



初めて動画撮影された飼育下のマンボウによる排尿

澤井悦郎¹・池田瑛真¹

Author & Article Info

¹マンボウなんでも博物館 (上牧町)

ES: sawaetsu2000@yahoo.co.jp (corresponding author)

Received 26 October 2021

Revised 29 October 2021

Accepted 30 October 2021

Published 01 November 2021

DOI 10.34583/ichthy.14.0_1

Etsuro Sawai and Yoma Ikeda. 2021. First video evidence of urination by a captive ocean sunfish, *Mola mola*. Ichthy, Natural History of Fishes of Japan, 14: 1–4.

Abstract

During the visual observation of the behavior of a male individual of ocean sunfish *Mola mola* (individual number ‘No. 96’; 113 cm estimated total length at the time of observation) reared in the Sunshine Aquarium (Tokyo, Japan), we succeeded for the first time in recording a video of urination. Urine (transparent color mixed with slightly white and cloudy color) was clearly excreted through the urogenital opening, and the urination was observed to last for at least 32 seconds. The ratio of the area of the urinary bladder (filled with urine) to the area of the internal organs (digestive tract + gonad + gall bladder + kidney + liver + urinary bladder) of another individual of *M. mola* (ca. 26 cm total length; partially frozen) on the image was calculated, its urinary bladder occupied ca. 12% of the total internal organs.

フグ目マンボウ科 Molidae に属するマンボウ属 *Mola* は温帯・熱帯海域に広く分布し、全長 2 m を超える 3 種を含む：ウシマンボウ *Mola alexandrini* (Ranzani, 1839), マンボウ *Mola mola* (Linnaeus, 1758), カクレマンボウ *Mola tecta* Nyegaard et al., 2017 (Sawai et al., 2017, 2020; Caldera et al., 2020). このうちマンボウは太平洋を主として構成される集団と大西洋を主として構成される集団の間で若干の遺伝的・形態的な差異があることが示唆されているが、分類学的データが不足しているため、現在一般的には 1 種として扱われている (Sawai et al., 2017, 2020; Caldera et al., 2020). 本属 3 種は世界的に混同・誤同定されることが多いが、これまでの日本近海でのマンボウ属の漁獲状況 (体サイズや漁獲頻度) から (例えば, Yoshita et al., 2008; Sawai et al., 2017), 日本の水族館で飼育されているマンボウ属の個体

(飼育開始時に全長 1 m 未満の個体) はほぼマンボウであると考えられている (澤井, 2019).

マンボウは水族館で最も人気のある魚種の一つであり、この種を長期飼育するために、食性、水質、水温、形態、成長、行動など様々な観察・研究が水族館によって積極的に行われてきた (例えば, 荒賀ほか, 1973; 霜山・川村, 1978; 村井, 2001; 中坪ほか, 2007; Forsgren et al., 2020). 本研究では、これまで映像として記録されたことのないマンボウの自然な排尿の動画撮影に成功したため、解剖学的知見とともにここに詳細を報告する。

材料と方法

本研究は東京都豊島区にあるサンシャイン水族館の協力を得て行われ、一展示水槽で飼育されているマンボウ 1 個体 (個体番号「No. 96」; Fig. 1) の行動を目視観察した。本個体は 2016 年 11 月 8 日に宮城県石巻市沖 (38°14–38'N, 141°14–35'E) に設置された定置網によって漁獲され (漁獲時: 全長 66.3 cm, 体重 15.7 kg), その日のうちにサンシャイン水族館の展示水槽に搬入された。本個体は 2018 年 10 月 29 日に死亡するまでの 720 日間、同水槽で基本的に単独で飼育された [死亡時: 全長 129.0 cm, 体重約 102 kg (魚体丸ごと計量できなかったため、解体時に部位別に計量された総重量)]. 本個体の性別は死後に水族館職員による解剖時の生殖腺の肉眼的観察によって雄と判定された (精巢の成熟度調査は実施されなかった). 本個体は舵鱗縁辺上の骨板 8–10 個、先端が枝分かれしている円錐形の鱗からマンボウと同定された (Sawai et al., 2017; 澤井, 2019). また、本個体の泌尿生殖孔付近には通常の個体には無い丸い半透明なポリプ状の物体 (詳細不明) があり、動画 (Video 1) の中で泌尿生殖孔に覆い被さることがあった。

本個体は以下の水槽環境で飼育された: 水温は最初の 3 日間 (16 °C) を除いて 18.5–20.5 °C; 餌は 1 日 5 回, 1 日の合計約 640 g (最初の 1 回は甘えびのみ, 残り 4 回はすり潰した甘えび+スルメイカ+アサリを団子状にしてビタミン剤を添加したもの); 海水の比重 1.02561–1.02664; pH 7.8–8.3.

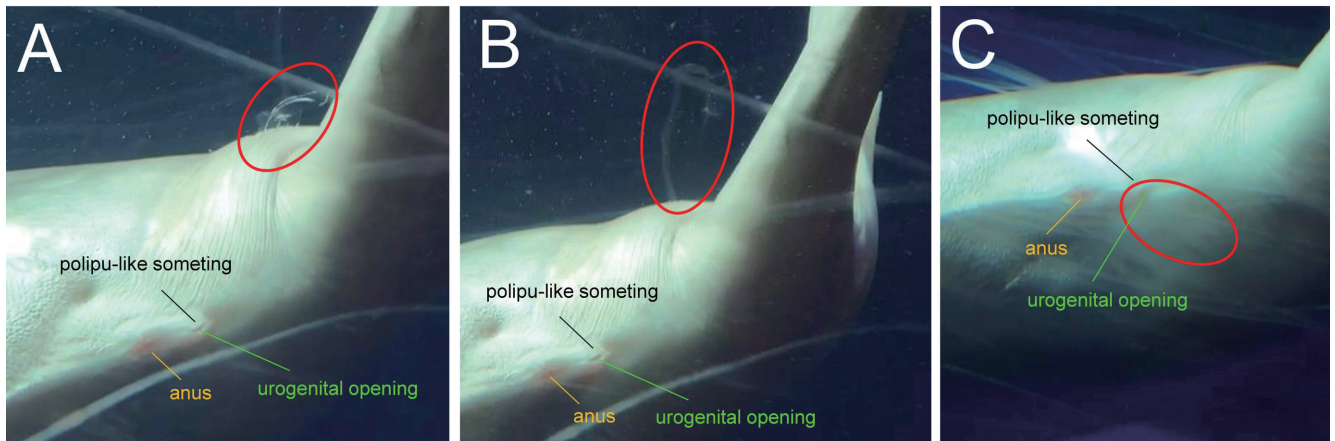


Fig. 1. Urine excreted from the urogenital opening of a captive *Mola mola* (individual number 'No. 96' in Sunshine Aquarium, Japan; 113 cm estimated total length). Diffusion scene of excreted urine (A: before diffusion, B: after diffusion). C: urine excreted from the urogenital opening. Red circles indicate the urine of *M. mola*.

本個体の行動の目視観察は、2017年1月28日から2018年10月11日にかけて断続的に行われた。観察は不定期に実施し、1ヶ月内に最大3回実施した時もあるが、次の観察を3ヶ月後に実施した場合もあった。観察1回あたりの継続時間は最短1時間、最長24時間であった。鰭を振る回数、呼吸数、上向き行動の時間、特殊行動（加速、ジャンプ、閉眼、摂餌、排出など）の記録などを主な観察項目とした。本個体の排出行動の動画（[Video 1](#)）は飼育開始から531日目である2018年4月23日の観察中に撮影され、動画の観察や切り抜き画像（Fig. 1）から詳しく調査された。本個体の排出行動観察時の全長は、「（死亡時の全長 - 飼育開始時の全長） / 全飼育日数 × 観察時の飼育日数 + 飼育開始時の全長」から約113 cmと推定された。

また、本研究の補足として尿の色や膀胱の位置・大きさを観察するために、2004年から2014年の間に日本近海で漁獲され、マンボウと同定された雄1個体（全長約26 cm；Fig. 2）の解剖データも使用した。観察個体は一度凍結保存された後、一部自然解凍してから解剖された。観察個体の内臓の面積に対する膀胱の面積の比率は [ImageJ](#) を用いて画像上で計測され、次式から求められた：尿で満たされた膀胱の面積 / 内臓の面積（Fig. 2の赤い囲み）×100。

結果と考察

泌尿生殖孔からの排出物の検証

本研究のマンボウ個体の泌尿生殖孔からの排出物（少し白濁色が混じった透明色）は2018年4月23日14時19分に観察された（Fig. 1C；[Video 1](#)）。この時、本個体の体勢は水底に対して並行であった。同日14時12分から14時14分にかけて行われた餌やりの後で排出行動が確認され、排出に気付いてから動画が撮られたため、排出行動の全時間は記録できなかったが、動画内では少なくとも32秒間続いていた（[Video 1](#)）。肛門からは何も排出されていないため、この排出物は糞ではない（Fig. 1；[Video 1](#)）。

マンボウ属の泌尿生殖孔は肛門の後ろにあり、生殖腺と膀胱に繋がっている（膀胱は生殖腺の後ろにある）ことから（Fig. 2；Cleland, 1862；Bemis et al., 2020）、この排出物は糞ではないことを支持する。

本個体は雄であるため、泌尿生殖孔から出る排出物は精液か尿のどちらかである。筆者らが知る限り、マンボウ属は放精も排尿も参照できる映像（動画や写真）としての記録がないため、この排出物がどちらであるのか慎重に検証した。まず放精の可能性について、飼育下でも自然下でもマンボウ属が放精したという知見は、属レベルでも種レベルでも見当たらない（中坪ほか, 2007；Kang et al., 2015；Forsgren et al., 2020）。雄の最小成熟サイズについてはさらなる研究が必要であるが、これまでの研究で確認された精子を持つマンボウ属の雄の最小個体は全長131 cmである（中坪ほか, 2007；Kang et al., 2015）。本研究の個体の排出物を観察した時の正確な体サイズは不明であるが、上記の計算式によって推定された全長は約113 cmである。鴨川シーワールドで飼育された全長100 cmのマンボウ属1個体が展示水槽内で放卵（産卵）した稀有な事例は知られているが（Forsgren et al., 2020）、本個体の排出物観察時の推定全長は先行研究（中坪ほか, 2007；Kang et al., 2015）で知られている成熟した雄の最小サイズよりも小さいため、本個体が放精した可能性は低いと考えられる。

一方、マンボウの尿についても知見は少ないが、村井（2001）および海遊館（2018）によると、マンボウの膀胱はよく発達しており、給餌後に無色透明な尿や黄色と白が混じった濁った尿を多量に排尿するとされている。排尿の映像自体は示されていないものの、海遊館で観察された排尿のタイミングや尿の色は、本個体で観察された排出物とよく一致している（Fig. 1；[Video 1](#)）。また、補足個体の凍結された膀胱内の尿の色も透明であった（Fig. 2B）。したがって、本研究の個体で観察された泌尿生殖孔からの排出物（Fig. 1；[Video 1](#)）は尿であると考えられた。

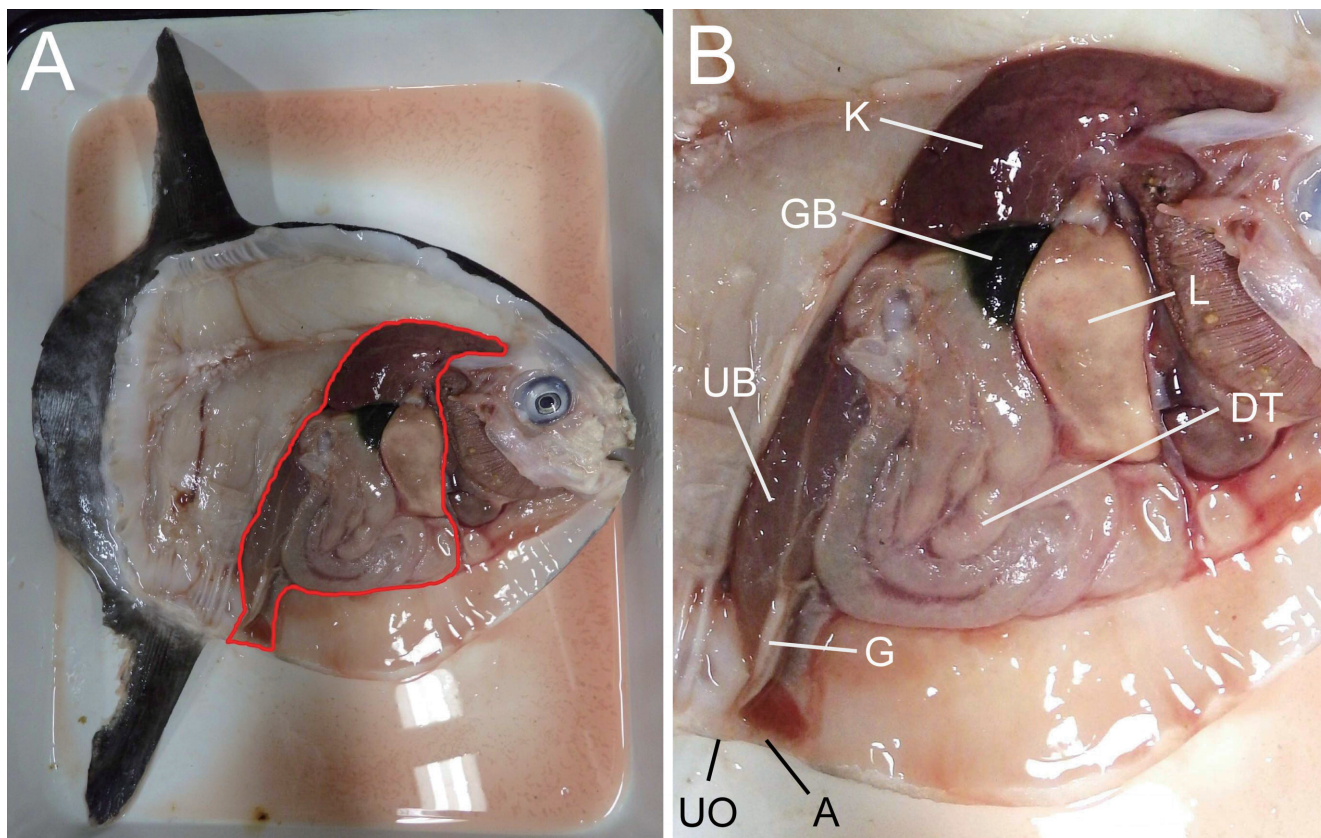


Fig. 2. *Mola mola* (captured in Japanese waters between 2004 and 2014; ca. 26 cm total length; partially frozen) whose urinary bladder is filled with urine. A: whole body. B: enlarged view of the visceral region (image processing: brightness and contrast were increased by 20%). Red enclosure indicates internal organs. A, anus; DT, digestive tract (almost intestine); G, gonad (testis in this individual); GB, gall bladder; K, kidney; L, liver; UB, urinary bladder; UO, urogenital opening.

マンボウの尿に関する考察

マンボウの自然な排尿は、日本の一部の水族館では観察されているが（例えば、村井，2001），その映像はこれまで学術的には報告されていない。本研究の場合のように、透明に近い色をした尿を水槽外から目視することは、マンボウが観察者の近くに来て、泌尿生殖孔が見える体勢でなければ困難である（Fig. 1）。謝辞に記した協力者を含め、本個体について合計 226 時間の目視観察を行ったが、排尿を明確に視認できたのは本研究の 1 回のみであった。一日に何回排尿するのか、餌によって排尿時間や尿の色は変わるのか、成長とともに排尿時間や回数は変わるのか、飼育下と野生下での排尿に何か違いはあるのかなど不明な点は多く、マンボウの基礎的な生理生態を理解するためにはさらなる調査が必要である。本研究で排尿自体は水槽外からでも映像として記録できることがわかったため、一つのアイデアとして、ビデオカメラをマンボウの泌尿生殖孔付近に取り付けることができれば、排尿はより観察しやすくなると考えられた。

今回初めて動画に撮影されたマンボウの自然排泄された尿は、時間の経過とともに気象現象の陽炎のように揺らいで水中に拡散した（Fig. 1A–B; [Video 1](#)）。この排泄された尿の揺らぎは、マンボウの体液と環境水の濃度差による

ものと考えられる。一般的に海産硬骨魚の体液は環境水よりも浸透圧が低いため、海産硬骨魚は水の体外流出を補うために積極的に海水を摂取し、排尿量は少ないとされている（例えば、Fridman, 2020）。しかしながら、マンボウは大量に排尿すると考えられており（村井，2001; 海遊館，2018），本研究では少なくとも 32 秒間の排尿が記録された（[Video 1](#)）。本研究と比較できる海産硬骨魚の排尿時間に関する知見は見つからなかったが、例えば、3 kg 以上の陸棲哺乳類の排尿時間は 4–59 秒（平均 21 ± 13 秒）であることが知られており（Yang et al., 2014），3 kg 以上の平均的な陸棲哺乳類と比較すると、本個体の排尿時間は長かった。今後、マンボウの排尿データをさらに取得するとともに他の海産硬骨魚の排尿データも取得し、マンボウの排尿時間の特異性について検証を進める必要がある。

マンボウ属は体内の水分含量が高いことが知られており（例えば、Watanabe and Davenport, 2020），体の保水性はマンボウにとって重要な役割があるのではないかと推察されている（澤井ほか，2021）。水分含量の高さは排尿時間の長さや膀胱の発達具合（大きさ）とも密接に関係していると推測され、参考程度に補足個体内臓の面積に対する膀胱の面積の比率を求めたところ、尿で満たされた膀胱は内臓全体の約 12% を占めていた（Fig. 2）。体内の水分

含量が多い方が尿を蓄積する膀胱も大きくなり、排尿時間も長くなるものと推察されるが、それらの関連性を知るためには、行動観察に加え、生理学的な研究〔例えば、海遊館ではカニューレで採尿したマンボウの尿の成分を調べている(海遊館, 2018)〕も必要である。

謝 辞

本研究を取りまとめるにあたり、吉原もも乃氏、堀田明里氏、山田江美氏、東 結子氏には本研究の観察個体の目視調査を手伝って頂いた。サンシャイン水族館の職員の方々(特に二見武史氏、鴨下悠加氏、今井俊宏氏、山本昭氏)には観察個体に関する様々な情報を提供して頂いた。吉田有貴子氏には補足個体の標本を提供して頂いた。以上の方々に心から厚く御礼申し上げる。

引用文献

- 荒賀忠一・田名瀬英朋・森山惣一・太田 満・榎山嘉郎. 1973. マンボウの飼育例とその生態の考察. 動物園水族館雑誌, 15: 27–32. [URL](#)
- Bemis, K. E., J. C. Tyler, E. J. Hilton and W. E. Bemis. 2020. Overview of the anatomy of ocean sunfishes (Molidae: Tetraodontiformes), pp. 55–71. In Thys, T. M., G. C. Hays and J. D. R. Houghton (eds.) The ocean sunfishes: evolution, biology and conservation. CRC Press, Boca Raton.
- Caldera, E. J., J. L. Whitney, M. Nyegaard, E. Ostalé-Valriberas, L. Kubicek and T. M. Thys. 2020. Genetic insights regarding the taxonomy, phylogeography and evolution of ocean sunfishes (Molidae: Tetraodontiformes), pp. 37–54. In Thys, T. M., G. C. Hays and J. D. R. Houghton (eds.) The ocean sunfishes: evolution, biology and conservation. CRC Press, Boca Raton.
- Cleland, J. 1862. On the anatomy of the short sunfish (*Orthorogoriscus mola*). The Natural History Review: A Quarter Journal of Biological Science, 2: 170–185. [URL](#)
- Fridman, S. 2020. Ontogeny of the osmoregulatory capacity of teleosts and the role of ionocytes. Frontiers in Marine Science, 7: 709. [URL](#)
- Forsgren, K., R. S. McBride, T. Nakatsubo, T. M. Thys, C. D. Carson, E. K. Tholke, L. Kubicek and I. Potter. 2020. Reproductive biology of the ocean sunfishes, pp. 87–104. In Thys, T. M., G. C. Hays and J. D. R. Houghton (eds.) The ocean sunfishes: evolution, biology and conservation. CRC Press, Boca Raton.
- 海遊館. 2018. 世界初! ? 「ハズバンドリートレーニングを用いたマンボウの採尿」. ブログ「海遊館日記」(2018年6月30日付). [URL](#) (26 Oct. 2021)
- Kang, M. J., H. J. Baek, D. W. Lee and J. H. Choi. 2015. Sexual maturity and spawning of ocean sunfish *Mola mola* in Korean waters. Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 48: 739–744. [URL](#)
- 村井貴史. 2001. マンボウの不思議な世界, pp. 36–39. 中坊徹次・町田吉彦・山岡耕作・西田清徳(編). 以布利 黒潮の魚 ジンベエザメからマンボウまで. 大阪 海遊館, 大阪.
- 中坪俊之・川地将裕・間野伸宏・廣瀬一美. 2007. 関東沿岸に回遊するマンボウ *Mola mola* の産卵期の推定. 水産増殖, 55: 613–618. [URL](#)
- 澤井悦郎. 2019. マンボウは上を向いてねむるのか: マンボウ博士の水族館レポート. ポプラ社, 東京. 207 pp.
- 澤井悦郎・安部 奏・横地和正・前里 馨. 2021. 横浜・八景島シーパラダイスの半野生環境下で撮影された水面でミズクラゲを捕食するマンボウ. Ichthy, Natural History of Fishes of Japan, 13: 13–17. [URL](#)
- Sawai, E., M. Nyegaard and Y. Yamanoue. 2020. Phylogeny, taxonomy and size records of ocean sunfishes, pp. 18–36. In Thys, T. M., G. C. Hays and J. D. R. Houghton (eds.) The ocean sunfishes: evolution, biology and conservation. CRC Press, Boca Raton.
- Sawai, E., Y. Yamanoue, M. Nyegaard and Y. Sakai. 2017. Redescription of the bump-head sunfish *Mola alexandrini* (Ranzani 1839), senior synonym of *Mola ramsayi* (Giglioli 1883), with designation of a neotype for *Mola mola* (Linnaeus 1758) (Tetraodontiformes: Molidae). Ichthyological Research, doi: 10.1007/s10228-017-0603-6 (Dec. 2017), 65: 142–160 (Jan. 2018).
- 霜山忠行・川村 隆. 1978. マンボウの飼育に関する2・3の知見. 動物園水族館雑誌, 20: 73–77. [URL](#)
- Yang, P. J., J. Pham, J. Choo and D. L. Hu. 2014. Duration of urination does not change with body size. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 111: 11932–11937. [URL](#)
- Yoshita, Y., Y. Yamanoue, K. Sagara, M. Nishibori, H. Kuniyoshi, T. Umino, Y. Sakai, H. Hashimoto and K. Gushima. 2008. Phylogenetic relationship of two *Mola* sunfishes (Tetraodontiformes: Molidae) occurring around the coast of Japan, with notes on their geographical distribution and morphological characteristics. Ichthyological Research, doi: 10.1007/s10228-008-0089-3 (Dec. 2008), 56: 232–244 (July 2009).
- Watanabe, Y. Y. and J. Davenport. 2020. Locomotory systems and biomechanics of ocean sunfish, pp. 72–86. In Thys, T. M., G. C. Hays and J. D. R. Houghton (eds.) The ocean sunfishes: evolution, biology and conservation. CRC Press, Boca Raton.