

短 報

## シロギスの産卵終了に及ぼす日長の影響

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>

### Effects of Photoperiod on the End of the Spawning Season of Japanese Whiting, *Sillago japonica*

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

**要約:** シロギスの産卵終了に及ぼす日長の影響を調べた。約25°Cで6週間飼育したところ、14L/10Dと13L/11Dでは産卵を継続したが、12L/12Dと11L/13Dでは産卵日数と産卵数が減少した。このことから産卵終了期の臨界日長は、明期が12~13時間の間にあると推定された。

**キーワード:** シロギス, *Sillago japonica*, 産卵終了, 日長

**Abstract:** To determine the effects of photoperiod on the end of the spawning season of Japanese whiting, *Sillago japonica*, test fish were reared under 4 photoperiod conditions of 14L/10D, 13L/11D, 12L/12D and 11L/13D at 25°C. Japanese whiting continued to spawn under conditions of 14L/10D and 13L/11D. Spawning frequency and numbers of egg production were reduced under photoperiods of 12L/12D and 11L/13D. It was estimated that the critical photoperiod for the end of the spawning season of Japanese whiting was between 12L/12D and 13L/11D.

**Key words:** Japanese whiting, *Sillago japonica*, spawning season, photoperiod

シロギス *Sillago japonica* は、夏期の産卵期にはほぼ毎日産卵することが知られている。温帯性の魚類の産卵は水温によって支配されていることが多いが、日長条件も重要である(清水, 2006; 羽生, 1991, など)。マダイでは加温飼育により産卵開始が早まることはよく知られている(原田, 1974; 小牧ら, 1995)。一方、ヒラメでは日長処理だけで水温下降期の11~12月に産卵させることが可能である(伊島ら, 1986)。また、水温と日長を制御することにより、イシダイの産卵時期を遅らせたり(神保ら, 2002)、ブリでは、通常の産卵期より4か月早い12月に産卵させることができる(浜田・虫明, 2006)。このように、水温と日長条件を制御することによって海産魚の産卵時期を変更する技術の実用化が進展している。

前報(瀬戸熊ら, 2014)では水温25°C, 明期14時間以上の長日条件で飼育することによって、シロギスが複数年にわたって周年産卵することを明らかにした。しかしながら、産卵期の終了に及ぼす日長の影響については知られていない。本報では、本種の産卵期終了におよぼす日長条件について検討した。

**材料と方法** 供試魚は当研究所内で種苗生産され、水温約20~23°C, 日長時間14時間以上の長日条件で飼育されていたものを使用した。雌は2年魚, 雄は当歳魚である。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った。同じ飼育群から抽出して測定した生殖腺指数(GSI)は、雌(6尾)の平均4.63%, 雄(1尾)

(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

は0.11%であった。雄は当歳魚でありGSIは低値であったが、実験に供した個体も含め、いずれの個体も顕微鏡下で精子の活性が確認された。実験開始時の体長、体重を第1表に示した。餌として9時に冷凍アミを、16時にモイストペレットを、土日を除く毎日、体重の2~5%量与えた。

屋内に設置した容量1m<sup>3</sup>の水槽を4基使用した。冷海水と温海水とを混合して調温した海水を毎時0.5m<sup>3</sup>注水し、かけ流しで飼育した。水槽全体を遮光シートで被い、20Wの蛍光灯を用いて日長時間を設定した。実験は外部からの光の影響を最小限にするために、年間で日長が最も短くなる12月から2月にかけて行った。ちなみに、実験開始時の12月25日の日の出、日の入り時刻は6時45分および16時32分で、薄明は日の出前・日の入り後のおよそ30分程度である（国立天文台、2005）。実験区の日長条件は、明期11時間暗期13時間（以下、11L/13Dと略記）（照明時刻6:00-17:00）、12L/12D（同5:30-17:30）、13L/11D（同5:00-18:00）、14L/10D（同4:30-18:30）の4区を設定した。

各水槽に雄と雌をそれぞれ3尾ずつ収容し、14L/10Dの長日条件下で3週間の馴致飼育を行い、この間に飼育水温を25℃に上昇させた。馴致飼育終了後、所定の日長条件に変更して実験を開始した。実験期間は6週間とし、2週間ごとに1期（1/15~1/28）、2期（1/29~2/11）、3期（2/12~2/25）として比較検討した。

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。

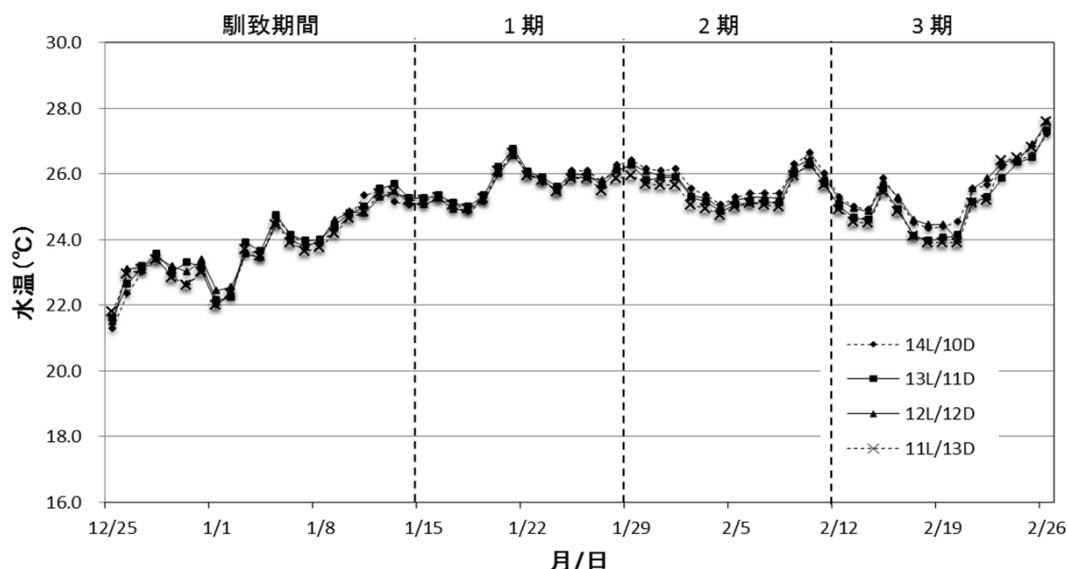
**結果と考察** 水温の推移を第1図に示した。馴致期間中に水温は22℃から25℃に上昇し、実験期間中は概ね24~26℃の範囲にあったが、実験期間終了直前に28℃近くまで上昇した。実験期間中に死亡した個体はなかった。実験終了時のGSIは14L/10D区では雌雄ともに平均3%以上であったが、13L/11D区では雌は平均3%以上、雄は0.9%、12L/12D区と11L/13D区では雌で平均1.6~0.9%、雄で0.1~0.2%と低下していた（第2表）。

馴致期間と実験期間中の産卵数の推移を第2図に示した。馴致期間中は、いずれの実験区でも産卵が認められたが、14L/10D区では他の実験区と比較して産卵日数が少なく、浮上卵率や正常発生率も低かった。6週間（42日間）の実験期間中の産卵日数は13L/11D区で37回と最も多く、14L/10D区で29回と最も少なかった。14L/10D区と13L/11D区では全期間を通して産卵日数に大きな変動はみられなかったが、12L/12D区と

第1表 実験開始時の体長と体重（2009年12月25日）

実験区	性別	個体数	体長 (cm)	体重 (g)	GSI (%)
14L/10D	雄	3	102.1 ± 7.6 *1	12.7 ± 3.2	—
	雌	3	165.9 ± 5.2	57.0 ± 3.7	—
13L/11D	雄	3	102.8 ± 0.7	12.7 ± 0.3	—
	雌	3	166.4 ± 5.1	57.9 ± 7.1	—
12L/12D	雄	3	106.1 ± 4.5	13.4 ± 1.2	—
	雌	3	167.6 ± 5.5	57.6 ± 3.6	—
11L/13D	雄	3	97.0 ± 4.9	11.5 ± 1.1	—
	雌	3	163.6 ± 4.7	52.6 ± 4.2	—
測定用*2	雄	1	95.7	9.5	0.11
	雌	6	165.4 ± 9.7	54.5 ± 7.4	4.63 ± 2.36

\*1平均±S. D., \*212月22日に測定



第1図 水温の推移。馴致期間：12/25～1/14。実験期間：1期1/15～1/28，2期1/29～2/11，3期2/12～2/25。

第2表 実験終了時の体長と体重（2010年2月26日）

実験区	個体数	体長 (cm)	体重 (g)	GSI (%)	
14L/10D	雄	3	116.4 ± 4.9 *	18.1 ± 1.8	3.05 ± 0.54
	雌	3	170.1 ± 5.8	52.9 ± 7.4	3.50 ± 0.73
13L/11D	雄	3	118.7 ± 10.0	18.7 ± 5.0	0.88 ± 0.66
	雌	3	169.0 ± 6.2	50.1 ± 4.3	3.86 ± 1.50
12L/12D	雄	3	115.9 ± 5.9	17.8 ± 3.0	0.13 ± 0.05
	雌	3	171.9 ± 1.8	57.8 ± 1.9	1.62 ± 0.85
11L/13D	雄	3	112.7 ± 4.4	17.2 ± 2.4	0.20 ± 0.12
	雌	3	168.5 ± 4.1	56.1 ± 2.9	0.94 ± 0.32

\*平均±S. D.

11L/13D区では2期に入ると産卵数の減少がみられ、3期では産卵数が大幅に減少するとともに産卵日数も低下した（第2図，第3表）。

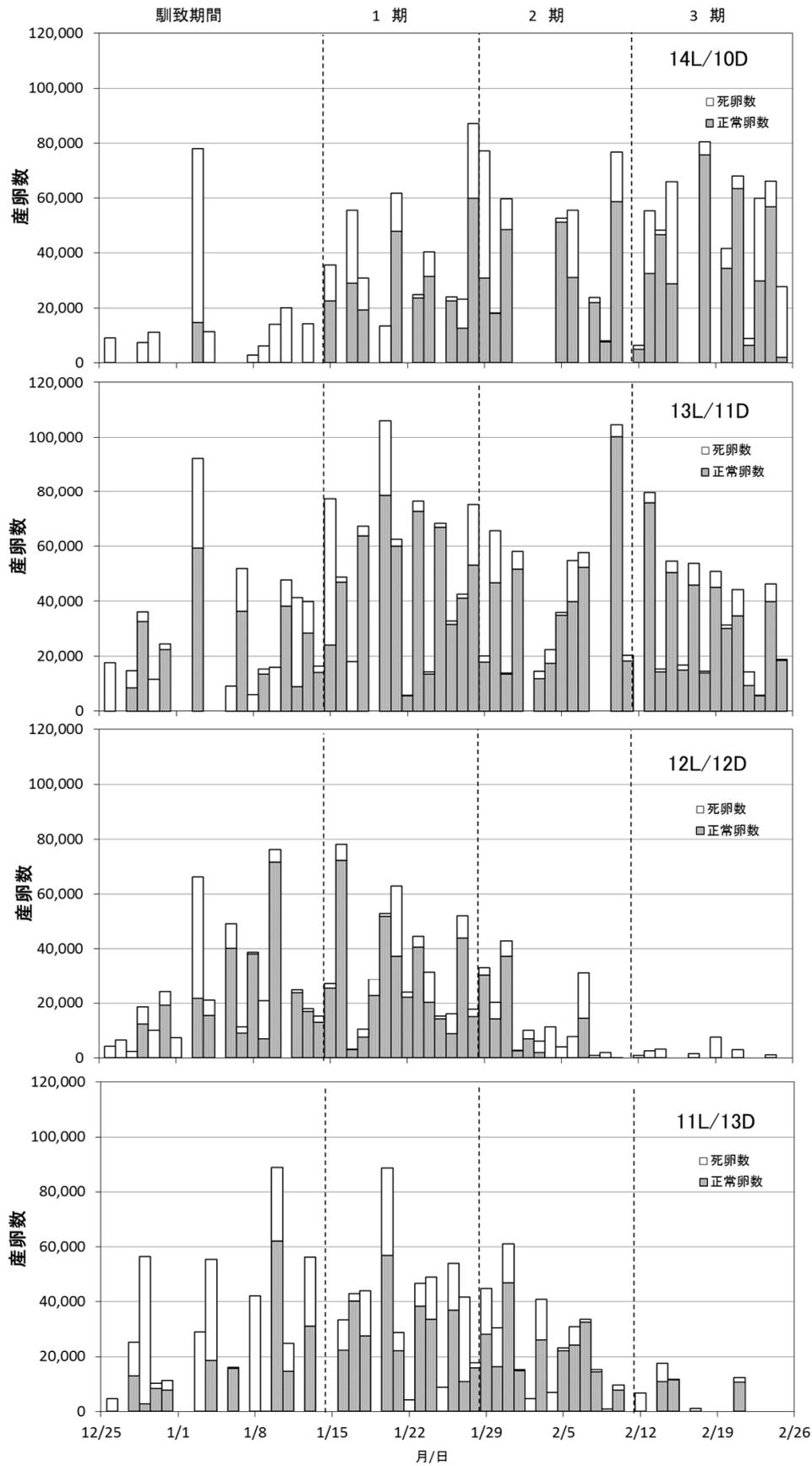
実験期間中の1日あたりの平均産卵数は14L/10D区と13L/11D区で44,800，43,600であったのに対し，12L/12D区と11L/13D区では19,400，27,500であった。12L/12D区では2期と3期の産卵数が1期と比較して有意に減少した ( $p < 0.05$ ,  $t$ 検定)。11L/13D区では3期の産卵数が有意に減少した ( $p < 0.05$ ,  $t$ 検定)。12L/12D区では，浮上卵率や正常発生率が1期では高値であったが，正常発生率は2期に低下し，3期には正常発生卵は認められなかった（第3表）。

水温と日長条件を制御することによって産卵期

を変更する技術は多くの海産魚で実用化されているが，シロギスの産卵終了時期と日長との関係について調べた例はみあたらない。

Lee and Hirano (1985) は，本種の産卵期は水温が20°Cに上昇すると始まり，20°C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。古川 (1991) は，7～8月にかけて11Lの短日条件でも産卵が継続すること，秋以降水温を24～25°Cに保つと12月まで産卵を続けることから，成熟促進と維持に対する日長の関与は少ないとしている。一方，清水 (2006) は，シロギスを夏以降，自然日長条件下において水温25°Cで飼育を続けると秋に生殖腺の退縮が認められた例があり，

瀬戸熊ら：シロギス産卵に及ぼす日長の影響



第2図 日長条件別の1日あたりの産卵数の推移。正常卵・死亡卵：発生状況を観察し、異常が認められない卵を正常卵、それ以外を死亡卵とした。馴致期間：12/25～1/14。実験期間：1期1/15～1/28，2期1/29～2/11，3期2/12～2/25。

第3表 各実験区における飼育期間別の産卵状況

実験区	期間	産卵日数	産卵数/日		浮上卵率 (%)		正常発生率 <sup>*1</sup> (%)		
14L/10D	馴致期間 <sup>*2</sup>	10	17,420	±	21,861 <sup>*3</sup>	39.1 ±	24.5	1.9 ±	5.9
	1期	10	39,730	±	22,412	71.6 ±	16.6	64.6 ±	27.1
	2期	8	46,538	±	26,614	80.1 ±	20.9	79.7 ±	21.5
	3期	11	48,100	±	24,554	70.0 ±	27.1	69.2 ±	27.3
	1期～3期合計	29	44,800	±	23,800	73.3 ±	21.9	70.5 ±	25.6
13L/11D	馴致期間	15	29,513	±	22,827	74.0 ±	19.9	48.1 ±	39
	1期	13	53,638	±	29,466	85.0 ±	19.4	79.9 ±	30.5
	2期	11	42,655	±	28,355	87.3 ±	9.4	86.5 ±	9.2
	3期	13	34,477	±	22,110	90.1 ±	8.9	89.5 ±	9.1
	1期～3期合計	37	43,600	±	27,200	87.5 ±	13.5	85.2 ±	19.5
12L/12D	馴致期間	17	24,453	±	21,348	66.5 ±	31.4	53.8 ±	40.3
	1期	14	33,200	±	21,789	85.6 ±	13.4	82.5 ±	14.4
	2期	13	13,346 <sup>*4</sup>	±	14,042	51.8 ±	32.9	37.7 ±	39.9
	3期	7	2,929 <sup>*4</sup>	±	2,287	63.9 ±	31.8	0 ±	0
	1期～3期合計	34	19,400	±	20,300	68.2 ±	29.8	48.4 ±	41.1
11L/13D	馴致期間	13	32,392	±	25,886	53.3 ±	27.6	40.2 ±	35.5
	1期	12	38,300	±	22,570	64.4 ±	23.3	58.3 ±	32.0
	2期	13	24,408	±	17,835	70.6 ±	30.8	61.7 ±	37.8
	3期	5	9,880 <sup>*4</sup>	±	6,158	76.9 ±	17.0	49.8 ±	47.4
	1期～3期合計	30	27,500	±	20,900	69.2 ±	25.7	58.4 ±	36.2

\*1正常発生率：正常発生卵数/産卵数×100

\*2馴致期間：12/21～1/14，1期：1/15～1/28，2期：1/29～2/11，3期：2/12～2/25

\*3産卵した日1日あたりの平均±S.D.で示す。

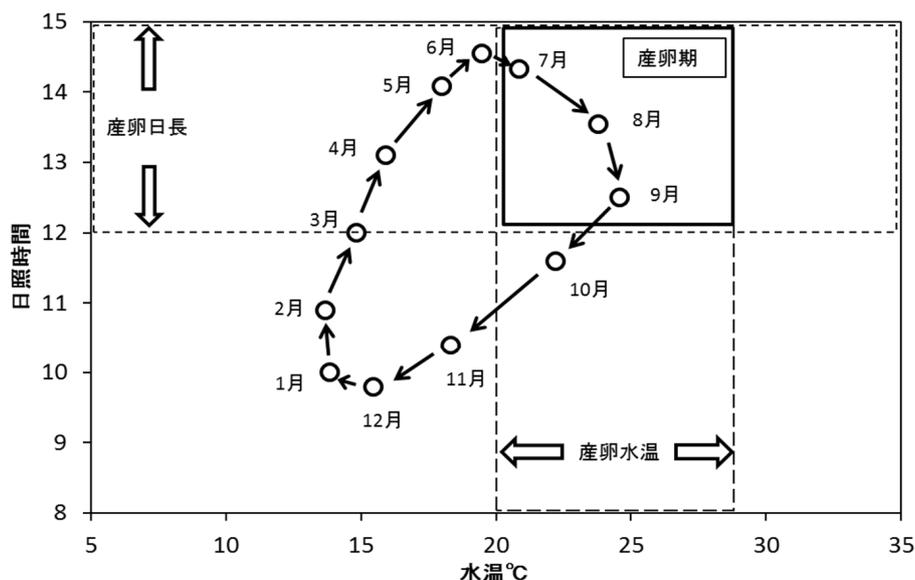
\*4各実験区の1期と有意差があったことを示す ( $p < 0.05$ ,  $t$ 検定)

産卵期の終了に関しては短日条件で産卵期が終了している可能性も想定されるとしている。本実験のように人為的に14Lから11-12Lに日長を急激に変更する場合と、自然日長のように徐々に日長時間が短くなる場合あるいは11Lが長期間継続している場合などでは日長に対する反応が異なる可能性もあるが、今後の検討課題である。本実験の結果は、清水（2006）の想定を支持する結果となった。

本実験では、12L/12D区と11L/13D区では日長条件変更後4週目から6週目にかけて産卵日数と産卵数が明らかに減少した。このことから、シロギスの産卵が終了する日長時間は12時間と13時間の間付近にあるものと考えられるが、完全に停止するまでにはおよそ1か月程度かかるものと推定さ

れた。日の出と日の入り時刻を基準とすると、日長時間が13時間となる時期は8月下旬から9月上旬頃、日長時間が12時間となる時期は9月下旬頃となる。日長時間が13時間より短くなると産卵が抑制され、およそ1か月で産卵停止に至ると考えると、自然条件における産卵が10月初旬頃に終了するのは、臨界日長時間が12～13時間という条件におおよそ合致する。

当研究所（千葉県御宿町）所在地の各月の中旬頃の水温と日長時間の年周期を重ね合わせ、小林ら（2013）の図を参考に第3図を作成した。ここでは、シロギスの産卵臨界日長を12時間、産卵適水温を20℃以上（瀬戸熊ら，2014），28℃以下（Hotta *et al.*, 2001）とした。この図からシロギスの産卵開始期は水温が制限要因となり、終了期は日長が



第3図 シロギスの産卵を制限する水温と日長に関する模式図。

制限要因となることがわかる。当海域では、シロギスの産卵期は、日長時間と水温からおよそ7月初旬頃から9月下旬頃までとなる。

#### 引用文献

- 古川 清 (1991). 成熟・産卵リズム, 5. シロギス等. 「海産魚の産卵・成熟リズム」(廣瀬慶二編), 水産学シリーズ85, 恒星社厚生閣, 東京, 65-77.
- 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.
- 羽生 功 (1991). 生殖周期. 「魚類生理学」(板沢靖男, 羽生 功編), 恒星社厚生閣, 東京, 287-325.
- 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.
- Hotta, K., Tamura, M., Watanabe, T., Nakamura, Y., Adachi, S. and Yamauchi, K. (2001). Changes in spawning characteristics of Japanese whiting *Sillago japonica* under control of temperature. *Fish. Sci.* **67**, 1111-1118.
- 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.
- 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.
- 小林牧人・大久保範聡・足立伸次 (2013). 生殖. 「増補改訂版魚類生理学の基礎」(会田勝美・金子豊二編), 恒星社厚生閣, 東京, 149-183.
- 国立天文台 (2005). 国立天文台天文情報センター 暦計算室. こよみの計算. <http://eco.mtk.nao.ac.jp/cgi-bin/koyomi/koyomix.cgi>. (2014年1月7日閲覧)
- 小牧博信・豊田幸詞・正岡幸一・大槻直也 (1995). マダイ親魚の長期加温飼育による早期産卵について. 水産増殖, **43**, 137-143.
- 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.
- 瀬戸熊卓見・吉野幸恵・土田修二・木下秀明 (2014). 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, 海生研研報, **No.19**, 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.