

太平洋側と日本海側の沿岸多獲性浮魚類の 巨視的漁況と主産卵場の海況との関連

川合英夫*

Macroscopic Fishing-Conditions of Major Pelagic Fish on the Pacific and Japan Sea Coasts Related to the Hydrography of Main Spawning-Grounds

Hideo KAWAI*

Abstract

Kawai (1993) classified the catch-center disposition type for major coastal pelagic fish around Japan. This paper characterizes fishing conditions for these types by using R (correlation coefficient) and t (normalized mean log difference) between yearly catches on the Pacific (+ the Seto Inland and Okhotsk Seas) and Japan Sea (+ the East China Sea) coasts. The *two-sided center type* (sardine, chub mackerel and herring) has each catch-center simultaneously on both sides of the Pacific and Japan Sea coasts with small $|t|$ and large positive R . The *one-sided center type* (anchovy, jack mackerel and Pacific saury) has a catch-center on either side of the two coasts with large $|t|$ and small positive R . The *alternately shifting center type* (yellowtail) has a catch-center on either side of the two coasts interchanging in several years with negative R . The *indefinite center type* (flying squid) is characterized by changing $|t|$. Main spawning grounds for each *one-sided center type* fish under an unique hydrography are located on one side, consequently causing the maldistribution of their catch. Life history parameters are compared among species to interpret ecologically the classification of catch-center disposition types.

1. はじめに

前報(川合, 1993)では, 日本沿岸多獲性浮魚類8種について, 対数漁獲量の分布動態を巨視的に捉えるとともに, 漁獲中心区の配置型を次の4型に分類した。①日本列島の太平洋側沿岸域(+瀬戸内海+オホーツク海; P海域と略称)と日本海側沿岸域(+東シナ海; J海域と略称)の両海域に漁獲中心区が共存する両側中心型(マイワシ・マサバ・ニシン), ②P, J何れかの海域に漁獲中心区が偏在する片側中心型(カタクチイワシ・マアジ・サンマ), ③P, J何れかの海域に数年おきに交代して漁獲中心区が現れる交代中心型(ブリ), ④漁獲中心区の配置型が年代により変わり,

上記何れの型にも属さない不定中心型(スルメイカ)

本報では, P海域とJ海域での魚種別漁獲量の巨視的経年変動・両海域間の相関係数と標準化平均差を検討し, 上述の漁獲中心区配置型に対応する漁況特性を明確にするとともに, こうした際だった配置型をもたらす主要因として, ①各魚種の主産卵場の海況特性と, 卵仔稚を輸送する海流系に対して占める位置, ②生活史特性値の相違などについて論議する。

2. 両海域間の漁獲量相関係数と標準化平均差

前報同様, 農林統計に掲載の1951-90年の魚種別海区域別漁獲量を用いた。ただしスルメイカについては, 農林統計が属人的となった1964年以降の分は, P海域の漁船のJ海域への出漁が多いため, 笠原(私信)が推定したP, J海域別の漁獲量(以後, 属地統計値と

1995年5月1日受理

* 京都府城陽市久世芝ヶ原131-81. 131-81 Kuse-Shibagahara, Joyo, Kyoto Pref. 610-01, Japan.

よぶ)を用いた。P海域(実線)とJ海域(点線)での魚種別漁獲量の経年変動(Fig. 1)を見ると、両海域間の漁獲量差が経年変動の大きさに比べ、両側中心型では小さく、片側中心型では大きいことが分かる。交代中心型の漁獲量は両海域間で逆位相で変動し、不定中心型では属地統計(太線)と属人統計(細線)の差が大きく、属地統計では1970年ころを境として、両海域の漁獲量の順位が交代している。また、P海域(横軸)とJ海域(縦軸)漁獲量の相関(Fig. 2)は、両側中心型で高く片側中心型で低く、交代中心型や不定中心型(実線の属地統計)で負の傾向が見られる。

前報と上記各図に現れた漁獲中心区配置型に対応する漁況特性を明示するため、P、J両海域での年漁獲量の和(C_P+C_J)の平均値 S 、両海域間での漁獲量差(C_P-C_J)の平均値 D 、両海域間での対数漁獲量差($\log C_P-\log C_J$)の平均値 LD 、 LD の標準化量 $t=LD/sd$ 、両海域間の漁獲量の相関係数 R の5統計量を、Table 1に掲載した。ここに sd は LD の標準誤差で、 LD の不偏分散を集計年数 $n=40$ で割った商の平方根である。ただし不定中心型では、40年間を2分割して R と t を求めた。

期間を分割せずに比べると、単なる漁獲量差の平均値 $|D|$ は、8種のうち全国漁獲量平均値 S が最大のマイワシで最高、 S が最小のブリで最低となる。しかし、対数漁獲量差の平均値 $|LD|$ は、サンマ・ニシン・マアジ……マサバ・スルメイカの順に小さくなる。さらに、 $|LD|$ を標準化した $|t|$ は、サンマで最高、スルメイカで最低となる。つまり、マイワシでは D とともに D の分散も大きいため、単純平均差 D がさほど意味をもたないことになる。また、対数を用いた LD は、漁獲量が低く属人統計に起因する相対変動が大きいニシンでは、無意味な変動を誇張してしまう。こうした理由から以下の考察では、 LD を標準化した t と R を用いることにする。なお、 $t(39, 0.01)=2.71$ だから、マイワシ($t=1.5$)とスルメイカ($t=-0.6$)以外の LD は、すべて危険率1%で有意であるが、ここで問題とする基準は、両海域間の漁獲量順位の交代の有無に対応するような大きな LD である。

Table 1の各魚種の(R , $|t|$)の値をFig.3の座標面上にプロットし、Fig.1, Fig.2と比べた結果、前報で対数漁獲量の海区一年分布図上の等値線パターンによって分類された漁獲中心区の4配置型は、次のよ

Table 1. Characteristic parameters of catch statistics (1951-90) and life history for the major coastal pelagic fish around Japan.

Species	S (kiloton)	D	LD	t	R	Lifespan (year)	Fecundity (1000)	Max. body length (cm)
(1) Two-Sided Center Type								
Sardine	1276	395	0.14	1.5	0.95	8	50-120	23
Chub mackerel	742	115	0.11	3.1	0.69	8-10	450-1000	48
Herring	56	20	1.27	6.9	0.71	9-15	35-100	35
(2) One-Sided Center Type								
Anchovy	288	151	0.52	16.0	0.27	2-3	1-10	15
Jack mackerel	237	-141	-0.54	-15.4	0.57	4-6	50-500	39
Pacific saury	269	251	1.49	25.2	0.04	2-3	6-50	33
(3) Alternately Shifting Center Type								
Yellowtail	44	-12	-0.26	-7.2	-0.37	7-15	600-3000	100
(4) Indefinite Center Type								
Flying squid	348	55	-0.07	-0.6	-0.59	1	200	25*
		(1951-69)		22.4	0.55			
		(1970-90)		-9.4	0.42			

S is the mean total yearly catch. D and R are the mean difference and the correlation coefficient, respectively, between yearly catches on the Pacific and Japan Sea coasts. LD is the mean difference in log catch.

$t=LD/(\text{standard deviation of } LD)$. Minus signs mean the Japan Sea side catch is greater than the Pacific.

* the mantle length.

沿岸多獲性浮魚類の巨視的漁況と主産卵場の海況

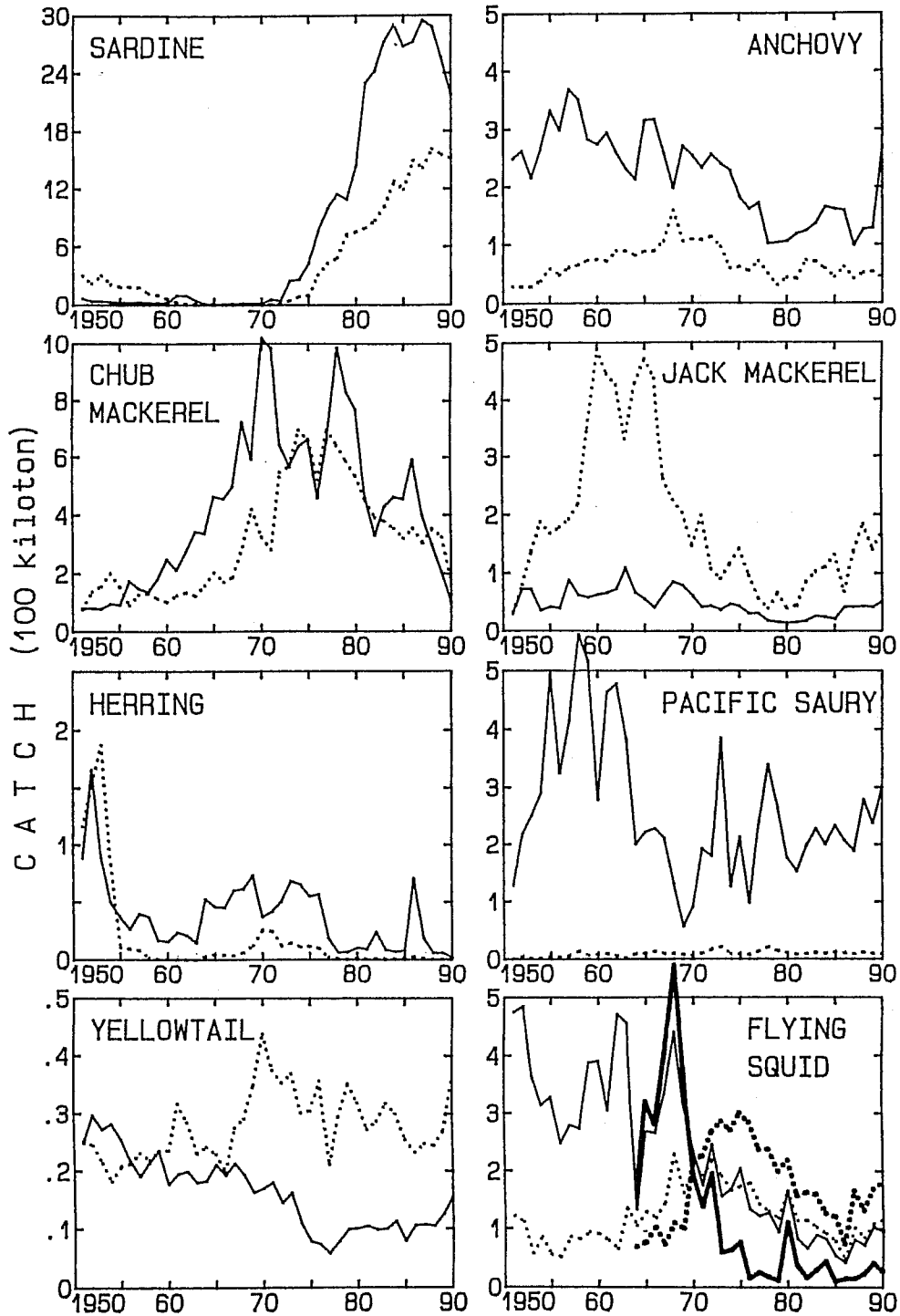


Fig. 1. Annual change in catches of major pelagic fish on the Pacific (solid lines) and Japan Sea (dotted lines) coasts. Thick lines for flying squid are based on the statistics by landing areas.

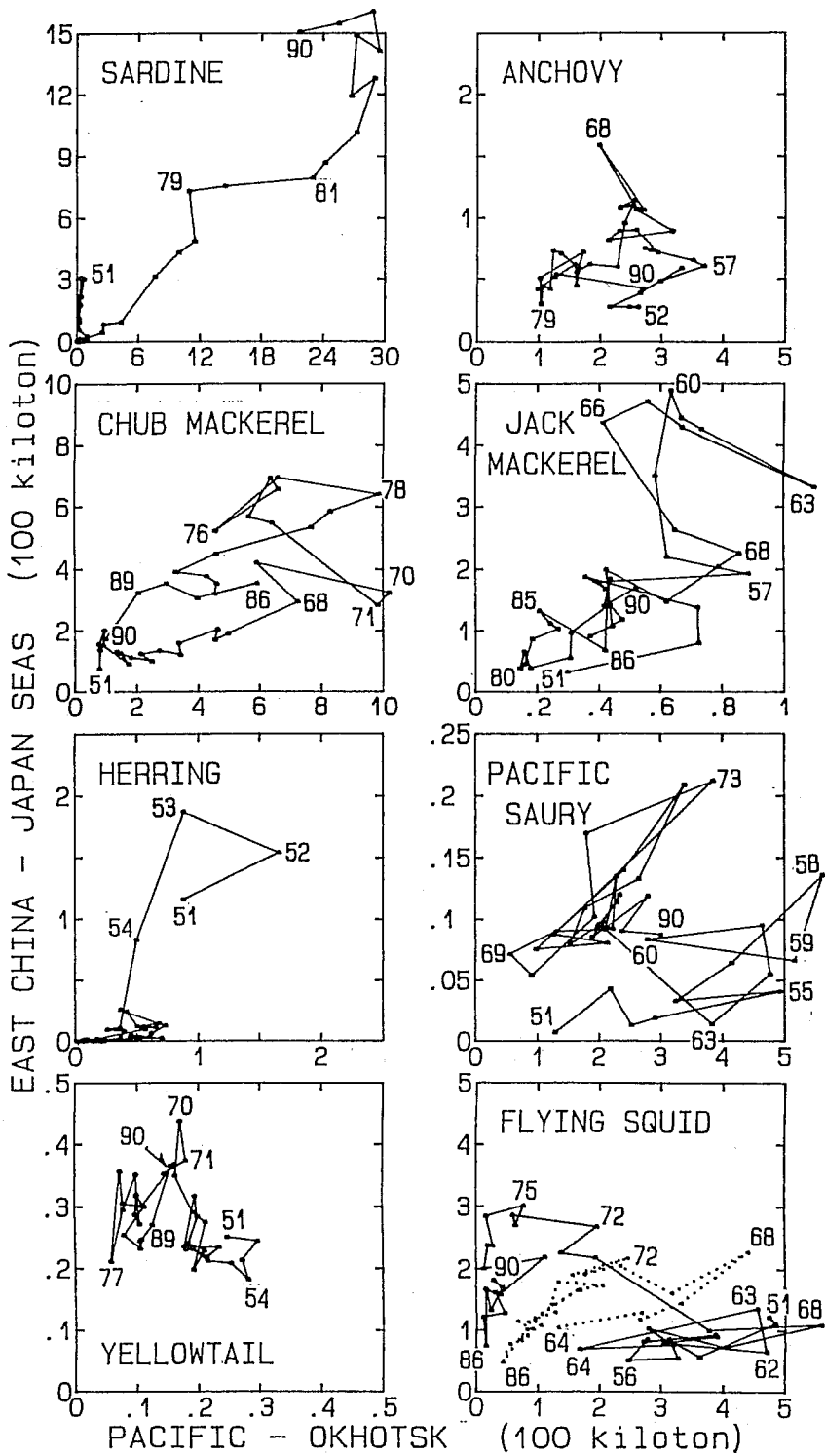


Fig. 2. Correlation between yearly catches of major pelagic fish on the Pacific and Japan Sea coasts. Dotted lines for flying squid are not based on the statistics by landing areas.

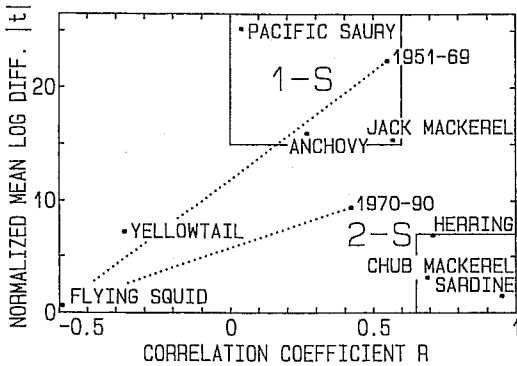


Fig. 3. Classification of catch-center disposition types by R and $|t|$ between yearly catches on the Pacific and Japan Sea coasts. Dots marked with years are based on R and $|t|$ for the divided periods in Table 1.

うな巨視的漁況特性をもつことが分かった。

2-1. 両側中心型 ($|t| < 7, R > 0.65$, Fig. 3の2-S)
 漁獲量の経年変動 (Fig. 1) を見ると, $|t|$ の小さいこの型ではP, J両海域間の漁獲量差が小さく, かつ漁獲量順位の交代が起きるのに対し, $|t|$ の大きい片側中心型では両海域間の漁獲量差が大きく, かつ順位の交代も皆無である。こうした両側中心型の漁獲量変動は, 両海域へ魚群量が同程度に來遊した結果, 生じたことは言うまでもない。

漁獲量相関図 (Fig. 2) を見ると, マイワシでは1950年代に一時的にJ海域の漁獲量がP海域の数倍となる回帰を示すものの, 大局的には40年間, 同一回帰帯内に納まっている。これに対しマサバでは, 両海域それぞれの漁獲量が増すにつれ, 放射状に広がる回帰を示している。またニシンでは1950年代半ば以降は長期間不漁であるため, 回帰の特性が明示されず, 既往の漁場別漁獲資料で R の有意性を再確認する必要がある。戦後に激減したニシンの漁獲量は, 戦前ではかなり高く, 両側中心型の魚種には, 漁獲量の長期変動の振幅が極めて大きいという漁況特性が見られる。

2-2. 片側中心型 ($|t| > 15, 0.6 > R > 0$, Fig. 3の1-S)

この型の魚種では $LD > 0.5$ であり, $\log 3 = 0.5$ だから, 両海域の漁獲量比が3倍以上になる。両側中心型に比べ大きな $|t|$ と小さい R は, P, J何れかの海域に來遊する魚群量が極めて多く, 漁獲中心区の常時偏在を表している。

カタクチマイワシがFig.2で示す1958年ころを境とし

た回帰の変化は, Fig. 1では1958年以前は両海域の漁獲量は, 大差を維持しながら共に増大傾向にあったのに対し, 1959年以後はその差も減少し, 変動傾向に差異が現れたことを反映した結果であるが, 両海域間の漁獲量差は歴然としている。マアジは, Fig. 2ではマサバと似た放射状の正の回帰を示し, Fig. 1では両海域間の漁獲量差は明瞭である。サンマは, Fig. 2では1963年以前はほぼ正の回帰を, 1964年以後もJ海域の割合が高い別の正の回帰を示している。Fig. 1に見られる桁違いの漁獲量差は, Table 1の大きな t に反映されている。

2-3. 交代中心型 ($R < 0$)

この型のブリは, Table 1では小さな $|t|$ ($=7.2$)と負の R ($=-0.37$)で特徴づけられる。Fig. 1では, 1973年以前は両海域の漁獲量が数年おきに交互に逆向きに増減し, 前報Fig. 2gでの漁獲中心区の交替的出現を反映しているが, 1974年以後はP海域の漁獲量が落ちこみ, J海域の漁獲量をかなり下回る変動を示している。Fig. 2でも, 1973年以前の両海域の漁獲量は同程度だが, 負の相関が見られる。

2-4. 不定中心型 (前半期と後半期で t が急変)

この型のスルメイカ漁獲量の属地統計 (Fig. 2, 実線) は, 1969年以前と1970年以後とで, 回帰の大きな変化を示している。これに合わせて期間を分割し t と R を求めると (Table 1), t は22.4から-9.4に急変しているが, R は0.55から0.42へとあまり変わらず, 前報で述べた属人統計による片側中心型から両側中心型への変化は, 属地統計ではさほど明らかではない。しかし1969年以前の片側中心型は確実で, 大和堆漁場の未開発が主因と考えられる。

以上のように, P海域に対するJ海域の漁獲量の回帰係数は, 両側中心型の魚種では経年的にさほど変動せず正の値を示すが, それ以外の型の多くの魚種では経年変動が大きく, 値のみならず符号も異なることがあるため, 全期間の R の値も変わってしまう。

3. 主産卵場の海洋構造と水塊特性

統計量 $|t|$ と R とで明確化されたように, 各漁獲中心区の配置型は際だった漁況特性をもっている。こうした配置型をもたらす主要因と見なされる, 各魚種の主産卵場の海洋構造, 水塊特性, 卵仔稚を輸送する海流系に対し占める位置などについて論議する。

(1) マイワシ: 主産卵場はP海域 (関東~伊豆沖・紀南~薩南海域) とJ海域 (能登沖・西部山陰~九州

西方沖)にあり(伊東, 1991), 何れも沿岸の混乱水域に属し, 海洋構造も水塊特性も類似している。資源豊度が高い時期の産卵場は, 沿岸混乱水域内に限らず, 九州・四国沖の黒潮前線以南にまで拡大することもあった。産卵盛期はP海域で2-4月, J海域で3-5月と何れも低水温期にある。

(2) マサバ: 主産卵場はP海域(関東~東海道東部沖・四国~九州東方沖)とJ海域(越佐~能登沖・済州島周辺・九州西方沖・東シナ海陸棚縁辺の28°N以北)にある(渡部, 1970; 水産庁調査研究部, 1973)。これらはやはり沿岸混乱水域に属し, 海洋構造も水塊特性も類似している。産卵盛期はP海域で3-5月, 東シナ海で2-5月, 越佐~能登沖で5-7月である。

(3) ニシン: 1950年代半ば以前の北海道春ニシンの主産卵場は, 北海道日本海側とオホーツク海側の接沿岸域で, 産卵期は3-5月であったらしい(相川, 1949)。主産卵場はやはり混乱水域で, 詳しい水塊特性については, 古い資料を探しだして再検討する必要がある。

(4) カタクチイワシ: 資源豊度の低い1978-86年には, 高温, 著しく低塩, 初期餌料(Copepod nauplius)豊富な, 瀬戸内海・太平洋中区の大きな内湾(伊勢湾・三河湾)・外海沿岸が, 卓越した季節別発生群の主産卵場(Fig. 4のAC)となった(東海水研, 1988)。こう

した年代には, 核的な産卵場が浮き彫りにされ, 海況特性が捉えやすくなる。主漁場は主産卵場付近と下流にあたる東北海区近海に形成されている。Fig. 5は, 片側中心型3魚種の主産卵場での月別累年平均水温・

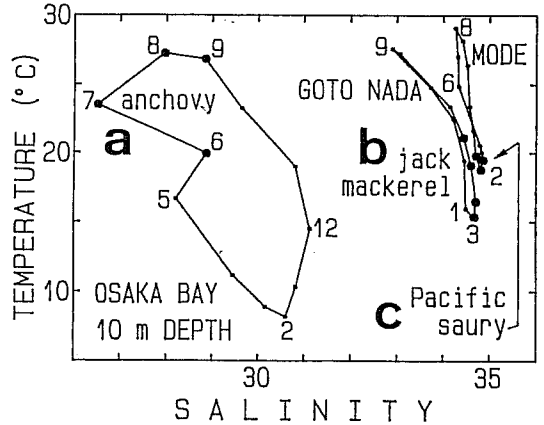


Fig. 5. Unique water characteristics for the main spawning grounds of the *one-sided center type* fish. (a) In Osaka Bay (10 m) for anchovy, (b) in Goto Nada and Amakusa Nada for jack mackerel and (c) in the North Pacific Subtropical Mode Water for Pacific saury. Numerals are months.

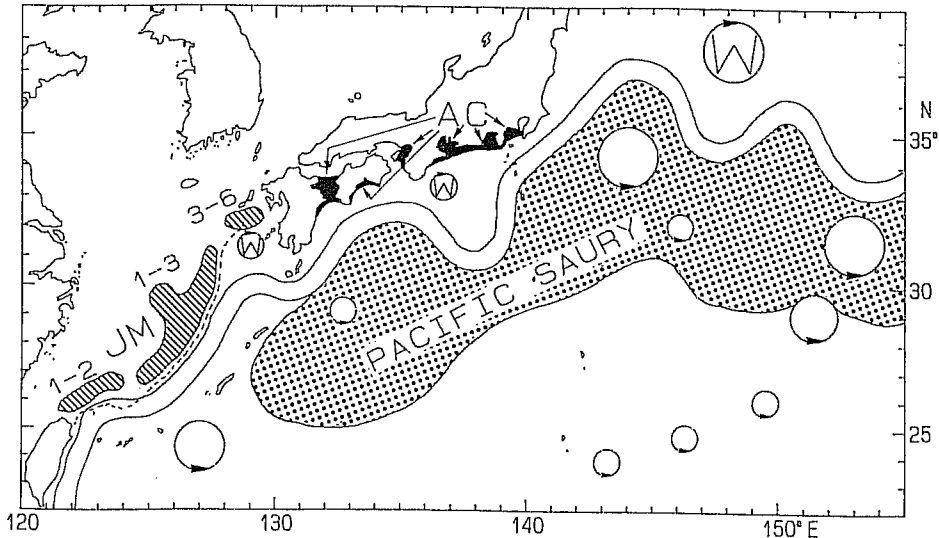


Fig. 4. Location of main spawning grounds of the *one-sided center type* fish (JM, jack mackerel; AC, anchovy; Pacific saury). Circles south of the Kuroshio path, indicated by a belt, are cold-core rings (Kawai, 1979). Circles marked with W north of the Kuroshio path are warm-core rings.

塩分年周サイクル（大きい黒丸は主産卵月、数字は月）を示す。そのうちFig. 5aは大阪府立水産試験場による1972-88年の浅海定線調査第15測点（大阪湾奥部）における10m深の値に基づくものである。6-9月の産卵盛期の10m深の表層水では、水温は20°C以上と高く、塩分は29以下と著しく低くなっている。しかし日本海では春～夏に、東シナ海沿岸水が流入するため沖合がやや低塩となるが、大きな内湾がなく太平洋沿岸ほど低塩とはならない。本種は低塩水への産卵を好むためか、日本海の産卵場は太平洋沿岸と比べてやや沖合にまで形成されるが、産卵量は太平洋沿岸よりかなり少ない（日水研, 1989）。

(5) マアジ: Fig. 4のJMとFig. 5b（長崎県定線調査第4測点、五島灘中央での1963-84年の0m月別累年平均水温・塩分による）が示すように、高温（16-20°C）、高塩（塩分34.5-34.7）な陸棚上〔五島灘～天草灘（産卵盛期は3-6月）、東シナ海陸棚縁辺（産卵盛期は1-3月）〕を主産卵場とする。仔稚魚は流れ藻に付いて漂流するが、ブリと違って成長するにつれ下層の生活に移行し、1歳魚以後は底引網でも漁獲されるようになる。このため仔稚魚は、冬の季節風によって南下漂流して黒潮流域に入る機会が減り、ブリほど太平洋側に多く輸送されず、漁獲中心区は東シナ海・日本海西区となる。

(6) サンマ: 北西太平洋のサンマには、秋・冬・春の3季節別発生群があり、冬季発生群が中型魚となって漁獲され、これにより漁獲資源水準が保たれている（福島・他, 1990）。この卓越している冬季発生群の仔稚魚の分布状態（林・小坂, 1981）から、主産卵場は亜熱帯モード水域内にあると言える（Fig. 4）。1-3月の亜熱帯モード水は、かなり高温（18.5°C）で著しく高塩（34.7以上）である（Fig. 5C; KAWAI, 1972, Table 13aを基に作図）。流れ藻などに付着したサンマ卵の採集量は少ない（福島, 1981）が、50m以深の中層水平びきネットによる採集卵が若干あること（庄島, 1981; 小西, 1981）から、サンマ卵はこの海域特有の厚さ300-400mの亜熱帯モード水の底層部付近に分布している可能性がある。この産卵場の延長部東端はMidway以東にまで及ぶ事実からも（小達, 1977）、冬季発生群は秋・春季発生群や日本海の春季発生群とは比較にならない莫大な資源量を支えていると言える。この主産卵場付近の海流系による卵仔稚魚輸送の結果、漁獲中心区も太平洋北区に偏在することになる。

(7) ブリ: 東シナ海陸棚縁辺にある主産卵場は、マ

アジ・マサバの主産卵場とも一部重なるが、比較的高塩分側に偏っている（水産庁調査研究部, 1973）ため、黒潮の影響を受けやすい。産卵盛期は3-5月で、産卵水温は18-22°Cとかなり高い。仔稚魚は、体長約15mm（産卵後約30日）のものから流れ藻に付きはじめ、体長100-180mm（産卵後80-110日）になるまで海面近くの流れ藻とともに漂流するため、本種ではとくに表層流による輸送効果が大きい（村山, 1991）。主産卵場付近での暖水北上量が4月ころを境に変化することから、村山（1991）は、2-3月に産出した卵仔稚魚はP海域へ、4-5月に産出したものはJ海域へ輸送される可能性が高いという仮説を唱えている。こうした産卵時期の相違のみならず、対馬暖流流量の経年変動に起因して、両海域への卵仔稚魚の輸送配分量が変わると考えられる。

(8) スルメイカ: 冬季発生群の主産卵場は東シナ海陸棚縁辺と薩南陸棚にある。卵塊はフットボール大で沈降し、水温10-20°C〔笠原（私信）は13°C以上と推定〕、塩分34.35の岩礁海底に付着する（水産庁調査研究部, 1973）。1969年以前は太平洋北区～北海道南区に中心域をもつ片側中心型であった。1970年以後P海域で極度の不漁となったが、J海域でも数年間好漁のあと不漁に転じた。この変化は、P海域に仔稚魚を多量に補給しやすい薩南や東シナ海などの黒潮縁辺付近の主産卵場の極度の衰退と、やや遅れて起きたJ海域への補給産卵場の衰退のためと考えられるが、詳細不明。

4. まとめ

両側中心型魚種（マイワシ・マサバ・ニシン）では、日本列島両側沿岸の広義の混乱水域が主産卵場となっている。これら主産卵場の水塊の特性や配置構造などの環境は、P、J両海域で類似している。卵仔稚魚・成魚の主分布域も両海域に形成され、漁獲中心区の配置型も両側中心型となる。この型の魚種の寿命は8年以上と長く（Table 1）、両海域間の魚群の交流もある。また、漁獲量とその経年変動が大きいという特徴をもっているが、これは主産卵場も漁場も両海域にあり、寿命が長く抱卵数も大で、複数の巨大な卓越年級群が現れやすいが、一旦衰退すると資源量が激減するためである。両側中心型における正の大きなRは、両海域にある主産卵場や索餌場に及ぼす海況変動の影響が同程度で、両海域間の魚群の交流が盛んなため、両海域への来遊魚群量が年々同様に変動する結果である。

片側中心型（カタクチイワシ・マアジ・サンマ）は、

寿命が6年以下と短く抱卵数も多くなく (Table 1), 雌1尾あたりの生涯産卵数が少ないため, 初期減少を防ぎやすい独特な環境の海域が主産卵場となっている (Fig. 4, Fig. 5)。産卵期が長く複数の季節にまたがる種でも, 特定の季節別発生群が卓越し, こうした卓越群の産卵に最適な水温・塩分・餌料環境等が独特であるため, 主産卵場は, P, J何れかの海域に偏り, 付近の海流系による卵仔稚魚の輸送の結果, 漁獲中心区も偏在する。短命なことも漁獲中心区の偏在を生じやすい要因となっている。

交代中心型 (プリ) では, 東シナ海陸棚縁辺での主産卵場の時空間変動と, 流れ藻に付いている仔稚魚の, 表層流による輸送効果とが組み合わさって, 漁獲中心区が交代して現れる。

不定中心型 (スルメイカ) では, P海域を主漁場とした片側中心型の1969年以後の崩壊は, 黒潮縁辺付近陸棚海底上の主産卵場の衰退のためと推測される。

沿岸多獲性8浮魚種の主産卵場は, サンマで亜熱帯水域にある以外すべて混乱水域にある。混乱水域が索餌場だけでなく, 再生産場としても利用されるのは, 仔稚魚にとっても餌料豊富のためである。そして, 漁獲中心区の配置型には, 海流系に対する主産卵場の位置や初期生態が大局的に深く関わっている。

謝 辞

スルメイカ属地漁獲統計資料は笠原昭吾氏, 大阪湾浅海定線調査定点の水温・塩分の月別累年平均値は安部恒之氏から供与された。記して深甚なる謝意を表す。

文 献

相川廣秋 (1949) 水産資源学総論. 産業図書株式会社, 545pp.
 福島信一 (1981) サンマ卵についての既往知見の総括. 漁業資源研究会議第13回浮魚部会議事録, 74-85.

福島信一・渡辺良朗・小川嘉彦 (1990) 北太平洋におけるサンマの季節別発生群と大型魚, 中型魚, 小型魚との対応. 東北水研報, 52, 17-27.

林小八・小坂淳 (1981) 1981年冬季のサンマ産卵場水域の海洋構造とサンマ親魚・稚仔の分布. 第30回サンマ研究討論会議事録, 144-162.

伊東祐方 (1991) 日本のマイワシ—その生活と資源. 松下編著, 魚油とマイワシ, 恒星社厚生閣, 191-255.

Kawai, H. (1972) Hydrography of the Kuroshio Extension. *In*, Kuroshio-Its Physical Aspects, ed. H. Stommel & K. Yoshida, Univ. Tokyo Press, 235-352.

Kawai, H. (1979) Rings south of the Kuroshio and their possible roles in transport of the intermediate salinity minimum and in formation of the skipjack and albacore fishing grounds. *In*, The Kuroshio IV, Proceed. of 4th CSK Symp. Tokyo, 1979, 250-273.

川合英夫 (1993) 日本沿岸多獲性浮魚類の巨視的分布 動態— I. 魚種別漁獲量の時空間分布. 水産海洋研究, 57 (2), 1-8.

小西芳信 (1981) 南西海区におけるサンマ卵の採集について. 漁業資源研究会議第13回浮魚部会議事録, 85-89.

村山達朗 (1991) 対馬暖流域における浮魚の補給と配分. 水産海洋シンポジウム「水産生物の海洋環境としての日本海」報文. 水産海洋研究, 55, 210-218.

日本海区水産研究所 (1989) 1988年卵・稚仔調査結果, 20pp.

小達繁 (1977) 北太平洋におけるサンマの分布. 北大水研施設業績集特別号, 353-381.

庄島洋一 (1981) 九州近海・東シナ海におけるサンマ卵の採集について. 漁業資源研究会議第13回浮魚部会議事録, 89-99.

水産庁調査研究部 (1973) 日本近海主要漁業資源, 189pp.

東海区水産研究所 (1888) 日本の太平洋岸におけるマイシ, カタクチイワシ, サバ類の月別, 海域別産卵状況: 1978-86年, 東海水研D集12号, 321pp.

渡部泰輔 (1982) 沿岸回遊性浮魚類の卵・稚仔分布と黒潮. 沿岸海洋研究ノート, 19, 149-162.

以上の他, 水産庁水産研究所発行の漁業資源研究会議報や海域別産卵状況報告書の別号を参考とした。