カマキリ *Cottus kazika* 養成親魚の卵質評価指標と 異常採卵の特徴

田原大輔,^{1*} 岩谷芳自^{2a}

(2006年10月2日受付, 2007年3月2日受理)

¹福井県立大学生物資源学部海洋生物資源学科, ²福井県内水面総合センター

Indicators for identification of egg quality and characteristics of abnormal oocytes
collected from cultured broodstocks of fourspine sculpin *Cottus kazika*

DAISUKE TAHARA^{1*} AND HOZI IWATANI²

¹Department of Marine Bioscience, Fukui Prefectural University, Obama, Fukui 917-0003, ²Fukui Inland General Center, Fukui 910-0816, Japan

The present study investigates indicators of egg quality and characteristics of abnormal oocytes collected from cultured fourspine sculpins. Stripped ova in the artificial eggs collected from cultured broodstocks of fourspine sculpin were classified into four types according to the characteristics of the egg stripping and oil droplets, and diameter of ova. These parameters of stripped eggs could be used as indicators for identification of egg quality based on an eyed-egg rate from each type of stripped eggs. A negative correlation was found between the rate of over-ripened egg with fewer than three oil droplets and the eyed-egg rate and hatching rate. This result suggests that the over-ripened egg rate may serve as an efficient and reliable indicator for estimating the eyed-egg rate and hatching rate in seed production. In abnormal collected eggs from which no fertilized eggs were obtained, stripped ovarian tissues included un-ovulated oocytes and over-ripened oocytes in ovarian follicles from both cultured wild and reared broodstocks.

キーワード：過熟卵, カマキリ, 種苗生産, 卵質

日本固有のカジカ科魚類で、降河型回遊魚であるカマキリ *Cottus kazika* は、本州の神奈川県以南の太平洋側、秋田県以南の日本海側、四国、九州で生息が確認されているが、¹⁾ その生息数が減少しているために生態調査および種苗放流が実施されてきた。^{2,3)} 福井県でアラレガコと呼ばれる本種は、九頭竜川では他地域と比較して極めて大きく成長し、産卵のために降河する11月から1月に、網戸網やエバ漁の伝統的漁法で漁獲され、九頭竜川流域の地域特産魚であった。このような地域特性により、九頭竜川のカマキリ生息域が国の天然記念物に指定され保護が図られているが、近年、本種の漁獲量は激減している。福井県ではカマキリを地域特産魚として内水面養殖の振興を図るために、1988年から種苗生産および養殖に関する技術開発が開始され各種の基礎的研究が行われてきた。⁴⁻⁸⁾

本種の種苗生産を行うには良質な親魚を確保することが重要であるが、天然魚の生息数が少ないために、人工種苗から養成した親魚（人工養成親魚）から採卵を行う必要がある。これまでに、本種の人工養成親魚の雌は0才魚から成熟するが、0才魚は抱卵数が少ないこと、さらに自然産卵でも人工採卵でもほとんどふ化仔魚を得ることができないことが報告されており、そのため、1才または2才の養成親魚が種苗生産に用いられている。⁴⁾ しかし、親魚を人工的に養成すると、卵巣が発達し腹部が膨満した雌魚（特に0才魚）のみが大量斃死するため、^{2,8,9)} 雌魚の数が減少し採卵用親魚を確保できなくなる可能性がある。このような抱卵雌魚の大量斃死は、高知県および福井県でも報告されており、カマキリの親魚養成での大きな問題となっている。高知県内水面漁業センターでは1996年から1999年にかけて人工養成親魚か

* Tel. : 81-770-52-9601. Fax : 81-770-52-6003. Email : tahara@fpu.ac.jp

^a 現所属：福井県水産課（Department of Fisheries, Fukui 910-8580, Japan）

ら人工採卵を行っているが、安定した採卵結果は得られていない。また、福井県水産試験場でも1993年から同様な検討が行われているが、孵化仔魚が得られない事例が多く、その原因として、採卵の適期を逃していることや、卵質の不良による影響が示唆されてきたが、本格的な解析は行われていなかった。一方、人工採卵に際しては採卵親魚候補の腹部を触って排卵した親魚を選び出す。この親魚鑑別作業は、採卵成績を左右する重要なものであるが、現在は経験的に行われている。そのため、鑑別者の熟練度によってその精度は著しく異なり、採卵適期を逃している場合が多い。このように、カマキリの人工採卵では、採卵の適期の判断が難しく、人工採卵成績に影響を与えていると思われる。現在、排卵した親魚から採卵しても、受精卵が全く得られない異常な採卵事例（異常採卵）が多発するが、その発生原因については解明されていない。さらに、カマキリ親魚養成技術の中で、親魚の成熟過程や排卵時期の検討などが不十分で、養成親魚からの安定した大量採卵は困難な状況にある。

本研究では、カマキリの安定した採卵技術および親魚養成技術を開発するための一環として、まず、人工採卵時の卵質を評価する基準を明らかにし、卵質と発眼率およびふ化率の関係を調べた。次に、人工採卵時に発生する異常採卵の特徴を調べた。

材料および方法

親魚養成 福井県内水面総合センターで人工種苗から養成した人工養成親魚の飼育は、0才時には地下水の流水飼育のみを通年行い、冬季に海水への移行は行わなかった。1才時には、雄魚の婚姻色の有無により雌雄判別を行い、別々の水槽に収容し飼育を行った。その後、1才時の1月に塩分濃度を2/3に調整したアレン処方人工海水（以後、2/3海水）による循環濾過飼育（換水率20%/日）に切り替えた。採卵盛期（2～3月）には、排卵が確認された雌と婚姻色が現れている雄の1才人工養成親魚を用いた人工採卵を行い、採卵後は再び元の水槽に収容した。なお、腹部の膨満がみられず人工採卵に使用しなかった個体はそのまま飼育を継続した。2才時の5月から翌年1月まで再び地下水の流水飼育を行った後、2～3月に再び人工採卵を行った。人工養成親魚にはヒラメ用配合飼料に2%ルテイン油（イロアップ25Y、理研ビタミン）および2%ビタミン剤（水産用アスパ、田辺製薬）を添加した飼料を、1日に体重の1～2%与えた。一方、夏から冬にかけて福井県内河川で捕獲し養成した天然親魚（以後、天然養成親魚と記す）の飼育は、畜養後から1月まで地下水の流水飼育を行い、1～5月まで2/3海水飼育を行い、その後再び地下水の流水飼育を行った。採卵に供した天然養成親魚は元の水槽に戻し、翌年の採卵まで飼育を継続した。天然養

成親魚にはウナギくろこ用マッシュ（くろこ養成用、日本配合飼料）を摂餌状態に応じて1日に体重の1～3%を給餌した。養成親魚の飼育水温は、10月下旬に最も高く（17.9℃）、3月中旬に最も低かった（9.7℃）。

搾出卵の卵質基準と卵質評価 種苗生産の成績向上と安定化をはかる上で有益と思われる搾出卵の卵質の評価について、発眼率が良好な卵を良質卵として卵質判定法の開発を試みた。1998年の採卵盛期に、排卵が確認された30尾の1才人工養成雌親魚から人工採卵を行い、搾出卵の性状、卵の透明度、卵内の油球の大きさと数、それらの分布状態などの外部形態を観察し、卵質の基準とした。同時に、それらの卵の発眼率を調べて、採卵成績と卵の形態との関連性を検討した。搾出卵の発眼率算出（%）は、人工授精させた受精卵をスライドガラスに着卵させ、水温を11～12℃に調整した2/3海水中で発眼させ、受精10日後に発眼卵数をスライドガラス上の全卵数で除することにより行った。なお、カマキリの人工授精は、岩谷（2003）¹⁰⁾の方法に準じて行った。人工養成親魚または天然養成親魚の雄から精巢を摘出し、精巢重量の200倍のニジマス用等調液を含むガラスビーカー内で鉗を用い裁断し、精子液を調整した。精子液の一部をスライドガラスに取り、顕微鏡下で前進運動する精子が多数観察された精子液について、前述のそれぞれの搾出卵と媒精し、受精卵を得た。

次に、搾出卵に過熟卵（卵内の油球数が3個以下）が含まれると発眼率が低くなる傾向がみられたことから、搾出卵に含まれる過熟卵の割合（過熟卵率）と発眼率およびふ化率の関係を調べた。過熟卵率は、前述と同様な方法で受精卵をスライドガラスに付着させ、顕微鏡下でスライドガラス上の過熟卵数および全卵数を計数し、過熟卵数を全卵数で除して算出した。発眼率は、前述と同様な方法で求め、ふ化率は、発眼卵数と未ふ化卵数の差をふ化仔魚数とし、全卵数で除して算出した。

異常採卵の特徴 排卵した親魚から採卵しても、受精卵が全く得られない異常採卵の発生原因を解明するため、まず、異常採卵の発生状況を調査した。次に、異常採卵で搾出された卵の卵径組成分布を調べるとともに、異常採卵と判定された親魚の卵巣の組織学的観察を行い、異常採卵の特徴を明らかにした。異常採卵の発生状況は、1999年から2003年の人工養成親魚（1～3才魚）および天然養成親魚を用いた種苗生産の採卵データから、採卵できた親魚数、良質卵が得られる採卵（正常採卵）および異常採卵の発生件数を得ることにより調べた。搾出卵の卵径組成の調査には、2001年3月16日に、異常採卵個体（全長（TL）：133 mm、体重（BW）：66.7 g）および正常採卵個体（TL：158 mm、BW：80.7 g）と判定された1才人工養成親魚を用いた。卵巣を摘出し、左右の卵巣をそれぞれ前後に4分割し、10

% 海水ホルマリン溶液中でピンセットにより一粒ずつ分散させて固定保存した。その後、万能投影機（ネオビジョン 104, 杉浦研究所）で 50 倍に拡大し、分割した卵巣各部からそれぞれ 1000 粒の卵巣卵の長径を測定した。卵巣の組織学的観察には、2002 年 4 月 8 日に、正常採卵個体（TL : 122 mm, BW : 61.8 g）および異常採卵個体（TL : 152 mm, BW : 156.4 g）と判定された 2 才人工養成親魚を用いた。腹部を圧迫し卵巣卵のごく一部を採卵し卵質を判定後、すぐに採卵を止め、採卵親魚から卵巣を摘出しプアン氏液で 24 時間固定した。固定した卵巣の中心部から、約 5 mm の厚さの卵巣断面を切出し、それぞれの卵巣の断面を観察した。卵巣の組織観察は、常法に従って 5 μ m のパラフィン切片を作製し、ヘマトキシレン・エオシン染色を施し検鏡した。

統計処理 過熟卵率と発眼率およびふ化率における、相関係数および関係式の有意検定は F 検定（相関係数： $p < 0.001$, 関係式： $p < 0.05$ ）で行った。1 才および 2

才の人工養成親魚および天然養成親魚の間での、各年度の正常採卵および異常採卵の発生割合の比較は、分散分析の多重比較検定を用いた。

結 果

搾出卵の卵質基準と卵質評価 養成親魚からの搾出卵を、タイプ I ~ IV の 4 つに分類した（Table 1）。タイプ II および III の卵は排卵済み、かつ搾出卵の卵径組成は均一であった。一方、タイプ I および IV の卵は未排卵かつ卵径組成は不均一で、小径卵の混在が認められた（Fig. 1）。搾出卵および卵内の油球の特徴は、タイプ I では 0.01~0.09 mm サイズの油球が無数に分散する不透明の卵が多く、タイプ II では 0.02~0.2 mm の大きさの油球が 4 個以上認められ、卵内に極在していた。タイプ III では、0.2~0.4 mm の大きさの油球が 1~3 個卵内に極在し、タイプ IV では 0.02~0.4 mm の大きさの油球が卵内に 1 個以上卵内に分散または極在していた。ま

Table 1 Classification of stripped ova in the artificial egg collection of fourspine sculpin

Type	Ovulation	Transparency of ovum*	Composition of ovum diameter	Oil droplets of ovum			Eyed-egg rate (%)
				Distribution	Diameter (mm)	Number	
I	No	Unclear	Uniform	Even	0.01-0.09	Uncountable	No datum
II	Yes	Clear	Uniform	Uneven	0.02-0.2	4 $\leq$	55.7 (18.7-87.0)*
III	Yes	Clear	Uniform	Uneven	0.2-0.4	1-3	0.4 (0-1.4)
IV	No	Clear or unclear	Irregular	Even or uneven	0.02-0.4	1 $\leq$	No datum

* Mean (Min.-Max.)

Oocyte or egg

Fig. 1 Photographs of different types of stripped ova from 1-year-old cultured fourspine sculpins. Arrows show small oocytes. Bars = 1 mm.

Fig. 2 Relationships between an over-ripened egg rate and eyed-egg rate (A) or hatching rate (B) in cultured fourspine sculpins.

Table 2 Appearance of abnormal stripped oocytes from female fourspine sculpins during the spawning season

Origin	Age	Number (percentage)	Year				
			1999	2000	2001	2002	2003
Cultured	1	Discharged female	193	79	276	279	215
		Type II*	39(20.2)	41(51.9)	83(30.1)	70(25.1)	107(49.8)
		Type IV**	4(2.1)	21(26.6)	24(8.7)	24(8.6)	16(7.4)
Cultured	2	Discharged female	32	72	8	—	106
		Type II	9(28.1)	34(47.2)	0(0)	—	14(13.2)
		Type IV	7(21.9)	11(15.3)	0(0)	—	4(3.8)
Cultured	3	Discharged female	—	8	—	—	—
		Type II	—	2(25)	—	—	—
		Type IV	—	2(25)	—	—	—
Wild	Unknown	Discharged female	16	33	109	42	24
		Type II	1(6.3)	1(3.0)	24(22.0)	17(40.5)	11(44.0)
		Type IV	3(18.8)	15(45.5)	11(10.1)	1(2.4)	7(28.0)

* Matured and ovulated eggs

** Abnormal and un-ovulated oocytes

た、搾出卵の透明度は、タイプⅡとⅢでは全て透明であったが、タイプⅣでは不透明および透明であった。次に、それぞれのタイプの卵質として発眼率を求めると、タイプⅡおよびⅢでは、それぞれ $55.7 \pm 20.9\%$ (平均値 $\pm$ 標準偏差) および $0.4 \pm 0.7\%$ であった。一方、タイプⅠおよびⅣは、スライドガラスに付着しないため測定することはできなかった。

人工養成親魚および天然養成親魚から採卵した搾出卵の過熟卵率と、発眼率およびふ化率との相関を Fig. 2 に示した。過熟卵率と発眼率には負の相関が認められ ($p < 0.001$)、過熟卵率とふ化率の間にも負の相関が認められた ($p < 0.001$)。

異常採卵の特徴 1999～2003 年における、正常採卵 (前項で分類したタイプⅡの卵が搾出される) または異常採卵 (前項で分類したタイプⅣの卵が搾出される) の

発生状況を Table 2 に示した、1 才人工養成親魚における正常採卵の割合 (平均値 $\pm$ 標準偏差 (最低値～最高値)) は $35.4 \pm 6.5\%$ (20.2～51.9%) であった。また、異常採卵の割合は $10.7 \pm 4.2\%$ (2.1～26.6%) であった。また、2 才魚における正常採卵および異常採卵の割合は、それぞれ $22.1 \pm 10.1\%$ (0～47.2%) および $10.3 \pm 5.1\%$ (0～21.9%) であった。一方、天然養成親魚での正常採卵の割合は $23.2 \pm 8.5\%$ (3.0～44.0%) であり、異常採卵の割合は $15.9 \pm 8.0\%$ (2.4～45.5%) であった。

正常採卵と判定された親魚から採取した卵巣の卵径組成は、卵巣前部では、卵巣基部に認められる未熟な卵母細胞群にあたる 0.6 mm 前後と完熟卵の 1.6 mm 前後にモードを有す双峰形を示し、卵巣後部のそれは完熟卵モードのみを有す単峰形を示した。一方、異常採卵の親魚の卵径組成は、卵巣の部位を問わず、0.7 mm 前後、

Fig. 3 Diameters of ova stripped from type II (mature and ovulated eggs) and IV (abnormal and un-ovulated oocytes) females. $n = 1000$.

Fig. 4 Cross sections of fixed ovaries from type II (mature and ovulated eggs) and IV (abnormal and un-ovulated oocytes) females. Arrows indicate the ovigerous lamella. Bars = 10 mm.

0.9~1.3 mm および 1.55~1.6 mm にモードを有していた (Fig. 3)。なお、いずれの親魚においても、左右の卵巢の間に卵径組成の差が認められなかったため、右側の卵巢の結果のみを示した。

正常採卵および異常採卵の親魚から摘出した卵巢の横

断面を Fig. 4 に示した。完熟卵は、正常採卵親魚の卵巢では卵巢腔内に確認できたが、異常採卵では確認できなかった。さらに、卵巢の組織学的観察から、正常採卵親魚では、完熟卵の周囲には濾胞細胞が認められないことから、完熟卵は排卵していることが確認できた (Fig. 5CD)。一方、異常採卵親魚の卵巢卵は、濾胞細胞で覆われており、未排卵であった (Fig. 5AB)。また、異常採卵親魚の卵巢薄板には退行卵母細胞が多数認められた。

考 察

卵質評価 魚類における卵質評価基準は、形態的指標として油球の大きさ、油球の分布、卵黄の色調、卵の透明化が、物理化学的指標としては比重、pH が挙げられる。例えば、ニジマスおよびアユにおける卵質の評価基準は、油球の存在形態と卵の透明化であり、油球が分散し、卵が不透明である未熟卵、油球がやや極在する成熟卵、油球が極在し、一つになる過熟卵に分けられている。¹¹⁾ 本研究では、養成カマキリ親魚からの搾出卵を、搾出時の性状および卵の形態的特徴から4つに分類した。タイプIIとIIIの搾出卵の油球数と発眼率との関係から、油球数が3個以下であった卵は発眼がほとんど見

Fig. 5 Histological observations of ovaries from type IV (A and B) and II (C and D) females. Arrows show atresia. Type II, mature and ovulated eggs; Type IV, abnormal and un-ovulated oocytes. CL, cortical layer. Bars = 1 mm.

込めなかったことから、カマキリの過熟卵の基準は油球数が3個以下とすることが適当である。これより、成熟卵が排卵しているタイプIIは発眼率が高いことから、良質卵と判断できる。また、タイプIIIは前述の形質から排卵された過熟卵と定義される。一方、未排卵のうち、タイプIは卵黄形成期の卵母細胞のみが搾出されていたが、タイプIVでは、種々の発達段階の卵黄合成期の卵母細胞と、大きな油球をもつ卵巣卵も搾出されていた。つまり、タイプIとIVでは、未排卵の卵巣組織が搾出されていたことが明らかとなった。一般に、魚類の最終成熟過程は、卵成熟能の獲得・排卵を経て、体外へ産卵される。不良搾出卵は、卵成熟能を獲得していない未熟な卵母細胞か、または卵成熟を完了した卵が卵巣腔内で過熟化した排卵後過熟卵である。そのため、人工授精に供しても、前者の場合は受精せず、後者の場合では卵質がわるく、発生不良に至る場合が多い。カマキリの排卵および過熟化のメカニズムに関する知見は全く無く、採卵のタイミングについて検討されていない。そのため、採卵のタイミングを逃した過熟卵や未熟な卵母細胞などの採卵不適卵が搾出されていると推測される。以上より、搾出卵の性状および形態的特徴を卵質基準として卵質評価を行うと、タイプIIを成熟(良質卵)、タイプIIIを過熟、タイプIを未熟と判定できる。さらに、タイプIVは、小径卵および過熟卵が混在し、かつ未排卵であることから、異常と判定するのが適当である。また、多発する異常採卵の搾出卵は、タイプIVに相当することが分かった。

卵質低下は、卵産出までの親魚の生理状態などに起因し、親魚の養成技術または採卵技術に大きく係わる問題である。カマキリ人工授精において、過熟卵率が高くなるに従って発眼率は低下し、過熟卵率が80%程度になると発眼卵はほとんど見込めなかった。さらに、過熟卵率が高くなるに伴い発眼卵からのふ化率が低くなる傾向は、天然養成親魚、1才および2才人工養成親魚のいずれでも認められた(Fig. 2)。以上のことから、本種の人工採卵時に過熟卵の割合を観察することは、そのロットの発眼率およびふ化率を推定するには有効であると考えられた。しかし、過熟卵率が低くても発眼率およびふ化率が低くなるロットも多数観察された。本実験では、卵内の油球数のみで過熟卵と判別したため、過熟卵率が低くてもふ化率および発眼率が低いロットが出現したと考えられる。このことは、本種の発眼率およびふ化率の推定には油球数を基準に算出された過熟卵率だけでは十分でないことを示唆するものである。過熟卵の混在による卵質の悪化は、マツカワの人工授精においても確認されている。¹²⁾ 排卵された雌親魚からの卵に、肉眼観察では正常に見えるが、顕鏡すると卵膜の破損や変色した部位がわずかに認められる卵が混在すると、受精率および発眼率が低くなる。キンギョでは、卵の過熟化が進むと卵膜構造が変質し、圧力や衝撃に対して弱くなることが示されている。¹³⁾ 過熟卵がどのように正常な成熟卵の受精能を低下させるのかは不明であるが、過熟卵から流出した内容物が卵巣腔の液性環境を大きく変化させること

が推測される。従って、今後、排卵された卵の過熟化の過程の詳細を明らかにし、適期に採卵する人工採卵法を開発する必要がある。

異常採卵 種苗生産において計画的採卵を行うためには、必要な採卵数を得る親魚数を知ることが重要である。そのためには1尾あたりの採卵数、発眼率およびふ化率に関する知見を充実するとともに、保有している雌親魚のうち採卵可能尾数を予測することが必要となる。異なる親魚からの正常採卵の割合は、他の親魚と比べて、1才人工養成親魚(35.4%)で高い傾向があった。一方、異常採卵の割合は、1才および2才の人工養成親魚で、それぞれ10.7%および10.3%で差が認められなかった。しかし、天然養成親魚のそれは15.9%を示し、人工養成親魚より天然養成親魚で高い傾向がみられた。一般的に天然魚からの採卵結果に影響を与える要因としては、漁獲場所から採卵場までの輸送方法や採卵までの畜養期間の長短が挙げられる。¹⁴⁾ カマキリ天然養成親魚のほとんどは、冬季の降河途中に採捕され、生殖腺が発達した状態で搬入される。そのため、河川と親魚養成施設間の飼育環境の変化や採卵までに2~3ヶ月間畜養されること等、ストレスや不適切な飼育環境により生殖障害が生じている可能性が考えられた。これまでに、養成親魚における生殖障害の発生には、産卵期の飼育環境(水温、光周期)または親魚の生理状態の悪化、または産卵期中に一時的に生じる餌条件の悪化、ストレスや汚染物質などが起因すると考えられている。¹⁵⁾ しかし、通常よりも約2倍の高密度条件で養成親魚を行っても異常採卵の発生には影響がなかったことから、¹⁶⁾ 異常採卵の発生には飼育密度ストレスよりも親魚養成のための飼育環境の不備が主な原因となっているものと推察される。

カマキリは産卵期内に1~2回産卵することから、⁴⁾ 卵巣のタイプは部分同時発達型に分類される。このタイプでは、産卵直前の卵巣は大部分の完熟卵と、卵巣基部にある発達途中の卵母細胞で占められ、異なる2つの発達段階の卵巣卵から構成される。¹⁷⁾ また、カジカ科魚類では、発達途中の卵群は卵巣背側にある卵巣基部に位置している。¹⁸⁾ そのため、正常採卵親魚の卵巣前部でみられた2つのピークのうち、0.6 mmの卵径ピークは発達途中の卵母細胞群に、1.6 mmのそれは成熟卵に相当する。一方で、異常採卵親魚の卵巣卵の卵径組成は、卵巣の部位を問わず、成熟卵のピークである1.6 mmよりも小さい卵が多数含まれていた(Fig. 3)。この小径卵の混在は、搾出卵の顕微鏡観察(Fig. 1)および卵巣の組織学的観察(Fig. 5)においても確認できた。正常および異常採卵親魚の卵巣を組織学的に比較観察した結果、異常採卵とされた親魚の卵巣内の卵母細胞は未排卵であると確認できた。これより、異常採卵とは、卵巣の異常

により卵巣内の卵発達が不均一に起こり排卵されないまま過熟化している卵巣組織が搾出される現象であることが明らかになった。

養成親魚の育成 これまでカマキリ種苗生産には自然産卵による採卵法が検討されたが、未受精卵が多くふ化仔魚が得られないことから人工授精法による種苗生産が行われている。また、天然カマキリを人工飼育する場合に、飼育環境に慣れにくく、餌付けに時間を要し、練り餌にしか餌付かない。¹⁶⁾ これらが本種の自然産卵による採卵方法の確立を困難としている原因の一部であろう。本種のように漁獲直後の天然親魚から人工採卵できない現状では、健全な採卵用親魚を確保することが重要である。そのためには、繁殖生態および繁殖特性を加味した飼育環境を整備した育成技術の開発が必要であるが、カマキリの親魚養成技術に関する知見は無い。これらの解決には、今後、卵の成熟過程および排卵(誘発)の機構、親魚の成熟と関連した栄養と物質代謝、ならびに親魚の飼育環境に関する基礎的な研究が必要である。

以上のように、搾出卵の性状、油球の数および存在様式、卵径の分布から搾出卵を分類し、発眼率を基に卵質評価を行った結果、これらの特徴が卵質評価の指標となることが分かった。また、多発する異常採卵の特徴を明らかにしたが、その発生原因については不明である。今後は、異常採卵の発生を抑制する適正な親魚養成時の飼育環境条件を明らかにすることが重要な課題である。

謝 辞

本研究を実施するにあたり、実験魚を提供していただいた福井県内水面総合センターに感謝します。また、本実験を進めるにあたり有益なご意見とご助言をいただいた岐阜大学教育学部古屋康則助教授に御礼申し上げます。そして、匿名の校閲者の方々からいただいたコメントは、本稿を改訂する上でたいへん有用でありました。これらの方々に感謝します。本研究の一部は、福井県地域貢献事業奨励研究費によって行われた。

文 献

- 1) 環境庁. 第3回自然環境保全基礎調査, 動植物分布調査報告書, 淡水魚類. 1988; 1-280.
- 2) 上野幸徳, 西山 勝, 佐伯 昭. アユカケ増養殖技術開発試験. 高知県内水面漁業センター平成8年度事業報告書, 高知. 1998; 74-93.
- 3) 宮本敦史. 希少水生生物保存対策実験事業. 三重県水産技術センター, 三重. 1997; 150-151.
- 4) 杉本剛士. カマキリ編. 「カジカ類の養殖技術」録書房, 東京, 1999; 64-86.
- 5) 杉本剛士, 根本 茂. カマキリ(アラレガコ)養殖技術開発試験. 福井県水産試験場平成6年度事業報告, 敦賀. 1995; 119-151.
- 6) 杉本剛士, 鈴木聖子, 根本 茂. カマキリ(アラレガコ)養殖技術開発試験. 福井県水産試験場平成5年度事業報

- 告書, 敦賀. 1994; 123-151.
- 7) 谷村健一, 根本 茂. カマキリ (アラレガコ) 養殖技術開発試験. 福井県水産試験場平成7年度事業報告書, 敦賀. 1996; 97-107.
- 8) 谷村健一, 根本 茂. カマキリ (アラレガコ) 養殖技術開発試験. 福井県水産試験場平成8年度事業報告書, 敦賀. 1997; 89-94.
- 9) 杉本剛士, 山田洋雄, 鈴木聖子. カマキリ (アラレガコ) 養殖技術開発試験. 福井県水産試験場平成4年度事業報告, 敦賀. 1993; 171-204.
- 10) 岩谷芳自, 井上広滋, 青海忠久, 竹井祥郎. カマキリ *Cottus kazika* 仔稚魚期の淡水耐性. 日水誌 2003; **51**: 423-428.
- 11) 酒井 清. 産出卵の卵質評価. 「10.淡水魚. 魚類の成熟と産卵—その基礎と応用」(日本水産学会編) 恒星社厚生閣, 東京, 1974; 100-112.
- 12) 萱場隆昭, 杉本 卓, 足立伸次, 山内皓平. マツカワの卵質劣化に及ぼす残留過熟卵の影響. 日水誌 2003; **69**: 414-416.
- 13) Formacion MJ, Hori R, Lam TJ. Overripening of ovulated eggs in gold fish I. Morphological changes. *Aquaculture* 1993; **114**: 155-168.
- 14) 野村 紘. 現状と問題点. 「10.淡水魚. 魚類の成熟と産卵—その基礎と応用」(日本水産学会編) 恒星社厚生閣, 東京. 1974; 7-12.
- 15) Schreck CB, Contreras-Sanchez W, Fitzpatrick MS. Effects of stress on fish reproduction, gamete quality, and progeny. *Aquaculture* 2001; **197**: 3-24.
- 16) 岩谷芳自. カマキリ *Cottus kazika* の種苗生産と養殖に関する研究 (九頭竜川の地域特産種をめざして). 博士論文, 福井県立大学, 小浜. 2006.
- 17) 高野和則. 卵巣の構造と配偶子形成. 「水族繁殖学」(隆島史夫, 羽生功編) 恒星社厚生閣, 東京. 1989; 3-34.
- 18) Koya Y, Munehara H, Takano K. Sperm storage and motility in the ovary of the marine sculpin *Alicichthys alcicornis* (Teleostei: Scorpaeniformes), with internal gametic association. *J. Exp. Zool.* 2002; **292**: 145-155.