾、値が大きいほど種組

成が多様であることを示す。

$$\beta = N(N-1) / \sum X_i(X_i-1)$$

ただし, N: 全仔魚数; X_i : i 種個体数

結果および考察

各定点におけるネット到達深度 (m) は214 (定点13) - 443 (定点1) で, 平均290.5, 濾水量 ($/10^3\text{m}^3$) は24.30 (定点16) - 62.01 (定点1) で, 平均33.42であった。

レプトケファルス幼生約280個体を除く24定点における採集仔魚18,461個体は, 76科98属140種またはタイプを含む229分類群に識別された。同定の整理基準 (1) から (4) で区分された仔魚群を以下に示す。

(1) 種またはタイプと分類されたもの。

この基準で分類されたのは140種またはタイプの12,728個体 (全体の68.9%) で, 主要分類群は Table 1 に示すカタクチイワシ科タイワンアイノコイワシ *Encrasicholina punctifer*, ギンハダカ科ヤベウキエソ *Vinciguerria nimbaria*, ヨコエソ科ユキオニハダカ *Cyclothone alba*, ハダカイワシ科ゴコウハダカ *Ceratoscopelus warmingii*, ヨコエソ科オオヨコエソ *Sigmops elongatum*, ハダカイワシ科アラハダカ *Myctophum asperum*, などである。

(2) 破損などにより種の特徴が確認できなかったため, 高位分類階級にまとめられたもの。

ここには27分類群の2,853個体 (全体の15.4%) が含まれ, 主要分類群はハダカイワシ科複数種 *Myctophidae* spp. (1,670個体), デメエソ科複数種 *Scopelarchidae* spp. (172), ハダカイワシ科トミハダカ属複数種 *Lampanyctus* spp. (163), ハダカエソ科ナメハダカ属複数種 *Lestidium* spp. (147), ハダカイワシ科ナガハダカ属複数種 *Symbolophorus* spp. (128), ヨコエソ属複数種 *Sigmops* spp. (100), オニハダカ属複数種 *Cyclothone* spp. (98), ウキエソ属複数種 *Vinciguerria* spp. (77), ススキハダカ属複数種 *Myctophum* spp. (66), サバ科複数種 *Scombridae* spp. (57), 等である。

(3) 高位分類階級で同定されたもの。

ここには60分類群の2,044個体 (全体の11.1%) が含まれ, 主要分類群はハダカイワシ科ハダカイワシ属 A 群 *Diaphus* A group (705個体), ハダカイワシ属 B 群 *Diaphus* B group (333) (ハダカイワシ属 A および B 群については Ozawa¹⁹⁾ を参照), サイウオ科サイウオ属複数種 *Bregmaceros* spp. (192), ベラ科複数種 *Labridae* spp. (122), イットウダイ科アカマツカサ属複数種 *Myripristis* spp. (69), フデエソ科フデエソ属複数種

Scopelosaurus spp. (63), ハゼ科複数種 *Gobiidae* spp. (62), ムネエソ科複数種 *Sternoptychidae* spp. (50), ニザダイ科テングハギ属複数種 *Naso* spp. (43), シマガツオ科複数種 *Bramidae* spp. (38), などである。

(4) まったく同定されなかったもの。

ここには所属不明複数種 (373個体) と破損 (463) の合計836個体 (全体の4.53%) が含まれる。

以上の仔魚を成魚の生息域に基づき6タイプに識別した。

外洋表層魚として7科7属10種またはタイプを含む13分類群の4,404個体 (全体の23.9%) が採集された。主要な分類群はタイワンアイノコイワシ (4,141個体), サバ科のピンナガ *Thunnus alalunga* (79), カツオ *Katsuwonus pelamis* (72), およびキハダ *Thunnus albacares* (40), そしてエボシダイ科スジハナピラウオ *Psenes cyanophrys* (20) であった。

外洋中層魚には19科65属102種またはタイプを含む140分類群の12,327個体 (全体の66.8%) が含まれた。主要分類群は Table 1 でカタクチイワシ科, サバ科, そしてベラ科を除く7科の分類群 (ハダカイワシ科, ギンハダカ科, ヨコエソ科, ハダカエソ科, デメエソ科, サイウオ科, およびホウライエソ科 *Chauliodontidae*) である。

外洋深層魚には10科1属1種またはタイプを含む11分類群の50個体 (全体の0.3%) が採集された。主要分類群はチョウチンアンコウ亜目複数種 *Ceratioidei* spp. (20個体), クロアンコウ科複数種 *Melanocetidae* spp. (6), カプトウオ科複数種 *Melamphidae* spp. (6), チョウチンアンコウ科複数種 *Himantolophidae* spp. (5) であった。

沿岸魚には27科18属18種またはタイプを含む46分類群の616個体 (全体の3.3%) が採集された。主要分類群はベラ科複数種 (122個体), アカマツカサ属複数種 (69), ハゼ科複数種 (62), テングハギ属複数種 (43), フサカサゴ科複数種 *Scorpaenidae* spp. (36), イットウダイ科複数種 *Holocentridae* spp. (25), ニザダイ科複数種 *Acanthuridae* spp. (21), ダルマガレイ科複数種 *Bothidae* spp. (17), モンガラカワハギ科複数種 *Balistidae* spp. (17), などであった。

陸棚斜面魚には6科3属4種またはタイプを含む8分類群の70個体 (全体の0.4%) が採集された。主要分類群はホタルジャコ科スミクイウオ *Synagrops japonicus* (28個体), ムカシクロタチ科ムカシクロタチ *Scombrolabrax heterolepis* (17), ワニギス科1種 *Champsodontidae* sp. (10), スミクイウオ属複数種 *Synagrops* spp. (9), であった。

生息域不明魚には6科2属4種またはタイプを含む11

分類群の994個体 (全体の5.4%) が含まれた。破損 (463個体) および所属不明複数種 (373) を除き、主要分類群はサバ科複数種 (57), シマガツオ科複数種 (38), 所属不明種 unknown sp. (32), キントキダイ科複数種 Priacanthidae spp. (14), であった。

優占科, 優占種等を Table 1 に示す。優占科第1位はハダカイワシ科 (5,251個体), 第2位はカタクチイワシ科 (4,141), 第3位はギンハダカ科 (2,782), 第4位はヨコエソ科 (2,208) であった。以下, 第5位ハダカエソ科 (682), 第6位デメエソ科 (400), 第7位サイウオ科 (278), 第8位サバ科 (257), 第9位ホウライエソ科 (190), 第10位ベラ科 (122) であった。ハダカイワシ科, カタクチイワシ科, ギンハダカ科およびヨコエソ科の上位4科で全体の77.9%を占めた。

ハダカイワシ科では15属34種またはタイプを含む43分類群が出現した。その優占種またはタイプはゴコウハダカ (735個体), アラハダカ (194), イタハダカ *Diogenichthys atlanticus* (156), ツマリドングリハダカ *Hygophum proximum* (152) であり, 種における順位はそれぞれ4, 6, 8, そして9位と上位を占めていた。カタクチイワシ科ではタイワンアイノコイワシ (4,141個体) 1種のみで, 種における順位は1位であった。ギンハダカ科 (2,782個体) とヨコエソ科 (2,208) では採

集個体数はほぼ同じで, 前科の優占種はヤベウキエソ (2,681個体), 後者のそれはユキオニハダカ (1,347), オオヨコエソ (368) であり, 種における順位はそれぞれ2, 3, そして5位と上位を占めていた。種における順位7位はホウライエソ科ホウライエソ属1種 *Chauliodus* sp. (182個体), 10位はデメエソ科ミナミデメエソ *Scopelarchoides signifer* (142) であった。上位優占種はほとんど優占4科に属するもので占められていた。

各定点間の類似度 (S値) を用いて作成した樹形図は大きく2つに区分された (Fig. 2)。全体で数個のクラ

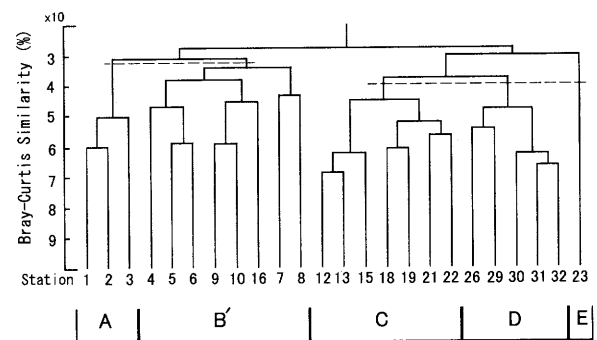


Fig. 2 Dendrogram of the cluster analysis of 24 stations based on larval fish abundance collected during KH-00-1 Cruise. Broken lines are an arbitrary similarity level to distinguish major groups of stations (A, B', C, D and E).

Table 1 Taxonomic composition of top ten abundant families of fish larvae collected in KH-00-1

Rank	Family	Dominant species	No. of genera	No. of taxa	No. of larvae	Rank in species	
1	Myctophidae	<i>Ceratoscopelus warmingii</i>	15	43	5251	4	
		<i>Myctophum asperum</i>			735	6	
		<i>Diogenichthys atlanticus</i>			194	8	
		<i>Hygophum proximum</i>			156	9	
					152		
2	Engraulidae	<i>Encrasicholina punctifer</i>	1	1	4141	1	
3	Phosichthyidae	<i>Vinciguerria nimbaria</i>	3	4	2782	2	
					2681		
4	Gonostomatidae	<i>Cyclothone alba</i> <i>Sigmops elongatum</i>	5	17	2208	3	
					1347		
5	Paralepididae	<i>Lestidiops jayakari</i> <i>Lestidiops indopacifica</i> <i>Sudis atrox</i>	8	22	682	11	
					141		15
					101		23
6	Scopelarchidae	<i>Scopelarchoides signifer</i> <i>Scopelarchus analis</i>	4	10	400	10	
					142		46
					20		
7	Bregmacerotidae	<i>Bregmaceros</i> sp.	1	2	278	17	
					86		
8	Scombridae	<i>Thunnus alalunga</i> <i>Katsuwonus pelamis</i> <i>Thunnus albacares</i>	2	5	257	19	
					79		22
					72		30
9	Chauliodontidae	<i>Chauliodus</i> sp.	1	2	190	7	
					182		
10	Labridae		0	1	122		
Total	76		98	229	18461		

スターが求まるよう各々で任意の水準^{10, 11)} で切断すると、以下の5クラスターに区分された：A, 定点1, 2, および3；B', 定点4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, および16；C, 定点12, 13, 15, 18, 19, 21, および22；D, 定点26, 29, 30, 31, および32；およびE, 定点23。樹形図で得られたクラスターは海図上 (Fig. 1) では、北からA海域, B'海域, C海域, E海域, そしてD海域となるが、定点16はC海域の中心であるにも関わらずB'海域に属し、また定点23はC海域とD海域の間で独立して存在していた。

定点16がB'海域に属するのは明らかに不自然であり、また定点23が隣接した北のC海域および南のD海域から真に独立しているかは疑問である。そこで、これら2定点の密度, 分類群数, および優占分類群 (採集仔魚数において海域および定点で10位以内の分類群) を周辺海域と比較した (Table 2)。海域の密度と分類群数は海域に含まれる定点の平均値で示した。Fig. 2のB'を構成する定点から定点16を除いた海域をBとした。またC海域は定点16の北側をC-1海域, 南側をC-2海域とした。定点16の密度は1.63, そして分類群数は24であり、各々42.08と71.33のC-1海域, 45.15と63.25のC-2海域よりも明らかに低い値であった。一方、B海域の密度 (3.72) と分類群数 (27.86) とは極端な違いは見られなかった。定点16の優占分類群の中で共通な分類群はC-1海域とはヤベウキエソ, ハダカイワシ科複数種, ユキオニハダカおよびハダカイワシ属群の4分類群, C-2海域とはヤベウキエソ, ハダカイワシ科複数種, およびトミハダカ属複数種の3分類群, そしてB海域とはヤベウキエソ, デメエソ科複数種およびハダカイワシ科複数種の3分類群であり、定点16は種組成の類似においてBとC海域のいずれにも等しかった。以上の検

討から、定点16は密度と分類群数においてより類似していたB海域に含まれたものと判断し、解析から除外することにした。定点23の密度は11.95, そして分類群数は26であり、各々45.15と63.25のC-2海域, 36.50と55.80のD海域よりも明らかに低い値であった。優占分類群における共通分類群はC-2海域とはタイワンアイノコイワシ, ハダカイワシ科複数種, ナメハダカ属複数種およびヤベウキエソの4分類群, D海域とはハダカイワシ科複数種, ユキオニハダカ, ハダカイワシ属A群およびヤベウキエソの4分類群であった。従って、定点23は種組成において特異的ではなくてC-2海域とD海域どちらにも類似していたが、密度および分類群数が両海域よりも明らかに低い値だったため、いずれの海域にも属することができずに独立したものと判断した。従って定点23もまた解析から除外した。

定点16と23を解析から除外して再度クラスター分析を行った結果、地理的に連続した4つのクラスターが識別でき (Fig. 3), 北から定点1-3をA海域, 定点4-10をB海域, 定点12-22をC海域, 定点26-32をD

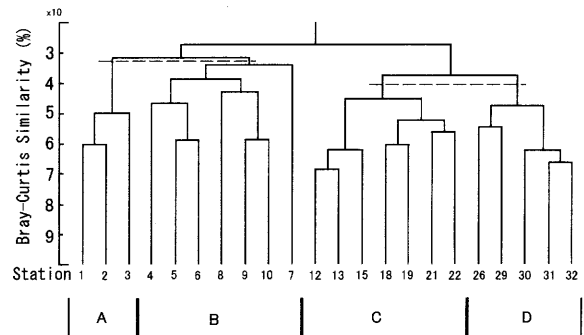


Fig. 3 Dendrogram of the cluster analysis recomposed with the stations excluding Sts. 16 and 23 in Fig. 2. Broken lines are an arbitrary similarity level to distinguish major groups of stations (A-D).

Table 2 Comparison of density (10^3m^3), number of taxa, and dominant 10 taxa of fish larvae between two stations, 16 and 23, questioned in the cluster analysis of Fig. 2 and their adjacent areas. The area C is divided into C-1 of stations 12,13 and 15 north of St. 16, and C-2 of stations 18,19,21 and 22 south of St.16 (see Fig.1). The area B is composed of the stations in B' of Fig. 2 exclusive of St.16

Area/Station	B	C-1	St.16	C-2	St.23	D
Density	3.72	42.08	1.63	45.15	11.95	36.50
No. of taxa	27.86	71.33	24	63.25	26	55.80
Dominant taxa and rank	1 <i>E.punctifer</i> 2 Scopelarchidae spp. 3 Myctophidae spp. 4 <i>Myripristis</i> spp. 5 <i>Thunnus alalunga</i> 6 Scombridae spp. 7 <i>K. pelamis</i> 8 <i>V. nimbaria</i> 9 Holocentridae sp. 10 <i>C.warmingii</i>	<i>V.nimbaria</i> Myctophidae spp. <i>Diaphus</i> B group <i>Sigmops elongatum</i> <i>Bregmaceros</i> spp. <i>M.asperum</i> <i>S.signifer</i> <i>Chauliodus</i> sp. <i>C.alba</i> <i>Diaphus</i> A Group	<i>V.nimbaria</i> Scopelarchidae spp. Myctophidae spp. <i>Bolinichthys</i> sp.2 <i>Sternoptyx</i> spp. <i>Thunnus</i> spp. <i>C.alba</i> <i>Symbolophorus</i> spp. <i>Lampanyctus</i> spp. <i>Diaphus</i> A Group	<i>E.punctifer</i> Myctophidae spp. <i>Sigmops elongatum</i> <i>Bregmaceros</i> sp. <i>Lampanyctus</i> spp. <i>V.nimbaria</i> Labridae spp. <i>H.proximum</i> <i>Lestidium</i> spp. <i>Chauliodus</i> sp.	<i>E.punctifer</i> Myctophidae spp. <i>Thunnus alalunga</i> <i>Lestidium</i> spp. <i>L. indopacifica</i> <i>C.alba</i> <i>Diaphus</i> A Group <i>V. nimbaria</i> Scopelarchidae spp. <i>L.luminosa</i>	<i>C.alba</i> <i>V. nimbaria</i> Myctophidae spp. <i>C.warmingii</i> <i>Diaphus</i> A Group <i>T.microchir</i> <i>D.atlanticus</i> <i>H.reinhardtii</i> <i>Benthoosema</i> sp. <i>Cyclothone</i> spp.

海域とした。北半球に A と B, そして定点12は僅かに北半球 (00°30'N) であるが, 南半球に C と D の, 各々 2 海域が認められた。

Field et al.¹⁰⁾ はクラスターが識別される樹形図に関して主に 4 つの欠点を示したが, 樹形図を基本的に左右するのはデータの質にあると思われる。本研究のみでなく仔魚同定データには (1) 同定前の採集や選別における問題, および (2) 同定における問題がある。(1) の問題は個々の採集物に関わるものであり, 本研究で定点 16 と 23 が樹形図において疑問あるクラスターに位置した原因とおもわれるが, 具体的には不明である (定点16でネット到達深度は不明で, 濾水量は $24.30/10^3 \text{ m}^3$ と最小であったが, 定点23では到達深度は345m, 濾水量は27.00であり, 平均値 (到達深度290.5m および濾水量33.42) と大きく異なっていない)。(2) の問題は全体に関わっており, 本研究では, 前に述べた同定の整理基準 (1) 種あるいはタイプとして識別された仔魚は全体の69%であったこと, 言い換えると約30%は不確かな同定であったことから, データの精度に大きな影響を与えている。このデータの問題は言い換えると計算された類似度の有効桁数の問題である。この問題の解決および同定の精度を高めることは今後の課題であるが, Field et al.¹⁰⁾ はクラスター分析を補足するものとして多次元尺度法座標付けを行った。本研究でも後述するようにそれを行ったが完全に補足するものではない。

上で区別された各海域における密度 ($/10^3 \text{ m}^3$), 分類群数, そして多様度指数 β を比較した (Fig. 4)。各定点における密度の最小は定点 5 の1.31, 最大は定点19の81.08, 分類群数の最小は定点 5 の18, 最大は定点18の94, そして多様度指数の最小は定点19の1.45, 最大は定点 2 の26.29であった。密度の平均は A 海域3.23, B 海域3.72と両海域で極めて低く, 一方 C 海域43.83, D

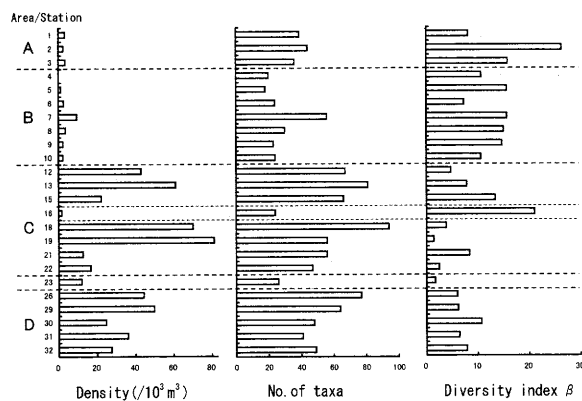


Fig. 4 Density, number of taxa and diversity index β of larval fishes at the stations in KH-00-1 Cruise. A-D: areas distinguished in the endrogram of Fig. 3.

海域36.50と両海域で高かった。分類群数の平均は A 海域39.67, B 海域27.86と少なく, C 海域66.71, D 海域55.80と両海域で多かった。個体数 (密度) と種類数 (分類群数) の関係を示す多様度指数は極めて密度が低かった A 海域 (平均値16.76) と B 海域 (12.80) で高く, 密度と分類群数ともに高かった C (6.02) と D 海域 (7.43) では低い値であった。

各海域における仔魚の組成を成魚の生息域を用いて比較した。定点16と23を含めて, Fig. 5に各定点における生息域別個体数割合を示す。A 海域の3定点では外洋中層魚が極めて多く, 平均して77.9%を占め, 以下生息域不明魚 (10.6), 外洋表層魚 (5.5), 陸棚斜面魚 (3.6), 外洋深層魚 (2.0), そして沿岸魚 (0.5) の順であった。B 海域の7定点では外洋中層魚が卓越するがその割合は低下し (平均52.8%), 外洋表層魚 (21.6), 生息域不明魚 (18.1), そして沿岸魚 (7.2) が増加し, 外洋深層魚 (0.3) は極めて少なく, 陸棚斜面魚は全く採集されなかった。

C 海域の, 定点16の北側3定点と南側4定点では組

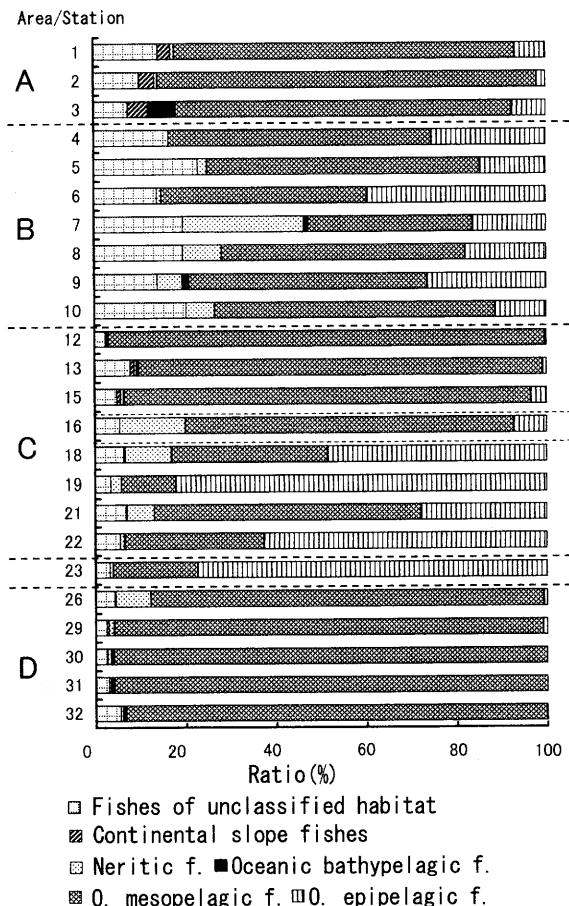


Fig. 5 Ratios (%) of number of larval fishes by the adult habitat at the stations in KH-00-1 Cruise. For the adult habitat, refer to the text. A-D: areas distinguished in the endrogram of Fig. 3.

成に明らかな違いが見られた。北側3定点では外洋中層魚が圧倒的に多く、平均して92.0%を占めた。一方、南側4定点では外洋表層魚が平均して55.3%、次いで外洋中層魚が34.1%であった。C海域として組成の平均を求めると外洋中層魚58.9、同表層魚32.3、生息域不明魚5.29、沿岸魚2.94、陸棚斜面魚0.36、そして外洋深層魚0.14%であった。生息域別組成から見ると、定点16は北側3定点に類似していた。D海域では圧倒的に外洋中層魚が多く、平均して93.4%も占めた。他は極めて少なく、生息域不明魚3.49、沿岸魚2.11、外洋表層魚0.43、同深層魚0.41、そして陸棚斜面魚0.18%であった。定点23は生息域別組成から見ると、C海域南部に類似していた。

C海域では北の3定点(12, 13, 15)と南の4定点(18, 19, 21, 22)で明らかな組成の違いが見られた。それらが同じクラスターに括られたのはField et al.¹⁰⁾が指摘した樹形図の4欠点の1つ、階層化は不可逆である、換言すると採集物がある群に含まれるとその独自性は消失する、に起因すると思われる。

各海域の採集個体数による優占上位10分類群は以下のようであった(括弧内は個体数比率, %)。

A海域：ヤベウキエソ(13.5)、ゴコウハダカ(8.4)、ヨコエソ科センオニハダカ *Cyclothone acclinidens* (7.8)、ハダカイワシ科複数種(5.9)、ヨコエソ科ツマリヨコエソ *Gonostoma atlanticum* (5.3)、ミツマタヤリウオ科ミツマタヤリウオ属1種 *Idiacanthus* sp. (4.4)、デメエソ科複数種(4.4)、台湾アイノコイワシ(4.2)、ムカシクロタチ(3.6)、ハダカイワシ科ホソトンガリハダカ *Lampanyctus nobilis* (2.5)。

B海域：台湾アイノコイワシ(13.2)、ハダカイワシ科複数種(6.2)、デメエソ科複数種(5.9)、アカマツカサ属複数種(5.1)、ピンナガ(4.4)、サバ科複数種(4.3)、

カツオ(3.7)、ヤベウキエソ(3.6)、ゴコウハダカ(3.2)、イトウダイ科1種(3.0)。

C海域：台湾アイノコイワシ(36.5)、ヤベウキエソ(15.0)、ハダカイワシ科複数種(8.4)、オオヨコエソ(3.2)、ハダカイワシ属B群(3.2)、アラハダカ(1.8)、サイウオ属複数種(1.6)、ホウライエソ属1種(1.5)、ハダカイワシ属A群(1.4)、ツマリドングリハダカ(1.3)。
D海域：ユキオニハダカ(21.2)、ヤベウキエソ(18.1)、ハダカイワシ科複数種(12.3)、ゴコウハダカ(10.2)、ハダカイワシ属A群(9.5)、ツマリハダカ(2.1)、イタハダカ(2.0)、ハダカイワシ科ドングリハダカ *Hygophum reinhardtii* (1.9)、ハダカイワシ科ソコハダカ属1種 *Benthoosema* sp. (1.7)、オニハダカ属複数種(1.6)。

優占10種の中で共通種はAとB海域では5種、BとCでは3種、そしてCとDでは3種であった。

以上で検討した各海域の仔魚組成の特徴をTable 3に整理した。AとB海域の間、そしてCとD海域の間では各々密度、分類群数、そして多様度指数でほぼ等しいが、優占分類群を含む成魚生息域別割合において違いが認められた。北半球(AとB海域)と南半球(CとD海域)の間では密度と分類群数において南半球で明らかに高く、多様度指数において北半球で高かった。

クラスター分析で削除された定点16と23を含め各定点のMDS 2次元座標付け(最小ストレス値0.467)をFig. 6に示した。CとD海域の間で定点26が重複するのみで、海域毎に定点は纏まるとともに他の海域と明瞭に分離し、クラスター分析の結果と一致している。定点16はFig. 2の樹形図と同様にB海域に含まれた。一方、定点23は独立せず、A海域に含まれた。そしてC海域で外洋中層魚が極めて優占した3定点(12, 13, 15)は同様であったD海域の近傍に配置された。

Table 3 Comparison of characteristics of fish larvae among the four areas (A-D) distinguished in the dendrogram of Fig. 3. Density, number of taxa and diversity index are the average in area.

Area	Density (/10 ³ m ³)	No. of taxa	Diversity index	Fish larvae by adult habitat occupied more than 10% ratio in number	Top five abundant taxa
A	3.23	39.67	16.76	Mesopelagic fish (77.9%) Unclassified f. (10.6)	<i>V. nimbaria</i> , <i>C. warmingii</i> , <i>C. acclinidens</i> , Myctophidae spp., <i>G. atlanticum</i>
B	3.72	27.86	12.80	Mesopelagic f. (52.8) Epipelagic f. (18.1) Unclassified f. (18.1)	<i>E. punctifer</i> , Myctophidae spp., Scopelarchidae spp., <i>Myripristis</i> spp., <i>Thunnus alalunga</i>
C	43.83	66.71	6.02	Mesopelagic f. (58.9) Epipelagic f. (32.3)	<i>E. punctifer</i> , <i>V. nimbaria</i> , Myctophidae spp., <i>S. elongatum</i> , <i>Diaphus</i> B group
D	36.50	55.80	7.43	Mesopelagic f. (93.4)	<i>C. alba</i> , <i>V. nimbaria</i> , Myctophidae spp., <i>C. warmingii</i> , <i>Diaphus</i> A group

本研究での IKMT ネット採集域では Fig. 1 に示す10

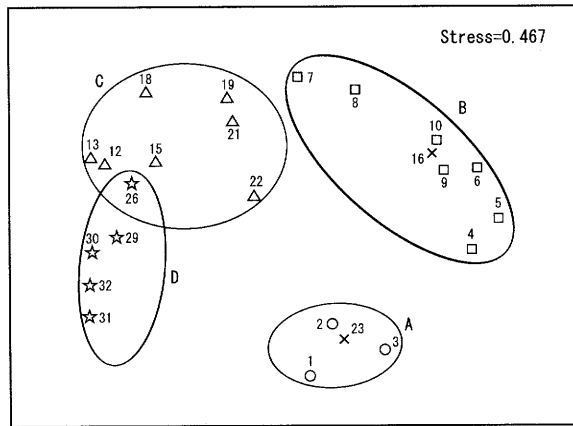


Fig. 6 Ordination of 24 stations in 2-dimensions using multi-dimensional scaling and Bray-Curtis similarity index. A-D, areas distinguished in the dendrogram of Fig. 3; numerals, stations in Figs. 1 and 2; X, stations excluded in the recomposition of dendrogram in Fig. 3.

の海洋観測定点で水温、塩分、およびクロロフィルa量の観測が行われた²⁰⁾。水温は赤道を挟んで北と南半球はほぼ対称で、例えば水深5 m (定点O-4とO-10では10 m) では北から南に向かって増加し、赤道付近で一旦低下するが、南半球では南に向かって低下した (Table 4)。100 m 以浅の塩分も北と南半球はほぼ対称で、例えば水深5 m (定点O-4とO-10では10 m) では北半球ではO-6 (5°N) を中心に、南半球ではO-9 (10°S) を中心に、各々低塩分域があった (Table 4)。クロロフィル量 ($\mu\text{g/l}$) は表層200 m 以浅の8水深 (定点O-7では7水深) で測定された。水深200 m でのクロロフィル量は極めて少なく (0-0.019; 平均0.0048), 同水深までのクロロフィル積分量は北半球では9.31 (定点O-4) - 10.73 (O-3)、南半球では14.07 (O-9) - 17.57 (O-10) であった (Table 4)。明らかに一次生産量は調査時は冬である北半球の定点O-6以北で少なく、夏である南半球のO-7以南では高かった。

外洋は幾つかの視点あるいは生物群集から区分されてきた。本研究海域を水塊²¹⁾ から見ると、A 海域3定点と B 海域定点4-8は Western N. Pacific Central Water に、B 海域定点9と10および C 海域定点12と13は

Pacific Equatorial W. に、そして C 海域残りの定点と D 海域全定点は Western S. Pacific Central W. に、各々ほぼ含まれる。外洋中層魚の相対的豊度による区分²²⁾ によれば A と B 海域は Central Water areas に、C と D 海域は Equatorial Current System Area にほぼ含まれる。海流、前線、地形、そして海面クロロフィル場における季節性 (原文は recurrent features) によって規定され、そして生態系モデルの結果²³⁾ と一致した区分²⁴⁾ によれば、大凡A海域は North Pacific Tropical Gyre Province に、B と C 海域は Western Pacific Warm Pool P. に、そして D 海域は Archipelagic Deep Basins P. に、対応している。生物地理学的²⁵⁾ にみると、大凡 A と B 海域は northern subtropical region に、C と D 海域は tropical r. に相当する。大太平洋中央熱帯海域 (150°-158°W, 20°N-17°S) における垂直移動性魚類の組成区分²⁶⁾ によれば、本研究の定点1-3は North zone に、5-8は North Equatorial z. に、9-13は Equatorial z. に、15以南は South z. に含まれる。但し、Clarke²⁶⁾ には17°S 以南は含まれていない。

以上のように、本研究の仔魚による空間分析の結果は他の視点あるいは生物群による結果と一部は重複するとしても一致していない。仔魚の分布を決定する基本的要因は成魚の分布とそれらの成熟状態であり、副次的要因は海流による移送である。本研究海域は外洋であり、生息する成魚は外洋表層魚、同中層魚、そして同深層魚であり、上に述べたようにそれらの個体数は合わせて91.0% を占めており、移送によると考えられる沿岸魚の比率は僅か3.3% であった。魚類の産卵適応現象は餌の豊富さを指標する一次生産量との一致である。本研究の調査では明らかに一次生産量は調査時は冬である北半球の定点O-6以北で少なく、夏である南半球のO-7以南では高かった (Table 4)。仔魚の密度と分類群数 (Fig. 3; Table 3) は北半球の A と B 海域で少なく、南半球の C と D 海域で多く、一次生産量との対応が見られた。また、北半球の2海域 A と B の間、南半球の2海域 C と D の間では各々優占分類群を含む成魚生息域別割合に違いが認められた (Table 3)。その違いは垂直移動性魚類²⁶⁾ に見られたような緯度に沿った成魚群集の違い

Table 4 Water temperature (°C) and salinity (p.s.u.) at 5m depth (10m at Sts. 0-4 and O-10), and chlorophyll a concentration ($\mu\text{g/l}$) integrated in the upper 200m at the oceanographic station in Fig.1 of KH-00-1 Cruise²⁰⁾

Station	O-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12
Water temp.	27.16	27.78	28.24	29.54	28.70	29.53	29.89	29.11	28.39	24.77
Salinity	34.98	34.95	34.04	33.71	35.18	34.48	34.15	34.10	35.00	35.84
Chlorophyll concentration	10.73	9.31	9.41	10.56	14.99	15.13	14.07	17.57	15.75	16.51

を反映していると思われる。

謝 辞

KH-00-1 航海での貴重な標本を提供頂いた東京大学海洋研究所塚本勝巳教授, そして採集に協力頂いた同航海乗船研究員と白鳳丸乗組員各位, さらに作図に協力頂いた鹿児島大学連合農学研究科鳥居聡尚氏に感謝申し上げます。

引用文献

- 1) Moser H. G. (ed.) (1996): "The early stages of fishes in the California current region". California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations, Atlas no. 33, pp. 1-1505, Allen Press, Lawrence, Kansas.
- 2) Moser H. G., W. J. Richards, D. M. Cohen, M. P. Fahay, A. W. Kendall, Jr., and S. L. Richardson (eds.) (1984): "Ontogeny and systematics of fishes". American Society of Ichthyologists and Herpetologists. Special Publication, No.1, pp. 1-760, Allen Press, Lawrence, Kansas.
- 3) 沖山宗雄 (編) (1988): "日本産稚魚図鑑", pp. 1-1154 (東海大学出版会, 東京)
- 4) Ozawa T. (ed.) (1986): "Studies on the oceanic ichthyoplankton in the western North Pacific", pp. 1-430, Kyushu University Press, Fukuoka.
- 5) Ahlstrom E. H. (1972): Kinds and abundance of fish larvae in the eastern tropical Pacific on the second multivessel EASTROPAC survey, and observations on the annual cycle of larval abundance. *Fish. Bull.*, **70**, 1153-1242.
- 6) Loeb V. J. (1979): Larval fishes in the zooplankton community of the North Pacific central gyre. *Mar. Biol.*, **53**, 173-191.
- 7) Loeb V. J. (1980): Patterns of spatial and species abundance within the larval fish assemblage of the North Pacific central gyre during late summer. *Mar. Biol.*, **60**, 189-200.
- 8) 小澤貴和 (1994): ウナギ産卵場周辺海域の仔魚. 月刊海洋, **26**, 312-315.
- 9) Niass F. and T. Ozawa (2001): Larval fish assemblage around the spawning ground of Japanese eel. *Pakistan J. Biol. Sci.*, **4**, 621-627.
- 10) Field J. G., K. R. Clarke, and R. M. Warwick (1982): A practical strategy for analysing multispecies distribution patterns. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **8**, 37-52.
- 11) Hare J. A., M. P. Fahay, and R. K. Cowen (2001): Springtime ichthyoplankton of the slope region off the north-eastern United States of America: larval assemblages, relation to hydrography and implications for larval transport. *Fish. Oceanogr.*, **10**, 164-192.
- 12) Somarakis S., P. Drakopoulos, and V. Filippou (2002): Distribution and abundance of larval fish in the northern Aegean Sea-eastern Mediterranean in relation to early summer oceanographic conditions. *J. Plankton Res.*, **24**, 339-357.
- 13) Neira F. J. and M. I. Sporcic (2002): Use of ichthyoplankton ecology to evaluate ecosystem changes: a case study in a large, semi-enclosed Australian bay. *Mar. Freshwater Res.*, **53**, 339-354.
- 14) Tzeng W.N., Y.-T. Wang, and C.-W. Chang (2002): Spatial and temporal variations of the estuarine larval community on the west coast of Taiwan. *Mar. Freshwater Res.*, **53**, 419-430.
- 15) 中坊徹次 (編) (2000): "日本産魚類検索: 全種の同定", 第二版, pp. 1-1748 (東海大学出版会, 東京)
- 16) Parin N. V. (1971): 表層魚類の一般的特徴. "太平洋の魚類" (阿部宗明, 崎浦治之, 油橋重遠, 小山讓訳). ソ連科学アカデミー海洋学研究所 (編), pp. 19-32 (ラテイス社, 東京)
- 17) 田中豊, 垂水共之 (編) (1995): "Windows版統計解析ハンドブック多変量解析", pp. 1-240 (共立出版株式会社, 東京)
- 18) 森下正明 (1996): 種多様性指数値に対するサンプルの大きさの影響. 日本生態学会誌, **46**, 269-289.
- 19) Ozawa T. (1986): Early life history of the family Myctophidae in the ocean off southern Japan. "Studies on the oceanic ichthyoplankton in the western North Pacific" (ed. by T. Ozawa), pp. 114-188, Kyushu University Press, Fukuoka.
- 20) Nishimura M. and K. Ohwada (eds) (2003): CTD data. "Preliminary Report of the R / V Hakuho Maru Cruise KH-00-1", pp.60-71, Ocean Research Institute, The University of Tokyo.
- 21) Sverdrup H. U., M. W. Johnson, and R. H. Fleming (1961): The water masses and currents of the oceans. "The Oceans" (Modern Asia Edition), pp. 605-761, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J., Charles

- E. Tuttle Company, Tokyo.
- 22) Gjosaeter J. and K. Kawaguchi (1980): A review of the world resources of mesopelagic fish. *FAO Fisheries Technical Paper*, No. 193, 1-151.
 - 23) Kawamiya M. (1997): Mechanisms of the seasonal variation of Chlorophyll in the North Pacific: A study using an ecosystem model embedded in an ocean general circulation model. *CCSR Rep.*, No. 7, 1-123.
 - 24) Longhurst A. (1995): Seasonal cycles of pelagic production and consumption. *Prog. Oceanog.*, **36**, 77-167.
 - 25) Backus R. H. (1986): Biogeographic boundaries in the open ocean. "Pelagic biogeography" (ed. by A. C. Pierrot-Bults, S. van der Spoel, B. J. Zahuranec, and R. K. Johnson). pp. 9-13. *Unesco technical papers in marine science*, Vol. 49.
 - 26) Clarke T. A. (1987): The distribution of vertically migrating fishes across the central Equatorial Pacific. *Biol. Oceanog.*, **4**, 47-81.