

資源管理基礎調査（マダラ種苗生産）

鈴木亮・高橋進吾・川崎啓助¹・立石智之¹

目 的

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、これまで種苗生産・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。

材料と方法

1. 種苗安定生産技術開発

(1) 卵管理

卵管理状況を表 1 に示した。

平成 26 年 12 月 27 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 28 尾、雌のマダラ親魚 38 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 1 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 27 年 1 月 2 日に全長 75cm、体重がそれぞれ 5.0kg、5.7kg の雌 2 個体から得られた受精卵 3,030g を 20L ハッチングジャー 2 基に分けて収容、2 回次は、1 月 10 日に全長 72-78cm、体重 3.8-6.0kg の雌 5 個体から得られた受精卵 8,845g を 20L ハッチングジャー 2 基に分けて収容、3 回次は、1 月 12 日に全長 61-78cm、体重 2.5-5.1g の雌 3 個体から得られた受精卵 3,000g を 20L ハッチングジャー 2 基に収容し、各ハッチングジャーの受精率を求めた。積算水温が 1 回次は 41.8℃、2 回次は 54.5℃、3 回次は 44.2℃となった時点で受精卵を当研究所に移送した。移送した受精卵は、ふ化用 20L ハッチングジャーそれぞれの水温が、移送に使用した容器内の水温と同水温になるよう調整し収容した。水温の調整には、濾過海水と 7.5℃調温海水を使用した。その後徐々に水温を上げ、最終的に 7.5℃調温海水のみを掛け流しにして個別管理した。ハッチングジャーは、積算水温が 60℃に達した時点で、ふ化後に仔魚が自然に 1t パンライト水槽内へ流れていくように設置し、積算水温が 80℃に達するまで管理した。

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 年以降各年のふ化率と比較した。

¹ 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 (℃)	水総研へ 移送後No.
脇野沢 種苗施設	1	脇E	1. 2	3,030	2,945	1. 2-1. 11	4. 4-6. 5	水A、B
	2	脇I	1. 10	8,845	2,600	1. 10-1. 20	4. 0-5. 4	水C
	3	脇A	1. 12	3,000	2,970	1. 12-1. 20	4. 0-5. 3	水B
水産総合 研究所	1	水A	1. 11	2,945	1,520	1. 11-1. 17	5. 6-7. 8	
		水B	1. 11		1,425	1. 11-1. 17	4. 9-7. 9	
	2	水C	1. 20	2,600	2,600	1. 20-1. 30	4. 9-7. 8	
	3	水B	1. 20	2,970	2,970	1. 20-1. 30	4. 9-7. 7	

(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。

3 回次で得られた仔魚 45 万尾を 30t 円型水槽 1 面、10t 円型水槽 1 面に収容し、平成 27 年 1 月 27 日～5 月 12 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、4 月 25 日まで 9℃前後になるよう加温し、4 月 25 日以降は濾過海水を掛け流して天然海水温と同程度とした。光量を抑え仔魚を落ち着かせるため、飼育水には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：ハイグレード生クロレラ V12）を併用して添加した。飼育水の換水率は、33 日齢まで低く抑え、その後徐々に高くしていった。

飼育水に含まれる溶存ガスの過飽和状態を解消するため、平成 25 年度から取り入れた曝気システム¹⁾を 30t 円型水槽に、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。また、40 日齢以降は、照明を使いアルテミアを集め稚魚の摂餌効率を高めた。給餌にあたって、ワムシについては、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栄養強化した。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。ワムシの給餌回数は午前、午後各 1 回とした。ワムシは、5t 円型水槽を使用して、水温を 18℃に設定し、冷蔵濃縮淡水クロレラを給餌して粗放連続培養方式で培養した。ワムシは設定温度 16℃、アルテミアは設定温度 20℃の室内で培養を行った。

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 (℃)	使用水槽	積水量 (トン)	収 容	
							密度 (万尾/t)	尾数 (万尾)
H27	3-1	1. 12	1. 27-5. 12	7. 0-13. 5	円型・30t	30	1. 2	35
	3-2	1. 12	1. 28-5. 12	5. 8-15. 4	円型・10t	8	2. 0	16

表 3 L 型ワムシ給餌量

区分	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	午後給餌	午前給餌	午後給餌
給餌時刻	翌8:30	翌13:30	翌8:30	翌13:30
最大給餌量(万個体/日)	6,000	6,000	3,000	3,000
最小給餌量(万個体/日)	1,500	1,500	750	750
給餌期間(日齢)	1-52		1-39	
総給餌量(億個体)	341		151	

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10:30	翌15:30	翌10:30	翌15:30
最大給餌量(万個体/日)	900	900	500	500
最小給餌量(万個体/日)	400	400	100	100
給餌期間(日齢)	27-104		26-103	
総給餌量(億個体)	110		30	

表 5 冷凍コペポーダ給餌量

サイズ	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	午後給餌	午前給餌	午後給餌
給餌時刻	8:30	16:30	8:30	16:30
最大給餌量(万個体/日)	250	-	150	-
1号 (300~ 800 μ) 最小給餌量(万個体/日)	150	-	50	-
給餌期間(日齢)	28-69		27-89	
総給餌量(億万個体)	9		8	
最大給餌量(万個体/日)	-	250	-	150
2号 (1000~ 1500 μ) 最小給餌量(万個体/日)	-	150	-	50
給餌期間(日齢)	69-104		89-103	
総給餌量(億個体)	6		2	
給餌期間(日齢)	28-104		27-103	
総給餌量(億個体)	15		10	

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: 2回次			アルテミア		
区分	L型ワムシ		区分	アルテミア	
	午前給餌	午後給餌		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	インディペラス(g/m ³)	150	150
再強化時刻	-	9:00	再強化時刻	-	9:30
ナンノ(cc/億個体)	-	300	インディペラス(g/m ³)	-	75
強化時間(h)	22	27	強化時間(h)	18	24.5
給餌時刻	翌8:30	翌13:30	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

30t 円型水槽での 2 回次を 2-1 回次、10t 円型水槽での 2 回次生産を 2-2 回次とした。

2-1 回次で生産した、105 日齢の平均全長 60.1mm の稚魚 10,000 尾、2-2 回次で生産した、104 日齢の平均全長 60.1mm の稚魚 2,000 尾、合計 12,000 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 27 年 6 月 16 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、摂餌状況に応じて冷凍コペポダ、配合飼料 (日清丸紅：おとひめ B2、C1、C2) を給餌した。また、LED 水中灯を用いて 17 時から 20 時まで 3 時間点灯し、天然のコペポダを集め餌とした。

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卵管理結果、表 8 に当研究所における卵管理結果、表 9 に当研究所における 5 か年のマダラふ化状況を示した。

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及び生残率は、1 回次脇 E が 91.7%、59.2%、2 回次脇 I が 86.2%、54.0%、3 回次脇 A が 87.2%、67.3% であった。何れも、受精率及び生残率が高かったため、全ての受精卵を試験に用いた。

当研究所において、約 8℃ 以下の調温海水及び濾過海水で卵管理を行った結果、1 回次水 A、B の受精卵の生残率は共に 54.1%、生残卵重量は水 A 822g、水 B 771g、ふ化率は水 A、B が 17.7% と低かった。2 回次水 C の受精卵の生残率は 46.6%、生残卵重量は 1,212g でふ化率は 11.4% と低かった。3 回次では水 B の受精卵の生残率 64.4%、生残卵重量は 1,913g でふ化率は 72.2% と過去 5 か年のうち、最も高いふ化率であった。この結果から、1 回次及び 2 回次のふ化仔魚は種苗生産には使用せず廃棄した。3 回次では生残受精卵から 200 万尾のふ化仔魚が得られ、51 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卵管理結果

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)	受精率 (%)	卵管理期間 (月. 日)	管理水温 (℃)	受精卵の 生残率(%)
脇野沢 種苗施設	1	脇E	1.2	3,030	2,945	91.7	1.2-1.11	4.4-6.5	59.2
	2	脇I	1.10	8,845	2,600	86.2	1.10-1.20	4.0-5.4	54.0
	3	脇A	1.12	3,000	2,970	87.2	1.12-1.20	4.0-5.3	67.3

表 8 水産総合研究所での卵管理結果

管理場所	生産回次	ハッチングジャーNo.	収容月日 (月. 日)	収容卵重量 (g)	収容密度 (g/L)	卵管理期間 (月. 日)	管理水温 (℃)	受精卵の 生残率(%)	生残卵重量 (g)
水産総合 研究所	1	水A	1.11	1,520	76	1.11-1.17	5.6-7.8	54.1	822
		水B		1,425	71	1.11-1.17	4.9-7.9	54.1	771
	2	水C	1.20	2,600	130	1.20-1.30	4.9-7.8	46.6	1,212
	3	水B	1.20	2,970	149	1.20-1.30	4.9-7.7	64.4	1,913

表 9 5 か年のマダラふ化状況

年	収容月日 (月・日)	生残受精卵 重量(g)	水温 (℃)	ふ化月日 (月・日)	ふ化尾数 (万尾)	ふ化率 (%)	年	収容月日 (月・日)	生残受精卵 重量(g)	水温 (℃)	ふ化月日 (月・日)	ふ化尾数 (万尾)	ふ化率 (%)		
23	1.14	1,500	9.7-9.9	1.21	41	8.5	26	1.10	3,185	9.6-9.8	1.14	119	25.7		
		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	27	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					822	5.6-7.8	1.16	40.8	17.7		
	1.24	3,070	8.7-9.4	1.30	35	3.5		1.20	771	4.9-7.9	1.24	20	11.4		
		2,800	8.7-9.4	1.27	144	16.1			1212	4.9-7.8		200	72.2		
25	1.13	2,590	3.1-8.5	1.22	111	16.0	27	1.20	1913	4.9-7.7	1.25	200	72.2		
		2,340							771	4.9-7.9					
		1,515	3.1-8.4		89	15.9			1212	4.9-7.8					
		1,500							1913	4.9-7.7					

(2) 種苗生産試験

表 10 に過去 10 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、これまでと同様に 4～5 日齢であった。平成 27 年は例年見られる、10 日齢でのへい死が殆どなかったが、13 日齢頃から浮上魚が確認され、30～32 日齢でへい死する個体が多くなったものの、36 日齢以降は殆どみられなかった。生残した個体は引続き飼育を行い、平成 27 年 5 月 12 日(105、104 日齢)に取り上げた結果、3-1 回次が、平均全長 60.1mm の稚魚 10,200 尾、生残率 2.9%、3-2 回次が、平均全長 60.1mm の稚魚 2,000 尾、生残率 1.3%と、合計 12,200 尾の中間育成用種苗を生産することができた。取上げ尾数及び生残率については平成 23 年以降最高であった。

表 10 過去 10 か年の種苗生産結果

年	回次	産卵月日 (月・日)	生産期間 (月・日)	飼育水温 (℃)	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)	
H27	3-1	1.20	1.27-5.12	7.0-13.5	円型・30t	35	4.7	1.0	60.1	2.9
	3-2	1.20	1.28-5.12	5.8-15.4	円型・10t	16	4.7	0.2	60.1	1.3
	計	1.20	1.27-5.12	5.8-15.4	30t1面,10t1面	51	4.7	1.2	60.1	2.1
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	1.14-5.28	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	1.5,1.6	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	3,4,5	1.8	1.15-4.17	2.9-11.7	30t1面,10t2面 15t1面	132	4.5-4.7	0.0	-	0.0
H23	1,2,3	1.8	1.20-3.22	2.9-11.7	30t2面,10t1面 15t1面	132	4.5-4.7	0.0	-	0.0
H22	1,2	1.2,1.9	1.14-5.20	3.6-13.8	10t4面,15t1面	70	4.6,4.8	4.3	34.1-42.0	6.2
H21	1	1.11	1.22-5.20	5.4-14.1	10t4面	40	4.5	2.1	42.0	5.3
H20	1	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	1.16-5.9	10.0	10・30t各2面	80	4.1	3.2	35.2	4.0
H18	1	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 11 に過去 9 か年の中間育成結果を示した。

3 回次で生産した稚魚 12,200 尾は、海上網生簀へ、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 35 日間の飼育で、平均全長 69.3mm の放流用種苗を 9,500 尾取り上げ、生残率は 77.9%であった。取り上げた放流用種苗は全て、標識として左腹鰭の抜去を行い、平成 27 年 6 月 16 日にむつ市脇野沢地先の水深約 30m 付近に放流した。

表 11 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
27	5.12-6.16	35	12,200	60.1	9,500	69.3	77.9	9,500	左腹鰭抜去
26	5.28-6.19	22	2,500	45.2、48.6	2,450	70.5	98.0	2,450	右腹鰭抜去
25	5.24-6.21	28	3,800	37.3、36.3	3,000	50.2	78.9	3,000	左腹鰭抜去
	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	右腹鰭抜去
21	5.20-6.24	35	21,000	42.0	17,000	66.6	81.0	17,000	左腹鰭抜去
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

移送前の脇野沢種苗施設において受精率が 80%以上かつ生残率が 60%以上の受精卵を用いること、当研究所へ移送後水温を 6～8℃に保つことにより、ふ化率が良い仔魚を種苗生産に用いることができた。

40 日齢以降、アルテミアの残餌が多かったため、飼育水槽の上に照明を設置しアルテミアを集めたところ、光に集まったアルテミア周辺にマダラ稚魚が蟬集し積極的に摂餌するようになった。

平成 27 年度は 26 日齢から異常浮上が多くなり 30～32 日齢でピークとなり、へい死する個体が多くみられた。平成 26 年度の結果¹⁾から、早期に冷凍コペポダの摂餌を促す目的で、アルテミアと併用して同餌の給餌を開始したが、早期に摂餌する個体は少なかった。このため、マダラ稚魚が前述のアルテミア用照明に集まったところへ冷凍コペポダを給餌したところ、アルテミアと間違えて摂餌する個体が多く見られた。始めのうちは殆どの個体が口に入れても直ぐに吐き出していたが、次第に吐き出す個体が少なくなり積極的に摂餌するようになった。冷凍コペポダを摂餌した個体は浮き袋に気泡が発生することがなく、その後も殆どへい死する個体がなかった。今後、異常浮上が起こる前の 30 日齢までに冷凍コペポダを餌として認識させるために、早期から照明を用いて飼育を行うことが有効であると考えられた。

今回の結果からも、ビニール袋を用いた方法で活魚水槽から海上網生簀へ稚魚を収容することにより、中間育成中のへい死個体を大幅に軽減できることが改めて確認された。

文 献

- 1) 鈴木亮・菊谷尚久・高橋進吾・山田嘉暢・藤川義一・大澤幸樹・尾鷲政幸・川崎啓助(2015)資源管理基礎調査(マダラ種苗生産).平成 26 年度青森県産業技術センター水産総合研究所事業報告, 460-471.