

論文 Article

# クロダイ稚魚はアサリを直接殺さない： 瀬戸内海広島湾のアサリ漁場干潟におけるクロダイ稚魚の食性

重田利拓<sup>1,2</sup>・富山 毅<sup>2</sup>

## Feeding Habits of the Juvenile Black Porgy, *Acanthopagrus schlegelii* in the Intertidal Asari Clam Fishery Ground in Hiroshima Bay, Japan.

SHIGETA Toshihiro<sup>1,2</sup> and TOMIYAMA Takeshi<sup>2</sup>

**要旨：**瀬戸内海最大のアサリ漁獲量のある漁場である広島県廿日市の前潟干潟において、2005～2006年に、クロダイ稚魚（7.5～13.4cm TL,  $n=26$ ）の食性を調査した。胃内容物について、実体顕微鏡下にて定量的分析を行った。胃内容物重量指数は0～8.5%を示した。当才・満1才（7.5～10.9cm TL,  $n=25$ ）では、生物群別の餌生物重要度指数の百分率（%IRI）は、多毛綱45.1%、藻類29.6%が高値を示した。種別の%IRIでは、大型藻類36.5%、ゴカイ科31.9%が高く、アサリは4.1%で低値を示した。アサリ、マテガイは水管のみが出現した。干潟のクロダイ稚魚の生息数は多い（釣りCPUE=4.7（個体/1.5時間/人,  $n=3$ ））が、水管のみを捕食することから、アサリを直接死に至らせることはないことが示唆された。稚魚期の採餌場所利用の多様性と食性の柔軟性は、本種の資源維持の大きな要因と推察された。

**キーワード：**クロダイ, 食性, アサリ, 干潟, 広島湾

**Abstract:** Black porgy, *Acanthopagrus schlegelii* (Family: Sparidae), is an important commercial fish in Japan. This species in adults is known as a predator of consequence on Asari clam, *Ruditapes philippinarum* in tidal flats. The feeding habits of juvenile Black porgy (7.5-13.4 cm TL,  $n = 26$ ) were investigated from 2005 to 2006 at the Maegata tidal flat in Hiroshima Bay, which has the most catches of Asari clam in the Seto Inland Sea. The stomach contents were quantitatively analyzed using a binocular stereomicroscope. The stomach content index was 0-8.5%. In the yearling fish (7.5-10.9 cm TL,  $n = 25$ ), the index of relative importance percentage (%IRI) of the higher taxonomic groups was high at 45.1% for polychaetes and 29.6% for algae. The %IRI of the species was high at 36.5% for macroalgae and 31.9% for Nereidae, and low at 4.1% for Asari clam. Only siphons were detected in the Asari clam and the Japanese razor clam. Although many juvenile porgy inhabited the tidal flat (fishing CPUE = 4.7 (indiv. /1.5 hours/person,  $n = 3$ )), it was clarified that the juvenile porgy does not kill the Asari clam directly. It was considered that the variety of ways to use foraging habitats and the flexibility of feeding habits during the juvenile period were the major factors for maintaining the resources of the porgy.

**Keywords:** *Acanthopagrus schlegelii*, feeding habit, Asari clam, tidal flat, Hiroshima Bay

### I. 緒言

タイ科に属するクロダイ *Acanthopagrus schlegelii* は河口干潟域、岩礁域など広い範囲に生息する沿岸魚で（林・萩原, 2013）, 2019年には全国で2,403t、このうち瀬戸内海では55%の1,318tが漁獲される（農林水産省, 2021a）。本種は、河口や干潟域を利用する習性を持ち、アサリ *Ruditapes philippinarum* と同所

的に生息し、これら底生生物を餌資源として利用する干潟生態系におけるキーストーン種である（重田, 2008；重田・薄, 2012；重田ほか, 2016）。一方、干潟生態系の基盤種（佐野, 2017）であるアサリは、圧倒的なマクロベントスの優占種であるばかりでなく、重要な水産資源でもある（重田ほか, 2018）。日本のアサリ漁獲量は、1983年にピークの160,424tを

1 水産研究・教育機構 水産技術研究所 環境・応用部門 沿岸生態システム部；Coastal and Inland Fisheries Ecosystems Division, Fisheries Technology Institute, Fisheries Research and Education Agency (FRA), Japan

2 広島大学大学院生物圏科学研究科；Graduate School of Biosphere Science, Hiroshima University, Japan

記録した後は減少を続け、2020年には過去最低の4,400t（概数値）まで激減している（農林水産省、2019；2021b）。瀬戸内海での減少は甚だしく、1985年のピーク時の45,023tから、2019年は、その1/530となる過去最低レベルの85tを記録した（重田・薄、2012；農林水産省、2021a）。最近、筆者らは、生活史で干潟を利用するクロダイの成魚や未成魚が、強力なアサリ捕食者であることを明らかにした（重田・薄、2012）。被食者のアサリにとって、個体全体の被食は、すなわち「個体の死」を意味する。しかし、全てのクロダイがアサリを死に至らせるのであろうか。干潟におけるクロダイの個体数は、成魚に比べて未成魚・稚魚が（重田ほか、2006）、さらに後者のうち、全長10cm前後以下の稚魚（当才魚）が圧倒的に多い。

今回、瀬戸内海最大のアサリ漁獲量がある広島湾の漁場干潟において、これら圧倒的に多く生息し、マクロベントス食となる体サイズのクロダイ稚魚について、その食性を調査した。アサリ、マテガイ *Solen strictus* など干潟生態系における重要な水産資源を死に至らせるのか否か、食性分析結果に基づき報告する。

## II. 材料と方法

### 1. 調査場所と標本の採集

調査場所は、クロダイ成魚を対象とした重田ほか（2016）と同じく、瀬戸内海に残存する数少ないアサリ漁場で、同海最大のアサリ漁獲量（2018年現在）を揚げる広島湾の広島県廿日市市大野の前潟である。標本は、2005年10月9日、2006年6月6日、同年8月11日、および同年9月21日の昼間の高潮時に釣りて採集した。定量的な採集のため、1回2～3時間前後を目安として、1人が竿1本（竿1本に1個の小針を装着）の使用とし、餌は釣具店で購入したイシイソゴカイ *Perinereis wilsoni* あるいはアオゴカイ *Perinereis lineata* を用いた。また、開始時刻と終了時刻、採集人数、およびクロダイなど採集物の個体数等を記録した。採集頻度は、1.5時間以上の採集を行った調査回を対象として、単位努力量当たり採集個体数（CPUE：個体/1.5時間/人）で表した。CPUEは平均値±標準偏差で表した。主にマクロベントス食となる当才稚魚が調査対象であるため、時期的に、本採集方法による当才の採集が困難な8月11日（後述の通り、採集されたクロダイは1+才の1個体のみ）はCPUEの算出から除いた。

なお、2021年現在では、アサリの食害防除のために、同干潟（漁場）の大部分に被覆網が施されているが、2005～2006年当時は未だ一部に限られた状態で

あった。

### 2. 魚類標本の計測・形態学的分析

採集した魚類標本は、氷蔵で直ちに研究室に持ち帰り、以下の分析に供した。種の同定について、日本産タイ科の同定は林・萩原（2013）に、他科の同定、および本報で用いた魚類の学名と和名は中坊（2013）に従った。ただし、カレイ科の学名は尼岡（2016）に、フグ科の学名は松浦（2017）に従った。クロダイ標本の諸形質の確認と計測は、基本的に生鮮時に行い、魚体ごと10%中性緩衝ホルマリン液で固定・保存した標本の場合は、後日（3～4年後）、水洗の後にいった。なお、固定による生鮮時からの重量変化について、2005年6月に山口県山口市の榎野川河口干潟（瀬戸内海周防灘）で採集した本種の未成魚標本（全長15.0～20.4cm,  $n=7$ ）の体重は、10%中性緩衝ホルマリン液で固定後（15年後）に水洗して個体毎に再計測したところ、有意にやや減少し固定前（生鮮時）の97.69%となった（対応のある  $t$  検定,  $t=-5.199$ ,  $df=6$ ,  $p<0.01$ ）。そこで、固定魚体標本では個体毎に1.024を乗じて補正した。可能な限り放流個体を分析から除外するため、重田ほか（2016）に従い、天然と放流個体の形態学的判別を行った。なお、2004～2006年に前潟のある大野瀬戸周辺ではクロダイの種苗放流は行われていない（水産庁ほか、2006；2007；2008）。全長（TL）はデジタルノギスを使用し0.01mm単位で、体重（BW）など重量は電子天秤を使用し0.001g単位で計測した。計数・計測方法はHubbs and Lagler（1958）に従った。年齢は、採集日と個体のTLより判断した。なお、広島湾における繁殖期は5月から6月下旬までで、盛期は5月下旬から6月中旬であること（木村、1958；米司・慶徳、1986）から、起算日（誕生日）を6月1日とした。魚体を解剖し、腹腔内の内臓を摘出し重量を計測の後、後日、食性分析試料とするため10%中性緩衝ホルマリン液で固定保存した。

### 3. 胃内容物の分析

食性分析には採集した全26個体（いずれも天然個体）を用いた。すなわち、10月9日、9月21日に採集した当才の23個体（7.5～10.9cm TL, 6.3～20.0g BW）、6月6日に採集した満1才の2個体（ともに10.2cm TL, 14.0～17.1g BW）の計25個体、および8月11日に採集した1+才の1個体（13.4cm TL, 34.8g BW）である。定量的分析を行うため、胃内容物について、出現した餌生物の同定を行うとともに、

それらの個体数、サイズ、重量などを計測した。得られたデータを基に、食性に関する諸分析を行った。詳細は以下の通りである。

食性分析のための胃の摘出に先立ち、固定保存していた腹腔内臓の標本の重量を再計測して、固定による重量変化について標本毎の補正に供した。食性分析には胃内容物を用いた。すなわち、胃を摘出し、その内容物全重量を電子天秤を使用し0.001g単位で計測した。胃内容物重量指数 (SCI: %) は以下の通り求めた。

$SCI = (SW/BW) \times 100$  ここで、SW: 胃内容物重量 (g), BW: 体重 (g) である。SCI は、胃の機能的な充満度を見るために釣り餌を含む場合、野外における真の充満度を見るために釣り餌を除いた場合の2通りを求めた。

実体顕微鏡を使って、餌生物の同定を行った。釣り餌は念入りに区別した。すなわち、釣り餌のイシイソゴカイは、頭部を欠いた極めて新鮮な尾部片、あるいは体幹部断片として検出されること、体サイズが顕著に大きい (稚魚が捕食したゴカイ科は、ほとんどが小型個体である (後述)) こと、胃の噴門部付近で、他の捕食物とは独立して検出されることより、釣り餌と判断した。主に、アサリを含む二枚貝については種レベルで、本種の餌資源として最も重要 (後述) な多毛類は科レベルで、その他は綱、亜綱、目、亜目、あるいは下目レベルで同定した。同定は、貝類は奥谷 (2017) に、貝類と寄生虫を除く海産無脊椎動物は西村 (1992, 1995) に、特に、多毛類は今島 (1996, 2001, 2007) も参照して、寄生虫は江草 (1988) に、海藻は田中・田中 (1999) に従った。同定の後、必要な餌生物について、体サイズを目盛り付シャーレを用いて0.1mm単位で計測した。全ての胃内容物について、出現した餌生物はもとより、小石、粘液、高度消化物に至るまで、種、科など分類群毎あるいは必要に応じて個体毎に電子天秤を使用し0.1mg単位で重量を計測した。なお、個体数について、二枚貝の単水管は、1個を1個体として計数した。多毛類の長い副感触手 (スピオ科、モロテゴカイ科) は、1対で1個体とした。コケムシ類は群体を形成しており、個虫を1個体として計数した。藻類は、1嚙みによる1塊を1個体として計数した。ただし、糸状付着珪藻については、本研究で対象としたクロダイ稚魚の胃内容物では、1嚙み (1塊) の判別が難しかったため、胃内容物の全てを1塊 (1個体) として取り扱った。釣り餌、小石、粘液、胃液、高度消化液 (物)、および、6月6日採集のクロダイ稚魚 10.2cm TL から検出された寄

生性線虫1個体は、分析の解析から除いた (ただし、SCIはこれらを含む)。

検出したアサリとマテガイの水管を用いて、それぞれの殻長の復元、および本種による穴掘り採餌の深度の推定を行った。殻長の復元にあたり、アサリ水管については、入水管と出水管の両方が完全なものは、両者が二又する基部の幅 (図1Cの矢印間の長さ) を「水管先端幅」と定義して、そこを計測した。片方の水管のみの場合は、単水管のみのもの、片方の水管の破損によって水管先端幅としての計測が困難なものの2通りがある。両者とも、単水管の基底幅を計測した。被食殻長の推定にあたり、これらは計測した基底幅を2倍して、それをその個体の水管先端幅として求めた。マテガイ水管については、第1段目 (最先端) の水管先端幅 (入水管が二又する基部の幅。図1Dの矢印a間の長さ) と水管基底幅 (図1Dの矢印b間の長さ) を計測した。殻長の推定式について、アサリ水管については、瀬戸内海産の水管先端幅 (SD) - 殻長 (SL) 関係式 (べき乗回帰,  $SL (\text{mm}) = 3.41 \times SD (\text{mm})^{1.21}$ ,  $r=0.955$ ,  $n=74$ , 範囲 1.14~9.61mm SD,  $p<0.01$ ) を、マテガイ水管については、広島湾産の水管先端幅 (SD) - 殻長 (SL) 関係式 (べき乗回帰,  $SL = 9.30 \times SD^{1.28}$ ,  $r=0.960$ ,  $n=79$ , 範囲 0.92~8.16mm SD,  $p<0.01$ )、水管基底幅 (SB) - 殻長 (SL) 関係式 (べき乗回帰,  $SL = 8.13 \times SB^{1.32}$ ,  $r=0.961$ ,  $n=80$ , 範囲 1.08~8.79mm SB,  $p<0.01$ ) を用いた (重田ほか, 未発表)。捕食深度の推定にあたっては、アサリ、マテガイとも水管の高さを計測した。

#### 4. 食性の解析

餌生物の構成を把握するために、餌生物の重量割合 (%W) と個体数割合 (%N)、出現頻度 (%F) を求め、餌生物重要度指数 (index of relative importance: IRI) (Pinkas, 1971) とその百分率 (%IRI) を算出した。胃内から出現した餌生物  $i$  (種または生物群) について、 $\%F_i$ ,  $\%W_i$ ,  $\%N_i$ ,  $IRI_i$ , および  $\%IRI_i$  は、新野ほか (2017) の式と記述を基に算出した。なお、2005年10月9日の1標本のみ、餌生物について個体数の計数のみの分析である。また、全26個体のうち、25個体は当才および満1才であるが、2006年8月11日の13.4cm TLの1個体のみ1+才であり、やや体サイズが大きいことから、前者とは区別して取り扱った。

クロダイ稚魚 (当才・満1才) が捕食した餌生物の種の選択性、ならびに捕食したアサリの殻長サイズの選択性を明らかにした。種の選択性は Ivlev の選択

性指数 ( $E$ ; イヴレフ, 1965) で表した。解析に必要な調査場所 (環境中) のマクロベントス相とアサリ殻長組成について、齊藤ほか (2007) のデータを用いた。すなわち、大野 (前潟である (齊藤, 私信)) において、2003年8月1日に実施された調査であり、 $30 \times 30\text{cm}$  の方形枠を用いて干潟の表層から深さ  $30\text{cm}$  までの砂泥を1回採集し、目合  $1\text{mm}$  の篩でマクロベントスを選別したものである。小潮低潮面 (潮位レベル:  $150\text{cm}$ ) と大潮低潮面 (同:  $50\text{cm}$ ) の計2カ所を採集している。このうち、アサリについては殻長  $1\text{mm}$  以上を対象として、個体毎に殻長などを計測している。なお、アサリの捕食者や競合種の記載を主眼としていることから、二枚貝、腹足類、アナジャコ・スナモグリ類、異尾類、短尾類については、環境中に出現した全種・全個体を記載しているが、その他の動物群では、アサリの捕食者である多毛綱アカムシの記述を除いて、出現していても記載していない (齊藤, 私信)。本報では、マクロベントス相について、小潮低潮面と大潮低潮面の計2カ所における各動物群の個体数を平均して、 $1\text{m}^2$  当たりの個体数を求めた。 $E$  の算出について、 $1+$ 才の1個体を除く、当才・満1才の稚魚25個体を対象とした。これらの胃内容物と環境中のデータについては、調査場所 で出現した全種・全個体の記載のある二枚貝、腹足類、アナジャ

コ・スナモグリ類、異尾類、および短尾類を評価対象とし、綱あるいは下目でまとめて同指数を求めた。このうち、アサリなど二枚貝綱では種のレベルで算出した。調査場所におけるアサリの殻長組成について、齊藤ほか (2007) の Fig.3 のグラフから、数値 (各殻長区分の個体数) を読み取った。

### Ⅲ. 結果と考察

#### 1. 胃内容物重量指数

全26個体のうち、空胃は当才の1個体のみで、25個体で胃内容物が検出された。代表的な出現種 (後述) を図1に示した。定量分析を行った25個体のSCIのうち、釣り餌を除くSCIのみを図2に示す。釣り餌を含むSCIは  $0 \sim 8.5\%$  を示した。TLとSCIには有意な関係は認められなかった (単回帰,  $r=0.052$ ,  $n=25$ ,  $p=0.804$ )。平均値は  $1.3\%$  であった。釣り餌を除いたSCIは同じく  $0 \sim 8.5\%$  を示した (図2)。TLとSCIには有意な関係は認められなかった (単回帰,  $r=0.060$ ,  $n=25$ ,  $p=0.776$ )。平均値は  $1.1\%$  であった。筆者らが行った干潟のクロダイ食性調査では、広島湾の成魚 ( $24.7 \sim 48.5\text{cm TL}$ )、周防灘山口湾～榎野川河口の稚魚～成魚 ( $8.8 \sim 37.2\text{cm TL}$ ) では、 $1.5\%$  前後で胃内がほぼ充満した状態、 $2\%$  前後で満腹に近い状態であった (重田ほか, 未発表)。本研究では、釣り餌を

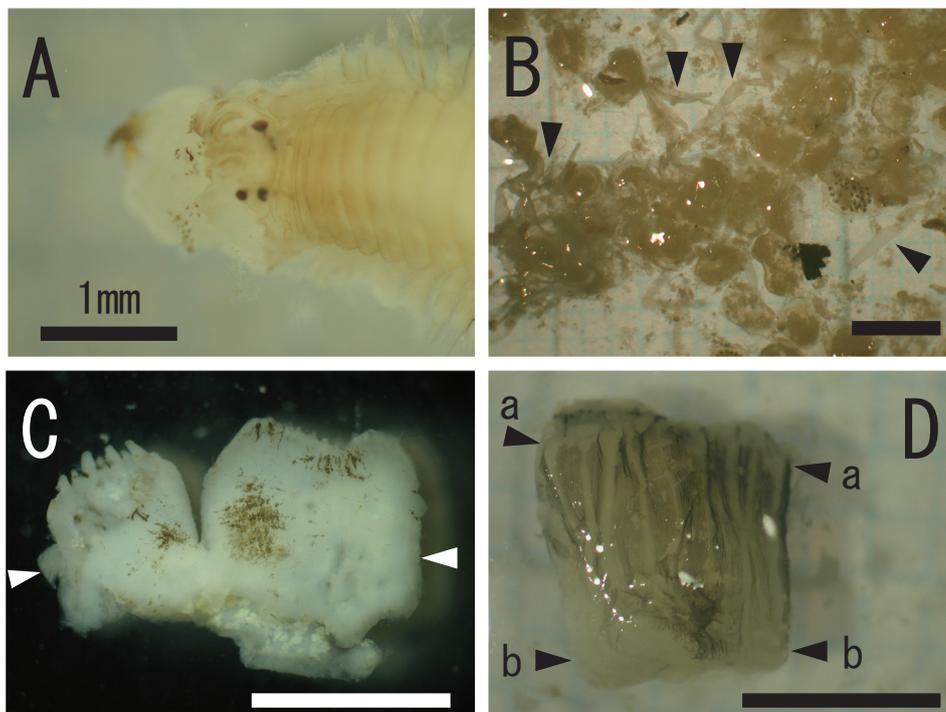


図1. 広島湾のアサリ漁場干潟におけるクロダイ稚魚の主な捕食生物

A: 多毛綱 (ゴカイ科) の頭部背面 (10月9日採集, 捕食クロダイ  $10.9\text{cm TL}$ 。以下同様), B: 藻類 (大型藻類のアオノリ類) (矢印) とコケムシ類 (6月6日,  $10.2\text{cm TL}$ ), C: アサリ水管, 矢印は水管先端幅 (10月9日,  $9.6\text{cm TL}$ ), D: マテガイ水管, 矢印 a は水管先端幅, 矢印 b は水管基底幅 (B と同一個体)。バーは  $3\text{mm}$  (A を除く)。C のみ生標本。

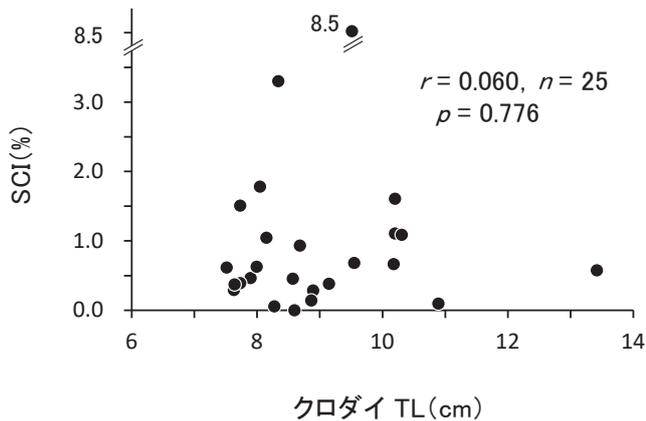


図2. クロダイの全長 (TL) と胃内容物重量指数 (SCI, 釣り餌を除く) との関係

含む SCI は 2% 以上が 4 個体, 釣り餌を除く SCI では同 2 個体であり, 釣り餌の多毛類 1 片であっても, 稚魚にとっては胃内で大きな割合を占めることが分かる。福井水試 (1988) は, 日本海の福井県小浜湾において, 尾叉長 (FL) 20~21cm の個体が最大で 5~6g を捕食していたと記述している。ここで 20.5cm FL, 5.5g とすると, 広島湾産の FL-TL 関係式 (単回帰, TL (cm) = 1.063 × FL (cm) + 0.696,  $r=0.999$ ,  $n=192$ , 範囲 11.3~45.3cm FL,  $p<0.01$ ), TL-BW 関係式 (べき乗回帰, BW (g) = 0.01315 × TL (cm)<sup>3.046</sup>,  $r=0.993$ ,  $n=435$ , 範囲 12.6~48.5cm TL,  $p<0.01$ ) (重田ほか, 未発表) より, 22.5cm TL で SCI は 3.2% 程度と推定される。これは, 上記の筆者らの野外における結果と, よく一致する。他方, 江草 (1961) は飼育実験より, 本種の飽食量は, 12.1~27.4g BW の個体で BW の 13.37% (平均) であったとしている。これらの個体は本研究と同サイズである。本種の飽食量の潜在能力の高さと, 野外でそれを実現すること (餌の獲得) の困難さがうかがい知れる。

飛び抜けて高値の 8.5% を示した 9.5cm TL の個体では, 内容物重量のうち, ホトトギスガイ *Arcuatula senhousia* 5 個体で 66.5% を, 次で糸状付着珪藻が 16.1% を占めていた。次に高い 3.3% を示した 8.3cm TL の個体では, 内容物重量 (釣り餌除く) のうち, ゴカイ科 1 個体で 45.5% を, 次で長尾類 2 個体で 43.3% を占めた。ここでも, 稚魚にとっては, 餌生物 (マクロベントス) 1 個体の獲得の有無自体が重要なことが分かる。

## 2. 胃内容物組成

生態学的に魚類の生活史戦略の視点からは, 成長し生存を高める体組織に関わる努力と, 繁殖の成功度を増加させる繁殖努力という二つの大きな要素があり,

これらへのエネルギー配分が重要となる (グロス・前川, 1989)。魚類ではこのエネルギーを採餌により獲得している。クロダイ稚魚では, 繁殖努力への投資はほぼ不要であることから, 前者へ集中的に投資していると言える。本種の食性は, まず初めに把握しておくべき, 最も重要な生態特性であろう。重田・薄 (2012) は, 野外におけるアサリ食害魚種のリスト作成にあたり, それら魚種について, 既報と著者らの調査結果に基づき, 干潟における食性を取りまとめている。クロダイについて, 瀬戸内海の岡山県沿岸, 南シナ海の中国香港沿岸ともに, 3cm TL 位までは主な餌生物はカイアシ類であるが, 成長に伴い捕食生物が多様化し, 3.7cm TL 前後以上になると, ほとんどカイアシ類を捕食しなくなる (福田・土屋, 1984; Nip et al., 2003)。すなわち, 4cm TL 程度まで成長した後, 餌 1 個体あたりのエネルギー量が小さいカイアシ類から, より大きなマクロベントス食へのスムーズな移行, 続く, 持続的で安定した餌資源 (マクロベントスなど) の獲得が, 本種の成長と生存にとって極めて重要であることが予想される。

食性分析の結果を表 1 に示した。当才について, 生物群別の %IRI は多毛綱 (図 1A) 45.1%, 次いで藻類 (図 1B) 29.6% の重要度が高く, 二枚貝綱 (図 1C, D) 15.0%, コケムシ類 (図 1B) 6.3% が続いた。前二者で 74.7% を占めた。これら最も重要な 2 種の餌生物のうち, 多毛綱の %F, %W, %N はそれぞれ 80.0%, 33.4%, 16.8% を, 藻類はそれぞれ 64.0%, 17.0%, 24.2% であった。詳しく種別の %IRI を見てみると, 藻類では大型藻類の 36.5%, 多毛綱ではゴカイ科の 31.9% が高値を示し, 以下は, コケムシ類 6.3%, ホトトギスガイ 4.5%, その他の多毛類 4.5%, アサリ 4.1% が続いた。大型藻類の %F, %W, %N はそれぞれ 60.0%, 8.3%, 23.2% を, ゴカイ科はそれぞれ 56.0%, 21.6%, 7.9% を占めた。大型海藻では緑藻類のアオノリ類 (アオサ属) が多く, 管状や, それを扁平にした棒状の形状を呈し, 葉片サイズは小型であった。糸状付着珪藻の %IRI は 3.0% であった。本研究で対象としたクロダイ稚魚の胃内容物では, 1 噛み (1 塊) の判別が難しく, 胃内容物の全てを 1 塊 (1 個体) として取り扱ったため, %N は明らかに過小評価である。大型藻類と比較すると, %W は 8.7% を占め同程度多くの重量を捕食している。しかし, %F がやや低いことから, %N が大型藻類と同程度であったと仮定しても, %IRI への影響は現状の 2 倍程度に止まる。いずれにせよ, 稚魚期における藻類への高い依存性は特筆すべき特性であろう。広島湾

表1. 広島湾のアサリ漁場干潟におけるクロダイ稚魚の食性

出現した餌生物 生物群	当才・満1才					1+才 (n=1)						
	%Fi (n=25)	%Wi (n=24)	%Ni (n=25)	%IRIi (n=25)	%Fi (n=25)	%Wi	%Ni	%IRIi	%Fi	%Wi	%Ni	%IRIi
二枚貝綱	28.0	34.8	13.0	15.0	100.0	1.6	2.5	2.0	100.0	1.6	2.5	2.0
アサリ	20.0	3.2	7.4	4.1	100.0	0	0	0	0	0	0	0
ホトトギスガイ	8.0	27.7	1.5	4.5	0	0	0	0	0	0	0	0
マテガイ	20.0	3.5	2.0	2.2	0	0	0	0	0	0	0	0
その他の二枚貝	8.0	0.3	2.0	0.4	0	0	0	0	0	0	0	0
腹足綱	8.0	0.0	0.5	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0
十脚目	16.0	6.1	1.3	1.3	0	0	0	0	0	0	0	0
長尾類	8.0	6.0	0.8	1.0	0	0	0	0	0	0	0	0
その他の十脚目	8.0	0.1	0.5	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0
小型甲殻類	48.0	1.3	8.2	5.1	100	0.1	5.0	2.5	100	0.1	5.0	2.5
コツムシ亜目 (等脚目)	12.0	0.1	1.3	0.3	0	0	0	0	0	0	0	0
ヨコエビ類 (端脚目)	24.0	0.7	2.8	1.6	100	0.1	2.5	1.3	100	0.1	2.5	1.3
タナイス目	12.0	0.4	3.3	0.9	0	0	0	0	0	0	0	0
貝虫綱	4.0	0.1	0.5	0.0	100	0.0	2.5	1.3	100	0.0	2.5	1.3
カイアシ亜綱	4.0	0.0	0.3	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0
昆虫綱	4.0	0.1	1.3	0.1	100	0.1	2.5	1.3	100	0.1	2.5	1.3
ユスリカ幼生・蛹	4.0	0.1	1.3	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0
昆虫	0	0	0	0	100	0.1	2.5	1.3	100	0.1	2.5	1.3
多毛綱	80.0	33.3	16.8	45.1	100	98.3	85.0	91.6	100	98.3	85.0	91.6
コカイ科	56.0	21.6	7.9	31.9	0	0	0	0	0	0	0	0
チロリ科	4.0	0.6	0.3	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0
サシバゴカイ科	4.0	0.0	0.3	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0
スピオ科	12.0	1.7	5.1	1.6	100	0.9	2.5	1.7	100	0.9	2.5	1.7
インメ科	4.0	0.1	0.3	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0
ツバサゴカイ科	8.0	2.7	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0
ミズヒキゴカイ科	4.0	0.5	0.3	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0
その他の多毛類	28.0	6.0	2.3	4.5	100	97.4	82.5	89.9	100	97.4	82.5	89.9
コケムシ類	8.0	7.2	33.7	6.3	0	0	0	0	0	0	0	0
イソギンチャク目	4.0	0.2	0.3	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0
藻類	64.0	16.9	24.2	29.6	100	0.0	5.0	2.5	100	0.0	5.0	2.5
大型藻類	60.0	8.3	23.2	36.5	0	0	0	0	0	0	0	0
糸状付着珪藻	16.0	8.7	1.0	3.0	0	0	0	0	0	0	0	0
植物(木片)	8.0	0.1	0.8	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0

の干潟において、本種稚魚の採餌行動を観察すると、護岸壁面等に苔状に生えた糸状付着珪藻など付着藻類をめくり、同じく壁面を食むボラ科（メナダ *Chelon haematocheilus*, ボラ *Mugil cephalus cephalus*）稚魚と採餌場所をめくり闘争する行動がしばしば観察される。クロダイによるボラ科への一方的な攻撃であり、両者が餌を探索中に微細採餌場所（マイクロハビタット）が競合した場合に見られる一時的な行動である。ただ、競争優位種のクロダイは執拗な攻撃を見せず、攻撃された劣位種のボラ類もその場所を防衛はせず、逃避するのみである。干潟上のみならず、直立護岸、斜路や階段、護岸の捨石など人工構造物の表面にも付着藻類は豊富に生えていること、両者とも、これら空間を立体的に利用（採餌）できること、前述の通り、クロダイは雑食で藻類・植物を含めた多様な餌資源を利用でき、かつ、最も重要な餌資源はゴカイ科を主とする多毛類であることによると考えられる。食性だけでなく、行動面からも、本種の稚魚が餌資源として藻類の獲得も重視していることが示唆されるものである。ゴカイ科では、釣り餌と比べると、ほとんどが小型個体を捕食したものであった。アナジャコ・スナモグリ類（アナジャコ下目）、短尾類は全く認められなかった。ヨコエビ類は、%Fは24.0%で捕食する個体は少なくないが、%Wは0.7%と低く、よって、%IRIも1.6%で重要度はあまり高くはない。一方、大阪水試（1983）によると、瀬戸内海の大坂湾大阪府沿岸では8.0cm FL（約9.2cm TL）まではヨコエビ類が主な餌生物であることを示しており、本研究との相違が認められる。本研究の前潟干潟では、多毛類、藻類、あるいは二枚貝（の水管）といった多様な餌生物が豊富に存在することによると考えられる。

1+才については、分析数が1個体のみなので、ここでは詳しい分析はできない。本個体の%IRIは、生物群別では多毛綱が91.6%を占め、種別では、その他の多毛類が89.9%で、これはスピオ科1個体、および多毛類の長い副感触手（スピオ科、あるいはモロテゴカイ科）を多食したものであった。なお、アサリの水管1個（種別の%IRIは2.0%）も捕食していたが、壊れていたため、サイズ復元のための計測は不能であった。

### 3. 被食アサリ・マテガイの殻長と捕食深度

クロダイは底面に穴を掘り採餌する能力を持ち、干潟では本種の穴掘り採餌行動が頻繁に観察される（重田・薄, 2012）。口で底面の砂をくわえて、左右いずれかに砂を吐き出す行動を繰り返し、結果として、干

潟の底表に採餌痕を残す。稚魚も穴を掘るが、小さいので採餌痕が確認しづらい。アサリの場合、潜る深さは表層から殻の下部まで概ね殻長の2倍程度である（増殖場造成計画指針編集委員会, 1997）。

二枚貝綱の%Fは28.0%で、種別の%Fではアサリ、マテガイがともに20.0%であり低くはないが、多毛綱の80.0%、藻類の64.0%には遠く及ばない頻度である。よって、%IRIも高くはなく、種別の%IRIはアサリで4.1%、マテガイは2.2%に過ぎない。さらに、両種ともに水管のみの捕食であった。後述の通り、同所は今なおアサリ漁場である干潟であり、アサリの大型個体も多数生息している。アサリは多年生であることから、それを餌生物として利用できるならば、とても安定的な餌資源となる。にもかかわらず、本種稚魚にとって、重要な餌資源とはなっていない。筆者らが調査した同所の6月下旬～10月下旬の成魚（24.7～48.5cm TL,  $n=50$ ）では、生物群別の%IRIは二枚貝綱が93.8%、種別の%IRIではアサリが82.4%を占め圧倒的に高い重要度を示すのとは対照的である。

一方、被食者のアサリ、マテガイにとっては、生存に関わる死活的な問題である。最も二枚貝水管を多く捕食していた7.7cm TL（9月21日採集）のクロダイ稚魚では、アサリ水管が12個、マテガイ水管が4個、その他二枚貝水管が7片出現した。アサリ水管の内訳は、両水管が完全なもの（図1C）が2個（体）、片方の水管が壊れ不完全なもの1個（体）、単水管が9個であった。マテガイ水管は、いずれも最先端（第1段目）のもので完全であった（図1D）。次いで二枚貝水管を多く捕食し、最もアサリ水管を多く捕食していた10.3cm TL（同日）では、アサリ水管が14個、マテガイ水管が1個出現した。アサリ水管の内訳は、両水管が完全なものが1個（体）、片方の水管が壊れ不完全なものが4個（体）、単水管9個、その他水管破片が検出された。マテガイ水管は、最先端（第1段目）のもので完全であった。

アサリ水管の場合、その下端には歯型が残り、ひどく噛みちぎられていることが良く分かる（図1C）。一般的に、採餌器官である水管を失うことは、その個体にとって致命的に近い影響があるものと考えられている。アサリの水管被食の影響について、Meyer and Byers（2005）は水管の切除実験を行い、アサリは水管を失うのみでは（再生するため（Tomiyama, 2016））直接死には至らないことを明らかにしている。しかし、潜砂深度が浅くなることにより、野外では死亡率が1.7倍高まるという。一方、マテガイ水管の場合、最先端の第1段目以降も、数段に渡り順次

自切できる構造であることから、切断面はきれいでダメージの少ない状態である（図1D）。次段以降には、既に先端の触手など基本的構造が準備されている。

クロダイ稚魚が捕食した二枚貝水管より推定した、アサリとマテガイの殻長を図3に示した。アサリ（図3A）について、両水管が完全なもの、片方の水管が壊れ不完全なもの、および単水管の3者について（後2者は水管基底幅を2倍している）、推定される殻長に有意な差は認められなかった（分散分析、 $p=0.592$ ）。全てをまとめると、クロダイ TL と被食アサリの推定殻長との関係は、 $SL=4.733 \times TL-29.40$  の単回帰式で表された（ $r=0.800$ ,  $n=20$ ,  $p<0.01$ ）。ここで、SL：アサリ殻長（mm）、TL：クロダイ全長（cm）である。結果より、10cm TL までのクロダイ稚魚であれば、殻長25mm 前後までのアサリ水管を捕食できることが分かる。つまり、満1才くらいまでのアサリに、直接は死亡させることはないものの、間接的には生存への影響を及ぼすことになる。マテガイ（図3B）については、噛みちぎられたものは出現せず、いずれも完全な状態であった。クロダイ TL と被食マ

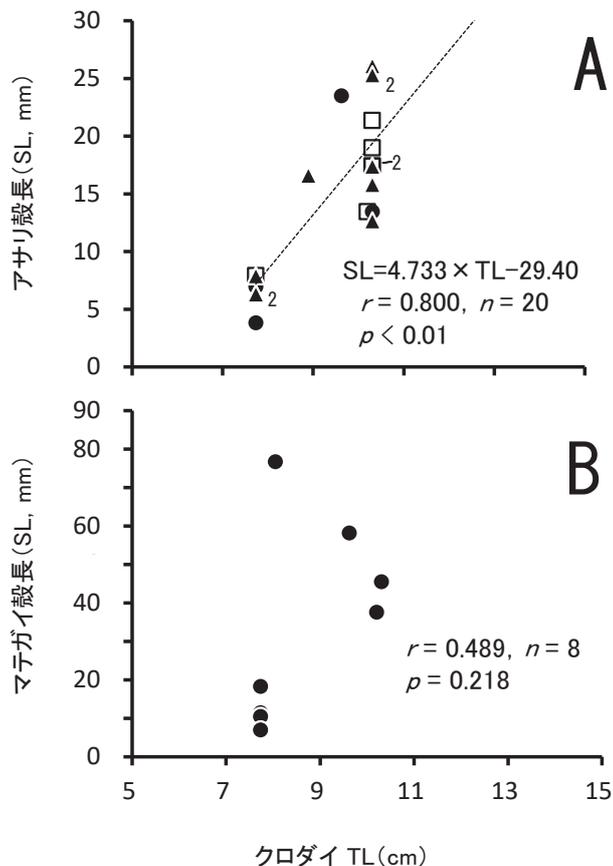


図3. クロダイの全長 (TL) と捕食した二枚貝の推定殻長 (cm) との関係

A：アサリ，●は両水管が完全なもの，□は片方の水管が壊れ不完全なもの，▲は単水管，マークの右の数字は同値で重なった数。破線：全て ( $n=20$ ) の水管を用いた回帰直線，B：マテガイ。

テガイの推定殻長との関係については、個体数が少なく相関関係は有意ではなく、図の分布も何らかの関係を表せてはいない（単回帰、 $r=0.489$ ,  $n=8$ ,  $p=0.218$ ）。結果より、10cm TL までのクロダイ稚魚であれば、殻長80mm までのマテガイ水管を捕食できるようなのである。

クロダイ TL と捕食した水管の高さとの関係を図4に示した。アサリ、マテガイなどは水管の先端のみを底表面にのぞかせて、本体は潜砂している。従って、捕食した水管の高さ（特にアサリの場合）は、本種の穴掘り深度となる。アサリ、マテガイともに、クロダイ TL が大きくなると水管高が高くなる有意な関係が認められた。アサリについて、 $D=0.451 \times TL-2.42$  の単回帰式で表され（ $r=0.716$ ,  $n=26$ ,  $p<0.01$ ）、マテガイについて、 $D=0.709 \times TL-3.67$  の単回帰式で表された（ $r=0.763$ ,  $n=8$ ,  $p<0.05$ ）。ここで、D：水管の高さ（穴掘り深度）（mm）、TL：クロダイ全長（cm）である。これは平均的な穴掘り深度である。7～11cm TL のクロダイ稚魚は、2～4mm の深さの穴を掘る能力があるものと考えられる（図4の点線曲線）。すなわち、殻長2～4mm までのアサリは掘り出すことが可能だが、それより大きな個体は掘り出せず、本体は捕食できないと考えられる。アサリ、マテガイの両回帰直線の傾きには有意な差が認められ（分散分析、 $p<0.01$ ）、マテガイの水管の高さはアサリよりも有意に高値を示した。これは、アサリ水管の捕食の場合は噛みちぎるため連続数値となるが、マテガイ水管の場合は自切するために、連続的ではなく階段状の数値を取ることで、場合によっては、その個体が捕食可能な深度をやや越えることもある（捕食可能な最

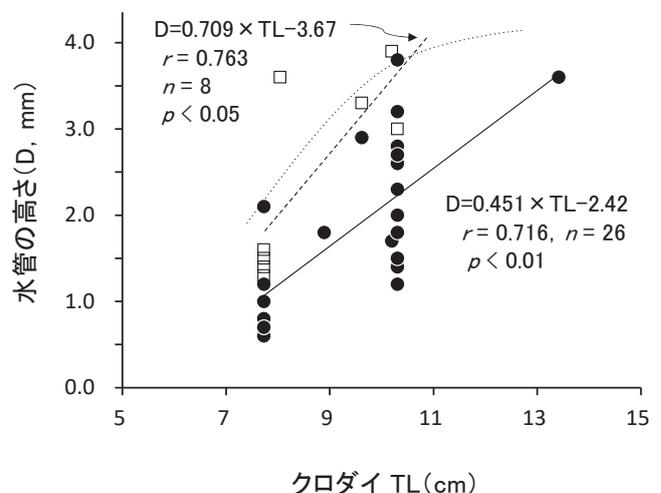


図4. クロダイの全長 (TL) と水管の高さ (穴掘り深度, mm)

●はアサリ，□はマテガイ。実線：アサリの回帰直線，破線：マテガイの回帰直線，点線：推定される最大の穴掘り深度。

大深度で水管先端を捉えて、その水管の基底から自切した場合)、ことによると考えられる。

#### 4. 餌の種とサイズの選択性

前潟におけるアサリなど二枚貝を主体とした底生動物の生息密度、および本種稚魚による餌の種を選択性について選択性指数 ( $E$ ) を表2に示した。本種稚魚にとって最も重要な餌資源である多毛類、藻類については、環境中の生息密度等に関するデータが無く、ここでは検討できない。他方、干潟生態系の基盤種で最も重要な水産資源の一つでもあるアサリなど二枚貝について、その食害を防いだり軽減するためにも、本種稚魚の採餌特性を把握しておくことは重要であろう。

アサリ漁場の干潟であるので、当然、アサリの生息密度は高く  $328$  個体/ $m^2$  を示した。同年 (2003年) のアサリを指標とした同干潟の生産性 (魚類の餌環境) は、 $2.6t/ha/yr$  であり、魚類にとって良好な餌環境であった (重田ほか, 2016)。すなわち、かつて1980年代まで瀬戸内海の各地の干潟で見られた環境を、現在 (本調査時) に再現しているとも言えよう。アサリの競合生物で成育の阻害種であるホトトギスガイ (増殖場造成計画指針編集委員会, 1997) は更に多く  $728$  個体/ $m^2$  の生息密度である。一方、捕食者であるクロダイ稚魚の生息数も多く、CPUEは  $4.7 \pm 3.5$  (個体数/1.5時間/人,  $n=3$ ) を示した。選択性指数  $E$  について、ある生物に対する選択性が0である場合は、クロダイ稚魚が、その生物を無作為に採餌することを示している。また、同指数が0以上で1.0に近づくほど、その生物をより選択的に採餌していることを示す。同指数が0以下で-1.0に近づくほど、その生物はあまり好まれないか、あるいは容易に利用できないことを示している。ここで、生息数の比較的多い種について検

討すると、まず、動物群レベルでは、二枚貝綱は圧倒的に多く生息するにもかかわらず、 $E_{(斧足綱)}$  は0.002で無作為な採餌の様に見かけ上は見える。種別では、マテガイが1.0、次いで、生息数の多いアサリが0.31で続いた。環境中の2倍の出現率で  $E=0.33$  であるから、アサリの選択性は決して低くはないことが分かる。一方、 $E$  が低値を示すものは、ムラサキガイ *Mytilus galloprovincialis* の-1.0、次いで、生息数の最も多いホトトギスガイで-0.70であった。ホトトギスガイは、同所の本種成魚ではアサリに次いで、山口湾干潟の未成魚・成魚ではマテガイに次いで、重要度が高い餌資源であること (重田ほか, 未発表) と一見矛盾している。前述の食性結果の通り、本種稚魚では二枚貝綱の利用はそれほど高くはなく、アサリ、マテガイでは水管のみの捕食である。すなわち、水管が利用できるアサリ、マテガイの (水管の) 選択性は高く、潜砂せず表層にいても個体全体の捕食の必要があるムラサキガイ、ホトトギスガイは、体サイズが大き過ぎて選択できないものと考えられる。腹足綱の  $E_{(腹足綱)}$  は-0.22を示し、干潟の表層にいても、強固な貝殻を持つことから、あまり好まない餌資源のようである。とても深く潜砂するアナジャコ・スナモグリ類も、(未成魚・成魚では重要な餌生物の一つであるが) 本種稚魚が容易に利用できないことが予想され、 $E_{(アナジャコ下目)}$  も-1.0を示している。短尾下目も-1.0で、これも稚魚にとっては全体の捕食が容易ではないことを示している。ここで、表1の「その他の十脚目」は、十脚類の脚のみが検出されたもので、全て短尾類あるいは異尾類の脚であった。表2の最下段では、「異尾下目・短尾下目」とした場合の  $E_{(異尾下目 \cdot 短尾下目)}$  を示した。値は0.44に上昇した。体本体の捕食は容易ではないものの、これらへの高い嗜好性がうかがえる。

上述の通り、主に二枚貝を中心とした動物群では、本種稚魚によるアサリ水管に対する選択性は決して低くはない。アサリの殻長サイズを選択性について、クロダイ稚魚が捕食したアサリ水管から求めた推定殻長の組成比率と、調査場所 (環境中) におけるアサリ殻長の組成比率を図5に示した。両者の殻長分布は有意に異なっており ( $\chi^2$  検定,  $\chi^2=160.2$ ,  $df=5$ ,  $p<0.01$ )、環境中のアサリ殻長の平均値  $29mm$  に対して、捕食したアサリ殻長の平均値は  $15mm$  で有意に小型であった ( $t$  検定,  $t=6.30$ ,  $df=77$ ,  $p<0.01$ )。本種の  $7\sim 11cm$  TL の稚魚は、殻長  $30mm$  (およそ1才) までのアサリ水管を利用するものの、それ以上の殻長のアサリ水管は利用しない (できない) ものと考えられる。殻長  $30mm$  のアサリでは水管先端幅は約  $6mm$

表2. 前潟干潟におけるアサリなど二枚貝を主体とする底生動物の生息密度およびクロダイ稚魚による餌の種を選択性指数 ( $E$ )

「ヤドカリ下目 (異尾類)」と「カニ下目 (短尾類)」を分けた場合 (破線上段) と、両者を一まとめにした場合 (破線下段)。 $E$ : Ivlev の選択性指数。

動物群	生息密度 (個体/ $m^2$ )	選択性指数: $E$
二枚貝綱	1083	0.002
ムラサキガイ	17	-1.0
ホトトギスガイ	728	-0.70
ヒメシラトリ	6	-1.0
マテガイ	0	1.0
オニアサリ	6	-1.0
アサリ	328	0.31
腹足綱	67	-0.22
アナジャコ下目	6	-1.0
短尾下目	17	-1.0
異尾下目・短尾下目	17	0.44

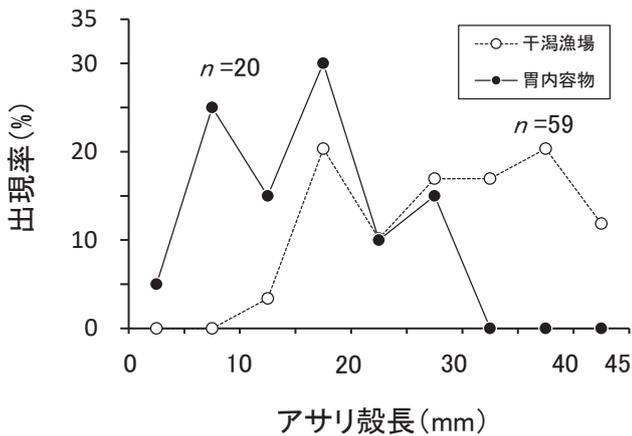


図5. 前潟干潟におけるアサリ殻長の組成比率  
○破線：前潟のアサリ殻長，●実線：クロダイ稚魚が捕食したアサリ殻長（胃内容物より推定した殻長）。

に達し、単水管の基底幅でもその約半分の3mm程度となる。クロダイ稚魚にとっては、(水管の形状を保ったままでの)捕食は難しいのだろう。

重田(2008, 2012)は、干潟やその周辺の餌環境の著しい減少に伴い、干潟に着底・成育する生活史で干潟を利用するアイナメ *Hexagrammos otakii*, アオギス *Sillago parvisquamis*, キュウセン *Parajulis poecileptera*, イシガレイ *Platichthys bicoloratus*, トラフグ *Takifugu rubripes*, マコガレイ *Pseudopleuronectes yokohamae* の資源が激減した可能性を指摘している。いずれも、アサリを利用する魚類で(重田・薄, 2012), 稚魚期には底生カイアシ類(メイオベントス)食性の後は、より大型で獲得エネルギー量の多いアサリなどマクロベントス食へ移行する肉食性の食性である。一方、クロダイ稚魚も河口・干潟域を着底・成育場の一つとして利用するが、本種の資源は維持されている。栽培漁業において放流効果のある魚種は少ないとされるが、広島湾北部沿岸でのクロダイ稚魚(2cm, 4cm TL)の人工種苗の放流では、放流直後の野外環境への良好な順応により生残率が高く、高い放流効果を示すという(Umino et al., 1999)。本種の稚魚期における植物食を含めた食性の柔軟性に加えて、人工構造物から干潟の地中に至るまで、採餌空間を立体的に利用できること、すなわち、採餌場所の利用の多様性も、本種の資源維持の大きな要因と推察される。

今回、干潟で圧倒的な個体数を占める魚種の一つであるクロダイ稚魚は、水管のみを捕食することから、アサリを直接死に至らせることはないことが示唆された。本研究では、餌資源としての重要度は低かったが、水管の捕食は、間接的とは言え、漁場干潟でのアサリの死亡率を高める。従って、頻繁な水管の被食は、アサリ資源に悪影響を及ぼすことが考えられる。

本研究において、クロダイ稚魚は、アサリ水管は極めて豊富に存在し、容易に獲得できる餌資源であるにもかかわらず、多毛類、藻類といった餌資源の重要度が高く、それらを積極的に選択していた。多様な餌資源の存在は、アサリ(水管)資源への過度な捕食圧の回避に貢献するものと考えられる。魚類によるアサリ食害対策の一つとして、干潟における魚類の餌資源の多様性を回復させることも、今後の干潟再生の目指すべき方向となるだろう。

## 謝辞

広島県廿日市市大野の前潟でのクロダイ等魚類稚魚の採集にあたり、多大なるご協力と便宜を図って頂いた広島県浜毛保漁業協同組合、ならびに前潟干潟研究会に深く感謝するとともに厚くお礼申し上げます。前潟におけるベントス調査データについて、多くのご教示と便宜を図って頂いた広島大学大学院統合生命科学研究科の斉藤英俊博士に感謝するとともに厚くお礼申し上げます。魚類採集や干潟調査でご協力と便宜を図って頂いた山口県の榎野川河口域・干潟自然再生協議会、榎野川漁業協同組合、ならびに山口県漁業協同組合吉佐支店、水産研究・教育機構の関係各位、本報の掲載の機会を頂いた広島大学総合博物館、ならびに同博物館の清水則雄博士、および有益なご指摘を頂いた査読者に厚くお礼申し上げます。

## 引用文献

- 尼岡邦夫(2016):『日本産ヒラメ・カレイ類』東海大学出版部。  
イヴレフ, B. C. (1965): 児玉康雄・吉原友吉訳『魚類の栄養生態学』新科学文献刊行会。  
今島 実(1996):『環形動物 多毛類』生物研究社。  
今島 実(2001):『環形動物 多毛類Ⅱ』生物研究社。  
今島 実(2007):『環形動物 多毛類Ⅲ』生物研究社。  
江草周三(1961):石渡直典氏の講演「魚の飽食量について」を中心として。水産増殖, 9, 106-109。  
江草周三(1988):江草周三編:『魚病学〔感染症・寄生虫病篇〕』恒星社厚生閣。  
大阪府水産試験場(1983):I. 大阪府。『昭和57年度栽培漁業放流技術開発事業 クロダイ班 総合報告書』水産庁南西海区水産研究所。  
奥谷喬司(2017):奥谷喬司編:『日本近海産貝類図鑑 第二版』東海大学出版部。  
グロス, M. R.・前川光司(1989):魚類の繁殖戦略の進化。後藤 晃・前川光司編:『魚類の繁殖行動 - その様式と戦略をめぐって』東海大学出版会, 161-201。  
木村知博(1958):広島湾のクロダイ (*Mylio macrocephalus*)

- Basilewsky) について. 広島県水産試験場報告, 19, 12-19.
- 斉藤英俊・泊野洋治・山地幹成・河合幸一郎・今林博道 (2007): 広島県沿岸域におけるアサリの資源特性と生息環境. 水産増殖, 55, 331-345.
- 佐野光彦 (2017): 沿岸生態系とその保全. 宮下 直・瀧本岳・鈴木 牧・佐野光彦著: 『生物多様性概論 - 自然のしくみと社会のとりくみ-』朝倉書店, 102-132.
- 重田利拓・薄 浩則・松岡正信 (2006): 沿岸魚の健康の維持増進と蛸集効果等副次機能を具備した漁港施設の整備に関する調査. 『平成 15~17 年度水産基盤整備調査委託事業報告書』水産庁, [https://www.mf21.or.jp/suisankiban\\_hokoku/data/pdf/z0000744.pdf](https://www.mf21.or.jp/suisankiban_hokoku/data/pdf/z0000744.pdf) (2021 年 11 月 10 日閲覧)
- 重田利拓 (2008): 瀬戸内海の魚類に見られる異変と諸問題. 日水誌, 74, 868-872.
- 重田利拓 (2012): 干潟の餌環境の指標としてのアサリ資源の変動が瀬戸内海の魚類生産へ及ぼす影響に関する研究. 瀬戸内海, 63, 61-64.
- 重田利拓・薄 浩則 (2012): 魚類によるアサリ食害 - 野外標本に基づく食害魚種リスト-. 水産技術, 5, 1-19.
- 重田利拓・斉藤英俊・富山 毅・坂井陽一・清水則雄 (2016): 瀬戸内海広島湾のアサリ漁場の干潟における大型クロダイ *Acanthopagrus schlegelii* (タイ科) の出現の季節変化. 広島大学総合博物館研究報告, 8, 31-37.
- 重田利拓・富山 毅・坂井陽一・斉藤英俊 (2018): 瀬戸内海周防灘中津干潟における絶滅危惧種アオギス *Sillago parvisquamis* (キス科) の危機的な生息状況 (2016-2018 年). 広島大学総合博物館研究報告, 10, 29-36.
- 水産庁・水産総合研究センター・全国豊かな海づくり推進協議会 (2006): 『平成 16 年度 栽培漁業種苗生産, 入手・放流実績 (全国) ~資料編~』
- 水産庁・水産総合研究センター・全国豊かな海づくり推進協議会 (2007): 『平成 17 年度 栽培漁業種苗生産, 入手・放流実績 (全国) ~資料編~』
- 水産庁・水産総合研究センター・全国豊かな海づくり推進協議会 (2008): 『平成 18 年度 栽培漁業種苗生産, 入手・放流実績 (全国) ~資料編~』
- 増殖場造成計画指針編集委員会 (1997): 『増殖場造成計画指針-ヒラメ・アサリ編-(平成 8 年度版)』全国沿岸漁業振興開発協会.
- 田中 博・田中貞子 (1999): 『ひろしまの海藻』田中 博.
- 中坊徹次 (2013): 中坊徹次編: 『日本産魚類検索 全種の同定 第三版』東海大学出版会.
- 新野洋平・柴田淳也・富山 毅・坂井陽一・橋本博明 (2017): 瀬戸内海中央部燧灘周辺におけるタチウオ *Trichiurus japonicus* の食性. 日水誌, 83, 34-40.
- 西村三郎 (1992): 西村三郎編: 『原色検索 日本海岸動物図鑑 I.』保育社.
- 西村三郎 (1995): 西村三郎編: 『原色検索 日本海岸動物図鑑 II.』保育社.
- 農林水産省 (2019): 海面漁業生産統計調査 / 長期累年, [https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/kaimen\\_gyosei/index.html#l](https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/kaimen_gyosei/index.html#l) (2021 年 6 月 14 日閲覧)
- 農林水産省 (2021a): 令和元年漁業・養殖業生産統計, [https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/kaimen\\_gyosei/index.html#l](https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/kaimen_gyosei/index.html#l) (2021 年 6 月 14 日閲覧)
- 農林水産省 (2021b): 令和 2 年漁業・養殖業生産統計 (第 1 報), [https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/kaimen\\_gyosei/index.html#l](https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/kaimen_gyosei/index.html#l) (2021 年 6 月 14 日閲覧)
- 林 公義・萩原清司 (2013): タイ科 Sparidae. 中坊徹次編: 『日本産魚類検索 全種の同定 第三版』東海大学出版会, 955-959.
- 福井県水産試験場 (1988): VI. 福井県. 『昭和 62 年度栽培漁業放流技術開発事業 クロダイ班 総合報告』水産庁南西海区水産研究所.
- 福田富男・土屋 豊 (1984): 9. クロダイ幼稚魚の食性について. 第 16 回南西海区ブロック内海漁業研究会報告, 79-88.
- 松浦啓一 (2017): 『日本産フグ類図鑑』東海大学出版部.
- 米司 隆・慶徳尚寿 (1986): II 広島県. 『昭和 60 年度栽培漁業放流技術開発事業 クロダイ班 総合報告書』水産庁南西海区水産研究所.
- Hubbs, C. L. and K. F. Lagler (1958): Fishes of the Great Lakes region. *Bull. Cranbrook Inst. Sci.*, 26, 1-213.
- Meyer, J. J. and J. E. Byers (2005): As good as dead? Sublethal predation facilitates lethal predation on an intertidal clam. *Ecology Letters*, 8, 160-166.
- Nip, T. H. M., W-Y. Ho and C. K. Wong (2003): Feeding ecology of larval and juvenile black seabream (*Acanthopagrus schlegelii*) and Japanese seaperch (*Lateolabrax japonicus*) in Tolo Harbour, Hong Kong. *Environmental Biology of Fishes*, 66, 197-209.
- Pinkas, L.(1971): Bluefin tuna food habits. *Calif. Fish. Game Fish. Bull.*, 152, 47-63.
- Tomiyama, T.(2016): Quantitative regeneration in bivalve siphons: difference between short- and long-siphoned species. *Mar. Biol.*, 163, 80.
- Umino, T., M. Hayashi, J. Miyatake, K. Nakayama, T. Sasaki, K. Okada and H. Nakagawa (1999): Significance of release of black sea bream at 20-mm size on stock enhancement in Daio Bay, Hiroshima. *SUISANZOSHOKU*, 47, 337-342.

(2021 年 8 月 31 日受付)

(2021 年 12 月 7 日受理)