

クロマグロ種苗生産技術開発試験

増養殖環境課 鈴木 怜

1 はじめに

本県西部に位置する大月町地先海域（図1）は外洋に面して潮通しが良く、年間を通して水温が16℃以上と温暖である。また、急峻な海底地形のため海岸から比較的近い距離で30m以上の水深となることや河川からの淡水の影響をほとんど受けないことなど、クロマグロの養殖漁場として好適な条件を多く備えている。こうした漁場としての優位性や全国的なクロマグロ需要の増大を背景に、本県のクロマグロ養殖は昭和60年に大月町柏島地区で始まって以降、現在では3地区7漁場にまで拡大しており、生産量は平成23年の955トンから平成26年の1,381トンに増加している。また、本県では、平成24年度に策定された産業振興計画第2期計画において「企業活力を活かした養殖業の振興」に取り組んでおり、クロマグロ養殖の10年後の目指す姿として年間2,000トンの生産量を設定している。

しかし、近年のクロマグロ資源の悪化を受け、平成25年12月に開催された中西部太平洋まぐろ類委員会（WCPFC）第10回年次会合では未成魚の漁獲量を平成14年から16年の平均水準から少なくとも15%削減する措置が採択され、さらに、平成26年12月に開催されたWCPFC第11回年次会合では30kg未満の小型魚の漁獲量を平成14年から16年の平均水準から半減する措置が採択された。また、水産庁も資源管理を強化しており、平成24年10月から漁場数や生簀台数を制限して天然種苗の活込尾数に上限を設けている。クロマグロ養殖は種苗の多くを天然に依存していることから、これら規制の強化によって、現状でも不足が続いている種苗の確保がこれまで以上に困難になる可能性があり、また、生産規模の拡大を図っていくためには、制限の適用外である人工種苗の導入が不可欠な状況である。

そこで、生産した人工種苗を県内クロマグロ養殖業者に供給し、養殖業者の生産規模の拡大、競争力の強化、経営の安定を図ることを目的に、クロマグロ人工種苗を安定的に量産するための技術開発試験を実施した。

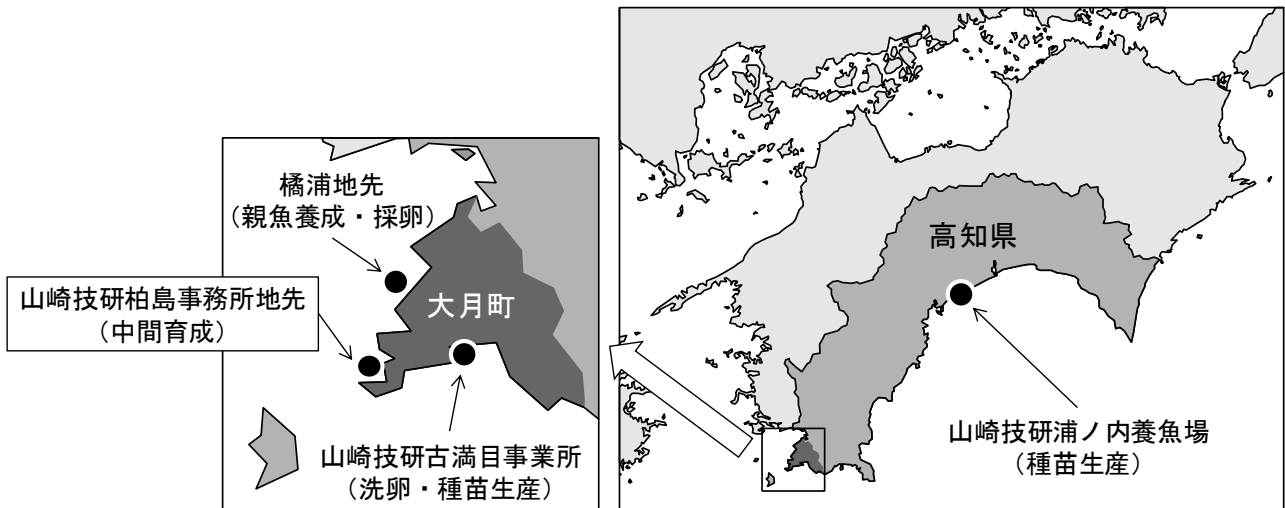


図1 試験実施地点

2 方法

(1) 親魚養成

平成26年6月から親魚養成を道水中谷水産株式会社に委託し、大月町橋浦地先で実施した（図1）。

1) 養成施設

円型生簀（ポーラサークル、直径50m、深さ15m）を使用した。

2) 親魚

平成 23 年に対馬・五島列島周辺及び紀伊水道などで漁獲され、大月町地先海域で養成された 3 歳魚 150 尾を用いた。平成 26 年 6 月時点での体重は 60~80kg と推定された。

3) 給餌

給餌は週 6 回（日～金曜日）、午前中に行った。給餌量は飽食量とした。

餌にはサバ、イワシ、オオナゴ、アジなどを用い、平成 26 年 6 月中旬から 10 月中旬にかけては卵質の向上を目的にイカも与えた。

(2) 産卵期間及び採卵

産卵確認及び採卵は、株式会社山崎技研、道水中谷水産株式会社、高知県宿毛漁業指導所と協力・連携して実施した。

1) 産卵確認

平成 26 年 5 月 20 日から同年齢の出荷魚の生殖腺成熟状況調査及び産卵チェックネット設置（図 2、3）による採卵を実施した。また、6 月上旬からは目視による親魚の体色変化及び追尾・産卵行動の観察を実施した。



図 2 産卵チェックネット（近畿大学方式）の設置



図 3 産卵チェックネット（潮流の下流側に水平設置する方式）の設置

2) 採卵

採卵は平成 26 年 7 月 22 日から 8 月 27 日にかけて実施した。目視で産卵行動を確認すると、採卵ネット 2 基（図 4、開口部 125cm×75cm、側長 200cm、網目 600 μ m ほか）を生簀内の表面で曳き（図 5）、表層に浮上した受精卵を採取した。



図 4 採卵ネット（水産試験場作成分）



図 5 採卵作業

3) 受精卵の輸送

採取した受精卵は、ただちにうなぎ袋に収容し（10～15 万粒/10L）、酸素を封入した後、発泡スチロール箱に梱包した。梱包した受精卵は、山崎技研古満目事業所（高知県幡多郡大月町）に搬入し（図1）、200L パンライトで洗卵及び浮上卵の再分離を行った（図6）。その後、約9割の受精卵は発泡スチロール箱に再梱包して山崎技研浦ノ内養魚場（高知県須崎市）へ輸送し、残りの1割は古満目事業所での種苗生産に用いた。輸送にかかった時間は、橘浦から古満目事業所までは約30分、古満目事業所から浦ノ内養魚場までは約2時間30分であった。輸送中、受精卵は運搬車の冷房を用いて水温上昇を防いだ。



図6 洗卵及び再分離作業

(3) 種苗生産

種苗生産は株式会社山崎技研と協力・連携して行い、平成26年7月25日から9月27日にかけて浦ノ内養魚場及び古満目事業所の2か所で実施した。

1) 種苗生産施設

浦ノ内養魚場では55～90トン長方形水槽（図7）のべ11面、古満目事業所では50トン八角形水槽（図8）のべ2面を用いた（表1）。

地点	回次	水槽	受精卵収容数（万粒）
浦ノ内養魚場	1R	90t長方形	70
	2R	55t長方形	20
	3R	55t長方形	30
	4R	70t長方形	55
	5R	58t長方形	19
	6R	90t長方形	35
	7R	70t長方形	39
	8R	70t長方形	222
	9R	70t長方形	104
	10R	70t長方形	95
	11R	90t長方形	28
古満目事業所	1R	50t八角形	50
	2R	50t八角形	20

2) 受精卵の収容

受精卵は19～222万粒ずつ水槽に収容した（表1）。なお、卵消毒及びふ化水槽での管理は行わず、種苗生産用の水槽に直接収容した。

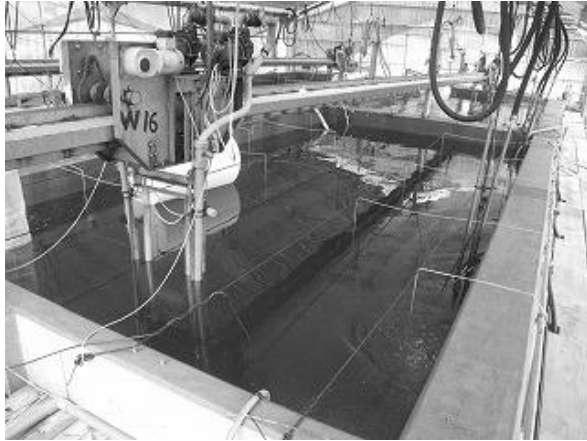


図7 種苗生産水槽（浦ノ内養魚場）

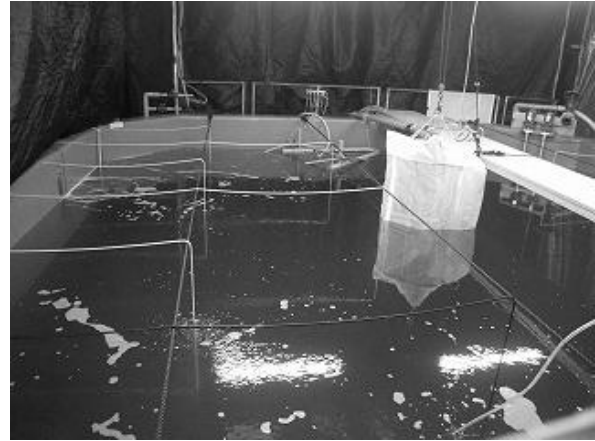


図8 種苗生産水槽（古満目事業所）

3) 飼育

飼育水には紫外線殺菌海水を使用し、調温なしの自然水温とした（浦ノ内養魚場：25.7～29.3℃、古満目事業所：24.8～28.5℃）。ワムシ給餌期間中はマリンクロレラ、マリングロス及びすじこ乳化油を、アルテミア給餌期間中はマリングロスを飼育水に添加した。

餌料は、ワムシ、アルテミア、餌料用ふ化仔魚（カタクチイワシ）、冷凍コペポーダ、配合飼料（鮪心、日清丸紅飼料株式会社）、生餌（イワシシラス、アカアミ）を成長段階ごとに与えた。

計 13 ラウンドの種苗生産で、飼育海水の比重、通気方法、流速、日中の光量、夜間照明の有無及び餌料（餌料系列、餌料を切り替えるタイミング、給餌方法）などを変更しながら、最適条件の検討を行った。

（4）中間育成

中間育成は株式会社山崎技研と協力・連携し、平成 26 年 9 月 26 日から 11 月 4 日にかけて山崎技研柏島事務所地先で実施した（図 1）。

1) 中間育成施設

角型生簀（鋼管製、8×8 m）に設置した 4×4×4 m の生簀網 2 面を使用した（図 9）。網の目合いは種苗の成長に応じて変更した（表 2）。



図9 中間育成施設

表 2 中間育成施設、輸送方法及び餌料

種苗生産地点	網の目合い	輸送方法	輸送時間 (h)	餌料
浦ノ内養魚場	モジ180経→モジ120経→ モジ180経→無結節18節	19t型活魚運搬船	8.5	配合飼料+生餌
古満目事業所	120経	トラック（1tタンク）	0.5	配合飼料

2) 種苗の輸送

種苗は、水槽に取り網を入れて集め（図 10）、内側に緩衝材を貼り付けたバケツで取り揚げた（図 11）。取り揚げた種苗は、浦ノ内養魚場では 19t 型活魚運搬船に（図 12）、古満目事業所ではトラックに積載した 1t タンクにバケツリレーで収容し、輸送を行った（表 2）。輸送にかかった時間はそれぞれ 8 時間 30 分及び 30 分であった。浦ノ内養魚場からの輸送中は適宜給餌（配合飼料）を行った。

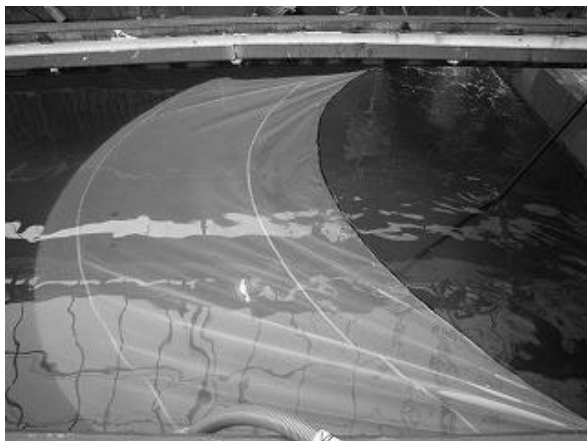


図 10 取り網で種苗を集める様子



図 11 バケツによる種苗取り揚げ



図 12 輸送に使用した活魚運搬船

3) 飼育

給餌は毎日、午前 8 時から午後 4 時の間連続して行った。給餌量は飽食量とした。餌には配合飼料（鮪心、日清丸紅飼料株式会社）及び生餌（イワシシラス）を用いた（表 2）。

3 結果と考察

(1) 産卵期間及び採卵

1) 産卵確認

5 月 20 日から産卵チェックネットを設置して産卵確認を試みたが、本方法では卵を確認することができなかったため、7 月下旬に撤去した。

出荷魚の生殖腺成熟状況調査では、調査を開始した 5 月 20 日時点で全ての雌個体から卵黄球期に達した直径 $300\mu\text{m}$ 以上¹⁾の卵巣内卵が確認され（表 3）、成熟が進行しつつあると考えられた。雄に関しても、同日に GSI が 3.92 と成熟が進んだ個体¹⁾が確認され、精巣を少し圧迫すると精液が流れ出してきた。6 月 18 日には、卵巣内に直径 $1,100\mu\text{m}$ の透明卵（吸水卵）を有する雌個体が確認され（図 13、14）、産卵が開始している可能性が示唆された。その後の調査でも、卵黄球期に達した個体が多く確認され、7 月 17 日には再び透明卵（吸水卵）を有する雌個体が確認された。

目視による親魚の観察では、6 月 17 日から一部個体で追尾行動が見られ始めた。

表3 出荷魚（3歳）の生殖腺成熟状況調査結果

調査日	雌雄	尾叉長 (cm)	体重※ (kg)	生殖腺重量 (kg)	GSI	卵径 (μm)			
						平均±標準偏差	最大	最小	測定数
5月20日	♀	143	61.3	0.54	0.88	385 ± 111	600	167	20粒
	♀	147	75.2	1.18	1.57	340 ± 61	500	233	20粒
	♀	148	81.7	0.92	1.13	250 ± 64	367	133	20粒
	♂	141	57.9	2.27	3.92				
	♂	142	64.1	0.62	0.97				
5月31日	♀	156	79.3	0.72	0.91	271 ± 69	400	180	20粒
	♀	136	58.0	0.41	0.71	192 ± 43	260	100	20粒
	♂	142	68.4	0.84	1.23				
	♂	144	59.4	0.63	1.06				
6月18日	♀		72.7	3.67	5.05	563 ± 272	1,100	200	40粒
7月8日	♀			2.63		422 ± 75	600	250	20粒
	♀			1.80		424 ± 87	550	250	20粒
	♀			1.16		397 ± 107	580	150	20粒
	♀			1.04		381 ± 119	550	150	20粒
	♀			1.11		361 ± 113	550	200	20粒
	♀			1.46		359 ± 126	550	140	20粒
	♀			0.69		310 ± 84	440	200	20粒
	♀			0.79		281 ± 76	390	150	20粒
	♀			0.44		164 ± 34	220	110	20粒
7月17日	♀					590 ± 285	1,000	230	20粒

※GG処理（脱血、鰓・内臓除去）後に測定しているため、実際の体重より軽くなっている

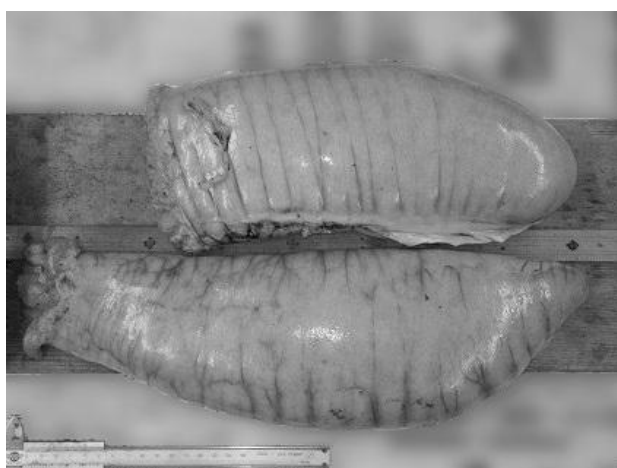


図13 6月18日に確認された成熟卵巢

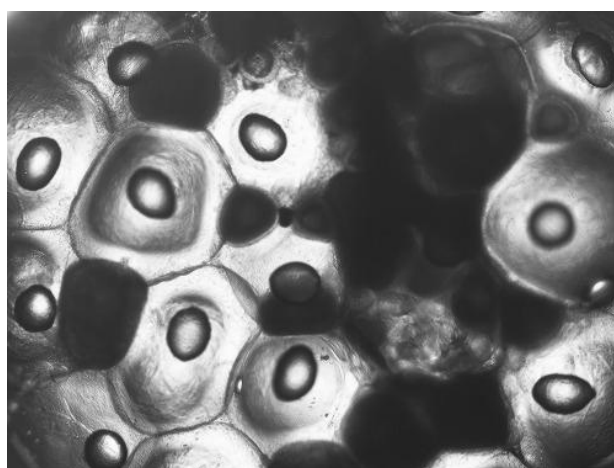


図14 成熟卵巢内の顕微鏡写真

2) 採卵

7月22日に初めての採卵に成功し（500粒）、その後、24回の採卵作業で約808万粒の受精卵を採取した。一日当たりの最高採卵量は8月22日の130万粒であった。水温と産卵との間には関連が見られ、水温が上昇すると採卵量も増加し、水温が低下すると採卵量も減少した（図15）。産卵時刻は概ね10時半から13時の間であり、約15分間隔で産卵行動が見られた。

本年度の産卵期間は生殖腺成熟状況調査と採卵の結果から、6月中旬から8月下旬と考えられた。

(2) 種苗生産

採取した受精卵808万粒の内、787万粒を種苗生産に用いた。8月20日以前に採取された卵の正常ふ化率は8割前後であったが、8月21日以降に採取された449万粒に関しては、*Ichthyodinium* sp.と推測される鞭毛虫類²⁾の寄生が認められ（図16、17）、正常ふ化率は低く、重度の寄生が見られた受精卵に関してはほぼ0であった。

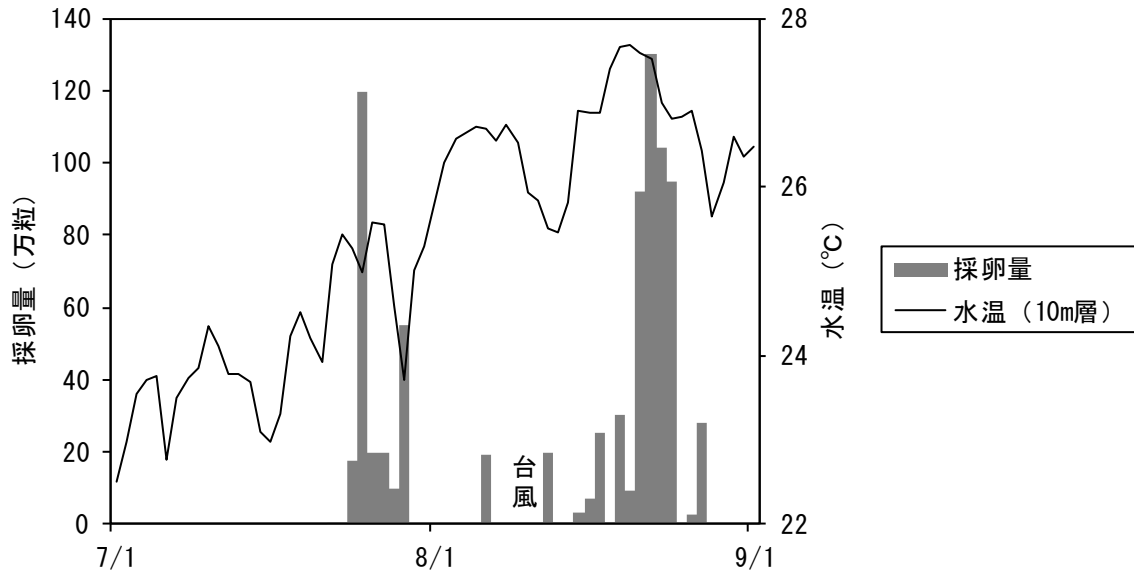


図 15 水温及び採卵量の変動



図 16 クロマグロ卵に発生した
Ichthyodinium 感染症



図 17 クロマグロ仔魚に発生した
Ichthyodinium 感染症

計 13 ラウンドの種苗生産で、浦ノ内養魚場では 40mm 前後の種苗を 38 尾、古満目事業所では 60~100mm の種苗を 11 尾、合計 49 尾の種苗を取り揚げた（図 18、表 4）。途中で生産中止した事例を除く生残率（取り揚げ尾数÷0 日齢時の尾数×100）は 0.010%（0.006~0.014）であった。

10 日齢までの生残率は 0~33.3% であり、最終生産である浦ノ内養魚場 11 ラウンドで最も良い結果となった（表 4）。10~20 日齢にかけては餌料用ふ化仔魚の不足によって激しい攻撃行動が発生し、多くの個体がへい死した。20 日齢以降は、衝突によるへい死が発生するとともに、浦ノ内養魚場ではヤセによるへい死が多く見られた。

（3）中間育成

1）種苗の輸送

中間育成施設到着時、浦ノ内養魚場で生産した個体は 2 尾へい死していたが、その他 36 尾に関しては正常であった。古満目事業所で生産した個体は 1 尾へい死しており、その他 10 尾に関してもかなりの衰弱が見られた。これは、古満目事業所での取り揚げサイズが大きかったため遊泳力が強く、タンク壁面に衝突したためと考えられた。

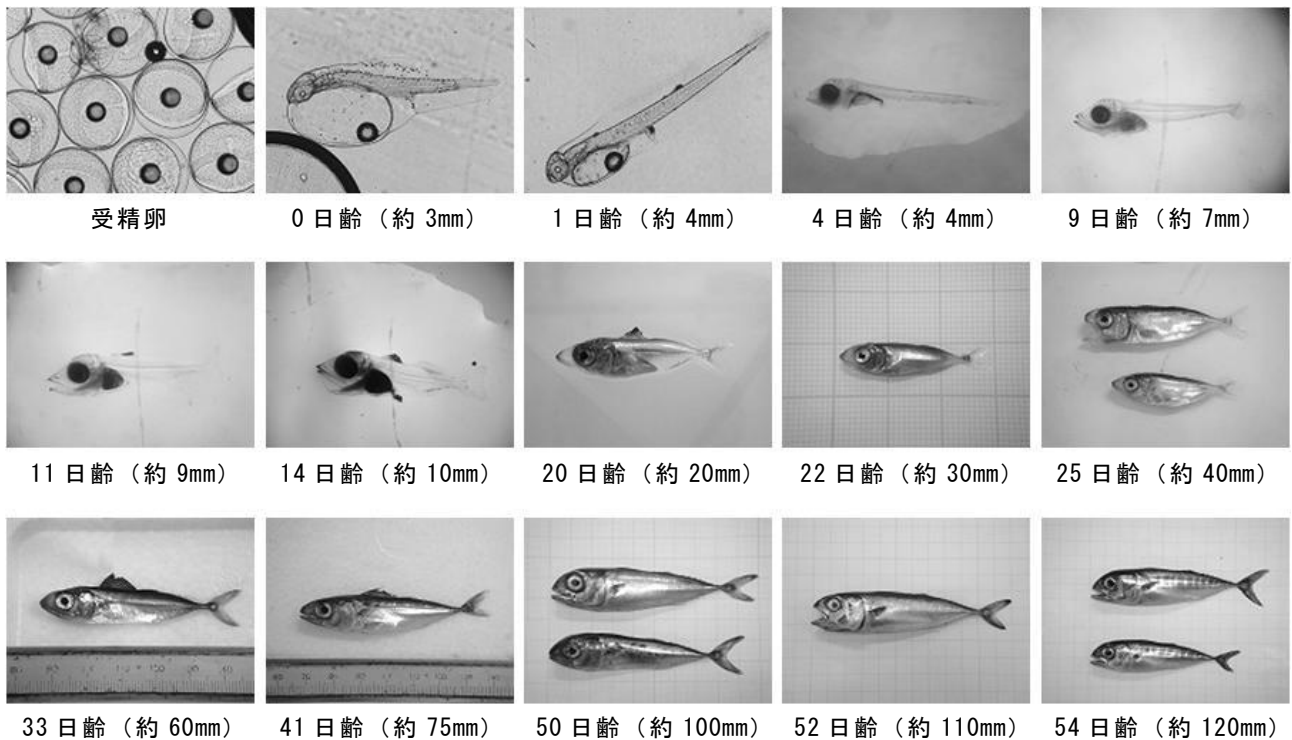


図 18 種苗生産時におけるクロマグロの成長

表 4 種苗生産結果

地点	回次	受精卵収容数 (万粒)	生残率 (%)		取り揚げ尾数 (尾)	取り揚げサイズ (mm)
			10日齢	20日齢		
浦ノ内養魚場	1R	70	26.3	0.0	0	
	2R	20	0.0	生産中止	0	
	3R	30	生産中止		0	
	4R	55	24.8	0.0	0	
	5R	19	生産中止		0	
	6R	35	生産中止		0	
	7R	39	0.0	生産中止	0	
	8R	222	生産中止		0	
	9R	104	0.0	生産中止	0	
	10R	95	0.0	生産中止	0	
	11R	28	33.3	0.0	38	40
古満目事業所	1R	50	生産中止		0	
	2R	20	27.3	0.0	11	60-100

2) 飼育

輸送翌日の生残率は、浦ノ内養魚場生産個体が 88.9%であり、古満目事業所生産個体は全滅していた (図 19)。古満目個体のへい死原因は、上で述べたとおり輸送時のダメージと考えられた。

浦ノ内個体は、その後も一定割合でへい死が続き、中間育成開始 39 日目に全滅した。へい死魚にはスレや衝突の痕跡はあまり見られず、大半はヤセによって死んでいると推測された。また、39 日間の飼育で、種苗は全長 102mm、体重 6g までしか成長しておらず、非常に成績が悪かった。浦ノ内養魚場で生産した個体は種苗生産終盤からヤセの症状を呈しており、これは中間育成中にも回復することはなかった。このことから、種苗生産段階での状態が、その後の成長にかなりの影響を与えると考えられた。

また、網替えによってへい死が発生したことから、網替えはなるべく避けた方が良いと考えられた。

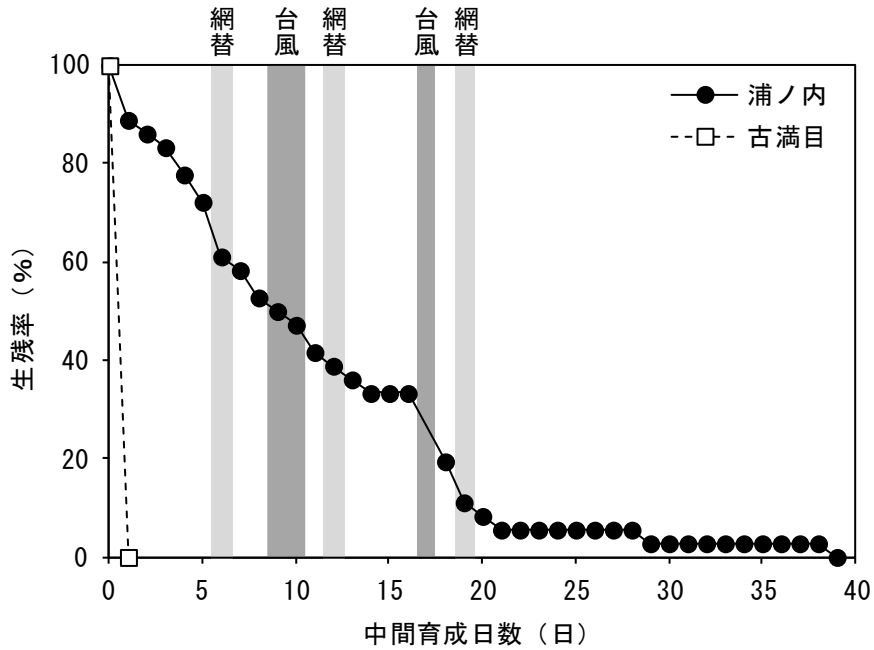


図 19 中間育成試験結果

4 まとめ

- 1)産卵期間は6月中旬から8月下旬。24回の採卵で約808万粒の受精卵を採取。
- 2)787万粒の受精卵から、49尾の種苗を生産・取り揚げ。取り揚げサイズは40～100mm。
- 3)45尾の種苗を用いて中間育成を実施。39日間の飼育で全長102mm、体重6gまで成長。

5 謝辞

本試験を進めるにあたり、株式会社山崎技研、道水中谷水産株式会社、高知県宿毛漁業指導所及び高知県水産試験場の皆様に多大なるご協力をいただいた。記して、感謝の意を表します。

6 参考文献

- 1)升間主計. クロマグロ・キハダの親魚養成と産卵生態に関する研究. 近大水研報 2013; 13: 37-236.
- 2)Ishimaru K, Iida N, Okada T, Miyashita S. *Ichthyodinium* infection in the embryos and yolk sac larvae of Pacific bluefin tuna *Thunnus orientalis*. *Fish Pathol.* 2012; 47(4): 143-146.