

Coregonus 属の人工飼育に関する研究 - II

採卵とふ化

河野成美・塩瀬淳也・羽毛田則生・深津鎮夫・山崎隆義

Studies on Culture Techniques of Coregonids - II

Hand-stripping and Hatching

Narumi KOUNO • Junya SIOSE • Norio HAKETA •

Shizuo FUKATSU • Takayoshi YAMAZAKI

Coregonus 属のわが国への導入は、寒冷地の未利用湖沼を用いた施肥養殖(里見 1972)や湖沼増殖そして新たな養殖魚としての普及をはかる目的で行われ、長野県水産試験場佐久支場では、1975～1983年の間にチェコスロバキアから *C. peled* と *C. lavaretus maraena* (以下、それぞれを *peled*, *maraena* と記す) を計7回、ソ連から *peled* を2回導入し、ふ化から成魚までの飼育試験を行って来た(塩瀬ら 1984)。

1978年には、1975年導入の *peled* と *maraena* の親魚から初めて採卵・ふ化に成功し種苗生産が可能となった。しかしながら、新たな養殖魚として一般への普及をはかるには、種苗の安定供給のための種苗生産技術の確立が必要である。そのためには健全親魚の育成の他に、発眼率およびふ化率向上の検討、親魚の成熟過程の把握、採卵時期の検討、良質卵の識別方法等の知見の集積が必要である。

本報では、1978～1985年までの8年間に行われた、ふ化率向上のための採卵とふ化に関する試験結果について報告する。

本研究の実施にあたり、採卵・ふ化の技術面について、東京水産大学教授野村稔博士、同大学助教授酒井清博士に貴重な助言と指導を賜った。記して深く謝意を表す。なお、本研究の一部は昭和52～55年度指定調査研究総合助成事業「種苗生産研究」として行われたものである。

1. 生殖腺の発達

peled と *maraena* の成熟時期と親魚養成の知見を得るため生殖腺発達過程を調査した。

材 料 と 方 法

1978年と1979年の6月～12月に、雌の *peled* の1⁺、2⁺魚および *maraena* の1⁺魚を毎月1～6尾採集し生殖腺指数(GSI: 生殖腺重量÷体重×100)を求めた。

結果と考察

GSIは、*peled* と *maraena* の両種とも、7、8月から増加し始め11~12月には10%以上となり、中には20%を越える個体もみられた。また1⁺魚では、8月中にその年に成熟する個体とそうでないものとに分かれる傾向がみられた(図1)。

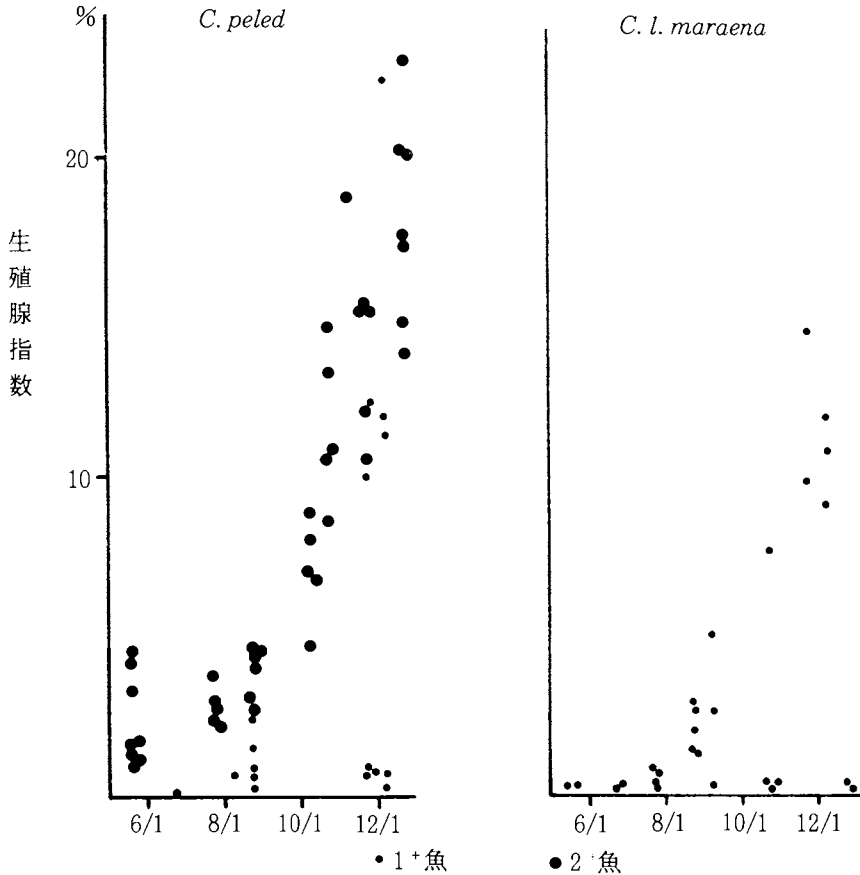


図1 生殖腺指数の季節変化

Zawisza & Backiel (1970) によると、*Coregonus albula* の雌多年魚の卵巣重量年周期は3期に分けられ、3~6月はゆっくりした重量増加期、7~11月は急激な増加期、そして12~2月はゆっくりした減少期となっており、GSIは7月は2.24%だが産卵直前の11月には28.0%に達している。またスイスのレマン湖の*Coregonus* 属では、産卵期のGSIは22.8%になっている(Dabrowski & Champigneulle 1987)。このように、7月頃からの生殖腺の急激な発達や産卵期における20%を越えるGSIは、11~12月に産卵する多くの*Coregonus* 属(*Coregonus lavaretus pidschian*, *C. lavaretus*, *C. muksun*, *C. peled*, *C. l. maraena*, *C. nasus*, *C. pollan*) で観察されている(Zawisza & Backiel 1970, Valtonen 1972, Dabrowski 1983, Vostradovsky 1986)。

8月にみられた成熟個体と非成熟個体の分化傾向は、卵黄形成のための脂肪蓄積の良否に関係していると考えられ、*Coregonus clupeaformis* の非産卵個体の例では、卵母細胞は8月の卵黄形

成前にわずかな発達を示すが、その後発達が停止する (Moreau 1981)。一方、早春や融水期あるいは夏期の高水温期などに餌料環境の良好な年は、非産卵個体の出現数も減少していることが報告されている (Wornia ~~W~~o & Mamcarz 1985)。C. peled の網生養殖の例では、生殖腺の卵黄形成期からの発達阻害、卵母細胞の再吸収、生殖腺以外の器官への脂肪蓄積が観察され、この原因は餌料資源の不足、疾病、ストレスなどで、エネルギー量のほとんどを体維持と免疫反応に使用し、生殖腺に十分なエネルギーがまわされないためだと考えられている (Mamcarz & Wornia ~~W~~o 1985)。従って、優良親魚を養成するためには夏期の飼育環境や餌料環境に十分注意し、適度な飼育密度を保つことによって親魚のストレスを最小にとどめることが重要と考えられる。

2. 採卵時期と水温

peled と *maraena* の採卵時期の指標を得るため、飼育水温の低下と採卵時期との関係を調べた。

材 料 と 方 法

採卵は、水産試験場佐久支場で池中養殖された親魚 (1⁺ 魚の一部を含む) を用い、雌雄選別後、熟度鑑別し、搾出法により行った。1978～1985 年までの採卵結果を用いて採卵開始～終了までの期間と採卵盛期を求め、飼育水温と比較した。

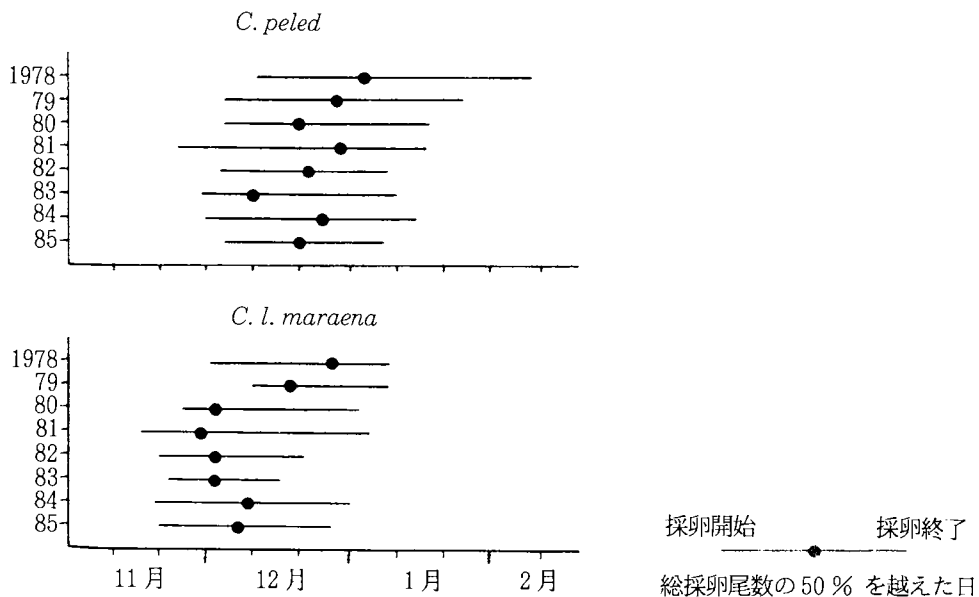


図2 採卵時期の年変動

結 果 と 考 察

採卵開始日は、年により多少変動があった。*peled* の最も早い採卵開始日は1981年11月24日で、最も遅い開始日は1978年12月11日であった。その他の年は12月初旬に採卵が開始された。*maraena* は *peled* 同様1981年が最も早く11月16日採卵が始まっており、遅い年は1979年度で12月10日であった。その他の年は11月20日前後に採卵が開始された(図2)。

採卵開始日の早かった1981年の9月上旬～11月初旬の平均水温は平年より低い傾向を示し、特に10月以降の平均水温は8年間で最も低かった(表1)。

表1 9月上旬～11月初旬の平均水温℃ (1978～1985年)

	1978	'79	'80	'81	'82	'83	'84	'85
9月上旬	17.9	17.2	16.9	16.2	16.0	18.3	18.0	19.8
中旬	16.7	16.5	16.7	14.3	13.4	16.8	16.1	16.8
下旬	15.6	16.2	13.5	14.4	13.6	15.0	15.1	15.2
10月上旬	13.0	13.8	13.2	12.9	13.0	13.4	14.1	13.7
中旬	11.9	12.0	14.1	11.3	12.2	12.4	12.5	12.5
下旬	10.9	10.0	11.2	9.9	11.1	11.2	11.1	10.5
11月上旬	9.4	10.0	7.8	7.5	10.4	8.9	9.6	10.9

飼育水温および採卵尾数の旬別割合を8年間の平均で図3に示した。

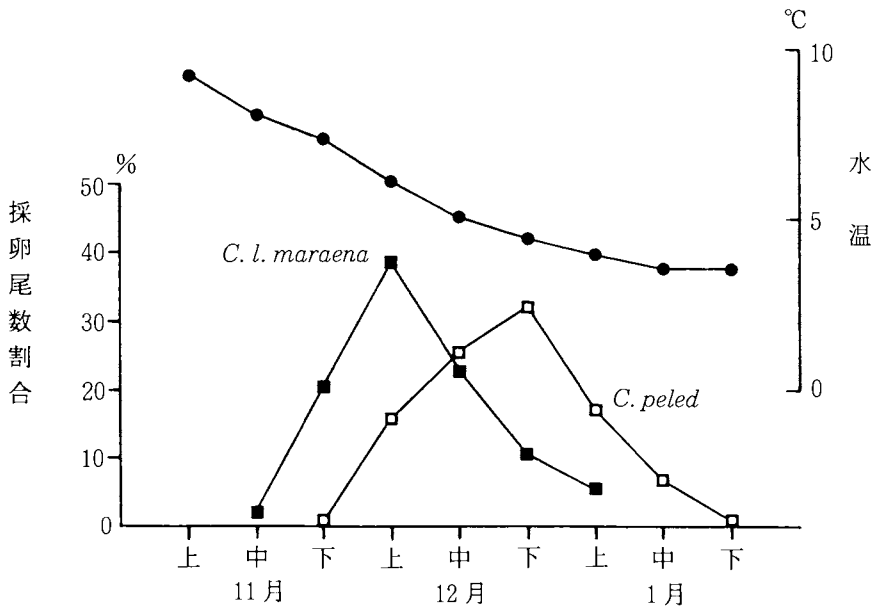


図3 水温変化と採卵状況 (1978～'85の平均値)

両種の採卵は水温が7～8℃に低下した11月中旬以降に始まり、1月まで続いた。採卵盛期は、*peled* が12月下旬(平均水温4.2℃)、*maraena* が12月上旬(平均水温6.1℃)で、両種の間には10～20日のひらきがある。

両種の導入元であるチェコスロバキアでは、水温0.3～0.7℃の12～1月が自然産卵時期にあたり

(Vostradovsky 1986), *maraena*の人工採卵の場合は、気温が $-3 \sim -5^{\circ}\text{C}$ に下がる初霜の降りた11月中旬に行われる (Hochmann & Penáz 1970, Huet 1971), またポーランドにおける *peled*の産卵期は12月初旬~中旬 (水温 $0.5 \sim 5^{\circ}\text{C}$) で、他の *Coregonus* 属 (*C.lavaretus*類や *C.albula*) よりも遅い低水温時に開始されることが報告されている (Luczynski 1986)。従って、水温を指標として用いることで、ある程度採卵時期の推定が可能と考えられ、飼育水温が $7 \sim 8^{\circ}\text{C}$ 以下に降下する時期になったなら、雌雄選別し、熟度鑑別を行うことが必要であろう。

3. 採卵数と採精量および卵サイズ

種苗生産に重要な *Coregonus* 属の生物学的特性を調べ、効率的な採卵および卵管理のための知見を得る。

材 料 と 方 法

採卵粒数と卵サイズの調査には 1978 ~ 1984 年の採卵個体を用いた。魚体重と搾出卵総重量および卵径を測定し、1尾当りの採卵粒数は搾出卵 2 g 分の卵数を計数、搾出卵重量に換算することによって算出した。卵径は、卵20粒を万能投影器 (オリンパス UP-360) で測定し、その平均値を用いた。採精量は、1983年12月に 2⁺魚以上の雄から個体別に採精して求めた。なお採精個体は、*peled* が 7尾で全てその年の初回採精、*maraena* は15尾で、すでに 1~2回の採精が行われた個体である。

結 果 と 考 察

各年の魚体重と採卵結果を表 2 に示した。1尾当りの採卵粒数は、*peled* の場合、魚体重 500 g の個体で約 15,000 粒、1 kg の個体で約 40,000 粒であり (図 4)、最大値は 1,032 g の個体の 73,900 粒であった。*maraena* の場合、魚体重 500 g で約 10,000 粒、1 kg の個体で約 20,000 粒で、最大値は 1,243 g の個体の 49,200 粒であった (図 5)。

吸水前の卵重は、*peled* が 4 mg、*maraena* が 6 mg 前後であった。また卵径は *maraena* の方が大きく、1⁺魚は 2⁺魚以上の個体に比べ卵数も少なく卵径も小さかった。採卵粒数の目安である孕卵数について既往の知見をみると、孕卵数の多い所の例では、シベリアのブラーツク (Bratsk) 貯水池の *peled* で、魚体重 290 g で 20,200 粒、1,715 g で 129,900 粒得られており、年齢に対しては 2⁺で 33,900 粒、3⁺で 45,600 粒

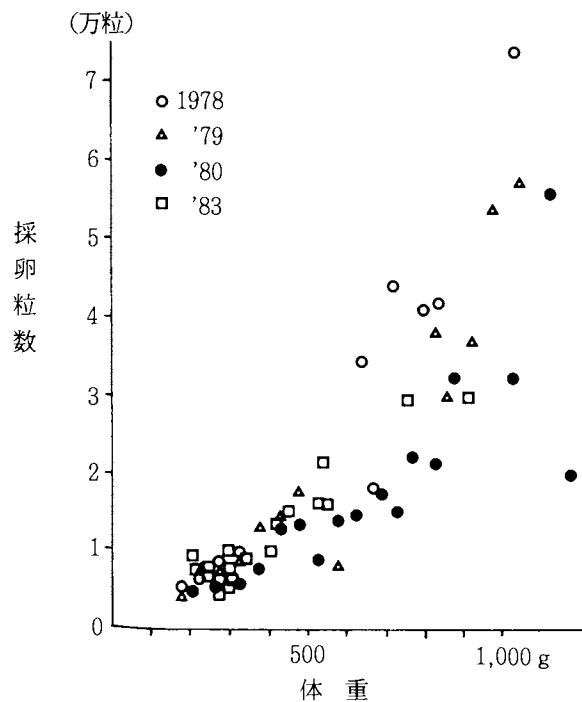


図 4 *C. peled* の体重と採卵粒数

表2 *Coregonus* の採卵結果

採卵年	魚種	年齢	測定尾数	体重 (g)	採卵卵重比* (%)	1尾当りの採卵粒数	吸水前平均卵重 (mg)	吸水後平均卵重 (mg)	吸水後卵径 (mm)
1978	<i>C. peled</i>	3 ⁺	6	780 (520~795)	18.3 (10.0~23.0)	42,200 (18,200~73,900)	3.52 (3.16~3.86)	—	2.08 (1.96~2.17)
	"	1 ⁺	27	250 (135~290)	11.7 (4.9~18.0)	7,600 (3,200~15,300)	3.87 (2.80~4.74)	—	2.30 (1.92~2.86)
	<i>C.l. maraena</i>	1 ⁺	11	360 (280~410)	10.0 (8.6~14.4)	9,000 (3,000~17,900)	4.38 (3.27~6.15)	—	2.31 (1.65~2.85)
1979	<i>C. peled</i>	4 ⁺	11	910 (205~1,128)	16.0 (7.4~22.8)	42,400 (29,900~57,500)	3.68 (3.06~4.74)	5.99 (5.16~7.42)	2.08 (1.96~2.34)
	"	2 ⁺	50	250 (161~588)	13.9 (5.6~20.3)	10,000 (3,500~24,400)	4.81 (3.67~6.41)	9.38 (5.88~13.69)	2.50 (1.71~2.90)
	<i>C.l. maraena</i>	2 ⁺	30	590 (308~809)	10.5 (3.1~16.7)	10,600 (2,200~25,300)	6.55 (3.80~8.81)	14.64 (6.01~20.87)	2.92 (2.17~3.41)
1980	<i>C. peled</i>	5 ⁺ 3 ⁺	47	600 (205~1128)	13.5 (7.6~22.5)	16,800 (1,200~56,000)	5.40 (3.85~7.35)	9.99 (4.60~17.43)	2.64 (2.31~3.08)
	<i>C.l. maraena</i>	3 ⁺	13	1,230 (674~1,573)	15.1 (8.2~19.0)	22,900 (4,500~39,600)	6.20 (3.99~9.35)	15.10 (6.78~25.28)	3.04 (2.35~3.52)
	"	2 ⁺	48	430 (242~724)	8.9 (4.5~15.3)	5,200 (1,900~12,300)	7.47 (5.45~9.13)	19.46 (10.66~23.99)	3.22 (2.63~3.48)
	"	1 ⁺	10	290 (220~485)	9.8 (2.6~13.0)	6,700 (1,200~13,700)	4.61 (3.98~5.95)	10.09 (8.37~15.53)	2.55 (2.25~2.98)
1983	<i>C. peled</i>	2 ⁺	8	600 (429~921)	13.1 (4.5~17.2)	19,200 (5,900~30,300)	4.08 (3.54~4.63)	—	—
	"	1 ⁺	16	290 (217~405)	11.2 (6.6~17.1)	7,900 (5,300~11,100)	4.02 (2.95~5.87)	—	—
	<i>C.l. maraena</i>	2 ⁺	19	1,060 (645~1,390)	14.9 (10.4~21.0)	28,900 (15,200~49,200)	5.76 (4.65~8.39)	—	—
	"	1 ⁺	20	320 (201~483)	8.7 (5.5~21.0)	6,300 (2,400~12,200)	4.69 (3.46~5.72)	—	—
1984	<i>C.l. maraena</i>	2 ⁺	24	1,010 (617~1,390)	14.1 (9.8~20.9)	23,900 (11,700~40,300)	6.20 (5.30~7.30)	—	—

* 採卵卵重/魚体重

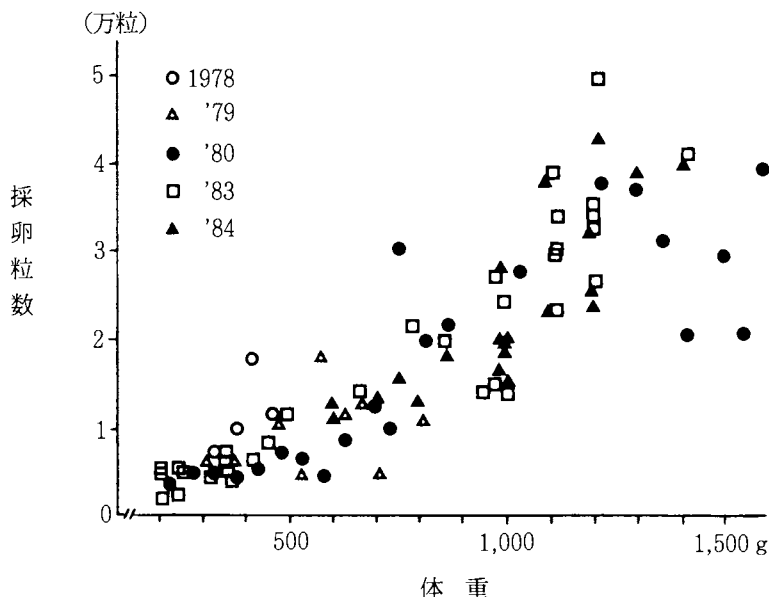


図5 *C. l. maraena* の体重と採卵粒数

になっている (Zhdankina et al. 1984)。

Kanep (1973) は過去の知見を基に *peled* の体重と孕卵数の一般的な関係を次の直線式で表している。

$$y = (0.06x - 2.35) \times 10^3 \quad \text{ここで、} x \text{ は体重 (g), } y \text{ は孕卵数}$$

この式に従うと、体重 500g の孕卵数は 27,500 粒、体重 1kg では 57,650 粒となり、当試験結果の採卵粒数より 12,500 ~ 17,650 粒多い。この差は、採卵時期や親魚の成熟状態あるいは採卵時の魚体内への残卵に起因するためであろう。

1尾当りの採精量は *peled* が平均 0.6 ml (0.3 ~ 1.3 ml)、*maraena* は平均 1.5 ml (0.6 ~ 5.5 ml) であった。親魚体重と採精量の関係を図 6 に示した。魚体重当りの採精量は、*peled* が 1.2 ml/kg で *maraena* の 1.8 ml/kg に比べ低い値であった。また、両魚種とも個体差が著しかった。

チェコスロバキアの池中養殖における *peled* 雄の採精量は、平均体重 596g (340 ~ 760) の 1⁺ 魚で平均 1.01 ml/kg (0.21 ~ 3.57 ml/kg) で、平均体重 654g (492 ~ 940) の 2⁺ 魚で 1.11 ml/kg (0.16 ~ 3.25 ml/kg) である (Hochman et al. 1974)。また *maraena* では、採精開始初期では平均体重 594g (355 ~ 840) で平均採精量 1.11 ml/kg、採精時期の盛期には平均体重 799g (510 ~ 1,130) で平均 3.61 ml/kg と報告されている (Hochman & Penáz 1970)。Hochman et al. (1974) によれば、*maraena* は *peled* の 2 ~ 3 倍の精液を産出する。当試験ではそのような大きな差は見られなかったが、*maraena* の方が精液を多く出す傾向は同じであった。

Hochman & Penáz (1970) によれば、精液生産量には時期変動がみられ、*Coregonus* 属の雄は、一般に雌より 2 ~ 3 週間前に採精可能となり、採精期間は雌の産卵期間より長く 1.5 ~ 2 ヶ月間続く。この期間における雄の精液生産には以下のような 2 型が見られる。①魚体重 1kg (3 ~ 4 才魚) の大型個体は、雌の産卵最盛期に対応して精液生産の盛期をもつため採精量のピークがある。しかし精液生産期間は比較的短い。②魚体重 0.3 ~ 0.6 kg (主に 2 才魚) の小型個体は精液生産の期間が長く、採精量は期間を通じてだいたい一定である。

上述の雄の特性についてはまだ佐久支場の飼育魚で確認していない。しかしこのような特性が利用

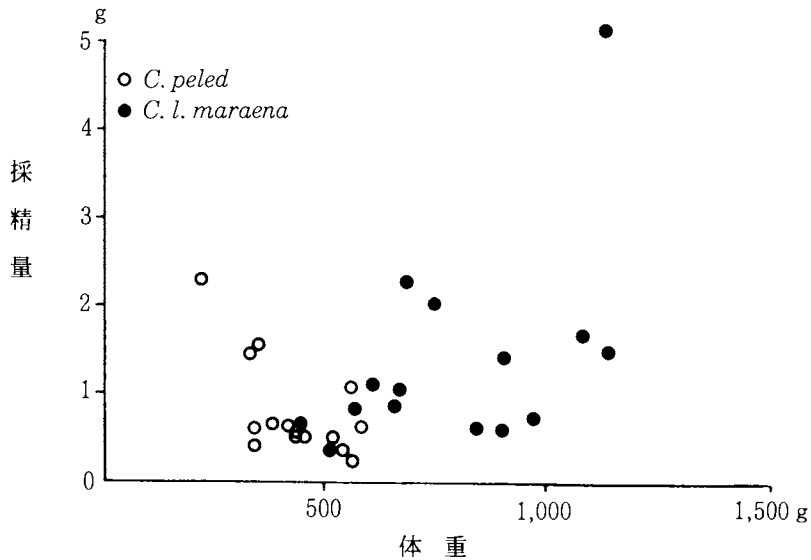


図6 親魚の体重と採精量

できるなら、採精に用いる雄の効率的な選別に応用できる可能性がある。

4. 卵質と発眼率

発眼率の向上を目的に、卵質と発眼率との関係を調査した。

1) 採卵時の搾出状態と卵質

材 料 と 方 法

1979年、1980年の *peled* と *maraena* の採卵時に、親魚の腹の固さ、搾出状態を記録した。搾出卵の一部はシャーレに收容し、受精・洗卵後、発眼時まで恒温器5℃で管理した。なお、1980年には搾出状態の異なる魚を解剖して排卵状態を確認した。

搾出卵に混入した過熟卵・閉卵腔形成卵の量を三段階（-, +, ++）に分け、発眼率との関係を調査した。受精～発眼までの卵管理は同上である。なお、ここでの過熟卵は“星”と呼ばれる不透明の小白粒を持つものとした。

結 果 と 考 察

搾出状態と発眼率の関係は、魚種、年齢、採卵年により異なる結果となった（表3）。

それぞれの搾出状態に対応する卵巣の状態は、I（搾出にやや力が必要）では未排卵卵も含まれていたが、II（容易）とIII（自然に流出）の状態、では排卵されて流動状態であった。

搾出状態II、IIIの中には完全に搾出できない個体があった。これらの個体の腹腔内、または卵巣に発赤、癒着等の異常がみられ、卵の一部が卵巣内に残っていた。しかし、この卵には発眼するものも含まれていた。

表3 搾出状態と発眼率

<i>C. peled</i>		2 ⁺ 魚 (1979年)		2 ⁺ 魚以上 (1980年)			
搾出状態	尾数	発眼率(%)	尾数	発眼率(%)			
I やや力が要る	18	20.0 (0-80.0)	4	0.1 (0-0.2)			
II 容易	8	20.5 (0-77.3)	18	6.9 (0-75.9)			
III 自然に流出	15	13.1 (0-47.6)	18	21.2 (0-75.3)			
<i>C.l. maraena</i>		2 ⁺ 魚 (1979年)		2 ⁺ 魚 (1980年)		3 ⁺ 魚 (1980年)	
搾出状態	尾数	発眼率(%)	尾数	発眼率(%)	尾数	発眼率(%)	
I やや力が要る	0	—	2	66.2 (58.4-73.9)	0	—	
II 容易	2	32.2 (0-64.4)	29	28.4 (0-78.6)	6	10.2 (0-51.4)	
III 自然に流出	5	31.5 (0.3-79.8)	15	20.9 (0-85.0)	11	30.1 (0-91.4)	

過熟卵・困卵腔形成卵を含むものは発眼率が低い傾向にあった (表4)。

表4 過熟卵と困卵腔形成卵の混入と発眼率

		<i>C. peled</i> (2 ⁺)		<i>C. peled</i> (3 ⁺ , 5 ⁺)		<i>C.l. maraena</i> (1 ⁺ ~3 ⁺)	
	混入度	尾数	発眼率(%)	尾数	発眼率(%)	尾数	発眼率(%)
過熟卵	-	14	32.2	22	21.6	57	31.7
	+	11	2.4	12	2.5	14	10.9
	++	5	6.0	8	0.2	2	0
困卵腔 形成卵	-			18	18.8	54	32.4
	+			15	11.0	16	9.3
	++	5	1.1	8	0.1	3	20.0

両魚種の成熟卵は、不等黄卵で動物極側に油球が多くみられた。油球のサイズは、prokeš (1975)によれば、*peled* で0.10~0.50mmとなっている。酒井 (1974)によれば、油球は経時的に動物極側へ集中・融合・大型化していくので、油球の状態から卵質を判別することができると思われるので、卵質判定の有効な指標として検討する必要がある。

搾出状態と発眼率の関係では明白な特徴が得られなかった。これは、搾出状態が卵の成熟段階と必ずしも一致しないことを意味している。ロシア連邦共和国漁業省国立湖沼河川漁業研究所 (1978)によれば、良質の卵を得るためには、腹部を軽く押したときに淀みなく卵が流出する個体が良いとしているが、この状態で得られた卵の中にも不良卵があり、流動性の卵を成熟度の確実な指標にはできないとしている。結局、良質卵の特徴は、①正常な球状を呈し、②卵黄および油球の輪郭が明瞭で、③卵色は濃厚な黄色味があったオレンジ色を良いとされている。

2) 顕微鏡観察による卵質の判定

材 料 と 方 法

1979年に *peled* 2⁺魚を用い、搾出卵について表層原形質の厚さと油球の大小で卵質区分を行った。区分した卵は媒精後、5℃の恒温器に収容し発眼率を調査した。

結 果 と 考 察

表層原形質が厚く、小型および中型の油球を持つ卵は発眼率が高い傾向であった（表5）。

表5 *C. peled* の卵性状区分による発眼率（%）

表層原形質の性状		油球の大きさ			平均
		小	中	大	
著しく肥厚（15～20 μ ）	8.2*	87.4	52.4	0	46.1
肥厚（10～15 μ ）	26.3	71.1	35.6	11.6	30.4
僅かに肥厚（5～10 μ ）	47.2	8.5	9.4	3.2	7.5
肥厚不明瞭（0～5 μ ）	18.0	0	0	0	0
平均		16.9	21.0	5.4	15.4

* 出現率（%）

（酒井ら 1981）

酒井（1974）は、ニジマスおよびアユの排卵後の卵の経時的変化を4段階に分け、表層原形質の状態や油球の動物極への集中と大型化が過熟卵の指標となることを示した。この区分に従えば、表5における油球サイズが大きいものや表層原形質の薄いものは過熟卵に相当する。

油球や表層原形質の状態で卵質をある程度評価できたが、高い発眼率をもたらす良質卵が採卵できる期間は明らかでない。従って、効率の良い採卵作業を確立する上でも良質卵の採卵可能期間を調査する必要がある。

5. 良質卵の採卵期間

高い発眼率を得られる良質卵の採卵可能な期間を検討した。

材 料 と 方 法

1980年に *peled* の3⁺、5⁺魚および *maraena* の2⁺魚から採卵可能な雌個体を選別し、個体標識を付けた（*peled* 11個体、*maraena* 10個体）。各個体から毎日少量の卵を搾出し、シャーレにて受精・洗卵の後、発眼するまで5℃の恒温器で管理した。なお、卵搾出期間中の親魚の飼育水温は、*peled* で1.0～5.5℃、*maraena* で1.1～7.7℃であった。

良質卵の採卵期間の評価は、発眼率が最高発眼率の80%以上を示した日数とした。例えば、最高発眼率が50%の個体なら、その個体からの採卵日の中で発眼率が40%以上を示した日数となる。なお、採卵の初めから不良卵を排卵した親魚があったため、評価の対象は、*peled* で最高発眼率20%以上、*maraena* で50%以上を示す個体とした。

結 果 と 考 察

peled で最高発眼率20%以上を示したのは、供試魚11個体中5個体、*maraena* で最高発眼率50%以上を示したのは10個体中7個体であった（図7、表6）。

良質卵の採卵期間は、*peled* では1～3日間（平均1.6日間）と短く、*maraena* で3～5日間（平均4.1日間）であった。*peled* の場合、卵の搾出が可能になってから、良質卵でいる期間は極めて短いことになる。

チェコスロバキアやソ連では、*peled* の場合2～4日毎の熟度鑑別が薦められている（Hochman

et al. 1974, ロシア連邦共和国漁業省国立湖沼河川漁業研究所 1978)。本研究の結果をみると、良質卵を得るためには、*peled* の場合、熟度鑑別・採卵作業を毎日あるいは少なくとも2日毎に行う必要がある。また、*maraena* の場合でも4日毎に行う必要があると考えられる。

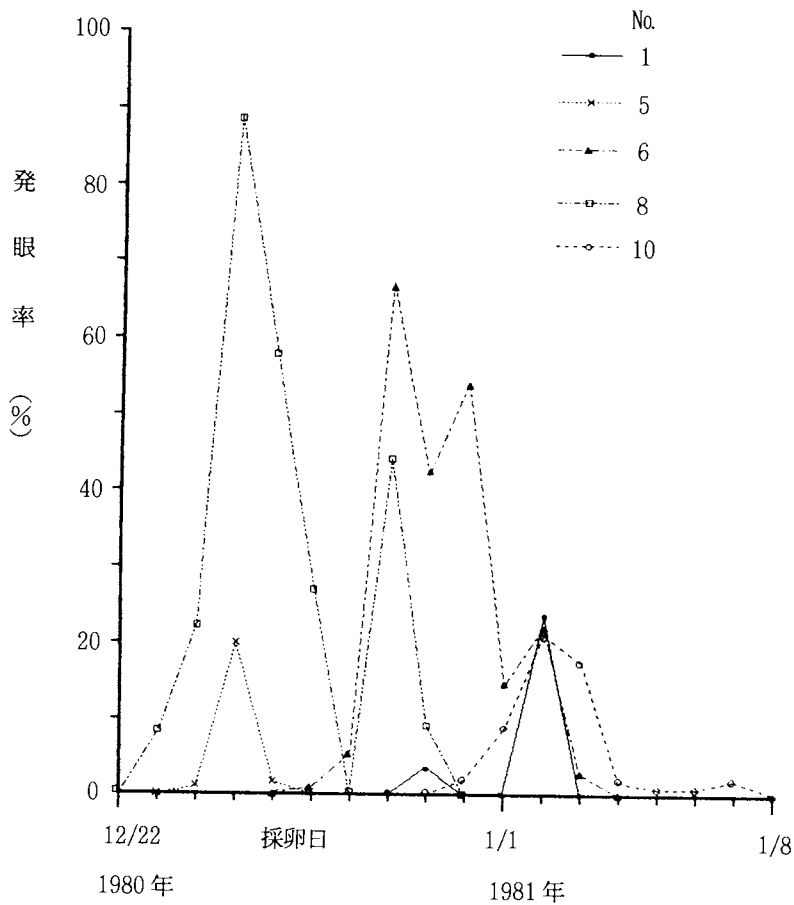


図7 a 最高発眼率20%以上を示した*C. peled* の各採卵口の発眼率 (図中のNo.は表6の採卵個体No.)

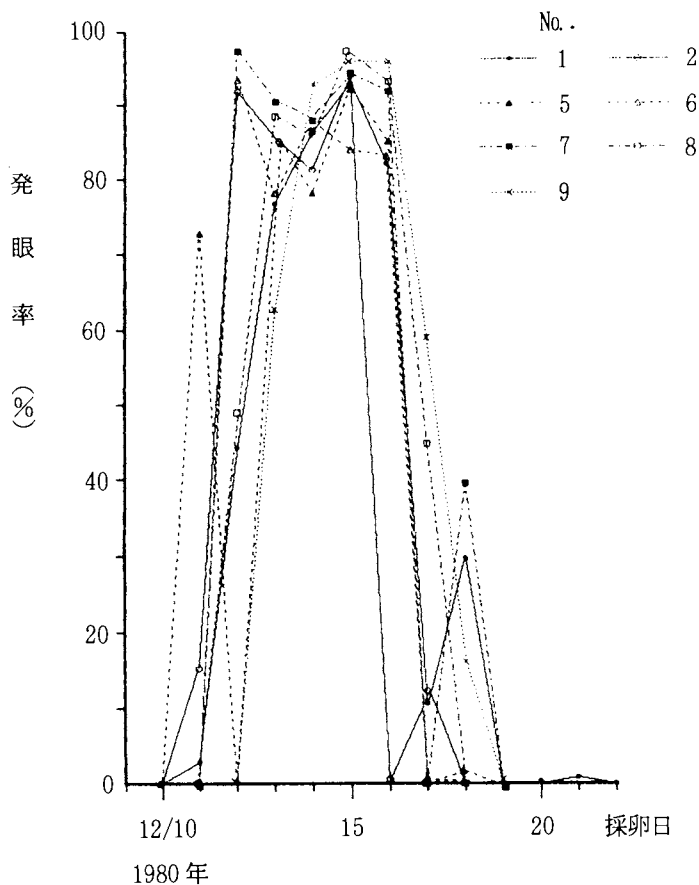


図 7 b 最高発眼率50%以上を示した*C.l. maraena* の各採卵日毎の発眼率
(図中のNo.は表 6 の採卵個体No.)

表 6 同一親魚から毎日小量採卵したとき高い発眼率の卵が得られた日数

<i>C. peled</i> 採卵個体 No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
卵が搾出できた日数	18	14	11	15	11	16	11	18	11	8	15
内、発眼卵の得られた日数	4	6	0	1	7	8	2	8	2	8	5
最高発眼率 (%)	23.5	7.0	-	0.4	20.0	67.0	1.0	89.0	4.3	21.1	1.0
良質卵の搾出日数※	1	1	-	1	1	3	1	1	1	2	1
<i>C.l. maraena</i> 採卵個体 No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
卵が搾出できた日数	13	12	10	9	10	8	8	7	7	5	
内、発眼卵の得られた日数	11	7	6	0	8	6	7	6	6	0	
最高発眼率 (%)	93.0	93.6	17.9	-	92.2	93.6	97.1	97.0	95.6	-	
良質卵の搾出日数※	4	4	1	-	4	5	5	4	3	-	

※ : 良質卵とは、各個体それぞれが示す最高発眼率に対し80%以上の発眼率が得られた日数。

例 : *C.l. maraena* のNo.1 個体の良質卵の搾出口数は $93.0 \times 0.8 = 74.4\%$ 以上の発眼率を示した卵が得られた日数である。

6. 卵に対する日光の影響

受精直後の卵と発眼卵に及ぼす日光の影響を検討した。

材 料 と 方 法

試験 1：受精直後の卵に及ぼす日光の影響

1979年1月23日に *peled* の 1⁺ 魚 1 尾から卵を搾出し、シャーレに搾出卵 3g を採取した。媒精後水を加え、直ちに直射日光下に置いた。その際シャーレに入れた卵は重なり合わないよう注意し、シャーレ内の水深を 4 mm に統一した。また水温の上昇を防ぐため、シャーレを雪上に置いた。直射日光への曝露時間は 5 分、10 分、15 分の 3 区を設定した。

日光への曝露後、洗卵を行い 2.5℃ の恒温器でふ化まで管理した。また 2～3 日毎に水交換を行い、その際に死卵を計数記録した。

試験 2：発眼卵に対する日光の影響

peled と *maraena* のふ化間近の発眼卵をそれぞれ 1 区当り 150 粒とし、水深 9 mm の水中に重なり合わないよう並べ、0.5～4 時間直射日光下に曝した。試験中は冷水を注水し水温の上昇を防いだが、水温範囲は *peled* で 11.0～16.5℃、*maraena* で 3.5～7.0℃ であった。曝露後、発眼卵を室内水槽に移し *peled* は 16 日間、*maraena* は 5 日間死卵とふ化仔魚の斃死を計数観察した。

結 果 と 考 察

試験 1：直射日光への曝露時間が長いほど生残率が低くなる傾向がみられたが、その差は小さく、媒精後 39 日目では対照区 73% に対し 15 分区は 68.5% であった。また 87 日目の観察終了日までの卵の生残率も同じ傾向を示した (図 8)。

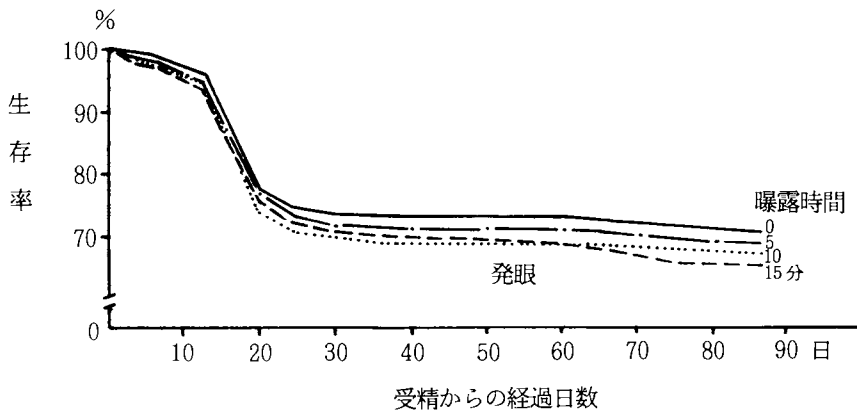


図 8 日光へ曝露した受精卵の生残率

媒精後 56 日目までに 3 区全てが発眼した。また媒精後 15～20 日にかけての生残率の大きな低下は不受精卵の死卵が原因である。

以上のことから、受精卵は 15 分程度の直射日光への曝露であれば、特に大きな影響を受けることはないと思われる。

試験 2：*peled* と *maraena* の発眼卵に対する直射日光の曝露時間の影響は認められなかった (表 7)。

表7 発眼卵に対する日光の影響

		日光への曝露時間(h)				
		0 (対照区)	0.5	1.0	2.0	4.0
<i>C. peled</i>	曝露中のふ化尾数 (%)	1.3	14.0	5.3	30.7	1.3
	16日間のふ化尾数 (%)	80.7	58.0	67.3	49.3	86.7
	死卵数 (%)	6.0	12.7	10.7	7.3	5.3
	未ふ化卵数 (%)	12.0	15.3	16.7	12.7	6.7
	ふ化仔魚奇形発生率 (%)	1.6	0	0.9	0.8	0
	仔魚斃死数 (%)	1.6	0	0.9	0.8	*
<i>C.l. maraena</i>	曝露中のふ化尾数 (%)	0	22.0	32.0	12.7	11.4
	16日間のふ化尾数 (%)	46.7	61.3	58.0	72.7	77.3
	死卵数 (%)	*	2.0	1.3	2.0	1.3
	未ふ化卵数 (%)	26.7	14.7	8.7	12.6	10.0
	ふ化仔魚奇形発生率 (%)	0	0	0	0	0
	仔魚斃死数 (%)	4.3	*	1.5	0	*

* : 事故による大量斃死

また奇形魚の発生も対象区と試験区の両方とも少なかった。従って、発眼卵の段階では4時間以内の日光への曝露ならば大きな影響は受けないと考えられた。

当試験では、直射日光が *Coregonus* 精子の活動にどのような影響を及ぼすかは調べられていないが、実験室内の顕微鏡観察下における *peled* 精子の受精可能な活動時間は0.61 ~ 0.82分 (Hochman et al. 1974), また *maraena* の場合は水温4.2℃で約2分 (Hochman & Penaz 1970) と報告されている。直射日光下では紫外線等の悪影響が懸念されるが、採卵・受精作業時に卵や精子への影響を最小限にいとめることが出来るなら、現場での屋外作業も可能となり諸作業の省力化が図れるものと思われる。

また発眼卵に対しても4時間の曝露では直射日光の影響はみられないので、発眼卵の検卵などの作業時に光線の影響をそれほど気にしなくてもよいようである。

7. ふ化水温の検討

ふ化率の向上と安定した種苗生産のため、ふ化率に及ぼす水温の影響を検討した。

材 料 と 方 法

試験1：発眼卵に及ぼす水温の影響

1978年にチェコスロバキアから導入した *peled* と *maraena* の発眼卵を用い、ふ化水温5.0, 7.5, 10.0, 12.5℃の4区を設定した。発眼卵を各水温に設定された水槽にそれぞれ150粒収容し、ふ化させた。ふ化仔魚と死卵を1~2日毎に摘出し、仔魚については肉眼で奇形の有無を確認した。また水温条件は表8に示したとおりであった。

表8 発眼卵における試験水温

設定水温	<i>C. peled</i>	<i>C.l. maraena</i>
5.0	4.0 ~ 6.0 *	4.5 ~ 6.0
7.5	7.2 ~ 8.3 *	7.0 ~ 8.3
10.0	8.8 ~ 10.8	9.5 ~ 10.5
12.5	10.4 ~ 13.0	12.0 ~ 13.0

* : 44日自以降8.0 ~ 13.0℃でふ化させた。

試験 2：受精から発眼期の卵に及ぼす水温の影響

1979年1月23日に *peled* の1⁺魚1尾から卵を搾出し、ふ化水温の試験区を2.5, 5.0, 7.5, 10.0℃の4区に設定し、各試験区のシャーレにそれぞれ4g (約700粒) 入れた。媒精・洗卵の後、各設定温度区の恒温器あるいは水温に收容し、2～3日毎に水換えと死卵の摘出を行いながらふ化まで管理した。なお、水温変動は±1℃以内に抑えたが、5.0℃区で4回、7.5℃区で2回、12時間の範囲内で±1℃を超えることがあった。

試験 3：仔魚のふ化に及ぼす水温の影響

供試卵は、1983年11月24日と12月12日に *maraena* の2⁺魚から採卵した発眼卵である。各採卵日の発眼卵は、それぞれ2本のピン式ふ化器に2,000粒ずつ收容し、毎日のふ化仔魚の数を計測した。

結 果 と 考 察

試験 1： *peled* はふ化水温が高いほど死卵数が増加し、12.5℃では供試卵の約半数が死卵となった(表9)。ふ化仔魚の奇形率では水温差による明確な特徴はみられなかった。

表9 異なる水温における発眼卵のふ化

種 名	観 察 項 目	ふ 化 水 温 (°C)			
		5.0	7.5	10.0	12.5
<i>C. peled</i>	51日までのふ化率(%)	68.9	70.7	60.0	49.7
	死 卵 率 (‰)	21.7	28.9	38.3	49.4
	ふ化仔魚の奇形発生率(‰)	3.0	7.8	5.7	1.7
	仔魚斃死率 (‰)	2.5	0.6	5.7	2.6
<i>C. l. maraena</i>	45日までのふ化率(%)	95.0	86.5	84.0	91.0
	死 卵 率 (‰)	3.5	0.5	1.5	7.5
	ふ化仔魚の奇形発生率(‰)	1.1	2.9	1.2	4.4
	仔魚斃死率 (‰)	0.5	0.0	0.6	0.5

奇形発生率 = 奇形尾数 / ふ化尾数 × 100

仔魚斃死率 = 斃死尾数 / ふ化尾数 × 100

maraena では、死卵と奇形率の両方とも明確な特徴がみられなかった。以上の事から、発眼卵の段階における高いふ化水温は *peled* では不適であるが *maraena* では、5～12.5℃の範囲内なら影響は少ないと思われる。

試験 2：死卵は7.5℃と10.0℃区で多く発生し、10.0℃区では8日目までに全数死滅した(図9)。また7.5℃では15日目で卵の生残率は約42%、46日目には約35%まで低下した。一方、2.5℃と5.0℃区では、初期の死卵発生が終わった24～27日目で生残率は約70%を示し、その後横ばいの傾向を示した。このことから *peled* 卵のふ化水温は5℃以下が適当と考えられた。

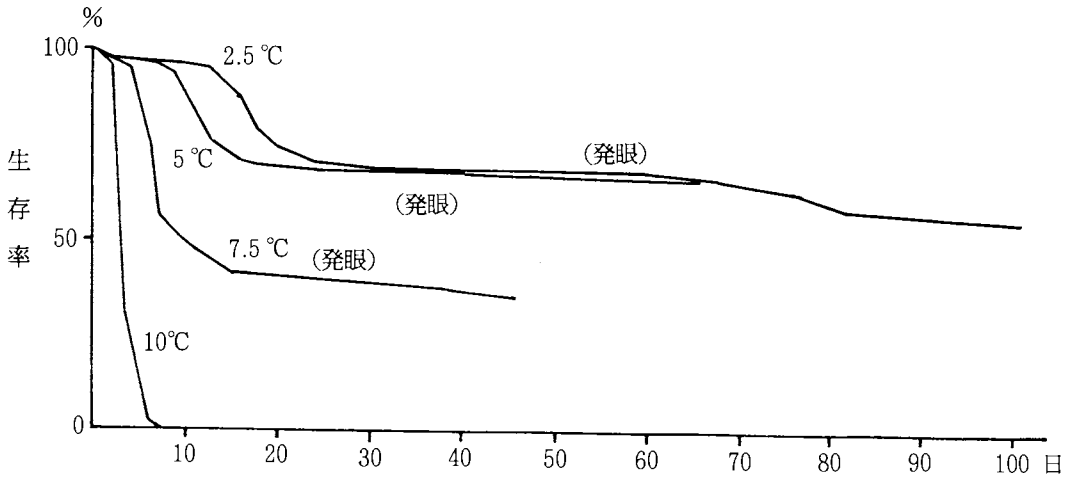


図9 異なる水温における受精卵の生残率

試験3：仔魚のふ化状況は、最初の仔魚のふ化から最後のふ化までに約1ヶ月を要した(図10)。

ふ化の最盛期は、水温が5℃前後から7~8℃に急激に上昇した日に顕著であった。なお、供試卵のふ化率は全ての試験区で90%以上であった。

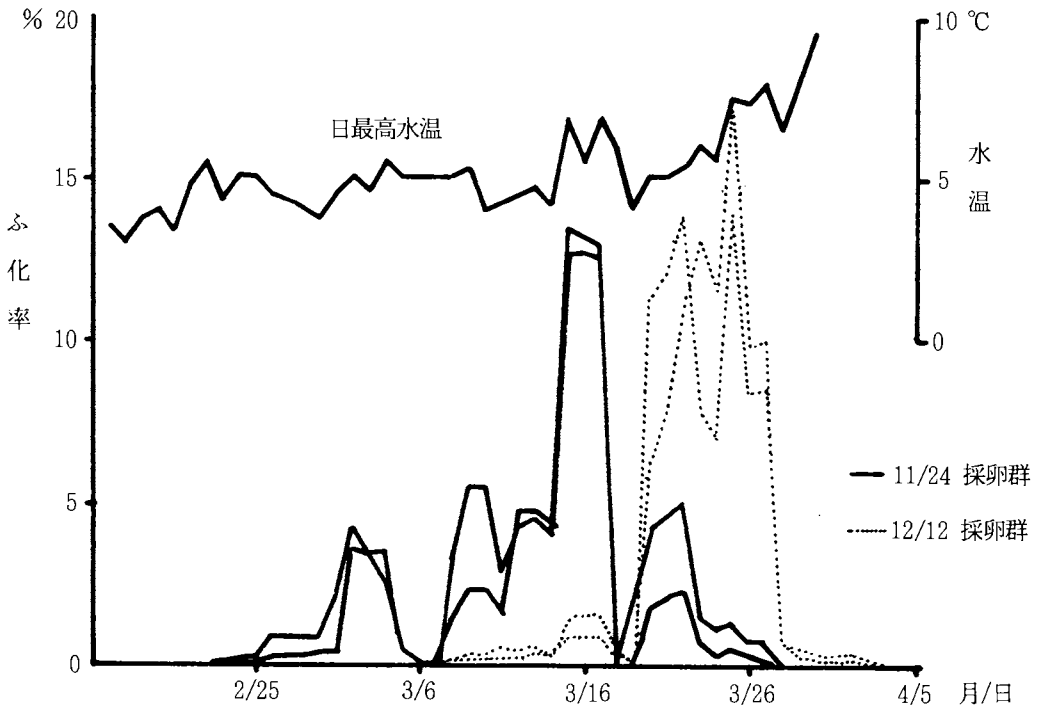


図10 日最高水温の変動とふ化状況

mararena の卵とふ化水温の関係は、試験1の結果をみる限り、設定ふ化水温の範囲内では大きな影響はみられず、本種の卵は *peled* に比べ高水温に耐えられるようである。このことは、採卵時期(または産卵時期)と水温の関係からも推察できる。当支場における *mararena* の採卵盛期は *peled* より水温の高い12月上旬であり、平均水温は6.2℃で *peled* より約2℃高かった。

peled の産卵は *Coregonus* 属の種の中でも比較的低温を好む傾向があると考えられる。Luczynski (1986) によると、ポーランドでは *peled* の産卵は *C. albula* や *C. lavaretus* よりも遅い低温時に行われている。また Prokes (1975) によると、*peled* の卵はふ化水温 7℃ の時、全卵死亡をまねいており、ふ化水温は最高でも 7℃ より低くなければならないとしている。当試験では、発眼前の卵のふ化水温が 7.5℃ においては全卵死亡までには至らなかったが、卵の生残率は極めて低かった。しかし、発眼後は水温 7.5℃ でそれほど大きな影響は受けていないようである。従って、ふ化水温が発眼期前で 5℃ 以下であり、発眼卵以降が 7℃ ぐらいなら、卵の生残に大きな影響は与えないものと思われる。

同一採卵日の発眼卵であっても、仔魚のふ化開始から終了までは 1 ヶ月の開きがあった。この理由として、供試卵が複数親魚に由来することからくる卵質の違い、ふ化ビン内の供給水の不均一な流れから生じる環境条件の違いに関連しているように思われる。

種苗生産への水温の応用例として、急激な水温の上昇を利用して仔魚のふ化を助長し、最適な湖沼条件に合わせて放流仔魚の大量ふ化を行うことが考えられている (Luczynski 1984)。この方法は、1～2℃ の低温で卵を管理することによってふ化時期を遅らせ、ふ化水温を上昇させる (1.5℃ / h) ことによって餌料環境の良好な時期に一度に大量にふ化させるものである (Luczynski 1984)。またこのような方法でふ化時期を遅らした仔魚の生残と成長率は低下しない事が報告されている (Kolman & Luczynski 1986)。従って、天然餌料の発生に同調させる仔魚の大量ふ化方法は、寒冷地における種苗生産に利用できる一方法であると思われる。

8. 長日処理による産卵期の調節

産卵時期を調節することにより、卵のふ化管理を適正な水温環境時期に合わせられること、ふ化時期を初期天然餌料のワムシ・ミジンコ類の発生時期に合わせられることの利点があり、また卵管理施設の効率的な運用も期待できる。そこで、電気照明 (以下、電照と記す) を用いた産卵期の遅延効果を検討した。

材 料 と 方 法

1983年9月6日～12月1日までの約3ヶ月間、日没前から午後10時まで電照を行った。電照区の照明は、400 W水銀灯1基を9.6 m² (2.5 × 4.8 × 0.8 m) のコンクリート池の水面から1.9 mの高さに設置した。

供試魚には *marina* の 3⁺ 魚 (平均体重 800g) の雌30尾を用い、成熟とともに電照区と一般飼育群から順次採卵・採精を行い、半数が成熟する時期を求め比較した。

結 果 と 考 察

電照区の産卵期は対照区の一般飼育群より約1ヶ月遅らせることができた (図11)。また発眼率は対照区の63.8%に対し、電照区は69.1%とほぼ同じ結果を示した。しかし、電照区の発眼卵の中には卵膜が軟化したものがみられた。また長日処理がふ化とふ化仔魚の及ぼす影響は、ここでは検討されていない。今後の問題点として、電照による生殖腺発達の調節が卵質にどのような影響を及ぼすのか検討する必要がある。

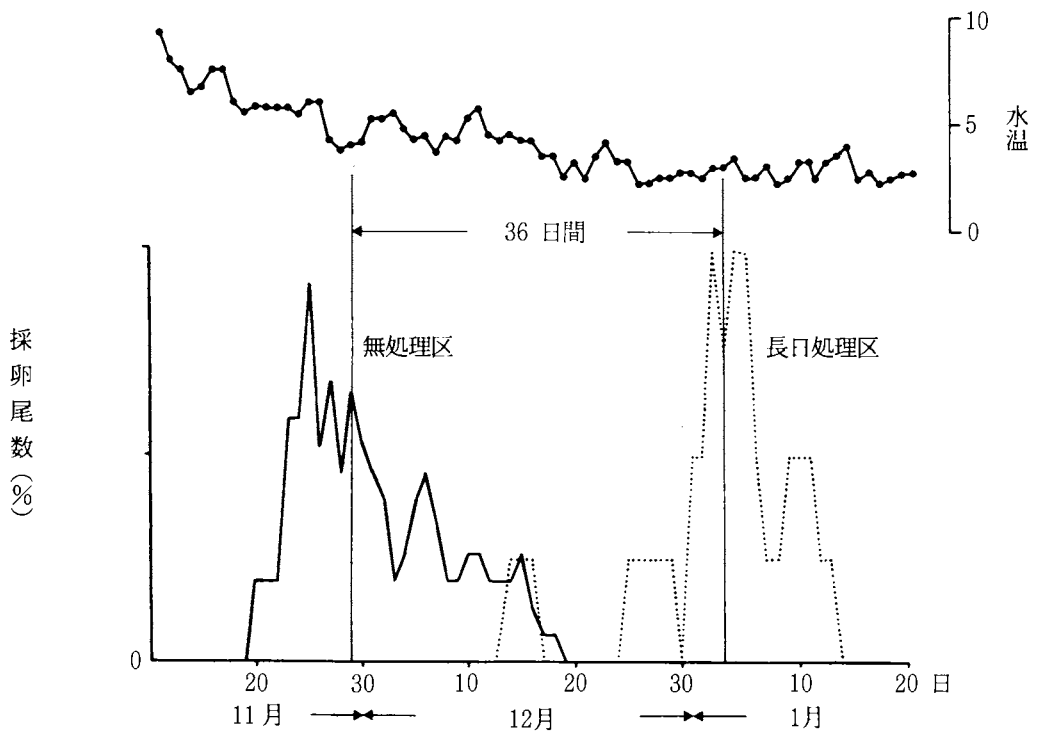


図11 長日処理による採卵時期の変化 (*C. l. maraena*)

文 献

- Dabrowski, K. (1983) : A note on the energy transformation in body and gonad of coregonid fish, Arch. Hydrobiol. , 97 (3), 460 – 414.
- Dabrowski, K. and Champigneulle, A. (1987) : Chemical composition of whitefish (Coregonidae) from lake Lemans during spawning, Proc. V. Congr. Europ. Ichthyol., 335 – 338.
- Hochman, L. and Penáz, M. (1970) : The volume of milt and vitality of sperms in *Coregonus lavaretus maraena* Bloch from pond culture, Zoologické Listy, 19 (3), 281 – 292.
- Hochman, L., M. Penáz and Prokeš, M. (1974) : The volume of milt , quantity and quality of sperms in *Coregonus peled* (Gmelin, 1788) from pond culture, Zoologické Listy, 23 (4), 367 – 380.
- Huet, M. (1971) : Section II Cultivation of Coregonid, "TEXTBOOK OF FISH CULTURE Breeding and Cultivation of fish" , 163 – 166, FishingNews, England.
- Kanep, S. (1973) : General features of the growth, maturation and fecundity of the Pelyad [*Coregonus peled* (Gmelin)], J. Ichthyol., 13 (1), 79 – 89.
- Kolman, R. and Luczynski, M. (1986) : Survival and growth rates of whitefish [*Coregonus lavaretus* L.] larvae after experimentally delayed hatching, Aquaculture, 51, 207 – 210.
- Luczynski, M. (1984) : A technique for delaying embryogenesis of vendace (*Coregonus albula* L.) eggs in order to synchronize mass hatching with optimal conditions for lake stocking, Aquaculture, 41, 113 – 117.
- Luczynski, M. (1986) : Review on the biology, exploitation, rearing and management of coregonid fishes in Poland, Arch. Hydrobiol. Beih., 22, 115 – 140.
- Mamcarz, A. and Worniało, E. (1985) : Rearing of coregonid fishes (Coregonidae) in illuminated lake cage V. Gonad development in peled (*Coregonus peled* Gmel.) under conditions of cage culture, Aquaculture, 49, 41 – 54.
- Moreau, G. (1981) : Reproductive strategy in northern populations of lake whitefish (*Coregonus clupeaformis*) (in Germany), Verh. Internat. Verein. Limnol., 21, 1,251 – 1,256.
- Prokeš, M. (1975) : Hand-stripping and embryonic development of *Coregonus peled* (Gmelin, 1788), Zoologické Listy, 24 (2), 185 – 196.
- ロシア連邦共和国漁業省国立湖沼河川漁業研究所 (1978) : "ベリヤジの湖沼養殖に関する教本" (改定版), p 46, 水産庁研究部資源課
- 酒井 清 (1974) : 産出卵の品質評価 淡水魚, "魚類の成熟と産卵—その基礎と応用" (水産学会編), 水産学シリーズ 6, 100 – 112, 恒星社厚生閣.
- 里見至弘 (1972) : 寒冷地における施肥養魚技術および新魚類の導入に関する調査, 淡水区水産研究所資料Bシリーズ No.12, p 44.
- 酒井 清・野村 稔・塩瀬淳也・山崎隆義 (1981) : 昭和 56 年度日本水産学会春期大会発表
- 塩瀬淳也・山崎隆義・富永正雄 (1984) : *Coregonus* 属の人工飼育に関する研究—I 導入の経過と飼育, 長野水試研報, 1, 21 – 30.
- Valtonen, T. (1972) : The maturity and gonadal development of *Coregonus nasus* (Pallas), sensu Svardson, in the Bay of Bothnia, Aquilo Ser. Zool. , 13, 109 – 114.

- Vostradovsky, J. (1986) : The future of Coregonids in man-made lakes in Czecho-slovakia, Arch. Hydrobiol. Beih., 22, 141 – 149.
- WorniaŃo, E. and Mamcarz, A. (1985) : Rearing of coregonid fishes (Coregonidae) in illuminated lake cage IV. Gonad deveiopment in whitefish (*Coregonus lavaretus* L.) under condition of cage culture, Aquaculture, 49, 31 – 40.
- Zawisza, and Backiel, T. (1970) : Gonad development, fecundity and egg survival in *Coregonus albula* L., "BIOLOGY OF COREGONID FISHES " , 363 – 397. Univ. Manitoba press.
- Zhdankina, N., S. Oliner and G. Solov'eva (1984) : Structure of the spawning population, growth and fecundity of Peled, *Coregonus peled* (Salmonidae), from Bratsk Reservoir, J. Ichthyol., 24 (5),121 – 124.