

紀伊水道およびその周辺海域における海域特性に応じた魚卵・稚子の群集構成

堀 木 信 男

(1991年5月15日受付)

Community Composition of Fish Eggs and Larvae in the Kii Channel and Adjacent Waters in Relation to Oceanographic Characteristics

Nobuo Horiki*

The community compositions of fish eggs and larvae occurring in the Kii Channel and adjacent waters were studied in relation to seasonal changes in the characteristics of sea areas. Analyses of similarity index indicated that the community composition of fish eggs and larvae were different between the inner part of the channel and the open sea, especially notably in winter. Thus the waters studied could be divided into three sea areas, the inner and outer sea areas and the boundary zone. The last named was usually observed at the entrance of the channel, with some degree of seasonal fluctuation in location and development. These results corresponded well with the seasonal characteristics of local oceanography such as the location and strength of the front, and the degree of sea water exchange through the Kii Channel.

海洋における魚卵・稚子の分布生態に関する研究は、近年非常にめざましいものがあり、数多くの報告がなされている。これらの報告の多くは、主として水産上重要な魚種を中心に、種ごとの分布生態を取り扱ったものであり、魚卵・稚子を魚類プランクトン群集として取り扱ったものは平野ら¹⁾の河口域に出現する稚子の報告のほかはあまり見当たらない。

本論文は紀伊水道およびその周辺海域において㊦A網で採集された魚卵・稚子群集を類似度指数をつかって解析し、海況の季節変動との関係について検討したものである。

材料および方法

紀伊水道から熊野灘に至る和歌山県沿岸海域での「浅海・沿岸定線観測」のための36定点のうち12定点 (Fig. 1) において、1967年4月から1980年3月まで毎月1回、総計1,616回の魚卵・稚子の採集を行った。採集方法は、㊦A網 (口径1.3 m, 側長4.5 m-側長前部3 mは4×4×200 Kのモジ網, 後部1.5 mはNGG 54・網目0.33×0.33 mmの篩布で構成した網) を用い、船速約2ノットで5分間、表層を水平に網の口枠の1/3が水面上に出よう調節に努めながら曳航した。

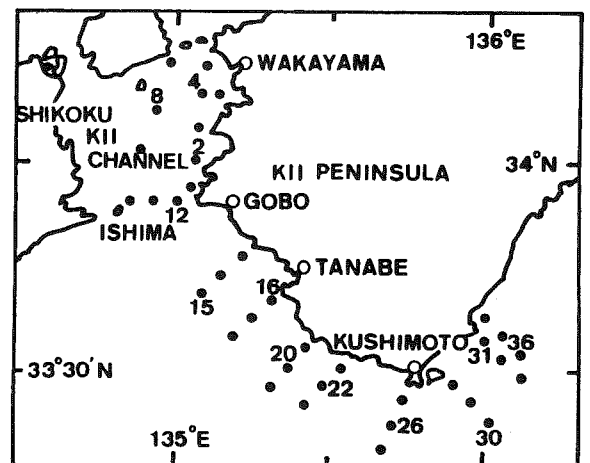


Fig. 1. A map of the Kii Channel and adjacent sea, showing the placement of 36 fixed stations for coastal sea observations by the Wakayama Prefectural Fisheries Experimental Station. Collections with fish larva nets were made at the 12 stations for which the station numbers are given.

このようにして得られた各定点における魚卵・稚子の種組成をその定点の群集とみなし、各定点群集間での類似性を検討するために、木元²⁾の類似度指数 C_H ($C_H =$

* 和歌山県水産試験場 (Wakayama Prefectural Fisheries Experimental Station, Kushimoto, Wakayama 649-35, Japan).

Table 1. List of fish species used for calculation of similarity indices

Species	Number of individuals	Main season	Main sea area		
			Inner sea	Boundary zone	Outer sea
Eggs					
<i>Scomber Spp</i>	115,533	Spring		○	○
<i>Engraulis japonicus</i>	61,364	Spring-summer	○	○	○
<i>Saurida elongata</i>	31,592	Spring-summer	○	○	
<i>Trichiurus lepturus</i>	19,591	Spring-summer		○	○
<i>Sardinops melanostictus</i>	13,338	Winter-spring		○	○
<i>Etrumeus teres</i>	4,053	Winter-spring		○	○
<i>Lateolabrax japonicus</i>	2,858	Winter	○	○	
<i>Coryphaena hippurus</i>	2,155	Summer			○
<i>Chauliodus sloani</i>	654	Winter-spring			○
<i>Uranoscopus japonicus</i>	482	Summer-fall		○	○
Total	251,620				
Larvae					
<i>Engraulis japonicus</i>	21,165	Spring-summer	○	○	○
<i>Gonorkynchus abbreviatus</i>	8,956	Summer-fall			○
<i>Upeneus bensasi</i>	7,015	Summer-fall		○	○
<i>Rhyncopelatus oxyrhynchus</i>	2,284	Summer-fall			○
<i>Hexagrammos otakii</i>	2,251	Winter	○	○	
<i>Labracoglossa argentiventris</i>	1,493	Fall-winter		○	○
<i>Rudarius ercodes</i>	1,488	Summer-fall	○	○	
<i>Pictiblennius yatabei</i>	1,310	Summer	○	○	
<i>Sardinops melanostictus</i>	1,105	Winter-spring		○	○
<i>Cololabis saira</i>	1,098	Winter-spring			○
<i>Macrorhamphosus scolopax</i>	997	Winter			○
<i>Stephanolepis c irrhifer</i>	997	Summer-fall	○	○	
<i>Girella punctata</i>	970	Winter-spring			○
<i>Kyphosus cinerascens</i>	896	Summer-fall		○	○
<i>Sillago japonica</i>	868	Summer-fall	○	○	
<i>Thamnaconus modestus</i>	802	Spring-summer	○	○	
<i>Mugil cephalus cephalus</i>	638	Fall-winter			○
<i>Goniistius zonatus</i>	601	Fall-winter		○	○
<i>Petroscirtes breviceps</i>	570	Summer-fall	○	○	
<i>Trachurus japonicus</i>	497	Spring-summer		○	○
<i>Seriola quinqueradiata</i>	341	Spring-summer			○
<i>Scomber spp</i>	333	Spring			
<i>Abudefduf vaigiensis</i>	301	Summer-fall			○
<i>Coryphaena hippurus</i>	206	Summer			○
<i>Seriola dumerili</i>	183	Summer-fall			○
<i>Lagocephalus lunaris spadiceus</i>	150	Summer-fall			○
Total	57,515				

Total number of eggs and larvae collected during the study period by species together with the main season and area of occurrence are also shown.

$2 \sum_{i=1}^S n_{1i} \cdot n_{2i} / (\sum \Pi_1^2 + \sum \Pi_2^2) N_1 \cdot N_2$ を用いた。

なお、水温・塩分の資料は上記の 36 定点において同時に得たものを用いた。

結果および考察

類似度指数からみた魚卵・稚仔の群集構成 紀伊水道およびその周辺海域に出現する魚卵は 4 月に最も多く、

9~2 月にかけては少ない。この 4 月を中心にして 3~5 月を春季、更に、6~8 月を夏季、9~11 月を秋季、12~2 月を冬季として、各定点における毎年の魚種別採集個体数を各季節毎に集計し、魚卵と稚仔のそれぞれについて、定点相互間の類似度指数を求めた。

類似度計算に用いた魚卵・稚仔は、Table 1 に示したように魚卵が 10 種類で総個体数 251,620 粒、稚仔が 26 種類で総個体数 57,515 尾である。

魚卵・稚仔の群集構成

Table 2. Percentage incidence of high (0.9 or higher) similarity index, Kimoto's C_{II} , for each combination of sampling stations and by seasons

(1) Spring

	St. 2	4	8	12	15	16	20	22	26	30	31	36
St. 2		38	46	31	8	23	15	17			8	15
4	8		54	38		8	15	8			15	
8	8	8		46		8	8	17			23	
12	8	15	8		15	8	23	8	8		23	
15		8		8		23	23	17	8	8		23
16					8		23	17	8	8	15	31
20		15		8	8			17	8	23	15	15
22					8	8	8		17	17	8	33
26					8				17	5	17	17
30		8		8	8		8		8		15	31
31		8		8	8		8	17				
36		15		23	15		15	8	8	15	8	

(2) Summer

	St. 2	4	8	12	15	16	20	22	26	30	31	36
St. 2		46	77	38	8	31	15	15	23		23	15
4	15		38	38		31	23	8	8		23	8
8	8	8		38	8	15	8	8	15		8	15
12	8		8			8	8	8	8		15	8
15						23	15	23	23	15	8	8
16			8	15	8		38	38	46	15	38	23
20				8	8	8		23	31	23	23	
22				8	15	15	23		38	8	15	
26	8			8	8	8	8	23		23	15	8
30	8	8	8	8	15	15	8	15	8			15
31	8	8			15	8	8	8	8	15		31
36					8				8	23	15	

(3) Fall

	St. 2	4	8	12	15	16	20	22	26	30	31	36
St. 2		15	15	31		15		15	8	23	15	15
4			15	23		8		8		15	8	15
8	8	8		23		8		15	8	8	8	8
12	8		8			15		15	8	15	31	23
15	8					8	8	23	23	31	15	15
16				8	8		15	15	15	23	31	15
20				23	8	8			8		15	8
22				15	8	31	8		23	38	15	15
26				8	23	8	15	31		23	15	8
30				8	8	15	23	15	15		15	23
31				8	23		8			8		31
36					8	15		23	15	15	8	

(4) Winter

	St. 2	4	8	12	15	16	20	22	26	30	31	36
St. 2		15	8	38	8	8	8	8			8	
4	69		46	15	17	8	8	17	17	8	8	15
8	62	77		8	8		8	8		15		15
12	46	38	38		17	17	8	17			8	
15	25	8	8	17		17	17	33	8	8	8	8
16				8	17		33	8			8	
20	8		8	8	17	8		8			8	
22					17	8	17		8	8	8	8
26					8		8	17	8	8	8	25
30							8	8			8	15
31					8		8	8	17			15
36					17			17		23	8	

The values in right-top of each box are for eggs and those in left-bottom for larvae. Incidences exceeding 50% are shown in boldface, and those between 35 and 50% italicized while the blanks show non-occurrence of such high similarity.

調査期間 13 年のうち、季節毎に定点相互間の類似度指数が 0.9 以上であった年の出現割合 (百分率) を計算して Table 2 に示した。なお、以後上述の出現割合を高類似度百分率と呼ぶ。

魚卵 春季と夏季は紀伊水道域の定点 (St. 2・4・8・12) 相互間で、高類似度百分率が高い。その百分率は春季が 31~54%, 夏季が 38~77% であり、春季の St. 4 と St. 8, 夏季の St. 2 と St. 8 では特に高い出現割合を示している。このような紀伊水道域内で高い類似性を示す魚卵・稚仔群集を紀伊水道グループと呼ぶ。これらは春~夏季に出現盛期をもち、紀伊水道域で広く分布するカタクチイワシ *Engraulis japonicus*, トカゲエソ *Saurida elongata* の卵, 紀伊水道入口付近に分布の重心がみられるタチウオ *Trichiurus lepturus* の卵などの出現によるものである。

また、夏季は外海域の定点 (St. 16・20・22・26) 相互間で、23~46% の高類似度百分率を示している。このような外海域で高い類似性を示す魚卵・稚仔群集を外海グループと呼ぶ。これらは外海域に分布の重心がみられるカタクチイワシ (夏季は紀伊水道域と外海域の双方で濃密分布域がみられる),³⁾ シイラ *Coryphaena hippurus*, ミシマオコゼ *Uranoscopus japonicus* の卵などの出現によるものである。

秋季は高類似度百分率が最も低く、わずかに外海域の St. 22 と St. 30 が 38% とやや高い出現割合を示して

いる。また、冬季は紀伊水道グループ (St. 4 と St. 8, St. 2 と St. 12) でそれぞれ 46%, 38% の高類似度百分率を示し、これらは紀伊水道域に分布の重心がみられるスズキ *Lateolabrax japonicus* の卵および紀伊水道入口付近で特に多く出現するウルメイワシ *Etrumeus teres*, マイワシ *Sardinops melanostictus* の卵などの出現によるものである。

稚仔 春季, 夏季および秋季は高類似度百分率が非常に低く, その中でも春季と夏季はきわめて低い。これらは出現種類数が増加することとほとんどの出現種において個体数が少ないことによって, 複数の定点で同時に採集される機会が少なくなり, 高類似度百分率を下けているものと推察される。

冬季は紀伊水道グループ (St. 2・4・8・12) が顕著に認められる。その高類似度百分率は 38~77% であり, St. 2 と St. 4, St. 2 と St. 8, St. 4 と St. 8 では特に高い出現割合を示している。これらは主としてアイナメ *Hexagrammos otakii* の稚仔の出現によるものである。

以上のように魚卵では紀伊水道グループが冬季から夏季にかけてみられ, 特に春・夏季に顕著に認められる。また, 外海グループは夏季にみられるが, 紀伊水道グループほど顕著ではない。稚仔では冬季における紀伊水道グループのみが顕著に認められる。なお, 紀伊水道グループの外海との境界は紀伊水道入口付近に存在する。

紀伊水道における水温・塩分の不連続帯 対象海域に

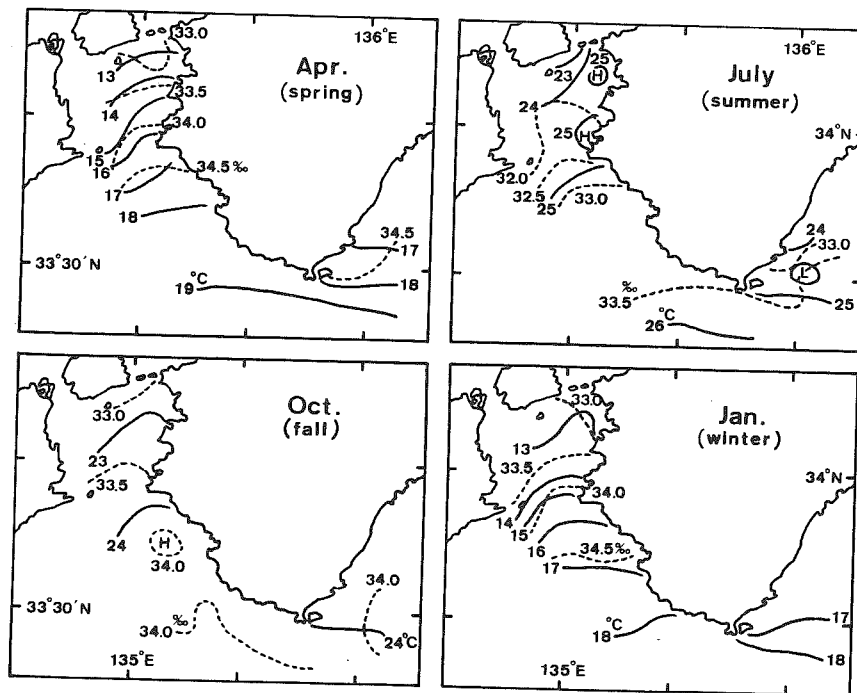


Fig. 2. Isotherms and isosalines in the surface layer of the Kii Channel and adjacent sea by season, averaged out over the years 1967 to 1980. Inflow of open sea water along the Kii Peninsula and outflow of Inland Sea water along the Shikoku coast are recognized through the year.

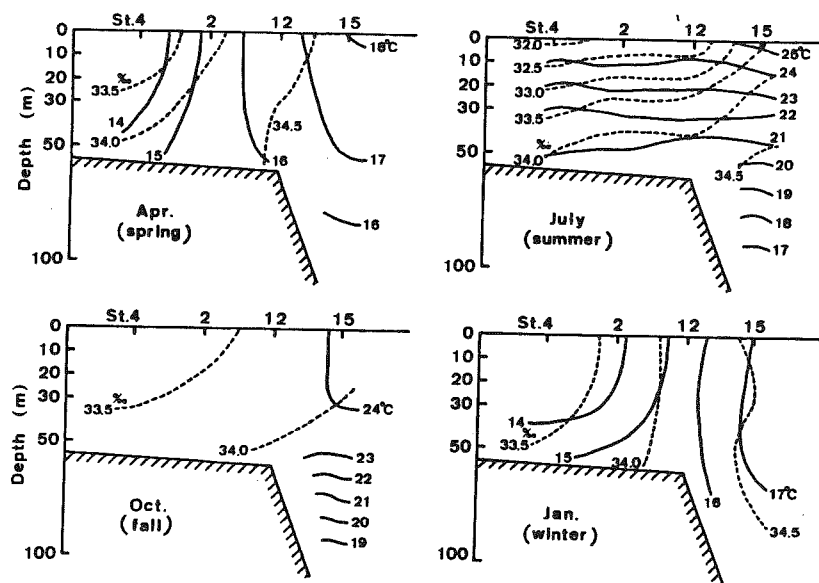


Fig. 3. Seasonal change in vertical distribution of water temperature and salinity along a north-to-east line from the inner Kii Channel towards the open sea, averaged out over the years 1967 to 1980. The stratification in summer and vertical mixing in winter of the water are well demonstrated.

おける 13 年間の平均表面水温・塩分の水平分布 (Fig. 2) によると、四季を通じて高温・高塩分の外海系水は和歌山県寄りに紀伊水道域に流入、北上し、水道域の東半分を広くおおっている。逆に、低水温・低塩分な内海系水は、徳島県沿岸に沿って南下し、伊島沖から外海域へ張り出している。

このように紀伊水道域はこの外海系水と内海系水の 2 つの異なる水塊が複雑に接触、混合する海域であり、両水塊の消長によって紀伊水道域の海況が左右されているといえよう。そして、この両水塊が接触する紀伊水道南部から入口付近にかけて、冬～春季に水温および塩分の断差つまり不連続帯「フロント」が顕著にみられる。⁴⁻⁶⁾

次いで、紀伊水道およびその周辺海域における南北断面の季節別平均水温・塩分の鉛直分布を Fig. 3 に示した。冬～春季の不連続帯は鉛直混合によって底層にまで達している。秋季から冬季にかけては外洋水の紀伊水道域への進入は弱いと市采⁴⁾も述べているように、この不連続帯を横切って両水塊が互いに入出入りすることはほとんどないものと推定される。また、夏～秋季 (特に夏季) は成層の発達が見られ、低塩分の内海系水は紀伊水道外域へ張り出し、それを補うように高水温の外海系水は紀伊水道域へ流入して両水塊の水平混合が盛んにおこなわれているものと推定される。

更に、この不連続帯の季節的消長をみるため、紀伊水道北部域の St. 4 とそこから 31 マイル南に位置する紀伊水道外域の St. 15 へかけての表面水温・塩分の水平勾配を検討した (Fig. 4)。

年間を通じて水温・塩分ともに常に、St. 15 が St. 4

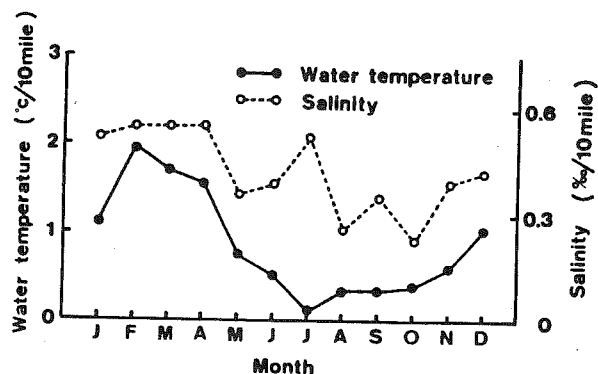


Fig. 4. Seasonal change in horizontal inclinations of surface water temperature and salinity between the inner Kii Channel (St. 4) and the outside of the channel (St. 15), averaged out over the years 1967 to 1980. Both temperature and salinity were always higher outside.

よりも高い。両定点間の水温差は 12~4 月 (冬～春季) の間が 1.04~1.96°C/10 mile で大きく、その他の月は 0.12~0.76°C/10 mile で比較的小さい。また、塩分差の季節変化も水温差のそれとよく対応しているが、その中で 7 月の塩分差が 0.52‰/10 mile と大きいのは主として梅雨期の河川水の影響により、紀伊水道北部域が低塩分となるためである。このように内海系水と外海系水との水温および塩分の差が大きい、すなわち、水温および塩分の不連続帯が顕著なのは冬～春季であり、夏～秋季にはこれらの不連続帯はあまり発達しない。このことは市采⁴⁾、吉岡⁵⁾、竹内⁶⁾も述べている。

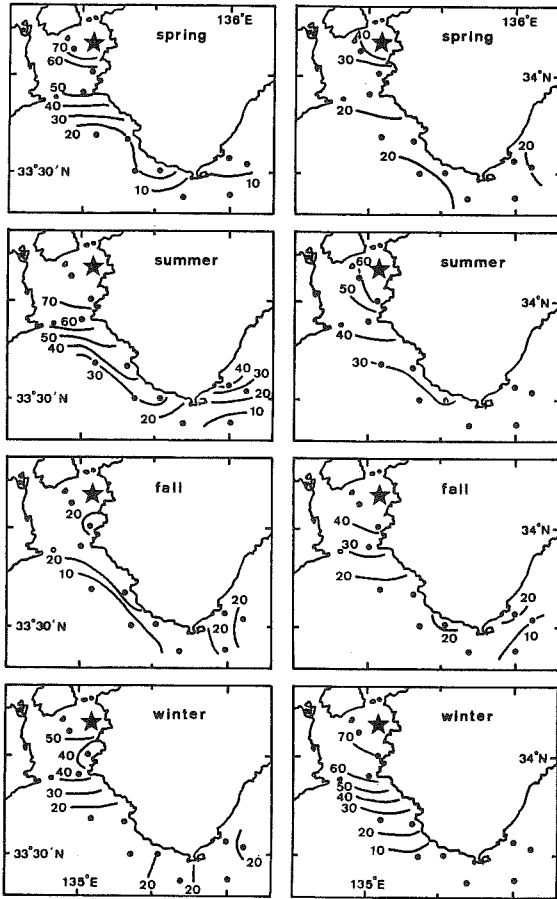


Fig. 5. Distribution of similarity indices ($\times 100$) between St. 4 (designated by the star) and each of the other sampling stations by season, averaged out over the years 1967 to 1980. The left row is for eggs, and the right row for larvae.

魚卵・稚仔の群集構成と海況の季節変動との関係 魚卵・稚仔の定点相互間の類似度指数の検討結果、冬季から夏季にかけて紀伊水道グループ（紀伊水道固有の魚卵・稚仔群集）が顕著にみられ、それらの外海との境界は紀伊水道入口付近に存在することが明らかになった。また、紀伊水道およびその周辺海域における水温・塩分の季節変動などから冬～春季に内海系水と外海系水との両水塊による不連続帯が紀伊水道入口付近で顕著に出現することを明らかにした。これらの2事象間に対応関係が想定されることから、魚卵・稚仔の定点相互間の類似度指数によって、季節毎の内海系水ならびに外海系水の勢力の消長をみるため、内海系水域、外海系水域の代表定点としてそれぞれ St. 4, St. 26 を選び、これらと他の定点間の毎年の類似度指数を13年間について平均し、Fig. 5, Fig. 6 に示した。

まず、内海系水域の St. 4 を基準としてみると、魚卵では春・夏季には紀伊水道域内で類似性が非常に高く、秋季には最も低く、そして冬季には再び高くなってい

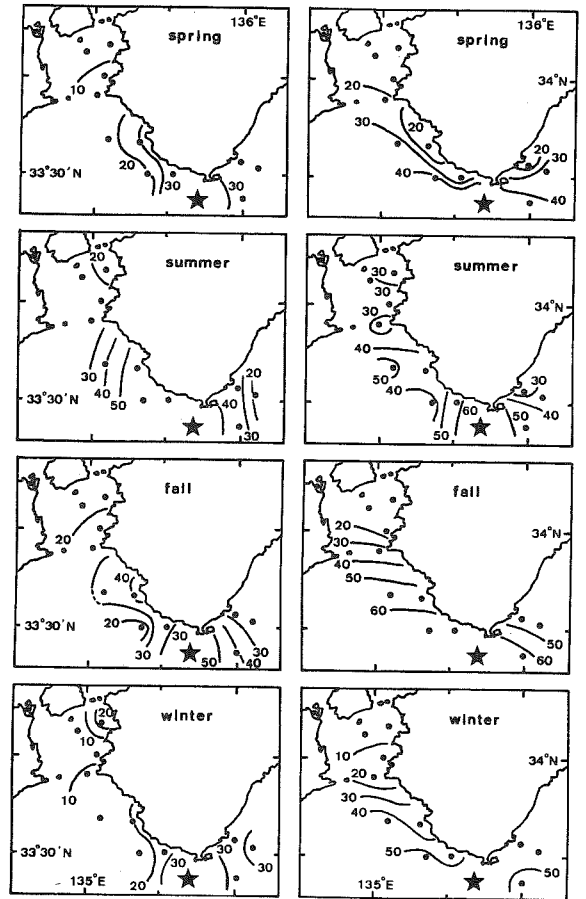


Fig. 6. Distribution of similarity indices ($\times 100$) between St. 26 (designated by the star) and each of the other sampling stations by season, averaged out over the years 1967 to 1980. The left row is for eggs, and the right row for larvae.

る。紀伊水道域内での類似性が高い冬季、春季および夏季には入口付近での不連続帯が顕著にみられる。また、稚仔では紀伊水道域内の類似性は冬季に最も高く、次いで夏季、秋季、春季の順である。なお、冬季には紀伊水道入口付近に顕著な不連続帯が存在している。

内海系水の St. 4 と紀伊水道外域 (St. 15, 16, 20, 22) との類似性は魚卵・稚仔共に夏季が最も高く、春季、秋季および冬季は低い。このことは内海系水の紀伊水道外域への張り出しが夏季に最も強いことを示唆しているものと推察される。

次に、外海系水域の St. 26 を基準としてみると、類似性は魚卵・稚仔共に St. 26 から遠ざかるにしたがって徐々に低くなり、このことは特に稚仔で顕著にみられる。また、紀伊水道域内における類似性は、魚卵では冬・春季より夏・秋季の方が高く、稚仔では冬季が最も低く、次いで春季、秋季で、夏季が最も高い。

以上のように魚卵・稚仔の定点相互間の類似度指数から内海系水および外海系水の勢力の消長を考察すると、

冬～夏季（特に冬季）に両水塊による不連続帯が紀伊水道入口付近で顕著に出現する。また、内海系水の紀伊水道外域への張り出しあるいは外海系水の紀伊水道域への流入は夏季に最も強いものと推察される。このように紀伊水道およびその周辺海域における魚卵・稚仔の群集構成は海域特性と非常によく対応している。

謝 辞

本報告をまとめるにあたり、あたたかい御指導、御教示と原稿の御校閲を賜った長崎大学教授千田哲資博士、水産庁養殖研究所前大村支所長上田和夫博士に心から厚くお礼申し上げます。また、コンピューターによる計算業務を遂行して頂いた和歌山県水産試験場芳養晴雄主査研究員、困難な海洋観測（魚卵・稚仔採集作業）に従事された同水産試験場調査船「きい」、「わかやま」の調査員ならびに乗組員の方々に深謝する。

文 献

- 1) 平野克己, 酒井 豊, 赤崎正人: 加江田川河口域に出現する仔稚魚の生態. 水産増殖, 37, 289-296 (1989).
- 2) 木元新作: 動物群集研究法 I, 多様性と種類組成, 共立出版株式会社, 東京, 1978, pp. 136-139.
- 3) 堀木信男: 和歌山県沿岸海域におけるカタクチイワシ卵および稚仔の分布について. 昭和 46 年度和歌山水試報告, 209-232 (1972).
- 4) 市栄 誉: 紀伊水道の海況 (1951 年). 海洋報告, 2, 253-278 (1952).
- 5) 吉岡 洋: 冬期紀伊水道に発生する Oceanic front について (1). 海と空, 46, 31-44 (1971).
- 6) 竹内淳一: 1984 年冬・春季の紀伊水道における異常冷水現象について. 南西海区ブロック海洋研究会報告, 2, 9-26 (1985).