

資源管理基礎調査（マダラ種苗生産）

鈴木 亮・菊谷尚久¹・高橋進吾・山田嘉暢・藤川義一²
・大澤幸樹³・杉浦大介・尾鷲政幸・川崎啓助⁴

目 的

これまで県栽培漁業基本計画に技術開発対象種として取り上げられているマダラについて、陸奥湾産卵群の資源増大を図るため、種苗生産・中間育成・放流の技術開発に取り組んできた。これらのうち、種苗生産の仔魚期における大量へい死の原因を解明し、安定した種苗を確保するため、前年度に引き続き開発に取り組んだ種苗安定生産技術について報告する。また、中間育成技術開発についても併せて報告する。

材料と方法

1. 種苗安定生産技術開発

(1) 卵管理

表 1 に卵管理状況について示した。

平成 25 年 12 月 26 日に脇野沢地先で漁獲され、個体識別した雄のマダラ親魚 42 尾、雌のマダラ親魚 33 尾を脇野沢漁業協同組合クロソイ種苗生産施設（以下、脇野沢種苗施設）の 25 トン水槽 2 面に雌雄混在で収容し、短期の親魚養成を行った。

1 回次は、平成 25 年 12 月 31 日及び平成 26 年 1 月 2 日、3 日に全長 68-79cm、体重 3.8-7.4kg の雌 8 個体から自然産卵で得られた受精卵を 20L ハッチングジャー 4 基に分けて収容し、1 月 10 日に各ハッチングジャーの受精率を求めた。各々の積算水温が 47.2、53.1、65.7℃となった 1 月 10 日に、死卵を取り除いた受精卵を当研究所に移送した。移送後室温 20℃の室内に安置して、移送直後 4.4℃であった水温を 8.6℃まで昇温させ、20L ハッチングジャー 4 基に収容し、約 10℃調温海水を掛け流しにして個別管理した。その後積算水温が 60℃に達した時点で、ハッチングジャーを 2 基ずつ 1t パンライト水槽内へ設置し、積算水温が 80℃に達するまで管理した。

2 回次は平成 26 年 1 月 30 日に全長 70cm、体重 4.0kg の雌 1 個体及び雄 3 個体を使用し、人工授精で得られた受精卵を 20L ハッチングジャー 1 基に収容し、自然海水を掛け流しにして管理し、ハッチングジャーの受精率を求めた。積算水温が 53.2℃に達した 2 月 13 日に、死卵を取り除いた受精卵を当研究所に移送した。移送後、室温 20℃の室内に安置して、移送直後 3.1℃であった水温を 5.8℃及び 8.6℃まで昇温させ、20L ハッチングジャー 3 基に収容し、2 基は約 6℃、1 基は約 10℃調温海水を掛け流しにして個別管理した。積算水温が 60℃に達した時点で、ハッチングジャーを 1 基ずつ 1t パンライト水槽内へ設置し、積算水温 80℃に達するまで管理した。

卵管理状況を表 1 に示した。ふ化後は容量法によりふ化仔魚数を算出してふ化率を求め、平成 22 年以降の各年のふ化率と比較した。

¹青森県産業技術センター本部企画経営室、²青森県漁港漁場整備課、³青森県総合販売戦略課

⁴脇野沢村漁業協同組合

表 1 卵管理状況

管理場所	生産 回次	ハッチング ジャーNo.	収容月日 (月・日)	受精卵量 (g)	収容卵重量 (g)	卵管理期間 (月・日)	管理水温 (°C)	水総研へ 移送後No.
協野 沢種 苗施 設	1	脇I	12.31	2,600	2,600	1.10	5.1-6.9	水D
		脇F	1.2	3,230	3,230		5.1-6.9	水C
		脇A	1.3	13,020	3,500		5.1-6.9	水A
		脇M			3,500		5.1-6.9	水B
	2	脇K	1.30	2,900	2,900	2.13	2.0-6.0	水A・B・C
水産 総合 研究 所	1	水A	1.10	3,500	3,185	1.14	9.6-9.8	
		水B		3,500	3,330		9.7-9.9	
		水C		3,230	3,125		9.3-9.8	
		水D		2,600	2,490		9.3-9.8	
	2	水A	2.13	2,865	780	2.17	4.6-6.4	
		水B			1,540	2.21	4.5-6.7	
		水C			545	2.18	9.6-9.8	

(2) 種苗生産試験

表 2 にマダラ仔魚の収容状況、表 3 に L 型ワムシ給餌量、表 4 にアルテミアの給餌量、表 5 に冷凍コペポータ給餌量、表 6 に L 型ワムシ及びアルテミアの栄養強化方法について示した。

1 回次では卵管理で得られた仔魚 78 万尾を 30t 円型水槽 1 面、15t 角型水槽 1 面に収容し、平成 26 年 1 月 14 日～2 月 13 日及び 3 月 5 日まで飼育を行った。2 回次では、得られた仔魚 55 万尾を 30 t 円型水槽 1 面、10 t 円型水槽 1 面に収容し、平成 26 年 2 月 21 日～5 月 28 日まで飼育を行い、成長及び生残率を求めた。

飼育水温は、30t 円型水槽ではチタンヒーターを使用して、10t 円型水槽ではアクアトロンにより、濾過海水が 9°C 以上となった 4 月 27 日まで加温し、9°C 前後になるよう調整した。また、15t 角型水槽については調温せず、濾過海水を掛け流しして飼育を行った。飼育水には光量を抑え仔魚を落ち着かせるため、冷蔵濃縮ナンノクロロプシス（クロレラ工業：ヤンマリン K-1）と冷蔵濃縮淡水クロレラ（クロレラ工業：生クロレラ V12）を併用して添加した。換水については、60 日齢まで換水率を低く抑えて飼育を行い、その後徐々に高くしていった。

溶存ガスの過飽和状態を解消するため、昨年度から取り入れた新型曝気システム¹⁾を 30t 円型水槽に、従来の曝気装置を 15t 角型水槽に、簡易曝気装置（DIC 社製：脱気モジュール PF-015PP）を 10t 円型水槽に設置した。

初期餌料については、L 型ワムシ（能登島栽培漁業センター由来の小浜株）、アルテミア（ソルトレイク産）、冷凍コペポータ（サイエンティック株式会社：橈 1～3 号）を給餌した。ワムシの給餌回数については、午前 2 回、午後 2 回の計 4 回とした。ワムシの培養は、冷蔵濃縮淡水クロレラを餌料にし、5t 円型水槽を培養水槽とした粗放連続培養方式で行った。栄養強化は、ワムシは設定温度 16°C、アルテミアは設定温度 20°C の室内で行った。栄養強化は、ワムシについては、1 回次が冷蔵高度不飽和脂肪酸強化濃縮淡

水クロレラ（クロレラ工業株式会社：生クロレラ^o3）を点滴方式で添加し、2回次は冷蔵濃縮ナンノクロロプシスを培養槽へ直接添加し、アルテミアについてはインディペプラス（サイエンティック株式会社）を水道水で溶かし、ミキサーで約30秒間攪拌したものを添加して行った。また、冷凍コペポータについては、流水解凍を行い海水で希釈してから給餌した。

表2 マダラ仔魚の収容状況

年	回次	産卵月日 (月.日)	生産期間 (月.日)	飼育水温 (°C)	使用水槽	積水量 (トン)	収容	
							密度 (万尾/t)	尾数 (万尾)
H26	1-1	1.3	1.14-2.13	9.1-11.3	円型・30t	27	1.3	35
	1-2	12.31、1.2	1.14-3.5	2.0-4.2	角型・15t	12	3.6	43
	2-1	1.13	2.21-5.28	5.2-13.7	円型・30t	27	1.3	35
	2-2	1.13	2.21-5.28	6.7-13.5	円型・10t	8	2.5	20

表3 L型ワムシ給餌量

区分	生産回次 1-1		使用水槽 円型・30t		生産回次 1-2		使用水槽 角型・15t	
	午前給餌		午後給餌		午前給餌		午後給餌	
給餌時刻	翌8:30	翌10:30	翌13:30	翌15:30	翌8:30	翌10:30	翌13:30	翌15:30
最大給餌量(万個体/日)	1000	1000	1000	1000	1500	1500	1500	1500
最小給餌量(万個体/日)	500	500	500	500	125	125	125	125
給餌期間(日齢)	1-29				1-50			
総給餌量(万個体)	170,000				148,000			

区分	生産回次 2-1		使用水槽 円型・30t		生産回次 2-2		使用水槽 円型・10t	
	午前給餌		午後給餌		午前給餌		午後給餌	
給餌時刻	翌8:30	翌10:30	翌13:30	翌15:30	翌8:30	翌10:30	翌13:30	翌15:30
最大給餌量(万個体/日)	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
最小給餌量(万個体/日)	375	375	375	375	375	375	375	375
給餌期間(日齢)	4-42				4-42			
総給餌量(万個体)	119,000				110,000			

表4 アルテミア給餌量

区分	生産回次 2-1		使用水槽 円型・30t		生産回次 2-2		使用水槽 円型・10t	
	午前給餌		午後給餌		午前給餌		午後給餌	
給餌時刻	翌9:00		翌15:30		翌9:00		翌15:30	
最大給餌量(万個体/日)	560		560		300		300	
最小給餌量(万個体/日)	25		25		25		25	
給餌期間(日齢)	33-94				33-94			
総給餌量(万個体)	43,000				28,000			

表 5 冷凍コペポーダ給餌量

サイズ 給餌時刻	生産回次 2-1 使用水槽 円型・30 t		生産回次 2-2 使用水槽 円型・10 t	
	午前給餌 8:30	午後給餌 15:30	午前給餌 8:30	午後給餌 15:30
1号 (300~ 800 μ)	最大給餌量 (万個体/日) 480	240	360	160
最小給餌量 (万個体/日) 480		160	260	80
給餌期間 (日齢)	13-38		13-38	
総給餌量 (万個体)	17,560		10,920	
2号 (1000~ 1500 μ)	最大給餌量 (万個体/日) 300	150	150	150
最小給餌量 (万個体/日) 300		150	75	75
給餌期間 (日齢)	39-87		39-87	
総給餌量 (万個体)	22,050		11,025	
3号 (1500~ 2000 μ)	最大給餌量 (万個体/日) 300	150	150	150
最小給餌量 (万個体/日) 300		150	75	75
給餌期間 (日齢)	88-95		88-95	
総給餌量 (万個体)	3,600		1,800	
給餌期間 (日齢)	13-95		13-95	
総給餌量 (万個体)	43,210		23,745	

表 6 L型ワムシ及びアルテミアの栄養強化方法

生産回次：1回次		L型ワムシ		アルテミア		
区分	午前給餌	午後給餌		区分	朝給餌	夕給餌
培養水温 (°C)	16	16		水温 (°C)		
強化時刻	10:30	10:30		強化時刻		
生加 ω 3 ^{※1} (cc/億個体)	150	150		インデ ^o イ ^e フ ^o ラス (g/m ³)		
再強化時刻	- 9:00	9:00		再強化時刻	アルテミア給餌 前に生産終了	
生加 ω 3 (cc/億個体)	- 75	75		インデ ^o イ ^e フ ^o ラス (g/m ³)		
強化時間 (h)	22 24	27	29	強化時間 (h)		
給餌時刻	翌8:30 翌10:30	翌13:30	翌15:30	給餌時刻		

※1 生加 ω 3は生クロレラ ω 3の略称。

生産回次：2回次		L型ワムシ		アルテミア		
区分	午前給餌	午後給餌		区分	朝給餌	夕給餌
培養水温 (°C)	16	16		水温 (°C)	20	20
強化時刻	10:30	10:30		強化時刻	15:00	15:00
ナンノ ^{※2} (cc/億個体)	600	600		インデ ^o イ ^e フ ^o ラス (g/m ³)	150	150
再強化時刻	- 9:00	9:00		再強化時刻	-	9:30
ナンノ (cc/億個体)	- 300	300		インデ ^o イ ^e フ ^o ラス (g/m ³)	-	75
強化時間 (h)	22 24	27	29	強化時間 (h)	18	24.5
給餌時刻	翌8:30 翌10:30	翌13:30	翌15:30	給餌時刻	翌朝9:00	翌15:30

※2 ナンノはナンノクロロプシスの略称。

2. 中間育成技術開発

(1) 中間育成試験

2-1回次で生産した、96日齢の平均全長48.6mmの稚魚1,500尾、2-2回次で生産した、96日齢の平均全長45.2mmの稚魚1,000尾、合計2,500尾をむつ市脇野沢の漁港内に設置した海中網生簀(5×5×3m)1

面に、収容時の網擦れをなくし、へい死を軽減するビニール袋を用いた収容方法¹⁾を用いて収容し、平成26年5月28日～6月19日まで飼育を行い、成長及び生残率を求めた。飼育期間中は朝夕2回、冷凍コペポータ、配合飼料（日清丸紅：おとひめB2、C1、C2）を摂餌状況に応じて給餌した。また、LED水中灯を用いて17時から20時まで3時間点灯し、天然のコペポータを集め餌とした。

結 果

1. 種苗生産技術開発

(1) 採卵から卵管理

表7に脇野沢種苗施設における最終受精率、表8に当研究所における5か年のマダラふ化状況結果を示した。

脇野沢種苗施設において各ハッチングジャーに収容した受精卵の受精率は、1回次は、脇Iが60.6%、脇Fが46.2%、脇Aが62.2%、脇Mが61.5%、2回次では、脇Kが92.5%であった。何れも、受精率が高かったため、全ての受精卵を試験に用いた。

当研究所において、約10℃及び7℃以下の調温海水で卵管理を行った結果、1回次の水A・Bが25.7、26.4%、水C・Dが13.1、15.0%、2回次の水Cが20.2%のふ化率であった。これに対し、7℃以下の調温海水で卵管理を行った2回次は、水A・Bで46.4、31.4%と高いふ化率であった。この結果、1回次では12,130gの卵から359万尾、2回次では2,865gの卵から139万尾のふ化仔魚が得られ、各々80万尾、55万尾を種苗生産に用いることができた。

表7 脇野沢種苗施設での最終受精率

管理場所	生産回次	ハッチングジャーNo.	収容月日(月.日)	受精卵量(g)	収容卵重量(g)	卵管理期間(月.日)	管理水温(℃)	受精率(%)
脇野沢種苗施設	1	脇I	12.31	2,600	2,600	12.31-1.10	5.1-6.9	60.6
		脇F	1.2	3,230	3,230	1.2-1.10	5.1-6.9	46.2
		脇A	1.3	13,020	3,500	1.3-1.10	5.1-6.9	62.2
		脇M			3,500	1.3-1.10	5.1-6.9	61.5
	2	脇K	1.30	2,900	2,900	1.30-2.13	2.0-6.0	92.5

表8 5か年のマダラふ化状況結果

年	収容月日	収容卵重量(g)	水温(℃)	ふ化月日	ふ化尾数(万尾)	ふ化率(%)	年	収容月日	収容卵重量(g)	水温(℃)	ふ化月日	ふ化尾数(万尾)	ふ化率(%)
22	1.7	1,500	5.8-10.0	1.14	65	13.5	25	1.13	2,590	3.1-8.5	1.22	111	16.0
	1.7	1,500	5.8-10.0	1.14	54	11.3			2,340				
	1.20	2,200	4.1-9.7	1.25	66	9.4			1,515	3.1-8.4		89	15.9
23	1.14	1,500	9.7-9.9	1.21	41	8.5	1,500	1.10	3,185		9.6-9.8	1.14	119
		1,200	9.7-9.9	1.21	80	20.8	3,330		9.7-9.9	127	26.4		
		1,160	9.6-9.9	1.21	45	12.1	3,125		9.3-9.8	59	13.1		
		2,800	4.3-5.8	1.27	147	16.4	2,490		9.3-9.8	54	15.0		
24	1.11	1,015	9.4-9.8	1.16	47	14.5	26	2.13	780	4.6-6.4	2.17	53	46.4
		1,890	9.4-9.8	1.16	30	4.9			1,540	4.5-6.7	2.17	70	31.4
		2,895	3.2-5.0	1.23	67	4.2			545	9.6-9.8	2.16	16	20.2
		2,035	8.7-9.6	1.24					3070	8.7-9.4	1.30	35	3.5
		3,070	8.7-9.4	1.30	35	3.5							
1.24	2,800	8.7-9.4	1.27	144	16.1								

(2) 種苗生産試験

表 9 に過去 9 か年の種苗生産結果を示した。

開口時期及び消化器官形成時期は、どの生産回次においても過去の生産と同様に 4～5 日齢であった。今年度も例年同様、10 日齢で摂餌不良による栄養不足が原因と思われるへい死がみられた。15 日齢以降はへい死する個体は殆どみられなかったが、1-1 回次が 25 日齢、1-2 回次では 45 日齢以降に大量へい死が起こり、種苗生産を中止した。また、2 回次では過去の種苗生産と同様に 30 日齢以降から浮き袋内に気泡がある個体が観察され、35 日齢以降異常浮上しへい死する個体が多くなったものの、飼育試験を継続して、平成 26 年 5 月 28 日（95 日齢）に取り上げた結果、2-1 回次で、平均全長 48.6mm の稚魚 1,500 尾、生残率 0.4%、2-1 回次で、平均全長 45.2mm の稚魚 1,000 尾、生残率 0.5%と、合計 2,500 尾の中間育成用種苗を生産することができた。

表 9 過去 9 か年の種苗生産結果

年	回次	産卵月日	生産期間	飼育水温 (°C)	使用水槽	収 容		取 上		生残率 (%)
						尾数 (万尾)	平均全長 (mm)	尾数 (万尾)	平均全長 (mm)	
H26	1-1	1.3	1.14-2.13	9.1-11.3	円型・30t	35	4.1	0.0	-	0.0
	1-2	12.31、1.2	1.14-3.5	2.0-4.2	角型・15t	45	4.4	0.0	-	0.0
	2-1	1.30	2.21-5.28	5.2-13.7	円型・30t	35	4.3	0.15	48.6	0.4
	2-2	1.30	2.21-5.28	6.1-13.5	円型・10t	20	4.3	0.1	45.2	0.5
	計	12.31、1.2 1.3、1.30	1.14-2.13 1.14-3.5 2.21-5.28	2.0-13.7	30t2面、15t1面 10t1面	135	4.1-4.4	0.25	45.2-48.6	0.5
H25	1-1	1.5	1.22-5.24	5.8-12.8	円型・10t	20	4.6	0.19	37.3	0.9
	1-2	1.5	1.22-5.24	2.9-12.5	角型・15t	20	4.6	0.19	36.3	0.9
	1-3	1.6	1.22-6.6	2.9-15.5	角型・15t	40	4.7	0.5	37.1	1.2
	計	1.5、1.6	1.22-6.6	2.9-15.5	10t1面、15t2面	80	4.6-4.7	0.88	36.3-37.1	1.0
H24	3-1、4-1、 5-1~2	1.8	1.15-4.17	2.9-11.7	30t1面、10t2 面、15 t 1面	132	4.5-4.7	0.0	-	0.0
H23	1-1~3、 2-1、3-1	1.8	1.20-3.22	2.9-11.7	30t2面、10t1 面、15 t 1面	132	4.5-4.7	0.0	-	0.0
H22	1-1~4、2-1	1.2、1.9	1.14-5.20	3.6-13.8	10t4面、15 t 1面	70	4.6、4.8	4.3	34.1-42.0	6.2
H21	1-1~4	1.11	1.22-5.20	5.4-14.1	10t4面	40	4.5	2.1	42.0	5.3
H20	1-1~2	1.7	1.23-5.21	9.2-13.0	30t2面	60	4.6	1.9	37.3	3.2
H19	1-1~4	1.4	1.16-5.9	10.0	10、30t各2面	80	4.1	3.2	35.2	4.0
H18	1-1~4	1.6-12	1.28-6.18	10.0	10、30t各2面	80	4.5-4.8	3.8	35.7-70.2	4.8

2. 中間育成技術開発

(1) 中間育成試験

表 10 に過去 9 か年の中間育成結果を示した。

2 回次で生産した稚魚 2,500 尾は、海上網生簀への収容方法を収容時の網擦れをなくし、へい死を軽減するビニール袋を用いた方法で収容したところ、へい死する個体は殆どなく 22 日間の飼育で、平均全長 70.5mm の放流用種苗を 2,450 尾取り上げ、生残率は 98.0%であった。取り上げた放流用種苗は全て、標識として右腹鰭の抜去を行い、平成 26 年 6 月 19 日にむつ市脇野沢地先の水深約 30m 付近に放流した。

表 10 過去 9 か年の中間育成結果

年	飼育期間	飼育日数 (日)	収 容		取り上げ		生残率 (%)	標 識	
			尾数 (尾)	平均全長 (mm)	尾数 (尾)	平均全長 (mm)		尾数 (尾)	方法
26	5.28~6.19	22	2,500	45.2、48.6	2,450	70.5	98.0	2,450	右腹鰭除去
25	5.24~6.21	28	3,800	37.3、36.3	3,000	50.2	78.9	3,000	左腹鰭除去
	6.6~6.22	16	5,000	37.1	4,700	42.3	94.0	0	無標識
24	種苗生産試験でマダラ稚魚を得られなかったため、中間育成試験は実施できなかった。								
23	種苗生産試験でマダラ稚魚を得られなかったため、中間育成試験は実施できなかった。								
22	4.28~6.25	58	43,400	34.1~42.0	31,300	62.2~81.6	72.1	31,300	右腹鰭除去
21	5.20~6.24	35	21,000	42.0	17,000	66.6	81.0	17,000	左腹鰭除去
20	5.14~6.19	36	19,000	37.3	13,500	61.0	71.1	13,500	右腹鰭切除
19	4.26~6.16	51	32,000	35.2	30,500	76.9	95.3	30,500	左腹鰭切除
18	5.11~6.20	40	35,000	37.4	32,500	76.9	92.9	10,000	右腹鰭切除

考 察

受精卵を管理するにあたり、活力ある仔魚を種苗生産に用いるためには、水温は6~8℃に保つとふ化率が良く、多くのふ化仔魚を得ることができることが、本試験においても確認できた。

35日齢以降に起こる異常浮上を軽減するため、平成25年度は飼育用水に含まれる溶存ガスの過飽和状態を解消する、新型曝気システムを用いて過飽和状態を軽減することができたが、依然として35日齢以降に浮き袋内に気泡が溜まることによる異常浮上が起こり、へい死する個体が多くみられたため²⁾、平成26年度ではワムシの栄養強化剤の再検討を行った。1回次の生産で、これまで使用していたスーパー生クロレラV12よりDHA及びEPAが多く含まれる生クロレラω3を使用した。25日齢で大量へい死が起きた。また、2回次ではナンノクロロプシスをワムシ強化剤として使用したが、これまでと同様に35日齢以降に異常浮上が起こり、へい死する個体が多くみられた。

2ヶ年の試験結果から、浮き袋内の気泡発生要因は飼育用水の溶存ガス濃度でもなく、栄養強化剤でもなく、別の要因で気泡が発生するものと考えられた。これまでの異常浮上は30日齢頃から浮き袋に気泡が発生し始め、35日齢以降に異常浮上を起こしている。このため、30日齢までに何らかの対策を講じる必要あり、今回はその対策の一つとして期待を持てる知見を得ることができた。それは、冷凍コペポダを摂餌するようになった個体は、浮き袋に気泡が発生することがなく活力があり、その後もへい死する個体が殆どなかったことである。こうしたことから、冷凍コペポダを30日齢までに餌として認識させ、摂餌させることができれば浮き袋の気泡発生を抑えることができ、異常浮上を軽減できるものと考えられた。

今後、安定的に種苗を生産するため、来季の種苗生産で冷凍コペポダを早期に摂餌させる方法の検討、飼育方法の見直し等を行い、気泡発生の軽減及び気泡ができる要因を明らかにする。

中間育成については、今回の結果からも、活魚水槽から海上網生簀への収容方法はビニール袋を用いた方法にすることで、へい死個体を大幅に軽減することが改めて確認された。また、作業効率の改善については、収容尾数が少なく試験を実施することができなかった。

文 献

- 1) 鈴木亮・菊谷尚久・高橋進吾・藤川義一・野呂英樹・尾鷲政幸・川崎啓助(2014)資源管理基礎調査(マダラ種苗生産).平成25年度青森県産業技術センター水産総合研究所事業報告, 441-449.
- 2) 菊谷尚久・鈴木亮・高橋宏和・尾鷲政幸・川崎啓助(2013)資源増大技術開発事業(マダラ).平成23年度青森県産業技術センター水産総合研究所事業報告, 575-580.