

平成 22 年 5 月 17 日現在

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2007～2009

課題番号：19580205

研究課題名（和文）増えすぎた栽培漁業種クロダイの広島湾における初期生残戦略の解明

研究課題名（英文）The early life strategy in the abundance of black sea bream, *Acanthopagrus schlegelii* in Hiroshima Bay

研究代表者

海野 徹也 (UMINO TETSUYA)

広島大学・生物圏科学研究科・准教授

研究者番号：70232890

研究成果の概要(和文):放流事業によって漁獲量が著しく回復した広島湾のクロダイについて、産卵場、卵分布、稚魚の分布、成長、食性などの初期生態を解明した。クロダイの主産卵場は広島湾の湾口部に形成され、産卵は夜間であり、卵は幅広い水深に分布した。卵密度と稚魚の日周輪解析より、産卵ピークは5月下旬から6月中旬であり、着底は7月上旬から中旬にピークを迎えることがわかった。稚魚の主食はヨコエビ類、カイアシ類、であったが、生息環境に応じ柔軟性を示していた。

研究成果の概要(英文): Up to now, black sea bream, *Acanthopagrus schlegelii* in Hiroshima Bay is an important commercial and sport fishing species. Thus stock biomass of this species has been restored by stock enhancement program. Abundance of adult stock may be sustained by survivorship at the different life stages, principally reproduction, pre-recruitment and benthic recruitment events. The objective of this program is to detect in the early life cycle that are most vulnerable to environmental perturbations, black sea bream in Hiroshima Bay. Although black sea bream habits at the Ota River estuary within the site of the present study in Hiroshima Bay, micro-graphical eggs distributions reveal main spawning grounds form outer the bay as being marine-spawned species. The peak blooming of eggs by nocturnal breeders was commenced form the end of May to mid-Jun. The first settlers arrived at the beginning of July. Feeding items of post-recruitment exhibited high flexibility against their settlements environments.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2008年度	900,000	270,000	1,170,000
2009年度	1,100,000	330,000	1,430,000
年度			
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：水産学・水産学一般

キーワード：クロダイ、初期生態、広島湾、栽培漁業

## 1. 研究開始当初の背景

クロダイは我が国で年間 4000 トン前後が漁獲されており、瀬戸内海を中心に重要種である。栽培対象種としての優先順位も高く、平成 15 年度の全国放流実績は 4,144 千尾である。これは、ヒラメ、マダイ、ハタハタ、ニシンに次いで多い。特に、瀬戸内海におけるクロダイの放流尾数は、全国放流尾数の 60% に達し、広島県下は全国の約 20% に相当していた。一方、広島県におけるクロダイの年間漁獲量は全国の 15% に達している。同県のクロダイの主要漁場である広島湾では、年間 100 トン前後が漁獲されており、全国有数の好漁場となっている。

広島湾のクロダイの漁獲量の歴史的背景を概括すれば、1960 年代初頭までは年間 100 トン程度であったものが、以後、減少に転じ、1970 年代後半には 10 トン程度まで減少した。これに対処するため 1982 年より資源増大を目的とした放流事業が開始された。1988 年頃より次第に資源回復の兆しがみえはじめ、1990 年代には以前の最盛期に匹敵する 100 トンまで回復した。

このような、広島湾におけるクロダイの漁獲量の回復は、放流事業による功績であることが先行研究で明らかにされている。ただし、放流効果は、放流魚が直接漁獲されたものではなく、放流魚が既存天然魚と繁殖を共にしたことに起因する、放流の二次的効果によってもたらされたものである。そうした意味で、広島湾のクロダイ資源の維持増大は、天然クロダイの卵や仔稚魚の新規加入に依存していると考えられる。

クロダイの仔魚の分布に関する知見は Kinoshita and Tanaka (1990) によって平戸志々伎湾で得られているのみで、産卵や卵分布から稚魚の着底や食性に至る包括的研究は皆無である。また、仔稚魚研究は資源が減少している種において着目されがちであるが、広島湾のように、資源が増大している栽培漁業種を対象とした研究は例をみない。

## 2. 研究の目的

本研究では、広島湾で増加傾向にあるクロダイの初期生態の解明することで、極めて独創的な視点から仔稚魚の生態研究を展開することである。特に、クロダイの産卵生態から仔稚魚の初期生態に焦点を絞り、以下の解析を実施する。まず、フィールドでは、成魚の産卵時期、卵分布と環境要因、産卵場の解明、浮遊卵仔魚の動態、着底場所の選択性、

仔稚魚の食性、環境餌料生物相の解明、仔稚魚の成長、稚魚や幼魚の分布と環境との関係などを精査する。その一方で、採集した仔稚魚の一部については耳石日周輪を解析することで産卵時期と生残仔稚魚の孵化日との関係、成長率などを解析するとともに、魚体成分分析による栄養状態の評価、安定同体による食履歴の推定などを分析する。最終的に広島湾におけるクロダイの仔稚魚の生残戦略や環境収容力について究明を試みる。

## 3. 研究の方法

### (1) 広島湾における卵分布密度

#### ①卵密度

卵の採集は、2007 年 5 月～7 月に計 10 回 (19 定点)、2008 年 5 月～6 月に計 4 回 (5 定点)、2009 年 5 月～6 月に計 3 回 (6 定点) 行った。採集には NORPAC ネット (網口 45cm、側長 1.8m、網地 NGG52) を用い、表層水平曳き (約 2kt、5 分) を行った。2009 年はポンプによる汲み上げ採集を水深 1m、3m、5m、10m、15m の 5 層で行った。採集した卵は、70% エタノールで固定後、研究室に持ち帰って抗クロダイ卵モノクローナル抗体を用い、卵同定を行い、広島湾における卵の水平分布密度と垂直分布密度を検討した。また、クロダイの産卵期を推定するため、2007 年 4～7 月、2009 年 4～7 月に、広島市中央卸売市場に水揚げされた成魚を中心に生殖腺重量を測定し、生殖腺重量指数 (生殖腺重量 / 体重 × 100) を算出した。

#### ②産卵時間の推定

クロダイの産卵時間を調べる目的で、人工飼育下と自然界で以下の実験を行った。人工飼育下では 2007 年 5 月 7～8 日、栽培センターにおいて親魚 143 尾 (雄: 58 尾、雌: 85 尾) が飼育されている水槽で受精卵の採集と、その重量を測定した。採卵は 5 月 7 日 13 時から翌 8 日 13 時までの 24 時間、2 時間ごとに行なった。

自然界におけるクロダイの産卵時間を調べるため、2009 年 6 月 5～6 日、15～16 日に大黒神島北岸沖のカキ筏において、ポンプ採水による卵採集を行った。1、15m の 2 層で、それぞれ正午から 24 時間、2 時間ごとに採集した。採集した卵は、研究室に持ち帰って抗クロダイ卵モノクローナル抗体法により選別した。

### (2) 砕波帯におけるクロダイ稚魚の生態

#### ①稚魚採集

2007 年 6～7 月に計 8 回、2008 年 6 月～7

月に計5回、2009年7月に計3回それぞれ広島湾の15、5、5定点で採集を行った。採集は二人曳きの小型曳き網を用い、サーフゾーンとよばれる汀線から碎波帯までの範囲を岸と平行に約50m、2~3回曳網した。採集物は100%エタノールで固定し、研究室に持ち帰ってクロダイ仔稚魚の判別を行った。また、各調査時に表層水温、塩分を測定した。なお、各年の採集尾数の多かった2地点の稚魚については、発育段階を決定した

#### ②耳石日周輪の解析

耳石日周輪の解析は基本的に各年の5定点の稚魚、それぞれ10尾前後用いた。耳石(扁平石)を採取し、スライドガラス上に耳石凸面が上になるよう樹脂包埋し、研磨器を用いて核が露出するまで研磨した。最後に5%希塩酸で腐食処理し、日周輪数をカウントした。また、耳石輪紋の日周期性ならびに形成時期を把握するため、孵化後30日齢、40日齢、43日齢の人工種苗について同様の観察を行った。

#### ③食性解析

2009年に採集した稚魚のうち各地点3~7尾合計50尾の食道から直腸までを摘出・切開し、消化管内容物の同定とその個体数を調べた。

### 4. 研究成果

#### (1) 卵の分布密度

表層の平均卵密度は、2007年が8.46個/m<sup>3</sup>、2008年が9.97個/m<sup>3</sup>、2009年が21.18個/m<sup>3</sup>であった。各年とも5月中旬~6月上旬に卵密度が最大となり、6月下旬以降、採集された卵は少なくなった。これは成魚のGSIから推定される産卵盛期とほぼ一致した。つまり、広島湾のクロダイの産卵盛期は水温17~21℃となる時期と考えられた。一方、各調査定点の卵の水平分布密度は湾奥部で低く、湾口部で高くなった。ただし、クロダイ卵の比重が $\sigma_{15}=1.021$ 前後であることから、塩分濃度の低い湾奥部では卵が沈下している可能性がある。そこで、2009年に層別採集を行ったところ、クロダイ卵は水深1~15m層に概ね一様に分布していることが明らかとなった。卵は親魚の産卵水深、塩分躍層、密度躍層など様々な要因によって幅広い層に拡散していると考えられる。また、クロダイ卵とほぼ同比重であるカタクチイワシ卵は、比重調整により孵化直前に水柱中を急速に沈降することが報告されており、クロダイ卵でも同様の現象が起こっている可能性がある。いずれにしても、卵の垂直分布と水平分布の高低は調査定点で一致したことから、クロダイの産卵は主に広島湾の湾口部と考えられた。特に卵密度が高かったのは大黒神島北岸沖、西能美島鹿田漁港沖、大須瀬戸で、

これらの海域に共通することは、比較的塩分が高く、かつ、安定したところで、海岸から急深で水深30mの海域であった。

クロダイの産卵時間の観察では、人工飼育下で21時前後、自然界で2時前後に採集卵数が最大となった。このことから、クロダイの産卵は深夜に活発化することが明らかになった。クロダイのように日没後の産卵は、他魚種による被食を軽減するのに有利である。さらに、クロダイ卵は表層から中層まで幅広く分布していた。このような状況も集中的な卵の被食を回避させる可能性がある。

#### (2) 稚魚の初期生態

2007~2009年の3年間の調査において、採集された稚魚はそれぞれ837尾(4.3尾/曳)、390尾(7.8尾/曳)、117尾(3.9尾/曳)であった。3年間の調査で稚魚の採集数は6月下旬~7月上旬にピークを迎えた。採集した稚魚の標準体長は6~44.5mmで、特に10~15mmの個体が多かった。発育段階の同定により、広島湾のクロダイ稚魚の着底はこのサイズで生じていることが確認された。

一方、人工種苗の耳石輪紋を調べたところ、第一輪形成時期が摂餌開始時期で、その後、一日一本の日周輪が形成されることが確認された。耳石日周輪解析により、着底稚魚の孵化日を推定したところ、そのピークは5月下旬~6月中旬と推定された。孵化日のピークは、卵密度や成魚のGSIから推定された産卵盛期とほぼ一致した。ただし、稚魚が多く採集された宮島網の浦では、7月中旬以降にも新規加入群が認められた。耳石日周輪からこれらの稚魚の孵化日を推定したところ、6月中旬~下旬に孵化した個体が多く含まれていることが明らかになった。こうした稚魚の長期間にわたる加入は、産卵盛期に産まれた主群が減耗した場合、補償的な役割を果たす可能性がある。

調査定点別の稚魚の採集状況では、全ての調査定点で稚魚が採集できたものの、最も稚魚が採集できたのは宮島網の浦、次いで似島大湾であり、その他の定点はわずかであった。稚魚の豊富な場所では、波浪や潮流の影響が少ない内湾性であること、小河川(淡水)の流入があり干潟が形成されていること、海藻の漂着がみられることなどの共通点があった。また、稚魚の食性を調査したところ、宮島網の浦ではヨコエビ類が、西能美島鹿田漁港と似島大湾ではカイアシ類(ハルパクチクス目の複数種)とカイアシ類(*Paracalanus*属の1種)が優先していた。このことから、クロダイ稚魚は特定の餌生物に依存せず、育成場の餌料環境に応じた柔軟性を有していると考えられた。

各年の稚魚の成長速度を主育成場毎に比較すると、年変動が生じていた。特に3年間

追跡した宮島網の浦では、2007年に0.50mm/day、2008年には0.66mm/dayだったが、2009年は0.49mm/dayであった。これは育成場の餌生物量、加入群の個体群密度などの違いに起因していたと考えられる。2009年の宮島網の浦では、稚魚の採集量も少なく、胃内容物の餌生物の種類、量も低かった。よって、育成場の稚魚の成長には餌料環境が影響している可能性が高い。今後は、育成場の生物相と稚魚の餌料生物の関係を、定量的に評価する必要があるだろう。

以上、広島湾はクロダイ稚魚にとって成育に適した環境が整っていることがわかった。主産卵場の存在、豊富な卵の供給、稚魚の塩分や餌料環境に対する柔軟な適応能力が、豊富な資源加入群を支えていると考えられる。広島湾においては放流が開始されて以来右肩上がりに漁獲量が増加してきた。これは、放流された稚魚を育成できる余剰生産力と効率の良い再生産が行える産卵場が同湾に存在していることが原因だったかもしれない。本研究により、広島湾ならびに天然海域におけるクロダイの初期生活史の一端が明らかになった。しかしながら、浮遊期仔魚の生態解明、産卵場と着底稚魚との関連性など不明な点も多い。クロダイの初期生活史を解明するために、引き続き研究を行う必要があるだろう。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計4件)

- ① E. Blanco Gonzalez, N. Taniguchi, T. Umino, Can ordinary single-day egg collection increase the effective population size in broodstock management programs? Breeder-offspring assignment in black sea bream (*Acanthopagrus schlegelii*) through two-hourly intervals, *Aquaculture*, 査読有り、in press
- ② E. Blanco Gonzalez, T. Murakami, T. Yoneji, K. Nagasawa, T. Umino. Reduction in size-at-age of black sea bream (*Acanthopagrus schlegelii*) following intensive releases of cultured juveniles in Hiroshima Bay, Japan. *Fisheries Research* 査読有り、99:130-133(2009)
- ③ 岩本有司、三代和樹、森田拓真、上村泰洋・水野健一郎、海野徹也、小路 淳、広島湾奥部の砂浜海岸に出現する仔稚魚。水産増殖、査読有り、57: 639-643(2009)
- ④ E. Blanco Gonzalez, E., T. Umino, K. Nagasawa. Stock enhancement programme for black sea bream, *Acanthopagrus schlegelii* (Bleeker), in Hiroshima Bay, Japan: a

review. *Aquaculture Res.* 査読有り、39:1307-1315 (2008)

[学会発表] (計4件)

- ① 森田拓真・岩本有司・上村泰洋・小路 淳・高山翔・海野徹也、広島湾北部沿岸域および太田川河口域におけるクロダイ・キチヌ仔稚魚出現の種間比較、日本水産学会秋期大会、盛岡市、2009年10月1日
- ② 高山翔・塩崎博・小路 淳・斉藤英俊・海野徹也、広島湾におけるクロダイの初期生活史に関する研究 卵密度と碎波帯の稚魚分布について、平成21年度日本水産学会春期大会、東京都、2009年3月27-31日
- ③ 塩崎博・高山翔・小路 淳・古澤修一・長澤和也・海野徹也、モノクロナール抗体によるクロダイ卵同定と広島湾における卵分布。平成19年度日本水産学会中国・四国支部大会、東広島市、2007年12月8-9日
- ④ 高山翔・森田拓真・塩崎博・小路 淳・斉藤英俊・長澤和也・海野徹也、広島湾沿岸におけるクロダイ稚魚の分布。平成19年度日本水産学会中国・四国支部大会、東広島市、2007年12月8-9日

[図書] (計1件)

海野徹也、成山堂書店、クロダイの生物学とチヌの釣魚学、pp174, 2010

#### 6. 研究組織

(1) 研究代表者

海野 徹也 (UMINO TETSUYA)

広島大学・大学院生物圏科学研究科・准教授  
研究者番号：70232890

(2) 研究分担者

長澤 和也 (NAGASAWA KAZUYA)

広島大学・大学院生物圏科学研究科・教授  
研究者番号：40416029

小路 淳 (SYOJI JUN)

広島大学・大学院生物圏科学研究科・准教授  
研究者番号：10397565

斉藤 英俊 (SAITO HIDETOSHI)

広島大学・大学院生物圏科学研究科・助教  
研究者番号：00294546

(3) 連絡研究者

( )

研究者番号