



Title	北海道木古内湾におけるアイナメHexagrammos otakii雌の成熟
Author(s)	関河, 武史; 高橋, 豊美; 高津, 哲也 他
Citation	日本水産学会誌, 69(3), 380-386 https://doi.org/10.2331/suisan.69.380
Issue Date	2003
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/35245
Rights	本文データは学協会の許諾に基づきCiNiiから複製したものである
Type	journal article
File Information	sakurai-46.pdf



北海道木古内湾におけるアイナメ *Hexagrammos otakii* 雌の成熟関河 武史,^a 高橋 豊美,* 高津 哲也, 桜井 泰憲

(2002 年 8 月 26 日受付, 2003 年 1 月 14 日受理)

北海道大学大学院水産科学研究科

Maturation of fat greenling *Hexagrammos otakii* females in Kikonai Bay, HokkaidoTAKESHI SEKIGAWA,^a TOYOMI TAKAHASHI,*
TETSUYA TAKATSU AND YASUNORI SAKURAI

Graduate School of Fisheries Sciences, Hokkaido University, Hakodate, Hokkaido 041-8611, Japan

To clarify the maturation process of female fat greenling *Hexagrammos otakii*, histological observations were carried out on the ovaries of samples collected in Kikonai Bay, southern Hokkaido, from June 1999 to May 2000. The maturation process within the size range examined (170–460 mm in standard length) was divided into 6 phases: immature (recovery), oil droplet, yolk formation, maturation, spawning, and spent. Based on changes of the development stage and diameter of oocytes, the development form of fat greenling was thought to belong to the “group-synchronous oocyte development” type. The spawning season in this region was assumed to occur from November to January, with a peak occurring between mid-November and late December.

キーワード：アイナメ, 雌, 性成熟, 組織学

アイナメ *Hexagrammos otakii* は、日本列島、朝鮮半島南部および黄海の沿岸域に生息し、¹⁾ 沿岸漁業の重要な資源となっている。本種は、クジメ *Hexagrammos agrammus* など他のアイナメ属魚類と同様に岩礁定着性の魚種であり、²⁾ 福島県³⁾ による標識放流試験の結果でも広域移動性が乏しいことが示されている。そのため、アイナメは瀬戸内海をはじめ各地で栽培漁業の有望な対象魚種として期待されている。また、本研究で対象海域とした北海道西部の木古内湾沿岸では、沿岸漁業の重要種として一部は活魚出荷されている。このような背景のもとで、大島・中村、⁴⁾ 山本・西岡、⁵⁾ 遊佐⁶⁾ は胚発生、仔魚の形態および生活史について記載し、浜井・久新、⁷⁾ Hamai *et al.*⁸⁾ は卵・仔魚の発育や生残に及ぼす水温および光の影響を報告している。1960 年代からは種苗生産に関する報告が数多くみられ、^{2,9-14)} 種苗放流技術確立のための天然仔稚魚の分布に関する調査^{15,16)} も行われてきた。また、産卵場や生息場の造成を目的にした産卵場・産卵期などの調査^{17,18)} のほか、摂餌生態を含む生活様式、¹⁹⁻²³⁾ 産卵・保育行動、^{24,25)} 成長様式^{3,26-29)} についての報告がある。

しかしながら、未だ量産技術を確立するには至らず、また、資源管理を行う上で重要な成熟および仔稚魚の生残などの再生産過程については不明な点が多い。特にこれまで、本種の成熟や産卵に関する調査は、主に肉眼観察による成熟判定および生殖腺体指数を用いて行われているものの、^{3,17,18,28,30)} 卵巣を組織学的に調べた報告はみられない。そこで本研究では、木古内湾から得られたアイナメ雌を用いて、卵母細胞の発達過程を組織学的に観察し、卵母細胞の発達様式および生殖周期について検討した。

試料および方法

本研究に用いたアイナメ標本は、1999 年 6 月から 2000 年 5 月までの期間、北海道木古内湾において漁船による底建網、底刺網、および北海道大学附属研究調査船うしお丸によるオッタートロール網の着底曳きにより採集された。標本を生鮮状態で研究室に持ち帰り、標準体長、体重、生殖腺重量および胃内容物重量を測定した。卵巣の組織観察に供した雌は、1 年間で計 183 個体であり、産卵盛期と考えられる 11 月は 50 個体、それ

* Tel : 81-138-40-8820. Fax : 81-138-40-8822. Email : t-tkhs@fish.hokudai.ac.jp

^a 現所属：キューピー㈱ (KEWPIE Co., Ltd., Tokyo 150-0002, Japan)

以外の月は5-20個体であった。卵母細胞の組織学的観察には、卵巣をブアン液または10%中性ホルマリン溶液で固定し、通常のパラフィン法により5-12 μm の連続切片を作成した。その後、マイヤーの酸性ヘマトキシリンとエオシンの二重染色を施して光学顕微鏡で観察した。なお、予備的な卵巣組織の観察から、本種の卵母細胞の発達は卵巣内ではほぼ一様とみなせたため、切片を作成する際には卵巣の任意の部分から試料を採取した。また、卵母細胞中の卵黄粒の検出には、periodic acid-Schiff (PAS) 法を用いた。さらに、卵巣中の卵母細胞の卵径測定に基づいて、成熟・産卵に伴う卵母細胞組成の変化を調べた。これには、組織観察に供した卵巣片の

固定標本をシャーレ内で卵巣薄片を指で軽く圧迫して濾胞を取り除き、卵径0.20 mm以上の卵母細胞について卵径を測定した。アイナメの卵形成過程の区分は、山本³¹⁾のクロガレイ *Pleuronectes obscurus* および Munehara *et al.*³²⁾のスジアイナメ *Hexagrammos octogrammus* に準じて行った。

なお、生殖腺体指数 (GSI) は、胃内容物および生殖腺重量に左右されないように次式により求めた。

$$GSI = GW \times 10^2 / (BW - GW - SCW)$$

ここで GW は生殖腺重量 (g), BW は体重 (g), SCW は胃内容物重量 (g) である。

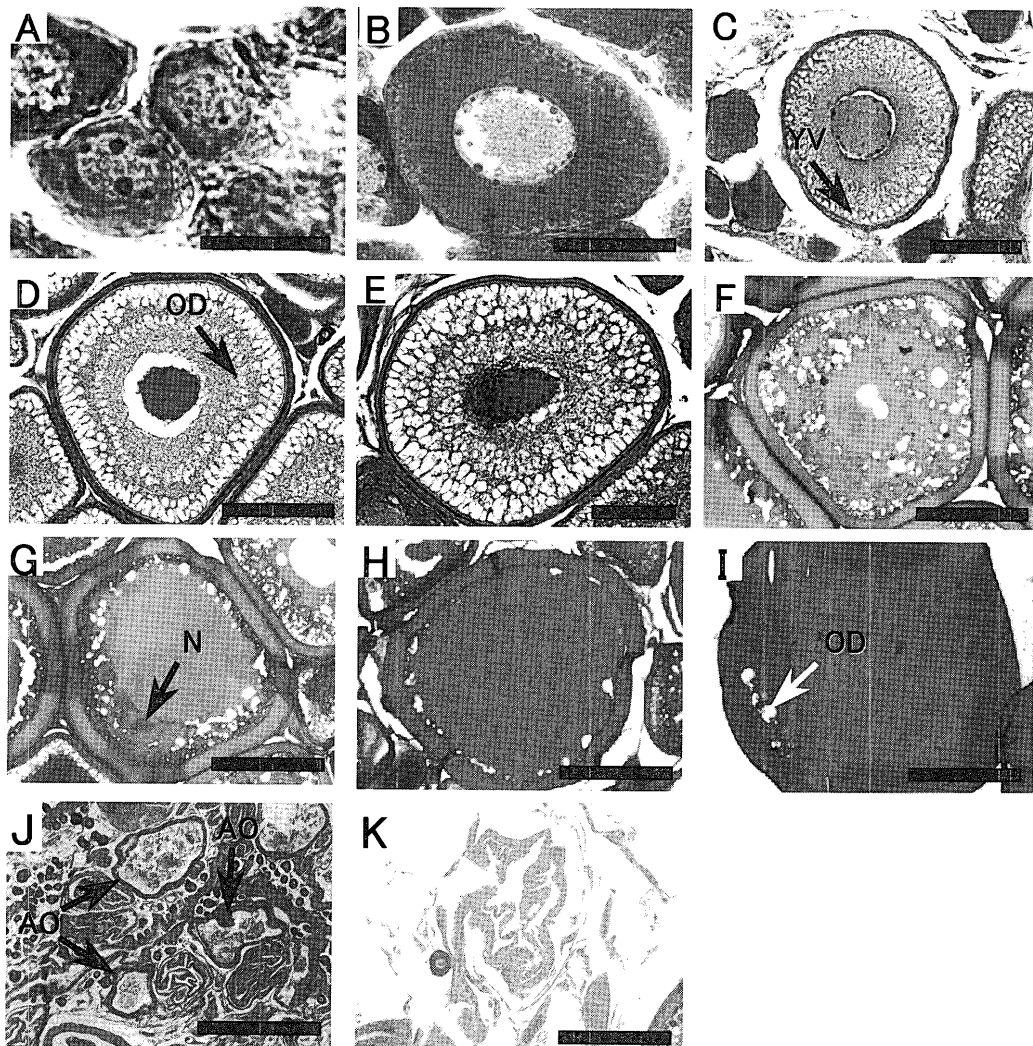


Fig. 1. Photomicrographs of sections from the ovaries of *Hexagrammos otakii*. (A) Oocyte at the chromatin nucleolus stage. Scale bar = 20 μm . (B) Oocyte at the peri-nucleolus stage. Scale bar = 50 μm . (C) Oocyte at the yolk vesicle stage. YV; yolk vesicle. Scale bar = 100 μm . (D) Oocyte at the oil droplet stage. OD; oil droplet. Scale bar = 200 μm . (E) Oocyte at the early yolk stage. Scale bar = 200 μm . (F) Oocyte at the late yolk stage. Scale bar = 500 μm . (G) Oocyte at the migratory nucleus stage. N; nucleus. Scale bar = 500 μm . (H) Oocyte at the maturation stage. Scale bar = 500 μm . (I) Ripe egg. OD; oil droplet. Scale bar = 500 μm . (J) Atretic oocyte at final maturation phase. AO; atretic oocyte. Scale bar = 200 μm . (K) Postovulatory follicle in the ovary. Scale bar = 500 μm .

結果および考察

卵母細胞の形成過程 卵母細胞の形成過程については, 同属のスジアイナメの記述³²⁾をもとに組織学的な発達段階を区別し, 形成過程の概要と各区分の卵母細胞

Table 1. Gonadosomatic index (GSI) at each maturity phase of female *Hexagrammos otakii* collected from June 1999 to May 2000

Maturity phase	Number of fish examined	GSI	
		Mean $\pm$ SD	Range
Immature (recovery) (I)	44	0.40 $\pm$ 0.16	0.15– 0.83
Oil droplet (II)	33	0.43 $\pm$ 0.16	0.24– 0.84
Yolk formation (III)	14	1.21 $\pm$ 0.76	0.65– 3.36
Maturation (IV)	21	7.53 $\pm$ 2.28	2.13–13.72
Spawning (V)	49	13.48 $\pm$ 3.56	3.73–20.95
Spent (VI)	22	1.06 $\pm$ 0.95	0.36– 4.48

の卵径範囲を示した (Fig. 1)。

染色仁期 (Fig. 1A) : 卵巣薄板中にみられる卵母細胞は, 大部分が核で占められている。卵径は 10–16 μm である。周辺仁期 (Fig. 1B) : 細胞質の体積が徐々に増加し, 細胞質はヘマトキシリンに濃染するが, 卵母細胞の成長とともに細胞質のヘマトキシリンに対する染色性は薄れる。卵径は 30–100 μm である。卵黄胞期 (Fig. 1C) : 卵径が 60–210 μm になると細胞質外縁に卵黄胞が出現する。これは通常のヘマトキシリン–エオシン染色では空胞状を呈すが, PAS 反応に陽性を示すことで卵黄胞と確認できた。また, 卵母細胞と濾胞細胞層の間に, エオシン好染性の卵膜が出現する。油球期 (Fig. 1D) : 卵径が 200–370 μm になると, 油球が核周辺部に層状に出現し, 油球環を形成する。放散線帯は肥厚する。卵黄球前期 (Fig. 1E) : 卵径が 320–510 μm くらいになると, ヘマトキシリンに濃染する卵黄顆粒が卵黄胞層と油球層の間にみられるようになる。卵黄顆粒は次第に数を増し, やがて卵黄球層となって明瞭な 3 層構造

Table 2. Summary of the stage composition in oocytes of female *Hexagrammos otakii*. + indicates ripe eggs, atretic oocytes, or postovulatory follicles were present

Date	Standard length (mm)	GSI	Maturity phase*	Number of oocytes examined	Percentage of oocytes at each stage**									
					PN	YV	OD	EY	LY	MN	M	RE	AO	PF
9 June 1999	318	0.67	I	243	94.7	5.3								
9 June	346	0.43	I	230	92.2	7.8								
12 July	282	0.50	I	110	90.0	10.0								
9 June	306	0.37	I	242	74.4	25.6								
30 Aug.	375	0.75	II	191	78.0	15.2	6.8							
30 Sep.	279	0.48	II	199	72.9	14.6	12.6							
30 Sep.	297	0.79	II	129	63.6	20.2	16.3							
30 Sep.	338	0.72	II	137	65.0	8.8	26.3							
13 Sep.	345	0.84	II	117	43.6	23.9	32.5							
30 Sep.	326	0.84	III	124	45.2	19.4	13.7	21.8						
15 Oct.	260	1.04	III	91	47.3	16.5	11.0	25.3						
15 Oct.	348	1.11	III	122	45.1	22.1	5.7	27.1						
2 Nov.	378	3.36	III	114	39.5	2.6	18.4	22.8	16.7					
2 Nov.	313	2.43	III	56	268	7.1	16.1	25.0	25.0					
29 Oct.	265	6.15	IV	88	34.1	1.1	15.9	14.8	20.5	13.6				
2 Nov.	343	8.59	IV	224	32.1		17.9	10.7	21.4	2.7	15.2			
15 Nov.	236	7.58	IV	150	44.7		12.7	19.2	6.7	0.7	16.0			
2 Nov.	312	8.22	IV	45	22.2		6.7	4.4	42.2	6.7	17.8			
2 Nov.	387	10.60	IV	91	40.7		6.6	11.0	14.3	7.7	19.8			
2 Nov.	266	15.93	V	141	40.4		5.7	11.3	18.4	5.0	19.1	+		+
15 Nov.	419	13.54	V	158	55.7			9.5	20.3		14.6	+	+	+
25 Nov.	248	10.38	V	32	34.4				6.3	6.3	53.1	+	+	+
18 Jan. 2000	316	0.48	VI	283	100								+	+
19 Feb.	290	0.39	VI	271	100								+	+
18 May	384	0.45	VI	205	77.1	22.9							+	+

* Numerals as in Table 1.

** PN: peri-nucleolus stage, YV: yolk vesicle stage, OD: oil droplet stage, EY: early yolk stage, LY: late yolk stage, MN: migratory nucleus stage, M: maturation stage, RE: ripe egg, AO: atretic oocyte, PF: postovulatory follicle.

を呈するようになる。卵黄球後期 (Fig. 1F)：卵黄球前期でみられた卵黄顆粒は癒合して大型化する。また、環状に観察されていた油球は、卵黄胞が存在する細胞質外縁に移動し始める。卵径は $530\text{--}710\text{ }\mu\text{m}$ になる。核移動期 (Fig. 1G)：油球が細胞質外縁に達する頃になると、核が動物極側に移動し始める。卵径は $700\text{--}1,000\text{ }\mu\text{m}$ になり、卵黄球後期から癒合を開始した卵黄球はさらに大きくなり1つの卵黄塊になる。成熟期 (Fig. 1H)：細胞質外縁に達した油球群は、より大型となって動物極側に偏在し、卵黄は完全に1個の卵黄塊をなし、卵核胞は完全に消滅している。卵径は $1,200\text{--}1,600\text{ }\mu\text{m}$ ほどになる。完熟期 (Fig. 1I)：完熟卵は卵巣腹側にある卵巣腔に排卵される。組織観察では成熟期とほとんど変わらないが、肉眼観察では卵膜近くに局在する複数の大型油球群と、卵膜外表面には透明なゼラチン状物質が確認される。卵径は $1,800\text{ }\mu\text{m}$ 前後である。

また、卵巣内にはこれらの卵母細胞の他に、卵黄胞期から卵黄形成期の卵母細胞の退行像、および排卵されないで卵巣薄板中に存在する成熟期の卵母細胞の退行像 (Fig. 1J) が観察された。成熟期の退行卵は、肉眼でも容易に卵巣外面から卵膜が黒変した状態で周年観察された。一方、産卵期中および産卵期後の卵巣薄板内には排卵後濾胞 (Fig. 1K) が多数存在する。排卵後濾胞は、排卵直後は卵巣薄板中に開口した嚢状を呈しているが、その後次第に退縮して、卵黄胞期の卵母細胞を有する経産魚では完全に消失していた。なお、これら退行卵と排卵後濾胞の有無は、卵母細胞の発達様式と産卵経過、組織学的成熟度、および経産魚と未産卵魚の判別を行うために用いた。

組織学的成熟度と卵母細胞の発達様式 アイナメ雌の組織学的成熟度と卵母細胞の発達様式は、前述した組織学的卵形成区分に基づいた卵母細胞の出現頻度から判別が可能である。卵巣内の異なる発達過程の卵母細胞のうち、最初に成熟に至って排卵される卵は、より発達の進んだ卵母細胞であることから、最も発達した卵母細胞の発達段階と、退行卵および排卵後濾胞の有無を指標として、組織学的成熟度を以下のように区分した。また、Table 1 に、各成熟度の GSI 値の平均、標準偏差および範囲を、Table 2 に各成熟度の雌について、代表的な例として3-5個体ずつの卵母細胞組成、および卵巣腔中に排卵された完熟卵、成熟期の卵母細胞の退行と排卵後濾胞の有無を示した。

(I) 未成熟期 (回復期)：未産卵魚・経産魚ともに、最も発達した卵母細胞は卵黄胞期までである。経産魚では、前回の産卵期に排卵されずに卵巣薄板内に残存した成熟期の卵母細胞の退行吸収が多数観察された。GSIの平均値は0.40であった。

(II) 油球期：最も発達した卵母細胞が油球期に発達し

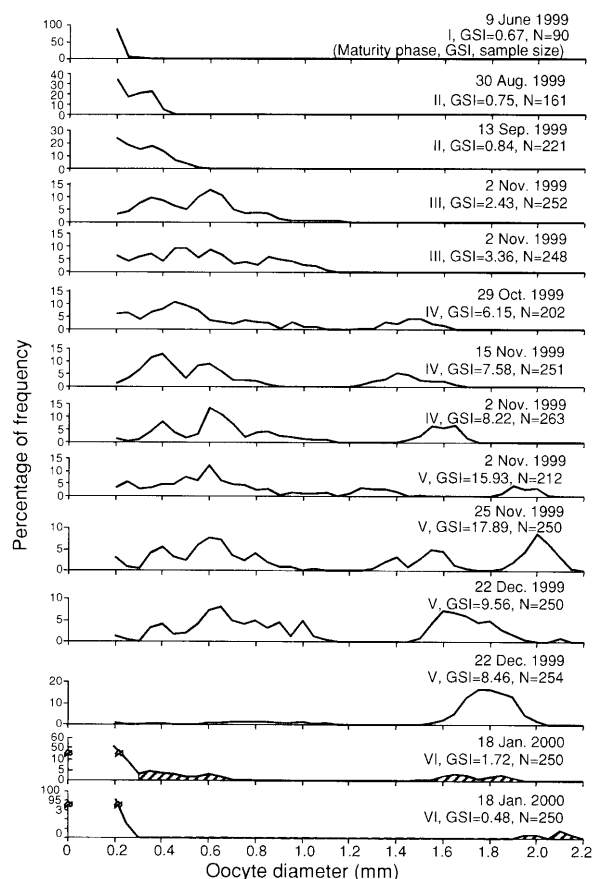


Fig. 2. Size distributions for oocytes larger than 0.20 mm at each maturity phase from the immature (or recovery) phase to the spent phase. Maturity phase I: immature (recovery); II: oil droplet; III: yolk formation; IV: maturation; V: spawning; VI: spent. Striped areas indicate atretic oocytes.

た段階で、8月から9月にかけて油球期の卵母細胞の割合が増加していた。GSIの平均値は0.43であった。

(III) 卵黄球期：最も発達した卵母細胞が卵黄球前期または卵黄球後期に発達した段階で、この時期においても卵黄胞期、油球期への移行は続いていた。GSIの平均値は1.21であった。

(IV) 成熟期：卵黄球後期の卵母細胞がさらに発達して核移動期または成熟期に達した段階である。卵黄胞期の卵母細胞は、この成熟段階で完全に消失し、卵黄球前・後期から核移動期および成熟期の卵母細胞が中心となっている (Table 2)。GSIの平均値は7.53と比較的高くなり、その範囲は2.13-13.72であった。

(V) 産卵期：完熟卵が卵巣腔中に排卵されているか、完熟卵が存在しなくても卵巣薄板内に排卵後濾胞が多数存在しており、産卵が開始された段階である。最も発達した卵母細胞は完熟期に達し、排卵後濾胞

が観察されることで成熟期(Ⅳ)とは区別できる。*GSI*の平均値は 13.48, 範囲は 3.73–20.95 であった。

- (Ⅳ) 産卵終了期：完全に産卵が終了し, 卵巣内には卵黄胞期までの卵母細胞と排卵されなかった成熟期の卵母細胞の退行像が観察される。肉眼では, 黒褐色に変色した成熟期の大型退行卵が 1 年以上卵巣内に残存することを確認した。¹²⁾ また, この成熟度の卵巣中の排卵後濾胞は, 莢膜および顆粒膜細胞が明瞭に観察されるが, その後消失することから回復期(I)と区別できる。*GSI*の平均値は 1.06 であった。

以上に示した成熟度の進行に伴う卵母細胞組成の推移などから, 本種の卵巣卵の発達様式を調べた (Table 2)。ただし, 卵巣組織標本による卵母細胞組成では, 各卵形成過程の卵母細胞の量的組成が不明なため, 卵母細胞の卵径頻度分布の成熟に伴う推移を用いた。Fig. 2 には, 成熟度の進行に伴う卵径頻度分布の変化の代表例を示した。卵黄球期(Ⅲ)までの成熟度の個体の卵母細胞組成は, 同一卵巣内に様々な発達段階の卵母細胞がみられる点では, キンギョ *Carassius auratus*,³³⁾ メダカ *Oryzias latipes*,³⁴⁾ シマガツオ *Brama japonica*,³⁵⁾ ヒラメ *Paralichthys olivaceus*³⁶⁾ などの非同時発生型の特徴に類似している (Table 1)。しかし, 成熟期(Ⅳ)から産卵期(Ⅴ)の個体の卵巣中では, 卵黄胞期の卵母細胞が消失するこ

とと, 油球期の卵母細胞の比率が低下している (Table 2)。この傾向は, 卵径頻度分布でも顕著に表れており, 油球期に相当する卵径 0.2–0.3 mm 前後の卵母細胞の割合が急激に低下している (Fig. 2)。この卵母細胞の発達様式は, 近縁のスジアイナメと類似している。³⁷⁾ また, 成熟期と産卵期にある個体の卵巣中には, 成熟・産卵の進行に伴う卵黄球前・後期から成熟期への卵の移行と, 産卵による発達途上の卵母細胞の減少が認められた。

Wallace and Selman³⁸⁾ および高野³⁹⁾ の分類方法に従えば, アイナメの卵巣卵の発達様式は, 卵黄形成途上では非同時型の発達様式を示すものの, 産卵時には発達途上の卵母細胞群が周辺仁期の卵母細胞群と分離することから, 部分同時発生型に属すると判断された。この発達様式は, 近縁のスジアイナメ³⁷⁾のほか, クロガレイ,³¹⁾ ニジマス *Salmo gairdnerii*,⁴⁰⁾ スケトウダラ *Theragra chalcogramma*⁴¹⁾ など知られている。しかし, 産卵が始まっても卵黄形成途上の卵母細胞が存在すること, 産卵後には発達途上の卵母細胞と成熟期の卵母細胞の退行する点は, 近縁のスジアイナメの知見³⁷⁾と同じであった。スジアイナメ同様に, アイナメも同一産卵期中に複数回産卵し, 産卵後には卵巣中に残存する発達途上の卵母細胞は退行吸収されと考えられた。

Table 3. Frequency occurrence of each maturity phase in oocytes of female *Hexagrammos otakii*

Date	Number of fish examined	Maturity phase* (%)					
		I	II	III	IV	V	VI
7 June 1999	1	100					
9 June	8	100					
10 June	3	100					
12 July	8	37.5	62.5				
28 July	11	36.4	63.6				
9 Aug.	11	18.2	81.8				
30 Aug.	5		100				
13 Sep.	6		66.7	33.3			
30 Sep.	8		37.5	62.5			
15 Oct.	4			100			
29 Oct.	1				100		
2 Nov.	18			11.1	22.2	66.7	
10 Nov.	5				80.0	20.0	
11 Nov.	2				100		
15 Nov.	10				30.0	70.0	
25 Nov.	15				26.7	73.3	
10 Dec.	7				28.6	71.4	
22 Dec.	12			8.3	8.3	75.0	8.3
18 Jan. 2000	20					20.0	80.0
19 Feb.	5	20.0					80.0
24 Apr.	8	100					
18 May	15	100					

* I: immature (recovery) phase, II: oil droplet phase, III: yolk formation phase, IV: maturation phase, V: spawning phase, VI: spent phase.

雌の生殖周期 前述の成熟度をもとに、北海道木古内湾における本種の生殖周期を求めた。各採集日における成熟度毎の出現個体数組成を示した (Table 3)。6月10日までは、未成熟期(I)の個体のみ出現したが、7月12日に油球期(II)のものがみられ、8月30日以降はすべて油球期以上に発達していた。卵黄球期(III)の成熟度の個体は、9月から徐々に増加し、10月29日の1個体は成熟期(IV)であった。その後11月2日から12月10日まで、11月2日の卵黄球期の2個体 (出現個体数組成: 11.1%)を除いて、すべての個体が成熟期(IV)または産卵期(V)にあった。12月22日には12個体中1個体 (8.3%)、1月18日には20個体中16個体 (80.0%)、2月19日は5個体中4個体 (80%) が産卵終了期(VI)にあり (1個体は未成熟期(I))、4月にはすべての個体が未成熟期(I)にあった。

以上の結果より、当海域におけるアイナメ雌は、7-8月に卵母細胞が発達を開始し、9-10月には卵黄形成が進行し、11月から1月に産卵すると推定された。また、産卵中である完熟期の雌個体の割合から、産卵盛期は11月中旬から12月下旬の期間と推察された。

謝 辞

本報告を取り纏めるに当たり、種々有益な御助言を賜った北海道大学大学院水産科学研究科原 彰彦教授、同中谷敏邦助教授、北海道大学北方生物圏フィールド科学センター教官 J. R. Bower 博士に感謝の意を表します。また、標本採集に多大な御援助を頂いた木古内湾漁場利用協議会の皆様に厚くお礼申し上げます。

文 献

- 中坊徹次. アイナメ科. 「日本産魚類検索」(中坊徹次編) 東海大学出版会, 東京. 2000; 624-625.
- 福原 修. 広島湾で採集されたアイナメ科魚類の自然産出卵について. 水産増殖 1973; **19**: 241-246.
- 福島県. アイナメ. 昭和 47 年・48 年度太平洋北区栽培漁業漁場資源生態調査 選択魚種 (アイナメ・メバル・キツネメバル) に関する調査結果報告書 1974; 11-24.
- 大島泰雄, 中村中六. アイナメ (*Hexagrammos otakii* JORDAN et STARKS) の生活史に就いて. 水産学会報 1944; **9**: 81-89.
- 山本護太郎, 西岡丑三. アイナメの産卵習性並びに発生経過. 生物 1948; **3**: 167-170.
- 遊佐多津雄. 主要魚類の発生について. アイナメの発生. 東北水研底魚情報 1960; **26**: 76-80.
- 浜井生三, 久新健一郎. アイナメ (*Hexagrammos otakii* JORDAN et STARKS) の卵・仔魚期における形態変異と死亡に及ぼす温度の影響について. 北大水産彙報 1966; **17**: 1-32.
- Hamai I, Kyushin K, Kinoshita T. Influence of light on survival, growth and morphological changes in the early larval stage of *Hexagrammos otakii* JORDAN et STARKS. *Res. Popul. Ecol.* 1972; **13**: 170-186.
- 片嶋一男, 浜口 章, 竹田文弥, 山内幸児. アイナメ *Hexagrammos otakii* (J et S) 孵化稚仔の飼育について. 昭和 38 年度兵庫水試事報 (別冊) 1965; 11-18.
- 丹下勝義, 竹田文弥. アイナメのふ化飼育実験. 昭和 43 年度兵庫水試事報 1969; 123-127.
- 丹下勝義, 竹田文弥. アイナメ受精卵の管理水温について. 兵庫水試研報 1971; **10**: 43-45.
- 松永 繁, 山崎哲男, 梶田拓治. アイナメの採卵と仔魚飼育について. 栽培技研 1974; **3**: 61-69.
- 和田 功. アイナメ仔魚の飼育について. 昭和 50 年度岡山水試事報 1976a; 325-331.
- 和田 功. Net plankton によるアイナメ仔魚の飼育について. 昭和 51 年度岡山水試事報 1976b; 113-116.
- 堀木信男, 紀伊水道およびその周辺海域におけるアイナメ稚仔魚の分布生態について. 水産増殖 1979; **26**: 170-177.
- 秋元義正. 外海における浮遊期のアイナメ稚魚の生態. 福島水試研報 1991; **7**: 119-129.
- 安家重材, 福田富男, 和田 功, 篠原基之. 牛窓地区でのアイナメの産卵について. 昭和 51 年度岡山水試事報 1976; 105-112.
- 安家重材, 福田富男, 篠原基之. 牛窓地区でのアイナメの産卵について—II—. 昭和 52 年度岡山水試事報 1977; 93-99.
- 金本自由生. アイナメ科魚類の生態 I. クジメとアイナメのすみ場と行動. 日生態会誌 1976a; **26**: 1-12.
- 金本自由生. アイナメ科魚類の生態 II. アイナメ科魚類の分布. 日本水産学会東北支部会報 1976b; **26**: 48-53.
- 金本自由生. アイナメ科魚類の生態 III. 磯魚類の生活様式とクジメ・アイナメの地位. 日生態会誌 1977; **27**: 215-226.
- 金本自由生. アイナメ科魚類の生態 IV. 数カ所の磯における磯魚の種類構成と量および胃内容物とクジメとアイナメの分布. 日生態会誌 1979; **29**: 171-183.
- 金本自由生. アイナメ科魚類の生態 V. 小地域内の異なるすみ場におけるクジメ・アイナメの胃内容物. 日生態会誌 1979; **29**: 265-271.
- Munehara H, Kanamoto Z, Miura T. Spawning behavior and interspecific breeding in three Japanese greenlings (*Hexagrammidae*). *Ichthyol. Res.* 2000; **47**: 287-292.
- Munehara H, Miura T. Non-intentional filial egg cannibalism by the guarding male of *Hexagrammos otakii* (Pisces: *Hexagrammidae*). *J. Ethol.* 1995; **13**: 191-193.
- 小林徳光, 小林一郎, 菊地喜彦, 佐藤孝三. 仙台湾におけるアイナメの年齢と成長. 宮城水試研報 1990; **13**: 1-9.
- 筒井 実. 岩手県に於けるアイナメ資源評価の試み. 東北底魚研究 1998; **18**: 4-7.
- 泉 茂彦. 常磐北部海域におけるアイナメの成長と成熟. 福島水試研報 1999; **8**: 41-49.
- 関河武史, 高橋豊美, 高津哲也. 北海道木古内湾におけるアイナメ *Hexagrammos otakii* の年齢と成長. 水産増殖 2002; **50**: 395-400.
- 丹下勝義, 堺 告久. アイナメの成熟度について. 兵庫水試報告 1972; **12**: 37-40.
- 山本喜一郎. 海産魚類の成熟度に関する研究 II. クロガレイの雌魚の成熟度について. 北水研報 1954; **11**: 68-77.
- Munehara H, Shimazaki K, Mishima S. The process of oogenesis in masked greenling, *Hexagrammos octogrammus*. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.* 1987; **38**: 27-33.
- Yamamoto K, Yamazaki F. Rhythm of development in the oocyte of the gold-fish, *Carassius auratus*. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.* 1961; **12**: 93-110.

- 34) Yamamoto K, Yoshioka H. Rhythm of development in the oocyte of the medaka, *Oryzias latipes*. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.* 1964; **15**: 5-19.
- 35) 尹 泰憲, 島崎健二. 北太平洋におけるシマガツオ *Brama japonica* Hilgendorf の卵巣卵の発達過程からみた生殖周期. 北大水産北洋研業績集 1981; 特別号: 79-90.
- 36) 北川大二, 石戸芳男, 桜井泰憲, 福永辰廣. 三陸北部沿岸におけるヒラメの年齢, 成長, 成熟. 東北水研報 1994; **56**: 69-76.
- 37) Munehara H, Shimazaki K. Annual maturation changes in the ovaries of masked greenling, *Hexagrammos octogrammus*. *Nippon Suisan Gakkaishi* 1989; **55**: 423-429.
- 38) Wallace RA, Selman K. Cellular and dynamic aspects of oocyte growth in teleosts. *Amer. Zool.* 1981; **21**: 325-343.
- 39) 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) 緑書房, 東京. 1996; 3-34.
- 40) 山本喜一郎, 太田 勲, 高野和則, 石川徹二. ニジマスの成熟に関する研究—I. 1年魚の卵巣の発達について. 日本誌 1965; **31**: 123-132.
- 41) 尹 泰憲. 北海道噴火湾周辺海域におけるスケトウダラ雌魚の生殖周期. 北大水産彙報 1981; **32**: 22-38.