

若狭湾西部海域におけるヤナギムシガレイの産卵期と成熟サイズ

山崎 淳
大木 繁



1998年5月から2002年2月までに若狭湾西部海域で小型底曳網、刺網、定置網および桁曳網により採捕された合計3,841個体のヤナギムシガレイを調査に供した。雌の成熟段階を肉眼観察法により5つのステージ、雄のそれを成熟度指数から4つのステージに区分けし、雌雄各成熟ステージの月別の出現頻度を調べた。その結果、当海域の本種の産卵期は1~2月頃、その盛期は1月下旬から2月中旬頃と推察された。

成熟個体は雌雄とも体長115 mmから出現した。雌雄の体長と成熟率との関係をlogistic曲線式で求めた結果、50%の個体が成熟する体長は雌が137 mm、雄が129 mmと推定された。

若狭湾西部海域ではヤナギムシガレイ *Tanakius kitaharai* は主として底曳網漁業で利用されており、当漁業の秋漁期の主要な漁獲対象資源となっている。本海域における京都府内の底曳網漁業による本種の漁獲量は、1990年には約2tであったが、それ以降は徐々に増加しており、1998年以降は40t台で比較的安定している。しかし、漁獲物に占める若齢魚の割合は高く、現状の資源の再生産は必ずしも良好であるとはいえない(山崎ほか, 2001)。このような若齢魚の漁獲を回避するための方策として、コッドエンドの網目拡大が検討されている(山崎ほか, 2001)。一方、本海域におけるヤナギムシガレイの資源生物学的な研究は、初期生活史(南, 1983)、成長(八吹, 1984; YABUKI, 1989)および試験操業結果からみた分布(内野, 1982)などの知見があるにすぎない。本種の資源管理を推進させるためには、基本的な資源生物特性を明らかにする必要がある。そこで、本研究では若狭湾西部海域で採捕されたヤナギムシガレイの成熟に関する調査を行い、当海域における本種の産卵期および成熟サイズを検討した。

材料および方法

調査に供したヤナギムシガレイは1998年5月15日から2002年2月14日までに若狭湾西部海域で小型底曳網、刺網、定置網および桁曳網により採捕された雌1,778個体、雄2,063個体の合計3,841個体であった(Table 1)。採捕されたヤナギムシガレイは体長が測定され、雌雄別に生殖腺の成熟度が調べられた。雌の成熟度については、基本的にはアカガレイ *Hippoglossoides dubius* で適用された肉眼観察法(石田・北片, 1982)にしたがい区分した。アカガレイの肉眼観察法(石田・北片, 1982)では、成熟段階の異なる特徴的な6つのステージに区分けされ、卵巣が小さく卵

Table 1. Sampling data of *Tanakius kitaharai*

Month	Fishing gear*	Number of fish		Range of body length (mm)	
		Female	Male	Female	Male
May, 1998	B, D	90	48	90-238	104-202
Jun.	B	8	20	127-203	112-183
Jul.	B	27	37	98-179	100-168
Aug.	B	6	24	128-142	100-136
Sep.	B, D	111	99	90-228	100-188
Oct.	B, D	150	117	108-250	100-205
Nov.	B	—	12	—	101-120
Dec.	B	—	2	—	138-158
Feb., 1999	B, G	55	93	111-270	107-192
Mar.	B	29	31	92-123	100-163
Apr.	B	3	83	97-136	100-138
May	B	17	8	100-153	100-118
Jun.	B	8	62	96-200	100-155
Jul.	B	6	19	112-198	103-124
Aug.	B	124	170	98-239	100-173
Sep.	B	13	23	90-165	104-146
Oct.	B, D	197	161	93-245	101-187
Nov.	D	166	119	108-215	109-170
Dec.	D	147	38	126-198	125-192
Jan., 2000	D, G, S	153	106	120-214	118-192
Feb.	G, S	121	173	115-244	110-207
Mar.	B, S	17	18	117-210	114-173
Jan., 2001	B, G, S	93	321	94-220	100-190
Feb.	G	8	51	144-232	127-182
Jan., 2002	B, G, S	132	107	122-254	106-187
Feb.	B, G	97	121	117-271	102-186

* B: beam trawl, D: Danish seine, G: gill net, S: set net.

粒が認められない成熟段階が2つのステージに区分けされているが、ヤナギムシガレイでは両ステージの識別が困難であったため、これらのステージを併せて1つのステージとした。すなわち、本研究では卵巣は小さく淡紅色を呈しており卵粒は認められないステージ、卵巣はかなり大きくなり淡黄色を呈し外部から卵粒が容易に認められるが、透明卵は認められないステージ、卵巣はほぼ最大に達し、完

熟期の透明卵が混入するステージ、卵巣はほとんど透明卵で満たされており、腹部を軽く押すだけで透明卵が流出するステージおよび放卵が完了し卵巣が萎縮し暗紫色を呈しているステージの5段階であった。これらのステージを便宜的に未成熟 (immature)、半熟 (premature)、成熟 (mature-I)、完熟 (mature-II) および放卵 (spent) とした (Table 2)。

Table 2. Five maturity stages for the eggs development in the ovary based on macroscopic observation

Maturity stage	Macroscopic description
Immature	Oocytes invisible, ovaries small and light orange color
Premature	Opaque oocytes clearly visible, transparent oocytes invisible
Mature-I	Transparent oocytes present among opaque oocytes, ovaries almost showed maximum
Mature-II	Full with transparent oocytes in the ovary
Spent	Transparent oocytes absent in the ovary, the ovaries withers with dark purple

雄では、肉眼観察法（内野ほか，1995；山崎ほか，1999）により成熟段階の異なる特徴的なステージに区分することが困難であったことから、生殖腺重量を測定し下式により成熟度指数（*GI*）を求めた。

$$GI = GW \times 10^6 / BL^3$$

ここで、*GW* は生殖腺重量（g）、*BL* は体長（mm）である。

結果

雌雄の月別成熟度と体長別成熟度 採捕された雌の各成熟ステージの出現頻度を月別に整理し Fig. 1 に示した。半熟個体の出現は7月から認められ（3.0%），その後は時間の経過とともに出現頻度が高く推移し，12月には最も高

い83.0%を占めた。1月には44.2%に減少し，2月には0.4%と極端に低い値を示した。成熟および完熟個体は1月と2月の両月で出現した。成熟個体は1月（19.8%），完熟個体は2月（39.5%）でそれぞれの出現頻度が最も高かった。放卵個体は1～3月に出現し，2月に最も高い47.0%を占めた。未成熟個体は3月で出現頻度が84.8%，4～6月で100%を示した。その後は半熟個体とは逆に時間の経過とともに減少傾向を示した。

雄の成熟度指数（以下，*GI* と呼ぶ）を便宜的に0.5未満，0.5以上1.0未満（以下，1.0未満と呼ぶ），1.0以上1.5未満（以下，1.5未満と呼ぶ）および1.5以上の4階級に区分けし，各階級の出現頻度を月別に Fig. 2 に示した。*GI* 0.5未満の個体の出現頻度は4月で100%，3月および5～7月の各月で80%以上を占めた。*GI* 1.0未満の個体は4月

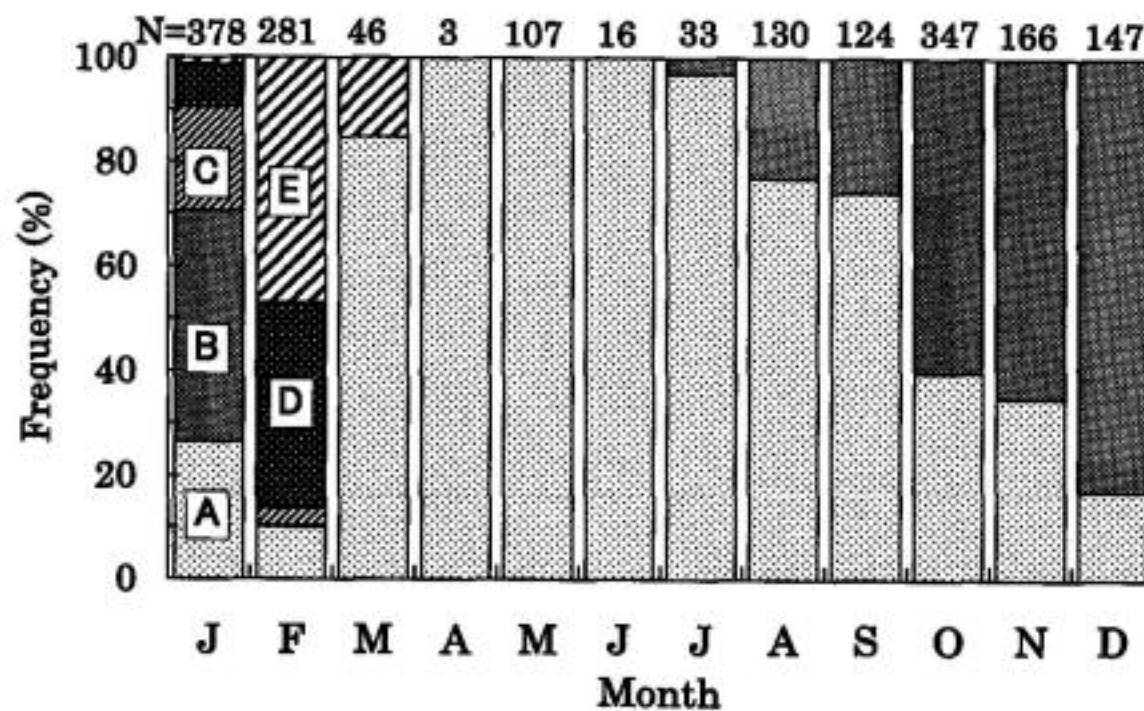


Fig. 1. Monthly changes of five maturity stages for female showing in percentage. A, B, C, D and E indicate immature, premature, mature-I, mature-II and spent stage, respectively.

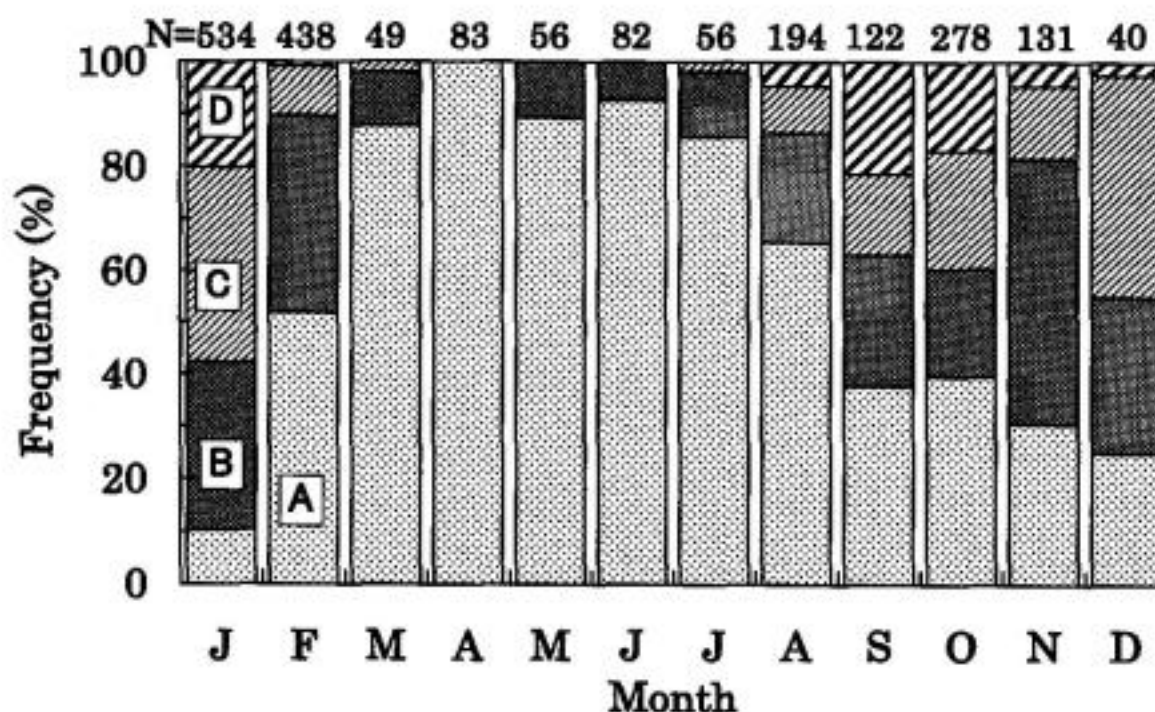


Fig. 2. Monthly changes of four groups by gonad index (*GI*) for male showing in percentage. A, B, C and D indicate $GI < 0.5$, $0.5 < GI < 1.0$, $1.0 < GI < 1.5$ and $GI \geq 1.5$, respectively.

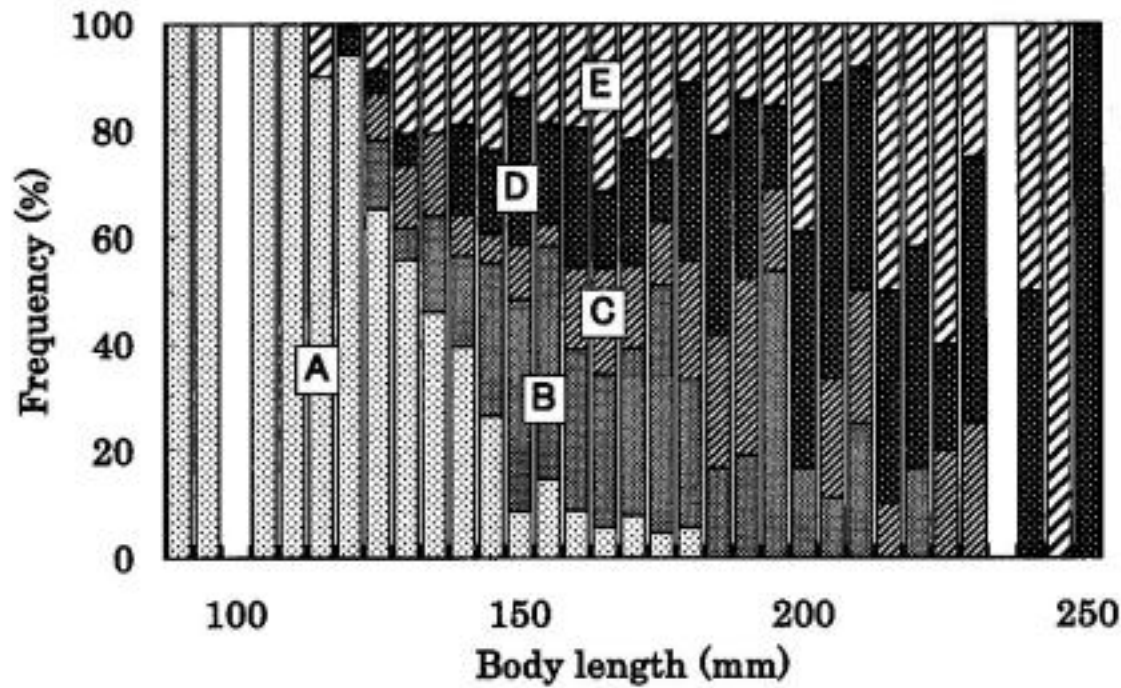


Fig. 3. Frequency occurrences of five maturity stages for female for each body length classed as 5 mm intervals during January and February. A, B, C, D and E indicate the same as in Fig. 1.

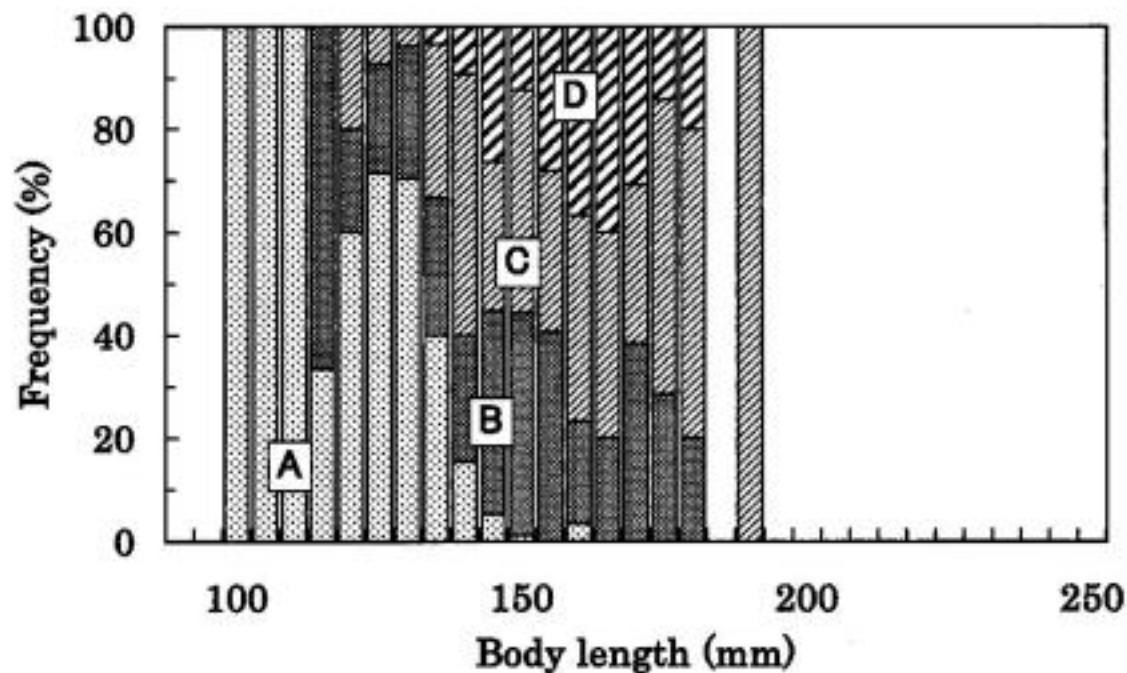


Fig. 4. Frequency occurrences of four maturity groups for male for each body length classed as 5 mm intervals during December and next January. A, B, C and D indicate the same as in Fig. 2.

を除く全ての月で出現した。この中でも1, 2月 (32.0, 37.9%) および11, 12月 (51.1, 30.0%) の出現頻度がとくに高かった。GI 1.5未満の個体は1~3月および7~12月で出現し、とくに1月 (37.5%) と12月 (42.5%) で高い値を示した。GI 1.5以上の個体は1月および8~12月で出現し、とくに1月 (20.2%) と9, 10月 (21.3, 16.9%) で出現頻度が高かった。生殖腺が十分に発達した雄では、外部から腹部を押すと精液が体外に流れ出る場合がある。このようないわゆる成熟した生殖腺を有する個体のGIは概ね0.5以上を示した。GI 0.5以上の個体の出現頻度が50%以上を占めたのは1月および9~12月であり、出現頻度は9月から1月にかけて時間の経過とともに高くなる傾向が認められた。

雌雄の体長5 mm 階級ごとの各成熟度の出現頻度をFig. 3, 4に示した。雌では成熟度の高いステージが卓越した1月および2月、雄ではGI 0.5以上のステージが卓越した12月および1月のデータを用いた。雌では体長110 mm 以下は全て未成熟個体であった。体長115 mm の階級で放卵個体 appeared。半熟, 成熟, 完熟および放卵個体の合計の出現頻度は、体長が大きくなるにしたがい高くなり、185 mm 以上で100%となった。雄では体長110 mm 以下は全てGI 0.5未満の個体であった。体長115 mm の階級でGI 0.5以上の個体 appeared。体長165 mm 以上ではGI 0.5未満の個体はみられず、全て0.5以上の個体であった。

産卵期 産卵期の検討を行うために、完熟および放卵個

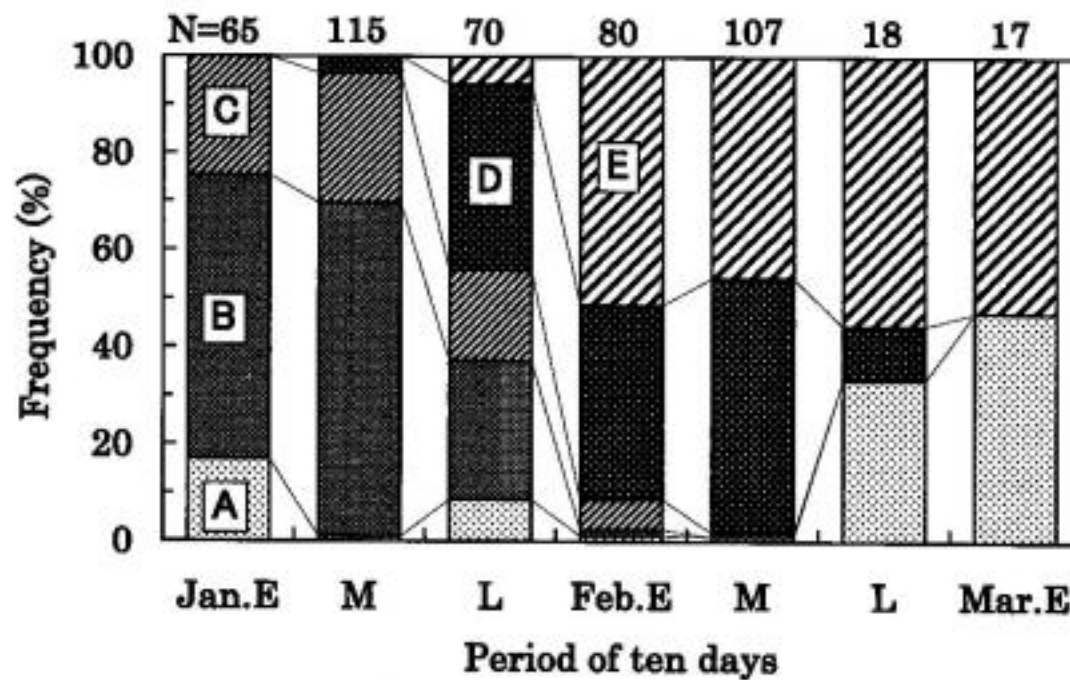


Fig. 5. Frequency occurrences of five maturity stages for female in each ten days period from January to March. A, B, C, D and E indicate the same as in Fig. 1.

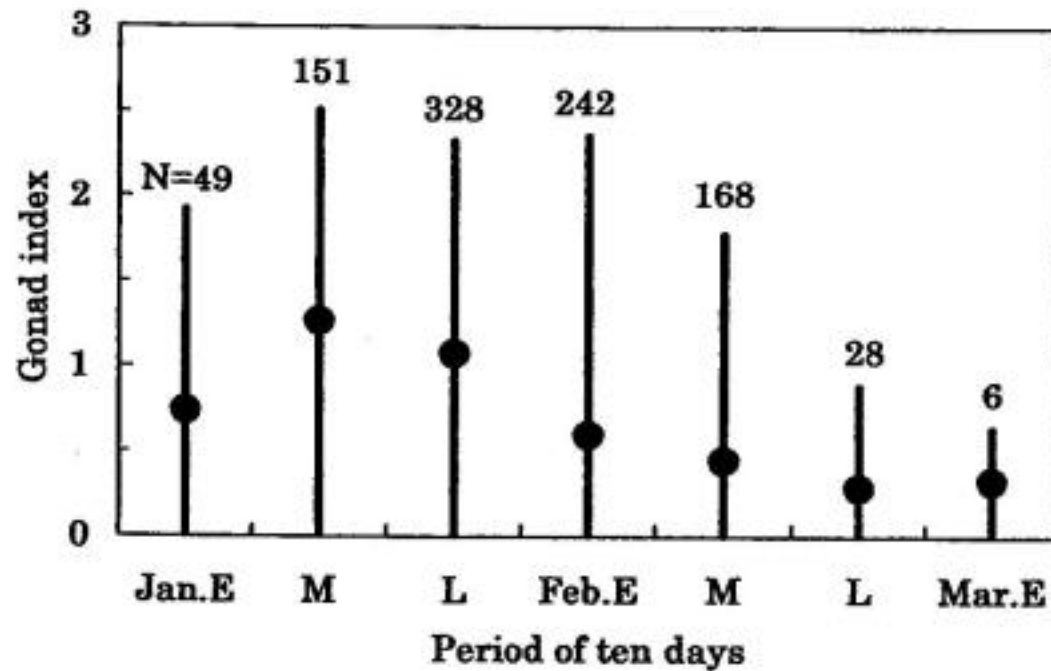


Fig. 6. Fluctuations of gonad index for male in each ten days period from January to March. Solid circles and vertical lines indicate means and ranges of gonad indexes, respectively.

体が出現した1月から3月までの旬ごとの雌の各成熟ステージの出現頻度を Fig. 5 に示した。なお、ここでは半熟、成熟、完熟および放卵個体の出現頻度が90%以上を占めた体長 150 mm 以上 (Fig. 3) の個体をデータとして用いた。完熟個体は1月中旬から出現し (3.5%), その後時間の経過とともに出現頻度は高く推移し、2月中旬に最高値 (52.4%) となり、3月上旬には全く出現しなかった。放卵個体は1月下旬から出現し (5.7%), その後は3月上旬までの各期間で50%前後の出現頻度を示した。以上のことから、若狭湾西部海域における本種の産卵は1月中旬頃から始まり、2月下旬頃まで続き、産卵盛期は1月下旬頃から2月中旬頃にかけての約1ヵ月の期間と考えられた。また、Fig. 1 では半熟個体は7月から出現し、その頻度は12月にピークを迎えるまでは増加の傾向を示し、成熟個体

が出現した1月には低下し、さらに完熟個体が出現した2月にはほとんど出現しなかった。このことから、半熟個体は産卵期に向けて徐々に生殖腺が発達し、産卵期には完熟となり産卵に加入すると推察された。

同様に雄の1月から3月までの旬ごとの平均 GI 値を Fig. 6 に示した。なお、ここでは GI 0.5以上の個体が出現した体長 115 mm 以上 (Fig. 4) の個体をデータとして用いた。平均 GI 値は1月中旬に最高値 (1.27) を示し、それ以降は低下する傾向がみられた。雌の完熟個体の出現頻度が最も高かった2月中旬には、雄の平均 GI 値は0.5を下回り0.45となった。

成熟体長 雌雄の体長と成熟率の関係を調べるために、雌では産卵活動に関与すると考えられる半熟、成熟、完熟および放卵個体、雄では GI 0.5以上の個体を成熟個体と

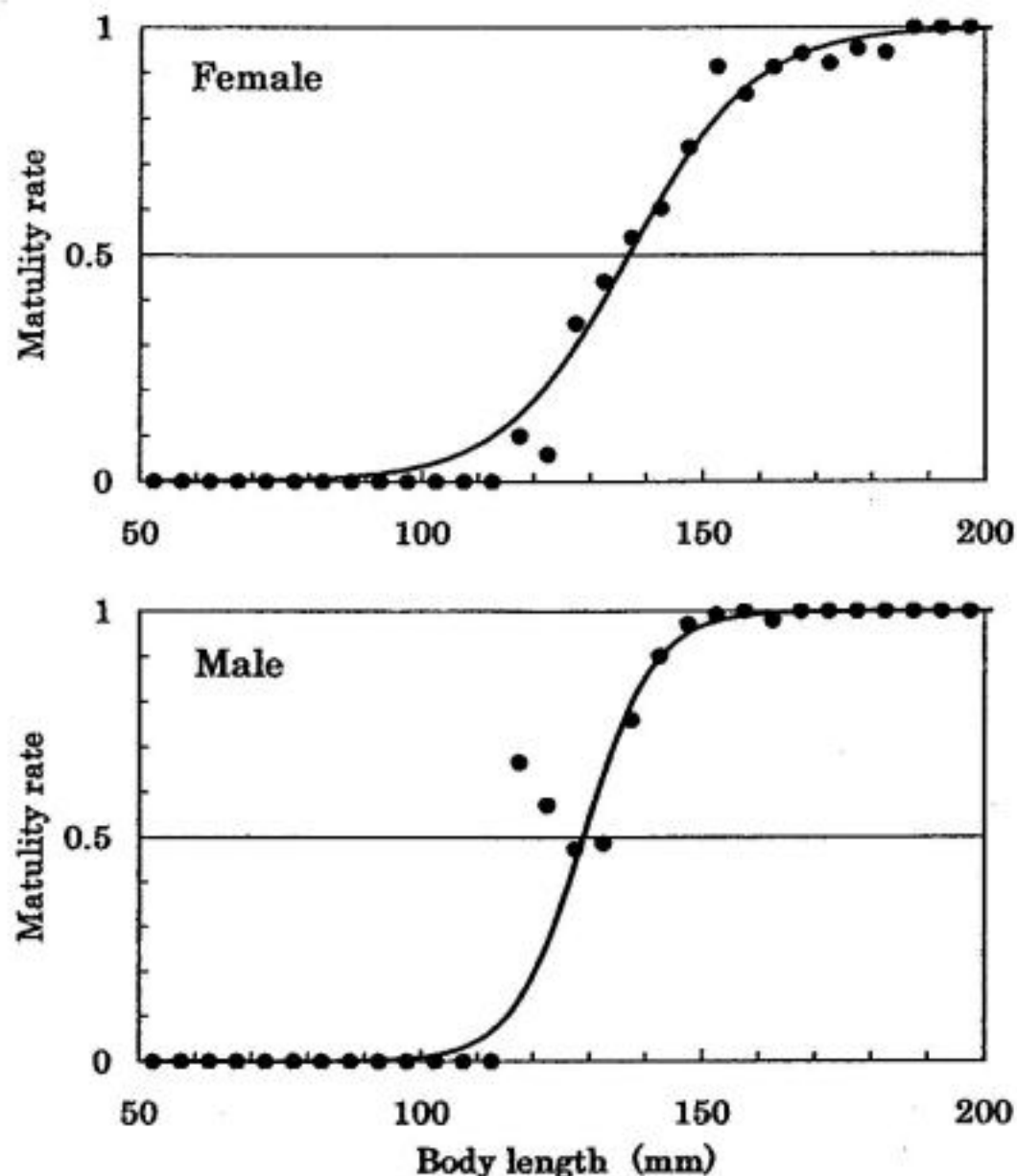


Fig. 7. Frequency occurrences of maturity rate for female and male for each body length classed as 5 mm intervals. Solid circles indicate maturity rate of the every body length. Sigmoid curves were expressed as a logistic equation. The parameters were estimated by the maximum likelihood method.

判断し、Fig. 3, 4 をもとにして体長 5 mm 階級ごとに成熟個体が全体に占める割合を求めた (Fig. 7)。雄の体長 120 mm 前後で多少の変動はみられたが、全体的な傾向としては雌雄とも体長が大きくなるにしたがい成熟率は高くなった。雌雄の体長 L と成熟率 $M(L)$ との関係を logistic 曲線に当てはめた (Fig. 7)。logistic 曲線のパラメータは、東海 (1997) にしたがってマイクロソフト社エクセルのソルバーを使用し、共役傾斜法により探索した。logistic 曲線のパラメータを Table 3 に示した。50% の個体が成熟する

体長 (以下、50% 成熟体長と呼ぶ) は雌では 137 mm, 雄では 129 mm と推定された。

考察

若狭湾西部海域におけるヤナギムシガレイの産卵期は、本種雌の肉眼観察法による成熟ステージの月別、旬別推移から 1 月から 2 月頃、その盛期は 1 月下旬から 2 月中旬頃と考えられた。南 (1983) は同海域での本種の卵稚仔魚の出現状況から、産卵期を 2 月頃の比較的短い期間と報告した。本研究で推察された産卵期は、南 (1983) の結果と一致した。日本海における本種の産卵期は、主に GI 値の月別変化から検討されており、山口県沿岸域では 10 月から 12 月 (中原, 1969), 新潟県沿岸域では 3 月頃 (大内・尾形, 1960; 植野, 1977), 北海道沿岸域では 6 月から 7 月 (山田, 1986) と報告されている。このように、ヤナギムシガレイの産卵期は北方ほど遅くなる傾向が認められる。

雄では産卵活動に加わると考えられる GI 1.0 未満の個

Table 3. Estimated parameters in logistic equation* for maturity rate of female and male

Parameter	Female	Male
a	-0.909	-1.602
b	124.387	206.638
Body length of 50% maturity rate	136.9	129.0

* $M(L) = 1 / \{1 + \exp(aL + b)\}$

体は5月から、最もGI値が高いGI 1.5以上の個体は8月からそれぞれ出現し、いずれも産卵期である2月まで連続して出現した (Fig. 2)。雄のGI値により推察される成熟期間が産卵期と比較し長期におよぶ魚種として、マコガレイ *Pleuronectes yokohamae* (正木ほか, 1987)、メイトガレイ *Pleuronichthys cornutus* (正木ほか, 1987) およびソウハチ *Cleisthenes pinetorum herzensteini* (石川水総センターほか, 1994) などの他のカレイ類があげられる。さらに、産卵期における雄の旬別平均GI値は雌の産卵盛期 (1月下旬から2月中旬) よりも早い1月中旬に最高値を示し、その後は時間の経過とともに低下した (Fig. 6)。産卵盛期前に雄のGI値が低下する魚種としてニジマス *Oncorhynchus mykiss* (岩井, 1971) が知られている。それによると産卵盛期前のGI値の低下は精子形成過程の質的な変化によるもので、生殖腺内の精子の充満度は産卵盛期に最高となる (岩井, 1971)。ヤナギムシガレイにおいてもニジマスと同じような精子形成過程が存在することが考えられる。また、ヤナギムシガレイおよび他のカレイ類でみられた高いGI値を示す個体の出現が長期に亘る理由は、カレイ類でもニジマスのように生殖腺重量による成熟度指数と精子の充満度あるいは放精能力は必ずしも同調しない可能性が考えられる。したがって、みかけ上は雄の成熟期間が雌に比べかなり長くなっていても、雄の産卵活動に必要な生殖腺内の精子の充満度、放精することができる期間は、雌とそれほど大きくは変わらないのかもしれない。

雌雄の体長と成熟率との関係は、体長が大きくなるにしたがい高くなる傾向が認められた (Fig. 7)。雌では体長115 mmで成熟個体がみられ、150 mmで約90%、185 mmで100%が成熟となった。雌の成熟体長については、これまでGI値と卵巣内の透明卵の有無、放卵個体の出現状況などからいくつかの報告がある (中原, 1969; 福島水試, 1975; 八吹, 1984; 新潟水試, 1987)。八吹 (1984) は若狭湾西部海域における雌の成熟個体の出現について、2歳で卵巣の発育した個体がみられ、3歳でその割合が増加し、4~5歳で約80%、6歳で100%に達することを報告した。これを満年齢時の体長で示すと、2歳が約120 mm、3歳から6歳がそれぞれ152, 167, 179 mm および190 mmとなる。新潟県沿岸域では3歳に当たる体長152 mmで90%が成熟、4歳に当たる体長177 mmで100%が成熟する (新潟水試, 1987)。山口県沿岸域では生物学的最小形が体長130 mmであり、140 mm以上ではほぼ全ての個体が成熟する (中原, 1969)。また、福島県沿岸域では2歳で産卵を行う個体がみられ、3歳で過半数が成熟、4歳で全ての個体が成熟する (福島水試, 1975)。これを体長で示すと、2歳が147 mm、3歳が186 mm および4歳が213

mmとなっている (福島水試, 1975)。本研究の結果をこれらの調査事例と比較すると、若干の違いは認められるが、同海域での八吹 (1984) および新潟県沿岸域 (新潟水試, 1987) での結果とはほぼ一致した。しかし、山口県沿岸域では全ての個体が成熟する体長が多少小さく、福島県沿岸域では逆に大きい。両海域との成熟体長の違いが何に由来するのかは、さらに検討する必要がある。

一方、雄では体長115 mmで成熟個体がみられ、150 mmではほぼ全ての個体が成熟となった (Fig. 7)。福島県沿岸域ではGI値と精液の流出状況から、2歳から産卵活動に参加し、その体長は120 mmである (福島水試, 1975)。若狭湾西部海域 (八吹, 1984) では、4歳魚のGI値が1~3歳のそれに比べ極端に高くなることから、4歳で産卵活動に参加する。その体長は164 mmとなっている。本研究の結果は福島県沿岸域の結果とはほぼ一致したが、調査海域が同じである八吹 (1984) の結果とは多少異なっていた。これは、八吹 (1984) の調査では産卵盛期のサンプルが含まれていなかったこと、さらに成熟の判断がGI値だけであり、成熟個体特有の外部刺激による精液の流出などが確認されていなかったために、4歳 (体長164 mm) 未満の成熟個体が確認できなかったと考えられる。このことから、雄の生物学的最小形は体長115 mm前後とするのが妥当と考える。

再生産を考慮した資源管理を展開する場合には、生物学的最小形よりもある年齢群、もしくは体長群でどの程度成熟した個体が存在するかという群成熟率が重要な要因となる (石田・北片, 1982)。雌雄の体長群ごとの成熟率を計算すると、体長と成熟率との関係はlogistic曲線で表わすことができた (Fig. 7)。logistic曲線のパラメータから雌雄の50%成熟体長はそれぞれ137 mm および129 mmと推定された (Table 3)。なお、ここでみられる雌雄の体長差は、雌の成長が雄を上回るために生じたものである (八吹, 1984; YABUKI, 1989)。実際の資源管理の現場においては、雌雄を判別しての対応は不可能であることから、より体長の大きい雌を対象に体長制限などの措置を講じることが有効である。さらに、本種雌の孕卵数は大型個体ほど多いことから (福島水試, 1975; 新潟水試, 1987)、上述した50%成熟体長に加え生涯の総産卵数などを考慮して管理体長を設定することが望まれる。

文 献

福島県水産試験場, 1975. 太平洋北区栽培漁業漁場資源生態調査ヤナギムシガレイ・スズキに関する調査結果報告書, 福島水試調査研究資料, 134: 1-33.

- 石田力一・北片正章. 1982. アカガレイ *Hippoglossoides dubius* (Schmidt) の雌魚の性成熟に関する研究. 東海水研報, **107**: 61-95.
- 石川県水産総合センター・福井県水産試験場・兵庫県但馬水産事務所試験研究室・鳥取県水産試験場・鳥根県水産試験場. 1994. 重要カレイ類の生態と資源管理に関する研究. 水産業関係地域重要新技術開発促進事業総合報告書, 1-118.
- 岩井 保. 1971. 魚学概論. 恒星社厚生閣, 東京: 139-150.
- 正木康昭・伊東 弘・上城義信・横松芳治・小川 浩・山口義昭・東海 正. 1987. 周防灘産マコガレイの成熟と産卵期. 日水誌, **53**(7): 1181-1190.
- 正木康昭・伊東 弘・上城義信・横松芳治・小川 浩・山口義昭・東海 正. 1987. 周防灘産メイタガレイの成熟と産卵期. 日水誌, **53**(7): 1191-1198.
- 南 卓志. 1983. ヤナギムシガレイの初期生活史. 日水誌, **49**(4): 527-532.
- 中原民男. 1969. 山口県沖合大陸棚に分布する重要底魚類の漁業生物学的特性. 山口外海水試研報, **11**: 1-70.
- 新潟県水産試験場. 1987. 広域型資源培養管理対策推進事業報告書. 31-38.
- 大内 明・尾形哲男. 1960. 北部日本海底曳禁漁区の動物分布に関する研究. 日水研年報, **6**: 157-171.
- 東海 正. 1997. MS-Excel のソルバーによる曳網の網目選択性 Logistic 式パラメータの最尤推定. 水産海洋研究, **61**: 288-298.
- 植野敏之. 1977. ヤナギムシガレイの資源と生態. 重要魚種の資源と生態. 新潟水試資料, **52-1**: 91-96.
- 内野 憲・清野清次・傍島直樹. 1982. 若狭湾経ヶ岬以西沿岸域の底生動物相. 京都海洋セ研報, **6**: 25-43.
- 内野 憲・山崎 淳・藤田真吾・戸島 孝. 1995. 京都府沖合海域のアカガレイの生態に関する研究—II. 主産卵期・成熟体長. 京都海洋セ研報, **18**: 41-45.
- 八吹圭三. 1984. 若狭湾西部海域におけるヤナギムシガレイの成長について. 京都大学修士論文, 1-45.
- YABUKI, K.. 1989. Age determination of yanagimushigarei *Tanakius kitaharai* (Pleuronectidae) from otoliths in the sea of Japan off Kyoto Prefecture. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **55**: 1331-1338.
- 山田梅芳. 1986. ヤナギムシガレイ. 東シナ海・黄海のさかな, 394-395.
- 山崎 淳・大木 繁・内野 憲・葭矢 護. 1999. 京都府沖合海域のアカガレイの生態に関する研究—IV. 産卵期の分布様式. 京都海洋セ研報, **21**: 1-7.
- 山崎 淳・大木 繁・飯塚 覚. 2001. 桁曳網試験操業によるヤナギムシガレイの網目選択性. 日水誌, **67**(6): 1082-1088.

Synopsis

Spawning Period and Maturity Size of Willowy Flounder *Tanakius kitaharai* in the Western Wakasa Bay

Atsushi YAMASAKI and Shigeru OHKI

This paper presents the spawning period and maturity size of willowy flounder *Tanakius kitaharai* in the western Wakasa Bay. A total of 1,778 females and 2,063 males used for investigations were caught by Danish seine, gill net, set net and beam trawl from May 1998 to February 2002. Based on the five maturity stages for females by the macroscopic observation and four maturity groups for males by the gonad index, both sexes were classified into each stage by month. Mature and spent stages for females were mainly observed in February, the main spawning period was estimated during late of January and middle of February.

The biological minimum size for both sexes was 115 mm in body length. The values of 50% sexual maturity size were estimated to be 137 mm in body length for female and 129 mm in body length for male, based on the parameters of logistic equation for maturity curve in each body length were estimated by the maximum likelihood method.