

寄稿

播磨灘北部海域におけるマコガレイの産卵場

反田 實^{†1}, 長井隆一²Spawning ground of marbled sole *Pleuronectes yokohamae* in the northern part of Harima Nada, the Seto Inland Sea, JapanMinoru TANDA^{†1} and Ryuichi NAGAI²

We investigated spawning ground habitats of marbled sole *Pleuronectes yokohamae* in the northern part of Harima Nada, the Seto Inland Sea, using scuba-diving in an area where mature fish were caught, in winter of 2000 and 2001. A large number of eggs spawned by marbled sole were found on the surface sediments layer in the survey area with the maximum density of 89,240 eggs per square meter. Therefore we concluded that this area was a spawning ground of marbled sole. Eggs were found on sandy sediment at depths of 6–16 m where artificially placed stones of 1–2 m and natural stones of ca. 20–30 cm diameter were scattered. Based on the present results and other information, existence of rocks and stones is thought to be an important component to form spawning grounds and marbled sole spawns on sandy sediments adjacent to stones. The sex ratio (female/total) was significantly lower than 0.5 ($P < 0.01$) for the specimens caught by the gill net set near the survey area during the spawning seasons. These results suggest that the migration pattern to spawning grounds was different between males and females.

Key words: marbled sole, spawning ground, the Seto Inland Sea, Harima Nada

はじめに

瀬戸内海においてマコガレイ *Pleuronectes yokohamae* は重要な漁獲対象種であり、兵庫県を含む瀬戸内海東部の各府県は1988年に本種を資源管理対象種として取り上げ、以後、資源管理の取り組みが行われてきた（和歌山県ほか、1989）。しかし、近年漁獲量の減少傾向は著しく、兵庫県の年間推定漁獲量は1988年の623トンから2003年には100トン以下に減少している。このため小型魚の再放流などの資源管理に加え、産卵場の保護や造成などの新たな資源増大対策の必要性が高まっている。このような対策を実施するためには、産卵場を特定するとともに、その特性を明らかにする必要がある。

これまで、マコガレイの産卵場については産卵期前後の産卵親魚の分布状況や仔稚魚の分布および漁業者の情報などから推定されているだけである（南, 1984; 高橋ほか,

1986; 佐藤ほか, 1990; 中神ほか, 2001）。マコガレイは沈性粘着卵（岩井, 1985）を産むため、天然海域で卵を採集することができれば、産卵場を特定するための重要な情報となる。しかし、天然海域でのマコガレイ卵の採集例は極めて少なく、松村ほか（1974）が播磨灘北西部水域においてソリ型ネットの底層曳きによって採集した例と上條（1986）による別府湾北部海域での採集例があるだけである。しかもそれらは数粒~十数粒の採集にとどまっており、具体的な産卵場の特定や、産卵基質の情報を与えるには至っていない。

本研究は播磨灘北部海域において、マコガレイ卵を現場で採集し、産卵場を確認することを目的とした。また、マコガレイ卵が採集された海域の底質および海底地形等を調査し、産卵場の形成条件について考察した。

材料と方法

調査海域

調査場所は播磨灘北部に位置する地ノ唐荷島と称する周囲約0.6kmの小さな島の南側の海域である（Fig. 1）。この海域で周年操業している刺し網漁業者によると、調査地点を設定した地ノ唐荷島とそれより少し沖合にある沖ノ唐荷島周辺では毎年産卵時期の12~1月に、その前後の月に比べ

2006年4月24日受付, 2006年11月13日受理

¹ 兵庫県立農林水産技術総合センター水産技術センター
Fisheries Technology Institute, Hyogo Prefectural Technology Center for
Agriculture, Forestry and Fisheries, Akashi, Hyogo 674-0093, Japan

² 株式会社海洋生態研究所
Japan Marine Ecology Institute Co., Ltd., Toyonaka, Osaka 561-0808,
Japan

[†] minoru_tanda@pref.hyogo.jp

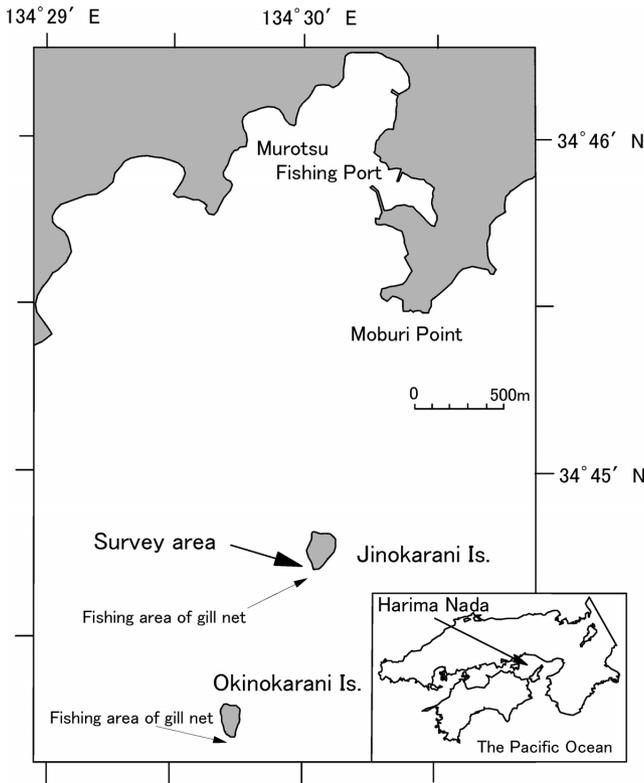


Figure 1. Survey area of the spawning ground of marbled sole in the northern part of Harima Nada, the Seto Inland Sea.

て多くのマコガレイ親魚が漁獲される。この情報から当海域にマコガレイの産卵場が形成されている可能性が高いと判断した。

調査は2000年1月14~15日と2001年1月9~10日に行った。潜水調査の実施にあたっては、地ノ唐荷島の南側に、岸から沖合に向けて海底にロープを沈め、2つの定線を設定した(ライン1およびライン2, Fig. 2)。2000年はライン1、2001年はライン1とライン2で調査を行った。ライン1の長さは90m(2000年調査では60m)であり、岸側に設けた基点の水深(平均水面からの深さ、以下同じ)は0m、90m地点の水深は13m(60m地点は11m)であった。ライン2の長さは120mであり、基点の水深は1m、120m地点の水深は16mであった。調査時の水温と塩分は、2000年が10.2℃と29.79(海面下0.5m)および10.9℃と30.77(海底上0.5m)、2001年が9.8~10.5℃と31.25~32.20(海面下0.5m)であった。

調査内容と採集方法

マコガレイの卵は沈性粘着卵であるため、スキューバ潜水により卵の採集調査を実施した。調査内容は、1)ライン周辺の海底状況と地形の観察、2)水中ライトと拡大鏡を用いたマコガレイ卵の肉眼による探索、3)マコガレイ卵検出用底質および底質分析用試料の採取である。卵検出用の底質は1地点あたり0.05m²をグラブ型の採泥器(スミスマッキ

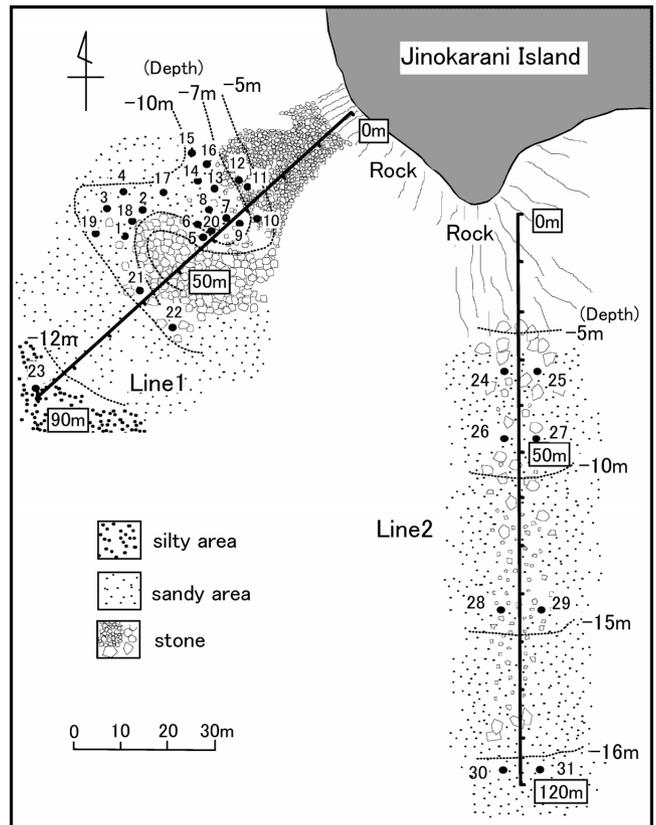


Figure 2. Survey lines and sampling stations in the spawning ground of marbled sole. Small numerals indicate station number. Numerals in boxes show the distances from the starting points of the lines.

ンタイヤ型採泥器に似た形状のつかみ箱の部分に取っ手をつけたもの)を用いて水中で採取した。底質分析用試料も同じ方法で採取した。底質の分析項目は2000年が粒度組成、2001年が粒度組成と強熱減量である。底質の採集地点数は、2000年はライン1周辺の15地点(Stn.1~15)、2001年はライン1およびライン2周辺の各8地点(それぞれStn.16~23とStn.24~31)である(Fig. 2)。

分析方法

マコガレイ卵検出用の底質試料は10%ホルマリンで固定し実験室へ持ち帰った。試料はローズベンガルで染色後、かきまぜ法(山西, 1979)により比重の小さなものと大きなものに分離し、それぞれ0.5mmおよび1mm目フルイを用いてある程度のサイズの均一化を行った後に、実体顕微鏡下で染色された卵を拾い出した。調査地点あたりの卵の出現数は単位面積(m²)当たりの卵数で表した。同定にあたっては、以下の条件を満たすものをマコガレイ卵とした(狩谷・白旗, 1955; 松浦, 1969a; Yusa, 1960)。

①無脂球形卵である。②卵膜表面に特別な構造(亀甲模様、小棘、纏絡糸等)や突起はないが、卵膜の外側は粘着層により覆われている。③卵径が0.7mm前後である。

また、採取された卵はNakai (1962) に従い発生段階を次の3段階に区分した。

A：受精してから胚体の筋節ができ始めるまで、B：筋節ができ始めてから、胚体尾部が卵黄から離れ始めるまで、C：胚体尾部が卵黄から離れ始めてからふ化まで。

粒度組成の分析はフルイ法により行った。粒度区分はウェントワーススケールに従い（水野，1968），0.0625 mm以下をシルト・粘土分，0.0625~2 mmを砂分，2 mm以上を礫分とした。強熱減量の分析条件は600°C，2時間とした。

マコガレイ親魚の漁獲状況と成熟度調査

産卵場調査海域への産卵親魚の蝟集状況を推定するため、刺網漁業者の日単位のマコガレイ漁獲尾数を調べた。この漁業者は2ヵ所所で操業している（Fig. 1）。1ヵ所はFig. 2に示した調査ライン1に接する東側の水深約10 mのエリア、もう1ヵ所は沖ノ唐荷島の南側の水深約10 mのエリアである。沖ノ唐荷島の南側では卵の採集調査は行っていないが、漁業者への事前の聞き取り調査結果から、マコガレイの産卵場が存在すると推測した場所である。刺網の漁獲尾数はそれら2ヵ所の合計であり、両操業エリアの漁獲尾数を分離することはできなかった。調査時期は1999年12月~2000年1月と2000年12月~2001年1月である。また、漁獲されている魚が産卵親魚であることを確認するため2000年1月14日、2000年12月18日と28日および2001年1月10日に、この刺網によって漁獲されたマコガレイを入手し、その成熟度（GSI=生殖腺重量g/体重g×100）を調べた。

結果

マコガレイ卵の分布

潜水観察では延べ6時間にわたりマコガレイ卵の探索を実施した。水中ライトを照射しながら砂泥底および岩石の表面を観察し、疑わしい場合は拡大鏡で確認したが、肉眼でマコガレイ卵を確認することはできなかった。

マコガレイ卵はすべて採集した底質サンプル中から見つかった。Fig. 2に調査地点とその周辺の海底状況を、Table 1に地点毎の卵の出現数と卵の発生段階および底質分析結果を示す。

ライン1は基点付近が岩盤で、沖に向かって人頭大ほどの天然の転石帯、直径1~2 mの人工の投石帯と続き、ライン上60 mより沖側には投石や転石は見られなかった。底質は最も沖のStn. 23を除いて砂または一部で礫が主体であり、シルト・粘土分の割合は26%以下であった。Stn.23は泥質でシルト・粘土分が76%を占めた。

2000年のライン1の調査ではマコガレイ卵は投石帯と転石帯に囲まれた砂泥域に設けた15地点（Stn. 1~15）のすべてで検出された。1平方メートル当たりの出現卵数（卵密度）は20~89,240粒であった。調査地点の中では水深9 m以深のStn. 2, Stn. 4およびStn. 14で卵が多く出現した。採

集した卵の発生段階は、合計ではAが98.5%、Bが0.2%、Cが1.3%であった。

2001年のライン1の調査では8地点（Stn. 16~23）のうち5地点で卵が検出された。採集卵数は20~200粒・m⁻²で2000年調査よりも少なかった。採集した卵の発生段階は、合計ではAが40.9%、Bが27.3%、Cが31.8%であり、2000年調査の時よりも発生段階の進んだ卵が多かった。

ライン2は基点から22 m付近までは岩盤で、その沖には人頭大ほどの天然の転石が点在し、その中に直径1~2 mの岩がまばらに投石されていた。ライン上110 mより沖には投石や転石はなかった。底質は砂または一部で礫が主体であり、シルト・粘土分の割合は20%以下であった。調査した8地点（Stn. 24~31）すべてで卵が出現した（40~75,900粒・m⁻²）。特に、水深14 mのStn. 28とStn. 29の出現数が際だって多かった。採集した卵の発生段階区分は、全体ではAが19.2%、Bが32.4%、Cが48.4%であった。また、Stn. 29ではふ化直後の全長2.3~2.6 mmのマコガレイ仔魚が16個体見つかった。

卵の出現と底質

水深および底質と卵の出現状況の関係をFig. 3に示す。調査した31地点のうちマコガレイ卵が出現したのは28地点であった。卵密度が10⁴以上であったのが5地点、10³オーダーが3地点で、他の地点は400粒以下の出現数であった。このように、卵の出現は一様でなく、幾つかの地点で集中して出現した。卵が確認された水深の範囲は5.6~16 mであった。このうち卵密度が高かった（10³粒以上）のは水深9~14 mであり、出現範囲の中では深い地点で卵密度は高かった（Fig. 3a）。出現地点の中央粒径値の範囲は0.5~2.8 mmであった。このうち卵密度が高かったのは0.5~1.9 mmの範囲であった（Fig. 3b）。シルト・粘土分については、卵が出現したのは7~26%の範囲であり、底質が泥の地点（76%）では卵は確認されなかった（Fig. 3c）。砂分については25~70%の範囲で、また礫分については17~57%の範囲で卵が確認され、このうち卵密度が高かったのはそれぞれ33~63%と18~49%の範囲であった（Figs. 3d, 3e）。強熱減量の調査は2001年だけであるが、卵の出現範囲は6.6~14.1%で、10⁴粒以上出現したのは11.6~12%の範囲であった（Fig. 3f）。

産卵場周辺におけるマコガレイ親魚の漁獲状況と性比および成熟度

1999年12月~2000年1月の刺網の漁獲量をみると（Fig. 4）、12月中旬までは1日当たりの漁獲尾数は100尾未満であるが、その後急増し、12月末には500尾前後が漁獲された。正月明けにも600尾以上漁獲されたが、これは正月期間中は網を揚げずに設置したままであったため、数日分がまとめて漁獲された可能性がある。この結果から、1999~2000年は年末に漁獲のピークがあったと推察される。2000年12月~2001年1月は前年に比べて漁獲尾数は少

Table 1. Density and developmental stage composition of marbled sole eggs and the grain size composition of sediments in each sampling station. Sampling at stations of 1–15 were carried out in 2000 and 16–31 in 2001. Developmental stages are based on the description of Nakai (1962). A: until myotome begins to appear after fertilization, B: from the end of A stage until tail end begins to separate off the yolk, C: from the end of B stage to hatching.

Sampling Station	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Number of Eggs · m ⁻²	5940	39380	1280	89240	180	160	300	260	180	20	80	40	1720	57560	340	
Developmental Stage (%)																
A	79.5	98.2	95.7	99.2	100	87.5	100	100	71.4	100	100	100	88.5	99.7	77.8	
B	6.1	0	4.3	0	0	12.5	0	0	28.6	0	0	0	3.8	0	0	
C	14.4	1.8	0	0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	7.7	0.3	22.2	
Depth (m)	10.4	9.6	10.2	10.4	7.7	7.3	7.8	7.9	7.3	6.8	5.8	5.6	9.0	9.0	9.8	
Grain Size Composition (%)																
Silt · Clay	16	20	17	17	13	21	12	11	10	11	17	13	26	26	17	
Sand	63	56	34	44	46	25	45	54	52	61	52	70	33	56	39	
Gravel	21	24	49	39	41	54	43	35	38	28	31	17	41	18	44	
Median Diameter (mm)	0.75	0.78	1.90	1.05	1.55	2.40	1.52	1.22	1.40	1.10	1.01	0.77	0.97	0.50	1.52	
Ignition Loss (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Sampling Station	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Number of Eggs · m ⁻²	120	200	0	80	20	20	0	0	40	40	260	120	64480	75900	80	40
Developmental Stage (%)																
A	50.0	50	0	0	100	0	0	0	50	50	69.2	100	17.4	20.3	25	0
B	16.7	50	0	0	0	0	0	0	0	50	15.4	0	22.9	40.6	25	100
C	33.3	0	0	100	0	100	0	0	50	0	15.4	0	59.7	39.1	50	0
Depth (m)	9.0	9.2	9.6	10.0	6.0	10.0	10.0	13.0	6.4	6.4	9.0	9.0	14.0	14.0	16.0	16.0
Grain Size Composition (%)																
Silt · Clay	13	21	9	17	12	19	17	76	7	7	11	12	15	10	13	18
Sand	61	56	83	48	53	51	46	20	49	57	52	67	43	52	30	36
Gravel	26	23	8	35	35	30	37	4	44	36	37	21	42	38	57	46
Median Diameter (mm)	0.85	0.50	0.61	0.98	1.30	0.70	1.02	<0.063	1.65	1.30	1.13	0.80	1.45	1.40	2.80	1.60
Ignition Loss (%)	10.5	13.5	9.5	11.8	11.3	11.2	12.1	12.5	6.6	8.0	8.7	9.9	12.0	11.6	13.7	14.1

-: no data

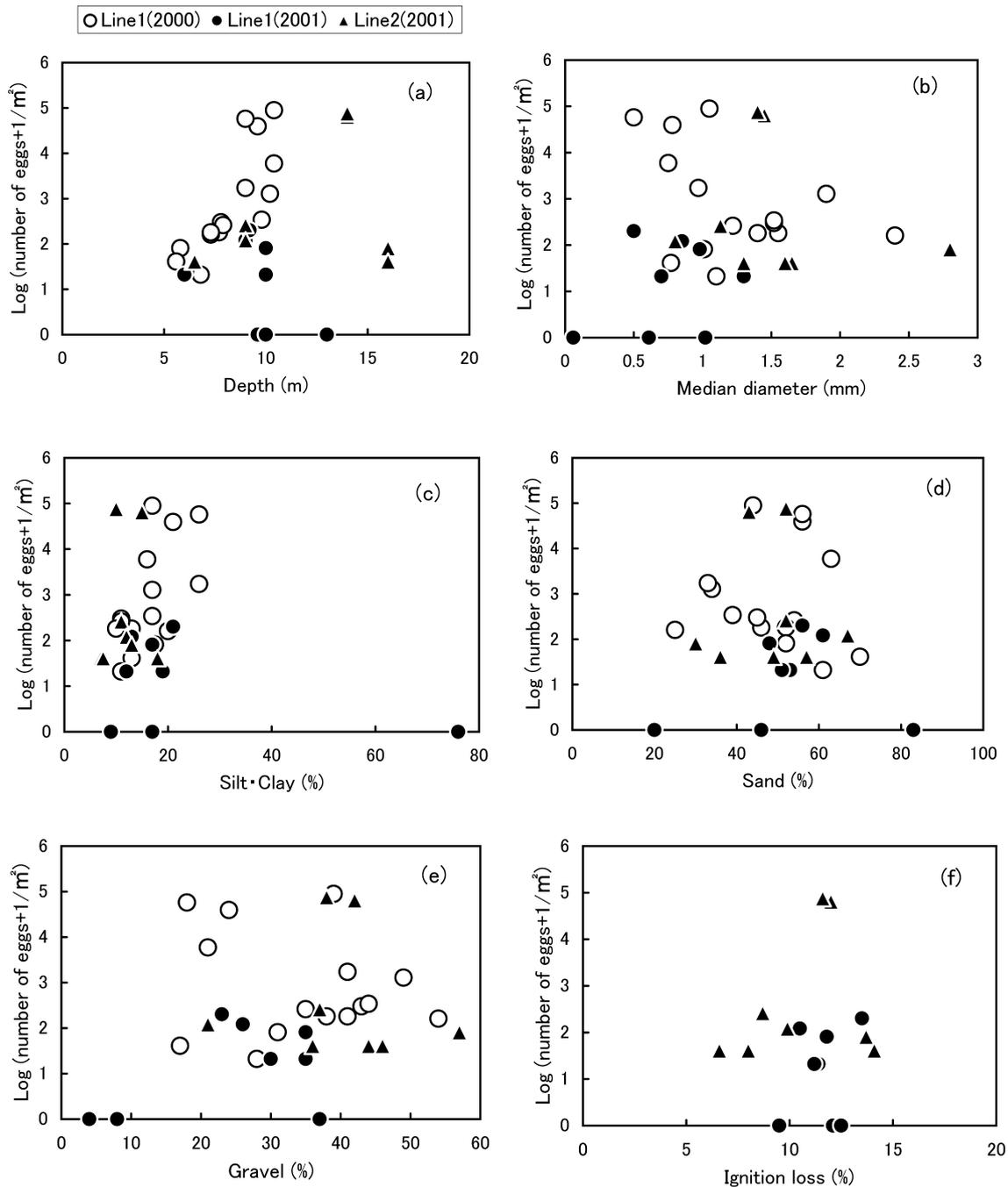


Figure 3. Relationship between the elements of sediments and the density of marbled sole eggs collected in the surface sediment layer.

ないが同様な傾向が認められた。このように産卵場付近で操業する刺網には12月下旬から1月上旬に他の時期に比べて多くのマコガレイが漁獲されていた。刺網で漁獲されたマコガレイの成熟状況を Table 2 に示す。2000年1月14日に調べた20尾のうち雌は8尾であった。生殖腺の観察から8尾のうち4尾は産卵後の個体、3尾は透明な熟卵を有しており、うち1尾は産卵途中の個体、2尾は産卵直前の個体

と推察された。一方、雄12尾のうち8尾は生殖腺を圧迫することにより精液が確認された。他の4尾の生殖腺はやや萎縮しており、放精を終えた個体と推定された。2000年12月18日に調べた22尾のうち雌は5尾で、3尾が透明卵を有しており、2尾は産卵後の個体であった。また、雄は17尾中15尾で精液が確認された。性比(標本中の雌の割合)は0.23で有意に雄が多かった(χ^2 test, $P < 0.05$)。2000年12

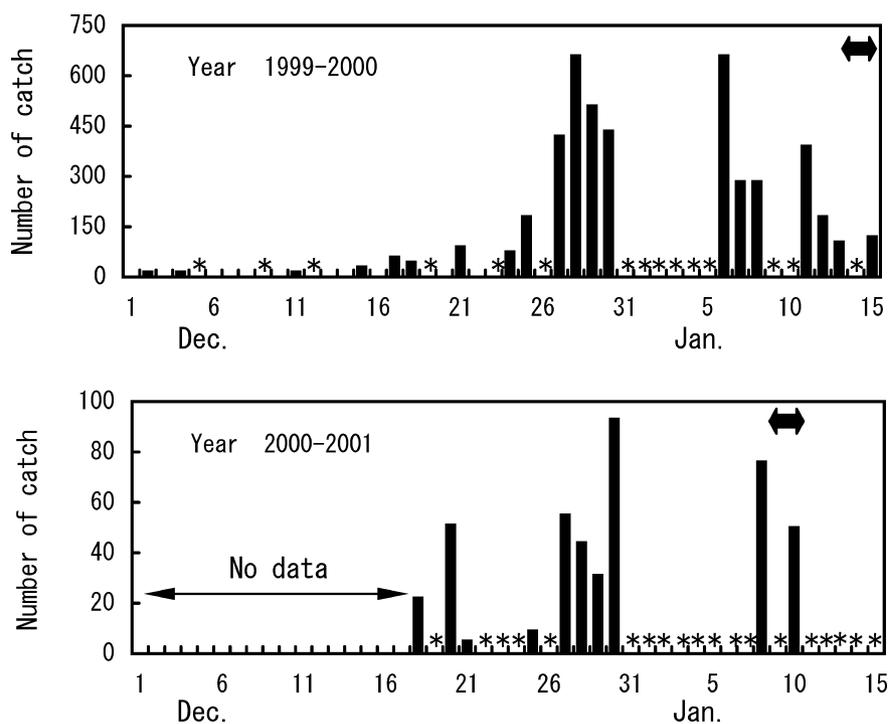


Figure 4. Daily catch number of marbled sole in the gill net set around the spawning grounds (See Fig. 1). Asterisks show no gill net operation. Thick arrows show the date of the research dives.

Table 2. Maturity conditions and sex ratio of marbled sole caught by the gill net set in the spawning ground. Sex ratio: female/total. Maturity level of female: Maturing, clear ova don't exist in ovary yet; Ripe, clear ova exist in ovary (include spawning); Spent, after spawning. Maturity level of male: Maturing, sperm doesn't exist in testis; Ripe, sperm exists in testis; Spent, after emission (sperm doesn't exist in testis). GSI: gonad weight (g) \times 100/body weight (g). TL: range of total length.

Sampling date	Sex ratio	Female			Male		
		Maturing	Ripe	Spent	Maturing	Ripe	Spent
14 Jan. 2000	0.8	n	1	3	4	8	4
		TL (mm)	311	294-331	228-306	207-298	227-314
		GSI	23.0	9.4-43.8	4.1-6.4	1.2-5.4	0.9-1.4
18 Dec. 2000	0.23*	n		3	2	2	15
		TL (mm)		252-315	234, 247	202, 250	192-248
		GSI		27.5-30.1	3.4, 3.7	10.1, 15.5	7.9-15.2
28 Dec. 2000	0.07**	n		3		1	40
		TL (mm)		248-281		220	187-332
		GSI		28.5-28.8		7.5	3.2-14.0
10 Jan. 2001	0	n				2	2
		TL (mm)				198, 294	189, 210
		GSI				2.4, 2.9	0.9, 1.9
Total	0.18** (Female 16, Male 74)						

* $P < 0.05$ ** $P < 0.01$ (Levels of significant differences. Null hypothesis is 1 : 1 sex ratio.)

月28日に調べた44尾中、雌は3尾のみで、いずれも透明卵を有していた。また、雄41尾中40尾で精液が確認された。性比は0.07で有意に雄が多かった ($P < 0.01$)。2001年1月10日に調査した4尾はすべて雄であり、うち2尾からは精液が確認されたが生殖腺の外観は4尾とも放精後の様相を呈していた。これらの結果から、刺網で漁獲されたマコガレイは産卵親魚であることが確認された。また、いずれの調査時においても雄が多い傾向がみられた。測定した90尾のうち雌は16尾であり、統計的にも雄が有意に多かった ($P < 0.01$)。

考 察

卵の分布と産卵場

ライン1では2000年および2001年の2カ年続けて卵が採集されたことから、このライン周辺がマコガレイの産卵場となっていることが示された。卵密度は、2000年に比べて2001年は少なかったが、これは両年の刺網の漁獲尾数からみて、2001年は産卵親魚の来遊が少なかったためと推察される。2000年1月14日、15日に採集された卵の発生段階は98.5%がAステージであった。各発生段階までに要する期間は、Aステージが受精から約3日間、Bステージは受精後3~4日目、Cステージは受精後5~10日目(ふ化)と推定される(山本, 1939; Yusa, 1960)。したがって、2000年の場合は、調査時点の3日前以内に規模の大きい産卵が行われたと推定される。一方、2001年1月9日、10日には、出現卵数は少ないがBおよびCステージの卵もそれぞれ30%程度出現したことから、規模の小さい産卵が複数回行われたと推察される。ライン1の2000年調査では、調査範囲内では水深が深い方のStn. 2, Stn. 4およびStn. 14で 10^4 を越える高い卵密度が認められた。マコガレイ卵は沈性粘着卵であるが、海水の動きによっては産出された卵がある程度輸送されることが考えられる。このため、浅い場所で産卵された卵が深い場所に移送された可能性は否定できない。しかし、大量に卵が出現した地点と、出現卵数は少ないが同様な水深をもつ近傍の地点では底質環境に際だった差がみられないことや、潜水調査で特に他の地点と異なる海底状況は観察されていないことから、それらの地点で集中して産卵が行われたと考えられる。

ライン2では、水深14mに設定したStn. 28とStn. 29で卵密度が際だって高かった。この地点のシルト・粘土分および強熱減量の値はそれより浅い地点と比べるとやや高いが、沖側の水深16mの地点よりも低かった。中央粒径値にも他の地点と区別できる特徴は認められなかった。また、付近の海底に比べて凹地を形成していることもなかった。このように、底質分析結果および海底形状からは、Stn. 28とStn. 29が堆積物が集積し易い環境にあるとは認められなかった。したがって、他の地点で産卵された卵がこれらの地点に移送および集積したのではなく、この場所で集中的

な産卵が行われたと考えられる。マコガレイの産卵親魚が沖合から接岸してくると仮定すると、産卵地点と推定したStn. 28とStn. 29は、転石の散在域に進入してから12~13m進んだ場所にあり、転石の散在域の中では深い方(水深14m)に位置している。この沖側の平坦なStn. 30とStn. 31でも卵は採集されたが、採集数はStn. 28およびStn. 29の0.1%程度と少なかった。また、Stn. 28およびStn. 29より浅い地点も採集卵数は少なかった。このことから、マコガレイ親魚は転石の散在域に進入して産卵するが、同じ散在域の中では、環境の変化が大きいと推定される浅い場所よりも、水深のある場所を産卵場として選ぶのではないかと思われる。実際、2カ年の調査で卵の出現した地点の水深範囲は5.6~16.0mであるが、1平方メートルあたり1万個以上の卵が出現した地点の水深は9.0~14.0mであり、水深9mより浅い地点では大量の卵は出現していない。

産卵基質と底質

マコガレイの産卵について南(1984)は流れの速い岩礁上で産卵が行われるのであろうとしている。また、佐藤ほか(1990)は礁漁場には礁自体、礫、粗砂、貝殻片等の産卵基質が多く存在するだろうと述べている。このように両者は産卵基質の一つとして岩石の表面を想定している。今回の潜水観察では卵を発見することは出来なかった。一方、採取した底質からは多数のマコガレイ卵が発見された。このことから、潜水観察による砂泥底での卵の発見は極めて難しいと考えられる。また、岩石表面についても薄く浮泥が覆っていたため卵の発見は難しいと考えられた。このため、今回の調査では岩石表面が産卵基質になっているかどうかの確認は出来なかったが、砂泥底で多数の卵が発見されたこと、また飼育条件下であるが、佐藤(1972, 1976)は砂を敷いた水槽内で産卵行動を観察していることなどから、マコガレイの産卵は岩礁や岩石近傍の砂泥底で行われ、産出された卵の多くは砂泥底上に分散すると推察される。

本報において砂泥底が産卵基質になることが明らかとなった。したがって、今後は潜水調査によらなくても、船上からの採泥調査によって、効率的にマコガレイの産卵場の確認調査が可能と考えられる。

今回の調査でマコガレイ卵が 10^3 粒以上出現した地点の底質が産卵場の形成条件の一端を表しているとする、中央粒径値は0.5~1.9mm、シルト・粘土分は10~26%、砂分は33~63%、礫分は18~49%、強熱減量は11.6~12%となる。しかし、Fig. 5の三角ダイヤグラムに示すように、調査した底質の範囲は偏っており、産卵場の底質条件の境界値は正確には把握できない。特に、底質条件として重要と考えられるシルト・粘土分の調査範囲はStn. 23の76%を除くと狭く、26~76%のどこに境界があるのかは明らかでない。Fig. 5には卵が大量に出現した地点や僅かしか出現しなかった地点および全く出現しなかった地点が混在している。この原因としては各地点の水深の相違のほか、マコ

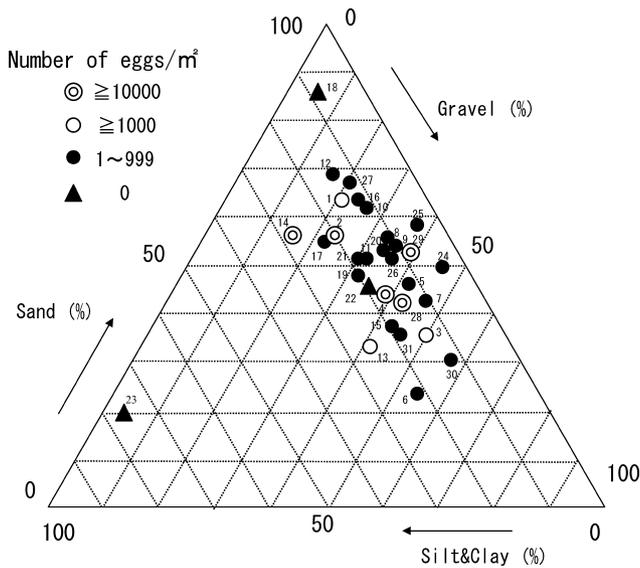


Figure 5. Ternary diagram of the sediment contents and egg density. Small numerals show the sampling stations (See Fig. 2).

ガレイが濃密に集群して産卵するため、好適な底質条件の範囲内でも卵分布に明瞭な濃淡が生ずるのではないかと推察される。

本研究ではマコガレイの産卵場の底質条件の全貌を示すことは出来なかった。しかし、マコガレイの卵を実際に採集することによって得た底質条件の範囲は、産卵場が形成されるための底質条件の一端を示していることは明らかであり、産卵場の保護や造成等の情報として活用できると考えられる。

産卵場と海底構造

中神ほか (2001) は、函館湾の海底に岩石がまばらに散らばり、細砂の底質が広がる水深 20m 付近にマコガレイの産卵場があると推定している。佐藤ほか (1990) は牡鹿半島周辺の天然礁近傍での調査結果から、礁と産卵行動との関わりが大きいと報告している。菊池ほか (1990) は仙台湾におけるマコガレイ産卵群の漁場は水深 40m 以浅の細砂域や岩礁域であり、産卵群はかなり接岸すると推定している。辻野ほか (1997) は大阪湾北部の沿岸域に主産卵場があると推定している。瀬戸内海の小豆島北部海域でマコガレイ卵の採集に成功した松村ほか (1974) は、産卵場として、砂質底で凹凸が激しく潮通しが良い場所を想定している。また、香川県ほか (1975) は、沖合 (水深 15~20m) の岩礁地帯や洲でマコガレイの成熟親魚が集中的に多獲される漁場があることから、一般的には岸に近い岩礁地帯、洲、藻場等に接岸して産卵するが、適当な場所があれば沖合でも産卵するとしている。別府湾北部においてマコガレイ卵の採集に成功した上城 (1986) は、採集位置の情報から、産卵は湾口から湾外の比較的水深の深い砂場であろう

と推定している。

それらは産卵親魚の漁場などから推定されたものであるが、調査海域や報告者が異なるにもかかわらず、既報の 7 例のうち 4 例で産卵場と岩礁あるいは岩石との関連が述べられている。今回、実際にマコガレイ卵を採集し、岩石の散在域が産卵場になっていることを確認したが、この結果と既報の情報から判断して、一般的にマコガレイの産卵場の形成要因として岩礁や岩石の存在は非常に重要であると考えられる。このような海底構造が必要である原因は明らかではないが、砂質~砂泥底上の岩石や岩礁の存在は、海底上に産み落とされたマコガレイ卵の物理的な安定に寄与しているのかも知れない。

産卵場の水深

佐藤ほか (1990) が産卵場と推定した礁漁場の水深は 40m 前後である。菊池ほか (1990) は水深 40m 以浅、また中神ほか (2001) は水深 20m 付近を産卵場と推定している。上城 (1986) は卵の採集結果から産卵場を比較的水深の深い場所と述べているが、卵が採集された地点の水深は 17m である。また、松村ほか (1974) が卵を採集した地点の水深は 27~34m である。本報で卵が採集された水深は 5.6~16m であり、主な産卵水深を 9~14m と推定した。また、五利江ほか (未発表) は兵庫県の淡路島南部の水深 28m の地点で本報と同様な手法でマコガレイ卵を採集し産卵場を確認している。このように産卵場の存在が確認または推定されている水深には幅があり、特定的水深帯に産卵場が形成される傾向はみられない。産卵場の形成には、本報で明らかにした砂質~砂泥底に岩石が散在する海底構造が重要であり、このような海底構造がどのような水深に位置するかによって、その海域の産卵場の水深が決まってくるのであろう。本報で確認された産卵水深は既報と比較して最も浅い。水深の浅い場所は一般的に波浪の影響が及び易く水質の変化も大きいと考えられるが、調査海域周辺にはシルト質の平坦な海底が広がっており、海岸の近傍を除いて産卵場に適した海底構造が存在しないため、このような浅所でも産卵場として利用せざるを得ないと考えられる。

産卵場における親魚の雌雄比

産卵場近傍の刺し網で採集されたマコガレイ親魚の雌雄は、2000年1月14日は雌8尾、雄12尾、2000年12月18日は雌5尾、雄17尾、同12月28日は雌3尾、雄41尾、2001年1月10日は雌0尾、雄4尾であり、いずれの時期においても雄が多かった。辻野ほか (1997) は大阪湾において全調査個体の性比 (標本中の雌の割合) が 50% に近いことを示すとともに、季節別、漁法別に漁獲物の雌雄割合を検討し、産卵期には沿岸域の産卵場で雄の割合が高くなると推定している。本報の結果はこの推測を支持している。このような性比の偏りは、産卵期におけるマコガレイ親魚の雌雄による回遊行動の違いに起因する可能性がある。山崎ほ

か (1999) は京都府沖合域におけるアカガレイの産卵期の分布様式について検討し、水深180~200mに産卵場が形成されることを示すとともに、産卵場には産卵期間を通して完熟雄が集中的に分布するのに対し、雌は成熟に達した個体から順次産卵場に参加して繁殖活動を行い、産卵を終えると速やかに再び深い水深帯に移動すると推察し、その結果として産卵場における性比が雄に大きく偏ると述べている。また、この現象はEmlen and Oring (1977) の“Lek mating system”に該当し、多回産卵に適応した繁殖戦略であろうとしている。今回明らかとなったマコガレイの産卵場についても、産卵期中に雄が多く分布し、そのほとんどが完熟雄であった。このことからマコガレイもアカガレイと同様な産卵生態を持つ可能性が推察されるが、マコガレイの卵の発達様式は部分同時発生型であり多回産卵ではない(石田・北片, 1982; 松浦, 1969b)。しかし、群としてみれば成熟段階の異なる個体が存在し、約1ヶ月の産卵期間を持つ(反田, 未発表)。したがって、マコガレイのような同時産卵型の魚種においても“Lek mating system”に該当する繁殖戦略があるのかも知れない。

謝 辞

本研究の調査にご協力いただいた室津漁業協同組合員の榊本亮平氏をはじめ組合職員の方々に深くお礼申し上げる。本稿の作成に当たって有益なご助言をいただいた兵庫県水産技術センター五利江重昭主任研究員に厚くお礼申し上げます。また、本稿に丁寧な校閲を賜った京都大学フィールド科学教育研究センター教授田中克博士に深い感謝の意を表す。最後に、とりまとめの機会を与えていただいた兵庫県水産技術センターの職員の皆様に深くお礼申し上げます。

引用文献

- Emlen, S. T. and L. W. Oring (1977) Ecology, sexual selection, and the evolution of mating systems. *Science*, **197**, 215–223.
- 石田力一・北片正章 (1982) アカガレイ *Hippoglossoides dubius* (Schmidt) の雌魚の性成熟に関する研究. *東海水産報*, **107**, 61–105.
- 岩井 保 (1985) 水産脊椎動物Ⅱ魚類. 恒星社厚生閣, 東京, 213–217.
- 香川県水産試験場・岡山県水産試験場・福岡県豊前水産試験場・大分県浅海漁業試験場・山口県内海水産試験場 (1975) 昭和46~49年度魚類放流技術開発調査カレイ類総括報告書, 香川県水産試験場・岡山県水産試験場・福岡県豊前水産試験場・大分県浅海漁業試験場・山口県内海水産試験場, 1–51.

- 上城義信 (1986) 別府湾北部海域におけるマコガレイ卵・稚仔とその他の生物種組成. 第18回南西海区ブロック内海漁業研究会報告, 南西海区水産研究所, 59–81.
- 狩谷貞二・白旗総一郎(1955)マコガレイ卵の成熟過程について. *日本誌*, **21**, 476–482.
- 菊池喜彦・小林徳光・永島 宏・小林一郎・児玉純一・佐藤孝三 (1990) 仙台湾におけるマコガレイの分布について. *宮城水試研報*, **13**, 30–42.
- 松村真作・服部洋年・篠原基之・寺島 朴 (1974) 播磨灘北西部水域におけるマコガレイおよびイシガレイの資源・生態. 昭和48年度瀬戸内海栽培漁業事業魚類放流技術開発調査事業経過報告(カレイ・ガザミ), 岡山県水産試験場, 5–48.
- 松浦修平 (1969a) イシガレイおよびマコガレイの産卵に関する実験的研究. 文部省特定研究, 内海性海域における生物群集の生産の動態に関する研究—43年度研究実績報告, 38–45.
- 松浦修平 (1969b) マコガレイの成熟・産卵型について. 文部省特定研究, 内海性海域における生物群集の生産の動態に関する研究—43年度研究実績報告, 31–33.
- 南 卓志 (1984) 異体類の初期生活史Ⅲ 卵の形質. *海洋と生物*, **30**, 46–49.
- 水野篤行 (1968) 水質底質調査入門. 丸善, 東京, 214pp.
- 中神正康・高津哲也・中屋光裕・高橋豊美 (2001) 函館湾におけるマコガレイ仔稚魚の時空間分布. *水産海洋研究*, **65**, 85–93.
- Nakai, Z (1962) Studies of influences of environmental factors upon fertilization and development of the Japanese sardine eggs with some reference to the number of their ova. *Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab.*, **9**, 109–150.
- 佐藤孝三・小林一郎・菊池喜彦 (1990) 礁近傍におけるカレイ類の蟻集機構. *宮城水試研報*, **13**, 21–29.
- 佐藤羊三郎 (1972) マコガレイ (日出シロシタガレイ) の水槽内自然産卵について. *水産増殖*, **19**, 183–186.
- 佐藤羊三郎 (1976) マコガレイ (日出シロシタガレイ) の水槽内自然産卵生態について—II. *水産増殖*, **23**, 33–35.
- 高橋清孝・星合愿一・安部洋士 (1986) 石巻湾および万石浦におけるマコガレイ浮遊期仔魚の分布と移動. *水産増殖*, **34**, 1–8.
- 辻野耕實・安部恒之・日下部敬之 (1997) 大阪湾におけるマコガレイの漁業生物学的研究. *大阪水試研報*, **10**, 29–50.
- 和歌山県・大阪府・兵庫県・岡山県・香川県・徳島県 (1989) 瀬戸内海東ブロック. 昭和63年度広域資源培養管理推進事業報告書, 和歌山県・大阪府・兵庫県・岡山県・香川県・徳島県, 1–116.
- 山本孝治 (1939) マコガレイ卵の發生に及ぼす水温及鹽分の影響に就いて. *日本誌*, **8**, 102–106.
- 山西良平 (1979) かきまぜ法によるメイオベントス抽出の効率. *ベントス研連誌*, **17/18**, 52–58.
- 山崎 淳・大木 繁・内野 憲・葭矢 守 (1999) 京都府沖合海域のアカガレイの生態に関する研究—IV 産卵期の分布様式. *京都府海洋センター研報*, **21**, 1–6.
- Yusa, T. (1960) Eggs and larvae of flatfishes in the coastal water of Hokkaido—IV Embryonic development of mub dab *Limanda yokohamae* GÜNTHER. *Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab.*, **17**, 15–30.