

キダイの生殖生態

米田道夫^{*1}・依田真里^{*2}

Reproductive Biology of Yellow Sea Bream *Dentex tumifrons*

Michio YONEDA^{*1} and Mari YODA^{*2}

Abstract We described the reproductive characteristics of yellow sea bream, *Dentex tumifrons* in the East China Sea in addition to our recent findings on the spawning season, spawning frequency and batch fecundity of this species. The spawning season of yellow sea bream in the East China Sea is thought to occur twice a year, in spring and autumn, and a female would spawn once during each season, respectively. Our time course sampling showed that yellow sea bream had a regular ovarian maturation cycle and a specific ovulation time of the day. Seasonal change in the ovarian condition of adult specimens suggested that the spawning season of yellow sea bream in the East China Sea occurred throughout almost of the year with higher occurrences of daily spawning fish found in spring and autumn. The estimated batch fecundity of females with mature oocytes was similar to that estimated about 30 years ago. These findings suggest that the annual egg production of yellow sea bream in the East China Sea is much higher than that previously thought.

Key words: yellow sea bream, East China Sea, daily reproductive rhythm, spawning season, annual egg production

キダイ (*Dentex tumifrons*) は本州中部以南から東シナ海、南シナ海およびオーストラリア沿岸に分布する (落合と田中, 1986; 山田, 1986)。本種は西日本海域での重要な漁業資源であり、東シナ海では以西底曳網漁船における主要漁獲対象種として戦前から利用されてきた (真道, 1960)。本種の生殖生態に関する知見は、ほとんどが東シナ海産のものであり、飼育が容易ではないことから、生殖生態に及ぼす環境の影響については不明な点が多い。本稿では、東シナ海産キダイについて、まず分布、産卵期、性成熟・性比における既往知見を紹介し、次に最近明らかにされた卵巣の日周成熟リズム、産卵盛期、バッチ産卵数などの産卵特性を紹介する。

東シナ海の分布

キダイは九州沿岸から台湾までに至る陸棚縁辺付近 (水深100~200m) に広く分布する (Fig. 1)。これらの海域でも、九州西沖、'クチミノセ' 一帯 (北緯29~30°の海域) および台湾北部海域にそれぞれ濃密な群がみられる (真道, 1960; 山田, 1986)。本種の移動は小さく、夏季は浅みに、冬季は深みにという深浅移動を行う程度であり、産卵もそれぞれの分布海域内で行われる。

生殖年周期

既存の報告によれば、東シナ海産キダイの産卵期は

2006年1月6日受理 (Accepted on January 6, 2006)

^{*1} 東北区水産研究所 〒985-0001 宮城県塩竈市新浜町3-27-5 (Tohoku National Fisheries Research Institute, Shinham, Shioyama 985-0001, Japan)

^{*2} 西海区水産研究所 〒851-2213 長崎県長崎市多良良町1551-8 (Seikai National Fisheries Research Institute, Taira, Nagasaki 851-2213, Japan)

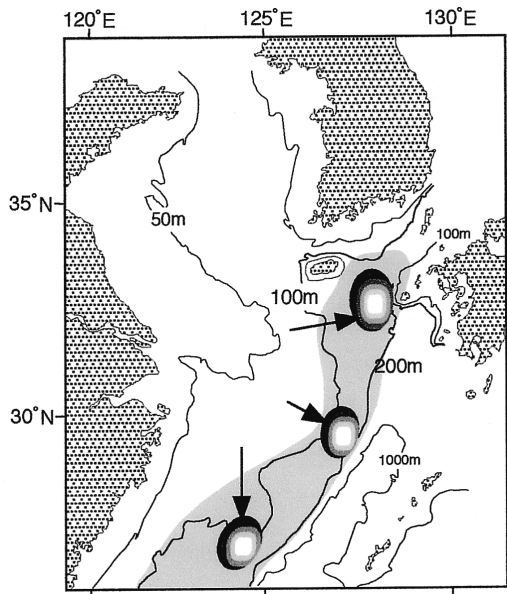


Fig. 1. Geographical distribution of yellow sea bream in the East China Sea. Arrows show the main waters of yellow sea bream distribution.

春と秋の2回である (Shindo and Aoyama, 1954; 真道, 1960; Oki and Tabeta, 1998)。産卵のピークは年齢や海域によっていくらかの差異がみられるが、いずれの場合においても、夏に一時的な産卵の休止期 (8~9月) があると考えられてきた (Shindo and Aoyama, 1954; 真道, 1960; Oki and Tabeta, 1998)。しかし、最近の調査結果では、以下に述べるとおり、

東シナ海産キダイの産卵期が既往の知見とは異なる可能性が示されている。

北緯30°以北で採集されたキダイの生殖腺熟度指数 ($GSI = 100 \cdot \text{卵巣重量} / \text{体重}$) の月別出現状況をFig. 2に示す。卵巣の各成熟段階とGSIの関係から、GSI 2以上の個体は卵黄形成が進行している卵巣を持つと考えられる (Yoda and Yoneda, 2002)。4~11月では、標本の大部分がGSI 2以上であり、8月でも活発に産卵を行っている個体が認められた (「産卵特性」参照)。一方、12~3月では多くの個体がGSI 2未満であったが、春~秋に出現した産卵中の個体と同様の卵巣 (胚胞移動期あるいは成熟期の卵と排卵後濾胞) をもつ雌も確認された。これらの結果は、東シナ海産キダイが個体群として周年にわたり産卵していることを示唆する。

性成熟と性比

東シナ海産キダイ雌魚は尾叉長 (FL) 15cm, 2歳で成熟し, 3歳で約80%が成熟すると報告されている (真道, 1960)。しかし、近年では2歳までに個体群の約50%が成熟すると考えられており、約30年前よりも早熟化の傾向が認められる (Oki and Tabeta, 1998)。性比は年齢によって異なり、4歳までは雌の出現率が高いのに対し、5歳以降では雄の割合が増加する (真道, 1960)。性比の逆転がみられる4~5歳魚において、雌雄両性の生殖腺の出現がみられることから、一部の個体は雌から雄へ性転換すると考えられている (青山,

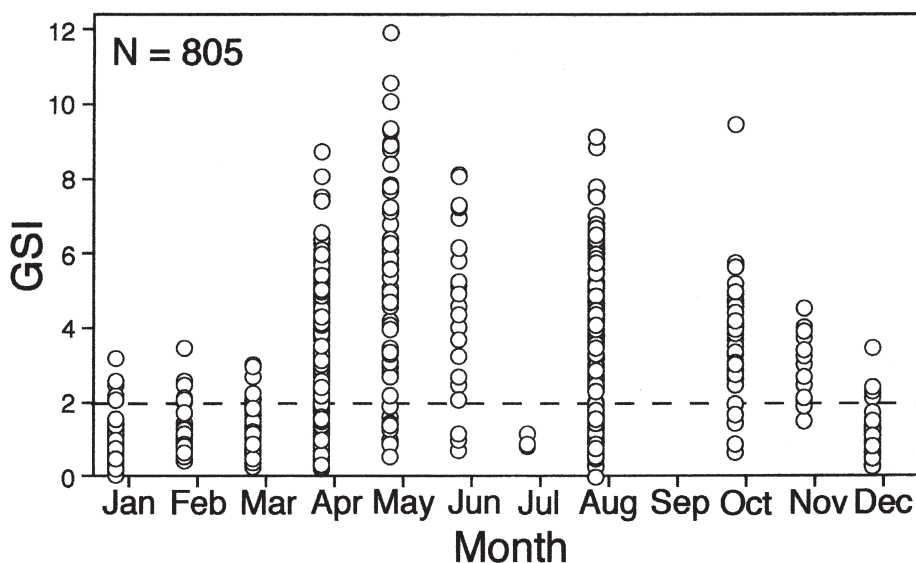


Fig. 2. Gonadosomatic index (GSI) of females yellow sea bream in the East China Sea in different months of the year. Females with $GSI \geq 2$ can be considered as those having vitellogenic ovaries.

1955)。なお、性比が逆転する年齢においても、近年では2～3歳と若齢化している(Oki and Tabeta, 1998)。

産卵特性

東シナ海産キダイは、卵巣内の卵構成(卵径組成)や卵巣の各成熟段階の月別推移から、これまで春と秋に1回ずつ、1年に計2回の産卵と考えられてきた(Shindo and Aoyama, 1954; 真道, 1960)。しかし、キダイの卵巣卵の発達様式は多くの多回産卵魚のそれと類似しているとともに(Hunter and Goldberg, 1980; Oki and Tabeta, 1998)、近縁種のマダイと比べその産卵回数が極めて低いことから(松山, 1991)、本種の産卵特性を再検証する必要性が高まっていた。

2000年5月、東シナ海北東海域において昼夜採集を行い、産卵間近にあるキダイ雌魚の卵巣の成熟状況を調べた(Yoda and Yoneda, 2002)。なお、卵巣の成熟段階は、最も発達が進んだ卵群の成熟段階に基づき、各卵巣卵の組織学的特徴を次のように定義した。第3次卵黄球期(卵径約485～500 μm): 小型の卵黄球が細胞質内を覆い、核周辺部には小型の油球が多数認められる。その後、核周辺部にある油球がそれぞれ融合を開始する; 胚胞移動期(卵径約600～630 μm): 油球が融合することによりその数が減少する。また卵黄球は融合を開始する; 成熟期(卵径約670～760 μm): 核は消失し、卵黄球が活発に融合する。大型の1つの油球が認められる。

また、排卵後濾胞の退行過程を組織学的観察に基づき次のように規定した(Yoda and Yoneda, unpublished data)。前期: 長円形を呈する顆粒膜細胞層および英膜細胞層の核が明瞭で、濾胞腔も認められる; 中期: 濃縮した核をもつ濾胞細胞各層が肥厚し、不規則に密集するとともに、濾胞腔も小さくなる; 後期: 濾胞細胞層が密集した小さな細胞塊となり、濾胞腔は認められない。

1. 卵巣の日周成熟リズム

卵巣内における第1卵群の最終成熟過程には明瞭な日周リズムが認められる。早朝では、成熟期の卵巣と排卵個体が認められるとともに、新しい排卵後濾胞と胚胞移動期の卵巣卵を同時に持つ個体も出現した(Fig. 3)。午前中では、胚胞移動期の卵巣のみが認められた。一方、成熟期の卵巣は午後以降に出現し、夜間には全ての個体が成熟期の卵巣卵を有していた。また、第1卵群に胚胞移動～成熟期の卵巣卵をもつ個体において、第2卵群の出現状況にも同様の規則性がみられた(Yoda and Yoneda, unpublished data)。胚

胞移動期卵は午後以降に出現し、排卵中の個体(成熟卵を有する)にも同じ発達段階の卵巣卵が同時に認められた。

卵巣卵と同様に、排卵後濾胞における各退行段階の時間帯別出現状況にも規則性がみられた(Yoda and Yoneda, unpublished data)。前期の排卵後濾胞は排卵時刻の早朝から出現し、午前中まで認められた。中期の排卵後濾胞は全ての時間帯で認められたが、午後～夜でその出現率が高かった。後期の排卵後濾胞は夜間から出現し、排卵翌日の午前中まで認められた。なお、早朝～午前中において、前期と後期の排卵後濾胞を同時に持つ個体が認められた。

上述した卵巣卵と排卵後濾胞の時間帯別出現状況から、キダイの卵巣卵の最終成熟開始から排卵後濾胞消失までの時間経過は次の通りである。第3次卵黄球期の卵は、排卵日より少なくとも2日前の午後～夜には胚胞移動期に達する。排卵前日の午前中～午後には胚胞移動期から成熟期に移行し、その夜には成熟期に達する。翌日早朝に排卵が起こり、その後引き続いて産卵が行われると考えられる。新しい排卵後濾胞は同日の早朝～午前中に出現し、排卵後濾胞の退行が進んでいく。排卵後濾胞は、排卵翌日の早朝には後期となり、その午前中に卵巣内から消失すると考えられる。これらのことは、キダイの最終成熟が排卵時刻の約30時間前に起こり、排卵後濾胞は排卵後約24時間で卵巣内からほぼ消失することを示している。

2. 産卵活性

卵巣の日周成熟リズムに基づき、連日で産卵していると考えられる各時間帯の卵巣状況は次の通りである

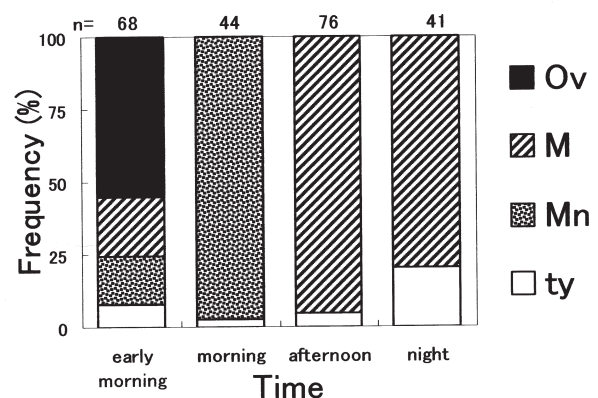


Fig. 3. Frequency of female *D. tumifrons* at different ovarian stages at each sampling time. Ty: tertiary yolk stage, Mn: migratory nucleus stage, M: mature stage, Ov: ovulation, n: number of fish examined.

(Yoda and Yoneda, unpublished data)。午前中では、個体の排卵状況によって3つに区別できる。すなわち排卵直前の個体は、第1卵群に成熟期、第2卵群に胚胞移動期の卵巣卵と退行後期の排卵後濾胞を有する。一方、排卵中あるいは排卵直後の卵巣内には新旧の排卵後濾胞と第1卵群に胚胞移動期の卵巣卵が認められる。午後～夜には第1卵群に成熟期、第2卵群に胚胞移動期のそれぞれの卵巣卵と退行中の排卵後濾胞をもつ。各時間帯において予測される第1, 2卵群および排卵後濾胞の組み合わせを全て持つ個体は、少なくとも3日連続で産卵を繰り返すと考えられる。

各月に採集された成魚産卵群(未成熟, 閉鎖, 休止期除く)における産卵状況を調べた(Yoda and Yoneda, unpublished data)。3日連続で産卵していると考えられる卵巣を持つ個体の出現率は5月(計182個体)82%であった。なお, 同様の方法で他の月に採集された成魚産卵個体についても調べたところ, 4月(計70個体)64%, 8月(計38個体)50%, 10月(計32個体)75%であった。一方, 雌成魚(未成熟期除く; FL \geq 15cm)の中で産卵を終了した閉鎖期, 生殖腺の成熟をまだ開始していない休止期, それらの卵巣をもつ個体の出現率は4月(計144個体)21%, 5月(計252個体)8%, 8月(計47個体)5%, 10月(計34個体)6%であった。

以上の結果から, 東シナ海産キダイは, 個体群として春～秋の長期にわたりほぼ毎日産卵を繰り返しており, 特に春と秋がそのピークであると考えられる。1尾の雌が連日産卵をどのくらい繰り返すのかについては不明であるが, 年2回という推定産卵回数(Shindo and Aoyama, 1954; 真道, 1960)に関してはほぼ否定され, 夏季における産卵の一時的な休止の調査結果(Oki and Tabeta, 1998)も再考の余地があると考えられる。

3. バッチ産卵数

卵巣卵の卵径組成から, キダイでは最も発達した卵が成熟期(前期)に達した時, 分離卵群が形成される(Yoda and Yoneda, 2002)。そこで, 成熟期(排卵個体除く)の卵巣をもつ個体を用いて, 重量法により, バッチ産卵数を推定した。

5月に採集された成熟個体の平均バッチ産卵数(\pm S.D.)は7340 \pm 4794粒(計91個体)であった。なお, 4月と10月に採集された成熟個体についても同様にバッチ産卵数を推定したが, 3期間におけるバッチ産卵数には有意差が認められなかった(ANOVA, $P > 0.05$; Yoda and Yoneda, unpublished data)。5月に採集された標本において, バッチ産卵数(BF)と体重

(BW)の間には有意な相関が認められ, 次式を得た:
 $BF = 42.0 BW(g) - 1411.7$ ($r = 0.73$, $N = 91$)

これらのバッチ産卵数は, 約30年前に同様の手法で推定されたものとほぼ一致する(Shindo and Aoyama, 1954)。しかし, 東シナ海産キダイは個体群として長期にわたりほぼ毎日産卵していると考えられることから, キダイの年間総産卵数における過去の推定値は過小評価であったと推察される。

今後の課題

一般に, 魚類における生殖腺の成熟の開始や停止は, 水温や日照時間などの環境変動によって引き起こされることが知られている(Lam, 1983)。例えば, 春と秋に産卵するトビヌメリでは, 長日と高水温の影響で夏季に一時的な産卵の停止がみられる(Zhu *et al.*, 1989)。東シナ海産キダイの産卵期も春と秋であり, 夏における産卵の一時休止がこれまで報告されてきた(真道, 1960; Oki and Tabeta, 1998)。しかし, 近年の調査結果により, 8月のみならず, 冬でも毎日産卵している個体が確認された。このことは, 日長の変化がキダイの生殖腺の成熟開始や停止に重要な役割を果たしていない可能性を示唆する。キダイと同様に, 東シナ海陸棚縁域に生息するアカアマダイ(山田, 1986), アンコウ(Yoneda *et al.*, 1998), カイワリ(Yoneda *et al.*, 2002)などの底魚類の産卵期も, 他の海域に比べ, 長期におよぶことが報告されている。東シナ海東方海域は周年にわたり黒潮系暖流の影響を強く受ける高水温・高塩分の海域であり, 大陸沿岸水の影響を受ける西方海域と比べ, 季節・年変動の少ない海洋環境となっている(近藤, 1985)。この変動の少ない海洋環境が東方海域産底魚類における産卵期の長期化に影響しているかもしれない。一方, 北緯30°付近における黒潮の東シナ海からの流出により, 東シナ海東方海域では南北で水温の勾配がみられる(近藤, 1985)。このことは, 東シナ海陸棚縁域に生息する底魚類が南北海域において異なる水温レジームを経験していることを示唆している。海洋環境に加え, 生息域の餌環境は個体の生殖腺の成熟開始と進行, 産卵の継続に大きな影響を与えることが知られている(Wootton, 1990)。大西洋マダラでは, 年齢によって産卵開始時期や産卵期間が異なることが知られており(Hutchings and Myers, 1993), 東シナ海産カイワリでも成魚の体サイズによって産卵期が異なる(Yoneda *et al.*, 2002)。このため, 東シナ海産キダイの産卵期の長期化および年間総産卵数を明らかにするためには, 海洋・餌環境, 年齢, 体サイズ(コンディション)などの様々な要因を検討していく必要があると考えられる。

文 献

- 青山恒雄, 1955: レンコダイ *Taius tumifrons* にみられた両性生殖巣. 魚類学雑誌, **4**, 119-127.
- Hutchings J. A. and Myers R. A., 1993: Effect of age on the seasonality of maturation and spawning of Atlantic cod, *Gadus morhua*, in the Northwest Atlantic. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **50**, 2468-2474.
- Hunter J. R. and Goldberg R., 1980: Spawning incidence and batch fecundity in northern anchovy, *Engraulis mordax*. *Fish. Bull.*, **77**, 641-652.
- 近藤正人, 1985: 東シナ海・黄海漁場の海況に関する研究 I. 50m深及び底層における平均水温・塩分の分布. 西水研報, **62**, 19-66.
- Lam T. J., 1983: Environmental influences on gonadal activity in fish, in "Fish Physiology, vol. 9B" (ed. by Hoar, W. S. et al.), Academic Press, New York, pp. 65-116.
- 松山倫也, 1991: 6. マダイ「海産魚の産卵・成熟リズム」(廣瀬慶二編), 恒星社厚生閣, 東京, pp. 78-91.
- 落合 明, 田中 克, 1986: 魚類学(下), 恒星社厚生閣, 東京, pp. 757-771.
- Oki D. and Tabeta O., 1998: Age, growth and reproductive characteristics of the yellow sea bream *Dentex tumifrons* in the East China Sea. *Fish. Sci.*, **64**, 191-197.
- 真道重明, 1960: 東海におけるレンコダイ資源の研究. 西水研報, **20**, 1-198.
- Shindo S. and Aoyama T., 1954: Maturity of the yellow sea bream (*Taius tumifrons*) in the East China Sea. *Bull. Seikai. Reg. Fish. Res. Lab.*, **20**, 1-32.
- Wootton R. J. 1990: Ecology of teleost fishes, 1st ed., Chapman & Hall Ltd, London, 404 pp.
- 山田梅芳, 1986: アカアマダイ, キダイ「東シナ海・黄海のさかな」(岡村収編), 西海区水産研究所, 長崎, pp.160-161, 232-233.
- Yoda M. and Yoneda M., 2002: Assessment of spawning frequency and batch fecundity in the yellow sea bream, *Dentex tumifrons*. *Fish. Sci.*, **68(Suppl. 1)**, 443-444.
- Yoneda M., Futagawa K., Tokimura, M., Horikawa H., Matsuura S., and Matsuyama M., 2002: Reproductive cycle, spawning frequency and batch fecundity of the whitefin jack *Kaiwarinus equula* in the East China Sea. *Fish. Res.*, **57**, 297-309.
- Yoneda M., Tokimura M., Fujita H., Takeshita N., Takeshita K., Matsuyama M., and Matsuura S., 1998: Reproductive cycle and sexual maturity of the anglerfish *Lophiomus setigerus* in the East China Sea with a note on specialized spermatogenesis. *J. Fish Biol.*, **53**, 164-178.
- Zhu Y., Furukawa K., Aida, K., and Hanyu I. 1989: Annual reproductive rhythm of the tobinumeri-dragonet *Repomucenus beniteguri* in lake Hamana. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **55**, 591-599.