

原著論文

大阪湾北東部の人工護岸海域に放流した

キジハタの移動と成長

辻村浩隆*

Growth and migration of released red-spotted grouper, *Epinephelus akaara*, in areas adjacent to the seawalls of northeastern Osaka Bay

Hirotaka TSUJIMURA

In order to assess the stocking effectiveness of the red-spotted grouper *Epinephelus akaara*, growth and migration of released grouper were investigated in the northeastern part of Osaka Bay. A total of 33,793 individual hatchery-reared juveniles (mean total length: 10 cm) were released at two sites (Sakai and Izumiotsu) adjacent to the seawalls in each autumn during 2000–2007, and 248 of them were recaptured during 2003–2009. Although recapture of released fish continued for 5 years after their release, the area where fish were recaptured was nearshore and restricted within about 5 km from the release point. Released juveniles grew up to about 30 cm in the 4 or more years after release. These results are basic data for promoting the release of red-spotted grouper and enhancing its stock in Osaka Bay.

キーワード：キジハタ, 生態, 標識放流, 人工護岸
2019年6月28日受付 2021年5月28日受理

キジハタ *Epinephelus akaara* は、本州以南から朝鮮半島南部、中国および台湾に分布（瀬能 1997）し、主に岩礁と砂底が混在する場所に生息している。キジハタは西日本では「あこう」あるいは「あこお」と呼ばれ（南西海区水産研究所 1988）、その漁獲量は瀬戸内海で多く、刺網や釣りによって漁獲されている。また、本種の市場価格は1万円/kgを示すことがあり（佐野ら 2003）、大阪湾で漁獲される漁獲物の中では最も高い価格を示す種の一つである。

大阪府におけるキジハタの漁獲量は、1990年代後半から著しく減少したため、漁業者からは漁業収入の安定や向上を目的とした資源増大への要望が強くなった。こ

のため、多くの機関で本種の種苗生産や放流技術の開発が行われ（津崎・照屋 2006）、大阪府では2000年以降に本種種苗の放流試験を開始した。

キジハタの生息域は岩礁域であると考えられるため、過去の研究では岩礁や魚礁への稚魚放流が実施されてきた（関谷 1994, 香川県水産試験場 1998, 奥村・小畑 2006）。また、追跡調査から移動分散が小さい事が分かっている（関谷 1994, 香川県水産試験場 1998）。一方、都市化の進んだ大阪湾では、その海域を人工護岸が広く占有するが、このような水域にも本種は生息していることが報告され（大阪府立水産試験場 2004）、漁業が行われている。種苗を放流する場合には人工護岸を呈する海域

* 地方独立行政法人大阪府立環境農林水産総合研究所水産技術センター
〒599-0311 大阪府泉南郡岬町多奈川谷川 2926-1
Marine Fisheries Research Center, Research Institute of Environment, Agriculture and Fisheries, Osaka Prefecture, 2926-1, Tanagawa-tanigawa, Misaki, Sennann, Osaka 599-0311, Japan
tsujimuraH@o-suishi.in.arena.ne.jp

に放流することになるが、このような環境下での放流事例の研究は少ない。そこで、本研究では大阪湾のように天然の岩礁域がない場所で放流した場合の放流効果に関する情報を得ることを目的として、2000年から2007年に標識放流を実施し、得られた情報を基に放流後の移動と成長について考察した。

材料と方法

放流試験に供したキジハタは、国立研究開発法人水産研究・教育機構で生産され、その後地方独立行政法人大阪府立環境農林水産総合研究所水産技術センター（以下、水産技術センター）で中間育成された種苗である。なお、キジハタの産卵期は6～8月であり（山本・小林2017）、用いた種苗は自然水温下で6～7月に採卵を行ったものである。再捕報告を主体とする調査を実施するため、標識には視認性に優れている外部標識の一つであるスパゲティ型タグ（Sピン）を選択し、タグガン（パノック社製）を用いて本標識を放流種苗へ装着した。標識の装着部位は脱落を可能な限り軽減させるために、標識を担鰭骨と交差させて固定ができる背鰭の基部付近とした。標識の色および記号により、放流場所と時期を識別した（表1）。放流は2000～2007年（2001年を除く）の10月あるいは11月に実施した。種苗の放流サイズは、奥村（2000）に従い全長10cmとし、1地点あたり940～4,000尾を放流した（表1）。放流場所は、キジハタの漁獲実績のある堺市および泉大津市の消波ブロックやスリットケーソン等が設置された人工護岸海域とした（図1）。

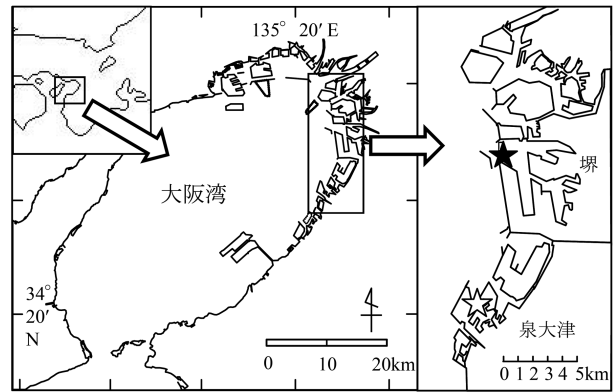


図1. 放流海域
★:堺放流場所 ☆:泉大津放流場所

再捕報告の項目は、再捕月日、場所、漁具・漁法および全長とし、大阪府内のすべての漁協に依頼するとともに、水産技術センターのホームページ上に標識放流の情報を公開し、遊漁者へも周知した。さらに、放流場所付近において2004年から2007年にかけてキジハタを対象とした刺網の試験操業を8回実施した。

本種の成長は、放流日から再捕までの日数と再捕時の全長データを用いて、Richardsの式（Richards 1959）に当てはめた。Richardsの式は一般性が高いとされ、一般型は次式で与えられる（赤嶺1995）。

$$L_t = \frac{L_\infty}{\{1 + re^{-K(t-t_0)}\}^{1/r}}$$

ここで、 L_t は t の時点における全長、 t は再捕までの日

表1. キジハタの放流と再捕状況

年月日	放流場所	尾数	平均全長 (cm)	再捕尾数 放流後の経過年									合計	再捕率 (%)
				1	2	3	4	5	6	7	8	9		
2002.10.23	堺	1,453	9.3	7	2	7	0	0	0	0	-	-	16	1.1
2003.10.28	堺	2,500	9.7	9	0	12	8	1	0	-	-	-	30	1.2
2004.11. 5	堺	3,500	9.3	0	1	12	8	8	-	-	-	-	29	0.8
2005.10.27	堺	4,000	10.1	1	7	43	10	-	-	-	-	-	61	1.5
2006.10.26	堺	3,200	10.3	1	0	5	-	-	-	-	-	-	6	0.2
2007.10.27	堺	4,000	10.0	2	58	-	-	-	-	-	-	-	60	1.5
2000.11.22	泉大津	1,000	9.7	0	0	0	1	1	0	0	0	0	2	0.2
2002.11.27	泉大津	940	8.8	0	1	1	0	0	0	0	-	-	2	0.2
2003.10.28	泉大津	2,500	9.7	2	0	3	0	3	0	-	-	-	8	0.3
2004.11. 4	泉大津	3,000	9.3	21	6	1	1	0	-	-	-	-	29	0.8
2005.10.26	泉大津	4,000	10.1	0	0	3	0	-	-	-	-	-	3	0.1
2006.10.25	泉大津	3,200	10.3	0	2	0	-	-	-	-	-	-	2	0.1

(一) は調査終了時点で年数に達していないことを示す

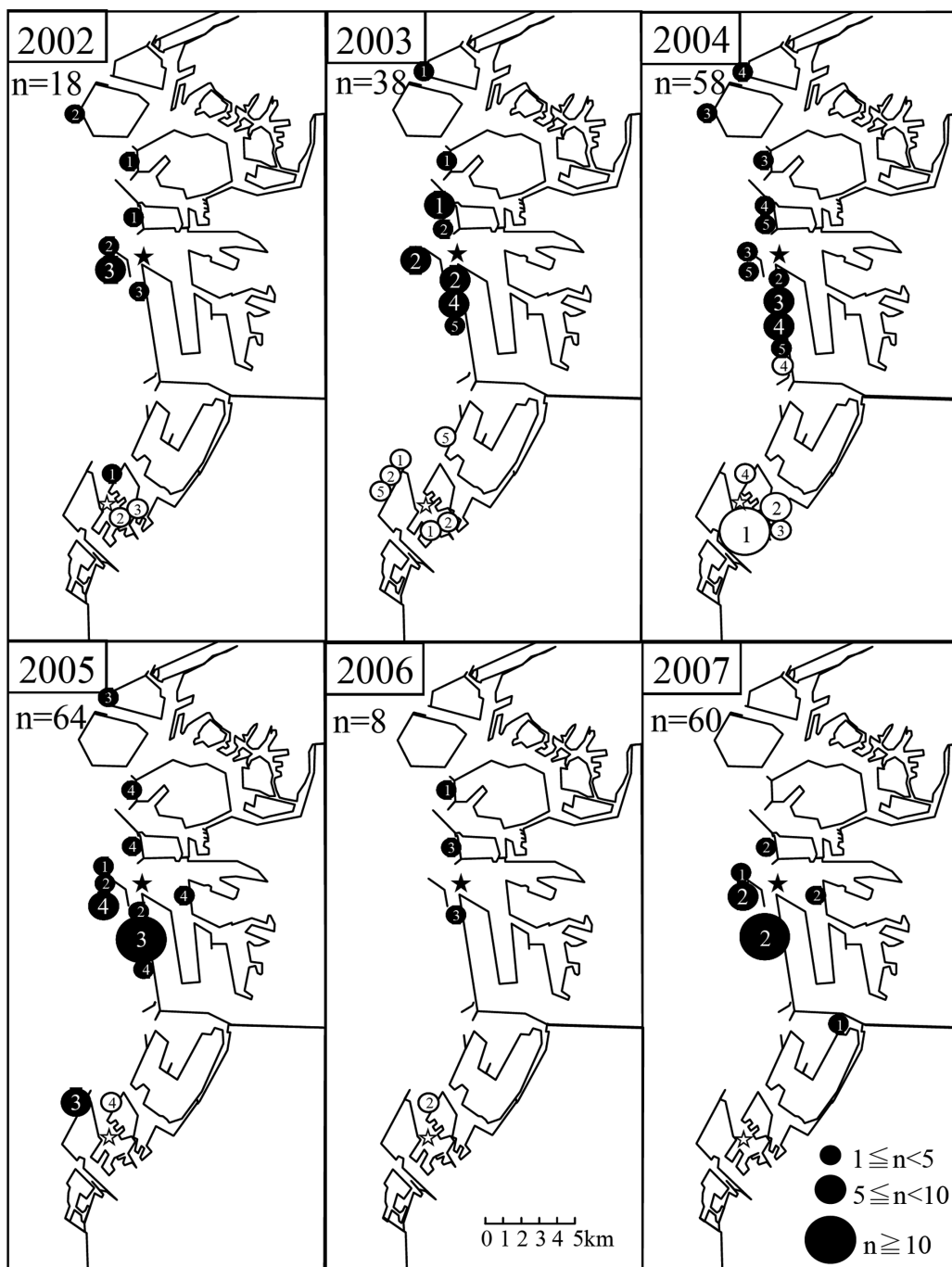


図2. 標識魚の再捕位置 (数字は放流後の経過年数を示す)
 ★堺放流場所 ☆泉大津放流場所 ●堺放流個体 ○泉大津放流個体

数, L_{∞} は極限全長, t_0 は変曲点を与える日数, k は成長係数, r は曲線のタイプを左右するパラメータである。パラメータの推定はMS-Excelのソルバー機能を用いて、最尤法により行った(五利江 2001)。また、放流海域別に成長式を算出し、 F 検定を用いて有意差を検定した(赤嶺 2004)。なお、放流後の経過年は、放流を行った翌年の1月から12月に再捕されたものを1年目とし、以降、1年毎に区切った。

結果

再捕報告 2003年4月から2009年12月までに合計248尾、全長10.3～38.0cmの標識魚が再捕された。このうち172尾が刺網、25尾が籠等、37尾が遊漁者からの報告、14尾が試験操業によるものであった。これらを放流場所、放流年および放流後の経過年別に集計した結果、再捕の報告は放流後3年目までが多く、4年目以降になる

と減少し、6年目以降ではまったく得られなかった(表1)。放流場所別では、堺市地先に放流した種苗(以下、堺放流群)が202尾、泉大津市地先に放流した種苗(以下、泉大津放流群)が46尾であり、堺放流群の再捕が約4.4倍であった。放流年別の再捕率(再捕尾数/放流尾数×100)は堺放流群で0.2~1.5%、泉大津放流群で0.1~0.8%であった。

移動 図2に放流魚の再捕場所を放流後の経過年ごとに示した。なお、2000年に放流した群は、再捕尾数が少ないため図に示していないが、放流場所から1km以内の範囲で放流後4年目および5年目の再捕がそれぞれ1尾ずつであった。また、図2に示した範囲外で、2005年の堺放流群の2尾が再捕された。これらは放流後2年目に貝塚市二色浜(放流場所から約15km)と泉南郡田尻町地先(放流場所から約25km)で再捕された。堺放流群の再捕は泉大津放流群に比べてやや広い範囲で認められるものの、これらを含めた全ての再捕報告で得られた248尾の内、95.6%の237尾が放流場所から5km以内の沿岸域で再捕された。放流から最も時間を要した5年目の再捕でも同じ範囲内の海域であり、時間経過と共に放流後の移動範囲が拡大する傾向は認められなかった。また、再捕は岸から数十m以内が大半で、沖合での再捕は岸から1~2km以内の距離で、小型底曳網で漁獲された1尾とアナゴ籠で漁獲された3尾の合計4尾であった。

成長 再捕個体の全長と、放流から再捕までの日数の関係を図3に示した。これらの関係から次の成長式が導かれた。

$$Lt = \frac{32.0}{\left\{1 + 5.00 \cdot 10^{-5} e^{-2.04 \cdot 10^{-3}(t-107)}\right\}^{1/(5.00 \cdot 10^{-5})}} \quad (n = 248)$$

ここでLは全長(cm)、tは再捕までの日数を示す。得られた成長式から全長10cmで放流した種苗は、放流1年後では全長17.7cm、2年後に全長24.1cm、3年後に28.0cm、4年後に29.9cm、5年後には31.0cmに成長することが推定された。また、概ね全長30cmに達すると成長が鈍り、全長32cmが最大全長と推定された。

放流群別では以下の成長式が導かれた。

$$\text{堺放流群} : Lt = \frac{32.2}{\left\{1 + 1.17 \cdot 10^{-1} e^{-1.73 \cdot 10^{-3}(t-12.2)}\right\}^{1/(1.17 \cdot 10^{-1})}} \quad (n = 202)$$

$$\text{泉大津放流群} : Lt = \frac{34.7}{\left\{1 + 5.00 \cdot 10^{-5} e^{-2.19 \cdot 10^{-3}(t-228)}\right\}^{1/(5.00 \cdot 10^{-5})}} \quad (n = 46)$$

堺および泉大津放流群の成長式の間有意差が認められた($F=4.132, p<0.01$)。堺放流群は泉大津放流群に比べると放流後の初期段階では成長がやや速いが、5年後には成長速度が緩やかになる傾向を示した。

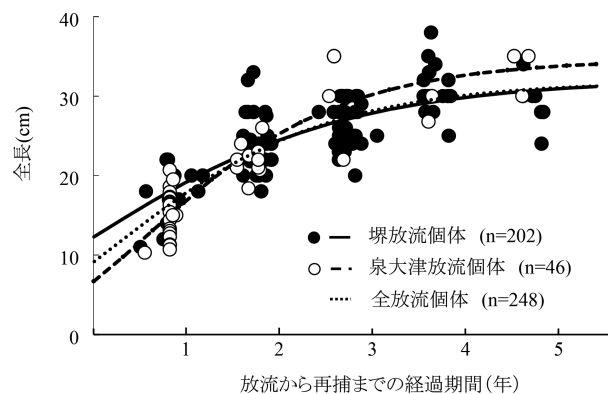


図3. 再捕された標識魚の全長と放流から再捕までの経過期間の関係(線はRichardsの成長曲線を示す)

考察

本研究では、標識を装着した全長約10cmのキジハタを大阪湾の人工護岸海域において、2000年から2007年間に約34,000尾を放流して、放流後5年間で248尾を再捕し、移動範囲および成長データを得ることができた。

放流したキジハタは、放流場所から沿岸域に沿った方向に移動する個体が全体の95%以上を示したが(図2)、放流場所から沖合側に移動した個体は非常に少なかった。また、放流後5年目に放流場所から5km以内で、尾数は少ないものの標識魚が再捕された(図2)。一方、香川県で実施された天然の岩礁域で放流した試験では、3年後も放流場所の周辺海域で再捕されている(香川県水産試験場1998)。さらに、大分県で実施された天然魚に標識を装着した放流試験(平均全長約28~35cm)では、再捕された範囲は10km以内であることが報告されている(大分県海洋水産研究センター浅海研究所2003)。これら天然の岩礁域にキジハタを放流すると、放流場所から大きく移動しないことが複数報告されているが、人工護岸海域に放流した場合でも同様に移動はあまり行わないことが明らかになった。

潜水観察ではキジハタは岩礁に依存しており(玉木2000)、また、人工魚礁も生息場所としていることが認められている(萱野ら1998)。今回の放流場所の沖合側

は砂泥底が広がっており、岩礁や人工的な構造物も無いことから、沖合方向への移動を制限した可能性が考えられる。沖合に良好な生息場所が造成された場合、どの程度まで分布の拡大が見込めるのかは今後調査する必要があるが、偶発的に沖合に移動しても1~2km程度と考えられ、構造物間の距離がこれより長いと移動しない可能性は考えられる。

泉大津放流群に比べ堺放流群ではやや広い範囲での再捕が見られ、2個体のみであるが、大きく移動したものは堺放流群であった。その一因として堺の放流場所は大和川の河口に近く、河川水の流入がキジハタの移動に影響を与えた可能性が考えられるが、今後、検討が必要である。

今回の研究で得られた大阪湾のキジハタの成長は、放流後4年以上で全長約30cmに成長すること、成長式からは30cmを越えると成長が頭打ちになっていることが推定された(図3)。他地域における飼育試験および漁獲物からの成長式(香川県水産試験場1990, 萱野・尾田1994)においても、全長30cmになるには4年程度を要していること、30cmを越えると成長が鈍ることが推定され、本研究と同様の結果が得られている。このため、大阪湾における放流後のキジハタの成長は、他地域のキジハタの成長と同程度であったと判断される。一方、大阪湾におけるキジハタは、耳石に形成される輪紋数から30歳と推定された個体(全長56.3cm)も確認されている(辻村未発表)。しかし、今回の研究では放流6年目以降の個体が再捕されなかったことから、それ以降の成長については、言及することができなかつたため、標識や追跡方法を再検討しながらデータを蓄積する必要がある。

今回、放流場所の違いで成長曲線に有意差が認められた。泉大津放流群のサンプルが少ない上、放流1~2年目に偏っている事を考慮する必要があるが、堺放流群は泉大津放流群より成長が遅かった。キジハタは雌性先熟する魚種であり、飼育下では全長約30~32cmを境に、それ以上で雄、それ以下で雌の割合が多いことが知られている(日本栽培漁業協会1984)。今回、再捕された88.9%が全長30cm以下の個体であったため、その多くは雌であると考えられる。飼育条件下で得られた雌の成長は5歳魚で全長32.4cm(萱野・尾田1994)となっており、本研究で推察された放流5年後に全長31.0cmはこれに近い値となっている。一方で一部の個体で成長曲線から外れて大きく成長したものが見られた。これは既に雄に性転換した個体、あるいは雄に性転換する直前の個体であった可能性が考えられる。また、飼育環境下では大型の雄が存在することによって、小型の雌個体は雄への性転換を起しにくいことが報告されている(徳島県1993)。これらを考えると、場所による成長の違いを説明する一つの要因として性転換の頻度の違いが考えられる。

これまで述べてきたように、人工護岸海域でキジハタを放流したところ、放流後の数年間については放流場所の周辺海域で再捕された。過去の研究では稚魚の放流は天然の岩礁域や魚礁で行われており、このような場所はキジハタが利用する隠れ家と餌生物があり(奥村・小畑2006, 佐々木ら2009)、放流効果を高めている。一方、人工護岸海域で見られる消波ブロックやスリットケーンなどには様々な間隙があり、そこを隠れ家として利用していると予想される。また、成長も他海域と同様であったことから周辺には十分な餌生物が生息していることが窺える。これらのことから本研究で対象としたような人工護岸海域への放流も有効である可能性が示された。なお、本種は放流直後の移動分散が少ないことが示唆されるため、放流時には種苗が過密にならないように調整することが必要である(香川県水産試験場2002, 佐々木ら2009)。さらに、キジハタ種苗を放流する場所にはカサゴ*Sebastes marmoratus*やメバル類*Sebastes spp.*等の重要な漁業資源が生息しており、カサゴやメバル類はキジハタと餌料生物が競合すると考えられている(萱野ら1998)。また、カサゴは放流魚の主な捕食者であると考えられ(萱野ら1998, 香川県水産試験場2002)、これら魚種との関係も考慮しながら放流を実施していく必要がある。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、再捕報告等に協力して頂いた方々、特に堺市漁業協同組合および泉大津漁業協同組合の皆様には多大な御協力を頂いた。また、水産技術センター職員の方々には標識装着作業をはじめ様々な御協力を頂いた。皆様に篤く御礼を申し上げる。本研究の一部は農林技術会議の平成21年度新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業課題(番号:21041)において実施したものである。

文 献

- 赤嶺達郎(1995)水産資源学における成長式に関する数理的研究. 中央水研報, **7**, 189-263.
- 赤嶺達郎(2004)魚類の成長式における検定とモデル選択. 水産海洋研究, **68**, 44-51.
- 五利江重昭(2001)MS-Excelを用いた成長式のパラメータ推定. 水産増殖, **49**, 519-527.
- 香川県水産試験場(1990)平成元年度地域特産種増殖技術開発事業 魚類・甲殻類グループ総合報告書, 香1-香37.
- 香川県水産試験場(1998)平成9年度地域特産種増殖技術開発事業 魚類・甲殻類グループ総合報告書, 香1-香57.
- 香川県水産試験場(2002)(2)キジハタ. 平成13年度資源増大技術開発事業報告書 地域型中・底層性種グループ(魚類B), 香川1-香川43.

- 萱野泰久・尾田正（1994）人工生産したキジハタの成長と産卵. 水産増殖, **42**, 419-425.
- 萱野泰久・林浩志・田中丈祐・片山啓一（1998）瀬戸内海白石島海洋牧場に生息する魚類の生活様式とキジハタ放流魚の生態. 栽培技研, **27**, 27-34.
- 南西海区水産研究所（1988）瀬戸内海産魚類とえび類の方言集. 102p.
- 日本栽培漁業協会（1984）キジハタ. 昭和58年度日本栽培漁業協会事業年報, 32-34.
- 大分県海洋水産研究センター浅海研究所（2003）(1) キジハタ. 平成14年度資源増大技術開発事業報告書 地域型中・底層性種グループ(魚類B), 大分1-大分34.
- 奥村重信（2000）F キジハタ. 平成10年度日本栽培漁業協会事業年報, 324-327.
- 奥村重信・小畑泰弘（2006）キジハタ増殖魚礁の開発と漁港への応用. 日水誌, **72**, 463-466.
- 大阪府立水産試験場（2004）(1) キジハタ. 平成15年度資源増大技術開発事業報告書 地域型中・底層性種グループ(魚類B), 大阪府1-大阪府14.
- Richards, F. J. (1959) A flexible growth function for empirical use. *J. Exp. Bot.*, **10**, 290-300.
- 佐野雅基・宮下敏夫・青山栄一郎（2003）14.キジハタ放流技術開発試験. 平成13年度大阪府立水産試験場事業報告, 117-121.
- 佐々木智史・宮川昌志・神田優・安部昌明・山岡耕作・末永慶寛（2009）瀬戸内海伊吹島におけるキジハタ放流人工種苗と天然当歳魚の生態. *Eco-Engineering*, **21**, 15-26.
- 関谷幸生（1994）キジハタの放流試験の経過と今後の課題. さいばい, **70**, 13-17.
- 瀬能宏（1997）日本の海水魚スズキ目ハタ科. 山と溪谷社, 東京, pp.251-277.
- 玉木哲也（2000）兵庫県但馬沿岸におけるキジハタの行動とすみ場. 水産工学, **37**, 63-65.
- 徳島県（1993）平成4年度地域特産種増殖技術開発事業 魚類・甲殻類グループ総合報告書, 徳1-徳33.
- 津崎龍雄・照屋和久（2006）キジハタ種苗の安定生産を目指して. 養殖, **504**, 90-92.
- 山本昌幸・小林靖尚（2017）瀬戸内海中央部におけるキジハタ *Epinephelus akaara* の産卵期と肉眼的観察による性別の信頼性. 水産増殖, **65**, 165-169.