

飼育条件下におけるマアナゴ生殖腺の周年変化-2 生殖腺の周年変化に及ぼす年齢の影響

中村尚隆¹・瀬川 叡²・家戸敬太郎^{1,3}

Annual changes in the gonadal development of the common Japanese conger,
Conger myriaster, under rearing conditions -2
Effects of age on the annual changes of gonadal development

Naotaka NAKAMURA¹, Satoshi SEGAWA² and Keitaro KATO^{1,3}

It has been shown that the common Japanese conger, *Conger myriaster*, may spawn several times rather than once in its lifetime. However, knowledge of their spawning ecology, including the age at which they spawn, is limited. Therefore, in this experiment, we compared the annual changes in the gonadal development between the second and third year of rearing fish in order to determine how different ages of the common Japanese conger affect in gonadal development under rearing conditions. As in the second year of rearing, the GSI of both males and females in the third year of rearing reached a maximum during the summer when the water temperature was rising, and the egg diameter of the females was also maximum. However, in the third year of rearing, GSI was lower in most months than in the second year of rearing, and there were significant differences in March, May, and October. Egg diameter was significantly higher in the third year of rearing in May and June, and the maximum annual egg diameter was also higher in the third year of rearing. Although there were distinctive changes in oocyte diameter composition and oocyte maturity stage in each year of fish, it was not possible to determine whether maturity was more advanced in any of the year of fish. It is necessary to compare the two age groups by actually inducing maturation in the future.

Key words: common Japanese conger, *Conger myriaster*, gonadal development, age, annual change

¹富山実験場 (Toyama station, Aquaculture Research Institute, Kindai University, 3 Kairyu, Imizu, Toyama 933-0222 Japan)

²岩手県沿岸広域振興局水産部 (Iwate Coastal Regional Development Bureau Department of Fisheries, 6-50 Shin-machi, Kamaishi, Iwate 026-0043 Japan)

³白浜実験場 (Shirahama station, Aquaculture Research Institute, Kindai University, 3153 Shirahama, Nishimuro, Wakayama 649-2211 Japan)

飼育条件下におけるマアナゴ生殖腺の周年変化-2 生殖腺の周年変化に及ぼす年齢の影響

前報（中村ら, 2023）で我々は飼育条件下におけるマアナゴ生殖腺発達に及ぼす飼育水温の影響について検討し、20℃以下の低水温が雌雄いずれにおいてもより進んだ成熟を実現することを明らかにした。一方、マアナゴはこれまで考えられてきたように一生に一回の産卵を行うのではなく、数回の産卵を行う可能性があることが示されている（岡村ら 2000）。しかし、産卵する年齢など産卵生態についての知見は限定的である。人工的に採卵する場合には飼育条件下で最も成熟が進んだ状態のマアナゴを使うことが望ましいと考えられる。そこで本実験では、マアナゴの年齢の違いが飼育条件下での生殖腺の周年変化にどのような影響を及ぼすのかについての知見を得ることを目的として、養成2年目のマアナゴと養成3年目のマアナゴの生殖腺の周年変化を比較した。

材料および方法

実験区1 (Group 1)

瀬戸内海で捕獲されたマアナゴ稚魚を2013年4月に購入し、本学水産研究所富山実験場に収容した。前報（中村ら, 2023）と同様に1年間飼育したもの（養成2年目）を供試魚に用い、年間の飼育水温が8.5～19.5℃（平均13.9±2.9℃）の環境で飼育した。サンプリングは2014年3月から2015年3月まで前報（中村ら, 2023）と同じように行った。サンプリングした尾数、魚体重および全長をTable 1に示した。

実験区2 (Group 2)

2012年3月に瀬戸内海で捕獲されたマアナゴ稚魚を購入し、本学水産研究所富山実験場に収容した。この魚を前報（中村ら, 2023）と同様に飼育し、その後さらに1年間飼育したもの（養成3年目）を供試魚に用いた。年間の飼育水温が実験区1と同じように8.5～19.5℃（平均13.9±2.9℃）で変化する環境で飼育した。サンプリングは2014年3月から2015年3月まで実験区1と同時に行ったが、実験区2の雄に関しては2014年11月でサンプリングを終了した。サンプリングした尾数、魚体重および全長をTable 1に示した。サンプリングの頻度、尾数およびその後の処理は前報（中村ら, 2023）と同じように行った。

統計分析

本章のGSIおよび卵径のデータについて、統計解析ソフトJMP10（SAS Insutitute, 東京）を用いてStudentの*t*検定により実験区1と実験区2との間で有意差検定した。

Table 1. Number of sample fish, body weight and total length in group 1 and 2 (mean \pm SD)

		Group 1			Group 2				
Sampling month	Sex	Number of fish	Body weight (g)	Total length (cm)	Sampling month	Sex	Number of fish	Body weight (g)	Total length (cm)
March, 2014	Female	5	425 \pm 130	61.1 \pm 4.1	March, 2014	Female	7	351 \pm 123	64.3 \pm 5.4
	Male	5	123 \pm 18	42.4 \pm 1.7		Male	5	135 \pm 42	47.4 \pm 2.7
May, 2014	Female	5	479 \pm 116	64.4 \pm 6.2	May, 2014	Female	5	516 \pm 99	69.6 \pm 3.9
	Male	5	158 \pm 30	47.3 \pm 2.0		Male	4	195 \pm 47	50.1 \pm 3.0
June, 2014	Female	5	450 \pm 91	62.4 \pm 4.6	June, 2014	Female	5	563 \pm 151	69.2 \pm 5.5
	Male	5	118 \pm 23	45.6 \pm 2.9		Male	5	179 \pm 54	51.2 \pm 3.7
July, 2014	Female	5	526 \pm 151	67.2 \pm 3.7	July, 2014	Female	5	542 \pm 116	67.9 \pm 5.1
	Male	5	115 \pm 26	45.0 \pm 1.7		Male	4	187 \pm 29	51.3 \pm 2.1
August, 2014	Female	5	483 \pm 55	65.4 \pm 2.0	August, 2014	Female	5	508 \pm 69	70.6 \pm 2.2
	Male	5	116 \pm 22	44.5 \pm 1.6		Male	4	160 \pm 77	50.3 \pm 4.4
September, 2014	Female	5	421 \pm 89	63.3 \pm 2.6	September, 2014	Female	4	584 \pm 123	63.1 \pm 9.3
	Male	5	131 \pm 12	43.8 \pm 2.4		Male	5	207 \pm 19	52.7 \pm 4.1
October, 2014	Female	5	428 \pm 67	65.2 \pm 1.8	October, 2014	Female	4	573 \pm 123	68.9 \pm 1.5
	Male	5	118 \pm 36	44.5 \pm 3.6		Male	5	209 \pm 21	50.5 \pm 1.5
November, 2014	Female	5	421 \pm 74	64.2 \pm 3.4	November, 2014	Female	4	548 \pm 126	69.4 \pm 6.4
	Male	5	148 \pm 34	46.3 \pm 2.1		Male	5	215 \pm 25	51.3 \pm 0.8
December, 2014	Female	5	410 \pm 100	62.9 \pm 3.7	December, 2014	Female	5	630 \pm 170	73.3 \pm 4.0
	Male	5	140 \pm 51	45.0 \pm 4.5		Male	-	-	-
January, 2015	Female	5	357 \pm 119	64.0 \pm 4.9	January, 2015	Female	3	575 \pm 208	69.6 \pm 2.1
	Male	5	146 \pm 25	46.9 \pm 2.0		Male	-	-	-
February, 2015	Female	3	360 \pm 80	62.8 \pm 3.5	February, 2015	Female	4	614 \pm 224	73.4 \pm 8.6
	Male	5	141 \pm 33	45.9 \pm 2.6		Male	-	-	-
March, 2015	Female	5	352 \pm 78	63.8 \pm 3.4	March, 2015	Female	4	422 \pm 182	68.0 \pm 5.7
	Male	4	155 \pm 19	47.7 \pm 1.3		Male	-	-	-

結果

1) 雌

GSI

両区の水温および雌の GSI の周年変化を Fig. 1 に示した。養成 3 年目の供試魚を用いた実験区 2 では、養成 2 年目の供試魚を用いた実験区 1 と同様に 7 月までは水温の上昇とともに平均 GSI が毎月増加したものの、実験区 1 よりも低い値となり、3 月および 5 月は有意に低かった (Fig. 1)。実験区 1 では水温が 19°C 近くまで上昇した 8 月に GSI が最大 (15.2 \pm 7.6%) となったが、実験区 2 では水温が 15°C から 17°C に上昇した 7 月に GSI が最大 (8.9 \pm 2.8%) となり、8 月には低下し始めた。8 月以降も GSI は徐々に低下していき、10 月には実験区 2 の方が有意に低い値となった。実験区 2 の GSI は 11 月には一時的に増加して 5% を越えたが、12 月以降は実験区 1 と同様に 5% 未満の低い値で推移した。

飼育条件下におけるマアナゴ生殖腺の周年変化-2
 生殖腺の周年変化に及ぼす年齢の影響

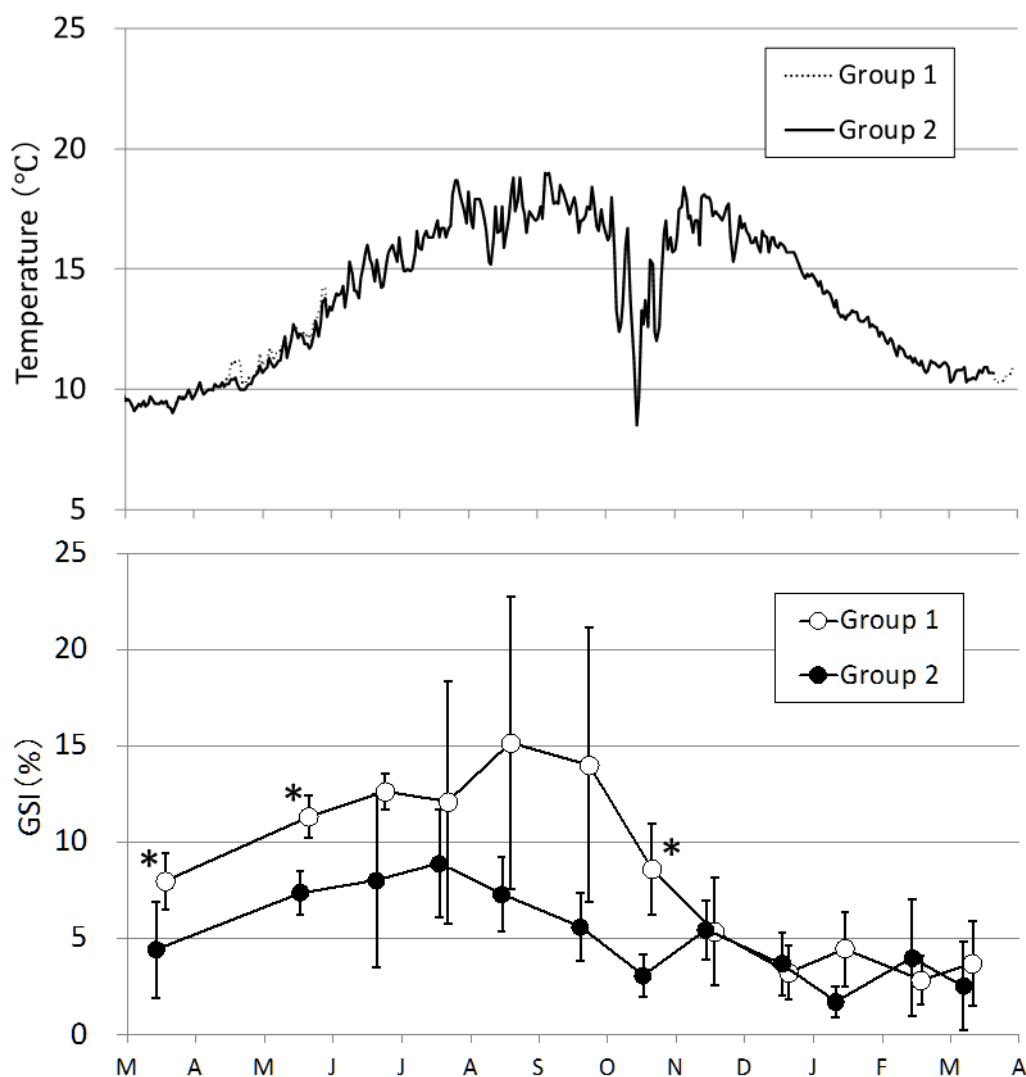


Fig. 1. Changes in water temperature and gonad-somatic index (GSI) of females in experimental group 1 and 2. Vertical error bars are standard deviations.

* Significantly different from the values of Group 2 (t-test, $P < 0.05$).

卵巣卵径

両区の水温および雌の卵径の周年変化を Fig. 2 に示した。実験区 2 の平均卵径は 3 月から 8 月まで実験区 1 よりも高く、5 月および 6 月には有意に高くなった (Fig. 2)。実験区 2 の平均卵径は 6 月に最大 ($618 \pm 64 \mu\text{m}$) となり、7 月から 10 月にかけて緩やかに低下していった。11 月には一度大きく増加したものの、12 月から 1 月にかけて再び急激に減少して年間で最も低い値 ($220 \pm 58 \mu\text{m}$) となって実験区 1 よりも有意に低い値を示し、2 月に再び急激な増加を示した。10 月以降の卵径の変化は増減を繰り返した実験区 2 に比べて実験区 1 では $350 \sim 500 \mu\text{m}$ の範囲で比較的安定していた。

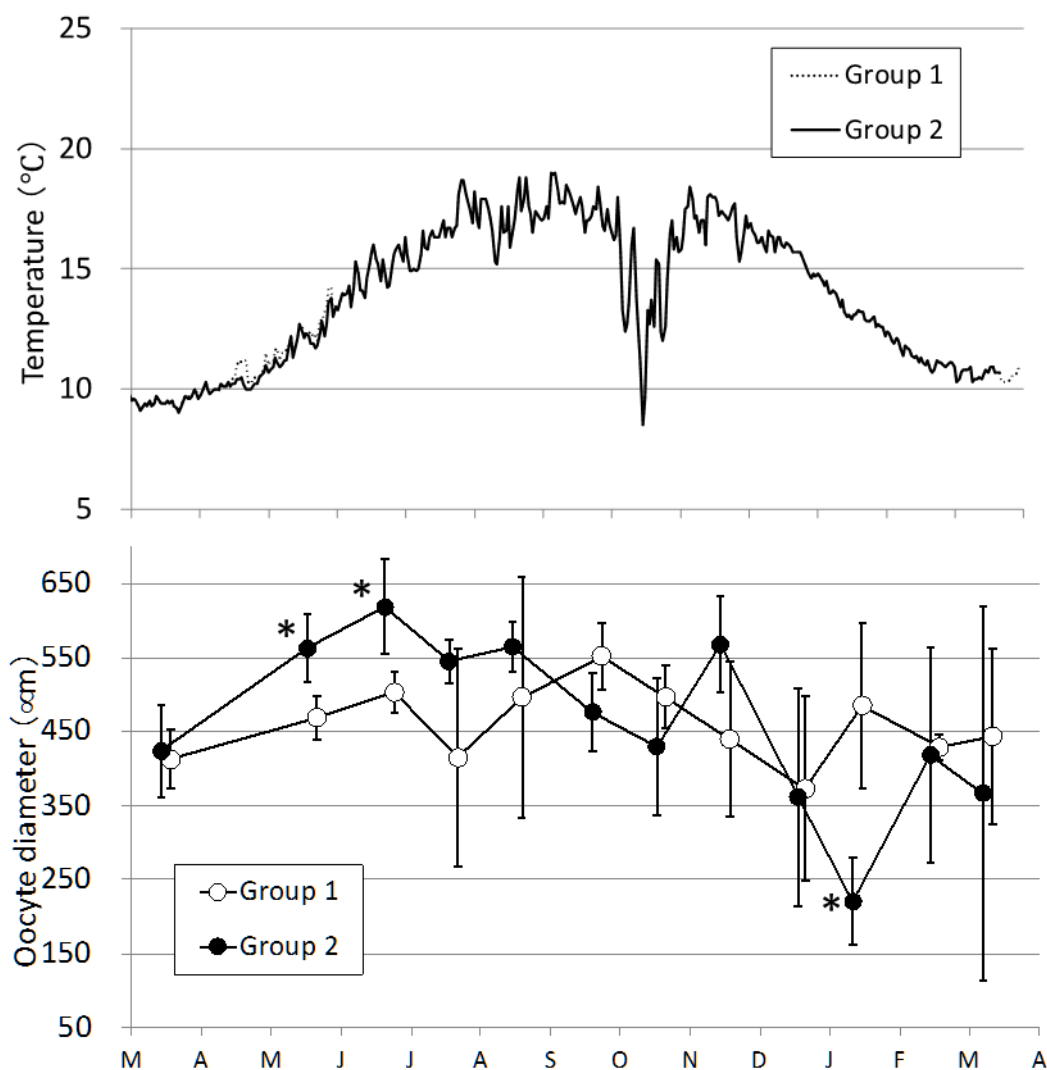


Fig. 2. Changes in water temperature and oocyte diameter in experimental group 1 and 2. Vertical error bars are standard deviations.
 * Significantly different from the values of Group 1 (*t*-test, $P < 0.05$).

卵巣卵径組成

実験区 1 および実験区 2 の月別の卵径組成を Fig. 3 および Fig. 4 にそれぞれ示した。実験区 2 の 5 月から 8 月までの卵径組成は卵径 400~700 μm の範囲内に分布が集中した一つの群が存在し、実験区 1 よりも 500 μm 以上ある卵母細胞の数が多かった(Fig. 3, 4)。7 月に実験区 1 では卵径 200 μm 以下の小さな卵母細胞の数が急激に増加したが、実験区 2 では僅かな増加となり、8 月には減少してほぼなくなった。実験区 1 の 9 月には 150~200 μm の範囲に少数の卵母細胞と 400~650 μm のやや大きなピークがみられ、実験区 2 の 9 月では 500 μm 以上ある卵母細胞の数が急激に減少し、400 μm 未満の卵母細胞の数が増加したことで、70~600 μm の広範囲となった。実験区 1 の 10 月には 200~350 μm の範囲に少数の卵母細胞と 400~550 μm のやや大きなピーク

飼育条件下におけるマアナゴ生殖腺の周年変化-2
生殖腺の周年変化に及ぼす年齢の影響

がみられ、実験区 2 では 9 月と 10 月はほとんど変化がなかった。実験区 1 では 11 月には 150～350 μm の卵母細胞が増加し、実験区 2 では卵径 500 μm 以上の卵母細胞の数が増加した。実験区 1 では 12 月に 500～600 μm の卵母細胞が減少して 200～350 μm の卵母細胞が増加し、実験区 2 では 12 月は 50～330 μm および 430～550 μm の範囲に集中した二つの群に分かれた。1 月になると実験区 1 では 11 月に似た卵径組成分布に戻ったが、実験区 2 は 50～300 μm の範囲にのみ分布した。実験区 1 では 2 月にはごく少数の 100 μm 以下の卵母細胞と 300～450 μm の範囲にピークが存在し、実験区 2 は再び 70～650 μm の広範囲に分布するようになった。実験区 1 では 3 月には 50～150 μm の小さなピークと 250～600 μm の範囲に分布する卵母細胞がみられ、実験区 2 では 60～360 μm の範囲に分布する卵母細胞の数が多かったが、一部の個体では 630～800 μm の範囲にある大きい卵母細胞を持つ個体が存在した。

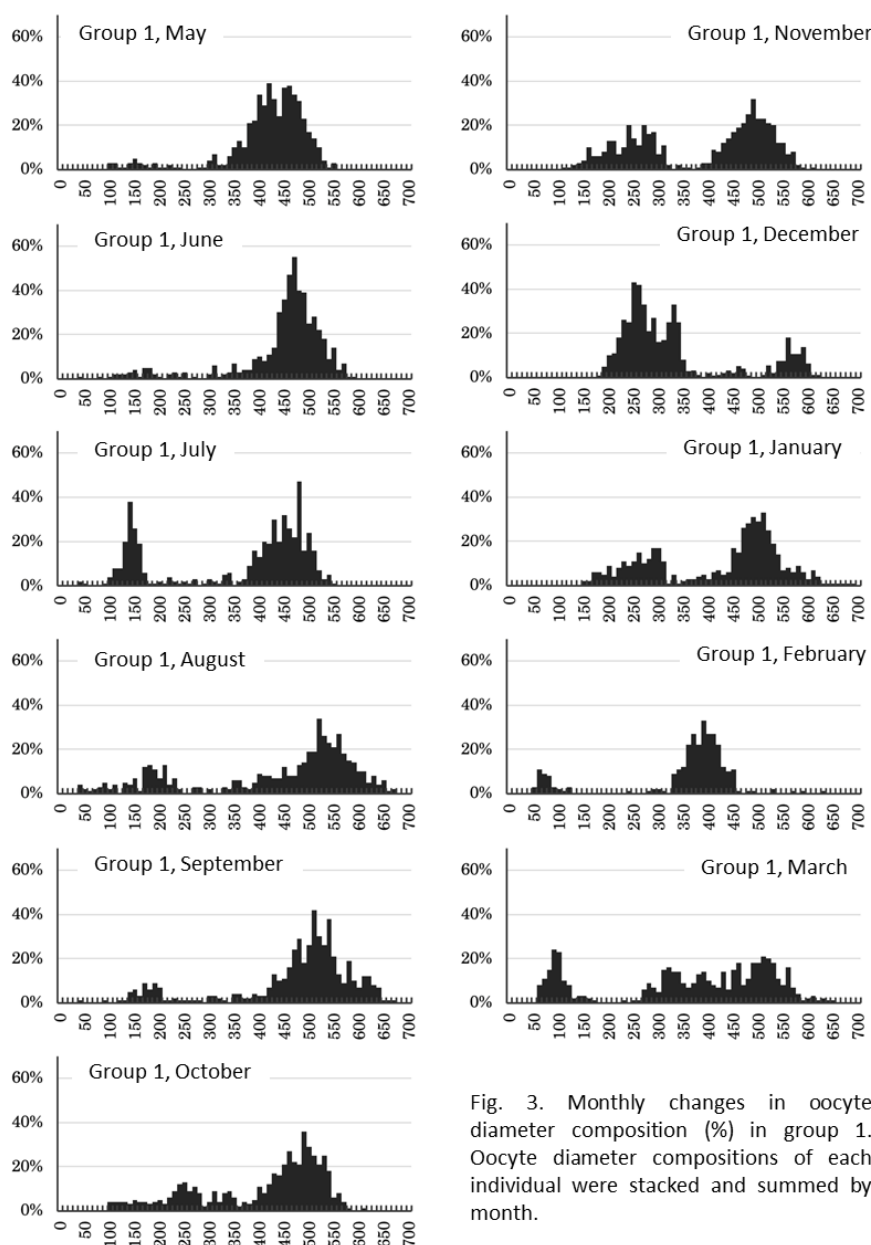


Fig. 3. Monthly changes in oocyte diameter composition (%) in group 1. Oocyte diameter compositions of each individual were stacked and summed by month.

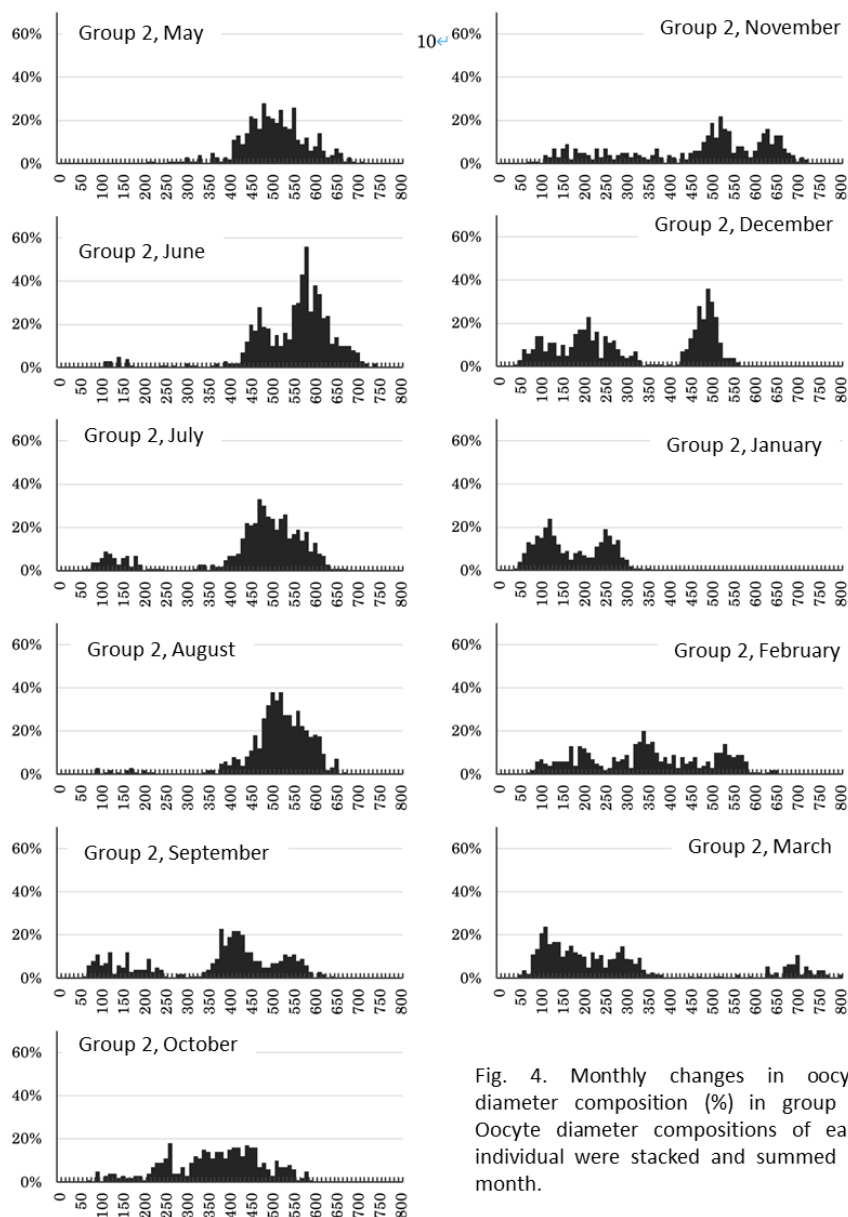


Fig. 4. Monthly changes in oocyte diameter composition (%) in group 2. Oocyte diameter compositions of each individual were stacked and summed by month.

卵成熟ステージ

両区の卵成熟ステージの周年変化を Fig. 5 に示した。実験区 2 の卵成熟ステージでは、3 月から 7 月にかけて卵黄蓄積期の個体が確認され、第一次卵黄球期から第三次卵黄球期へ進行した。6 月および 7 月には 6 個体中 5 個体が第三次卵黄球期となった。8 月に初めて退行した卵母細胞を持つ退行個体が出現するとともに、第三次卵黄球期の個体数は減少した。退行した個体は、実験区 1 では 9 月から 1 月までに 6 個体が確認され、実験区 2 では 8 月から 3 月までに 9 個体が確認された。10 月以降では、退行、油球期、第一次から第三次の卵黄球期など幅広い卵成熟ステージの個体が同時に存在する状態が実験終了の 3 月まで続いた。

飼育条件下におけるマアナゴ生殖腺の周年変化-2
 生殖腺の周年変化に及ぼす年齢の影響

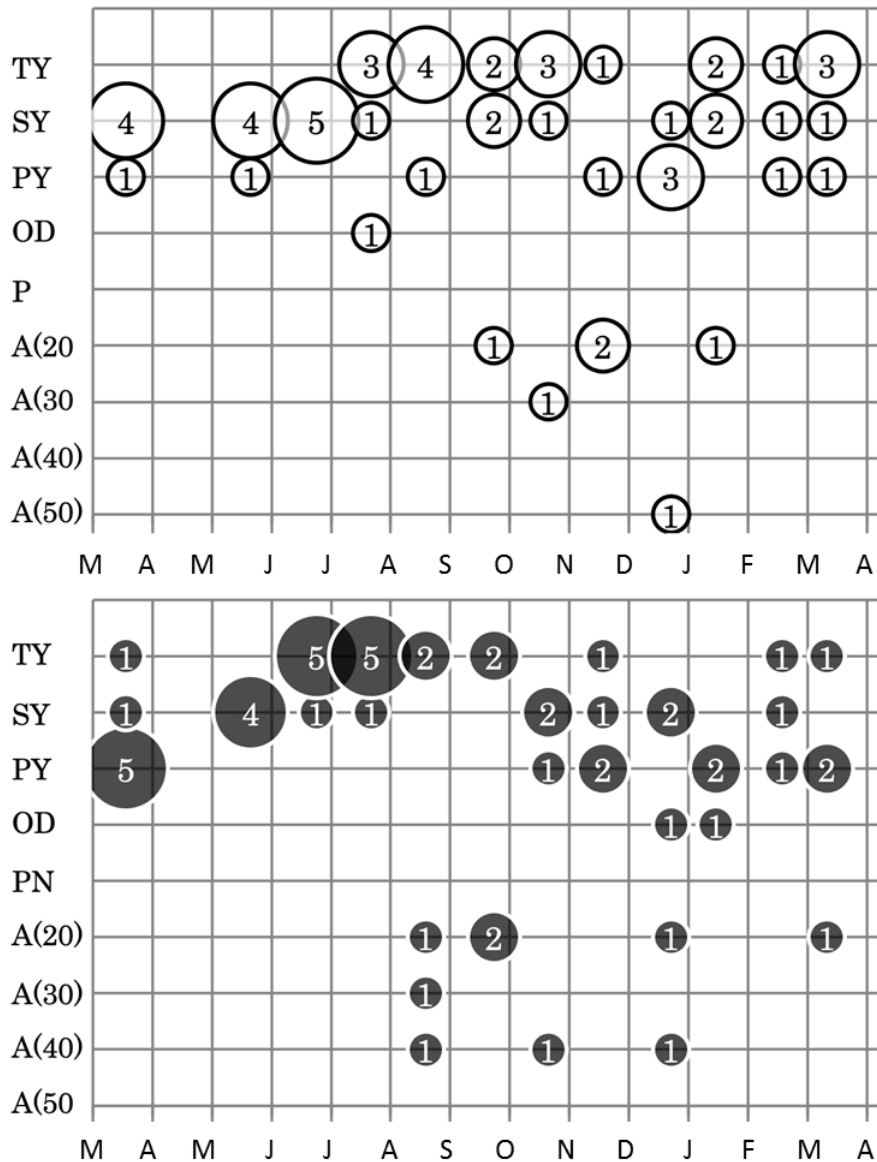


Fig. 5. Oocyte maturity stages in Group 1 and 2. ○, Group 1; ●, Group 2; TY, tertiary yolk globule stage; SY, secondary yolk globule stage; PY, primary yolk globule stage; OD, oil droplet stage; PN, peri-nucleolus stage; A(20), regression rate 20-30%; A(30), regression rate 30-40%; A(40), regression rate 40-50%; A(50), regression rate >50%.

2) 雄

両区の水温および雄の GSI の周年変化を Fig. 6 に示した。実験区 2 の GSI は実験区 1 と同様に 5 月に最大 ($3.6 \pm 2.7\%$) となり (Fig. 6)、この時排精も確認された。5 月のサンプリング時の水溫は実験区 1 が 12.1°C 、実験区 2 が 11.9°C でほぼ同じ水溫であった。6 月以降は GSI が急激に低下し、8 月に最も低くなった ($0.3 \pm 0.1\%$)。排精は、7 月には 1 尾のみが確認され、8 月にはどの個体でも排精が認められなかった。10 月には大きい標準偏差で GSI が高い値を示した。10 月

および11月においては実験区2のGSIが実験区1よりも高くなったが、それ以外の全ての月で実験区1の方が高いGSIを示した。いずれの月でも実験区間に有意差はなかった。

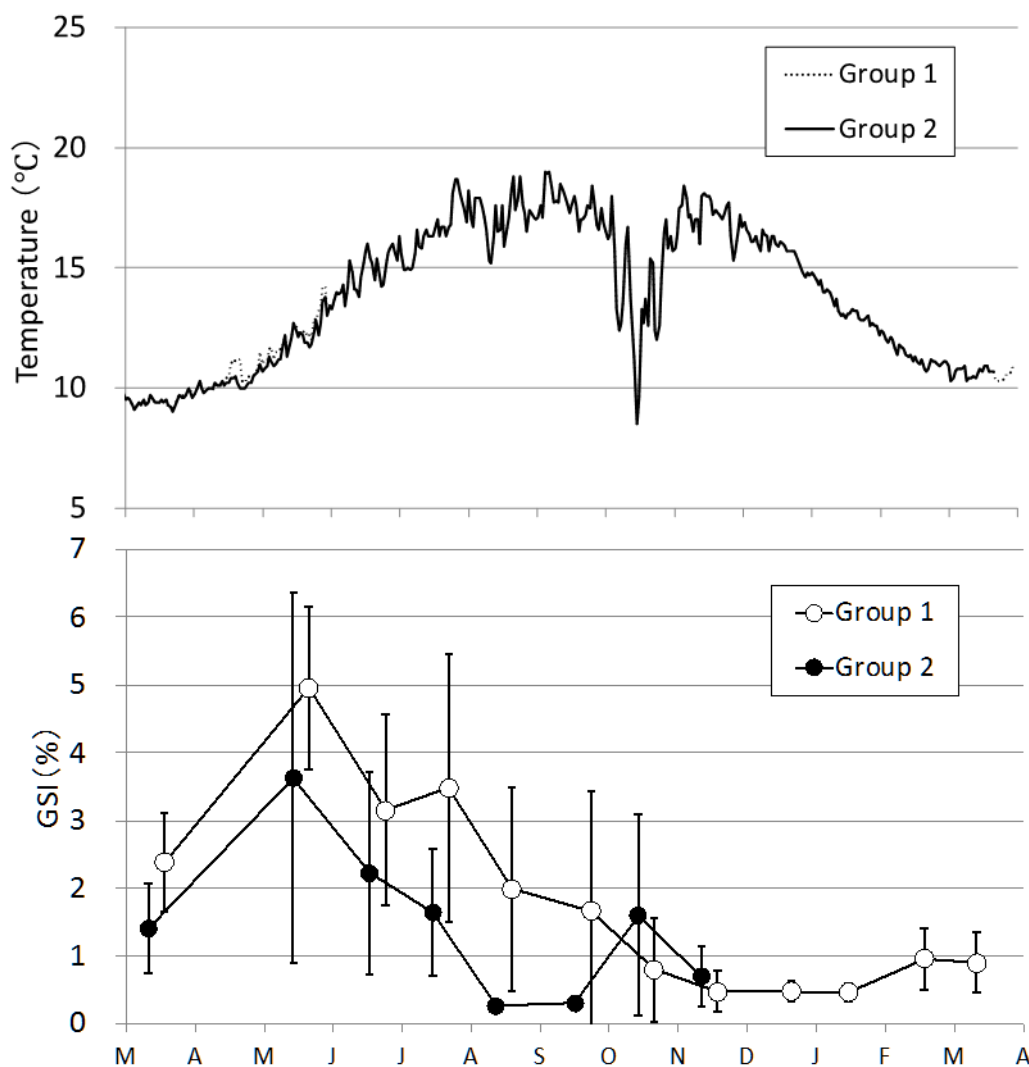


Fig. 6. Changes in water temperature and gonad-somatic index (GSI) of males in experimental group 1 and 2. Vertical error bars are standard deviations.

考察

雌については養成2年目の供試魚を用いた実験区1では3月、5月および11月において養成3年目の供試魚を用いた実験区2よりもGSIが有意に高くなった。11月まではその他の月においても有意差はなかったものの全ての月で実験区1の方が高いGSIとなった (Fig. 1)。これは本実験とは異なる時期である9月に捕獲されたマアナゴの稚魚を用いて行われた同様の実験で、雌のGSIは養成3年目よりも養成2年目の方が高い結果と一致している (Utoh et al. 2005)。このことから、GSIのみから判断すると養成2年目の魚が成熟誘導には適切と考えられる。しかしそ

飼育条件下におけるマアナゴ生殖腺の周年変化-2 生殖腺の周年変化に及ぼす年齢の影響

の一方で、卵径については5月および6月において実験区2が実験区1よりも有意に高くなり、月別の最大平均卵径も実験区2の方が大きかった。そのため、卵径だけからみると養成3年目の魚の方が成熟に適していると思えた。養成2年目のマアナゴは養成3年目のマアナゴと比較してGSIは高いが、卵径では養成3年目より小さくなった。これは養成3年目の方が養成2年目よりも大型卵を持っているが、それ以外の周辺仁期以上の卵母細胞数が養成2年目の魚よりも少ないことを示している。

卵径組成については、実験区2では実験区1よりも卵径の大きい卵母細胞を持っており、5月から8月まではばらつきが小さく個体差は小さかった。しかし、退行が確認された翌月の9月以降はばらつきが大きくなり、個体差が大きくなる傾向がみられた。実験区1でも退行を確認した翌月以降には卵径組成のばらつきが大きくなり、同様の傾向を示していた。

卵成熟ステージにおいては、実験区2では卵黄蓄積が3月から7月にかけて進行した。実験区1と同様に第三次卵黄球期の個体数が最大を示した翌月から退行した個体が出現していたことから、卵黄蓄積期後期の卵ほど退行が早いと推察された。退行した個体と卵黄蓄積期の個体が同時に数ヶ月間にわたって存在する状況は実験区1と同じであった。これは退行が同調して起こらず、退行の開始時期および完了するまでの期間に個体差があることを示唆している。つまり、水温20℃未満の環境下では、全ての個体が退行へ向かわず、卵黄蓄積期の段階が長期間継続する個体が存在するものと考えられる。実験区1および実験区2の退行開始時期はそれぞれ9月および8月とほぼ変わりはないが、実験区1では1月、実験区2では実験終了時の3月まで退行個体は確認された。本種は卵黄蓄積の進行とともにGSIが増加し、ステロイドホルモンであるエストラジオール17β(E2)およびテストステロン(T)の血中濃度の値は比較的高く維持される(Chiba et al. 2005; Utoh et al. 2005; Utoh et al. 2013)。しかし、退行初期から後期にかけてはGSIの急激な低下に伴い、E2およびTの血中濃度も急激に低下して低い値になることが報告されている。このように本種では、卵巣の発達とステロイドホルモン産生能は密接に関係していることが示唆されており、退行過程にあり生殖腺が退縮した個体は催熟に適していないと考えられる。また、本種と同様に卵黄蓄積は進行するが卵成熟が起こらないトラフグ(松山・中田 1997)およびマサバ(Shiraishi et al. 2005)では、退行過程にある卵母細胞を持つ個体にホルモン投与を行っても最終成熟は誘起されないことが報告されている。さらに近縁種のニホンウナギでは、退行過程にある4月からホルモン投与による催熟を開始した場合、最終成熟期への誘導は可能であるが、受精率および孵化率は極めて低い傾向を示す報告(Chai et al. 2010)がある。これらの報告を合わせても本種のホルモン投与による催熟では、退行過程にある個体を除くことが望ましいと考えられる。養成3年目は2年目よりも大型の卵を持っており、卵径が700 μmを超えた卵が出現した(Fig. 4)。これらの大型卵はUtoh et al. (2003)の報告から考えると第三次卵黄球期あるいは核移動期になっていると考えられる。しかし、これらの卵は組織学的観察において油球および卵黄球といった内部環境が第二次卵黄球期に類似しており、報告とは異なるものであった。また、未固定の核移動期の卵は、実体顕微鏡下では卵の縁辺部が透明になる特徴を示す(Utoh et al. 2003)が、卵径750~800 μmの卵を観察したところ全体が黒い状態であり、組織学的観察においても

核の移動は確認できなかった。ただし、Utoh et al. (2003)による報告では、第三次卵黄球期および核移動期の卵はホルモン投与によって得られたものであり、本実験のように飼育環境下で得られたものとは異なる特徴を示すことが考えられたため、異常な卵であるかは判断できなかった。以上のことから、雌に関しては養成2年目の方が養成3年目よりも養成期間が短くて済むだけでなく、GSIが高く、退行期間が短いことから催熟に用いる候補として優れていると考えられる。また、養成2年目の中でも5月および6月は、GSIおよび卵径、卵成熟ステージ、並びに卵群組成の全てにおいて個体差が小さく、成熟度が比較的高い状態で均質に進行するため、催熟に用いる魚を選抜する時期として最も適していると推察された。

養成3年目は、養成2年目と比べると退行期間の長期化およびGSIが低い傾向があり、さらには卵の大型化といった成熟の不調とみられる現象が起きた。これらは加齢による成熟への影響を疑ったが、本実験に用いた稚魚(平均全長27.4 cm)の年齢は不明であった。五利江(2019)は、瀬戸内海東部海域において本種の葉形仔魚(全長約9 cm)が2~5月頃に来遊し、その年の秋には全長約25 cmに成長することを報告している。これらの仔魚が前年に産卵期とされる6~9月(Kurogi et al. 2012)に孵化したと考えれば、約1歳と推測される。また、大阪湾では1歳で雌は全長28 cm、雄は全長27 cm(鍋島 2001)に成長することが報告されており、本実験に用いた稚魚は平均全長がこれらの報告とほぼ一致することから約1歳と推測された。そうすると、本実験の養成2年目は推定2歳で、養成3年目は推定3歳ということになる。近年の調査で、東シナ海域で捕獲された雌のマアナゴから2~5歳で第一次卵黄球期、2~4歳で第二次卵黄球期の個体が見つかっている(Kawazu et al. 2015)。本実験は飼育条件下であり単純に比較することはできないが、4~5歳の個体その後産卵へ向かう可能性は否定できないことから、養成3年目(推定約3歳)を高齢として催熟に適さないと判断することはできない。また、養成3年目の成熟の不調とみられる現象は年齢の他に、養成3年目および前年の飼育水温が深く関係している可能性も考えられた。飼育条件下における本種の卵成熟はホルモン投与(堀江ら 2001; 堀江ら 2003)または水温6°Cを長期間経験する(Utoh et al. 2013)ことで起こる。また、退行は水温20°C付近で起こる(Chiba et al. 2005; Utoh et al. 2005; 宇藤(飯田)・堀江 2011)が、退行を引き起こす正確な水温およびその期間については明らかにされていない。養成3年目の供試魚は前年から水温20°C未満で飼育していた。卵成熟は起こらず退行が起きにくい環境下で、成熟途上である卵黄蓄積期を長期間維持したことが生殖腺の発達に悪影響を及ぼした可能性が考えられる。そのため、卵黄蓄積期が進行した個体で卵成熟が起こらない場合には、水温20°C未満で退行を抑制するのではなく、退行させて成熟の進行を1度完全に停止してリセットすることが必要であることが推察された。今後、本種の退行を引き起こす詳細な条件を検討するとともに、養成2年目に退行を経験した魚を用いて、養成3年目の生殖周期を調べたうえで催熟用親魚候補としての価値を見極めることが重要である。

雄においては、急激にGSIが上昇した10月と翌月の11月を除いて全ての月で養成2年目の供試魚を用いた実験区2の方がより高いGSIを示した。GSIは5月にどちらも最大となり、養成2年目は $5.0 \pm 1.2\%$ 、養成3年目は $3.6 \pm 2.7\%$ であった。これはマアナゴ稚魚を3年間飼育した

飼育条件下におけるマアナゴ生殖腺の周年変化-2 生殖腺の周年変化に及ぼす年齢の影響

中で調査した雄の生殖周期において、平均 GSI が養成 2 年目の 5 月または 6 月に最大となった結果と一致している(Utoh et al.2004)。このことから、GSI を基準に判断すると飼育条件下のマアナゴ雄の成熟誘導には養成 2 年目の魚を用いることが適切であることが推察された。

文献

- Chai, Y., R. Tosaka, T. Abe, K. Sago, Y. Sago, E. Hatanaka, S. Ijiri and S. Adachi (2010) The relationship between the developmental stage of oocytes in various seasons and the quality of the egg obtained by artificial maturation in the feminized Japanese eel *Anguilla japonica*. *Aquaculture*, **58**, 269-278.
- Chiba, H., S. Ijiri, M. Iwata, M. Nakamura, S. Adachi and K. Yamauchi (2005) Changes in serum steroid hormones during ovarian development in the captive common Japanese conger *Conger myriaster*(brevoort).*Aquaculture*,**53**,189-198.
- 五利江重昭 (2019) 稚魚期の生態. 月刊海洋51, 21-24.
- 堀江則行・宇藤朋子・山田祥朗・岡村明浩・張 寰・三河直美・田中 悟・岡 英夫 (2001) ホルモン投与によるマアナゴの催熟と排卵誘発. 日本水産学会誌, **67**, 842-849.
- 堀江則行・山田祥朗・岡村明浩・田中 悟・宇藤朋子・三河直美・赤澤敦司・岡 英夫 (2003) マアナゴの催熟および排卵誘発のための効果的なホルモン投与方法の検討. 日本水産学会誌, **69**, 337-346.
- Kawazu, K., T. Kameda, H. Kurogi, M. Yoda, S. Ohshimo, T. Sakai, Y. Tsukamoto, N. Mochioka (2015) Biological characteristics of *Conger myriaster* during the initial stage of spawning migration in the east china sea. *Fish. Sci*,**81**,663-671.
- Kurogi, H., N. Mochioka, M. Okazaki, M. Takahashi, Miller, M. J., K. Tsukamoto, D. Ambe, S. Katayama and S. Chow (2012) Discovery of a spawning area of the common Japanese conger *Conger myriaster* along the Kyushu-Palau Ridge in the western North Pacific. *Fish. Sci*, **78**, 525-532.
- 中村尚隆・瀬川 叡・家戸敬太郎 (2023) 飼育条件下におけるマアナゴ生殖腺の周年変化-1. 生殖腺の周年変化に及ぼす飼育水温の影響. 近大水研報, 23,
- 松山倫也・中田 久・池田義弘・田中宏之・松浦修平 (1997) 各種ホルモン投与方法により誘起された養成トラフグの成熟, 排卵過程. 水産増殖, **45**, 67-73.
- 鍋島靖信 (2001) マアナゴの成長と食性. 日本水産学会誌, **67**, 113-114.
- 岡村明浩・宇藤朋子・張 寰・山田祥朗・堀江則行・三河直美・田中 悟・敬元信 堯・岡 英夫 (2000) 渥美半島太平洋岸におけるマアナゴ成熟度の季節変化. 日本水産学会誌, **66**, 412-416.
- Shiraishi, T., K. Ohta, A. Yamaguchi, M. Yoda, H. Chuda and M. Matsuyama (2005) Reproductive parameters of the chub mackerel, *Scomber japonicus*, estimated from hCG-induced final oocyte maturation and ovulation in captivity. *Fish. Sci*, **71**, 531-542.

宇藤 (飯田) 朋子・堀江則行 (2011) マアナゴの種苗生産技術に関する研究. 日本水産学会誌, **77**, 775-778.

Utoh, T., A. Okamura, Y. Yamada, S. Tanaka, N. Mikawa, A. Akazawa, N. Horie, H. Oka (2004) Reproductive cycle in reared male common Japanese conger, *Conger myriaster*. *Aquaculture*, **240**, 589-605.

Utoh, T., N. Horie, A. Okamura, N. Mikawa, Y. Yamada, S. Tanaka, H. Oka and K. Tsukamoto (2013) Water temperature manipulation can induce oocyte maturation and ovulation in the common Japanese conger, *Conger myriaster*. *Aquaculture*, **392-395**, 120-127.

Utoh, T., N. Horie, A. Okamura, Y. Yamada, S. Tanaka, N. Mikawa, A. Akazawa and H. Oka (2003) Oogenesis in the common Japanese conger *Conger myriaster*. *Fish. Sci.*, **69**, 181-188.

Utoh, T., N. Horie, N. Mikawa, A. Okamura, Y. Yamada, A. Akazawa, S. Tanaka and H. Oka (2005) Annual changes in ovarian development and plasma estradiol-17 β level in reared female common Japanese conger, *Conger myriaster*. *Fish. Sci.*, **71**, 38-47.