



青森県深浦沖で採集された雌雄同体個体のマダイ

石黒智大¹・成松庸二²

Author & Article Info

¹ 青森県産業技術センター水産総合研究所（平内町）

tomohiro_ishikuro@aomori-itc.or.jp (corresponding author)

² 国立研究開発法人水産研究・教育機構 水産資源研究所 底魚資源部
（八戸市）

Received 25 June 2024

Revised 28 June 2024

Accepted 28 June 2024

Published 01 July 2024

DOI 10.34583/ichthy.46.0_6

Tomohiro Ishikuro and Yoji Narimatsu. 2024. Record of abnormal hermaphroditism in the Japanese Seabream, *Pagrus major*, from Aomori Prefecture, northern Japan. *Ichthy, Natural History of Fishes of Japan*, 46: 6–10.

Abstract

Pagrus major (Temminck and Schlegel, 1844) exhibits non-functional hermaphroditism, where juveniles and adolescents are simultaneous hermaphrodites and differentiate into separate sexes upon maturation. In this study, a large hermaphroditic individual of *Pagrus major* was collected from the coastal waters of the Sea of Japan, Aomori Prefecture. Histological observations of the hermaphroditic gonads and age determination using sagittal otoliths were conducted. Additionally, the reproductive annual cycle of *Pagrus major* in this area was estimated using the gonadosomatic index. Age determination revealed that this individual was 25 years old. Histological observations of the gonads showed the presence of oocytes at the advanced stages of late yolk globule and migratory stages in the ovarian part, and a large number of spermatozoa in the testicular part, indicating that this 25 years old individual was at least functionally matured.

マダイ *Pagrus major* Temminck and Schlegel, 1844 は、日本国内においては北海道全沿岸から九州南岸の日本海・東シナ海・太平洋沿岸、瀬戸内海、屋久島、奄美大島、喜界島、沖縄、東シナ海大陸棚域に分布し（林・荻原, 2013; 本村, 2023）、全国各地で沿岸漁業および養殖の対象となっている水産業上の重要魚種の一つとして知られている（山本ほか, 2023）。マダイの成熟や産卵に関する知見はいくつかあり（例えば、松浦, 1972; 北島, 1978; Matsuyama et al., 1988; 唐川, 2001; 長野・片山, 2015）、これらによると海域や環境、成長差、性別等によって変化するものの、

本種はおおむね4歳までに大部分が成熟すると推定されている。また、Matsuyama et al. (1988) は、0–8歳魚（尾叉長95.9–473.0 mm）のマダイについて生殖腺の組織学的観察を行い、2歳魚では間性生殖腺を持つ雌雄同体性の個体が見られるが、3歳魚以降はほぼ全ての個体が雌雄異体となることを示した。したがって、通常、マダイからは約3歳未満の未熟な幼魚期にのみ雌雄同体性の個体が発見され、成熟する4歳以上の成魚期には雌雄異体性になると考えられる。しかしながら、本種において比較的大型・高齢であっても間性生殖腺を持つ個体は稀に報告されている（塩田, 1992; 唐川, 2001）。唐川（2001）は、9歳魚マダイの雌雄同体個体を発見し、この個体の間性生殖腺について肉眼観察を行ったところ、卵巣部分の外観がよく発達していることから、この個体の生殖腺が機能的である可能性を示唆した。その一方で、精巣部分についての検証が行われていないほか、成魚マダイの間性生殖腺の組織学的構造についてはこれまで調べられておらず、これらの雌雄同体個体についての成熟状態の詳細は明らかにされていない。

このたび、青森県日本海側海域において、大型で高齢なマダイで間性生殖腺を持つ雌雄同体個体が1個体採集された。本研究では、この雌雄同体個体のマダイについて間性生殖腺の組織学的観察と耳石による年齢査定を行った。さらに、本海域におけるマダイの生殖年周期を生殖腺重量指数により推定し、本種にみられた雌雄同体現象の特徴について考察した。

材料と方法

本標本は、2023年7月6日に青森県深浦沖の底建網によって採集された。標本は、実験室内で尾叉長および標準体長を1 mm単位で、体重(BW)および内臓除去重量を0.1 g単位で測定し、生殖腺および耳石（扁平石）を摘出した。取り出した生殖腺は重量(GW)を0.01 g単位で測定し、外見の状態を観察および写真撮影した後、10%海水希釈ホルマリンで固定した。耳石は、洗浄後に乾燥した状態で保存した。採集した耳石から、長野ほか（2014）の方法を参考に薄片標本を作製し、輪紋数を計測し、年齢査定を行っ

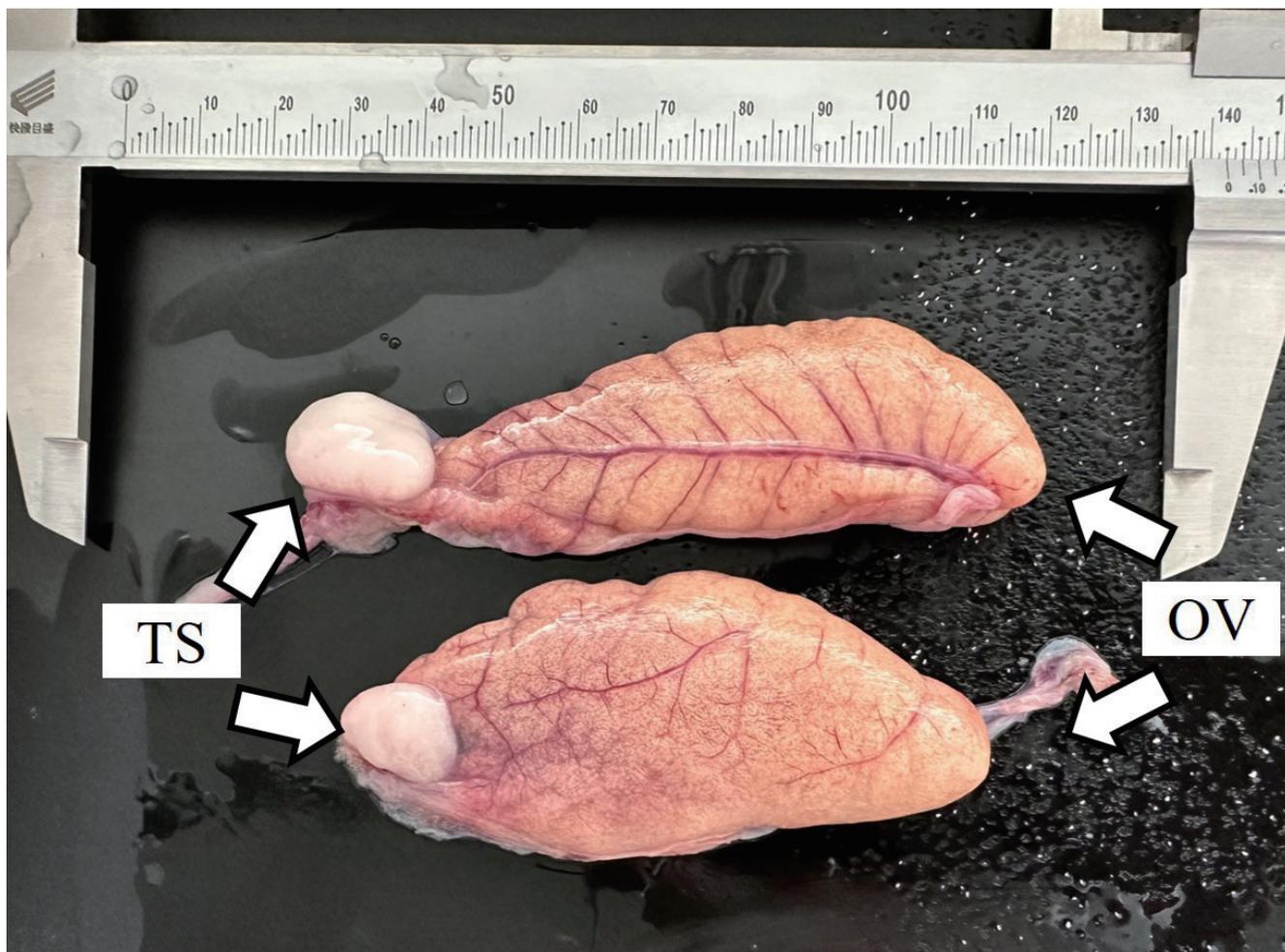


Fig. 1. Gonad of hermaphroditic *Pagrus major* (FAKU 151979, 548 mm FL) collected from Aomori Prefecture (Sea of Japan), Japan: TS: testicular region; OV: ovarian region.

た。耳石薄片標本の作成は、以下の手順にて行った。まず、耳石をエポキシ樹脂で包埋した。包埋した耳石標本を数日間硬化させ、硬組織用薄片切断機（1600型、Leica社）を用いて、短軸方向に耳石核を挟むおよそ500 μm の薄片として切断、薄片標本を作成した。得られた耳石薄片標本を、実体顕微鏡にて落射光の下で観察し、耳石断面における不透明帯の数を計測し、年齢を決定した。

成熟状態を推定するために、長野・片山（2015）に従い生殖腺重量指数（以下、GSI） $[\text{GW} / (\text{BW} - \text{GW}) \times 10^3]$ を求めた。ホルマリン固定された生殖腺から、3か所（卵巣部分、精巣部分、卵巣と精巣の境界部分）の組織片を摘

出した。次にそれぞれの組織片を、エタノール系列で脱水後、パラフィン包埋を施し、ミクロトームを用いて厚さ約6–7 μm の切片を作製した。作成した組織切片は、ヘマトキシリン・エオシン染色を施し、光学顕微鏡によって組織学的に観察した。卵巣部分および精巣部分の組織観察は、卵巣は土居内・吉本（2009）および Havimana et al.（2020）、精巣は土居内・吉本（2009）および Havimana et al.（2021）を参考にして行った。なお、本標本における生殖腺とその組織切片は、京都大学舞鶴水産実験所（FAKU）に所蔵されている。

間性個体と通常の雌雄異体個体の成熟進行を比較する

Table 1. Fork length range, body weight range, collecting month and number of specimens of *Pagrus major* collected from off Aomori Prefecture (Sea of Japan), each year and examined in the study.

Year	Month	N			Fork length (mm)	Body weight (g)
		Female	Male	Total	Min.–Max.	Min.–Max.
2018	Apr.–Aug., Oct., Nov.	271	225	496	168–700	96.9–6709.0
2019	Jan., Feb., Apr.–Aug., Oct.–Dec.	432	356	788	156–677	76.8–6296.9
2020	Feb., Apr.–Jul., Dec.	227	228	455	163–703	91.2–6191.0
2021	Feb., Apr.–Jun., Dec.	223	211	434	135–550	74.0–2917.9
2022	May–Jul., Dec.	306	301	607	130–693	46.3–6886.5
2023	May–Jul., Oct., Nov.	210	166	376	155–729	78.7–7702.3
Total		1669	1487	3156	130–729	46.3–7702.3

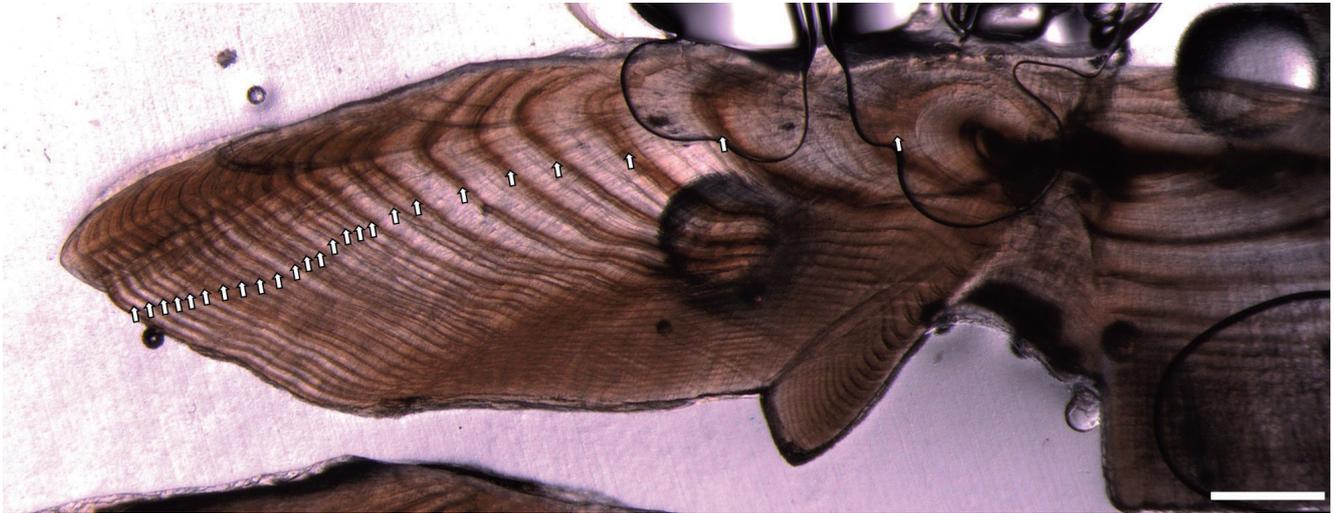


Fig. 2. Otolith by transverse section of *Pagrus major* (FAKU 151979, 548 mm FL) collected from Aomori Prefecture (Sea of Japan), Japan. Arrow indicates opaque zone. The scale bar indicates 2.0 mm.

ために、青森県日本海側海域における雌雄異体マダイの生殖年周期の推定を行った。推定には、2018年4月から2023年11月の期間に、当海域の水深25 mから100 mを中心に操業する底建網によって漁獲され鱈ヶ沢漁港または北金ヶ沢漁港に水揚げされた漁獲物（雌： $n = 1,669$ ，雄： $n = 1,487$ ）を用いて行われた（Table 1）。得られた漁獲物は、間性個体標本と同様の測定（尾叉長，体重，生殖腺重量）と年齢査定（耳石薄片法）を行い，GSIを算出した。このGSIに関して，雌雄別の月別推移を調べることで，生殖年周期を求めた。また，間性個体と同程度（ ± 1 歳）の年齢の個体（雌： $n = 9$ ，雄： $n = 11$ ）を抽出し，これらの尾叉長の平均，標準偏差および範囲を算出した。

結 果

間性個体を測定した結果，尾叉長548 mm，標準体長483 mm，体重3212.9 g，内臓除去重量2790.7 g，生殖腺重量40.75 gで，GSIは12.85であった。本個体の間性生殖腺（FAKU 151979）は，左右生殖腺ともに後方（臀鰭側）に精巣，前方（頭側）に卵巣があり，それぞれの結合部は癒着していた（Fig. 1）。卵巣部分は淡い橙色を呈し，血管は発達しており膨張していたが，その内部において吸水卵は確認できなかった。精巣部分は，乳白色を呈していた。耳石薄片標本による年齢査定の結果，間性個体は25歳魚と推測された（Fig. 2）。

生殖腺の組織観察の結果，雌雄接合部分では，卵巣及び精巣どちらかの生殖細胞が見られ，雌雄それぞれ繊維性結合組織層によって分離していた（Fig. 3A）。卵巣部分においては，卵黄蓄積が進んだ後に退行吸収したと考えられる，いわゆる退行卵が確認された。また，卵巣の他の部位の組織観察では，後期卵黄球期や核移動期の発達段階の卵母細胞が観察された一方で，排卵後濾胞は確認されなかった（Fig. 3B）。精巣部分においては，精母細胞，精細胞，

および精子といった複数の発達段階の細胞が混在していたものの，ほとんどが精子で満たされている様子が観察された（Fig. 3C）。

得られた雌雄異体のマダイ漁獲物を用いて，GSIの月別推移を雌雄別に求めた（Fig. 4）。全ての調査年を通じて雌雄どちらもGSIは4月から増大し，5月に最も高い値を示し，6–7月は降下し，8月以降に低い値で推移していた。雌雄異体のマダイ漁獲物のうち，24–26歳魚の尾叉長（平均 \pm 標準偏差）は，雌で 611 ± 57 mm（範囲は512–709 mm），雌で 622 ± 37 mm（範囲は576–686 mm）であった。これらの結果から，本報告の間性マダイの尾叉長（548 mm）が，雌雄異体マダイと比較して，小型であることが示された。

考 察

魚類における性は，雌雄異体現象と雌雄同体現象があり，雌雄同体現象には同時的雌雄同体，雄性先熟（雄から雌への性転換），雌性先熟（雌から雄への性転換），双方向性転換の4タイプ知れている（Kuwamura et al., 2020）。その他，雌雄同体現象は機能的雌雄同体現象および非機能的雌雄同体現象に分類されている（Atz, 1964; Sunobe and Hagiwara, 2013）。マダイは，成熟が進行しない2歳以下の幼魚期までは同時的雌雄同体の個体が出現するものの，その後，成熟が進行するときには雌雄異体へと分化するため（Matsuyama et al., 1988），非機能的雌雄同体現象に分類可能であると推測できる。本報告のマダイ間性生殖腺（FAKU 151979）は，Matsuyama et al. (1988)で示されていた2歳魚の間性生殖腺と，外観から卵巣及び精巣部分が明瞭に確認できる点，左右生殖腺共に間性である点，卵巣部分と精巣部分が結合組織層で分離している点において類似している。しかしながら，本報告で示された間性のマダイは尾叉長548 mm，年齢25歳であり，従来知見（例えば

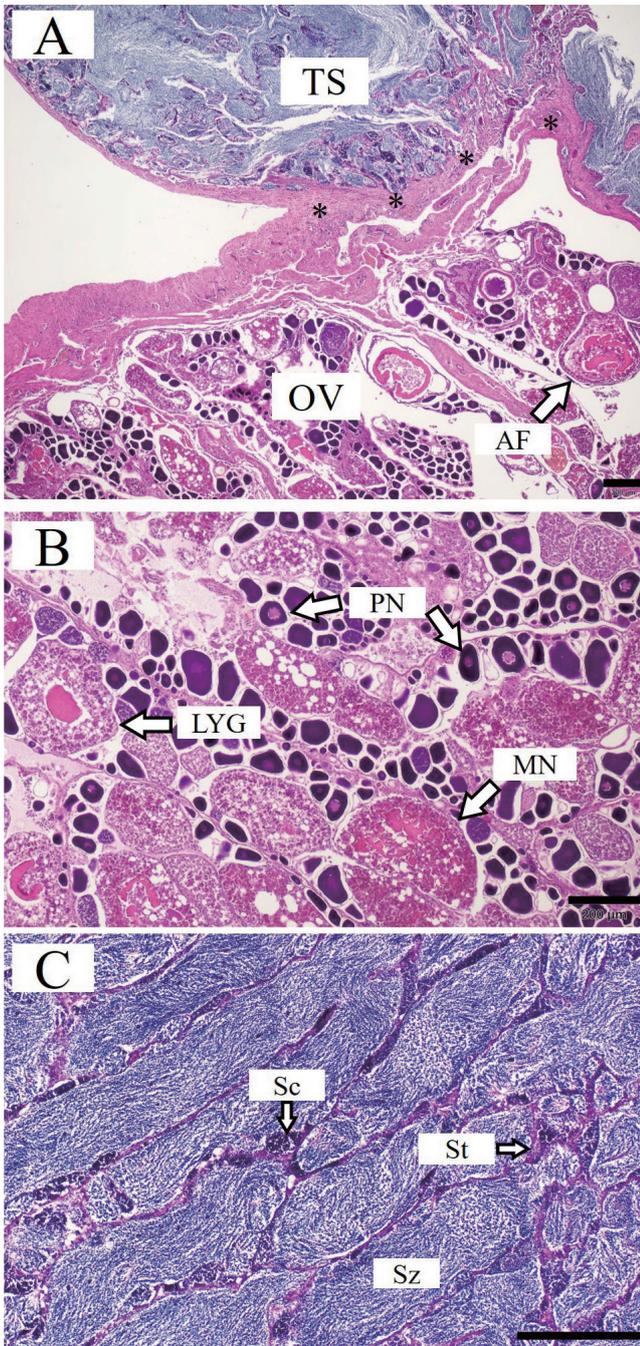


Fig. 3. Histological sections of Hematoxylin-Eosin stained hermaphroditic gonad tissue from *Pagrus major* (FAKU 151979, 548 mm FL) collected from Aomori Prefecture (Sea of Japan), Japan. A: boundary between ovary and testis; B: ovary; C: testis; *: fibrous connective tissues; TS: testicular region; OV: ovarian region; PN: peri-nucleus; LYG: late yolk globule; MN: migratory nucleus; AF: atretic follicle; Sc: spermatocytes; St: spermatids; Sz: spermatozoa. Scale bars indicate 200 μm .

北島, 1978; Matsuyama et al., 1988; 唐川, 2001; 長野・片山, 2015) で得られていた本種の成熟尾叉長・年齢(尾叉長 230–320 mm 以上, 4 歳以上)を大幅に超えるものであった。本研究における間性マダイは, 著者らがマダイ漁獲物を測定する過程で偶然発見されたものであり, これまで測定した青森県日本海側海域におけるマダイ 3,157 個体において, このような形態を持つものは本報告の 1 例のみであ

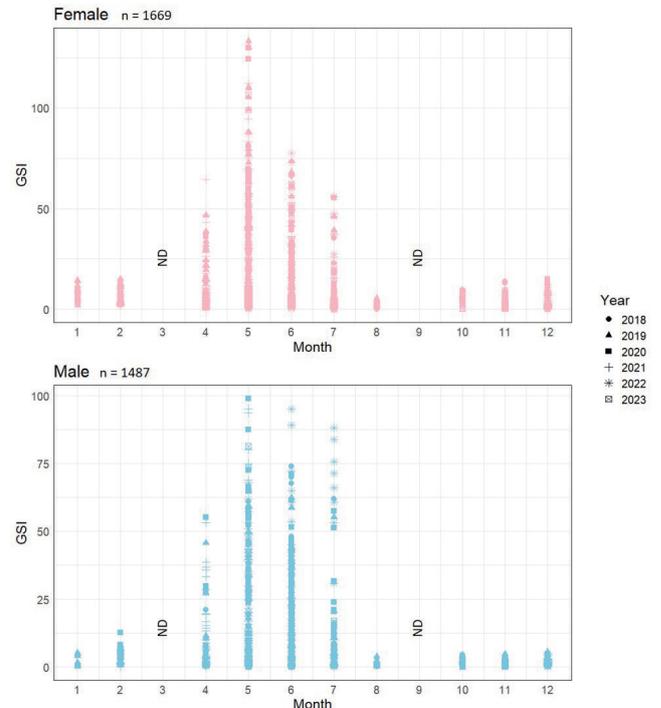


Fig. 4. Monthly changes in gonad somatic index (GSI) of *Pagrus major* collected from off Aomori Prefecture (Sea of Japan), Japan from 2018 to 2023.

る。したがって, 卵巢精巢の双方を持つ本標本は, 明らかな異常個体, 奇形的な雌雄同体であると推測され, 極めて稀な例であると考えられた。また, これまで報告があった間性生殖腺を持つマダイの最高齢は, 唐川 (2001) による 9 歳魚であったが, 本報告の間性マダイは 25 歳魚と推定され, 年齢を大幅に更新する個体であった。

青森県日本海側海域におけるマダイの GSI の月別推移の結果から, 本海域における本種の産卵期は 4 月から 7 月の期間であると推測され, その内, 間性個体標本が採集された 7 月は産卵期もしくは直後期に該当すると推察された。間性個体標本の生殖腺の組織観察の結果, 卵巢部位の最も発達した卵母細胞は核移動期にあり, その他では後期卵黄球期に属するものや退行卵が確認された。核移動期は成熟期に分類されることもあり (栗田, 2010), 核移動から排卵, 産卵までは短期間で起きると考えられている (松山, 2006)。また, 精巢には精子が見られたことから, 本間性個体は卵巢, 精巢部位ともに成熟まで達する機能を有していたと考えられる。卵巢については, 排卵後濾胞が見られなかったこと, 退行卵が比較的多く見られたことから, 排卵・産卵にまで至っていない可能性もあるが, 採集された時期が本海域のマダイの産卵期の後期もしくは直後期に相当することから, 単に産卵間隔が長くなっている, あるいは何らかの要因で退行吸収が起こりやすい状況であった可能性も考えられる。これらのことから, この間性個体は成熟した雌雄として機能し, 繁殖に関与する可能性があったと考えられた。

本報告の間性個体の尾叉長は 548 mm であり、同程度の年齢である同海域の雌雄異体マダイの尾叉長平均よりも小型であった。その一方で、この尾叉長は雌の 24–26 歳魚の範囲 (512–709 mm) 内であったため、本報告のみでは奇形的な雌雄同体現象が成長に与える影響を評価することはできない。従って、これらを明らかにするためにはより多くの事例による比較が求められる。

魚種における奇形的な雌雄同体現象は、カツオ *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus, 1758) (Ashida et al., 2018), トラフグ *Takifugu rubripes* (Temminck and Schlegel, 1850) (鈴木, 1997; 河合・松原, 2011), ニホンウナギ *Anguilla japonica* Temminck and Schlegel, 1846 (Takahashi and Sugimoto, 1978), サケ *Oncorhynchus keta* (Walbaum, 1792) (中務, 1965; 足田・橋本, 1978), マサバ *Scomber japonicus* Houttuyn, 1782 (Ozekinci et al., 2009), シイラ *Coryphaena hippurus* Linnaeus, 1758 (Rethesh et al., 2017), およびカンパチ *Seriola dumerili* (Risso, 1810) (Aoki et al., 2024) 等の数多くの種で知られている。本研究における間性個体では、単一の生殖腺で下方に精巣、前方に卵巣があることが観察された。類似の形態を示す間性生殖腺は、サケ (Nakatsukasa, 1965), マサバ (Ozekinci et al., 2009), シイラ (Rethesh et al., 2017), およびカンパチ (Aoki et al., 2024) において確認されている。一方で、単一の生殖腺で前方に精巣、後方に卵巣の形態を示す間性生殖腺は、サケ (足田・橋本, 1978) で記載されている。ただし、いずれもこのような奇形的な雌雄同体現象が発生する要因や卵精巣が前方及び後方へ決定する要因は不明であり、さらなる研究が必要である。

謝 辞

本報告を取りまとめるにあたり、新深浦町漁業協同組合と鯉ヶ沢町漁業協同組合の皆様にはマダイ漁獲物の入手に際してご協力頂いた。京都大学舞鶴水産実験所の甲斐嘉晃博士には標本の登録・保管をして頂いた。マリノリサーチ株式会社の皆様には、生殖腺組織切片の作成にご協力頂いた。青森県産業技術センター水産総合研究所の資源管理部の方々には魚体測定などにご協力を頂き、同研究所の小谷健二博士、傳法利行氏にはマダイ漁獲物の測定データをご提供して頂いた。以上の方々に深く御礼申し上げる。本研究の一部は我が国周辺資源評価調査事業および水産資源調査・評価推進委託事業によって実施された。

引用文献

- Aoki, R., S. Masuma., Y. Washio., H. Chuda and K. Kato. 2024. Hermaphroditism found in adult hatchery-reared greater amberjack *Seriola dumerili*. *Fisheries Science*, 90: 495–503.
- Ashida, H., S. Ohashi., M. Masujima., M. Nakano and T. Shimose. 2018. Evidence of spawning by hermaphroditic skipjack tuna *Katsuwonus pelamis*. *Journal of Fish Biology*, 93: 1233–1237.

- Atz, J. W. 1964. Intersexuality in fishes, pp. 145–232. In Armstrong, C. N. and A. J. Marshall (eds.) *Intersexuality in vertebrates including man*. Academic Press, London and New York.
- 土居内龍・吉本 洋. 2009. 生殖腺の組織学的観察による紀伊半島南西岸におけるイサキの成熟年齢, 産卵期, 産卵頻度の推定. *日本水産学会誌*, 75: 819–827. [URL](#)
- 林 公義・萩原清司. 2013. タイ科, pp. 955–958. 中坊徹次 (編) *日本産魚類検索 全種の同定*. 第3版. 東海大学出版会, 秦野.
- Havimana, L., Y. Masuda and J. Ohtomi. 2021. Size at sexual maturity and annual reproductive cycle of male crimson sea bream *Evynnis tumifrons* off the southwestern coast of Kyushu, Japan. *Aquaculture Science*, 69: 213–222. [URL](#)
- Havimana, L., J. Ohtomi, Y. Masuda and M. V. Archdale. 2020. The reproductive biology of female crimson sea bream *Evynnis tumifrons* off the southwestern coast of Kyushu, Japan. *Fisheries Science*, 86: 65–75.
- 足田豊彦・橋本 進. 1978. 千歳川で捕られた雌雄同体サケとその生殖巣の自家受精. *北海道さけ・ますふ化場研究報告*, 32: 61–64. [URL](#)
- 河合俊郎・松原 創. 2011. 北海道南部の北斗市沖から採集された雌雄同体のトラフグ *Takifugu rubripes*. *北海道大学水産科学研究彙報*, 61: 1–4. [URL](#)
- 唐川純一. 2001. 備讃瀬戸及び播磨灘北西部におけるマダイの成熟. *岡山県水産試験場報告*, 16: 24–31. [URL](#)
- 北島 力. 1978. マダイ採卵と稚魚の量産に関する研究. *長崎県水産試験場論文集*, 5: 1–95.
- 栗田 豊. 2010. 産卵親魚個体群の繁殖能力の時空間的变化が加入量に及ぼす影響. *水産海洋研究*, 74 (特集号): 4–18.
- Kuwamura T., T. Sunobe, Y. Sakai, T. Kadota and K. Swada. 2020. Hermaphroditism in fishes: an annotated list of species, phylogeny, and mating system. *Ichthyological Research*, 67: 341–360. [URL](#)
- 松浦修平. 1972. マダイ卵巣の成熟過程と産卵数. *九州大学農学部学藝雑誌*, 26: 203–215. [URL](#)
- 松山倫也. 2006. 多獲性浮魚類の再生産研究高度化に向けての生殖生理学的手法の適用. *水産総合研究センター研究報告別冊*, 4: 51–62. [URL](#)
- Matsuyama, M., T. L. Ricardo and S. Matsuura. 1988. Juvenile bisexuality in the red sea bream, *Pagrus major*. *Environmental Biology of Fishes*, 21: 27–36.
- 本村浩之. 2024. 日本産魚類全種目録. これまでに記録された日本産魚類全種の現在の標準和名と学名. Online ver. 24. [URL](#) (30 Apr. 2024)
- 中務康生. 1965. シロサケの両性生殖巣の一例. *魚類学雑誌*, 13: 59–63. [URL](#)
- 長野昌子・片山知史. 2015. 日向灘におけるマダイ *Pagrus major* の生活史特性と肥満度の経年変化. *日本水産学会誌*, 81: 219–226. [URL](#)
- 長野昌子・片山知史・中村充志・甲斐史文・齋藤友則. 2014. 耳石を用いた日向灘産マダイの年齢査定. *宮崎県水産試験場研究報告*, 15: 1–8. [URL](#)
- Ozekinci, U., A. Ayaz., U. Altınbaş and Ö. Cengiz. 2009. A hermaphroditic specimen of chub mackerel *Scomber japonicus* in the Dardanelles, Turkey. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 8: 1798–1799.
- Rethesh, T. B., S. K. Roul., D. Prakashan and N. Beni. 2017. First record of abnormal hermaphroditism in the common dolphin fish, *Coryphaena hippurus* (Linnaeus, 1758). *Thalassas*, 33: 173–177.
- 塩田浩二. 1992. 瀬戸内海燧灘で漁獲されたマダイの間性個体について. *愛媛県水産試験場報告*, 5: 93–95.
- Sunobe, T. and K. Hagiwara. 2013. Non-functional hermaphroditism in three species of Clupeiformes from Tokyo Bay, Japan. *Journal of Applied Ichthyology*, 29: 918–921.
- 鈴木伸洋. 1997. 天然トラフグにみられる間性生殖腺の組織学的検討. *南西海区水産研究所研究報告*, 30: 101–113. [URL](#)
- Takahashi, H and Y. Sugimoto. 1978. A spontaneous hermaphrodite of the Japanese eel, *Anguilla japonica*, and its artificial maturation. *Japanese Journal of Ichthyology*, 24: 239–245. [URL](#)
- 山本圭介・金谷彩友美・片町太輔・山下夕帆. 2023. 令和4 (2022) 年度マダイ瀬戸内海系群の資源評価. 我が国周辺水域の漁業資源評価. 水産庁・水産研究・教育機構, 東京, 1–24. [URL](#)