

東京湾湾口部館山湾におけるウツボの食性とその季節変動

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2024-06-25 キーワード (Ja): ウツボ; ウナギ目; 胃内容物; テトロドトキシン キーワード (En): Ranking index 作成者: 小林; 龍太郎, 野田, 勉, 大森, 尚也, 佐藤, 耀弥, 佐藤, 駿, 山川, 紘 メールアドレス: 所属: 東京都立大学, 水産研究・教育機構, 東京海洋大学, 東京都立大学, 京都大学, 東京海洋大学
URL	https://fra.repo.nii.ac.jp/records/2008607

1 東京湾湾口部館山湾におけるウツボの食性とその季節変動

2

3 小林龍太郎¹・野田 勉²・大森尚也³・佐藤耀弥¹・佐藤 駿^{4, 5}・山川 紘⁶

4

5 ¹〒192-0397 八王子市南大沢 1-1 東京都立大学理学部

6 ²〒851-2213 長崎市多以良町 1551-8 国立研究開発法人水産研究・教育機構水産技

7 術研究所長崎庁舎

8 ³〒761-8032 香川県高松市鶴市町

9 ⁴〒606-8501 京都市左京区吉田本町 京都大学白眉センター

10 ⁵〒606-8501 京都市左京区吉田本町 京都大学理学研究科

11 ⁶〒108-8477 港区港南 4-5-7 東京海洋大学海洋生命科学部

12

13 (2023年 X月 X日受付；2023年 X月 X日改訂；2023年 X月 X日受理；2024年 X

14 月 XX日 J-STAGE 早期公開)

15

16

17 キーワード：ウツボ，ウナギ目，胃内容物，Ranking index，テトロドトキシン

18

19 略題：館山湾におけるウツボの食性

20

21 論文の種別：記録・調査報告

22

23 頁数：20

24 図の数：6

25 表の数：2

26 ESMの数：0

27

28 Ryotaro Kobayashi*, Tsutomu Noda, Naoya Oomori, Akiya Satoh, Shun Satoh and Hiroshi
29 Yamakawa. 2024. Food habits and seasonal dynamics of Kidako moray (*Gymnothorax*
30 *kidako*) in Tateyama Bay, Japan. Japan. J. Ichthyol., DOI: 10.11369/jji.23-036.

31

32 **Abstract** The diet and feeding habits of the Kidako moray eel *Gymnothorax kidako* in
33 Tateyama Bay, Chiba Prefecture, Japan were investigated. Of 348 specimens collected in
34 traps, 214 had empty stomachs. Prey of the remaining specimens included teleosts,
35 cephalopods, crustaceans, and polychaetes, evidence of the carnivorous role of the former,
36 feeding primarily on fishes. Notably, predation of tetrodotoxin-possessing species, such as the
37 grass puffer, implied a potentially significant impact of *G. kidako* on reef ecosystems.
38 Additionally, seasonal variations were apparent in the gastric emptying rate of *G. kidako*,
39 suggesting differing feeding activities during the breeding and non-breeding seasons. To
40 precisely evaluate the feeding habits of *G. kidako* in Tateyama Bay, future research should
41 carefully consider sampling methods, so as to ensure a sufficiently large sample size for a
42 comprehensive study.

43

44 *Corresponding author: Faculty of Science, Tokyo Metropolitan University, 1-1
45 Minamiosawa, Hachioji, Tokyo 192-0397, Japan (e-mail: moraykidako@gmail.com)

46

47 ウツボ科魚類は全世界で 15 属約 170 種が存在し，亜熱帯から熱帯を中心に分布する
48 夜行性傾向が強い肉食性魚類である (Suyehiro, 1942 ; Bardach et al., 1959 ; Santos and
49 Castro, 2003 ; Mehta, 2009 ; Bassett and Montgomery, 2011 ; Matic-Skoko et al., 2014 ;
50 Nelson et al., 2016 ; Higgins et al., 2018). ウツボ科魚類はどの種も喉に咽頭顎と呼ば
51 れる鉤状に曲がった鋭い咽頭歯の列を持ち，顎歯で捉えた餌生物を咽頭顎によって
52 飲み込む (波戸岡, 2018). これにより岩の間隙などの狭い空間での摂餌を可能にし
53 (Mehta and Wainwright, 2007), サンゴ礁や岩場などの沿岸岩礁域において主要な高
54 次捕食者となっている (Hixon and Beets, 1993 ; Mehta and Wainwright, 2007).

55 ウツボ *Gymnothorax kidako* は日本，台湾，朝鮮半島南部の沿岸岩礁域に生息し
56 (波戸岡, 2013), 7-8 月に産卵を行うことが知られている (大場・坂本, 1973 ;
57 Oomori et al., 2023) . また, Suyehiro (1942) によって本種が魚類や頭足類，甲殻類
58 を摂餌することが報告されているが，これらの報告は定性的なものに留まってい
59 る.

60 ウツボは日本近海の沿岸生態系において高次捕食者であることから (Suyehiro,
61 1942 ; 落合ほか, 2021), 本種の食性を明らかにすることは沿岸域の生態系保全や食
62 物網構造の解明において重要な知見となると考えられる (Ng et al., 2021). また, ウ
63 ツボは高知県をはじめとする太平洋側海岸地方において水産有用種として漁獲され
64 ており (Endo et al., 2012 ; 吉本, 2017 ; 鳥居・加藤, 2019), 水産資源としてのウツ
65 ボを持続的に利用するためにも本種の基礎的な生態情報となる食性を調査すること
66 は重要である.

67 そこで本研究では，これまで知見の少なかったウツボの食性を定量的な調査から
68 解明するために，商業的なウツボの捕獲が少なく，調査において人為的な影響を受
69 けにくい地域である千葉県館山湾において年間を通してサンプリングを行った. 本
70 研究の調査結果からウツボの摂餌生態および食性の季節変化について考察したの
71 で，ここに報告する.

72

73

材料と方法

74 サンプリングは2003年3月から2004年2月まで毎月、千葉県館山市坂田東京海
75 洋大学館山ステーション地先にて行った。サンプリングには口径約11 cm、長さ約
76 75 cmのあなご筒を用い、誘引餌としてイワシミンチを2重のナイロンネットに包
77 み、筒内に設置した。あなご筒は昼夜問わずランダムな時間に海中に設置し、設置
78 後12時間以内に回収した。

79 採集したウツボは生鮮状態で全長及び体重を測定した後、胃洗浄（Kamler and
80 Pope, 2001）によって胃内容物の採取を行い、胃内容物の採取が完了したウツボは速
81 やかに水槽内で回復させ、回復後に野外に放した。ウツボから得られた胃内容物は
82 10%ホルマリン海水で保存し、三宅（1982, 1983）、西村（1992, 1995）、中坊
83 （2000）に基づき可能な限り下位の分類群まで同定した後、その湿重量を0.01 g単
84 位で秤量した。本研究では固形物以外は、完全に消化されたものとみなし、胃内容
85 物として扱わなかった。また、内容物中に出現した釣り餌も、解析から除いた。本
86 種の胃内容物は、餌生物の断片のような不定型物が多く出現し、個体数の計数が困
87 難であったため、餌生物の個体数ではなく、重量を解析した。

88 得られた試料から空胃率（%VI）、胃内容物重量指数（SSI）、餌生物の出現頻度
89 （%F）、餌料重量比（%W）を以下の式により算出した（Cortés, 1997；明田ほか、
90 2012）。

91 $\%VI = \text{空胃個体数} / \text{全個体数}$

92 $SSI = (\text{ある個体の胃内容物重量} / \text{ある個体の体重}) \times 10^3$

93 $\%F = (\text{ある餌生物を摂餌していた個体数} / \text{餌生物を摂餌していた個体数}) \times 100$

94 $\%W = \sum [(\text{ある餌生物の湿重量の合計} / \text{全ての餌生物の湿重量の合計}) \times 100] / \text{調}$
95 査個体のうち空胃でなかった個体の数

96 なお、本種の胃内容物として出現した餌生物の大きさの範囲は幅広く、%Fや%W
97 を単独で解析に用いた場合、餌生物の大きさによる偏りが生じやすいため、%F
98 と%Wを乗じてRanking Index（Hobson, 1974）を算出し、その百分率（%RI）を求め
99 て餌生物重要度の総合的な指標として用いた。

100 得られたデータから%VI, SSI を月ごとに算出し, 比較を行った. そして, 本研
101 究で胃内容物解析に供したサンプル数がウツボの食性の把握に適しているのかを評
102 価するために, 統計解析ソフト R ver. 4.2.3 (R Core Team, 2023) を使用し, vegan パ
103 ッケージの specaccum 関数を用いてサンプリングに基づく希薄化法による Cumulative
104 prey curve を推定した. また, このカーブが漸近しているかどうか調べるために
105 Bizzarro et al. (2007) に従い, 最後の 4 つの胃サンプルから得られた平均累積数に対
106 して線形回帰を行い, この傾きが, 傾き 0 (漸近線) と有意に異なるかどうかを判定
107 した.

108 また, 月ごとに%RI を算出し, 月変動を求めた. 加えて, 採集した全個体を
109 Oomori et al. (2023) に基づき, 急速な成長をしていると考えられる体長 70 cm 未満
110 の小型個体, 急速な成長をしている個体と緩やかな成長をしている個体が混在して
111 いると考えられる体長 70 cm 以上 80 cm 未満の中型個体, 緩やかな成長をしている
112 と考えられる体長 80 cm 以上の大型個体の 3 段階の全長階級 (Small : TL < 70 cm,
113 Medium : 70 cm ≤ TL < 80 cm, Large : 80 cm < TL) に分け, 全長階級ごとの%VI の
114 比較, RI の類似度の算出を行った.

115 月ごとの%VI の比較ではフィッシャーの正確確率検定 (2,000 繰り返しのシミュレ
116 ーションに基づく) を行い, SSI の月ごとの比較にはクラスカル・ウォリス検定を行
117 った. また, Cumulative prey curve と漸近線の比較には Student の *t* 検定を利用した.
118 そして, 全長階級ごとの%VI の比較では χ^2 乗検定を行い, RI の類似度の比較には
119 vegan パッケージで Morisita 指数 (Morisita, 1959) を利用して類似度を算出した.

120

121

結 果

122 採集したウツボは 348 個体で, 全長 41.6–94.5 cm (mean ± SD = 72.4 ± 10.4 cm) 体
123 重 160–2,100 g (mean ± SD = 912.0 ± 397.3 g) であった (Table 1) . 全個体のうち,
124 空胃個体は 214 個体 (61.5%) であった. また, 空胃率 (%VI) は調査月によって
125 28.6%から 100%まで変動し (Fig. 1), 特に 3 月から 7 月までの%VI は平均 81.8%と
126 高い値を示した. しかし, 8 月になると%VI は 28.6%まで急激に低下し, その

127 後，%VIは徐々に上昇し，12月と1月は約60%であった．なお，2月の%VIは100%
128 であったが，この月の採集できたウツボは1個体のみである．月ごとの空胃率
129 (%VI)を検定した結果，有意な差が検出され（Fisher's exact test, simulated $P <$
130 0.01），調査月と空胃率にはなんらかの関係があることが示唆された．胃内容物重量
131 指数（SSI）は調査月ごとに大きな差はなく（Kruskal Wallis rank sum test, $\chi^2 =$
132 13.37, $P = 0.20$ ），月平均0.52–20.3の低い値で推移していた（Fig. 2）．

133 また，本種の胃内容物調査から Cumulative prey curve を求めた結果，カーブは漸近
134 に近づいているものの，傾き0とは有意に異なっていた（Student's t-test, $t = 266.5$,
135 $P < 0.01$ ）（Fig. 3）．

136 本種の胃内容物からは魚類，頭足類，甲殻類，多毛類の4分類群および同定不可
137 能な有機物が観察された．この際，ほとんどのウツボの胃内容物からは1個体の餌
138 生物しか観察されず，2個体以上の餌生物が観察されたのはわずか4例（空胃でない
139 個体のうち3.0%）のみであった．そのため，1個体における%Wは多くの個体で
140 100%であった．

141 得られたデータから%RIを算出し，分析を行った．この際，胃内容物として同定
142 不可能な有機物が頻繁に検出されたが（全餌生物のうち39.6%），それぞれの重量が
143 著しく軽く（0.01–0.24 g, mean \pm SD = 0.04 \pm 0.04 g, $n = 55$ ），解析の大きなバイア
144 スとなるため，以降の解析から除外した（Fig. 4）．全体の%RIは魚類が最も高く
145 93.0%であり，続いて，甲殻類3.7%，頭足類2.1%，多毛類1.2%の順であった．

146 本種の胃内容物から観察された具体的な生物は，魚類（カタクチイワシ *Engraulis*
147 *japonicus*, ゴンズイ *Plotosus japonicus*, ドロメ *Chaenogobius gulosus*, ハゼ科の一
148 種, キタマクラ *Canthigaster rivulata*, クサフグ *Takifugu alboplumbeus*, ハオコゼ
149 *Paracentropogon rubripinnis*, ベラ科の一種, 同定不可能な魚類), 頭足類（アオリイ
150 カ *Sepioteuthis lessoniana*, マダコ *Octopus sinensis*), 甲殻類（ショウジンガニ
151 *Plagusia dentipes*, ベニツケガニ *Thalamita pelsarti*, 短尾下目の一種, 甲殻類の一
152 種), 多毛類（イソゴカイ属の一種, ゴカイ科の一種, オニイソメ *Eunice*
153 *aphroditois*), および同定不可能な有機物であった（Table 2）．

154 月ごとの%RIを算出した結果、通年を通して魚類の%RIが最も高く、64.3–100%で
155 あった (Fig. 5). 頭足類は5–8, 10, 1月に出現し、1.4–28.6%の比較的高い値で推移
156 していた. 特に6月と1月は高い値を示し、それぞれ20.0%, 28.6%であった. ま
157 た、これらの月に出現した頭足類は全てマダコであった. 一方、甲殻類、多毛類は
158 どの月においても比較的低い値を示した. 甲殻類は5, 7, 9–1月に出現し2.0–
159 16.7%, 多毛類は7–9, 11, 12月に出現し2.0–10.4%の値で推移した.

160 また、本種の全長による食性の比較のために、各全長階級同士のRIの類似度を
161 Morisita指数を用いて算出したところ、全ての階級間の非類似度が0.01以下であった
162 (Fig. 6). Morisita指数を用いた非類似度は完全に似ているときにほぼ0の値をと
163 り、完全に異なっているときは1の値をとるため (土居・岡村, 2011), 各全長階級
164 間のRIの類似性は極めて高い. また、ウツボの全長階級 (Table 1) ごとの空胃率
165 (%VI) を比較したが有意な差は認められなかった (Chi-squared test, $\chi^2 = 0.11$, $P =$
166 0.95) .

167

168

考 察

169 館山湾に生息するウツボは魚類、頭足類、甲殻類、多毛類といった多様な生物を
170 捕食していた. 特に、同定できた胃内容物の中では魚類の%RIが最も高く、魚類は
171 本種の重要な餌生物であることが示唆された (Fig. 4). この結果はSuyehiro (1942)
172 とも相違がない. ただし、館山湾には少なくとも21目96科303種の魚類が生息す
173 ることが知られているが (下光ほか, 2019), 今回ウツボの胃内容物から同定出来
174 た魚類はわずか6種のみであった. この6種 (カタクチイワシ, ドロメ, キタマク
175 ラ, クサフグ, ゴンズイ, ハオコゼ) のうち、カタクチイワシを除く5種は遊泳速
176 度が比較的遅いと考えられる (Videler and Wardle, 1991 ; Domenici and Blake, 1997 ;
177 Blake, 2004 ; Wang et al., 2015). ウツボは、これらの餌生物を選好している可能性
178 や、本種の摂餌は餌生物の遊泳能力によって制限されていることが示唆された.

179 ウツボは通年を通して魚類を主要な餌資源としていると考えられるが、6, 1月で
180 はマダコの%RIが高くなっており (Fig. 5), この期間はマダコの産卵やそれに伴っ

181 た移動と重なっている（田中，1958；秋元，1980；水口・出月，2016）．ウツボ
182 は，生息環境が重複し，遭遇率の高い生物の中でも繁殖等によって疲弊（坂口ほ
183 か，2000）した餌生物を選択的に捕食している可能性がある．

184 今回の調査でウツボの胃内容物からはキタマクラやクサフグといったテトロドト
185 キシンを有する種（Yu and Yu, 2002；仲谷ほか，2016）が確認された．ウツボは高
186 いテトロドトキシン耐性を持つことが知られており（Asano et al., 2023），ウツボと同
187 じウナギ目魚類であるクロアナゴ *Conger japonicus* からもテトロドトキシンを保有す
188 るトラフグ属魚類の摂餌が確認されている（秋山ほか，2015）．そのため，ウツボを
189 はじめとするウナギ目魚類はテトロドトキシンに対する分解機構といった生理的対
190 抗戦略を有している可能性がある．これまで，テトロドトキシン保有種が別のテト
191 ロドトキシン保有種を摂餌する現象は確認されているものの（Noguchi et al., 1982,
192 2006），ウツボのようにテトロドトキシン非保有種が保有種を摂餌する現象はほとん
193 ど確認されていない．また，岩礁域の大型肉食魚として代表的なハタ科魚類やスズ
194 キ *Lateolabrax japonicus*，カサゴ *Sebastes marmoratus* によるテトロドトキシン保有
195 種の摂餌は確認されていない（Shpigel and Fishelson, 1989；横川・井口，1992；
196 Barreiros and Santos, 1998；Huh et al., 2009；Moreno-Sánchez et al., 2019）．そのため，
197 ウツボをはじめとするウナギ目魚類は，フグ類などのテトロドトキシン保有種を摂
198 餌出来るという点で，岩礁生態系の栄養循環に大きな影響を与えている可能性があ
199 る．

200 ウツボの胃内容物重量指数（SSI）には季節的な変動は見られなかったものの
201 （Fig. 2），空胃率（%VI）は季節的な変動が見られ（Fig. 1），この変動はウツボの産
202 卵期と関係している可能性が示唆された．ウツボの産卵期は7-8月であることが知
203 られており（大場・坂本，1973；Oomori et al., 2023），この期間は%VIの大幅な変
204 動が起きた期間と重なっている．産卵期前半（7月）は空胃率（%VI）が高くなって
205 いる一方，産卵期後半（8月）からは著しい%VIの低下が観察されている．これは繁
206 殖を終えた個体が繁殖行動で失われた体力を回復するために積極的に摂餌を行った
207 可能性がある．

208 一方で本研究の正確性には懸念がある。今回の研究で得られたデータを用いて
209 Cumulative prey curve を求めた結果、サンプル数が十分でない事が明らかになった。
210 そのため、更にサンプル数を増やし、調査の精度を上げていく必要があると考えら
211 れる。また、本研究では採集に誘引餌とあなご筒を用いているため、岩の間隙など
212 の暗所を生息場所として好む魚類が誘集されたり、誘引餌がウツボ以外の魚類を誘
213 集した可能性がある。加えて、誘引されたウツボ自体が空胃の個体に偏ってしまう
214 可能性や、筒を回収するまでの間に胃内容物の消化が進んでしまう可能性もある。
215 一方で、本研究で得られたウツボの空胃率は 61.5%であったが、他のウツボ科魚類
216 に対する研究における空胃率は、*Muraena helena* で 25.3%（底はえ縄によるサンプリ
217 ング）（Matić-Skoko et al., 2014）、72.3%（底引き網によるサンプリング）（Sallami et
218 al., 2014）、*Gymnothorax vicinus* で 70.0%（手網によるサンプリング）（Young and
219 Winn, 2003）、*G. moringa* で 39.4%（手網によるサンプリング）（Young and Winn,
220 2003）、*G. ocellatu* で 32.3%（主に釣りによるサンプリング）（Santos and Castro,
221 2003）であり、本研究で得た空胃率と著しく異なっているとは言い難い。あなご筒
222 を使用したサンプリングは、ウツボのような岩の間隙に生息する魚類を捕獲するの
223 に非常に効果的である。また、ウツボといった高次捕食者のように、採捕圧に対し
224 て脆弱な種を調査する際の非致死性の採集方法として、その威力を発揮する（松田
225 ほか, 2019）。今後はこれらの調査に加えて別の採集方法で得られた胃内容物の知見
226 を併せることで、より正確なウツボの摂餌生態を明らかにできるだろう。

227 本研究では、沿岸域における重要な捕食性魚類であるウツボの摂餌生態を年間を
228 通した胃内容物調査によって明らかにした。調査の結果、ウツボの摂餌活性は繁殖
229 期終了後に著しく上昇することが明らかになった。また、ウツボが非常に高い頻度
230 で魚類を摂餌しており、その中にはテトロドトキシンを保有する種が含まれている
231 ことを明らかにした。このようなテトロドトキシン保有種をウツボのようなテトロ
232 ドトキシン非保有種が捕食する例はほとんど知られておらず、ウツボは岩礁生態系
233 の栄養循環に大きく影響している可能性があり、これらの知見は沿岸生態系を理解
234 する上で非常に重要な知見となりうるだろう。

235

236

謝 辞

237 サンプルング，胃内容物の同定にあたり，元東京水産大学教授の藤田 清博士，
238 元東京海洋大学館山ステーションの益子正和氏には多くの御協力を頂いた。また，
239 担当編集委員と2名の匿名の査読者からは，本論文の改訂に際し多くの有益なご指
240 導をいただいた。以上の方々に深く感謝の意を表する。

241

242

引用文献

243 明田勝章・淀 太我・甲斐嘉晃・吉岡 基. 2012. 若狭湾西部海域におけるメバル
244 複合種群の食性比較. 水産増殖, 60 :207–214.

245 秋元義正. 1980. マダコの生態-II, 漁獲の大きさと産卵. 福島県水産試験場報告, 6:
246 21–29.

247 秋山清二・本村大地・下村友季子・内田圭一・黒木洋明・片山知史. 2015. 東京湾
248 におけるクロアナゴとダイナンアナゴの食性. 日本水産学会誌, 81: 130–
249 132.

250 Asano, M., C. Ishizaki, T. Tomonou, M. Kihara, M. Ito, S. Yasukawa, K. Shirai, H. Oyama, S.
251 Izawa, R. Kawamura, K. Saito, R. Suo, R. Nakahigashi, M. Adachi, T. Nishikawa, H.
252 Sugita and S. Itoi. 2023. Levels of Tetrodotoxins in Spawning Pufferfish, *Takifugu*
253 *alboplumbeus*. Mar. Drugs, DOI 10.3390/md21040207. (also appeared in Mar. Drugs,
254 21: 207).

255 Bardach, J. E., H. E. Winn and D. W. Menzel. 1959. The role of the senses in the feeding of
256 the nocturnal reef predators *Gymnothorax moringa* and *G. vicinus*. Copeia, 1959: 133–
257 139.

258 Barreiros, J. P. and R. Santos. 1998. Notes on the food habits and predatory behaviour of the
259 dusky grouper, *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) (Pisces: Serranidae) in the
260 Azores. Arquipelago, Life Mar. Sci., 16A: 29–35.

- 261 Bassett, D. and J. Montgomery. 2011. Investigating nocturnal fish populations in situ using
262 baited underwater video: with special reference to their olfactory capabilities. *J. Exp.*
263 *Mar. Biol. Ecol.*, 409: 194–199.
- 264 Bizzarro, J. J., H. J. Robinson, C. S. Rinewalt, D. A. Ebert. 2007. Comparative feeding
265 ecology of four sympatric skate species off central California, USA. *Environ. Biol.*
266 *Fish.*, 80: 197–220.
- 267 Blake, R.W. 2004. Fish functional design and swimming performance. *J. Fish Biol.*, 65: 1193–
268 1222.
- 269 Cortés, E. 1997. A critical review of methods of studying fish feeding based on analysis of
270 stomach contents: application to elasmobranch fishes. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 54:
271 726–738.
- 272 土居秀幸・岡村 寛. 2011. 生物群集解析のための類似度とその応用 : R を使った
273 類似度の算出、グラフ化、検定. *日本生態学会誌*, 61: 3–20.
- 274 Domenici, P. and R. W. Blake. 1997. The kinematics and performance of fish fast-start
275 swimming. *J. Exp. Biol.*, 200: 1165–1178.
- 276 Endo, T., Y. Minoshima, Y. Hisamichi, O. Kimura, M. Hayasaka, H. Ogasawara and K.
277 Haraguchi. 2012. Levels of mercury and organohalogen compounds in the muscle and
278 liver of kidako moray eels (*Gymnothorax kidako*) caught off the southern region of
279 Japan. *Biol. Pharm. Bull.*, 35: 1745–1751.
- 280 波戸岡清峰. 2013. ウツボ科. 中坊徹次 (編), pp. 244–261, 1786–1792. *日本産魚類*
281 *検索 全種の同定*, 第3版. 東海大学出版会, 秦野.
- 282 波戸岡清峰. 2018. ウツボ科. 中坊徹次 (編), pp. 66–71. *小学館の図鑑 Z 日本魚*
283 *類館*. 小学館, 東京.
- 284 Higgins, B. A., C. J. Law and R. S. Mehta. 2018. Eat whole and less often: ontogenetic shift
285 reveals size specialization on kelp bass by the California moray eel, *Gymnothorax*
286 *mordax*. *Oecologia*, 188: 875–887.

- 287 Hixon, M. A. and J. P. Beets. 1993. Predation, prey refuges, and the structure of coral-reef fish
288 assemblages. *Ecol. Monogr.*, 63: 77–101.
- 289 Hobson, E. S. 1974. Feeding relationships of teleostean fishes on coral reefs in Kona, Hawaii.
290 *Fish. Bull.*, 72: 915–1031.
- 291 Huh, S. H., J. M. Park, S. C. Park, D. Jeong, C. I. Park and G. W. Baeck. 2009. Feeding habits
292 of *Lateolabrax japonicus* in the coastal waters off Dolsan-do, Yeosu. *Korean J.*
293 *Ichthyol.*, 21: 23–27.
- 294 Kamler, J. F. and K. L. Pope. 2001. Non-lethal methods of examining fish stomach contents.
295 *Rev. Fish. Sci.*, 9: 1–11.
- 296 Matic-Skoko, S., P. Tutman, D. Bojanić Varezić, D. Skaramuca, D. Đikić, D. Lisičić and B.
297 Skaramuca. 2014. Food preferences of the Mediterranean moray eel, *Muraena helena*
298 (Pisces: Muraenidae), in the southern Adriatic Sea. *Mar. Biol. Res.*, 10: 807–815.
- 299 松田圭史・鷹崎和義・和田敏裕・川田 暁. 2019. 筒漁具に対するチャンネルキャッ
300 トフィッシュの行動. *水産技術*, 12: 39–46.
- 301 Mehta, R. S. 2009. Ecomorphology of the moray bite: relationship between dietary extremes
302 and morphological diversity. *Physiol. Biochem. Zool.*, 82: 90–103.
- 303 Mehta, R. S. and P. C. Wainwright. 2007. Raptorial jaws in the throat help moray eels
304 swallow large prey. *Nature*, 449: 79–82.
- 305 三宅貞祥. 1982. 原色日本大型甲殻類図鑑 1. 保育社, 大阪. 261 pp.
- 306 三宅貞祥. 1983. 原色日本大型甲殻類図鑑 2. 保育社, 大阪. 277 pp.
- 307 水口憲哉・出月浩夫. 2016. マダコの地着きと渡り. *水産振興*, 50: 1–110.
- 308 Moreno-Sánchez, X. G., P. Perez-Rojo, M. S. Irigoyen-Arredondo, E. Marin-Enríquez, L. A.
309 Abitia-Cárdenas and O. Escobar-Sanchez. 2019. Feeding habits of the leopard grouper,
310 *Mycteroperca Rosacea* (Actinopterygii: Perciformes: Epinephelidae), in the central
311 Gulf of California, BCS, Mexico. *Acta Ichthyol. Piscat.*, 49: 9–22.
- 312 Morisita, M. 1959. Measuring of interspecific association and similarity between
313 communities. *Mem. Fac. Sci. Kyushu Univ. Ser. E (Biol.)*, 3: 65–80.

- 314 中坊徹次 (編). 2000. 日本産魚類検索 全種の同定. 第2版. 東海大学出版会, 東
315 京. 1748 pp.
- 316 仲谷 正・清水 充・山野哲夫. 2016. キタマクラ (*Canthigaster rivulata*) 中のテト
317 ロドトキシシン (TTX), および麻痺性貝毒 (PSTs) の含有量と組成について.
318 食品衛生学雑誌, 57: 51–56.
- 319 Nelson, J. S., T. C. Grande and M. V. H. Wilson. 2016. Fishes of the world. 5th edition. John
320 Wiley & Sons, New Jersey. xli + 707 pp.
- 321 Ng, E. L., J. J. Deroba, T. E. Essington, A. Grüss, B. E. Smith and J. T. Thorson. 2021.
322 Predator stomach contents can provide accurate indices of prey biomass. ICES J. Mar.
323 Sci., 78: 1146–1159.
- 324 西村三郎 (編著). 1992. 原色検索日本海岸動物図鑑 1. 保育社, 大阪. 425 pp.
- 325 西村三郎 (編著). 1995. 原色検索日本海岸動物図鑑 2. 保育社, 大阪. 663 pp.
- 326 Noguchi, T., O. Arakawa and T. Takatani. 2006. TTX accumulation in pufferfish. Comp.
327 Biochem. Physiol. Part D Genomics Proteomics, 1: 145–152.
- 328 Noguchi, T., H. Narita, J. Maruyama and K. Hashimoto. 1982. Tetrodotoxin in the starfish
329 *Astropecten polyacanthus*, in association with toxification of a trumpet shell,
330 “boshubora” *Charonia sauliae*. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., 48: 1173–1177.
- 331 大場俊雄・坂本 仁. 1973. ウツボの生殖腺指数の季節的变化. 千葉県水産試験場
332 研究報告, 30: 1–3.
- 333 落合陽子・黒川勝己・山本達也・山田治来・友田恒一・砂田芳秀・大橋一郎・戸田
334 雄一郎・中塚秀輝. 2021. シガテラ中毒様症状後にギラン・バレー症候群を
335 発症した1例. 川崎医学会誌, 47: 77–81.
- 336 Oomori, N., K. Hamasaki and T. Sunobe. 2023. Reproductive ecology, age, and growth of the
337 Kidako moray *Gymnothorax kidako* from Tateyama Bay, Chiba, Japan. Ichthyol. Res.,
338 70: 439–445.

- 339 R Core Team. 2023. R: a language and environment for statistical computing. R Foundation
340 for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org>. (参照 2023-
341 12-01)
- 342 坂口秀雄・浜野龍夫・中園明信. 2000. 水揚げ組成からみたマダコの個体群構造.
343 水産海洋研究, 64: 224–234.
- 344 Sallami, B., M. Ben Salem, C. Reynaud and C. Capape. 2014. Diet of Mediterranean moray,
345 *Muraena helena* (Actinopterygii: Anguilliformes: Muraenidae), from the north-eastern
346 Tunisian coast (central Mediterranean). Acta Ichthyol. Piscat., 44: 273–283.
- 347 Santos, F. B. and M. C. Castro. 2003. Activity, habitat utilization, feeding behaviour, and diet
348 of the sand moray *Gymnothorax ocellatus* (Anguilliformes, Muraenidae) in the South
349 western Atlantic. Biota Neotrop., 3: BN00103012003.
- 350 下光利明・遠藤周太・三井翔太・横地和正・瀬能 宏. 2019. 千葉県館山市坂田の
351 東京海洋大学館山ステーション地先に出現する魚類. 神奈川県立博物館研究
352 報告 (自然科学), 48: 121–137.
- 353 Shpigel, M. and L. Fishelson. 1989. Food habits and prey selection of three species of
354 groupers from the genus *Cephalopholis* (Serranidae: Teleostei). Environ. Biol. Fishes,
355 24: 67–73.
- 356 Suyehiro, Y. 1942. A study of the digestive system and feeding habits of fish. Jpn. J. Zool., 10:
357 90–91.
- 358 田中二良. 1958. 外房に於けるマダコ *Octopus (Octopus) vulgaris* LAMARCK 資源の性
359 状について. 日本水産学会誌, 24: 601–607.
- 360 鳥居久雄・加藤 彩. 2019. 食材研究 (3) : 鱻 (ウツボ) の料理. 名古屋文化短期
361 大学研究紀要, 44: 19–27.
- 362 Videler, J. J. and C. S. Wardle. 1991. Fish swimming stride by stride: speed limits and
363 endurance. Rev. Fish Biol. Fish., 1: 23–40.
- 364 Wang, X., S. Zhao, X. Li, X. Liu and J. Song. 2015. Neural basis of the stress response in a
365 pufferfish, *Takifugu obscurus*. Integr. Zool., 10: 133–140.

- 366 横川浩治・井口政紀. 1992. 播磨灘南部沿岸海域におけるカサゴの食性と成熟. 水
367 産増殖, 40: 131–137.
- 368 吉本亮子. 2017. ウツボの食品加工に関する研究. 徳島県立工業技術センター研究
369 報告, 25: 27–30.
- 370 Young, R. F. and H. E. Winn. 2003. Activity patterns, diet, and shelter site use for two species
371 of moray eels, *Gymnothorax moringa* and *Gymnothorax vicinus*, in Belize. *Copeia*,
372 2003: 44–55.
- 373 Yu, C. F. and P. H. F. Yu. 2002. The annual toxicological profiles of two common puffer fish,
374 *Takifugu niphobles* (Jordan and Snyder) and *Takifugu alboplumbeus* (Richardson),
375 collected along Hong Kong coastal waters. *Toxicon*, 40: 313–316.
- 376

377

378 図の説明

379 **Fig. 1.** Vacuity index (%VI) of *Gymnothorax kidako* in Tateyama Bay.

380

381 **Fig. 2.** Stomach-contents-somatic index (SSI) of *Gymnothorax kidako* in Tateyama Bay.

382

383 **Fig. 3.** Cumulative prey curve (black) as a function of sample size for all stomachs of

384 *Gymnothorax kidako* analysed. Standard deviation (SD) represented by gray shading.

385

386 **Fig. 4.** Percent frequency of occurrence (%F), percent of total weight (%W), and percent

387 ranking index (%RI) of the major prey groups in diet of *Gymnothorax kidako*.

388

389 **Fig. 5.** Monthly diet composition of *Gymnothorax kidako* based on percent ranking index

390 (%RI).

391

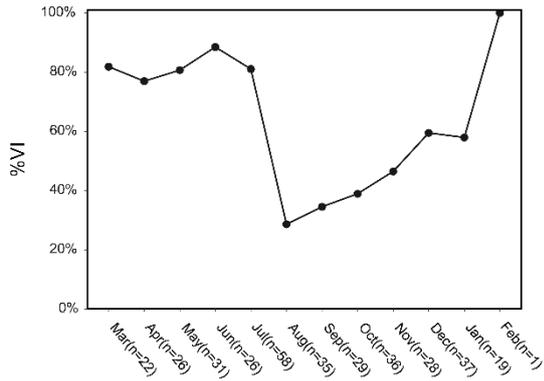
392 **Fig. 6.** Diet composition of *Gymnothorax kidako* relative to body size, based on percent

393 ranking index (%RI).

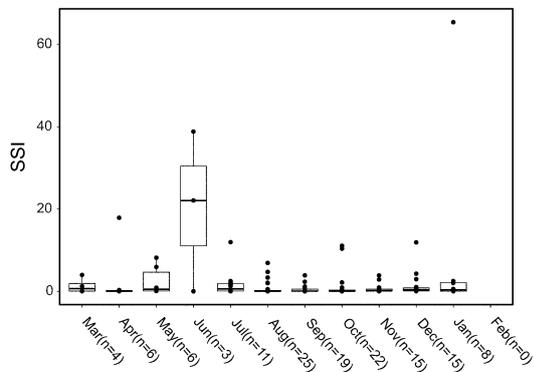
394

395

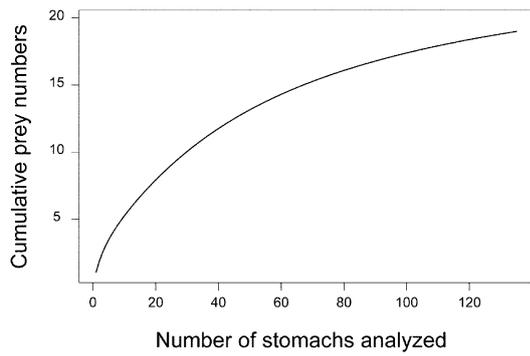
396 図



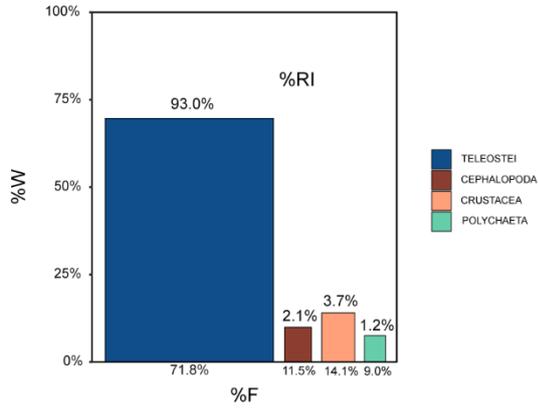
397
 398 Fig. 1.
 399



400
 401 Fig. 2.
 402



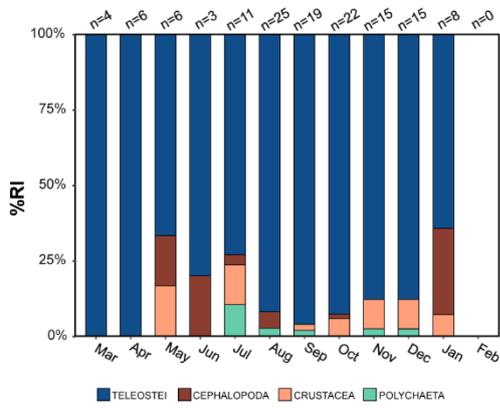
403
 404 Fig. 3.
 405



406

407 Fig. 4.

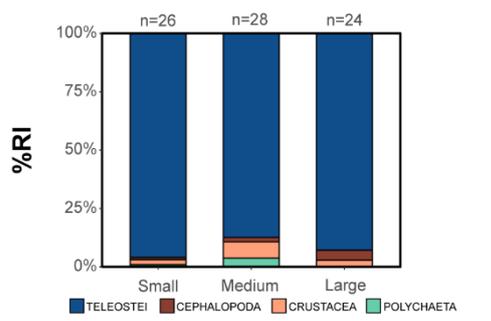
408



409

410 Fig. 5.

411



Small : TL < 70 cm
 Medium : 70cm ≤ TL < 80 cm
 Large : 80 cm < TL

412

413 Fig. 6.

414

415 表

416 **Table 1.** All Size classes of *Gymnothorax kidako* examined

Class	<i>n</i>	TL range (cm)	Mean TL (cm) ± SD	%VI
Small	119	41.6–69.8	60.7 ± 6.7	37.0
Medium	139	70.0–79.9	74.7 ± 2.7	40.1
Large	90	80–94.5	84.4 ± 3.4	40.0

417

418 **Table 2.** Average weight, percent frequency of occurrence (%F), percent of total weight

419 (%W), and percent ranking index (%RI) for food items of *Gymnothorax kidako*

Prey species	Average weight (g)	%F	%W	%RI
TELEOSTEI				
Engraulidae				
<i>Engraulis japonicus</i>	1.6 ± 2.7	3.7	3.7	0.6
Siluridae				
<i>Plotosus japonicus</i>	8.0 ± 10.6	5.2	5.19	1.1
Gobiidae				
<i>Chasmichthys gulosus</i>	1.4 ± 0.6	1.5	1.48	0.1
Gobiidae gen sp.	1.7	0.7	0.7	+
Tetraodontidae				
<i>Canthigaster rivulata</i>	8.3	0.7	0.7	+
<i>Takifugu alboplumbeus</i>	2.4 ± 0.0	1.5	1.1	0.1
Tetrarogidae				
<i>Paracentropogon rubripinnis</i>	0.3	0.7	0.7	+
Labridae				
Labridae gen spp.	1.1 ± 0.2	2.2	2.2	0.2
Unidentified Teleostei	1.0 ± 3.0	25.2	24.3	25.7
Total TELEOSTEI	2.2 ± 5.1	41.8	41.0	47.8

CEPHALOPODA

Loliginidae

<i>Sepioteuthis lessoniana</i>	2.8 ± 3.2	3.7	2.8	0.4
Octopodidae				
<i>Octopus sinensis</i>	34.7 ± 40.1	3.0	3.0	0.4
Total CEPHALOPODA	17.0 ± 31.2	6.7	5.5	1.0
CRUSTACEA				
Grapsidae				
<i>Plagusia dentipes</i>	1.2 ± 1.1	2.2	2.2	0.2
Portunidae				
<i>Thalamita prynna</i>	0.6 ± 0.2	1.5	1.5	0.1
Unidentified Brachyura	0.2	0.7	0.7	+
Unidentified Crustacea	0.3 ± 0.5	3.7	3.7	0.6
Total CRUSTACEA	0.6 ± 0.7	8.2	8.2	1.9
POLYCHAETA				
Nereididae				
<i>Perinereis nuntia</i>	1.6 ± 1.7	3.0	2.5	0.3
Nereididae gen sp.	0.4	0.7	0.7	+
Eunicidae				
<i>Eunice aphroditois</i>	3.8 ± 1.2	1.5	1.1	0.1
Total POLYCHAETA	2.1 ± 1.9	5.2	4.1	0.6
Unidentified organic matter	+	41.5	41.5	72.2
Total Unidentified organic matter	+	41.8	41.8	48.7

420 + indicates < 0.1.