

エ. 技術を開発する魚種の自然界における生態等の把握

⑦放流魚調査技術の開発

山口県水産研究センター

南部 智秀

【目的】

近年、本県日本海側地先（長門市仙崎湾内）では秋に台風の接近等による時化が発生した際に、全長 30 cm以上のキジハタ成魚が刺網で大量漁獲（50 尾/日以上）される現象が確認されるようになった。

放流魚をより効率的に漁獲に繋げ、本種の栽培漁業を推進するため、この環境変化に起因する成魚の行動メカニズムを解明することを目的として調査を行った。

【研究方法】

1. バイオテレメトリー調査による行動把握

令和 2 年 8 月 21 日までに仙崎湾内の 7 ヶ所（図 1）に受信機（Vemco 社製 VR2W）を設置した。湾内における個体の行動を調べるため、図 1 中の②で漁獲された 12 個体（平均全長 35.9 cm（33.7～39.5 cm））の腹腔内に外科的手術で発信機（Vemco 社製 V13-1H コード化ピンガー）を挿入し、10 月 5 日と 12 日に漁獲場所で放流した。また、湾外から湾内への移動を調べるため、湾外で漁獲された 9 個体（平均全長 34.3 cm（30.0～38.0 cm））にも同様に発信機を挿入し、10 月 13 日に漁獲場所（図 1）に放流した。12 月 9 日から 14 日に全ての受信機を回収して受信記録を抽出し、得られたデータから個体の行動を解析した。

2. 漁獲と気象海況の関係の検証

平成 29 年から令和 2 年までの湾内の漁獲データと気象海況データ（最低気圧、水温、最大風速）を収集し、その関係を調べた。最低気圧は長門市仙崎に位置する仙崎海上保安部および山口県水産研究センターの観測値、水温は湾内北岸に位置する（公社）山口県栽培漁業公社外海第一生産部が毎朝 8 時半に地先で計測した値、最大風速は下関地方気象台油谷観測所の観測値を用いた。また、夜間に網に掛かった個体が朝に揚網されるため、漁獲日の前日の気象海況に着目した。

【研究成果の概要】

1. バイオテレメトリー調査による行動把握

回収した受信機には、昨年度、②で放流した個体のデータも記録されていたため、これらも含めて解析を行った。

1) 湾内での移動実態

②で放流した計 37 個体（R1 年度 25 個体、R2 年度 12 個体）について、放流後の移動方向や定着状況等を図 2 に示した。放流後、約半数の個体は湾内各方面へ移動していた。

これらの個体の約 33%は放流後 5~10 ヶ月を経過した後に移動先の受信機に記録されていることから、その間は湾内に生息していたものと推察された。すなわち、放流後に消息不明となった個体についても湾内に生息している可能性が高いと考えられた。

2) 湾外から湾内への移動

湾外に放流した 9 個体のうち、2 個体はそれぞれ③、④で記録が確認されたことから、湾外から湾内への移動が明らかになった。つまり、湾内で発生する大量漁獲には、湾外から移入してくる個体も関与していることが推察された。

3) 移動の時刻と速度

放流場所以外で確認された個体の受信記録を表 1 に示した。②以外の受信機は、個体からの信号を受信しやすいように岩礁等の構造物が少ない場所に設置している。そのため、②以外では 1 個体あたりの受信時間が平均 14 分間と短く、これは当該個体が移動中であることを示唆している。これらの記録を移動中の個体とみなすと、移動が行われた時間は主に夜間であることが解った (図 3)。また、同一個体の 2 地点での受信記録から、移動速度を算出したところ、約 1.0~1.5km/h 以上で湾内を移動していることが解った (図 4)。

4) 移動と漁獲量

表 1 のうち、令和 2 年 9 月~11 月に記録された 14 例について、当該月の漁獲量との関係を見ると、移動と漁獲量が増大するタイミングは概ね、一致していた (図 5)。

2. 漁獲と気象海況の関係の検証

1) 漁獲量と最低気圧の関係

漁獲量と最低気圧の関係を図 6 に示した。大量漁獲は 9 月中旬から 10 月下旬の間に、気圧の急激な低下を端緒として発生することが多かった。また、総じて気圧の急激な低下時に、漁獲量が増大する傾向がみられたが、その気圧に明確な指標は見いだせなかった。

2) 漁獲量と水温の関係

漁獲量と水温の関係を図 7 に示した。大量漁獲が発生した水温は 21.2~26.0℃であった。9 月上旬や 10 月下旬以降に、気圧が急激に低下したにも関わらず漁獲量が増大しない事例が散見されるが、これらは水温が 27.0℃以上、もしくは 21.0℃以下の日であった。

3) 漁獲量と最大風速の関係

漁獲量と最大風速の関係を図 8 に示した。大量漁獲の多くは最大風速が 7m/s 以上で発生しており、最大風速が 5m/s 以上を記録すると、漁獲量が増大する傾向がみられた。9 月上旬や 10 月下旬以降に 7m/s 以上の最大風速が記録されたにも関わらず、漁獲量が増大しない事例の多くは、水温が 27.0℃以上、もしくは 21.0℃以下の日であった。つまり、気圧の急激な低下や 5m/s 以上の最大風速に伴う漁獲量の増大は、特定の水温帯 (下限 21~22℃~上限 27℃) で発生するものと推察された。

【次年度以降に向けた提言】

定期的に受信機を回収して受信記録を収集するとともに、放流後に受信記録の途絶えた個体を追跡するため、受信機を船に備え付けて湾内の探索を検討する。大量漁獲以外に、普段よりも明らかに漁獲量が増大する事例があり、この現象と気象海況の関係についても調査する。漁獲量と気象海況の関係をより詳しく把握するため、湾外の水温や風向データを考慮して解析の高度化を図る。

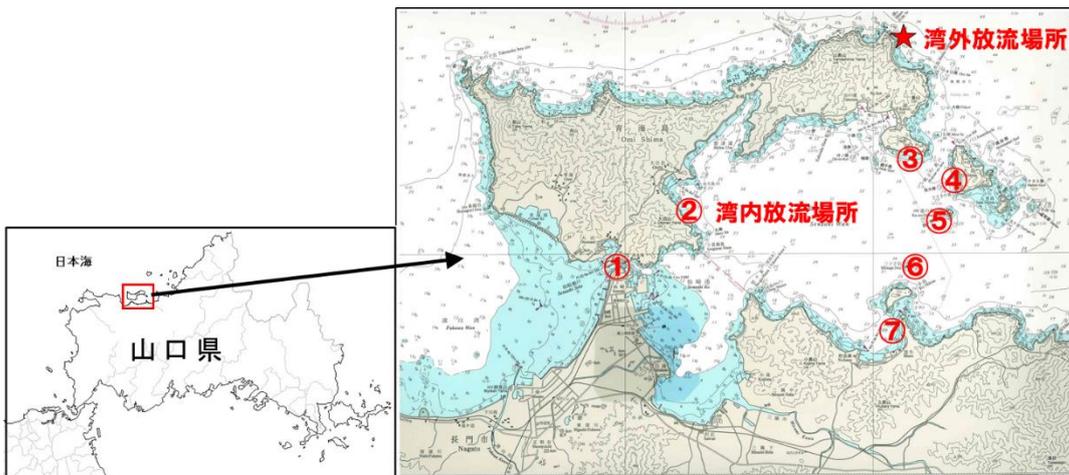


図1 受信機の設置場所 (①～⑦) と放流場所

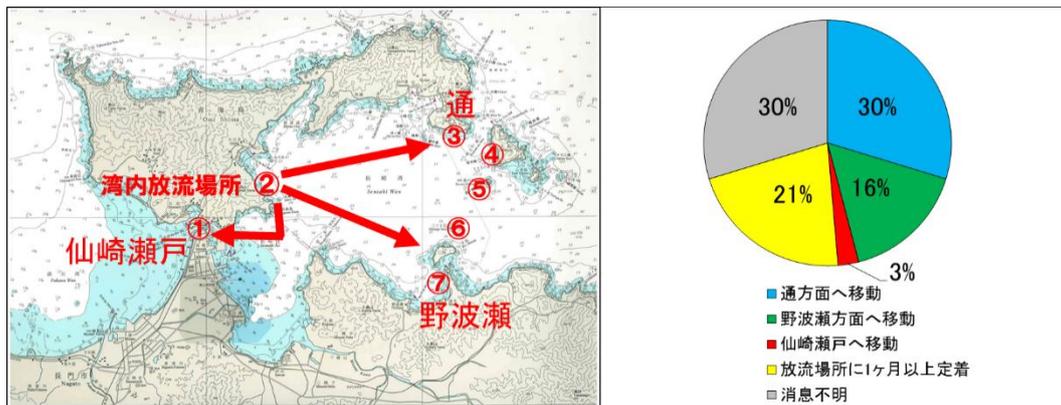


図2 放流後の移動、定着状況等

表 1 放流場所以外における受信記録

	放流場所	放流日	受信機設置場所						
			①	③	④	⑤	⑥	⑦	
1	湾内	R1.11.27		R1.11.28 17:46-17:51					
2	湾内	R1.11.27		R2.4.26 22:54-23:12					
3	湾内	R1.11.27		R1.11.27 21:05					
4	湾内	R1.11.27						R2.9.13 19:43	
5	湾内	R1.11.27		R1.11.28 21:12-21:23					
6	湾内	R1.11.27		R2.7.16 00:31-00:40					
7	湾内	R1.11.27		R1.11.28 19:40-19:57					
8	湾内	R1.11.27		R2.9.13 22:39-22:47				R2.9.13 18:18-19:08	
9	湾内	R1.11.27		R2.10.17 21:24			R2.10.7 19:11-19:27		
10	湾内	R1.11.27		R2.9.13 16:17-17:20				R2.10.9 16:45-16:59	
11	湾内	R1.11.27		R1.11.28 19:27-19:30					
12	湾内	R1.11.27		R2.4.21 20:44-20:52					
13	湾内	R1.11.27		R2.8.10 0:07					
14	湾内	R2.10.12					R2.10.12 22:09-22:18	R2.10.12 21:14	
15	湾内	R2.10.5						R2.10.6 03:01-03:13	
16	湾内	R2.10.5	R2.10.5 21:33-21:40						
17	湾内	R2.10.5		R2.11.9 00:43-01:56					
18	湾外	R2.10.13		R2.10.13 21:23-21:26					
19	湾外	R2.10.13			R2.10.18 22:34				

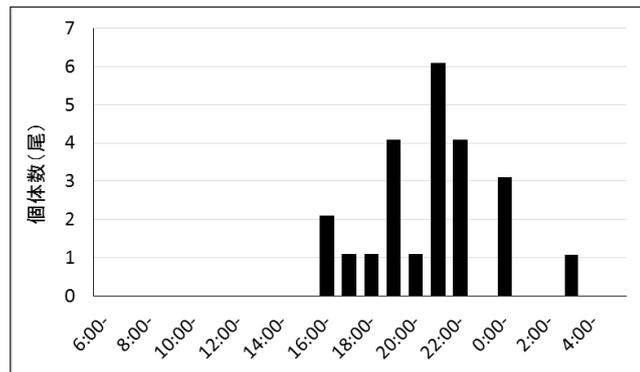


図 3 移動が発生した時刻と個体数

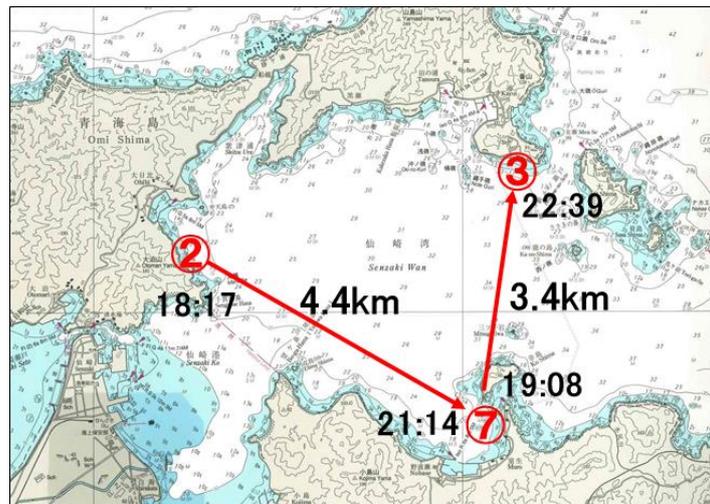


図 4 移動距離と時間

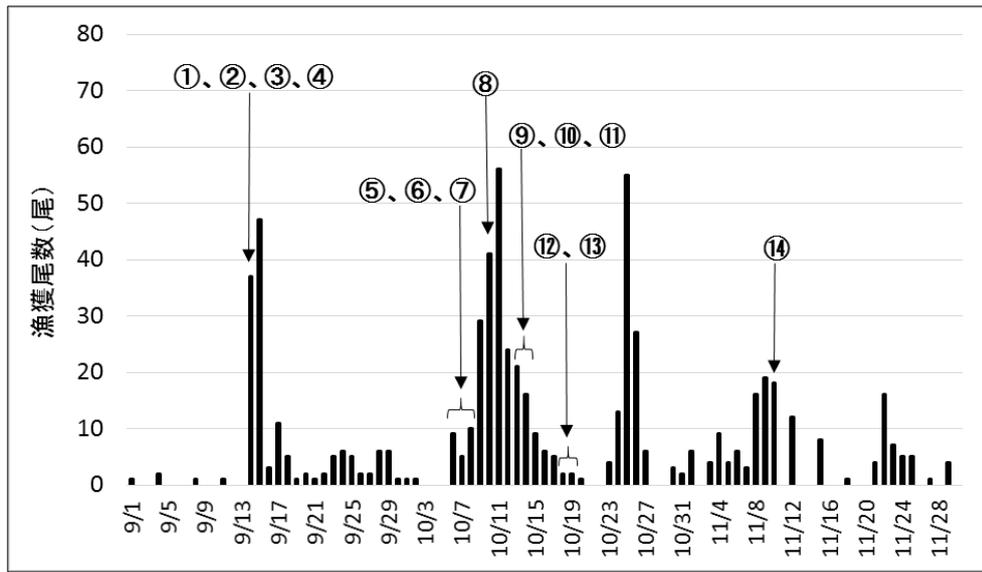


図5 移動(①~⑭)と漁獲量の関係

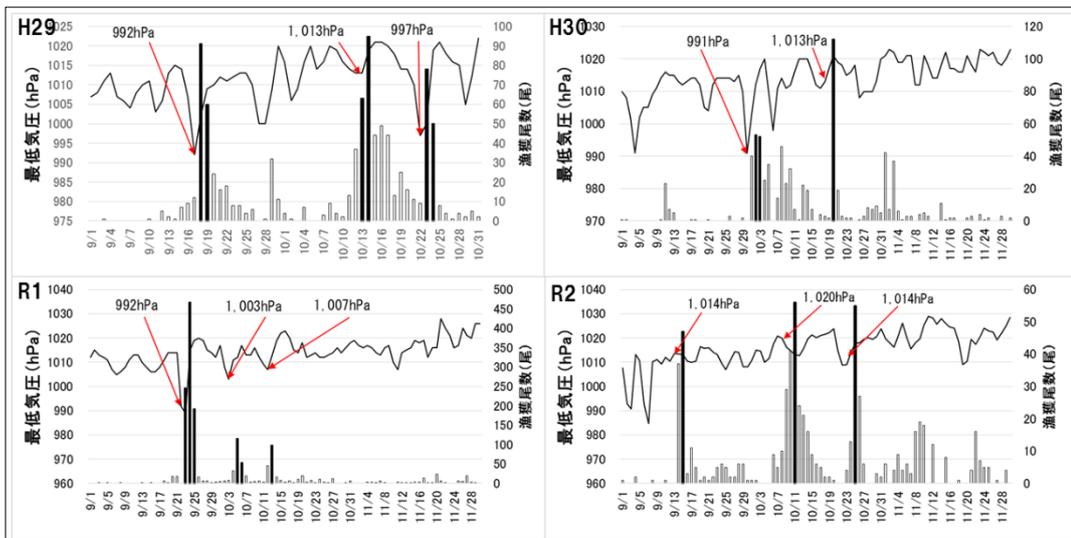


図6 漁獲量と最低気圧の関係

(折れ線：最低気圧、縦棒：漁獲尾数、黒い縦棒は大量漁獲を示す)

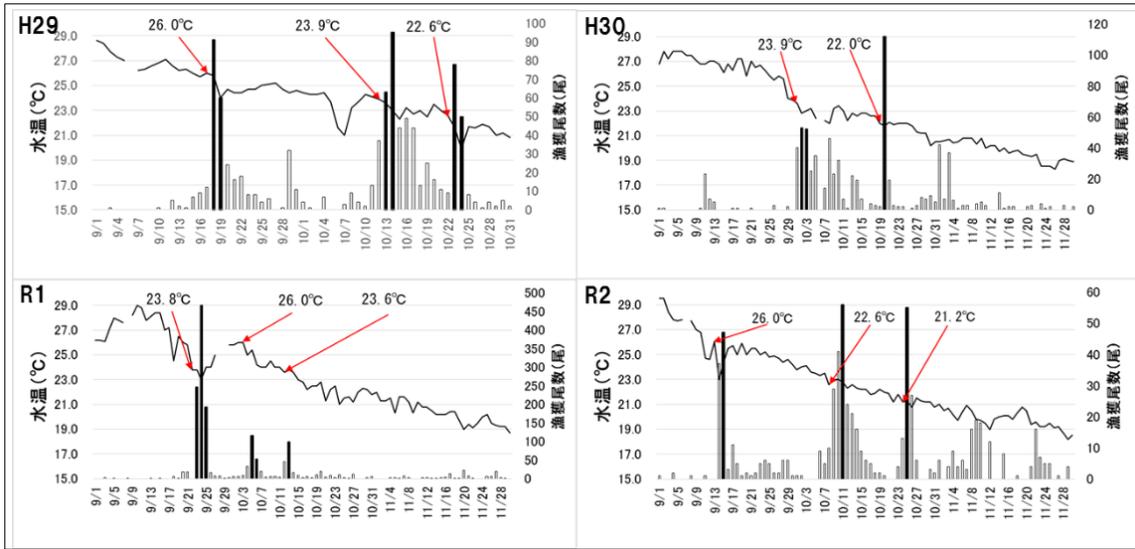


図7 漁獲量と水温の関係

(折れ線：水温、縦棒：漁獲尾数、黒い縦棒は大量漁獲を示す)

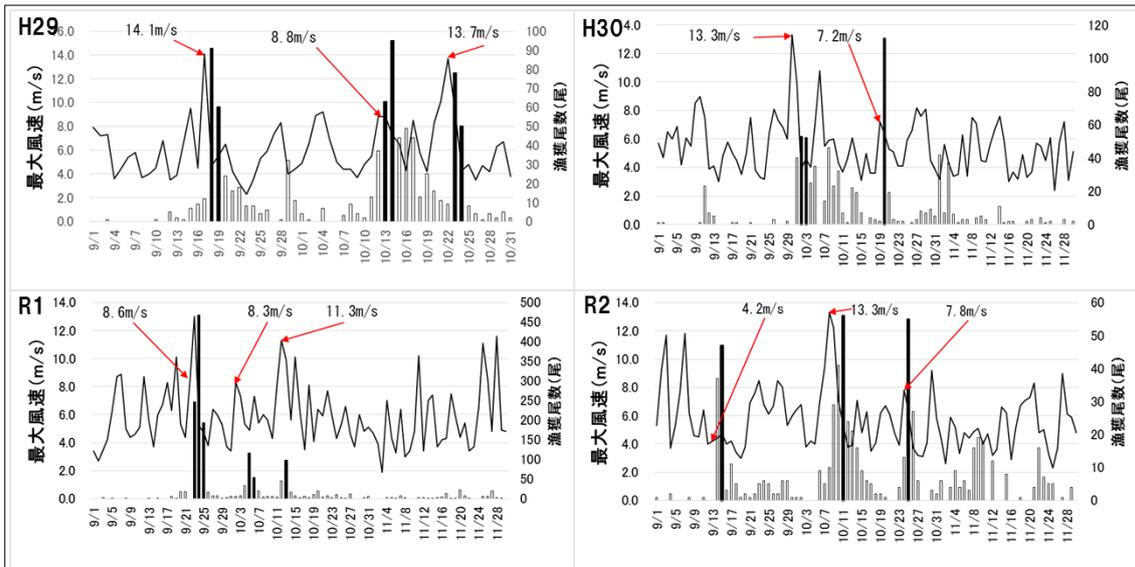


図8 漁獲量と最大風速の関係

(折れ線：最大風速、縦棒：漁獲尾数、黒い縦棒は大量漁獲を示す)

エ 技術を開発する魚種の自然界における生態等の把握

⑧放流技術情報の調査取り纏め

公益社団法人 全国豊かな海づくり推進協会

藤田 智也

【目的】

対象魚種に関する既往知見を収集し、本委託事業における種苗生産、放流技術開発に資する。

【実施方法】

本委託事業対象種について、Google が提供する検索サービス「Google Scholar」を用いて、「標準和名」、「英名」、「学名」をキーワードとして論文検索を行う。検索された論文から、本委託事業と関係の深い論文を抽出し、「漁業」「資源生態」「種苗生産」「種苗放流」「疾病防除」に分類し一覧を作成する。

本年度は、アカムツ及びシロアマダイについて情報を収集するとともに、昨年度調査したアカアマダイに関する情報を追加した。

【実施成果の概要】

(1) アカムツ

アカムツに関する論文 10 本（和文 10 本）を抽出し、論文タイトルを分類、キーワードとともにエクセルファイルに纏めた。分類毎の論文数は漁業が 2、資源生態が 7、種苗生産が 1 であった。これらすべての PDF ファイルを一つのフォルダに保存した。抽出した論文リスト（分類順）は以下のとおり。

<漁業>

河野光久, 小林知吉. (2008). 日本海南西海域で操業する沖合底びき網による漁獲物の投棄量と種組成. 山口県水産研究センター研究報告, (6), 25-29.

熊木豊, 山崎淳, 野口俊輔. (2020). 底曳網で漁獲されるアカムツの網目選択性. 京都府農林水産技術センター海洋センター研究報告, (42), 9-16.

<資源生態>

今井千文, 道根淳, [村山達朗. (2017). 日本海西部海域産アカムツの資源動態. 水産大学校研究報告, 64(4), 217-222

河野光久. (2010). 日本海南西山口県沖におけるアカムツの年齢と成長. 山口県水産研究センター研究報告, (8), 45-47

河野光久, 小林知吉. (2011). 対馬海峡におけるアカムツの成熟および産卵. 山口県水産研究センター研究報告, (9), 119-123.

- 木部崎修. (1949). 日本海西南海區産アカムツ *Doderleinia berycoides* の生態学的研究 1. 年齢及生長. 日本水産学会誌, 15(5), 221-225.
- 大西健美. (2009). 新潟県沿岸域におけるアカムツの年齢と成長及び産卵期. 新潟県水産海洋研究所研究報告, (2), 15-20.
- 田代征秋. (1988). 五島南部海域におけるアカムツの分布. 長崎県水産試験場研究報告, (14), 13-17.
- 八木佑太, 新田誠, 飯田直樹, 竹内宏行, 山田達哉, 長副聡, 上原伸二. (2015). アカムツの卵発生と仔魚の形態. 魚類学雑誌, 62(2), 163-168.

<種苗生産>

- 山田達哉, 八木佑太, 飯田直樹. (2015). アカムツの人工稚魚生産に成功 (特集 有用水産生物の種苗をつくる (1)). 海洋と生物, 37(1), 12-18.

(2) シロアマダイ

シロアマダイに関する論文 1 本 (和文、分類：種苗生産) を抽出し PDF ファイルを保存した。抽出した論文は以下のとおり。

<種苗生産>

- 門村和志, 築山陽介, 濱崎将臣, 土内隼人, & 宮木廉夫. (2011). 凍結および冷蔵精子を用いたシロアマダイ人工授精. 長崎県水産試験場研究報告, (37), 1-6.

(3) アカアマダイ

昨年度作成した論文リストに種苗生産に関する 2 本の論文を追加した。現在、論文 52 本 (和文 43 本、英文 9 本) を抽出し、論文タイトルを分類、キーワードとともにエクセルファイルに纏めている (分類毎の論文数は漁業が 5、資源生態が 18、種苗生産が 14、種苗放流が 13、疾病防除が 2)。このうち、インターネットで公開されている日本水産学会誌、水産増殖、水産技術や、海づくり協会が所有しているインターネット非公開論文 (栽培技術開発研究、栽培漁業センター技報) の原本 43 本 (和文 41 本、英文 2 本) については、PDF ファイルで一つのフォルダに保存している。現在の論文リスト (分類順) は以下のとおり。

<漁業>

- 河野光久, 天野千絵. (2005). 日本海南西部山口県沖におけるアカアマダイの資源管理に関する研究-I 山口県におけるあまだい漁業の実態. 山口県水産研究センター研究報告,(3), 55-59.
- 山下秀幸. (2004). 東シナ海産アカアマダイの水揚実態と Y/R 解析. 日本水産学会誌, 70(1), 16-21.

山下秀幸. (2005). 東シナ海産アカアマダイに対する底延縄と立延縄の漁獲物体長組成および漁場利用について. 日本水産学会誌, 71(1), 39-43.

Yamashita, H., Shiode, D., Tokai, T. (2009). Longline hook selectivity for red tilefish *Branchiostegus japonicus* in the East China Sea. *Fisheries Science*, 75(4), 863-874.

山下秀幸, 越智洋介, 塩出大輔, 東海正. (2010). アカアマダイに対する鯛縄針とムツ針の選択性曲線の比較. 日本水産学会誌, 76(1), 46-53.

<資源生態>

林泰行. (1976). 東シナ海産アカアマダイの成長に関する研究-I. 日本水産学会誌, 42(11), 1237-1242.

林泰行. (1976). 東シナ海産アカアマダイの成長に関する研究-II. 日本水産学会誌, 42(11), 1243-1249.

林泰行. (1977). 東シナ海産アカアマダイの成熟と産卵に関する研究-I. 日本水産学会誌, 43(11), 1273-1277.

林泰行. (1979). 東シナ海産アカアマダイの成熟と産卵に関する研究-II. 日本水産学会誌, 45(12), 1475-1479. 入江春彦. (1955). 本邦産アマダイ属魚類に関する研究 2: アカアマダイの産卵期に就いて. 長崎大学水産学部研究報告, 3, 6-9.

井関智明, 町田雅春, 竹内宏行, 八木佑太, 上原伸二. (2017). 耳石横断面法と表面法を用いた若狭湾西部海域におけるアカアマダイの年齢と成長. 日本水産学会誌, 83(2), 174-182.

河野光久, 天野千絵. (2008). 日本海南西海域におけるアカアマダイの産卵期・産卵場および仔魚の出現. 山口県水産研究センター研究報告, (6), 31-36.

北原武. (1985). 若狭湾におけるアカアマダイ資源量の変動特性とその平均世代時間. 日本水産学会誌, 51(2), 239-246.

松本洋典. (2017). 島根半島産アカアマダイの年齢組成推定. 島根県水産技術センター研究報告= *Report of Shimane Prefectural Fisheries Technology Center*, (10), 1-8.

松本洋典. (2019). 島根半島沖産アカアマダイの年齢査定手法についての検討. 島根県水産技術センター研究報告= *Report of Shimane Prefectural Fisheries Technology Center*, (12), 1-4.

Nohara, K., Takeuchi, H., Tsuzaki, T., Suzuki, N., Tominaga, O., Seikai, T. (2010). Genetic variability and stock structure of red tilefish *Branchiostegus japonicus* inferred from mtDNA sequence analysis. *Fisheries Science*, 76(1), 75.

尾崎仁, 飯塚覚, 宮嶋俊明, 濱中雄一. (2008). 若狭湾西部海域におけるアカアマダイの年齢と成長. 京都府立海洋センター研究報告, 30.

渡辺健一, 鈴木伸洋. (1996). 徳島県太平洋沿岸のアカアマダイの性分化, 成熟および産卵期. 日本水産学会誌, 62(3), 406-413.

- 山下秀幸. (2007). 東シナ海産アカアマダイの体長組成の海域差. 日本水産学会誌, 73(6), 1074-1080.
- 山下秀幸, 酒井猛, 片山知史, 東海正. (2011). 東シナ海産アカアマダイの成長と成熟の再検討. 日本水産学会誌, 77(2), 188-198.
- 横田高士, 三田村啓理, 荒井修亮, 光永靖, 竹内宏行, 津崎龍雄, 井谷匡志. (2004). 超音波バイオテレメトリーを用いた魚類の行動追跡手法-若狭湾および舞鶴湾におけるアカアマダイの研究例. 海洋理工学会誌, 10(1), 29-40.
- 柳本卓, 山下秀幸, 酒井猛, 明神寿彦, 小林敬典. (2010). DNA 多型分析によって明らかになったアカアマダイの集団構造. DNA 多型= *DNA polymorphism*, 18, 127-130.
- Yoo, J. T., Choi, Y. M., Kim, Y. H., Choi, J. H. (2008). Age and growth of the red tilefish, *Branchiostegus japonicus* in the northern East China Sea. *J. Environ. Biol*, 29, 437-441.

<種苗生産>

- 藤浪祐一郎, 竹内宏行, 津崎龍雄, 太田博巳. (2003). 若狭湾西部海域で漁獲されたアカアマダイの精巣重量と精巣精子の運動活性. 日本水産学会誌, 69(2), 197-200.
- 藤浪祐一郎, 竹内宏行, 津崎龍雄, 太田博巳. (2003). アカアマダイ漁獲鮮魚から採取した精巣精子の運動活性と冷蔵保存. 日本水産学会誌, 69(2), 162-277.
- 平井明夫, 奥村重信. (1990). アカアマダイの未受精卵と受精卵の卵膜微細構造. 水産増殖, 38(4), 361-365.
- 本藤靖. (2001). 人工授精によるアカアマダイの種苗生産. 栽培漁業技術開発研究, 28, 73-79.
- 生田哲郎. (1978). アカアマダイの種苗生産に関する基礎的研究-I 産卵誘発 人工ふ化 仔魚飼育について. 京都府海洋センター研報, 2, 76-82.
- 生田哲郎. (1978). アカアマダイの種苗生産に関する基礎的研究-II 人工ふ化仔魚の形態変化について. 京都府海洋センター研報, 2, 76-82.
- 清川智之, 堀玲子, 佐藤利夫. (2014). 小型水槽を使用したアカアマダイの種苗生産. 水産技術, 6(2), 147-159.
- 菊池達人. (2006). アマダイ類の栽培漁業化に向けた種苗生産技術の開発 (1). 高知県海洋深層水研究所報, (7), 7-13.
- 菊池達人. (2006). アマダイ類の栽培漁業化に向けた種苗生産技術の開発 (2). 高知県海洋深層水研究所報, (7), 23-42.
- 奥村重信, 廣瀬慶二. (1991). 凍結保存精子によるアカアマダイの人工受精. 水産増殖, 39(4), 441-445.
- 奥村重信, 今泉均, 中園明信. (1995). 飼育下でのアカアマダイの受精率の向上. 水産増殖, 43(4), 449-454.

- Okumura, S., Tanaka, T., Nakazono, A. (1996). Spawning and mucus-enveloped pelagic eggs of the red tilefish, *Branchiostegus japonicus* (Malacanthidae), reared in captivity. *Copeia*, 1996(3), 743-746.
- 竹内宏行, 本藤靖, 渡辺税. (2004). アカアマダイの中間育成における適正水温の把握について. 栽培漁業センター技報, (2), 80-82.
- 豊村晃丞, 水田篤, 松浦光宏, 中西健二, 有瀧真人. (2017). アカアマダイ人工種苗に発現する形態異常. 水産増殖, 65(2), 117-124.

<種苗放流>

- 濱中雄一, 町田雅春. (2010). イラストマー標識を付けたアカアマダイの再捕 (資料). 京都府農林水産技術センター海洋センター研究報告, (32).
- 濱中雄一. (2010). 輸送中の照度によるアカアマダイ人工種苗の放流直後の行動について (短報). 京都府農林水産技術センター海洋センター研究報告, (32).
- 本藤靖, 益田玲爾, 津崎龍雄. (2002). アカアマダイ人工種苗の巣穴形成能力の発現. 栽培漁業技術開発研究, 29(2), 85-89.
- 河野光久. (2010). 山口県日本海沿岸域におけるさめ類によるアカアマダイ放流種苗の被食. 山口県水産研究センター研究報告, (8), 27-29.
- 河野光久, 山本健也. (2016). 山口県日本海沿岸域に放流したアカアマダイ人工種苗の再捕率及び移動. 山口県水産研究センター研究報告, (13), 1-4.
- 町田雅春, 竹内宏行, 中川亨. (2007). アカアマダイ人工種苗の巣穴形成に及ぼす標識の影響. 栽培漁業技術開発研究, 35(1), 23-27.
- 町田雅春, 竹内宏行, 中川亨, 升間主計. (2010). アカアマダイ人工種苗へ装着したイラストマー標識の有効性. 栽培漁業センター技報, (12), 44-48.
- 竹内宏行, 渡辺税, 中川亨. (2003). 若狭湾におけるアカアマダイの標識放流試験とその再捕状況. 栽培漁業センター技報, (1), 102-104.
- Yokota, T., Masuda, R., Takeuchi, H., Arai, N. (2016). Development of diel activity and burrowing behavior in hatchery-reared red tilefish, *Branchiostegus japonicus*, juveniles. *Aquaculture Science*, 64(2), 147-155.
- Yokota, T., Mitamura, H., Arai, N., Masuda, R., Mitsunaga, Y., Itani, M., ... Tsuzaki, T. (2006). Comparison of behavioral characteristics of hatchery-reared and wild red tilefish *Branchiostegus japonicus* released in Maizuru Bay by using acoustic biotelemetry. *Fisheries science*, 72(3), 520-529.
- Yokota, T., Masuda, R., Arai, N., Mitamura, H., Mitsunaga, Y., Takeuchi, H., Tsuzaki, T. (2007). Hatchery-reared fish have less consistent behavioral pattern compared to wild individuals, exemplified by red tilefish studied using video observation and acoustic telemetry tracking. *In Developments in Fish Telemetry* (pp. 109-120).

Springer, Dordrecht.

Yokota, T., Masuda, R., Takeuchi, H., Tsuzaki, T., Arai, N. (2007). Individual consistency between diel activity during rearing and behavior after release in red tilefish *Branchiostegus japonicus* revealed by laboratory observation and acoustic telemetry. *Fisheries science*, 73(3), 500-511.

Yokota, T., Machida, M., Takeuchi, H., Masuma, S., Masuda, R., Arai, N. (2011). Anti-predatory performance in hatchery-reared red tilefish (*Branchiostegus japonicus*) and behavioral characteristics of two predators: Acoustic telemetry, video observation and predation trials. *Aquaculture*, 319(1-2), 290-297.

<疾病防除>

西岡豊弘, 森広一郎, 菅谷琢磨, 竹内宏行, 津崎龍雄, 升間主計, 中井敏博. (2011). アカアマダイ種苗におけるウイルス性神経壊死症の発生とその防除対策. *水産増殖*, 59(2), 275-282.

竹内宏行, 升間主計, 渡辺税. (2008). オキシダント海水がアカアマダイ卵に及ぼす影響. *栽培漁業センター技報*, (8), 5-8.