

燧灘東部におけるヒラメの成熟サイズと産卵期

山本昌幸・牧野弘靖*

Spawning season of the Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* collected in eastern Hiuchi-Nada, the central Seto Inland Sea, Japan

Masayuki YAMAMOTO, Hiroyasu MAKINO*

We examined the size and age at sexual maturation and spawning season of the Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* in eastern Hiuchi-Nada, the central Seto Inland Sea, based on the gonadosomatic index (GSI). A total of 695 specimens (males: 367, females: 328) were collected from January to June in 1998, 2002 and 2004. The minimum size at sexual maturation was 218 mm in total length (TL) for male and 386 mm TL for female. More than 50% of 1-y-old males seemed to be mature while most females were considered to be mature the birth after two years. Monthly changes in GSI and the periods of occurrences of larvae and juveniles suggested that the spawning in these waters occurred from March to June with a peak between April and May.

キーワード：ヒラメ，成熟，産卵期，生殖腺熟度指数，瀬戸内海

香川県においてヒラメ *Paralichthys olivaceus* は、主に小型底びき網、小型定置網（柵網）、建網で漁獲され、近年では130トン程度の漁獲量がある¹⁾。ヒラメは栽培漁業や資源管理型漁業の対象種であり、香川県においては稚魚期の生態²⁾ や年齢と成長^{1,3)} に関する研究が行われているが、成熟に関する知見は乏しい。成熟サイズや産卵期の知見は、資源評価や資源管理の効果試算に重要な情報となることから、太平洋⁴⁾、日本海⁵⁾、鹿児島湾⁶⁾、長崎県⁷⁾、瀬戸内海⁸⁻¹⁰⁾ などの日本各地で行われ、ヒラメは海域によって成長や成熟年齢が異なることが明らかとなった^{11,12)}。本研究では、瀬戸内海中央部に位置する燧灘東部海域で漁獲されたヒラメの生殖腺熟度指数から成熟サイズ、年齢および産卵期を検討した。

材料および方法

本研究では、1998年、2002年、2004年の1月から6月までに燧灘東部海域で大浜漁業協同組合（現在、西詫間漁業協同組合）の小型定置網（柵網）および大浜漁業協同組合と観音寺漁業協同組合の小型底びき網で漁獲された雄367個体（全長178～479 mm）、雌328個体（187～776 mm）を用いた（Table 1, Fig.1）。標本は、全長（1 mm）、体重（0.1 g）、生殖腺重量（0.01 g）、

胃内容物重量（0.01 g）の測定および生殖腺の肉眼観察による性判定を行った。さらに年齢査定のために耳石（扁平石）を摘出した。年齢査定は、1月1日を年齢基準日と仮定し、耳石の表面の不透明帯数に基づき行った¹⁾。生殖腺熟度指数（Gonadosomatic index [GSI]）は、生殖腺重量×100 / （体重－胃内容物重量）とした。成熟の基準は、北川ら⁴⁾ と竹野ら⁵⁾ の結果に基づき、雄ではGSIが1.0以上、雌では2.0以上の個体とした。これらのGSI値は雄では輸精管内に精子が充満した完熟精巣もしくは排精後と考えられる放精精巣、雌では卵黄形成の進んだ半熟卵巣に該当する⁵⁾。なお、ヒラメでは産卵にともなう生殖腺重量の減少が認められることから（結果参照）、成熟全長・年齢の解析では産卵期の前半（3月下旬～4月）に採集された標本のみを用いた。雌雄の50%成熟全長・年齢は、全長10 mm毎、年齢1歳毎に求められた成熟率（成熟個体数/検体数）にロジスティック曲線 $[Y=1/(1+e^{-(ax+b)})]$ ；式(1)を、非線形最小二乗法で当てはめることによって推定された¹³⁾。

結 果

成熟サイズを検討するため、雌雄別に全長とGSIの関係を調べた（Fig. 2）。雄において、GSI 1.0以上とな

* 現 香川県水産課

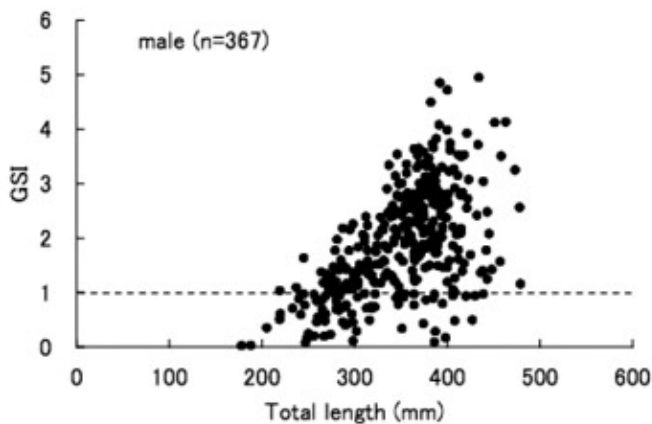
る最小成熟サイズは全長218 mmであり、2.0を超えるものは全長281 mmであった。サイズごとのGSIの最大値をみると、サイズが大きくなるに伴い、GSIの最大値は大きくなり、全長400 mm以上では5.0程度の個体が出現した。雌では、GSI 2.0以上となる最小成熟サイズは386 mmで、このサイズを境にGSIが5.0を超える個体が出現し、420 mmを超えるとGSI 10.0以上の個体が出現し始め、GSI 14.0以上の個体も出現した。

全長と成熟率の関係を雌雄別にFig. 3に示す。推定したロジスティック曲線は実測値の変化をよく表していた。雄と雌の50%成熟全長は、それぞれ261 mmと398 mmであった (Table 2)。年齢と成熟率の関係をみると、雄では1歳魚の59%が成熟し、2歳魚以上では90%以上が成熟していた (Fig. 4)。雌では、1歳魚は成熟していなかったが、2歳魚以上では雄と同じく90%以上が成熟していた。雄と雌の50%成熟年齢は、それぞれ0.8歳と1.8歳であった (Table 3)。

漁獲日とGSIの関係および旬毎のGSIの平均値を雌雄別にFig. 5に示す。GSI 1.0以上の雄が出現したのは2月下旬～6月中旬であり、3月下旬～5月中旬にはGSI 2.0以上の個体が多く出現した。雌については、2月中旬～6月中旬においてGSI 2.0以上の個体が出現し、特に

Table 1 Collection record of the Japanese flounder samples in this study

| | Ohama | | Kan-onji |
|----------|-----------|---------|-----------|
| | trawl-net | set-net | trawl-net |
| (male) | | | |
| 1998 | 65 | 163 | 31 |
| 2002 | | 33 | 25 |
| 2004 | | 48 | 2 |
| (female) | | | |
| 1998 | 33 | 118 | 41 |
| 2002 | | 40 | 46 |
| 2004 | | 42 | 8 |



GSI 5.0以上の個体の多くが4月上旬～5月下旬に認められた。

考 察

本研究ではGSIを指標として成魚の判定を行った。一般に、生殖腺の成熟度合いは肉眼観察や組織学的観察によって調べられている。それらに比べ、GSIだけの判定は個体の成熟状態を必ずしも反映していない可能性がある¹⁴⁾。しかし、竹野ら⁵⁾では、肉眼観察に基づいたヒラメ雌雄のGSI値が、他の海域においても、成熟度合いを判定し得る指標として有効であることを示唆している。本海域においても生殖腺の肉眼・組織観察に基づく熟度判定方法を早期に確立する必要がある



Fig. 1. Map showing the sampling area of Japanese flounder in eastern Hiuchi-Nada, the central Seto Inland Sea.

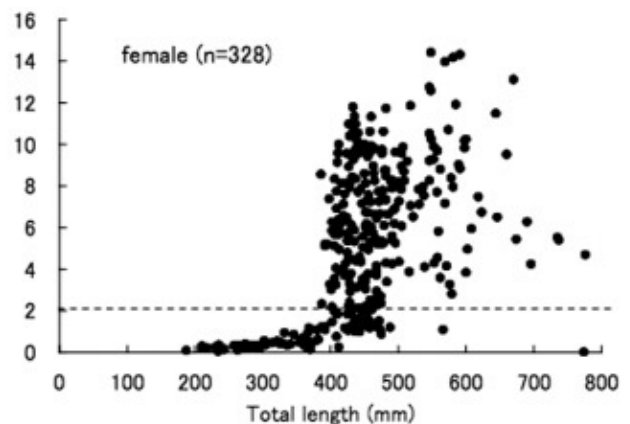


Fig. 2. Relationship between total length and gonadosomatic index (GSI) for the Japanese flounder collected in eastern Hiuchi-Nada. The dotted lines indicate the criterion of mature by Kitagawa et al.⁴⁾ and Takeno et al.³⁾

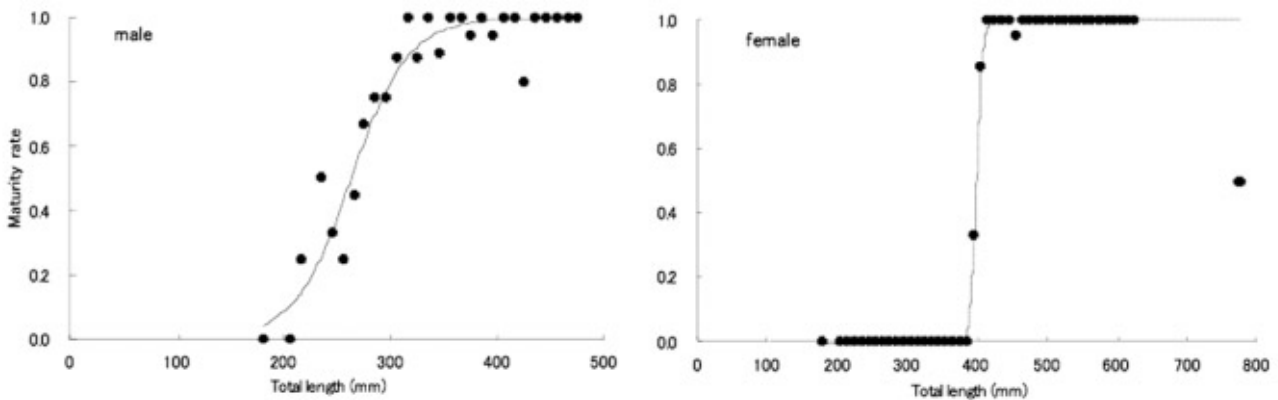


Fig. 3. Relationship between total length and maturity rate for the Japanese flounder collected between late March and April in eastern Hiuchi-Nada. The curves indicate the estimated logistic curve for maturity rate.

るが、本研究ではそれら知見に従い、本海域におけるヒラメの性成熟や産卵期間の把握を試みた。

本研究から、燧灘東部海域におけるヒラメの最小成熟年齢（全長）は、雄1歳（218 mm）、雌2歳（386 mm）であり、雌雄ともに2歳以上の個体のほとんどが成熟しているとみなされた。日本周辺海域における雄の最小成熟年齢は2~3歳であり¹¹⁾、1歳で成熟していたのは本研究と徳島県紀伊水道・紀伊水道外（太平洋沿岸）⁹⁾のみである。しかし、徳島県の雄魚の最小成熟全長は約300 mmであることが報告されており⁹⁾、本研究の最小成熟全長である218 mmよりも大型である。本研究ではGSI 2.0以上の個体が全長300 mm以下でも多く出現したことから、300 mm以下の個体であっても産卵活動に関与していることが示唆される。なお、同一系群の伊予灘での雄魚の最小成熟全長は約300 mm、1歳雄の成熟割合は4.4%であると報告されている¹⁰⁾。本研究と伊予灘での報告では、共に組織学的観

察などに基づく詳細な成熟度合いの結果に反映されたものではないため、成熟の判定基準が異なる可能性がある。一方、同じ成熟判定方法を用いても、北日本太平洋沿岸のヒラメでは海域間によって雄の成熟サイズや年齢に相違が認められている¹²⁾。このため、今後、雄の成熟判定の基準を瀬戸内海産ヒラメにおいても統一することにより、雄の成熟開始に及ぼす成長や栄養状態、環境などの影響を明らかにしていくことが必要である。雌についてみると、日本周辺海域における雌の最小成熟年齢は2~4歳であるが、最小成熟全長はほぼ全ての海域で全長400 mm以上であることが報告されており¹¹⁾、本海域の雌は他の海域に比べ小型で成熟することが示唆される。一方、瀬戸内海周辺の雌魚の最小成熟年齢（全長）は2歳（400 mm前後）であり、2歳魚の70%以上が成熟していることが報告されている⁸⁻¹⁰⁾。これらのことは、瀬戸内海周辺のヒラメの成熟開始のメカニズムが日本沿岸の他の海域とは異なる

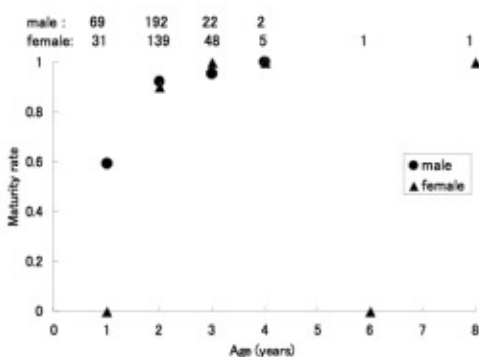


Fig. 4. Relationship between age and maturity rate for the Japanese flounder collected between late March and April.

Table 2 Estimated parameters in logistic equation (1) expressing maturity rate as a function of total length. Prediction of length at 50% maturity ($L_{50\%}$) between late March and April.

| sex | n | Parameter | | $L_{50\%}$ (mm) |
|--------|-----|-----------|--------|-----------------|
| | | a | b | |
| male | 285 | -0.037 | 9.85 | 261.4 |
| Female | 225 | -0.263 | 104.61 | 397.8 |

Table 3 Estimated parameters in logistic equation (1) expressing maturity rate as a function of age. Prediction of age at 50% maturity ($A_{50\%}$) between late March and April.

| sex | n | Parameter | | $A_{50\%}$ (years) |
|--------|-----|-----------|-------|--------------------|
| | | a | b | |
| male | 285 | -1.94 | 1.55 | 0.80 |
| Female | 225 | -11.21 | 20.22 | 1.80 |

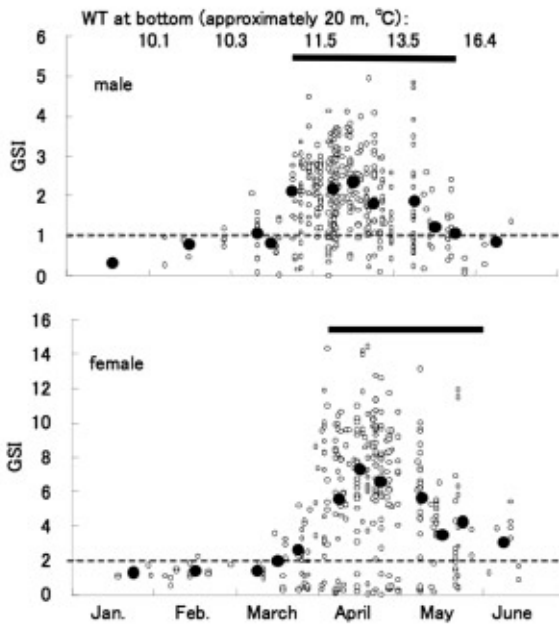


Fig. 5. Seasonal change in gonadosomatic index (GSI) for the Japanese flounder in eastern Hiuchi-Nada. Horizontal think bars in the figure indicate periods when mature fish appeared. Closed and opened circles show mean GSI in the each period and GSI of individuals, respectively.

可能性を示唆している。

本研究において、成熟していると考えられる個体は2月下旬～6月中旬に出現し、特に4月下旬～5月中旬ではGSIが雄では2.0以上、雌では5.0以上の個体が多数認められた。竹野ら⁵⁾によると、若狭湾のヒラメにおけるそれらのGSI値は、雄では放精、雌では完熟・産卵に相当することが示されている。これらのことから、燧灘東部海域におけるヒラメの産卵期が3～6月であり、その盛期は4月～5月中旬（底層海水温[水深約20 m]：12～15℃）であることが示唆された。燧灘におけるヒラメ浮遊仔魚の出現時期は、4月～7月^{15, 16)}と上記の結果を支持している。宇和海と徳島県紀伊水道・紀伊水道外のヒラメの産卵期は、それぞれ2～3月¹⁰⁾と2～5月⁹⁾であると報告されている。一方、広島県と伊予灘・燧灘の本種の産卵期は、それぞれ3～6月（盛期：4～5月）⁸⁾、3～5月（盛期：4月）¹⁰⁾である。本研究の結果を含めて考えると、瀬戸内海中央部におけるヒラメの産卵期は3～6月（盛期：4月～5月）であると考えられる。

本研究では、瀬戸内海中央部の産卵期は3～6月と4ヵ月間となったが、砂浜域における着底直後の稚魚の出現時期は、5月下旬～6月下旬¹⁷⁾の約1ヵ月半であり、産卵期の前半および（または）後半に産出された卵の生残率は著しく低いことが推察される。今後、瀬戸内

海における本種の加入変動機構を明らかにするため、親魚の年齢別の産卵開始時期、加入した稚魚の産卵時期の産卵状況や環境などを調べ、ヒラメ仔稚魚の生残が母性効果や環境の影響をどの程度受けているのか把握していくことが望まれる。

謝 辞

サンプル採集に協力して頂いた西詫間および観音寺漁業協同組合の役職員の皆様に感謝する。本研究へのご助言および原稿の校閲をして頂いた中央水産研究所の米田道夫博士に心から感謝する。

文 献

- 1) 山本昌幸：2007，香川県におけるヒラメの漁獲量と年齢全長相関表．香水試研報，8，9-15.
- 2) Yamamoto M：2007，Feeding ecology of settled Japanese flounder in nursery grounds in eastern Hiuchi-Nada, the Seto Inland Sea Japan. Bull. Kagawa Pref. Fish. Exp. Stn., 8, 17-67.
- 3) 山本昌幸・牧野靖弘・香川 哲：2001，香川県燧灘における浅海域の生態特性．漁場生産力モデル開発基礎調査（燧灘・備後下伊予灘海域）総括報告書，瀬戸内水研，広島，51-71.
- 4) 北川大二・石戸芳男・桜井泰憲・福永辰廣：1994，三陸北部沿岸におけるヒラメの年齢，成長，成熟．東北水研研報，56，69-76.
- 5) 竹野功一・濱中雄一・木下 泉，宮嶋俊明：1999，若狭湾西部海域におけるヒラメの成熟．日水誌，65，1023-1029.
- 6) 小澤貴和・黒岩博文・鶴田和弘：1996，九州南西海域産ヒラメの成熟年齢と年間総産卵数．日水誌，62，733-739.
- 7) 田代征秋・一丸俊雄：1995，長崎県近海域におけるヒラメの漁業生物学的特性．長崎水試研報，21，37-49.
- 8) 広島県：1995，放流技術開発事業総括報告書資料編（瀬戸内・九州海域ブロックヒラメ班），西海区水研・南西区水研，1-31.
- 9) 徳島県：1995，放流技術開発事業総括報告書資料編（瀬戸内・九州海域ブロックヒラメ班），西海区水研・南西区水研，1-38.
- 10) 愛媛県：1995，放流技術開発事業総括報告書資料編（瀬戸内・九州海域ブロックヒラメ班），西海区水研・南西区水研，1-38.
- 11) 南 卓志：1997，生活史特性．「ヒラメの生物学と資源培養」（南 卓志・田中 克編）恒星社厚生閣，東京，9-24.

- 12) Yoneda M., Kurita Y, Kitagawa D, Ito M : 2007, Spatial variation in the relationship between growth and maturation rate in male Japanese flounder off the Pacific coast of northern Japan. *J. Sea Res.*, **57**, 171–179.
- 13) 東海 正 : 1997, MS-Excelのソルバーによる曳網の網目選択性Logistic式パラメータの最尤推定. *水産海洋研究*, **61**, 288–298.
- 14) 渡邊千夏子 : 2001, 成熟. 「平成12年度 資源評価体制 確立推進事業報告書, 資源解析手法教科書」. 日本水産資源保護協会, 東京, 62–72.
- 15) 小路 淳・前原 務・武智昭彦・谷川貴之・村田憲之・田中 克 : 2002, 瀬戸内海中央部の燧灘において採集された仔稚魚. *日水誌*, **68**, 835–842.
- 16) 武智昭彦・前原 務 : 2002, 愛媛県燧灘における浅海域の生態特性. 漁場生産力モデル開発基礎調査 (燧灘・備後下伊予灘海域) 総括報告書, 瀬戸内水研, 広島, 26–50.
- 17) Yamamoto M, Makino H, Kagawa T, Tominaga O : 2004, Occurrence and distribution of larval and juvenile Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* at sandy beaches in eastern Hiuchi-Nada, the central Seto Inland Sea, Japan. *Fish. Sci.*, **70**, 1098–1105.

