

短 報

水温および日長制御によるシロギスの複数年にわたる周年産卵

瀬戸熊卓見<sup>\*1§</sup>・吉野幸恵<sup>\*1</sup>・土田修二<sup>\*1</sup>・木下秀明<sup>\*1</sup>

Observation of Year-round and Multi-year Spawning of Japanese Whiting,  
*Sillago japonica*, under Control of Temperature and Photoperiod

Takumi Setoguma<sup>\*1§</sup>, Sachie Yoshino<sup>\*1</sup>, Shuji Tsuchida<sup>\*1</sup> and Hideaki Kinoshita<sup>\*1</sup>

**要約:** シロギス雌12尾, 雄6尾を3m<sup>3</sup>水槽1基に收容し, 水温20~28°C, 日長14時間明期に設定して3年3か月間(1,173日)飼育し, 産卵状況を毎日調べた。終了時には雌6尾, 雄5尾となった。産卵が確認された日数は957日であった。1日の産卵数は最大509,600, 平均153,000, 産出卵の正常発生率の平均は74.9%であった。このことから, シロギスは水温と日長時間を制御することにより, 複数年にわたり周年産卵することが判明した。

**キーワード:** シロギス, *Sillago japonica*, 周年産卵, 複数年産卵, 日長, 水温

**Abstract:** Twelve females and six males of Japanese whiting, *Sillago japonica*, were reared under the condition of photoperiod of 14L/10D at 20-28°C during three years and three months (1,173 days). This group of fish spawned for 957 days out of the 1,173 days. The maximum number and the average number of spawned eggs per day were 509,600 and 153,000, respectively. Average of normal developmental rate of spawned eggs was 74.9%. Thus Japanese whiting which is a summer spawning type fish in Japan spawns almost all year round during more than 3 years by controlling the temperature and the photoperiod.

**Key words:** Japanese whiting, *Sillago japonica*, multi-year spawning, year-round spawning, photoperiod, temperature

わが国沿岸に広く分布する水産上有用種であるシロギス *Sillago japonica* は, 海産魚類に及ぼす有害化学物質等の影響を明らかにするための供試魚として広く用いられている(磯野ら, 1993; 山田・高柳, 1995; 山田ら, 1995, 1996; 堀ら, 1996; 都島ら, 1995; Kikkawa *et al.*, 2003, 2006; Ishimatsu *et al.*, 2004; Shimasaki *et al.*, 2006, 2008; Onikura *et al.*, 2007; Hotta *et al.*, 2003; 堀田ら, 2008, 2009; Yoon *et al.*, 2008など)。小山(1998)は, 我が国沿岸に生息する海産魚を用いた生態毒性試験の供試魚として, 感受性が高いこと, 飼育しやすいこと, 同程度の大きさの個体を同時に多数供

給できること, の条件を満たす魚種としてマダイ, アミメハギとともに本種を推奨している。

本種は, 水産庁が取りまとめた海産生物毒性試験指針(水産庁, 2010)に試験対象種として取り上げられ, 飼育繁殖法について詳細に記載されている。しかし, 本種の産卵期は7月頃から9月頃までであり, 自然条件下では産卵時期は限られている。試験対象生物を必要なときに入手するためには, 対象生物の産卵期間が長いことが望ましい。本報では, 本種の飼育水温と日長時間を制御することによって複数年にわたり周年産卵が可能であることを確認したので報告する。

(2013年12月11日受付, 2014年2月17日受理)

\*1 公益財団法人海洋生物環境研究所 中央研究所 (〒299-5105 千葉県夷隅郡御宿町岩和田300番地)

§ E-mail: setoguma@kaiseiken.or.jp

第1表 実験開始時（2006年）と終了時（2009年）の体長と体重

計測日	個体数	体長 (cm)			体重 (g)			
		平均	±	S. D.	平均	±	S. D.	範囲
2006. 6. 8	雌	12	175.7	± 5.8	69.1	± 5.3	60.7 ~ 77.3	
	雄	6	161.5	± 4.1	52.6	± 5.1	45.3 ~ 59.6	
2009. 8. 25	雌	6	219.8	± 12.6	136.9	± 30.5	111.9 ~ 188.4	
	雄	5	199.6	± 7.1	114.2	± 21.8	85.9 ~ 142.0	

**材料と方法** 供試魚は当研究所内で種苗生産された2年魚で、実験開始時まで、自然水温、自然日長下で飼育されていたものである。2006年6月8日に、腹部を軽く圧迫して精子の放出の有無、生殖口の形状から雌雄の判別を行い、屋外に設置した容量3m<sup>3</sup>の水槽に雌12尾、雄6尾を収容した（第1表）。冷海水と温海水とを混合して調温した海水を毎時1.5m<sup>3</sup>注水し、かけ流し方式で飼育した。飼育水温は20℃を下回らないように調整した。長日条件を維持するため10W蛍光灯を水面上300mmに設置して5時から19時まで点灯し、明期14時間以上を維持した。点灯時の水槽の表面照度は、例えば、屋外で6,000Lxおよび0.6Lxの時にそれぞれ約570Lxおよび30Lxであった。夜間の照度は0Lxであった。餌として9時に冷凍アミを、16時にモイストペレットを、土日祝日を除く毎日それぞれ体重の1~3%量与えた。

水槽の排水部分に集卵水槽を設置し、毎朝卵の有無を確認した。卵が認められた場合、集卵水槽から全卵を回収して浮上卵数、沈下卵（死亡卵）数を計数し、産卵数（浮上卵数+沈下卵数）と浮上卵率（浮上卵数/産卵数×100）を求めた。また、浮上卵のうち100個体を抽出して顕微鏡下で胚体形成状況を確認し、異常の認められない卵を正常発生卵とし、産卵数に対する正常発生率（正常発生卵数/産卵数×100）を求めた。

産卵時刻を確認するため原則として毎週月曜日の16時から20時まで30分ごとに集卵水槽内の卵の有無を観察し、卵が確認できた時刻を産卵時刻とした。また、産出卵を30個抽出し、卵径と油球径を計測した。

水温と塩分は毎日、DOとpHは週1回測定した。

2006年6月8日から2009年8月23日の約3年3か月にわたり産卵状況を観察した。

**結果と考察** 期間中に雌6尾、雄1尾が死亡し、実験終了時には雌6尾、雄5尾であった（第1表）。生残率の推移を第1図に示した。実験期間中の水温は、2月頃に20℃まで低下し、8月~10月頃は25℃以上となり、期間を通して18.2~28.2℃の範囲で変動した（第1図）。飼育期間中の塩分、DO、pHを第2表に示した。

観察を継続した約3年3か月（1,173日）の間、産卵しない日があるもののおおむね産卵が継続した。産卵が確認された日数は957日で観察期間中の日数の約82%で産卵が確認された（第1図、第3表）。2008年と2009年では2月にかけて水温の低下に伴い、産卵数が低下し、再び水温が上昇すると

第2表 飼育期間中の水質

	平均	±	S. D.	範囲
水温 (°C)	24.0	±	2.1	18.2 ~ 28.2
塩分	33.3	±	0.9	29.8 ~ 34.3
DO (ppm)	6.8	±	0.4	5.9 ~ 8.7
pH	8.16	±	0.07	8.01 ~ 8.37

第3表 産卵結果の総括表

実験期間	2006年6月8日 ~ 2009年8月25日
実験日数	1,173
産卵日数	957
産卵しなかった日数	216
総産卵数	146,823,000
最大産卵数	509,600
平均産卵数	153,000 ± 112,800 <sup>*1</sup>
平均正常発生率 (%) <sup>*2</sup>	74.9 ± 22.2 <sup>*1</sup>

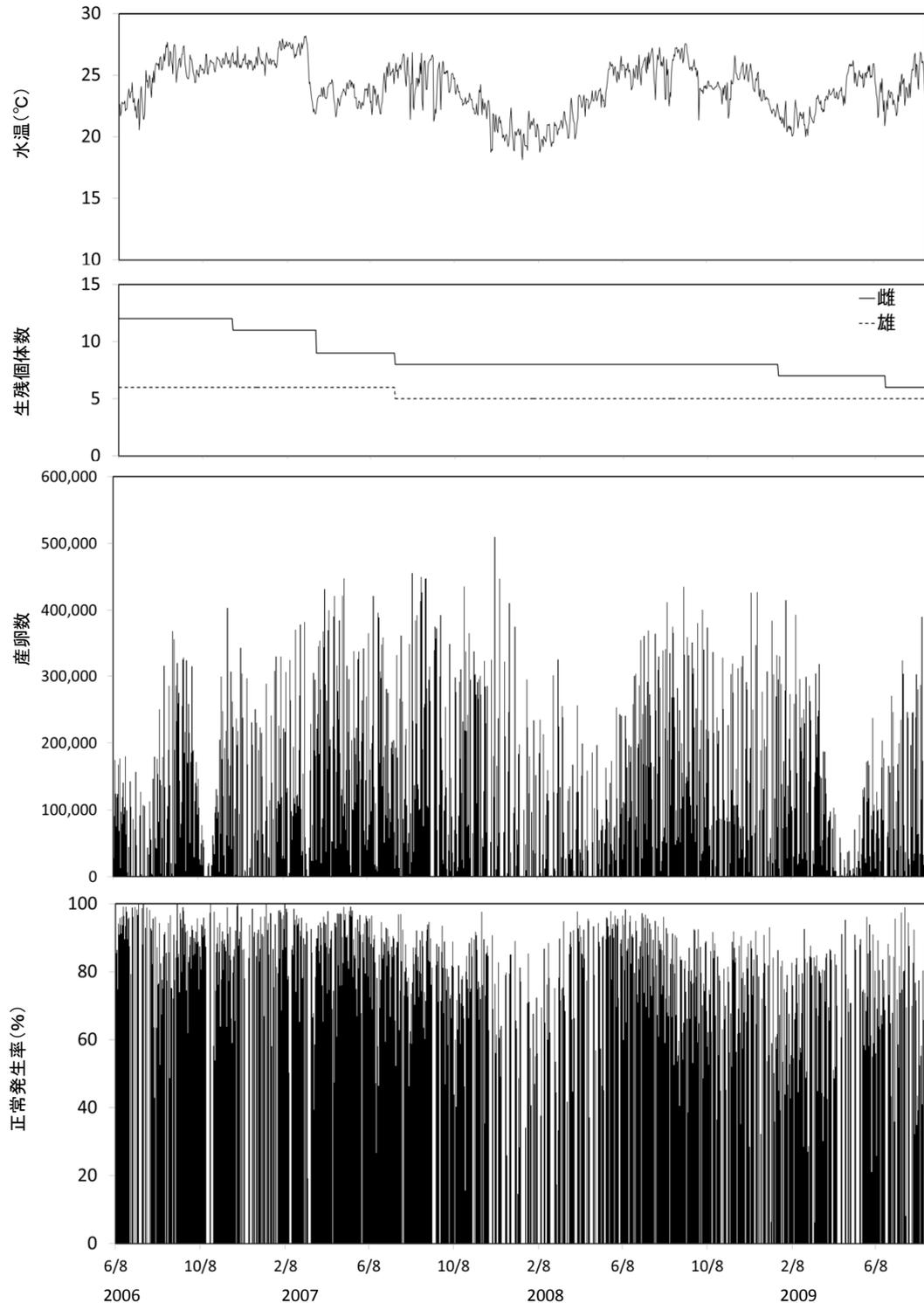
<sup>\*1</sup>平均±S. D.

<sup>\*2</sup>正常発生率：正常発生卵数/産卵数×100

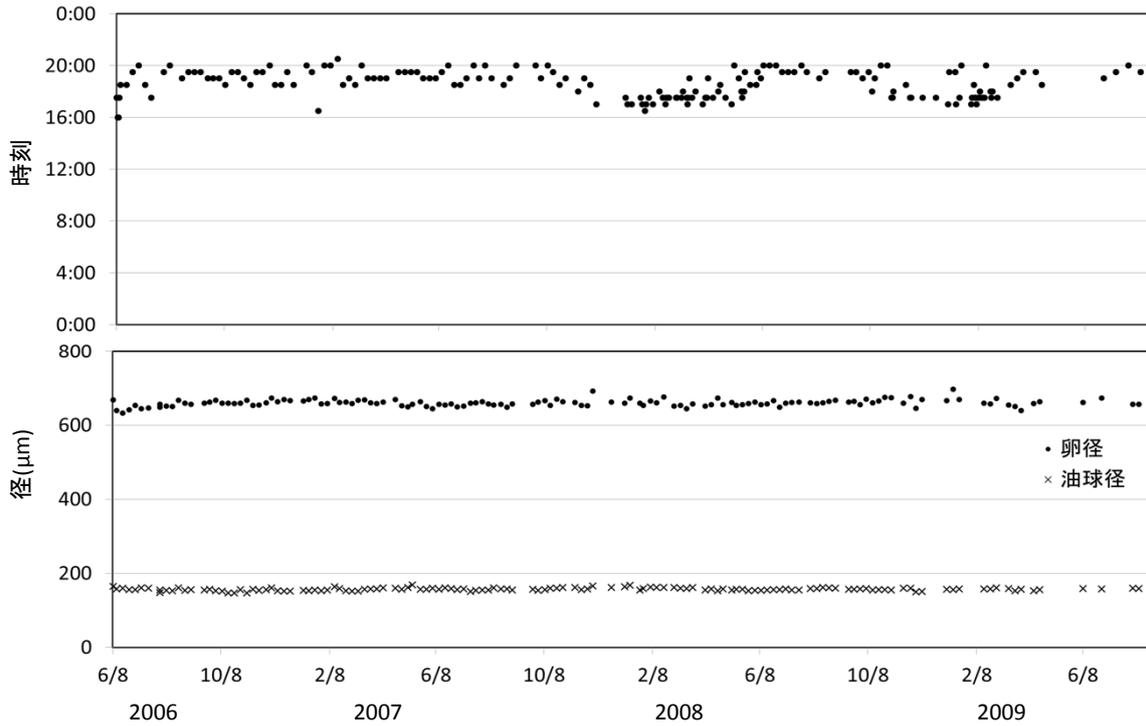
産卵数が上昇する傾向が認められた（第1図）。産卵開始時刻や受精卵の平均卵径，平均油球径には変化は見られなかった（第2図）。

1日の産卵数の最大は509,600（2007年12月9日），平均は153,000であった。正常発生率の平均は

74.9%であった（第3表）。日間産卵数が300,000を超えると，正常発生率は平均82.1%と高い値であったが，産卵数50,000以下の場合には正常発生率は平均60.7%と低下するとともに正常発生率のバラツキも大きくなる傾向を示した（第4表）。



第1図 飼育期間中の水温，生残個体数，産卵数及び産出卵の正常発生率の推移。  
 正常発生率：正常発生卵数/産卵数×100



第2図 飼育期間中の産卵時刻，平均卵径・平均油球径の推移。

第4表 産卵数別の産卵回数と正常発生率

産卵数の範囲	産卵回数	正常発生率 (%) *1
1 ~ 50,000	212	60.7 ± 34.4*2
50,001 ~ 100,000	178	77.1 ± 18.7
100,001 ~ 200,000	266	78.9 ± 14.9
200,001 ~ 300,000	172	78.8 ± 13.0
300,001 ~	129	82.1 ± 11.1
総計	957	74.9 ± 22.2

\*1 正常発生率：正常発生卵数/産卵数×100

\*2 平均±S. D.

シロギスについて複数年にわたり周年産卵させた例はみあたらない。水温と日長時間が産卵開始や終了の重要な要素であることは多くの魚種で明らかにされている（清水，2006ほか）。ヒラメ（伊島ら，1986），マダイ（原田，1974；福所ら，1986；山内ら，1993など），イシダイ（神保ら，2002）では，水温と日長調節による産卵期制御技術が実用化されている。さらに，マハタ（土橋ら，2007），ブリ（浜田・虫明，2006）でも水温や日長を制御して産卵期を変更する技術開発が行われている。しかし，いずれも早期採卵あるいは産卵期の延長など産卵期を人為的に変更することを目的としたもので，周年産卵を目指したものではない。

熊井・中村(1977)は，シロギス雌1尾（体重91g），雄3尾（体重45-74.5g）を500L水槽に収容して産卵状況を調べた。その結果6月17日から10月2日までの108日間に65回産卵し，1回の産卵数は最高59,600，最低1,100，平均27,700，総産卵数1,800,750であったとしている。Kumai and Nakamura(1978)は，体重35-45gのシロギス1年魚雌2尾，雄2尾の産卵を調べたところ，7月3日から10月7日までの間に69回産卵し，最大産卵数は81,700，総産卵数は2,037,000であり，1シーズンに雌魚1尾が産卵する卵数は，雌の大きさあるいは年令に依存し，大型魚の場合180万以上，小型魚の場合100万程度であるとしている。また，柏木ら（1985）は，自然水温，自然日長の条件下でシロギス雌11尾，雄21尾収容した水槽の産卵状況を調べた結果，6月下旬から10月初旬までの間に94日間産卵が認められたとしている。これらのことから，自然条件では産卵期は6月下旬から10月初旬頃の3か月程度であり，シロギス雌1尾あるいは2尾の場合には，およそ3日に2日産卵し，1回の産卵数は3万程度，雌11尾ではおよそ10日に9日産卵したといえる。

Lee and Hirano(1985)は，本種の産卵期は水温が20℃に上昇すると始まり，20℃以下に低下すると終了したことから，産卵期の開始と終了は水温が主要な要因であり，日長の効果は小さいとし

た。また、古川ら(1991)によると、自然条件では産卵は5月中頃から9月末～10月初めまで継続し、産卵開始時期と終了時期の水温はいずれも22℃であったとしている。

今回の実験では、雌の収容尾数は実験期間中の死亡により12尾から6尾と減少したが、水温20℃以上、日長14時間以上の条件では、産卵しない日が断続的に出現したものの、平均すると5日間のうち4日程度産卵した。産卵数は水温が20℃近くに低下すると減少し、上昇すると増加する傾向を示し、産卵限界水温は20℃付近にあるものと推定された。なお、実験初年度の2006年には、水温が25℃付近の場合でも産卵数が一時的に減少したが、原因は不明である。

本実験では、1日の平均産卵数は153,000であった。雌の収容尾数は12尾から6尾に減少したが、雌の平均収容尾数から推定すると、1尾あたりの平均産卵数は約17,600となった。また、2007年12月9日に最大52万産卵した。この時の収容尾数は雌8尾、雄5尾である。すべての雌個体が産卵したと仮定すると1尾あたり約65,000産卵したことになる。

本実験の結果から、水温20～28℃、明期14時間以上の長日条件で飼育することにより通常の産卵期である6月から9月頃の4か月以外の時季においても継続的に産卵することが確認できた。3年3か月の飼育期間を通して正常発生率に差異も認められなかったことから、水温と日長を制御することによって周年にわたり受精卵を得ることが可能であることが判明した。

#### 引用文献

福所邦彦・藤村卓也・山本剛史(1986). 加温循環式水槽によるマダイの親魚養成と早期採卵. 水産増殖, **34**, 69-75.

古川 清・曾田勝美・吉岡 基・佐藤英雄・羽生功(1991). シロギスの産卵リズムに及ぼす光周期と水温の影響. 日水誌, **57**, 2193-2201.

浜田和久・虫明敬一(2006). ブリの早期採卵技術とその効果. 日水誌, **72**, 250-253.

原田輝夫(1974). 環境と成熟・産卵, 7. 海産魚. 「魚類の成熟と産卵—その基礎と応用」(日本水産学会編), 水産学シリーズ6, 恒星社厚生閣, 東京, 66-75.

堀 英夫・立石晶浩・高柳和史・山田 久(1996).

海産魚を用いる有害物質の毒性試験における人工海水の試験用水としての適性評価. 日水誌, **62**, 614-622.

堀田公明・岸田智穂・佐藤裕介・瀬戸熊卓見・中村幸雄・足立伸次・山内皓平(2009). シロギス雄のビテロゲニン産生能に及ぼす成熟度の影響. 海生研研報, **No.12**, 1-8.

堀田公明・渡辺剛幸・岸田智穂・中村幸雄・井尻成保・足立伸次・山内皓平(2008). シロギス雄の血中ビテロゲニン量に及ぼす雌魚の影響. 日水誌, **74**, 20-25.

Hotta, K., Watanabe, T., Kishida, C., Nakamura, Y., Ohkubo, N., Matsubara, T., Adachi, S. and Yamauchi, K. (2003). Seasonality of serum levels of vitellogenin in male Japanese whiting, *Sillago japonica*, reared under natural temperature and photoperiod. *Fish. Sci.*, **69**, 555-562.

伊島時郎・阿部登志勝・平川諒三郎・鳥島嘉明(1986). 長日処理によるヒラメの早期採卵. 栽培技研, **15**, 57-62.

Ishimatsu, A., Kikkawa, T., Hayashi, M., Lee, K.-S. and Kita, J. (2004). Effects of CO<sub>2</sub> on marine fish: larvae and adults. *J. Oceanography*, **60**, 731-741.

磯野良介・伊藤康男・木下秀明・城戸勝利(1993). シロギス卵・稚魚の生残に及ぼす海水オゾン処理の影響. 日水誌, **59**, 1527-1533.

神保忠雄・手塚信弘・小磯雅彦・鶴巻克己・升間主計(2002). 水温と光周期調整によるイシダイの産卵制御. 水産増殖, **50**, 189-196.

柏木正章・中村総之・岡田芳和・山田直博(1985). シロギスの卵径の産卵期間中の周期的変化. 水産増殖, **33**, 134-138.

Kikkawa, T., Ishimatsu, A. and Kita, J. (2003). Acute CO<sub>2</sub> tolerance during the early developmental stages of four marine teleosts. *Environ. Toxicol.*, **18**, 375-382.

Kikkawa, T., Sato, T., Kita, J. and Ishimatsu, A. (2006). Acute toxicity of temporally varying seawater CO<sub>2</sub> conditions on juveniles of Japanese sillago (*Sillago japonica*). *Mar. Poll. Bull.*, **52**, 621-625.

小山次朗(1998). 海産魚介類を用いた生態毒性試験. 環境毒性学会誌, **1**, 15-25.

熊井英水・中村元二(1977). キスの自然産卵につ

- いて. 近大農紀, **10**, 39-43.
- Kumai, H. and Nakamura, M. (1978). Spawning of the silver whiting *Sillago sihama* (FORSSKÅL) cultivated in the laboratory. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **44**, 1055.
- Lee, C.S. and Hirano, R. (1985). Effects of water temperature and photoperiod on the spawning cycle of the sand borer, *Sillago sihama*. *Prog. Fish-Cult.*, **47**, 225-230.
- Onikura, N., Nakamura, A., Kishi, K., Taniguchi, K., Yagi, M. and Oikawa, S. (2007). Hatching inhibition test using the Japanese whiting *Sillago japonica* as an acute toxicity test for marine fish species. *Aquaculture Sci.*, **55**, 293-300.
- Shimasaki, Y., Oshima, Y., Inoue, S., Inoue, Y., Kang, I.J., Nakayama, K., Imoto, H. and Honjo, T. (2006). Effect of tributyltin on reproduction in Japanese whiting, *Sillago japonica*. *Marine Environ. Res.*, **62**, S245-S248.
- Shimasaki, Y., Oshima, Y., Inoue, Y., Shibata, H., Nakayama, K., Inoue, S., Imoto, H., Kang, I.J. and Honjo, T. (2008). Distribution of tributyltin in tissues of mature Japanese whiting, *Sillago japonica* and their eggs. *J. Fac. Agr. Kyushu Univ.*, **53**, 67-72.
- 清水昭男 (2006). 魚類の生殖周期と水温等環境条件との関係. 水研センター研報別冊, **No.4**, 1-12.
- 水産庁 (2010). 海産生物毒性試験指針. 水産庁, 東京. 1-156.
- 土橋靖史・高島暢子・栗山 功・羽生和宏・辻将治・津本欣吾 (2007). 水温および日長調整によるマハタの9月採卵. 水産増殖, **55**, 395-402.
- 都島康彦・エディ スプリヨノ・隆島史夫 (1995). シロギス, *Sillago japonica* に対する数種の界面活性剤の急性毒性. 水産増殖, **43**, 385-388.
- 山田 久・高柳和史 (1995). 有害化学物質の生物濃縮試験に用いる試験海産魚の適性評価. 日水誌, **61**, 895-904.
- 山田 久・立石晶浩・池田久美子 (1995). 試験魚の大きさによる  $\alpha$ -ヘキサクロロシクロヘキサンの生物濃縮特性の変化. 日水誌, **61**, 905-911.
- 山田 久・立石晶浩・池田久美子 (1996).  $\alpha$ -ヘキサクロロシクロヘキサンの生物濃縮特性に及ぼす試験水温の影響. 日水誌, **62**, 280-285.
- 山内達也・松田宗之・平田八郎 (1993). マダイの催熟, 産卵および孵化に及ぼすLHRH-aコレステロールペレットと加温・電照の効果. 水産増殖, **41**, 485-489.
- Yoon, S.H., Itoh, Y., Kaneko, G., Nakaniwa, M., Ohta, M. and Watabe, S. (2008). Molecular characterization of Japanese sillago vitellogenin and changes in its expression levels on exposure to 17 $\beta$ -estradiol and 4-*tert*-octylphenol. *Mar. Biotechnol.*, **10**, 19-30.