

漁獲統計と生物測定によるマアジ産卵場の推定

依田真里[†], 大下誠二, 檜山義明

Estimation of the Spawning Ground of Jack Mackerel in the East China Sea Based on the Catch Statistics and Biometric Data

Mari YODA[†], Seiji OHSHIMO and Yoshiaki HIYAMA

The spawning ground of jack mackerel (*Trachurus japonicus*) in the East China Sea was estimated by using the catch statistics of the Japanese large- and medium-type purse seine fishery from 1996 to 2000. Biometric data were obtained from specimens caught by purse seine and angling in the East China Sea and the area west of Kyushu from 1998 to 2001. From the results of histological examination, we found that females larger than 3 in the gonadosomatic index (GSI) were in maturing stage. Using this criterion, GSI data, and catch statistics, the catch amount and CPUE (kg/set) of spawners were calculated by month and by size category of catch. The spawning period was different among size category, the large and medium fish (fork length: larger than 26 cm) spawn during November to June and the small fish (fork length: between 20 and 26 cm) spawn during January to May. Spawners appeared in the area west of Kyushu from November to June. In the middle and southern area of the East China Sea, spawners appeared mainly from January to June. Sea surface temperature of the spawning ground areas ranged from 15–25°C.

Key words: *Trachurus japonicus*, spawning ground, East China Sea, GSI, catch statistics

はじめに

マアジ (*Trachurus japonicus*) は重要な水産資源の一つであり、資源の有効利用を進めるために、的確な資源評価と資源変動機構の理解が必要である。マアジは西日本での漁獲量が多く、特に東経135度以西の日本海西部から東シナ海では1990年代に入ってから年間約20万トンが漁獲された (Fig. 1)。マアジの主要な産卵場は東シナ海にあって (横田・三田, 1958; 山田, 1958)、東シナ海からの当歳魚加入の多寡が日本海西部海域や太平洋海域でのマアジ漁獲量を左右すると考えられる (横田・三田, 1958)。また、資源水準によって、東シナ海からの加入の割合が大きくなったり、沿岸域の産卵場からの加入の割合が大きくなったりするという仮説がある (古藤, 1990)。マアジ資源を管理する単位 (系群) や新規加入の動態を検討するためには、マアジ産卵場についての詳細な知見が必要である。

これまで、東シナ海におけるマアジの産卵期や産卵場を推定した研究はいくつかある。堀田・中嶋 (1971) は、生

物測定結果から、東シナ海の広域に成熟魚が分布することを示した。小笹 (1971) は、稚仔の出現記録から、東シナ海の沖合から九州沿岸への輸送過程を推察した。佐々・小西 (2002) は東シナ海広域の稚仔分布調査を行い、東シナ海南部海域が主要な産卵場であることを明らかにした。マアジは卵の同定が困難なため、稚仔分布調査に加えて、成熟魚の分布から産卵場を検討することが有効である。堀

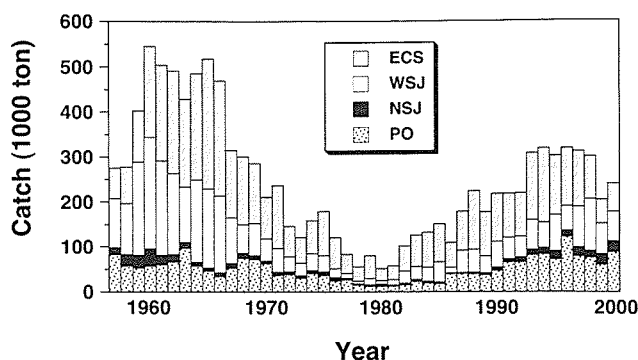


Figure 1. Annual catch of the jack mackerel in the East China Sea (ECS), the northern part (NSJ) and the western part (WSJ) of the Sea of Japan and the Pacific Ocean (PO) during 1987–2000 in Japan.

2003年1月10日受付, 2003年11月28日受理

独立行政法人水産総合研究センター西海区水産研究所
Seikai National Fisheries Research Institute, Fisheries Research Agency,
Nagasaki 851-2213, Japan

[†] yoda@fra.affrc.go.jp

田・中嶋 (1971) は資源水準によって成熟体長等の生物特性が変化することを示唆しており、最近の産卵場や産卵期を把握することが必要である。

東シナ海で操業する大中型まき網漁船は、周年にわたって広域でマアジを漁獲し、漁獲対象となる体長は成熟個体のほとんどの範囲を含んでいると考えられる。この漁獲統計を解析することは、近年の成熟魚の分布を考察するための有効な方法である。本研究では漁場別の漁獲統計と生物測定結果を併せて検討することで、近年のマアジ産卵場の推定を試みた。

材料と方法

東シナ海で操業する大中型まき網は、操業日ごとに操業漁区、操業回数（網数）、漁獲量を報告する（水産庁資料）。マアジの漁獲量は、魚体の大きさによって5銘柄（豆、ゼンゴ、小、中、大）に分けられている（漁獲成績報告書記入の手引き、水産庁）。各銘柄の区分を Table 1 に示す。1996年から2000年までの資料について、Fig. 2 に示した海域の緯・経度30分昇目ごとに銘柄別・月別漁獲量および網数を集計した。以下に述べる方法によって銘柄別・月別の成熟割合を推定し、銘柄別の漁獲量に掛け合わせることで産卵親魚の海域別・月別漁獲量および1網当たり漁獲量 (CPUE) を計算した。CPUEはある程度産卵親魚の分布密度を表すと考え、CPUEの分布から産卵場を検討した。ここで産卵親魚とは、当該産卵期に産卵するとみなされる成熟魚のことである。

銘柄別の成熟割合について、GSI (100×生殖腺重量÷体重) と成熟段階の関係を調べ、GSIから銘柄別・月別に産卵すると考えられる魚の割合 (成熟魚個体数÷銘柄全個体数) を推定した。なお、性比は1:1であるとした。どの程度のGSIに達した個体が産卵するかを知るため、卵巣を組織学的に観察した。2001年1~12月に長崎県近海でまき網および釣りによって漁獲されたマアジ雌115個体について、尾叉長、体重、卵巣重量を測定した後、卵巣をブアン氏液で固定した。卵巣はその一部をメタクリレート樹脂で包埋し、2.5 μmの樹脂切片を1%トルイジンブルーで染色後、組織観察を行った。卵母細胞の発達段階区分は高野 (1974) の基準に準じて行った。卵母細胞の発達段階から、卵巣の成熟段階を次の4段階に区分した。

1. 未成熟期 (immature stage): 卵黄胞期までの卵母細胞で構成される。
 2. 発達期 (developing stage): 最も発達した卵母細胞が第1次、第2次および第3次卵黄球期に達する。
 3. 成熟期 (mature stage): 最も発達した卵母細胞が胚胞移動期もしくは成熟期に達する。
 4. 産卵期 (spawning stage): 発達期または成熟期における卵母細胞 (上記) と排卵後濾胞が認められる。
- 成熟期あるいは産卵期に達した個体は産卵すると考え、

Table 1. The standard size category in body weight (BW) and fork length (FL) of jack mackerel caught by the large-and medium-type purse seine fishery.

Size category	BW (g)	FL (cm)
Dai (large)	370≤	30≤
Chu (medium)	240≤ <370	26≤ <30
Sho (small)	110≤ <240	20≤ <26
Zengo (very small)	45≤ <110	15≤ <20
Mame (juvenile)	<45	<15

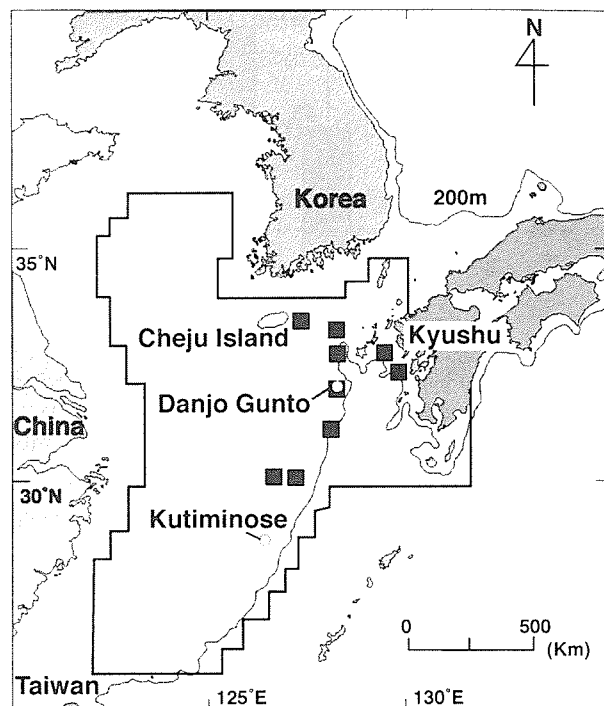


Figure 2. Study area in the East China Sea, showing the fishing ground of the Japanese large- and medium-type purse seine fishery. Closed squares show the sampling areas of females for the examination of the gonadosomatic index (GSI).

50%以上の個体がこれらの成熟段階となるGSIを求め、成熟の基準値とした。

各月ごとのGSIを調べるため、1998~2001年に東シナ海で漁獲されたマアジ雌972個体の尾叉長、体重、生殖腺重量を測定した。標本が漁獲された海域をFig. 2に示す。成熟の基準値としたGSI以上の個体の割合を銘柄別・月別に求め、銘柄別・月別成熟割合とした。

また、漁場における表面水温を使って、水温と産卵親魚分布との関係を検討した。週ごとに発行される東シナ海海況速報 (漁業情報サービスセンター) のうち、2000年の毎月最初に発行されたものから緯経度30分ごとの値を読み取った。

Table 2. Monthly maturity rate of each size category of jack mackerel estimated from biometric data.

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Dai (large)	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	0.6	0	0	0	0	0.6	0.6
Chu (medium)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.3	0	0	0	0	0.2	0.4
Sho (small)	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0	0	0	0	0	0	0

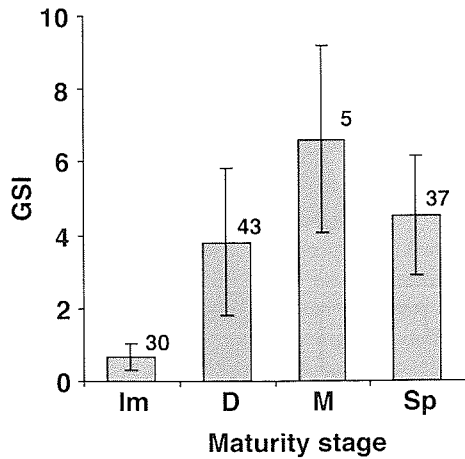


Figure 3. Mean gonadosomatic index (GSI)±SE for *Trachurus japonicus* females in the immature (Im), developing (D), mature (M), spawning (Sp). The number of fish examined for each maturity stage is attached to each column.

結果

マアジ雌の成熟段階ごとのGSIをFig. 3に示す。GSIの平均値は成熟期で最も高くなった (GSI=6.6)。未成熟期のGSI平均値は0.7、発達期は3.8、産卵期は4.6であった。未成熟期のGSIの最大値は1.6で、それ以上のGSIを示す個体は全て発達期、成熟期あるいは産卵期に達した卵巣を持っていた。GSI 1.6以上の個体のうち発達期の個体が占める割合が高いので、あるGSI以上の個体のうち成熟期あるいは産卵期の個体が占める割合が50%となるGSIを探した。GSIが3になる付近で成熟期あるいは産卵期に達した個体が50%を超えたので、GSIが3を超えた個体は産卵すると考え、成熟の基準値をGSI=3と定めた。

堀田・中嶋 (1971) は東シナ海のマアジの最小成熟尾叉長を18.5~20.7 cmとしていること、大下 (2000) は尾叉長19 cmでGSIが4を超える個体を観察していることから、尾叉長20 cm以上の個体すなわち銘柄小以上の個体が産卵する可能性があり、それより小さい銘柄豆およびゼンゴは成熟しないとした。

Fig. 4に銘柄別GSIの経月変化を示した。銘柄大 (尾叉長30 cm以上) の個体では11~6月までGSIが高く、3月に最も高かった (GSI平均値=8.2)。銘柄中 (尾叉長26 cm以上30 cm未満) でも11月から6月にかけてGSIの上昇が認

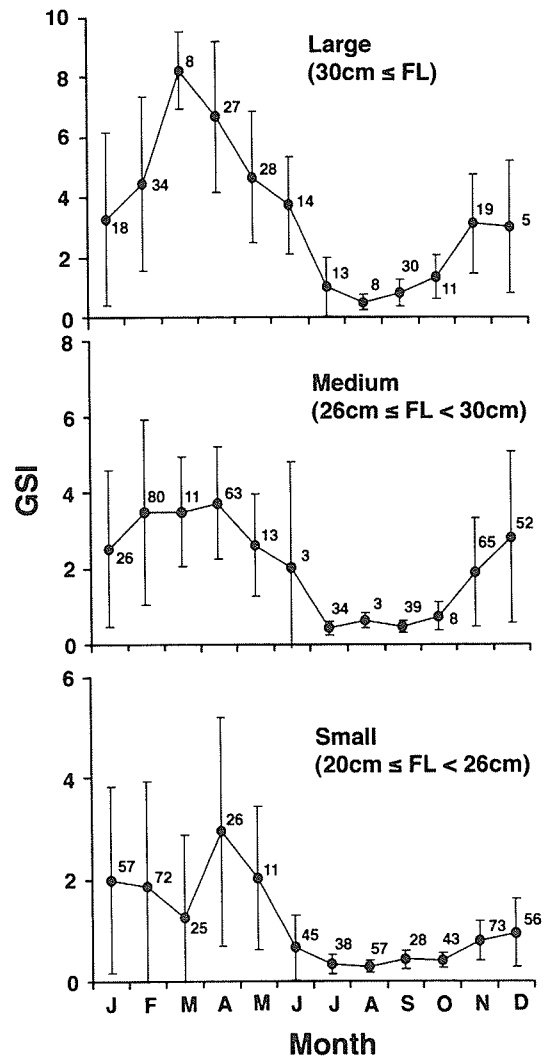


Figure 4. Monthly changes in the mean gonadosomatic index (GSI)±SE for each size category (see Table 1). The numerals attached to each dot shows the number of fish examined in each month.

められた。銘柄小 (尾叉長26 cm未満) では1~5月にGSの上昇が認められ、4月に最も高かった (GSI平均値=3.0) 銘柄大では11~6月まで、銘柄中では2~4月でGSIが3を超える個体が50%以上を占めていた。銘柄小では1~3月には約20%の個体で、4~5月には約30%の個体でGSIが:

を超えていたが、その他の月ではGSIが3を超える個体はみられなかった。この結果に基づいて、11~6月を産卵期と考え、銘柄別・月別成熟割合をTable 2のように推定した。

銘柄別・月別成熟割合と漁獲統計から計算された、大中型まき網による産卵親魚とみられるマアジ（以下、産卵親

魚）の1996~2000年平均CPUEをFig. 5に示す。産卵親魚は産卵期（11~6月）の全体にわたって男女群島を含む九州西岸および沿岸域で漁獲された（Fig. 5）。東シナ海中部域および南部域の大陸棚縁辺に沿った海域では1~6月に産卵親魚が漁獲された。1~5月には1網当たり500kgを超える高い産卵親魚のCPUEが記録された海域が多かったが、6月にはこのような海域は少なくなり、11月には台湾の北部海域で、12月には九州西岸域で局所的に高いCPUEを記録した。

大中型まき網の網数の1996~2000年平均値を海域別・月別にFig. 6に示した。大中型まき網漁船は、マアジの産卵期を通して九州西岸には出漁しているものの、東シナ海南部には11~1月にかけては出漁が少なく、月ごとに漁場の偏りがみられた。

2000年の産卵期（11~6月）における産卵親魚の分布と各月の表面水温をFig. 7に示した。産卵親魚が分布する海域の水温はおよそ15~25°Cの広い範囲内にあったが、5、6、11月には表面水温が25°Cを超える海域においても産卵親魚の分布がみられた。

考察

大下（2000）は、卵巣組織の観察によってGSI=1が産卵する目安として使えることを示唆した。この場合、卵母細胞が発達期および成熟期にあることを判断基準としているが、本報告では胚胞移動期もしくは成熟期以降に50%以上の個体が達するGSI=3を基準とした。これによって、より確実に産卵するであろう個体の分布を見ることができ

る。銘柄別・月別の成熟割合を推定するためにGSIを測定した個体数は、1銘柄1月当たり3~80個体で、1銘柄の測定数が10個体以下の月もかなりある。しかし、GSIの経月変化は大きな傾向を持っていて、GSIが高くなる1~5月には各銘柄の測定数は概ね10個体以上である（Fig. 4）。また、標本は東シナ海中部から九州西岸で漁獲され、東シナ海南部に分布するマアジは測定できなかった。成長が海域によって異なるという報告があり（中嶋、1982）、東シナ海南部では銘柄別の成熟割合が異なる可能性がある。より多くの測定結果からさらに検討する必要があるが、Table 2に示した成熟割合は、産卵親魚の分布の概要を知るためには妥当であると考え、銘柄別・月別成熟割合から、大型個体（尾叉長26cm以上）では小型個体（尾叉長20~26cm）に比べ成熟個体が現れる期間が長く、GSIも高かった。堀田・中嶋（1971）は、大型個体は小型個体に比べて卵巣重量は大きく、卵巣重量が高くなる期間も長いことを示しており、本報告の傾向と一致する。

堀田・中嶋（1971）は、西日本海域では周年どこかの海域でマアジの産卵が行われているが、群れによって産卵盛期および産卵海域が異なっていると、次の4つの群れの

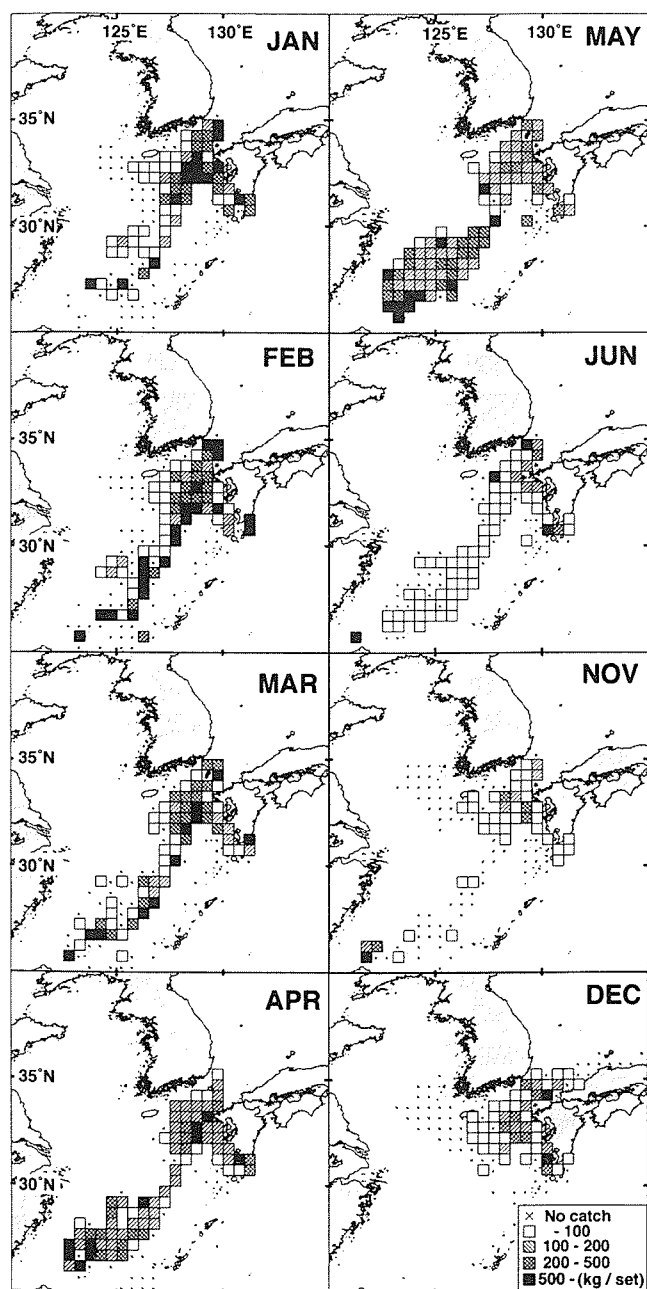


Figure 5. Spatial distribution of the mean monthly abundance index (CPUE) of *Trachurus japonicus* spawners for 5 years (1996–2000) estimated from the monthly maturity rate and catch statistics of the Japanese large- and medium-type purse seine fishery.

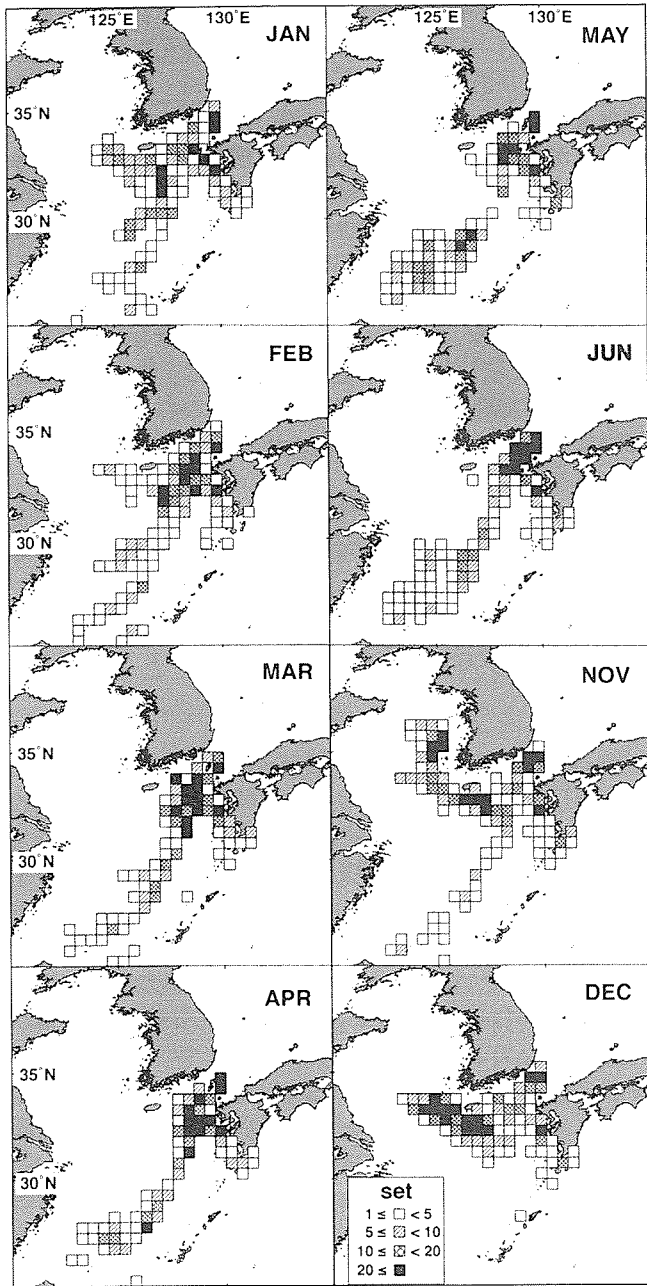


Figure 6. Spatial distribution of the mean monthly fishing efforts (number of sets) of the purse seiners in the East China Sea for 5 years (1996–2000).

存在を示唆している。2~3月を盛期に男女群島付近からクチミノセ付近に至るほぼ東シナ海中部域の大陸棚外縁に沿った水域で産卵する群れ（冬季産卵群）、4~5月を盛期に九州西から北部の水域で産卵する群れ（春季産卵群）、1~2月を盛期に東シナ海南部中央水域付近で産卵する群れ（厳冬季産卵群）および韓国南部沿岸域から済州島周辺にかけての水域で7~8月を盛期に産卵する群れ（夏季産卵群）である。さらにそれぞれの産卵群の大きさは冬季産卵群、

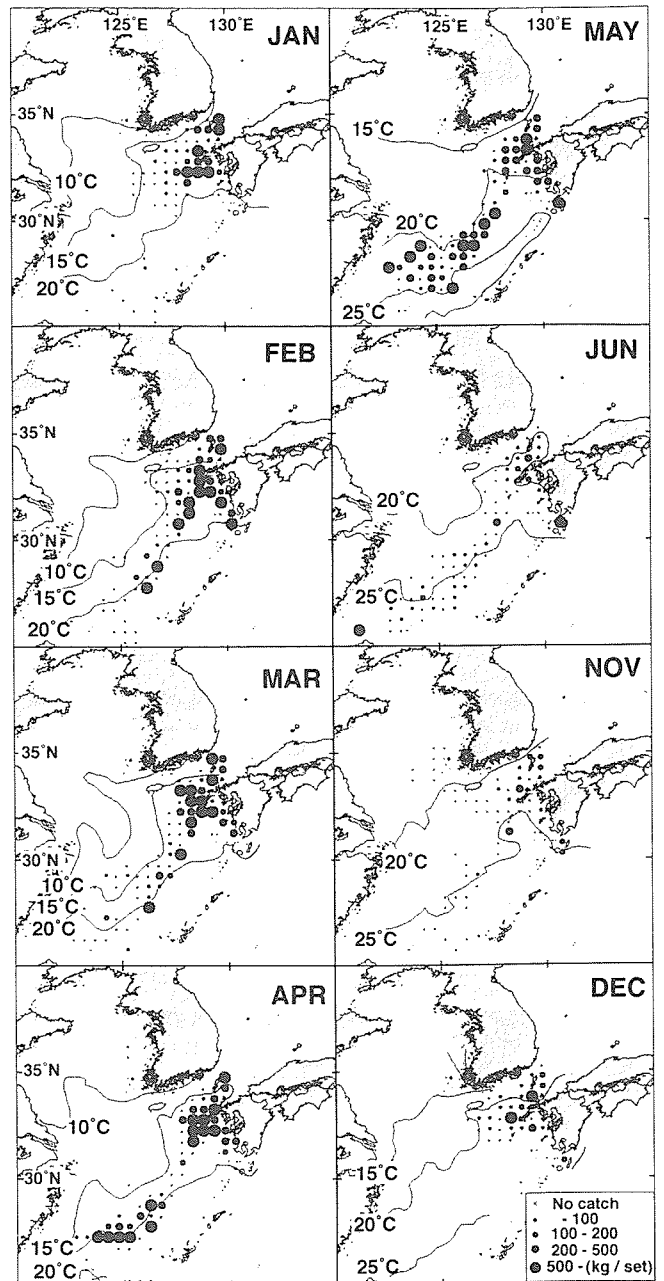


Figure 7. Spatial distribution of the monthly abundance index (CPUE) of *Trachurus japonicus* spawners and surface sea temperature in 2000.

春季産卵群、厳冬季産卵群の順であると推測した（堀田・中嶋, 1971）。佐々・小西 (2002) は、ふ化後間もない仔魚の分布様式から、マアジは東シナ海中・南部の陸棚縁辺域と九州西岸で産卵するが、産卵量は東シナ海南部で多く、冬季の東シナ海南部にマアジ主産卵場があると推定している。本報告では、夏季はGSIが高くなる個体は出現せず、堀田・中嶋 (1971) が想定した夏季産卵群に当たる産卵親魚分布は特定できなかった。これは、測定個体数および標

本採集海域に限られることによる可能性がある。一方、堀田・中嶋(1971)が検討した標本は漁獲量が高水準であった1955~1969年に採集されており、マアジの資源量は現在より大きかった可能性がある。一般に、資源水準が低くなるとともに成熟特性の変化や分布域の縮小がおこる(田中, 1985)と考えられるので、資源水準が高い場合にのみ夏季に成熟する個体が顕著になることも考えられる。1~6月には、九州西岸域から東シナ海南部にかけたの広い範囲でマアジ産卵親魚の分布がみられた。とくに九州西岸域では夏季を除いて常に産卵親魚が分布しており、産卵期の全体を通して好適なマアジ産卵場となっていると考えられる。東シナ海の北緯30度以南の海域においても、1~5月にかなり濃密な産卵親魚分布がみられた。この海域での11~1月の操業が少なく(Fig. 6)、この期間には分布密度が過小評価される可能性があることを考慮すれば、東シナ海南部での産卵量は堀田・中嶋(1971)が想定したよりもかなり大きい可能性がある。一方、九州西岸においても産卵親魚の分布がかなり高く、佐々・小西(2000)が指摘するほどこの海域での産卵量が少ないかどうか、疑問が残る。

マアジの産卵適水温について、飼育されたマアジの満1歳魚では19°C以下では完熟せず、20~23°Cで最も成熟する(落合ほか, 1983)が、3~4歳魚(尾叉長21.0~32.3 cm)では産卵適水温は17~18°Cで、これ以上水温が上昇すると卵母細胞が退化したと報告されている(落合ほか, 1980)。九州西岸域から東シナ海にかけてのマアジ漁場では、表層水温が15°Cを下回することはほとんどなく、今回の調査から得られた産卵親魚の分布海域における表層水温はおおよそ15~25°Cの範囲内であった(Fig. 7)。表面水温と産卵水温を直接比較することはできない。例えば、最近の着底トロール調査で、産卵間近とみられる個体が6月に東シナ海中部海域(水深147 m)で採集されており、漁獲海域の表面水温は24.2°C、底層水温は14.4°Cであった(依田ほか, 未発表)。このほか、沿岸域などでこれまでに採集された産卵間近もしくは産卵直後とみられる個体は、水深100 m前後の海底近くから採集されている(依田ほか, 未発表)。しかし、東シナ海においては10~3月には海面冷却によって鉛直混合が盛んになり(森永ほか, 2000)、水深100 m前後までの水温は鉛直的にかなり均一になる。また、東シナ海において1~3月には200 m以浅の大陸棚上は表面から底層まで水温の鉛直勾配は非常に小さくなる(近藤, 1985)。したがって、少なくとも1~3月においては表面水温から産卵親魚の分布水温を推し測ることができ、産卵親魚は15~22°Cの産卵適水温域に分布していたと考えられる。

日本近海のマアジの産卵を全体的に見て、東シナ海での冬の産卵と、沿岸域での春の産卵に大別され、前者の産卵量が多いと考えられている(服部, 1964; 木幡, 1972; Suda *et al.*, 1987)。古藤(1990)は、漁獲量の水準が大幅に低下した1970年以降は、ほとんどが沿岸域で産卵するも

の、すなわち木幡(1972)のいう春季発生群主体で構成されるようになったと考えた。前川ら(1988)は1970年代後半以降の相模湾でマアジの漁獲量が減少した原因は、東シナ海に由来する冬生まれ群の相模湾への加入量減少であり、一方1986年から1987年の突然の好漁は、それまで加入量が減少していた東シナ海由来の冬生まれ群が大量に相模湾へ補給されたことによるものであろうと考えた。九州西岸域での産卵を沿岸域の産卵と考えれば、本研究の結果から、1996~2000年の東シナ海およびその周辺海域においては、沿岸域での産卵量および北緯30度以南の東シナ海での産卵量の両者とも高い水準にあると判断される。

本研究の結果から、近年、マアジの大型個体(尾叉長26 cm以上)では11~6月、小型個体(尾叉長20~26 cm)では1~5月まで産卵親魚が存在し、マアジ産卵場は九州西岸域で11~6月の産卵期の全体にわたって、東シナ海中部~南部域では主に1~6月に形成され、産卵場となる海域の表面水温は15~25°Cの広い範囲にあると考えられた。今後はさらに海域ごとの成熟に関する知見を蓄積するとともに、マアジ産卵親魚の回遊経路なども明らかにする必要がある。

謝 辞

本研究の一部は、水産庁の「我が国周辺水域資源調査等推進対策委託事業」および農林水産技術会議の「産卵場形成と幼稚仔魚の輸送環境の変化が加入量変動に及ぼす影響の解明」によって行った。

引用文献

- 服部茂昌(1964) 黒潮ならびに隣接海域における稚魚の研究。東海水研報, 40, 1-158。
- 堀田秀之・中嶋純子(1971) 西日本海域におけるマアジの群構造に関する研究—V. 成熟状況からの解析。西海水研報, 39, 33-50。
- 木幡 孜(1972) 相模湾産重要魚類の生態—II. マアジ *Trachurus japonicus* (Temminck et Schlegel) について。神奈川水試相模湾支所報(昭和46年度事業報告), 55-72。
- 近藤正人(1985) 東シナ海・黄海漁場の海況に関する研究—I. 50 m深および底層における平均水温・塩分の分布。西海水研報, 62, 19-66。
- 古藤 力(1990) 太平洋岸におけるマアジ資源の動向について。水産海洋研究, 54, 47-49。
- 小笹悦二(1971) 東シナ海におけるマアジ稚仔の輸送に関する一考察。西海水研報, 39, 1-14。
- 前川千尋・青山雅俊・水津敏博(1988) 相模湾の最近の漁況とマアジ資源について。水産海洋研究会報, 52, 315-318。
- 森永健司・加藤 修・中川倫寿・藤田真(2000) 表面水温から見た東シナ海の水塊分布。西海水研報, 78, 1-12。
- 中嶋純子(1982) 西日本海域におけるマアジの成長と年齢について。西海水研報, 57, 47-57。
- 大下誠二(2000) 東シナ海におけるマアジの成熟特性に関する研究。西海ブロック漁海況研報。西海区水産研究所, 8, 27-33。
- 落合 明・榎田 晋・長谷川泉・陸谷一馬(1980) マアジの採卵とふ化仔魚の成長について。栽培技研, 9, 47-52。
- 落合 明・陸谷一馬・榎田 晋(1983) 養殖1歳マアジの成長、成熟および人工産卵について。日本誌, 49, 541-545。

佐々千由紀・小西芳信 (2002) 東シナ海におけるマアジ仔稚の分布と輸送. 月刊海洋号外, **31**, 92-98.

Suda, Y., M. Shimizu and Y. Nose (1987) Confirmation of spawning groups of Japanese jack mackerel *Trachurus japonicus* in the low stock level period. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **53**, 1789-1796.

高野和則 (1974) 生殖腺の成熟過程. 魚類の成熟と産卵, 日本水産学会編, 恒星社厚生閣, 東京, 18-30.

田中昌一 (1985) 水産資源学総論. 新水産学全集 8. 恒星社厚生閣, 東京, 406 pp.

山田鉄雄 (1958) アジに関する研究. 対馬暖流開発調査報告書第4号 (漁業資源篇), 日本海区水産研究所, 145-176.

横田滝雄・三田典子 (1958) 太平洋南区のアジ, サバ類の研究に関する諸説. 南海水研報, **9**, 1-59.