

紀伊水道におけるマルアジの成熟特性

土居内 龍^{*1}・内海遼一^{*2}

Reproductive biology of round scad *Decapterus maruadsi* in Kii channel, Japan

Ryu DOIUCHI and Ryoichi UTSUMI

Key word : 紀伊水道, 成熟, 組織切片, マルアジ

まえがき

マルアジ *Decapterus maruadsi* は、東京・若狭湾以南から南シナ海にかけて、およびハワイに分布し¹⁾、我が国周辺において重要な漁獲対象種である。本種は、農林水産統計上はムロアジやオアカムロなどと共にむろあじ類として集計されており、その漁獲量は1980年代後半から1990年代前半に全国計で年間約5～11万tを記録したが、近年は3～4万tで推移している。紀伊水道においても、本種は主要な漁獲対象種の一つであり、中型まき網を中心に定置網や一本釣等で漁獲されている。しかしながら、この海域を主漁場とする和歌山県のむろあじ類漁獲量は、1990年代には年間4,000～8,000tを記録したが、近年は3,000～5,000tで推移している。

紀伊水道におけるマルアジの生態について、武田²⁾は漁場の月別推移と標識放流、および生殖腺指数・肥満度の季節変化を調査し、春季に越冬場である紀伊水道南部から紀伊水道東部海域周辺まで移動して産卵を行い（産卵回遊）、夏季にはさらに紀伊水道北部や播磨灘まで北上し（索餌回遊）、秋季に再び紀伊水道南部まで南下する（越冬回遊）といった季節回遊を推定している。このことは同時に、紀伊水道のマルアジが、東シナ海や太平洋沿岸他海域との交流が少なく、地方個体群の特徴が強い群であることを示唆している^{2,3)}。成熟については、生殖腺指数の周年変化や卵径組成の調査³⁾、および卵の計数⁴⁾などから、産卵期、産卵加入年齢および年齢別産卵数などが報告されている。しかしながら、卵巣を組織学的に検討した報告はみられ

ない。本研究では、周年にわたる生殖腺指数の調査と卵巣の組織学的観察にもとづき、紀伊水道におけるマルアジの成熟について検討した。

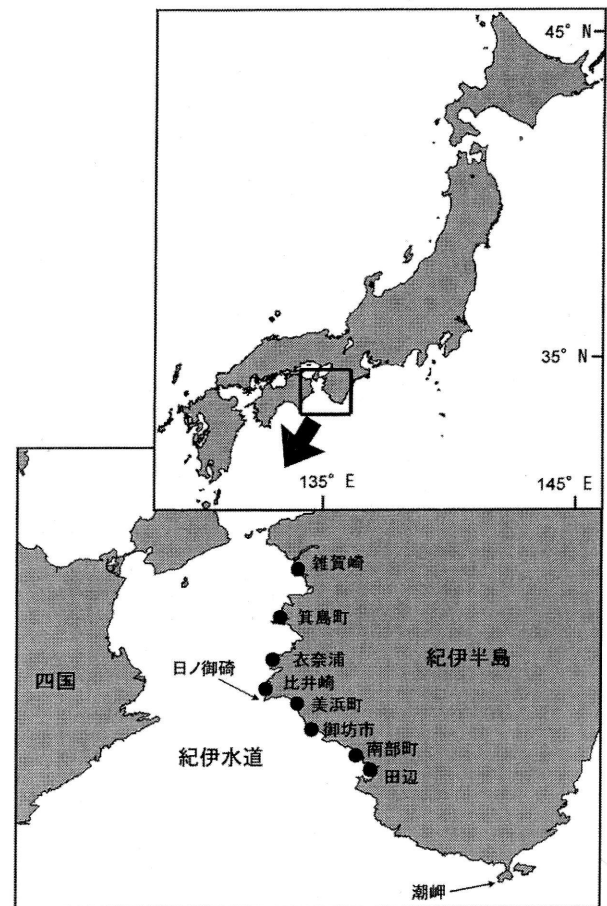


図1 マルアジ標本の採集地(●)。

^{*1} 和歌山県農林水産総合技術センター水産試験場 (Fisheries Experimental Station, Wakayama Research Center of Agriculture, Forestry and Fisheries, 1557-20 Kushimoto, Kushimoto-cho, Higashimuro-gun, Wakayama 649-3503, Japan)

^{*2} 和歌山県水産局 (Wakayama Prefectural Fisheries Bureau, 1-1 Komatsubaradori, Wakayama City, Wakayama 640-8585, Japan)

表1 マルアジ標本の採集年月、標本数および尾叉長

年	月	雌			雄		
		標本数	平均尾叉長(mm)	尾叉長範囲 (mm)	標本数	平均尾叉長 (mm)	尾叉長範囲 (mm)
2006	2	15	262	231-282	23	262	236-290
2006	3	19	247	231-259	37	257	232-296
2006	4	24	238	227-259	14	245	228-286
2005, 2006	5	70	243	220-262	48	249	221-278
2005, 2006	6	27	241	190-268	24	240	185-273
2005, 2006	7	67	228	175-264	92	233	176-274
2005, 2006	8	42	249	214-273	31	244	210-292
2006	9	25	245	226-262	22	255	227-289
2005, 2006	10	22	260	242-279	25	268	245-295
2005	11	10	242	230-262	3	248	239-258
2005	12	15	259	236-278	20	271	246-323
合計		336	243	175-282	339	248	176-323

材料および方法

標本は、2005年5月から2006年10月に、和歌山県の雑賀崎、箕島町、衣奈浦、比井崎、美浜町、御坊市、南部町および田辺の各地(図1)に水揚げされた雌336個体と雄339個体を用いた。各月の標本個体数と尾叉長は表1のとおりである。なお、標本採集は月に1~2回の頻度で行ったが、1月は標本の入手ができなかった。これらのマルアジは、中型まき網、底びき網、一本釣りおよび地びき網によって漁獲されたものであった。入手した標本は、氷蔵して研究室へ持ち帰った後、尾叉長(FL:mm)、体重(BW:g)および生殖腺重量(GW:g)を測定した。また耳石と卵巣を採取し、耳石は乾燥保存、卵巣は10%中性ホルマリン液で固定した。生殖腺指数(GSI)は、 $GSI = (GW / BW) \times 100$ により算出した。

卵巣の成熟度を組織学的に検討するため、卵巣組織の一部を常法に従ってパラフィン包埋し、厚さ6μmの切片を作成後、マイヤーのヘマトキシリン・エオシン二重染色を施し、光学顕微鏡下で観察した。卵巣の成熟段階の判定は、切片中で最も発達した卵母細胞の成熟段階を基準とした。卵母細胞の成熟段階は、村山ら⁵⁾を参考に次の7段階に分類した。(1) 周辺仁期(図3a)：細胞質は均一にヘマトキシリンで染色され、核の周辺部に球形の仁が数個分布する。(2) 卵黄胞期(図3b)：細胞質はヘマトキシリンで薄く染色され、細胞質の縁辺部に透明な卵黄胞が多数分布する。(3) 第1次卵黄球期(図3c)：顆粒状の卵黄球が細胞質に出現し始める。(4) 第2次卵黄球期(図3d)：卵黄球が細胞質のほぼ全体に充満し、小型の油球が細胞質に不規則に分布する。(5) 第3次卵黄球期(図3e)：卵黄球が細胞質の全体に充満し、大型の油球が核の周

辺に分布する。(6) 胚胞移動期(図3f)：油球が一つに融合し、核に隣接する。核は卵母細胞の中心から縁辺部に移動する。(7) 成熟期(図3g)：核膜が崩壊し、卵母細胞はほぼ透明になる。以上に加えて、各卵巣切片について、排卵後濾胞(図3h)と退行卵母細胞(図3i)の有無を確認した。

耳石は、ポリエステル樹脂に包埋した後、長軸と垂直な方向に切断して厚さ0.2~0.3mmの横断切片を作成した。年齢査定は、この横断切片上の輪紋数を実体顕微鏡下で計数することによって行った。なお、成熟特性を暦年で検討するため、1月1日を年齢査定の起算日とした。

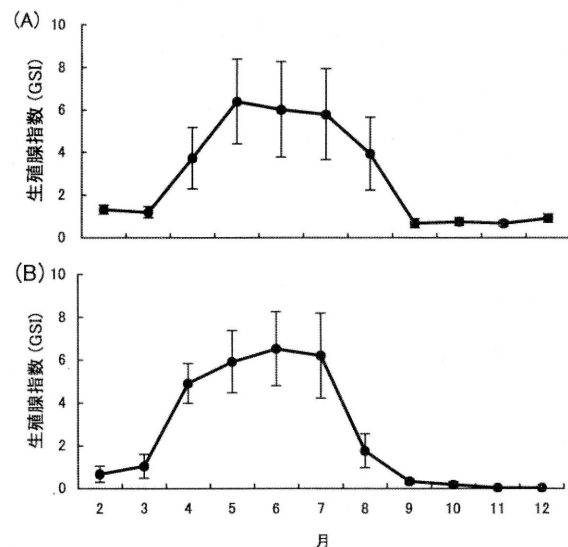


図2 生殖腺指数(GSI)の平均値の経月変化。(A) 雌；(B) 雄。バーは標準偏差を示す。

結 果

生殖腺指数 生殖腺指数 (GSI) の周年変化を図2に示した。平均 GSI 値は、雌雄とも2月と3月は1.5以下と低い値を示したが、4月から上昇し始め、雌は5月に6.4で、雄は6月に6.5で最高値を示した。その後、雌雄とも7月までは僅かな下降にとどまったが、8月から大きく下降し、9～12月にかけては1.0以下と再び低い値を示した。

組織学的観察 各成熟段階の組織像を図3に、各成熟段階および排卵後濾胞と退行卵母細胞の出現頻度の周年変化を図4に示した。2～3月は周辺仁期(図3a)と卵黄胞期(図3b)の卵巣をもつ個体が多くを占めた。また3月には第2次卵黄球期(図3d)の卵巣をもつ個体もわずかに出現した。4～8月には第2次卵黄球期と第3次卵黄球期(図3e)の卵巣をもつ個体が多くを占めた。また、6月には成熟期(図3g)、7、8月には胚胞移動期(図3f)の卵巣をもつ個体も出現

した。9～12月にかけては、周辺仁期と卵黄胞期の卵巣をもつ個体が再び多くを占めた。排卵後濾胞(図3h)を有する個体は4～8月に認められ、その出現率は6月に最も高く、7月がこれに次いだ。退行卵母細胞(図3i)は2～10月に認められ、その出現率は4～5月が高く、また3月と8月にもまとまって出現した。なお、第1次卵黄球期(図3c)の卵母細胞を有する卵巣は、いずれも第2次卵黄球期以上の卵母細胞も同時に有しており、したがって第1次卵黄球期と査定された卵巣はなかった。

成熟段階、GSI、尾叉長、および年齢の関係 各成熟段階におけるGSIと尾叉長の関係を図5に示した。成熟段階が周辺仁期と卵黄胞期の個体は、いずれもGSI値が2以下であった。一方、第2次卵黄球期以上に発達した個体のGSI値は、大部分が2以上の値を示した。また同一成熟段階の個体を比較した場合、尾叉長が小さくなるほどGSI値は低い値に集中し、逆に尾叉長が大きくなるほど高い値から低い値まで広

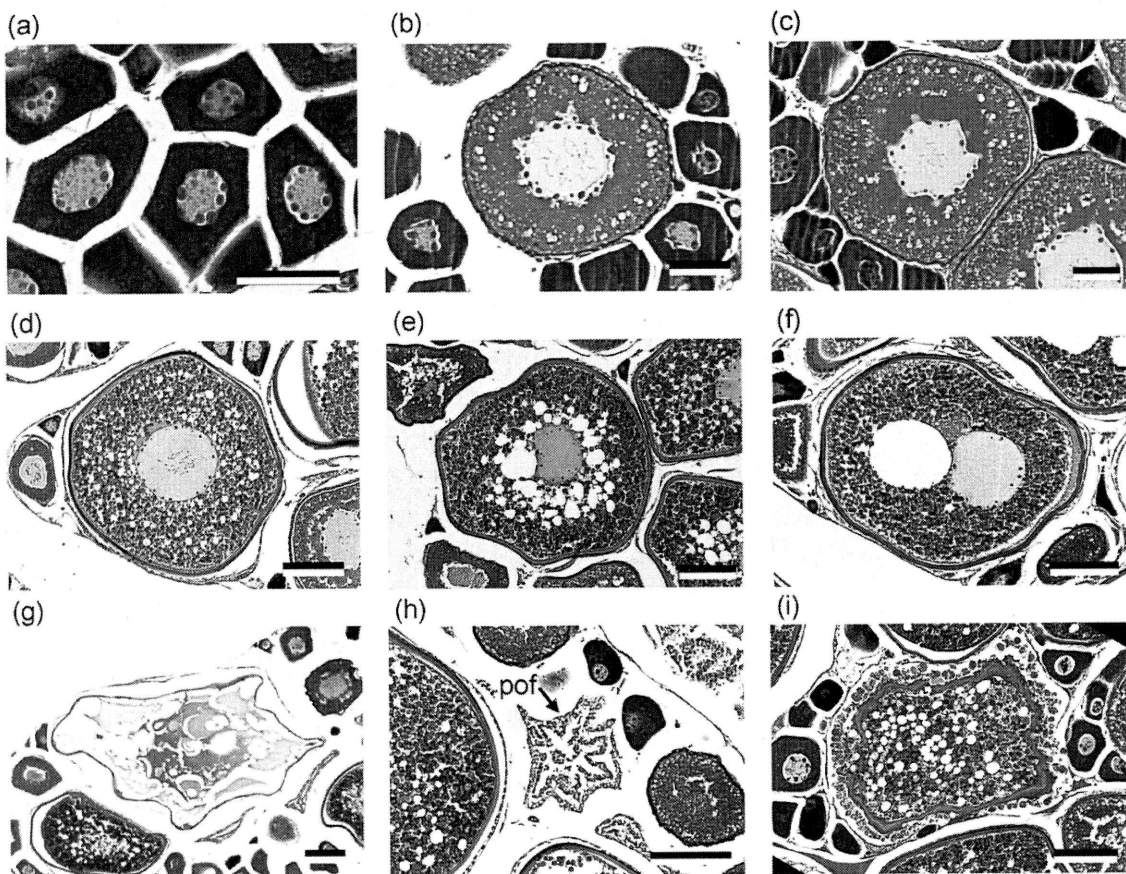


図3 卵巣の組織像。(a) 周辺仁期；(b) 卵黄胞期；(c) 第1次卵黄球期；(d) 第2次卵黄球期；(e) 第3次卵黄球期；(f) 胚胞移動期；(g) 成熟期；(h) 排卵後濾胞 (pof)；(i) 退行卵母細胞。スケールバーは50 μ m (a-c) と100 μ m (d-i) を示す。

い範囲の値を示した(図5)。

年齢査定の結果、1歳から8歳までの個体が確認された。1歳魚のうち、産卵期である4～8月に採集された14個体は、いずれも第2次卵黄球期以上の卵巣を有しており、このうち2個体では排卵後濾胞が確認された。

考 察

紀伊水道におけるマルアジは、卵径組成の調査³⁾や卵巣の肉眼観察⁴⁾から、1産卵期中に複数回産卵を行う多回産卵魚であると考えられている。本研究においても、卵母細胞の成熟は卵巣内で統一しておらず、胚胞移動期や成熟期まで発達した卵巣には、卵黄胞期や第2～3次卵黄球期の卵母細胞も同時にみられた。また排卵後濾胞と、第2～3次卵黄球期、胚胞移動期、成熟期の卵母細胞を併せ持つ卵巣も多くみられた。したがって、組織学的にも本種が多回産卵を行うことが支持された。

成熟段階の周年変化によると、4～8月にかけて第2次卵黄球期以上に発達した卵巣をもつ個体が多くを占め、さらにこれらの月に排卵後濾胞を有する個体が観察された。したがって、紀伊水道におけるマルアジの産卵期は、4～8月であると考えられる。産卵期内の詳細な成熟状態については、6～7月に胚胞移動期や成熟期の卵巣を有する個体が出現する他、排卵後濾胞を有する個体の割合が高いことから、これらの月が産卵盛期であると推測される。8月には依然として第2次卵黄球期以上の卵巣をもつ個体が大部分を占めるが、周辺仁期の卵巣をもつ個体も出現しており、一部の個体は産卵を終了したものと考えられる。さらに、退行卵母細胞もまとめて観察された。したがって8月は産卵末期にあたりと考えられる。

魚類の産卵期を推定する際、組織学的な観察結果と、生殖腺指数の推移とは一致することが多い。本研究においても、雌の平均GSI値が高い値を示したのは、組織学的観察から推定された産卵期である4～8月であり、両者は概ね一致していると言える。しかしながら、雌の平均GSI値が最高値を示したのは、産卵盛期以前の5月であり、産卵盛期である6、7月にはGSI値はゆるやかな減少傾向を示した。同様の、組織学的観察と生殖腺指数とのずれは、マサバでも報告されている。村山ら⁵⁾は伊豆諸島周辺のマサバについて、産卵初期における卵母細胞の発達と生殖腺指数の上昇と同調するが、成熟した卵巣や排卵後濾胞が最も多く見られるのは、群の平均生殖腺指数が最高値を示して以降であると報告している。また、この要因としては、産卵が活発化するほど、排卵直後で卵巣重量が

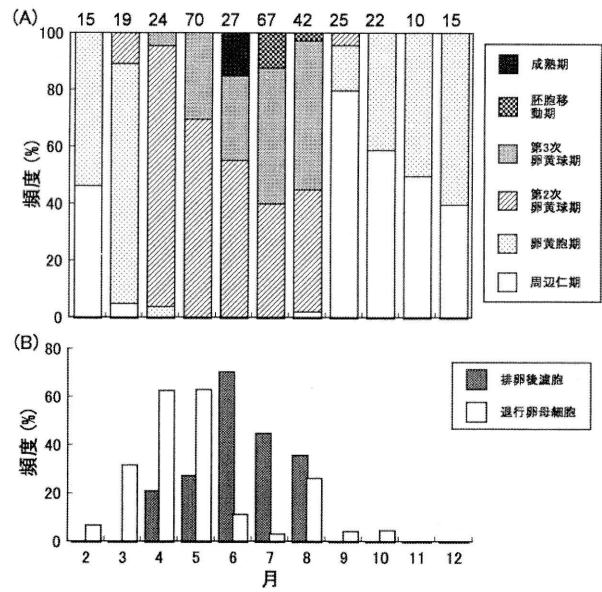


図4 マルアジ雌の各成熟段階 (A) および排卵後濾胞と退行卵母細胞 (B) の出現頻度の経月変化。上端の数値は標本数を示す。

一時的に低下した個体が、群中に多く混在するためと推察されている⁵⁾。さらに渡邊ら⁶⁾は、同じく伊豆諸島周辺のマサバについて、生殖腺指数が最高値を示した後に、産卵頻度が上昇することを示している。これらのことから伊豆諸島周辺のマサバにおいて、産卵に至るまでの卵黄蓄積の過程は、群としてある程度同期しており、卵黄蓄積がピークに達した後に、集中的に複数回の産卵が繰り返されるという産卵形態が推測されている⁶⁾。本研究結果は上記のマサバの例とよく類似しており、紀伊水道産マルアジについても、同様の産卵形態をもつものと推測される。すなわち、5月に卵黄蓄積のピークを向かえた後、6～7月に集中的に産卵が繰り返されるものと考えられる。紀伊水道周辺のマルアジの成熟状況を把握するにあたって、GSIは概要を知るには有効であるが、詳細な成熟状態を把握するには、組織学的観察を含めた検討が必要であると言える。

武田⁴⁾は紀伊水道のマルアジについて、卵巣の肉眼観察により1歳魚の調査標本の大部分に透明卵を認めている。本研究でも産卵期である4～8月に採集された1歳魚は、すべてが第2次卵黄球期以上の卵巣をもっていた。したがって、紀伊水道のマルアジ雌は、1歳で大部分の個体が成熟するものと推測される。これに対して九州西岸海域のマルアジでは、2歳が最小成熟年齢と推定されている⁷⁾。ただし、1歳魚については卵巣の肉眼観察より成熟が確認されないとして、組織学的観察は行われていない⁷⁾。

本研究では、第2次卵黄球期～成熟期の個体のGSI

謝 辞

本研究を実施するにあたり、標本採集にご協力いただいた雑賀崎、箕島町、比井崎、衣奈浦、美浜町、御坊市、南部町および田辺の漁業者、漁協職員の皆様、および研究内容に関して多岐にわたりご指導、ご協力いただいた和歌山県農林水産総合技術センター水産試験場の武田保幸氏に厚く御礼申し上げます。マリノリサーチ株式会社の平井明夫博士、佐藤文美氏には組織切片作成にご協力いただきました。また東北区水産研究所の栗田豊博士には文献を提供していただきました。記して深く感謝いたします。最後に、本論文発表の機会を与えていただいた和歌山県農林水産総合技術センター水産試験場の小川健前場長、竹内照文場長、和歌山県水産局の吉本洋博士、標本採集、データ調整、結果の議論にご協力いただいた同試験場の安江尚孝氏をはじめとする職員、臨時作業員の各位には心より御礼申し上げます。

文 献

- 1) 山田梅芳・時村宗春・堀川博史・中坊徹次. 「東シナ海・黄海の魚類誌」東海大学出版会, 東京. 2007.
- 2) 武田保幸. 紀伊水道周辺海域におけるマルアジの回遊. 水産海洋研究 2002; 66: 26-33.
- 3) 武田保幸・阪本俊雄. 紀伊水道産マルアジの産卵生態について. 南西外海の資源・海洋研究 1987; 3: 19-25.
- 4) 武田保幸. 紀伊水道産マルアジの年齢群別産卵数について. 南西外海の資源・海洋研究 1988; 4: 27-32.
- 5) 村山 司・三谷 勇・青木一郎. 卵巣成熟度及び卵巣組織像に基づくマサバ太平洋系群の産卵期の推定. 水産海洋研究 1995; 59: 11-17.
- 6) 渡邊千夏子・花井孝之・目黒清美. マサバとゴマサバの産卵生態の比較. 一日当たり総産卵量に基づくマサバ太平洋系群の資源量推定法に関する調査報告書, 中央水産研究所, 横浜. 2000; 14-23.
- 7) Ohshimo S, Yoda M, Itasaki N, Morinaga N, Ichimaru T. Age, growth and reproductive characteristics of round scad *Decapterus maruadsi* in the waters off west Kyusyu, the East China Sea. *Fish. Sci.* 2006; 72: 855-859.

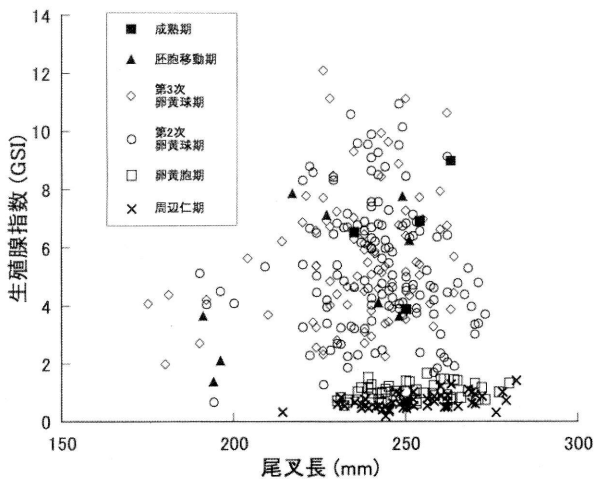


図5 マルアジ雌の各成熟段階における尾叉長と生殖腺指数 (GSI) との関係。

値はほぼ重複しており、大部分が2以上であった。また、周辺仁期と卵黄胞期の卵巣をもつ個体の GSI 値は2以下に限られていた。以上より、GSI = 2が成熟・未成熟を判断する基準値として適当であると考えられる。一方、Ohshimo *et al.*⁷⁾は九州西岸海域のマルアジについて、胚胞移動期の卵巣をもつ個体の GSI 値が概ね4以上であったことから、GSI = 4を基準値と提案している。ただし、上述したように、Ohshimo *et al.*⁷⁾は2歳以上の個体のみ組織観察を行っており、実際、彼らが胚胞移動期の卵巣を認めたのは、尾叉長240mm以上、および2歳以上の個体であった。これに対して本研究では、GSI 値が1.4や2.1の個体にも胚胞移動期の卵巣が確認されており、これらは尾叉長194mmと196mmの1歳魚であった。GSI 値は魚体が小さいほど低い値に集中する傾向がある(図5)。したがって、本研究と Ohshimo *et al.*⁷⁾の成熟基準 GSI 値の相違は、最小成熟年齢に対する認識の違いが一因であると考えられる。

要 約

紀伊水道産のマルアジについて、生殖腺指数の調査と、卵巣の組織学的観察を行った。卵巣成熟段階の周年変化と排卵後濾胞の出現状況より、産卵期は4～8月であり、盛期は6～7月と推測された。また、組織学的観察と生殖腺指数の比較から、5月に卵黄蓄積のピークを向かえた後、6～7月に集中的に産卵が繰り返されるものと推察された。雌の最小成熟年齢は1歳であり、GSI = 2が成熟・未成熟を判断する際の基準値として適当であるものと考えられた。